

# 现代统计图形及在 R 中的实现

深圳市规划国土发展研究中心

邹海翔

2018 年 5 月





# 目录

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形  
统计绘图工具

R 和 R 语言  
基础绘图系统  
grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

## 1 现代统计图形

## 2 统计绘图工具

## 3 R 和 R 语言

## 4 基础绘图系统

## 5 grid 绘图系统

## 6 空间数据绘图系统



# 目录

现代统计图形及  
在 R 中的实现

3

## 1 现代统计图形

## 2 统计绘图工具

## 3 R 和 R 语言

## 4 基础绘图系统

## 5 grid 绘图系统

## 6 空间数据绘图系统



# 科学与艺术

现代统计图形及  
在 R 中的实现

## 现代统计图形

4

线图

柱状图

饼图

主题统计地图

统计图形的应用

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统



图：Edward Tufte(1942-)，美国统计学家，数据可视化理论的先驱者和领军人物，人称“数据达芬奇”

The commonality between science and art is in trying to see profoundly - to develop strategies of seeing and showing.

—Edward Tufte



# 图形的价值

现代统计图形及  
在 R 中的实现

5

现代统计图形

线图

柱状图

饼图

主题统计地图

统计图形的应用

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统



图：John Tukey(1915-2000)，美国著名数学家，箱线图发明者

The greatest value of a picture is when it forces us to notice what we never expected to see.

—John Tukey



# 线图 (line chart)

现代统计图形  
在 R 中的实现

现代统计图形

线图

柱状图

饼图

主题统计地图

统计图形的应用

统计绘图工具

R 和 R 语言

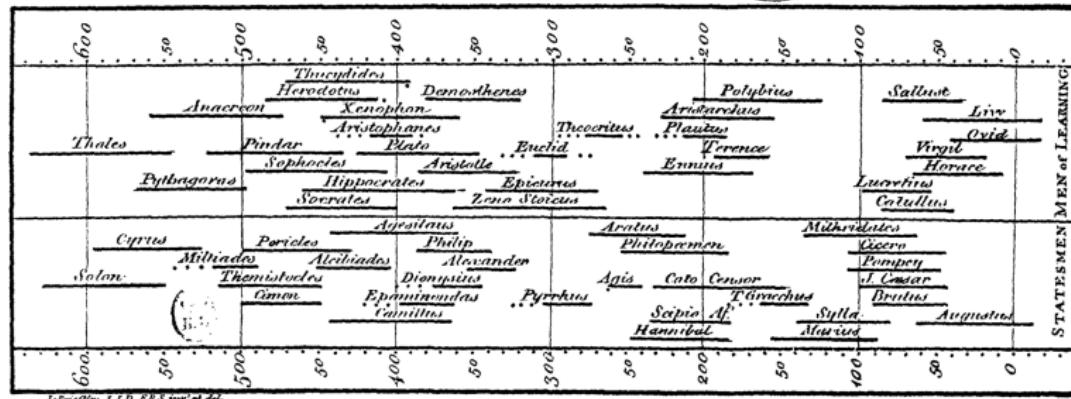
基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

6

## *A Specimen of a Chart of Biography.*



图：英国化学家 Joseph Priestley 于 1765 年绘制的时间线图是历史上最早的统计图形，这幅图展示了多个历史人物在历史长河中的跨度

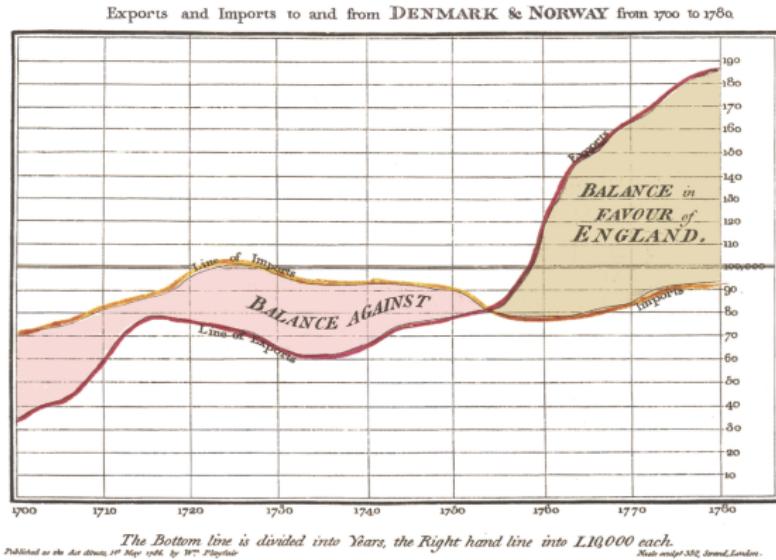


# 线图 (line chart)

现代统计图形及  
在 R 中的实现

6

现代统计图形  
线图  
柱状图  
饼图  
主题统计地图  
统计图形的应用  
统计绘图工具  
R 和 R 语言  
基础绘图系统  
grid 绘图系统  
空间数据绘图系  
统



图：苏格兰工程师和政治经济学家 William Playfair 于 1786 年在《Commercial and Political Atlas》一书中绘制的线图，这幅图展示了 1700 年至 1780 年间英格兰的进出口时序数据。Playfair 是历史上第一个系统使用统计图形的人，被称为“统计图形奠基人”。



# 柱状图 (bar chart)

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

线图

柱状图

饼图

主题统计地图

统计图形的应用

统计绘图工具

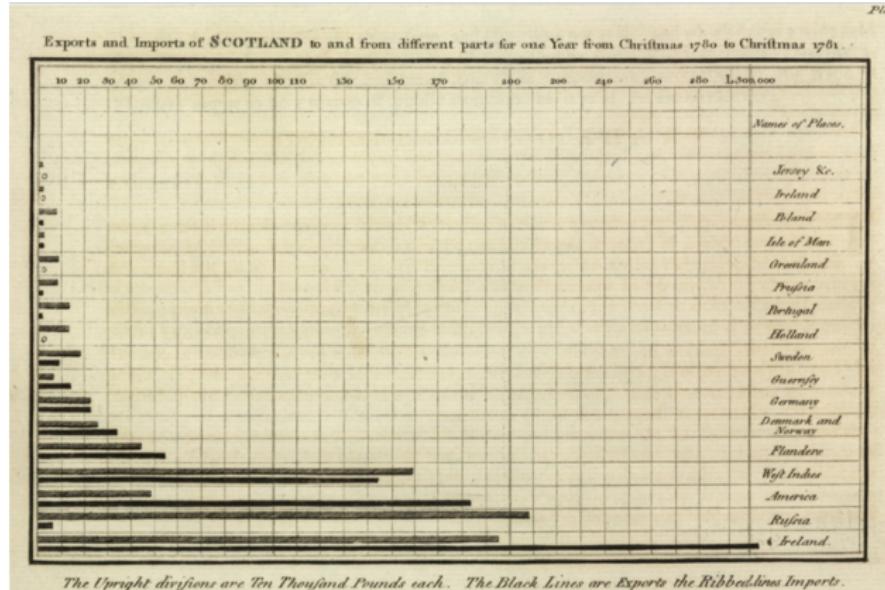
R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

7



图：受到 Priestley 时间线图的影响，Playfair 于 1786 年同样在《Commercial and Political Atlas》这本书中绘制了历史上最早的柱状图，这幅图展示了不同国家的进出口数据



# 饼图 (pie chart)

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

线图

柱状图

饼图

主题统计地图

统计图形的应用

统计绘图工具

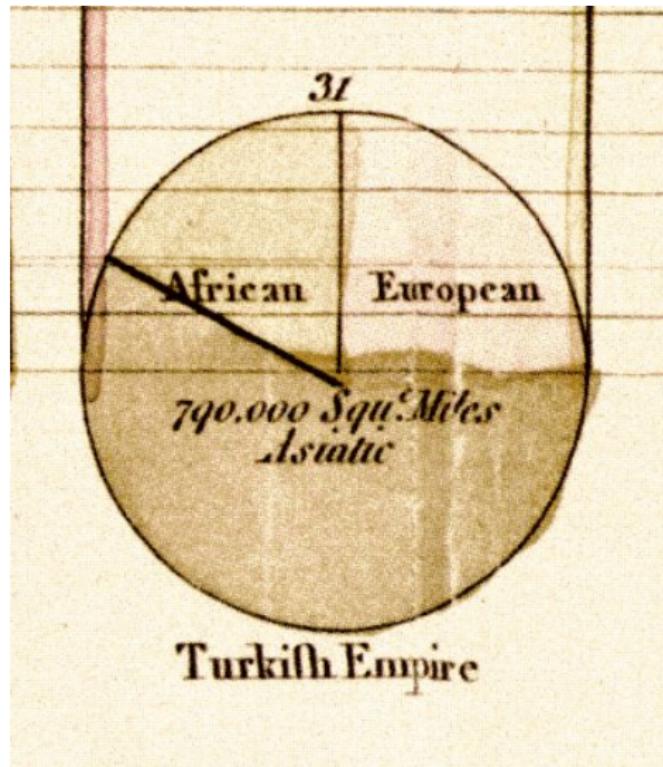
R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

8



图：Playfair 于 1801 年在《Statistical Breviary》这本书中绘制了历史上第一幅饼图，这幅图展示了土耳其帝国在三大洲的国土面积分布情况



# 主题统计地图

## 法国文盲率分布图

现代统计图形  
在 R 中的实现

现代统计图形

线图

柱状图

饼图

主题统计地图

法国文盲率分布图

拿破仑东征图

汉尼拔远征图

法国各地向巴黎输出牲畜产品的分布情况图

美国内战对欧洲棉花贸易的影响

法国红酒出口情况

地铁路线图

变形地图

统计图形的应用

统计绘图工具

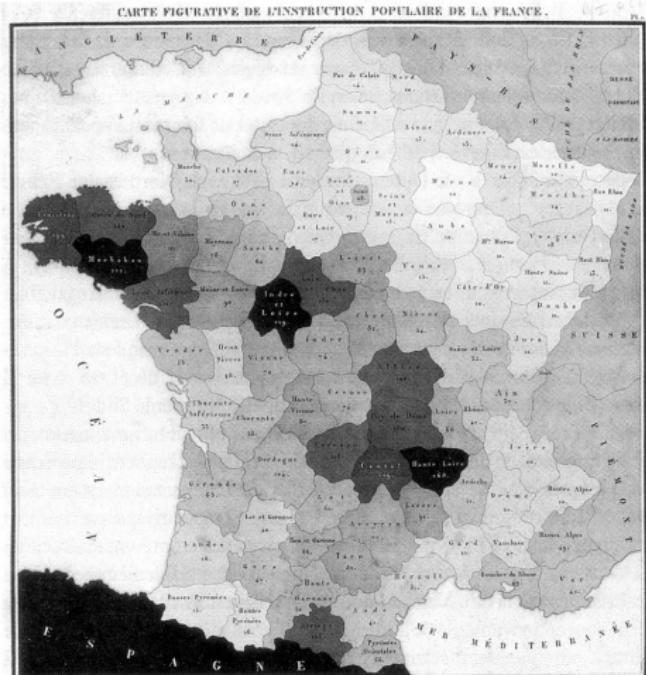
R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系统

183



图：法国文盲分布图  
(Charles Dupin, 1826).  
Charles Dupin 是法国数学家，工程师，经济学家以及政客。1826 年，他首次运用区域灰度地图的表现手段来展示法国当时的文盲率分布情况，这是第一张现代形式的主题统计地图



# 主题统计地图

## 拿破仑东征图

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

线图

柱状图

饼图

主题统计地图

法国文盲率分布图

拿破仑东征图

汉尼拔远征图

法国各地向巴黎输出  
牲畜产品的分布  
情况图

美国内战对欧洲棉  
花贸易的影响

法国红酒出口情况

地铁路线图

变形地图

统计图形的应用

统计绘图工具

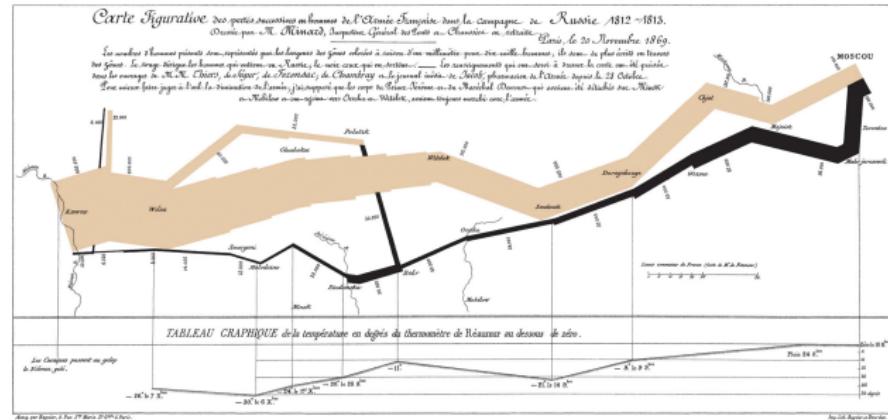
R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

10



图：拿破仑东征图 (Charles Joseph Minard, 1861)。

1861 年，由法国工程师 Charles Joseph Minard 绘制，描述了 1812 年拿破仑东征俄罗斯的失败战役。图中同时包含了多个信息，粗细代表军队规模，配合日期标明了军队位置经纬度，棕色进军黑色撤退，下方折线展现气温，另标注了战斗的关键事件等信息。

这幅图形在统计图形界内享有至高无上的地位，经常被一些统计、设计课程当作教学案例，被 Edward Tufte 誉为“**有史以来最好的统计图形**”



# 主题统计地图

## 汉尼拔远征图

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

线图

柱状图

饼图

主题统计地图

法国文盲分布图

拿破仑东征图

汉尼拔远征图

法国各地向巴黎输出牲畜产品的分布  
情况图

美国内战对欧洲棉  
花贸易的影响

法国红酒出口情况

地铁路线图

变形地图

统计图形的应用

统计绘图工具

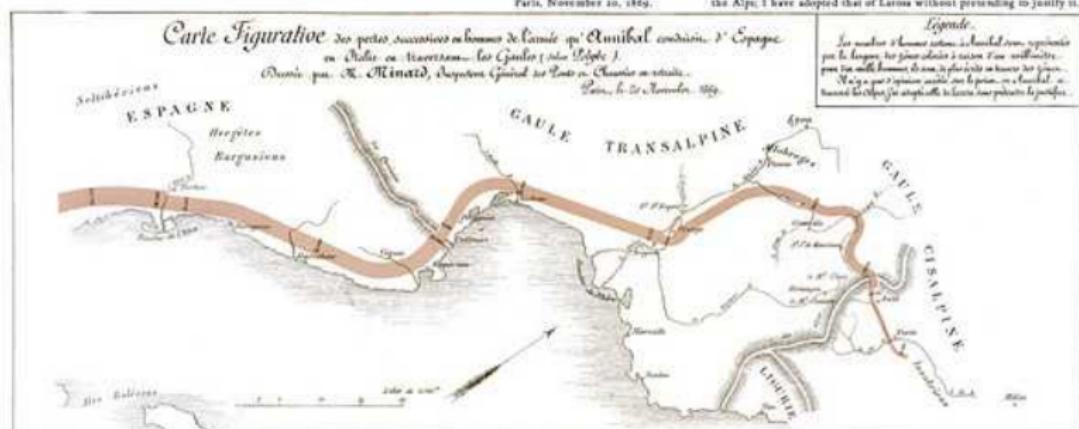
R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

11



图：汉尼拔远征图 (Charles Joseph Minard, 1861)



# 主题统计地图

## 法国各地向巴黎输送牲畜产品的分布情况图

现代统计图形  
在 R 中的实现

现代统计图形

线图

柱状图

饼图

主题统计地图

法国文盲率分布图

拿破仑东征图

汉尼拔远征图

法国各地向巴黎输送牲畜产品的分布情况图

美国内战对欧洲棉  
花贸易的影响

法国红酒出口情况

地铁路线图

变形地图

统计图形的应用

统计绘图工具

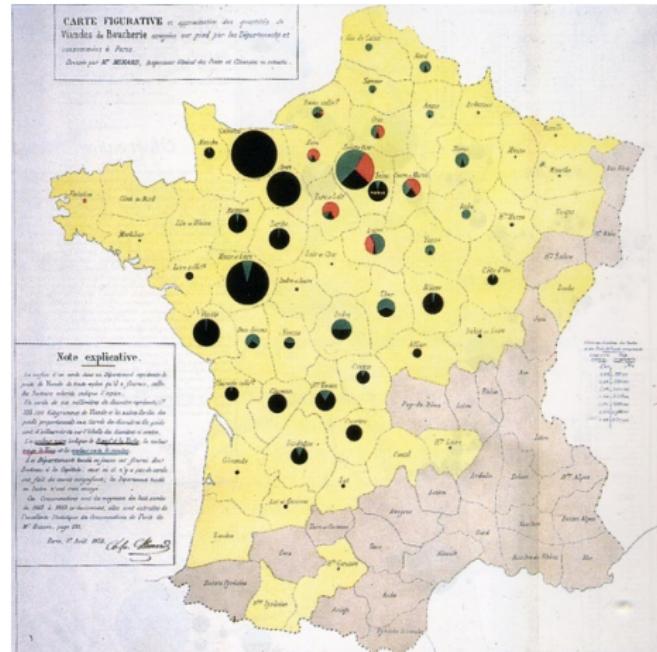
R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

183



图：法国各地向巴黎输送牲畜产品的情况图 (Charles Joseph Minard, 1858)

此图的作者也是 Joseph Minard, 经典之处在于首次将饼图融合到地图中

这位法国工程师，将一生大部分时间都贡献给了水坝，运河和桥梁的工程建造与教育事业，直到 1851 年退休，已近 70 岁高龄才正式开始研究数据信息图形可视化。在他最后的 20 年里，Minard 在这个领域贡献了许多创新，共绘制了 51 幅各种形式的可视化图形，是那个可视化黄金时代当之无愧的大师，被称为法国的“William Playfair”



# 主题统计地图

## 美国内战对欧洲棉花贸易的影响

现代统计图形  
在 R 中的实现

现代统计图形

线图

柱状图

饼图

主题统计地图

法国文盲分布图

拿破仑东征图

汉尼拔远征图

法国各地向巴黎输出牲畜产品的分布情况图

美国内战对欧洲棉花贸易的影响

法国红酒出口情况

地铁路线图

变形地图

统计图形的应用

统计绘图工具

R 和 R 语言

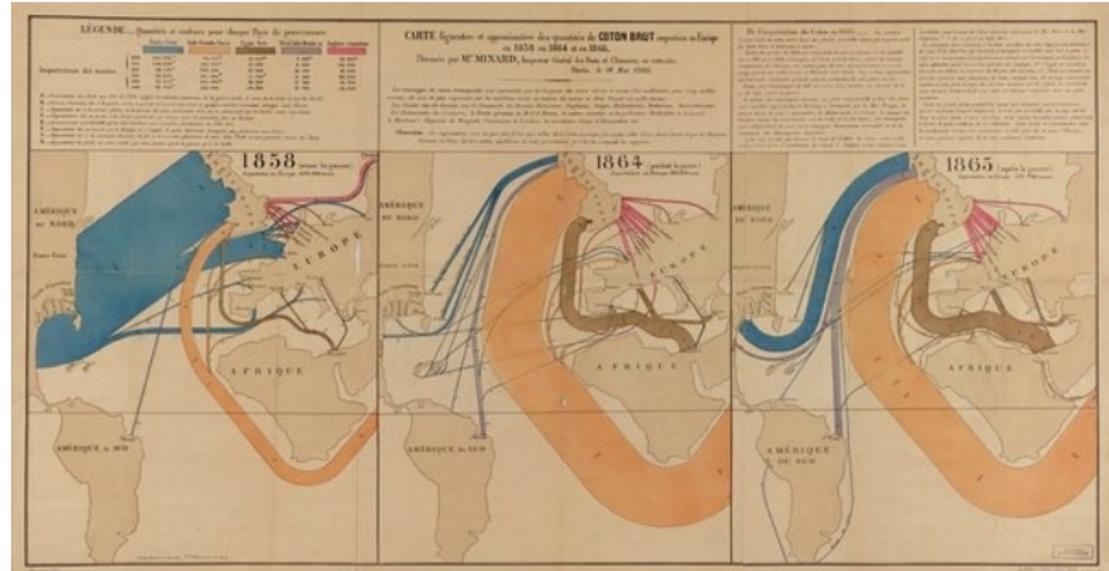
基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系

统

183



图：美国内战对欧洲棉花贸易的影响 (Charles Joseph Minard, 1865)

13



# 主题统计地图

## 法国红酒出口情况

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

线图

柱状图

饼图

主题统计地图

法国文盲率分布图

拿破仑东征图

汉尼拔远征图

法国各地向巴黎输出  
送牲畜产品的分布  
情况图

美国内战对欧洲棉  
花贸易的影响

法国红酒出口情况

地铁路线图

变形地图

统计图形的应用

统计绘图工具

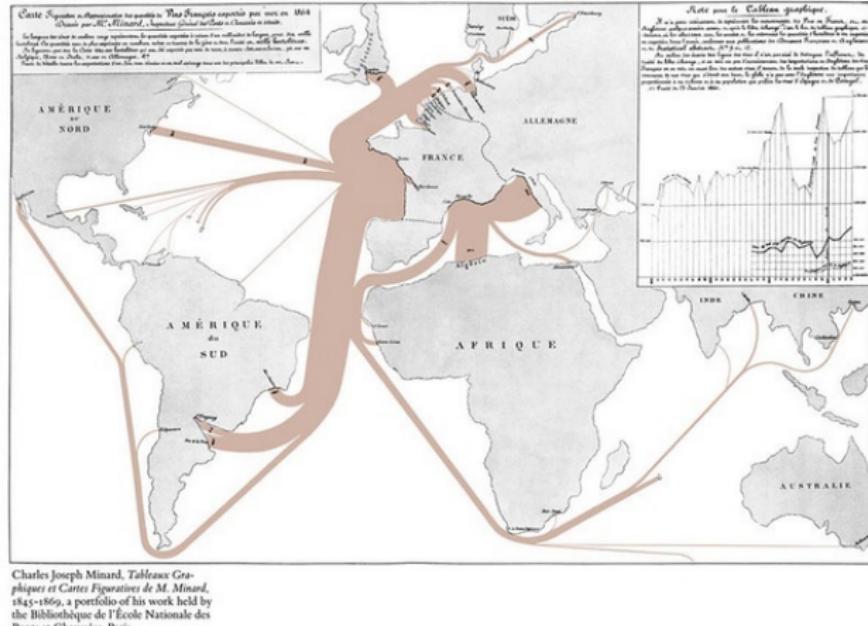
R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

14



Charles Joseph Minard, *Tableaux Graphiques et Cartes Figuratives de M. Minard, 1845-1869*, a portfolio of his work held by the Bibliothèque de l'École Nationale des Ponts et Chaussées, Paris.

图：美国内战对欧洲棉花贸易的影响法国红酒出口情况 (Charles Joseph Minard, 1864)

183



# 主题统计地图

## 地铁路线图

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

线图

柱状图

饼图

主题统计地图

法国文盲率分布图

拿破仑东征图

汉尼拔远征图

法国各地向巴黎输出牲畜产品的分布  
情况图

美国内战对欧洲棉花贸易的影响

法国红酒出口情况

地铁路线图

变形地图

统计图形的应用

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系

统

15



(a) 1908 年版



(b) 1933 年版

图：道路网络形状更新在最早的地图中都是按照实地比例进行绘制的，比如左图的 1908 版伦敦地铁线路图。1931 年，英国技术制图员 Harry Beck 在替伦敦地铁的讯号室绘制电路图时受到启发，设计出了经典的 1933 年版路线图（右图）

183



# 主题统计地图

变形地图 (cartogram)

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

线图

柱状图

饼图

主题统计地图

法国文盲率分布图

拿破仑东征图

汉尼拔远征图

法国各地向巴黎输出牲畜产品的分布  
情况图

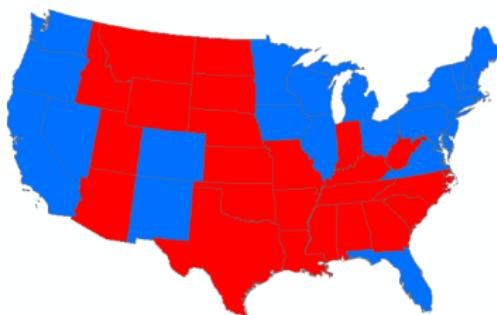
美国内战对欧洲棉花贸易的影响

法国红酒出口情况

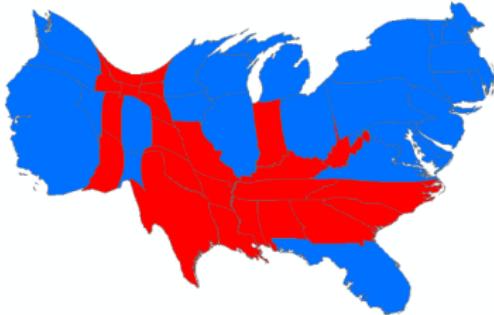
地铁路线图

变形地图

16



(a) 普通色块地图表达



(b) 变形地图表达

图：变形地图的历史可以追溯到 1868 年，其作用是用夸张的地图变形来表达真实的数量关系

上面左图是 2012 年美国大选的结果，从普通色块图上看似乎是红色代表的罗姆尼获胜，但其实获胜的是蓝色代表的奥巴马；右图是根据选票数量进行变形处理后的地图，可以很清楚看到蓝色多于红色，这才是真实数量的正确表达！

空间数据绘图系  
统

183



# 统计图形的应用

## 南丁格尔玫瑰图

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

线图

柱状图

饼图

主题统计地图

统计图形的应用

南丁格尔玫瑰图

霍乱传播之谜

切尔诺夫脸谱图

统计绘图工具

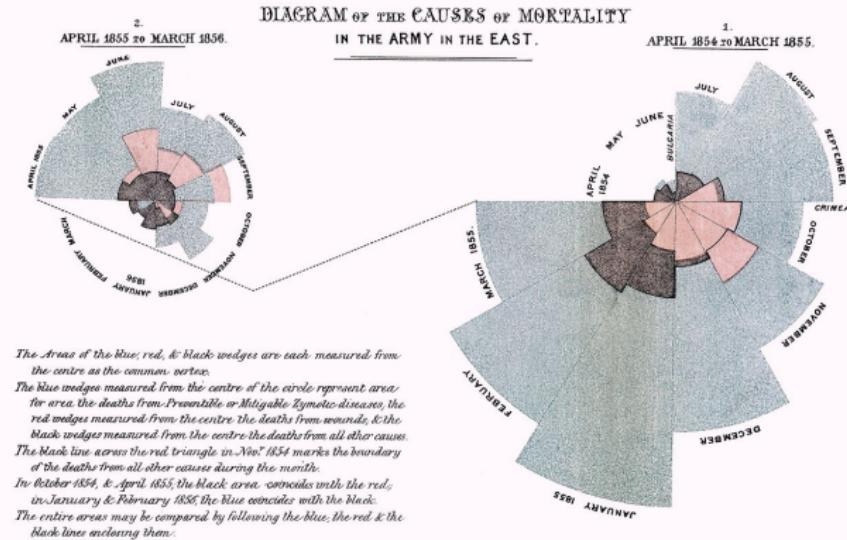
R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

17



图：上图是南丁格尔玫瑰图。两幅图分别表示 1854 年和 1855 年军队的伤亡人数，一年 12 个月在极坐标上被分为 12 等分，每一个花瓣表示一个月；不同颜色表示死亡原因

南丁格尔通过这幅图使英国政府意识到真正影响战争伤亡的并非战争本身，而是由于军队缺乏有效的医疗护理。由此，英国政府于 1857 年开设了专门的军医学校，培养专门的战地医护人员，这就是统计图形在近代护理学最早的应用



# 统计图形的应用

## 霍乱传播之谜

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

线图

柱状图

饼图

主题统计地图

统计图形的应用

南丁格尔玫瑰图

霍乱传播之谜

切尔诺夫脸谱图

统计绘图工具

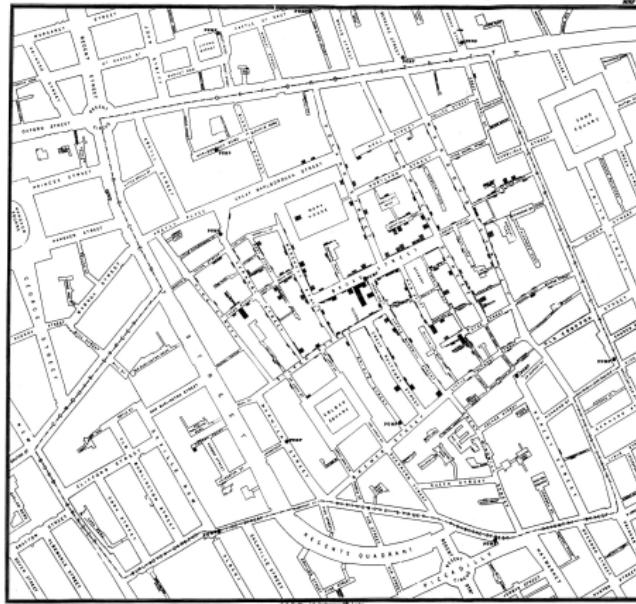
R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

18



183

图：1854 年英国 Broad 大街大规模爆发霍乱，流行病学家 John Snow 对此次霍乱进行了大量调研分析，并且发表了霍乱传播理论的论文，左图是其论文的主要依据：图中心东西方向的街道是 Broad 大街，黑点表示死亡地点

这幅图形形象揭示了一个重要现象，就是死亡地点都在街道中部一处水源（水井）周围，而市内其它水源周围极少发现死者，通过进一步调查他发现这些死者都饮用过这里的井水，从而发现了霍乱传播的源头是水井的把手，**这就是统计图形在公共卫生领域最早的应用**



# 统计图形的应用

## 霍乱传播之谜

现代统计图形及  
在 R 中的实现

### 现代统计图形

线图

柱状图

饼图

主题统计地图

统计图形的应用

南丁格尔玫瑰图

霍乱传播之谜

切尔诺夫脸谱图

### 统计绘图工具

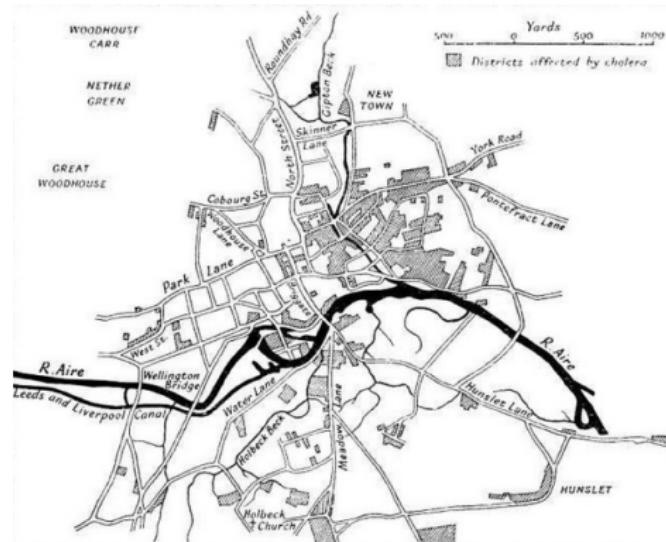
R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系统

19



183

图：其实，在 John Snow 之前，有个叫 Robert Baker 的医生也研究了这个区域的霍乱问题，而且在 1833 年就绘制了左边这张霍乱的分布图。虽然 Baker 在这幅图中揭示了疾病和居住环境的联系：缺乏清洁用水和排水系统的居民点是疾病的高发区，**但是并没有显示发病率**。关于疾病起因的认知，他尽管方向正确但是并不完备，最终与伟大的发现擦肩而过。因此，只有充分完备的统计图形才能够真正应用于实践，这是一个漫长的科学过程。



# 统计图形的应用

## 切尔诺夫脸谱图 (Chernoff Faces)

现代统计图形  
在 R 中的实现

现代统计图形

线图

柱状图

饼图

主题统计地图

统计图形的应用

南丁格尔玫瑰图

霍乱传播之谜

切尔诺夫脸谱图

20

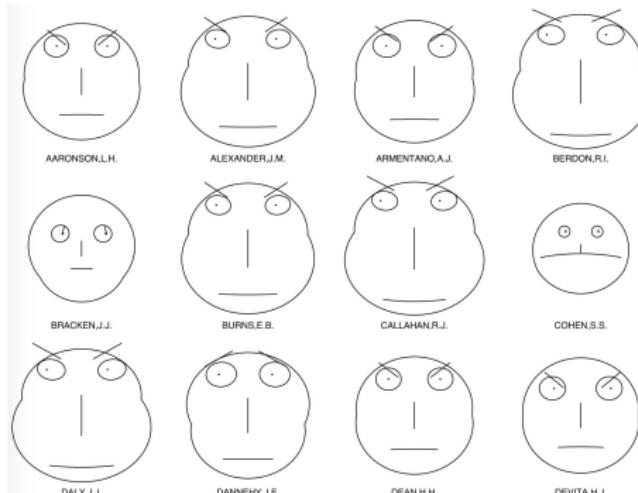
统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系统



图：切尔诺夫脸谱图 (Herman Chernoff, 1973)

这张很喜感的脸谱图其实是一种统计图，叫切尔诺夫脸谱图，是统计学家 Herman Chernoff 于 1973 年发明的，其基本思想是把多维数据的特征映射到卡通人脸中。由于人类非常善于识别脸部特征，脸谱化使得多维度数据容易被分析人员消化理解，有助于数据的规律和不规律性的可视化。目前这种方法已被广泛应用于多地域经济战略指标数据分析，空间数据可视化等领域。

183



# 目录

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形  
统计绘图工具

21

## 1 现代统计图形

何为利器  
所见即所得工具  
所想即所得工具  
R 和 R 语言

基础绘图系统  
grid 绘图系统  
空间数据绘图系  
统

## 2 统计绘图工具

## 3 R 和 R 语言

## 4 基础绘图系统

## 5 grid 绘图系统

## 6 空间数据绘图系统



# 善于借助利器

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

何为利器

所见即所得工具

所想即所得工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

22



谢逊取过手边的屠龙宝刀，拔刀出鞘，嚓的一声，在大树的树干上斜砍一刀，只听得砰然巨响，大树的上半段向外跌落。

183

君子性非异也，善假于物也  
—《荀子·劝学》



# 何为利器

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

何为利器

所见即所得工具

所想即所得工具

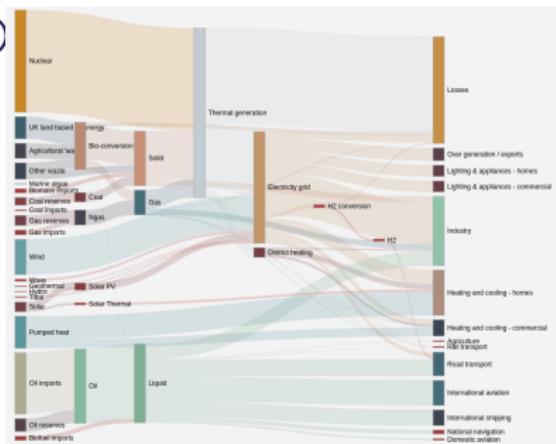
R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

23



图：看上去复杂但是直观的桑基图  
(Sankey diagram)

183

## 直观与简单

**统计量是统计图形最关键的构成因素**，因此，优秀的统计图形背后必然隐藏着重要的统计量

图形的首要作用是“直观”展示统计量信息，但是能够直观理解的信息未必是“简单”的

使用合适的工具可以让信息的表达既“直观”又“简单”



# 何为利器

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形  
统计绘图工具  
何为利器

24

R 和 R 语言  
基础绘图系统  
grid 绘图系统  
空间数据绘图系  
统

183

- 统计计算功能齐全
- 图形元素易于控制
- 统计图形种类丰富



图：常见的一些统计绘图工具



# 所见即所得工具

excel

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

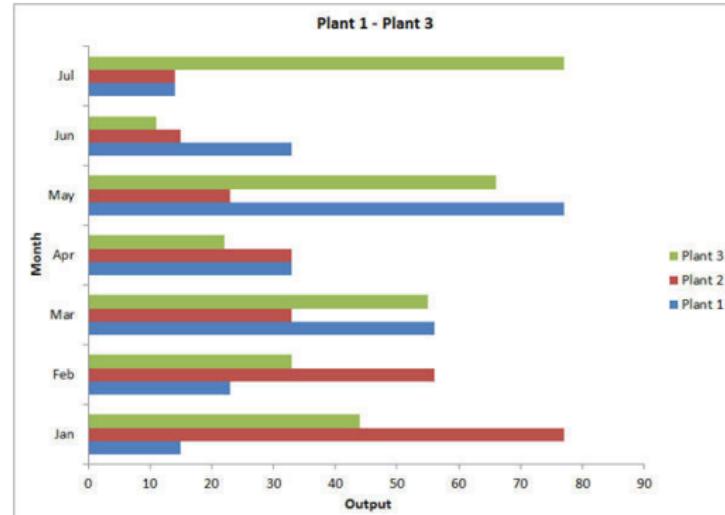
何为利器

所见即所得工具

excel

25

- 微软公司开发的电子数据表软件，从 1985 年发布 1.0 版本至今已经 30 多年历史，是电子数据表类软件的工业标准
- 优秀的人机实时交互设计，所见即所得
- 能够完成简单的统计功能以及数据绘图，但并不是统计软件



图：表示绝对数值大小的条形图

183



# 所见即所得工具

excel

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

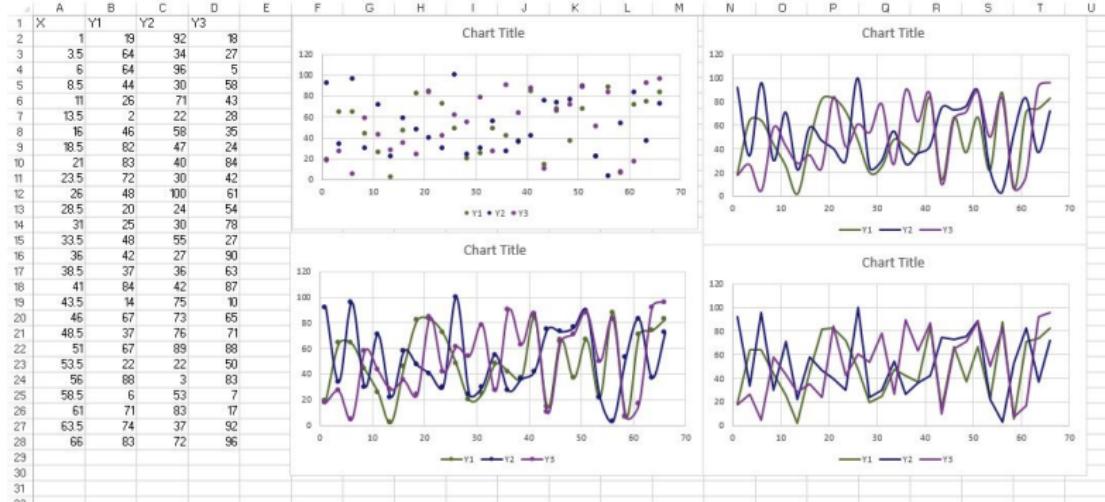
何为利器

所见即所得工具

excel

25

- 微软公司开发的电子数据表软件，从 1985 年发布 1.0 版本至今已经 30 多年历史，是电子数据表类软件的工业标准
- 优秀的人机实时交互设计，所见即所得
- 能够完成简单的统计功能以及数据绘图，但并不是统计软件



图：表示绝对数值大小的折线图



# 所见即所得工具

excel

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

何为利器

所见即所得工具

excel

SPSS

所想即所得工具

R 和 R 语言

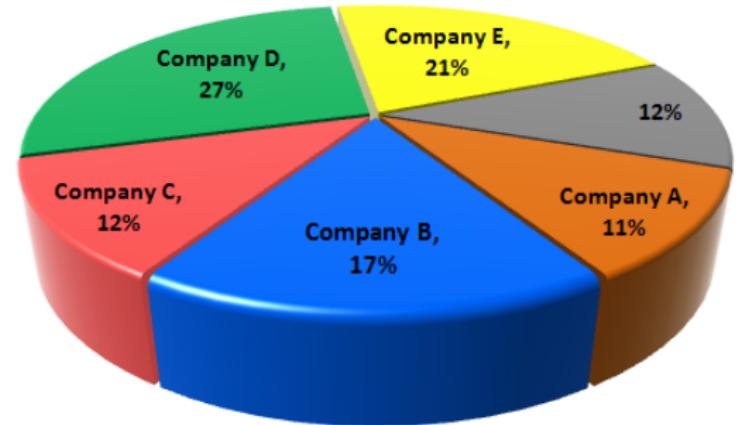
基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

25

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	The Pie Chart									
2										
3	2009	Part								
4	Company A	11%								
5	Company B	17%								
6	Company C	12%								
7	Company D	27%								
8	Company E	21%								
9	Other	12%								
10	Total	100%								
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										



图：表示比例大小的饼图

183



# 所见即所得工具

excel

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

何为利器

所见即所得工具

excel

SPSS

所想即所得工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

25

- 微软公司开发的电子数据表软件，从 1985 年发布 1.0 版本至今已经 30 多年历史，是电子数据表类软件的工业标准
- 优秀的人机实时交互设计，所见即所得
- 能够完成简单的统计功能以及数据绘图，但并不是统计软件



图：表示二维变量关系的散点图

183



# 所见即所得工具

excel

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

何为利器

所见即所得工具

excel

SPSS

所想即所得工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

25

- 微软公司开发的电子数据表软件，从 1985 年发布 1.0 版本至今已经 30 多年历史，是电子数据表类软件的工业标准
- 优秀的人机实时交互设计，所见即所得
- 能够完成简单的统计功能以及数据绘图，但并不是统计软件

## excel 作为统计绘图工具的缺点

- ⌚ excel 并非专业统计软件，只擅长对原始数据的展示，统计分析和建模功能十分有限。因此，著名统计学家 Leland Wilkinson<sup>1</sup> 说“给统计刊物投稿时永远不要用 Excel 作图”
- ⌚ 只能在 windows 单机上运行，处理数据量有限而且速度慢，不具备大规模数据管理功能
- ⌚ 绘图功能十分有限，只提供部分基本统计图形

183



# 所见即所得工具

excel

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

何为利器

所见即所得工具

excel

SPSS

所想即所得工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

25

- 微软公司开发的电子数据表软件，从 1985 年发布 1.0 版本至今已经 30 多年历史，是电子数据表类软件的工业标准
- 优秀的人机实时交互设计，所见即所得
- 能够完成简单的统计功能以及数据绘图，但并不是统计软件

## excel 作为统计绘图工具的缺点

- ❶ excel 并非专业统计软件，只擅长对原始数据的展示，统计分析和建模功能十分有限。因此，著名统计学家 Leland Wilkinson<sup>1</sup> 说“给统计刊物投稿时永远不要用 Excel 作图”
- ❷ 只能在 windows 单机上运行，处理数据量有限而且速度慢，不具备大规模数据管理功能
- ❸ 绘图功能十分有限，只提供部分基本统计图形

183

<sup>1</sup> 统计学经典书籍《The Grammar of Graphics》一书的作者，任职 SPSS 公司十年，而且一直领导其可视化小组



# 所见即所得工具

excel

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

何为利器

所见即所得工具

excel

SPSS

所想即所得工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

25

- 微软公司开发的电子数据表软件，从 1985 年发布 1.0 版本至今已经 30 多年历史，是电子数据表类软件的工业标准
- 优秀的人机实时交互设计，所见即所得
- 能够完成简单的统计功能以及数据绘图，但并不是统计软件

## excel 作为统计绘图工具的缺点

- ⌚ excel 并非专业统计软件，只擅长对原始数据的展示，统计分析和建模功能十分有限。因此，著名统计学家 Leland Wilkinson<sup>1</sup> 说“给统计刊物投稿时永远不要用 Excel 作图”
- ⌚ 只能在 windows 单机上运行，处理数据量有限而且速度慢，不具备大规模数据管理功能
- ⌚ 绘图功能十分有限，只提供部分基本统计图形

183

<sup>1</sup> 统计学经典书籍《The Grammar of Graphics》一书的作者，任职 SPSS 公司十年，而且一直领导其可视化小组



# 所见即所得工具

excel

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

何为利器

所见即所得工具

excel

25

- 微软公司开发的电子数据表软件，从 1985 年发布 1.0 版本至今已经 30 多年历史，是电子数据表类软件的工业标准
- 优秀的人机实时交互设计，所见即所得
- 能够完成简单的统计功能以及数据绘图，但并不是统计软件

## excel 作为统计绘图工具的缺点

- 📎 excel 并非专业统计软件，只擅长对原始数据的展示，统计分析和建模功能十分有限。因此，著名统计学家 Leland Wilkinson<sup>1</sup> 说“给统计刊物投稿时永远不要用 Excel 作图”
- 📎 只能在 windows 单机上运行，处理数据量有限而且速度慢，不具备大规模数据管理功能
- 📎 绘图功能十分有限，只提供部分基本统计图形

<sup>1</sup> 统计学经典书籍《The Grammar of Graphics》一书的作者，任职 SPSS 公司十年，而且一直领导其可视化小组



# 所见即所得工具

## SPSS

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

何为利器

所见即所得工具

excel

SPSS

所想即所得工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

- 易学易用
- 功能全面
- 界面友好

26

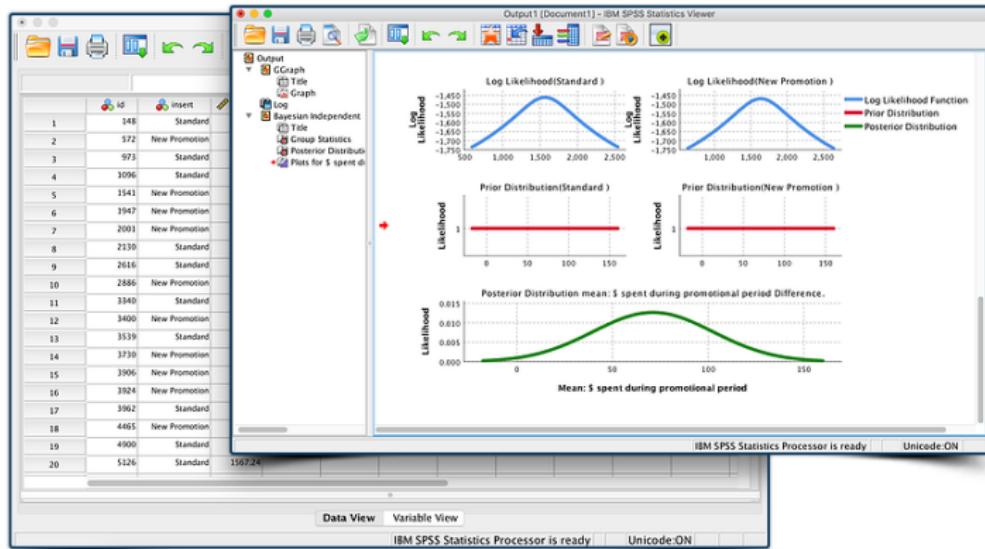


图: SPSS 用户操作界面

183



# 所见即所得工具

## SPSS

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

何为利器

所见即所得工具

excel

SPSS

所想即所得工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

- 易学易用
- 功能全面
- 界面友好

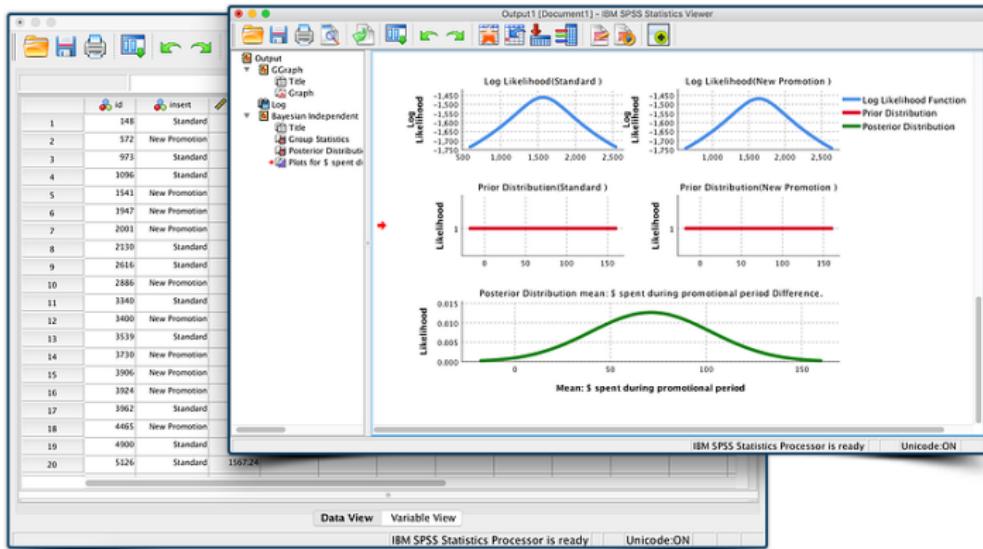


图: SPSS 用户操作界面



# 所见即所得工具

## SPSS

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

何为利器

所见即所得工具

excel

SPSS

所想即所得工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

- 易学易用
- 功能全面
- 界面友好

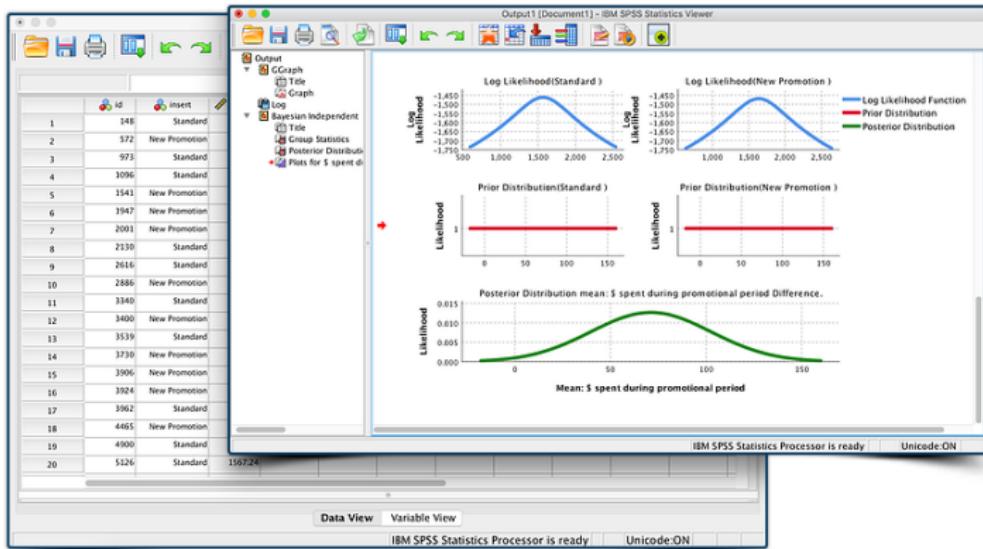


图: SPSS 用户操作界面



# 所见即所得工具

## SPSS

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形  
统计绘图工具

何为利器

所见即所得工具  
excel  
SPSS  
所想即所得工具

26

- 易学易用
- 功能全面
- 界面友好

### SPSS 的缺点

- ⌚ 按钮数量是有限的，而需求是无限的
- ⌚ 图形要素控制缺乏灵活性和精准性
- ⌚ 生成一张图易，生成 N 张图难
- ⌚ 贫穷限制了想象力

183



# 所见即所得工具

## SPSS

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

何为利器

所见即所得工具

excel

SPSS

所想即所得工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

- 易学易用
- 功能全面
- 界面友好

26

### SPSS 的缺点

- ⌚ 按钮数量是有限的，而需求是无限的
- ⌚ 图形要素控制缺乏灵活性和精准性
- ⌚ 生成一张图易，生成 N 张图难
- ⌚ 贫穷限制了想象力

183



# 所见即所得工具

## SPSS

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

何为利器

所见即所得工具

excel

SPSS

所想即所得工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

- 易学易用
- 功能全面
- 界面友好

26

### SPSS 的缺点

- ⌚ 按钮数量是有限的，而需求是无限的
- ⌚ 图形要素控制缺乏灵活性和精准性
- ⌚ 生成一张图易，生成 N 张图难
- ⌚ 贫穷限制了想象力

183



# 所见即所得工具

## SPSS

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

何为利器

所见即所得工具

excel

SPSS

所想即所得工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

- 易学易用
- 功能全面
- 界面友好

26

### SPSS 的缺点

- ⌚ 按钮数量是有限的，而需求是无限的
- ⌚ 图形要素控制缺乏灵活性和精准性
- ⌚ 生成一张图易，生成 N 张图难
- ⌚ 贫穷限制了想象力

183



# 所见即所得工具

## SPSS

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

何为利器

所见即所得工具

excel

SPSS

所想即所得工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

26

- 易学易用
- 功能全面
- 界面友好

### SPSS 的缺点

- ✎ 按钮数量是有限的，而需求是无限的
- ✎ 图形要素控制缺乏灵活性和精准性
- ✎ 生成一张图易，生成 N 张图难
- ✎ 贫穷限制了想象力

183



# 所想即所得工具

SAS

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

何为利器

所见即所得工具

所想即所得工具

SAS

S-Plus

R 和 R 语言

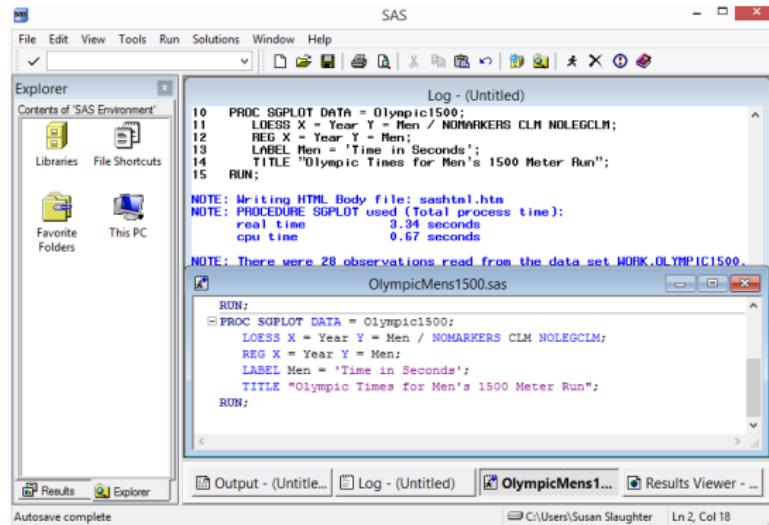
基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

27

- 1960 年诞生于 SAS 软件研究所，老牌专业统计软件
- 基于数据库进行数据管理，具有大型数据集处理分析能力
- 有专门的 SAS 认证考试，包括程序员、业务分析师、数据挖掘、系统开发专家和系统管理专家五种不同角色



183

图: SAS 软件界面



# 所想即所得工具

SAS

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

何为利器

所见即所得工具

所想即所得工具

SAS

S-Plus

R 和 R 语言

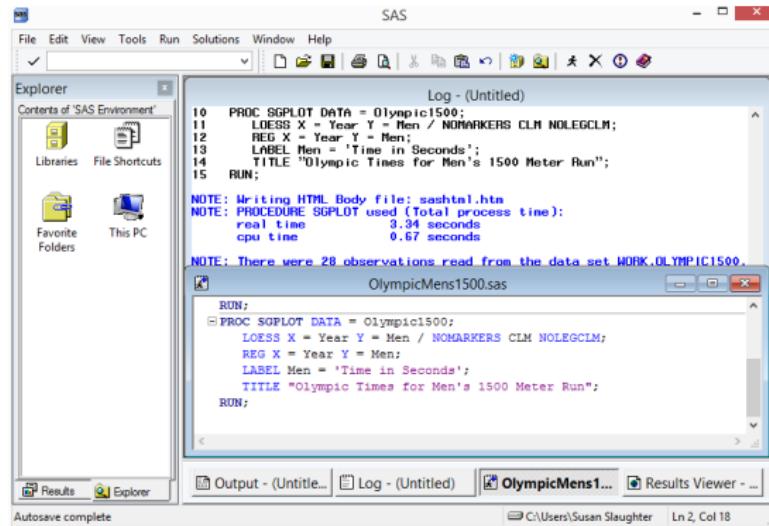
基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

27

- 1960 年诞生于 SAS 软件研究所，老牌专业统计软件
- 基于数据库进行数据管理，具有大型数据集处理分析能力
- 有专门的 SAS 认证考试，包括程序员、业务分析师、数据挖掘、系统开发专家和系统管理专家五种不同角色



183

图: SAS 软件界面



# 所想即所得工具

SAS

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

何为利器

所见即所得工具

所想即所得工具

SAS

S-Plus

R 和 R 语言

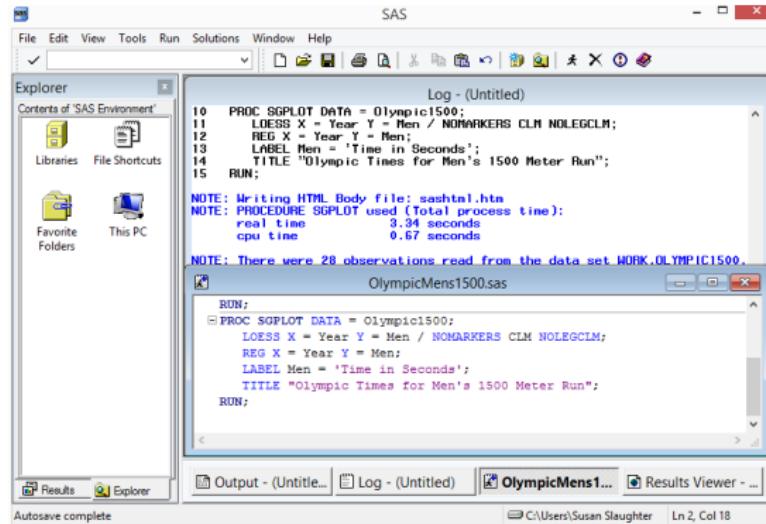
基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

27

- 1960 年诞生于 SAS 软件研究所，老牌专业统计软件
- 基于数据库进行数据管理，具有大型数据集处理分析能力
- 有专门的 SAS 认证考试，包括程序员、业务分析师、数据挖掘、系统开发专家和系统管理专家五种不同角色



图：SAS 软件界面

183



# 所想即所得工具

SAS

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

何为利器

所见即所得工具

所想即所得工具

SAS

S-Plus

R 和 R 语言

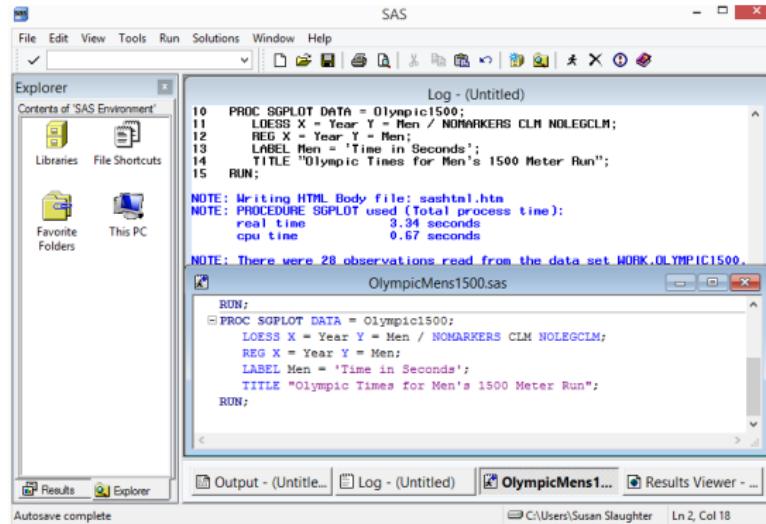
基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

27

- 1960 年诞生于 SAS 软件研究所，老牌专业统计软件
- 基于数据库进行数据管理，具有大型数据集处理分析能力
- 有专门的 SAS 认证考试，包括程序员、业务分析师、数据挖掘、系统开发专家和系统管理专家五种不同角色



183

图：SAS 软件界面



# 所想即所得工具

SAS

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

何为利器

所见即所得工具

所想即所得工具

SAS

S-Plus

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

28



图：箱形图 (Box plot)

```
1 PROC SQL;
2 create table CARS1 as
3 SELECT make,model,type,invoice,
4      horsepower,length,weight
5 FROM SASHELP.CARS
6 WHERE make in ('Audi','BMW');
7 RUN;

8 PROC SGPlot DATA=CARS1;
9   VBOX horsepower
10 / category = type;
11
12 title 'Horsepower of cars by
13 types';
14 RUN;
```

183



# 所想即所得工具

S-Plus

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

何为利器

所见即所得工具

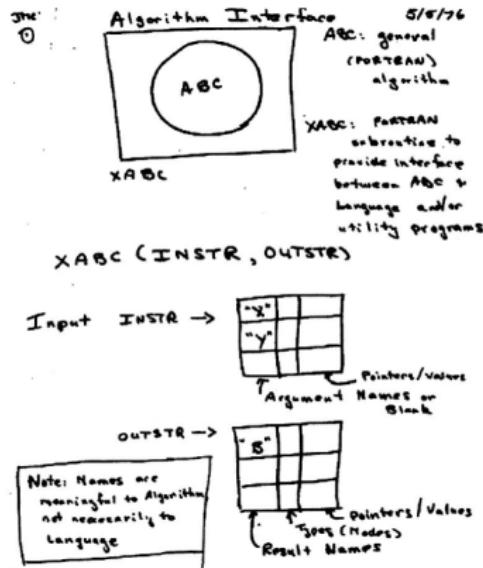
所想即所得工具

SAS

S-Plus

29

- S 语言是 1976 年 AT&T 贝尔实验室开发的一种用于统计计算的解释型编程语言



图：S 语言的设计草图 (1976.5.5)



# 所想即所得工具

S-Plus

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

何为利器

所见即所得工具

所想即所得工具

SAS

S-Plus

30

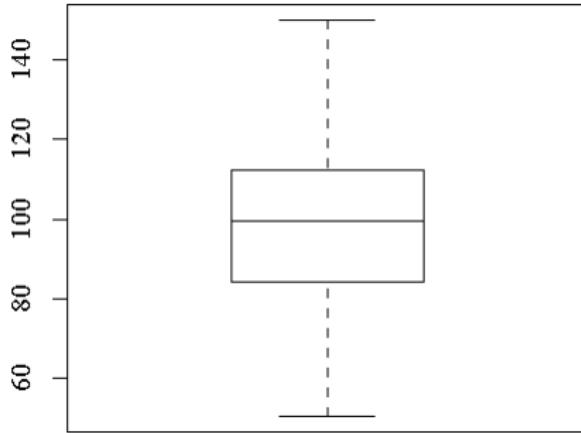
R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

- 与 SAS 内置脚本语言相比，S 语言更加符合现代程序语言的设计，方便灵活控制图形输出，制作既精美又专业的统计图形
- 能够与其他主流程序语言集成



1 boxplot(Weight)

图：箱形图 (Box plot)

183



# 所想即所得工具

S-Plus

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

何为利器

所见即所得工具

所想即所得工具

SAS

S-Plus

31

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

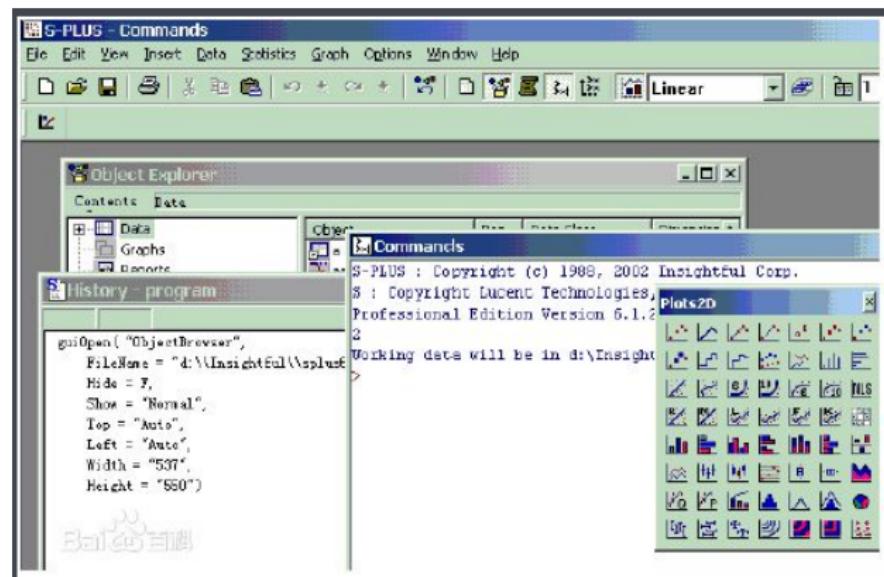


图: S-Plus 软件界面

183



# 所想即所得工具

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

何为利器

所见即所得工具

所想即所得工具

SAS

S-Plus

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

32

## 所想即所得工具的劣势

- ⌚ 人机交互全靠指令输入，需要具备编程基础
- ⌚ 需要扎实的统计学基础，学习曲线陡峭
- ⌚ 绘制简单统计图形不如“所见即所得工具”直观和快捷

## 所想即所得工具的优势

- ⌚ 想象力有多大，世界就有多精彩
- ⌚ 花有重开日，人无再少年
- ⌚ 深入算法内核，由术至道

183



# 所想即所得工具

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

何为利器

所见即所得工具

所想即所得工具

SAS

S-Plus

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

32

## 所想即所得工具的劣势

- ✎ 人机交互全靠指令输入，需要具备编程基础
- ✎ 需要扎实的统计学基础，学习曲线陡峭
- ✎ 绘制简单统计图形不如“所见即所得工具”直观和快捷

## 所想即所得工具的优势

- ✎ 想象力有多大，世界就有多精彩
- ✎ 花有重开日，人无再少年
- ✎ 深入算法内核，由术至道

183



# 目录

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形  
统计绘图工具

R 和 R 语言

33

R 简介  
基础知识  
数据操作  
函数  
程序控制  
公式  
面向对象编程

基础绘图系统  
grid 绘图系统  
空间数据绘图系  
统

① 现代统计图形

② 统计绘图工具

③ R 和 R 语言

④ 基础绘图系统

⑤ grid 绘图系统

⑥ 空间数据绘图系  
统

183



# 借力打力

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

数据操作

函数

程序控制

公式

面向对象编程

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系

统

34



张无忌身在半空，  
无法避让，只要身子  
再沉尺许，立时双足  
齐断，若是沉下三尺，  
则是齐腰斩为两截。  
这当儿不暇思索，  
长剑指出，白虹剑得  
剑尖点在倚天剑的剑  
尖之上，白虹剑一弯，  
剑身弹起，他已借  
力重行高跃。

吾尝终日而思矣，不如须臾之所学也；吾尝跂而望矣，不如登高之博见也

—《荀子·劝学》



# R 简介

## R 的历史

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形  
统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

数据操作

函数

程序控制

公式

面向对象编程

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

183

35

- R 诞生于 1995 年，由新西兰 Auckland 大学统计学家 Robert Gentleman 和 Ross Ihaka 开发，而且完全开放源代码，是一款基于 GNU General Public License(GPL) 协议的开源软件；由于两位开发者的名字都以“R”开头，而且为了向 S 语言致敬，因此命名为 R
- R 是“所想即所得”工具，其核心是基于 S 语言设计的 R 语言，S 语言的代码可以不经过任何修改就在 R 中运行，因此 R 被看做是 S 语言的非商业化实现



Ross Ihaka



Robert Gentleman



# R 简介

## R 的历史

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

数据操作

函数

程序控制

公式

面向对象编程

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

35

- R 诞生于 1995 年，由新西兰 Auckland 大学统计学家 Robert Gentleman 和 Ross Ihaka 开发，而且完全开放源代码，是一款基于 GNU General Public License(GPL) 协议的开源软件；由于两位开发者的名字都以“R”开头，而且为了向 S 语言致敬，因此命名为 R
- R 是“所想即所得”工具，其核心是基于 S 语言设计的 R 语言，S 语言的代码可以不经过任何修改就在 R 中运行，因此 R 被看做是 S 语言的非商业化实现



Ross Ihaka



Robert Gentleman

183



# R 简介

## R 的优势

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

数据操作

函数

程序控制

公式

面向对象编程

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

36



[CRAN  
Mirror  
What's new?  
Link Views  
Search](#)

[About R  
R Homeage  
The R Journal](#)

[Software  
R Sources  
R Bitrates  
Packages  
Other](#)

[Documentation  
Manuals  
FAQs  
Contributed](#)

The Comprehensive R Archive Network

Download and Install R

Precompiled binary distributions of the base system and contributed packages. Windows and Mac users most likely want one of these versions of R:

- [Download R for Linux](#)
- [Download R for Mac OS X](#)
- [Download R for Windows](#)

R is part of many Linux distributions, you should check with your Linux package management system in addition to the link above.

Source Code for all Platforms

Windows and Mac users most likely want to download the precompiled binaries listed in the upper box, not the source code. The sources have to be compiled before you can use them. If you do not know what this means, you probably do not want to do it!

- The latest release (2017-11-30, Kite-Eating Tree) [R-3.4.3.tar.gz](#), read [what's new](#) in the latest version.
- Sources of [R alpha](#) and [beta releases](#) (daily snapshots, created only in time periods before a planned release).
- Daily snapshots of current patched and development versions are [available here](#). Please read about [new features](#) and [bug fixes](#) before filing corresponding feature requests or bug reports.
- Source code of older versions of R is [available here](#).
- Contributed extensions [packages](#)

Questions About R

- If you have questions about R like how to download and install the software, or what the license terms are, please read our [answers to frequently asked questions](#) before you send an email.

### What are R and CRAN?

R is "GNU S", a freely available language and environment for statistical computing and graphics which provides a wide variety of statistical and graphical techniques: linear and nonlinear modelling, statistical tests, time series analysis, classification, clustering, etc. Please consult the [R project homepage](#) for further information.

CRAN is a network of ftp and web servers around the world that store identical, up-to-date, versions of code and documentation for R. Please use the CRAN [mirror](#) nearest to you to minimize network load.

### Submitting to CRAN

To "submit" a package to CRAN, check that your submission meets the [CRAN Repository Policy](#) and then use the [web form](#).

If this fails, upload to <http://CRAN.R-project.org/incoming/> and send an email to [CRAN-submissions@R-project.org](mailto:CRAN-submissions@R-project.org) following the policy. Please do not attach submissions to emails, because this will clutter up the mailboxes of half a dozen people.

图: R 的官方网站 CRAN(<https://cran.r-project.org/>)



# R 简介

## R 的优势

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

数据操作

函数

程序控制

公式

面向对象编程

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

36



[CRAN  
Mirror  
What's new?  
Link Views  
Search](#)

[About R  
Bugs  
Usage  
The R Journal](#)

[Software  
R Sources  
R Bitrates  
Packages  
Other](#)

[Documentation  
Manuals  
FAQs  
Contributed](#)

The Comprehensive R Archive Network

Download and Install R

Precompiled binary distributions of the base system and contributed packages. Windows and Mac users most likely want one of these versions of R:

- [Download R for Linux](#)
- [Download R for Mac OS X](#)
- [Download R for Windows](#)

R is part of many Linux distributions, you should check with your Linux package management system in addition to the link above.

Source Code for all Platforms

Windows and Mac users most likely want to download the precompiled binaries listed in the upper box, not the source code. The sources have to be compiled before you can use them. If you do not know what this means, you probably do not want to do it!

- The latest release (2017-11-30, Kite-Eating Tree) [R-3.4.3.tar.gz](#), read [what's new](#) in the latest version.
- Sources of [R\\_alpha](#) and [beta releases](#) (daily snapshots, created only in time periods before a planned release).
- Daily snapshots of current patched and development versions are [available here](#). Please read about [new features](#) and [bug fixes](#) before filing corresponding feature requests or bug reports.
- Source code of older versions of R is [available here](#).
- Contributed extensions [packages](#)

Questions About R

- If you have questions about R like how to download and install the software, or what the license terms are, please read our [answers to frequently asked questions](#) before you send an email.

### What are R and CRAN?

R is "GNU S", a freely available language and environment for statistical computing and graphics which provides a wide variety of statistical and graphical techniques: linear and nonlinear modelling, statistical tests, time series analysis, classification, clustering, etc. Please consult the [R project homepage](#) for further information.

CRAN is a network of ftp and web servers around the world that store identical, up-to-date, versions of code and documentation for R. Please use the CRAN [mirror](#) nearest to you to minimize network load.

### Submitting to CRAN

To "submit" a package to CRAN, check that your submission meets the [CRAN Repository Policy](#) and then use the [web form](#).

If this fails, upload to <http://CRAN.R-project.org/incoming/> and send an email to [CRAN-submissions@R-project.org](mailto:CRAN-submissions@R-project.org) following the policy. Please do not attach submissions to emails, because this will clutter up the mailboxes of half a dozen people.

图: R 的官方网站 CRAN(<https://cran.r-project.org/>)



# R 简介

## R 的优势

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

数据操作

函数

程序控制

公式

面向对象编程

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

36



图：来自世界各地 R 的无私贡献者们

183



# R 简介

## R 的优势

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形  
统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

数据操作

函数

程序控制

公式

面向对象编程

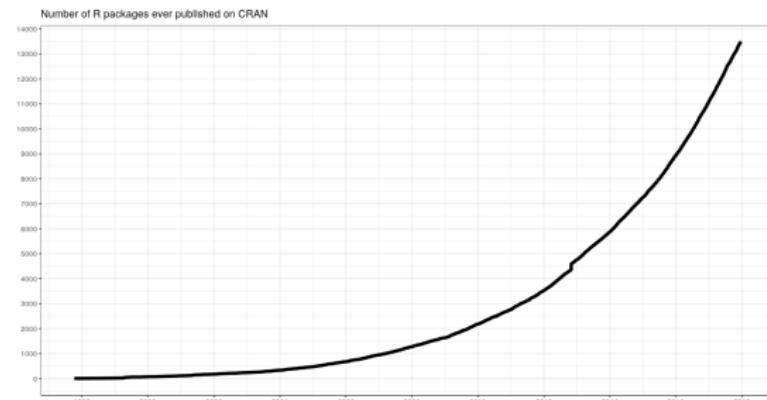
基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

37

- R 是高度模块化软件，通过程序包 (package) 来扩展功能；目前 CRAN 上的程序包超过 12000 个，几乎全是来自无偿贡献
- R 语言语法简单，不需要很高的编程技巧，而且与其他语言具有极好的兼容性
- 几乎所有的统计模型都有 R 语言的实现版本，因此与统计研究前沿相接轨



图：历年 R packages 提交的数量统计

183



# R 简介

## R 的优势

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形  
统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

数据操作

函数

程序控制

公式

面向对象编程

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

37

- R 是高度模块化软件，通过程序包 (package) 来扩展功能；目前 CRAN 上的程序包超过 12000 个，几乎全是来自无偿贡献
- R 语言语法简单，不需要很高的编程技巧，而且与其他语言具有极好的兼容性
- 几乎所有的统计模型都有 R 语言的实现版本，因此与统计研究前沿相接轨

## R 语言的兼容性

- ✎ **内部兼容：**由于 R 语言本身是解释性语言，执行效率较低，因此 R 的底层函数有很大一部分代码是 C 语言和 Fortran 语言编写的
- ✎ **外部兼容：**目前主流的编程语言，例如 JAVA、c++、python 等几乎都有相应的程序库来调用 R 语言编写的程序，来帮助这些编程语言简化统计计算和绘图相关的功能

183



# R 简介

## R 的优势

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形  
统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

数据操作

函数

程序控制

公式

面向对象编程

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

37

- R 是高度模块化软件，通过程序包 (package) 来扩展功能；目前 CRAN 上的程序包超过 12000 个，几乎全是来自无偿贡献
- R 语言语法简单，不需要很高的编程技巧，而且与其他语言具有极好的兼容性
- 几乎所有的统计模型都有 R 语言的实现版本，因此与统计研究前沿相接轨

<a href="#">Bayesian</a>	Bayesian Inference
<a href="#">ChemPhys</a>	Chemometrics and Computational Physics
<a href="#">ClinicalTrials</a>	Clinical Trial Design, Monitoring, and Analysis
<a href="#">Cluster</a>	Cluster Analysis & Finite Mixture Models
<a href="#">DifferentialEquations</a>	Differential Equations
<a href="#">Distributions</a>	Probability Distributions
<a href="#">Econometrics</a>	Econometrics
<a href="#">Environmetrics</a>	Analysis of Ecological and Environmental Data
<a href="#">ExperimentalDesign</a>	Design of Experiments (DoE) & Analysis of Experimental Data
<a href="#">ExtremeValue</a>	Extreme Value Analysis
<a href="#">Finance</a>	Empirical Finance
<a href="#">FunctionalData</a>	Functional Data Analysis
<a href="#">Genetics</a>	Statistical Genetics
<a href="#">Graphics</a>	Graphic Displays & Dynamic Graphics & Graphic Devices & Visualization
<a href="#">HighPerformanceComputing</a>	High-Performance and Parallel Computing with R
<a href="#">MachineLearning</a>	Machine Learning & Statistical Learning
<a href="#">MedicalImaging</a>	Medical Image Analysis
<a href="#">MetaAnalysis</a>	Meta-Analysis
<a href="#">Multivariate</a>	Multivariate Statistics
<a href="#">NaturalLanguageProcessing</a>	Natural Language Processing

图：R packages 的任务分类

183



# R 简介

## R 的优势

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

数据操作

函数

程序控制

公式

面向对象编程

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

37

- R 是高度模块化软件，通过程序包 (package) 来扩展功能；目前 CRAN 上的程序包超过 12000 个，几乎全是来自无偿贡献
- R 语言语法简单，不需要很高的编程技巧，而且与其他语言具有极好的兼容性
- 几乎所有的统计模型都有 R 语言的实现版本，因此与统计研究前沿相接轨

[NumericalMathematics](#)

[OfficialStatistics](#)

[Optimization](#)

[Pharmacokinetics](#)

[Phylogenetics](#)

[Psychometrics](#)

[ReproducibleResearch](#)

[Robust](#)

[SocialSciences](#)

[Spatial](#)

[SpatioTemporal](#)

[Survival](#)

[TimeSeries](#)

[WebTechnologies](#)

[gR](#)

Numerical Mathematics

Official Statistics & Survey Methodology

Optimization and Mathematical Programming

Analysis of Pharmacokinetic Data

Phylogenetics, Especially Comparative Methods

Psychometric Models and Methods

Reproducible Research

Robust Statistical Methods

Statistics for the Social Sciences

Analysis of Spatial Data

Handling and Analyzing Spatio-Temporal Data

Survival Analysis

Time Series Analysis

Web Technologies and Services

gRaphical Models in R

图：R packages 的任务分类

183



# 基础知识

## R 的工作原理

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

R 的工作原理

安装运行环境

基本操作

程序包

帮助系统

数据操作

函数

程序控制

公式

面向对象编程

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

38

- 在 R 中进行的所有操作都是针对存储在内存中的对象
- 用户通过输入命令调用函数，分析结果可以被直接显示在屏幕上，也可以被存入某个对象或被写入硬盘(如图片对象)
- 因为分析结果本身也是对象，所以它们也能被视为数据并能像一般数据那样被处理分析
- 数据可以从本地磁盘读取，也可从远程服务器端获得

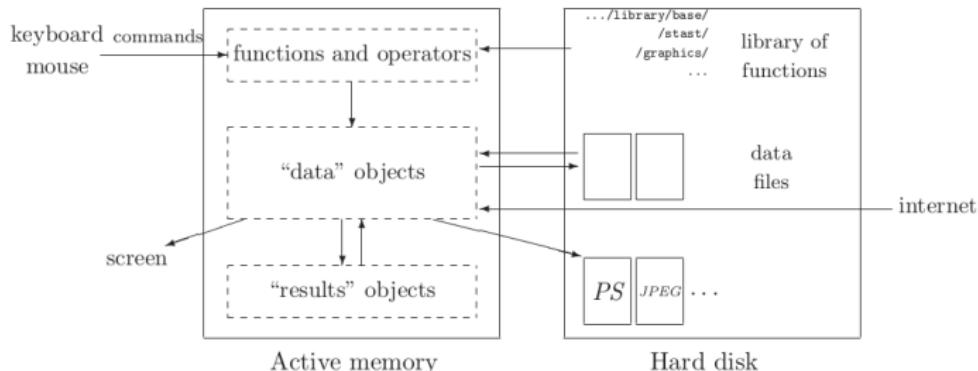


图: R 的工作原理

183



# 基础知识

## 安装运行环境

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

R 的工作原理

安装运行环境

基本操作

程序包

帮助系统

数据操作

函数

程序控制

公式

面向对象编程

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

39

- R 的主安装程序由自愿者进行编译上传，基本上每个在 CRAN 上可以自由下载，包括 windows、linux 和 mac 三大主流平台
- 安装后的程序界面是一个交互式命令行终端，默认由一个“>”符号表示命令输入和结果输出指示符
- 在 Windows 系统有一个简陋的 GUI，Unix/Linux 系统和 Mac 系统默认只在 CLI 终端运行

The Comprehensive R Archive Network

[Download and Install R](#)

Precompiled binary distributions of the base system and contributed packages, **Windows and Mac** users most likely want one of these versions of R:

- [Download R for Linux](#)
- [Download R for \(Mac\) OS X](#)
- [Download R for Windows](#)

R is part of many Linux distributions, you should check with your Linux package management system in addition to the link above.

[Source Code for all Platforms](#)

Windows and Mac users most likely want to download the precompiled binaries listed in the upper box, not the source code. The sources have to be compiled before you can use them. If you do not know what this means, you probably do not want to do it!

- The latest release (2017-11-30, Kite-Eating Tree) [R-3.4.3.tar.gz](#), read [what's new](#) in the latest version.
- Sources of [R alpha and beta releases](#) (daily snapshots, created only in time periods before a planned release).
- Daily snapshots of current patched and development versions are [available here](#). Please read about [new features and bug fixes](#) before filing corresponding feature requests or bug reports.
- Source code of older versions of R is [available here](#).
- Contributed extension [packages](#)

[Questions About R](#)

- If you have questions about R like how to download and install the software, or what the license terms are, please read our [answers to frequently asked questions](#) before you send an email.

图: R 在 CRAN 的下载界面

183



# 基础知识

## 安装运行环境

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

R 的工作原理

安装运行环境

基本操作

程序包

帮助系统

数据操作

函数

程序控制

公式

面向对象编程

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

39

- R 的主安装程序由自愿者进行编译上传，基本上每个在 CRAN 上可以自由下载，包括 windows、linux 和 mac 三大主流平台
- 安装后的程序界面是一个交互式命令行终端，默认由一个“>”符号表示命令输入和结果输出指示符
- 在 Windows 系统有一个简陋的 GUI，Unix/Linux 系统和 Mac 系统默认只在 CLI 终端运行

183



# 基础知识

## 安装运行环境

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

R 的工作原理

安装运行环境

基本操作

程序包

帮助系统

数据操作

函数

程序控制

公式

面向对象编程

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

39

- R 的主安装程序由自愿者进行编译上传，基本上每个在 CRAN 上可以自由下载，包括 windows、linux 和 mac 三大主流平台
- 安装后的程序界面是一个交互式命令行终端，默认由一个“>”符号表示命令输入和结果输出指示符
- 在 Windows 系统有一个简陋的 GUI，Unix/Linux 系统和 Mac 系统默认只在 CLI 终端运行

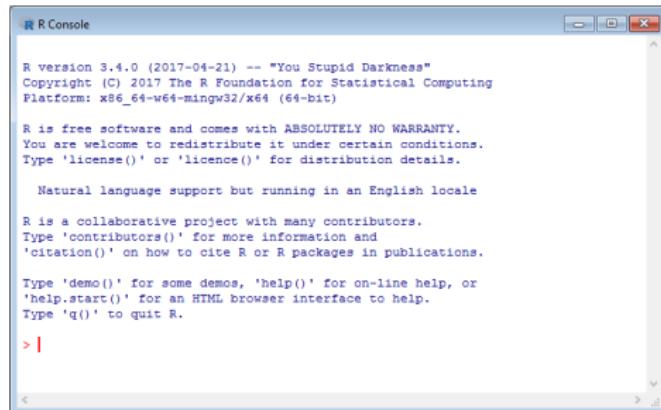


图: R 在 windows 下的 GUI

183



# 基础知识

## 安装运行环境

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

R 的工作原理

安装运行环境

基本操作

程序包

帮助系统

数据操作

函数

程序控制

公式

面向对象编程

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

39

- R 的主安装程序由自愿者进行编译上传，基本上每个在 CRAN 上可以自由下载，包括 windows、linux 和 mac 三大主流平台
- 安装后的程序界面是一个交互式命令行终端，默认由一个“>”符号表示命令输入和结果输出指示符
- 在 Windows 系统有一个简陋的 GUI，Unix/Linux 系统和 Mac 系统默认只在 CLI 终端运行

```
# mono @ mono-vm in ~ [17:41:52]
$ R

R version 3.4.3 (2017-11-30) -- "Kite-Eating Tree"
Copyright (C) 2017 The R Foundation for Statistical Computing
Platform: x86_64-pc-linux-gnu (64-bit)

R is free software and comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY.
You are welcome to redistribute it under certain conditions.
Type 'license()' or 'licence()' for distribution details.

Natural language support but running in an English locale

R is a collaborative project with many contributors.
Type 'contributors()' for more information and
'citation()' on how to cite R or R packages in publications.

Type 'demo()' for some demos, 'help()' for on-line help, or
'help.start()' for an HTML browser interface to help.
Type 'q()' to quit R.
> |
```

图: R 在 linux 下的 cli 终端

183



# 基础知识

## 基本操作

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

R 的工作原理

安装运行环境

基本操作

程序包

帮助系统

数据操作

函数

程序控制

公式

面向对象编程

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

40

- R 的第一种操作遵循“输入命令 → 回车 → 输出结果”这种标准的交互式命令行方式

```
1 > x = runif(100); y = 0.2*x + 0.1*rnorm(100)
2 > fit = lm(y ~ x)
3 > summary(fit)
4
5 Call:
6 lm(formula = y ~ x)
7
8 Residuals:
9   Min     1Q Median     3Q    Max
10 -0.30665 -0.05002 -0.01135  0.06047  0.24599
11
12 Coefficients:
13              Estimate Std. Error t value Pr(>t)
14 (Intercept) 0.02052   0.01670   1.229   0.222
15 x           0.17510   0.03107   5.636 1.67e-07 ***
16 ---
17 Signif. codes:  0 ‘***’ 0.001 ‘**’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1
18
19 Residual standard error: 0.08959 on 98 degrees of freedom
20 Multiple R-squared:  0.2448,    Adjusted R-squared:  0.2371
21 F-statistic: 31.77 on 1 and 98 DF,  p-value: 1.671e-07
```

183



# 基础知识

## 基本操作

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

R 的工作原理

安装运行环境

基本操作

程序包

帮助系统

数据操作

函数

程序控制

公式

面向对象编程

基础绘图系统

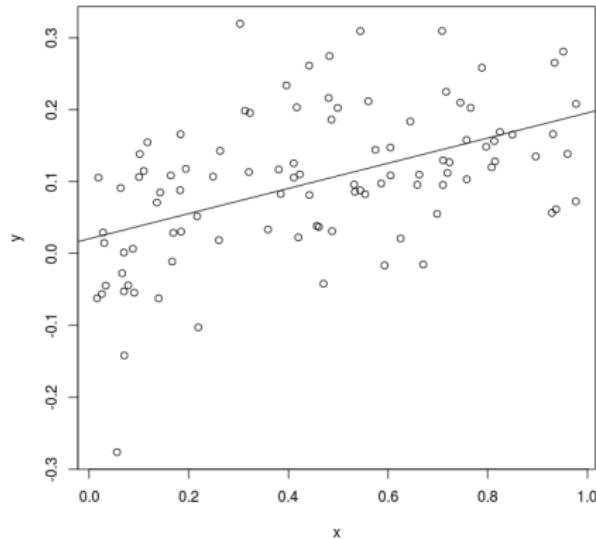
grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

40

- R 的第一种操作遵循“输入命令 → 回车 → 输出结果”这种标准的交互式命令行方式

```
1 # 绘制散点图
2 > plot(x, y)
3 # 添加回归直线
4 > abline(fit)
```



183



## 基础知识

## 基本操作

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

R 的工作原理

安装运行环境

基本操作

程序包

数据操作

函數

程序控制

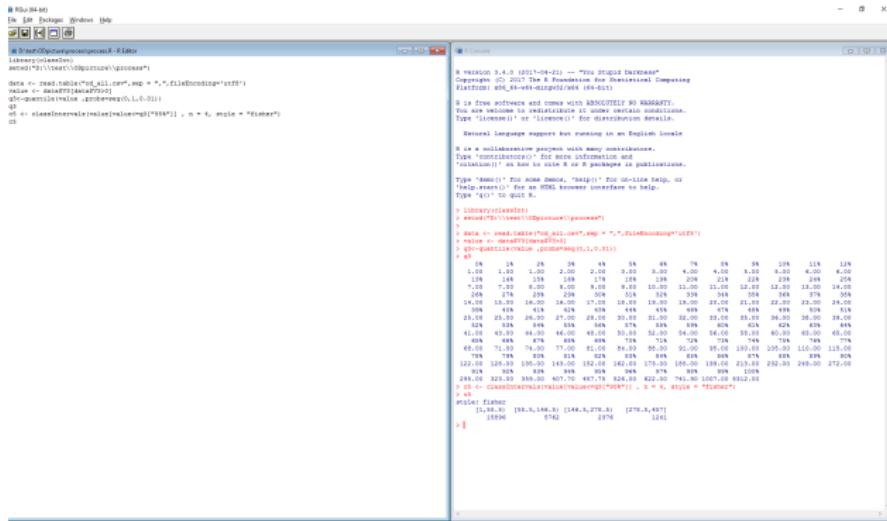
$\in \mathbb{R}^n$

基础绘图系统

### 1.3 纺织系统

41

- 第二种方式是将所有脚本代码写在文件中，然后批量运行
  - 第一种方式比较适用于数据简单查询；如果代码量很大建议使用第二种方式，因为文件比较容易修改和保存，而且目前有专用 IDE 可以辅助编写 R 脚本代码



图：在文本编辑器中编写脚本，然后一次性在终端运行



# 基础知识

## 基本操作

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形  
统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

R 的工作原理

安装运行环境

基本操作

程序包

帮助系统

数据操作

函数

程序控制

公式

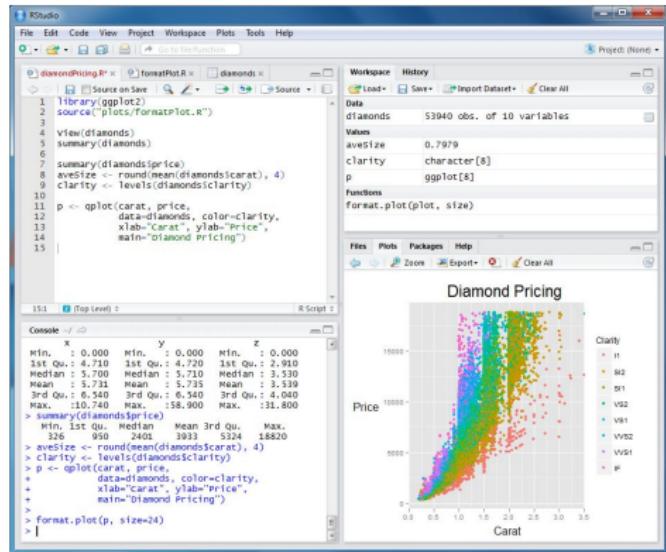
面向对象编程

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

41



183

图：RStudio是目前最专业的 R IDE，具有大量针对 R 语言特点设计的功能，而且

- 第二种方式是将所有脚本代码写在文件中，然后批量运行
- 第一种方式比较适用于数据简单查询；如果代码量很大建议使用第二种方式，因为文件比较容易修改和保存，而且目前有专用 IDE 可以辅助编写 R 脚本代码



# 基础知识

## 程序包

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

R 的工作原理

安装运行环境

基本操作

程序包

42

帮助系统

数据操作

函数

程序控制

公式

面向对象编程

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

- R 的程序包分为 **base** 包和 **contrib** 包

- **base** 包是安装 R 的时候就自带的，不需要单独安装，这类包的质量都非常高，性能稳定
- **contrib** 包是自愿者上传的，质量参次不齐；其中质量好且用户量大的扩展包有可能会纳入下一个版本的主程序包

[base](#)

[contrib](#)

[old contrib](#)

[Rtools](#)

Binaries for base distribution. This is what you want to [install R for the first time](#).

Binaries of contributed CRAN packages (for R >= 2.13 x; managed by Uwe Ligges). There is also information on [third party software](#) available for CRAN Windows services and corresponding environment and make variables.

Binaries of contributed CRAN packages for outdated versions of R (for R < 2.13 x; managed by Uwe Ligges).

Tools to build R and R packages. This is what you want to build your own packages on Windows, or to build R itself.

Please do not submit binaries to CRAN. Package developers might want to contact Uwe Ligges directly in case of questions / suggestions related to Windows binaries.

You may also want to read the [R FAQ](#) and [R for Windows FAQ](#).

Note: CRAN does some checks on these binaries for viruses, but cannot give guarantees. Use the normal precautions with downloaded executables.

图: CRAN 上下载 **base** 包和 **contrib** 包



# 基础知识

## 程序包

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

R 的工作原理

安装运行环境

基本操作

程序包

帮助系统

数据操作

函数

程序控制

公式

面向对象编程

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

42

- R 的程序包分为 **base** 包和 **contrib** 包
- **base** 包是安装 R 的时候就自带的，不需要单独安装，这类包的质量都非常高，性能稳定
- **contrib** 包是自愿者上传的，质量参次不齐；其中质量好且用户量大的扩展包有可能会纳入下一个版本的主程序包

名称	用途
base	R 基础函数包
methods	用于 R 对象和编程工具的方法和类的定义
datasets	R 通用数据集
graphics	基础统计绘图包
utils	通用函数包
stats	基础统计计算包
grDevices	基础或 grid 图形设备

表：常用的 base 包

183



# 基础知识

## 程序包

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

R 的工作原理

安装运行环境

基本操作

程序包

帮助系统

数据操作

函数

程序控制

公式

面向对象编程

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

42

- R 的程序包分为 **base** 包和 **contrib** 包
- **base** 包是安装 R 的时候就自带的，不需要单独安装，这类包的质量都非常高，性能稳定
- **contrib** 包是自愿者上传的，质量参次不齐；其中质量好且用户量大的扩展包有可能会纳入下一个版本的主程序包

名称	用途
cluster	聚类分析包
maptools	空间数据读取和处理包
spatstat	空间点数据分析包
sp	空间数据基础类包
spdep	空间自相关模型包
ggplot2	基于绘图语法的数据可视化包
knitr	R 文学编程包

表：常用的 contrib 包

183



# 基础知识

## 程序包

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形  
统计绘图工具

R 和 R 语言  
R 简介  
基础知识

R 的工作原理  
安装运行环境  
基本操作

程序包

帮助系统

数据操作

函数

程序控制

公式

面向对象编程

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

- base 包在 R 启动之后自动加载，可以直接使用；而 contrib 包则需要通过 library 函数调用，如果未安装相应包则会报错
- 通过 install.packages 函数安装 contrib 包

```
1 > library(sp)
2 Error in library(sp) : there is no package called 'sp'
```

43

183



# 基础知识

## 程序包

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

R 的工作原理

安装运行环境

基本操作

程序包

帮助系统

数据操作

函数

程序控制

公式

面向对象编程

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

- base 包在 R 启动之后自动加载，可以直接使用；而 contrib 包则需要通过 library 函数调用，如果未安装相应包则会报错
- 通过 **install.packages** 函数安装 contrib 包

```
1 > library(sp)
2 Error in library(sp) : there is no package called 'sp'
```

```
1 > install.packages("sp")
2 Installing package into '/home/mono/Softwares/R/3.4'
3 (as 'lib' is unspecified)
4 --- Please select a CRAN mirror for use in this session ---
5 trying URL 'http://mirrors.tuna.tsinghua.edu.cn/CRAN/src/contrib/sp_1.2-6.tar.gz'
6 Content type 'application/octet-stream' length 1133739 bytes (1.1 MB)
7 =====
8 downloaded 1.1 MB
9
10 * installing *source* package 'sp' ...
```

43

183



# 基础知识

## 帮助系统

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

R 的工作原理

安装运行环境

基本操作

程序包

帮助系统

数据操作

函数

程序控制

公式

面向对象编程

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

- 通过?命令或者help 函数 查看程序包中函数的本地帮助文档
- 通过 help.search 函数在整个帮助系统中进行关键字搜索
- find 函数可以根据名称精确查找对象， apropos 函数可以根据名称模糊查找对象

```
1 > ?lm
2 lm           package:stats          R Documentation
3
4 Fitting Linear Models
5
6 Description:
7
8   'lm' is used to fit linear models. It can be used to carry out regression, single stratum
9   ↪ analysis of variance and analysis of covariance (although 'aov' may provide a more
10  ↪ convenient interface for these).
11
12 Usage:
13
14 lm(formula, data, subset, weights, na.action, method = "qr", model = TRUE, x = FALSE, y =
15   ↪ FALSE, qr = TRUE, singular.ok = TRUE, contrasts = NULL, offset, ...)
```

44

183



# 基础知识

## 帮助系统

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

R 的工作原理

安装运行环境

基本操作

程序包

帮助系统

数据操作

函数

程序控制

公式

面向对象编程

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

- 通过**? 命令**或者**help 函数** 查看程序包中函数的本地帮助文档
- 通过**help.search 函数**在整个帮助系统中进行关键字搜索
- **find 函数**可以根据名称精确查找对象, **apropos 函数**可以根据名称模糊查找对象

```
1 > help.search("data input")
2 Help files with alias or concept or title matching 'data input' using fuzzy matching:
3
4
5 utils::read.DIF      Data Input from Spreadsheet
6 utils::read.table    Data Input
7
8
9 Type '?PKG::FOO' to inspect entries 'PKG::FOO', or 'TYPE?PKG::FOO' for entries like
  ↪   'PKG::FOO-TYPE'.
```

44

183



# 基础知识

## 帮助系统

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

R 的工作原理

安装运行环境

基本操作

程序包

帮助系统

数据操作

函数

程序控制

公式

面向对象编程

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

- 通过**? 命令**或者**help 函数** 查看程序包中函数的本地帮助文档
- 通过**help.search 函数**在整个帮助系统中进行关键字搜索
- **find 函数**可以根据名称精确查找对象, **apropos 函数**可以根据名称模糊查找对象

```
1 > find("lm")
2 [1] "package:stats"
3 > apropos("lm")
4 [1] "colMeans"           ".colMeans"        "confint.lm"      "contr.helmert"
5 [5] "dummy.coef.lm"     "getAllMethods"   "glm"            "glm.control"
6 [9] "glm.fit"             "KalmanForecast" "KalmanLike"     "KalmanRun"
7 [13] "KalmanSmooth"      "kappa.lm"       "lm"              ".lm.fit"
8 [17] "lm.fit"             "lm.influence"  "lm.wfit"        "model.matrix.lm"
9 [21] "nlm"                "nlminb"         "predict.glm"   "predict.lm"
10 [25] "residuals.glm"    "residuals.lm"   "summary.glm"   "summary.lm"
```

44

183



# 数据操作

## 对象 (object)

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

数据操作

对象

数据类型

数据结构

表达式

数据输入输出

函数

程序控制

公式

面向对象编程

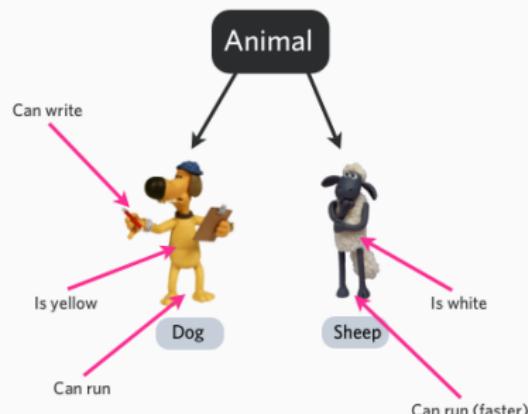
基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

- R 语言中操作的实体在技术上来说就是对象 (object)
- 语言中使用对象的好处是可以复用，提升自动化程度
- R 的所有对象有两个内在属性：类型 (mode) 和长度 (length)

45



183

在 R 语言中，几乎任何东  
西都是对象



# 数据操作

## 数据类型 (mode)

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

数据操作

对象

数据类型

数据结构

表达式

数据输入输出

函数

程序控制

公式

面向对象编程

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

- 实数型 (real): 整数 (integer)、单精度 (single)、双精度 (double)
- 虚数型 (complex): 如  $10+21i$
- 字符型 (character, string): 如 "hello world"
- 逻辑型 (logical): TRUE(可以简写成 T), FALSE(可以简写成 F)
- 函数 (function)
- 表达式 (expression)

46

```
1 > x <- 1
2 > mode(x)
3 [1] "numeric"
4 > length(x)
5 [1] 1
6 > A <- "Gomphotherium"; compar <- TRUE; z <- 1i
7 > mode(A); mode(compar); mode(z)
8 [1] "character"
9 [1] "logical"
10 [1] "complex"
11 # 表达式
12 > x <- 3; y <- 2.5; z <- 1
13 > exp1 <- expression(x / (y + exp(z)))
14 > exp1
15 expression(x/(y + exp(z)))
16 > eval(exp1)
17 [1] 0.5749019
```

183



# 数据操作

## 数据结构

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

数据操作

对象

数据类型

数据结构

表达式

数据输入输出

函数

程序控制

公式

面向对象编程

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

- R 语言中为了提高数据的使用效率，预定义了专门用于表示数据的对象，也就是数据结构，这些数据结构支撑了 R 强大的统计分析能力

47

数据结构	类型
向量 (vector)	数值型, 字符型, 复数型, 逻辑型
因子 (factor)	数值型, 字符型
数组 (array)	数值型, 字符型, 复数型, 逻辑型
矩阵 (matrix)	数值型, 字符型, 复数型, 逻辑型
数据框 (data.frame)	数值型, 字符型, 复数型, 逻辑型
列表 (list)	任意其他类型
时间序列 (ts)	数值型, 字符型, 复数型, 逻辑型

表: R 基础数据结构

183



# 数据操作

## 数据结构

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

数据操作

对象

数据类型

数据结构

表达式

数据输入输出

函数

程序控制

公式

面向对象编程

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

## 向量 (vector)

- 向量是 R 所有数据结构的基础，向量中的对象类型必须相同
- 构建向量常用的函数: rep()、c()、seq()、cbind()、rbind() 等
- 向量的下标从 1 开始，这和其他计算机高级编程语言是不一样的！

```
1 > x <- 1:10; x
2 [1] 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
3 > x[3]
4 [1] 3
5 > c(7.11, 9.11, 9.19, 1.23)
6 [1] 7.11 9.11 9.19 1.23
7 > c("B", "A")
8 [1] "B" "A"
9 > rep(1, 10)
10 [1] 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
11 > seq(1, 5, 0.5)
12 [1] 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0 3.5 4.0 4.5 5.0
13 > cbind(0, rbind(1, 1:3))
14      [,1] [,2] [,3] [,4]
15 [1,]    0     1     1     1
16 [2,]    0     1     2     3
```

48

183



# 数据操作

## 数据结构

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

数据操作

对象

数据类型

数据结构

表达式

数据输入输出

函数

程序控制

公式

面向对象编程

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

## 因子 (factor)

- 因子是对应统计学中的分类数据 (categorical data) 而设计的
- 因子形式上是一个对等长的向量元素进行分类 (分组) 的向量对象
- 因子数据具有水平 (level) 和标签 (label)，前者即分类变量的不同取值，后者即各类取值的名称

49

```
1 > factor(1:3, labels=c("A", "B", "C"))
2 [1] A B C
3 Levels: A B C
4 > (x = factor(c(1, 2, 3, 1, 1, 3, 2, 3, 3), levels = 1:3,
5 +   labels = c("g1", "g2", "g3")))
6 [1] g1 g2 g3 g1 g1 g3 g2 g3 g3
7 Levels: g1 g2 g3
```



# 数据操作

## 数据结构

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

数据操作

对象

数据类型

数据结构

50

表达式

数据输入输出

函数

程序控制

公式

面向对象编程

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

## 数组 (array) 和矩阵 (matrix)

- 数组和矩阵是具有维度属性 (dimension) 的数据结构，实质是有附加属性 (维数 dim) 的向量
- 矩阵是数组的特例，它的维度为 2，用来指定行数和列数

```
1 # 二维矩阵
2 > matrix(data=5, nr=2, nc=2)
3   [,1] [,2]
4 [1,]    5    5
5 [2,]    5    5
6 # 三维数组
7 > array(1:24, c(3, 4, 2))
8 , , 1
9   [,1] [,2] [,3] [,4]
10 [1,]    1    4    7   10
11 [2,]    2    5    8   11
12 [3,]    3    6    9   12
13 , , 2
14   [,1] [,2] [,3] [,4]
15 [1,]   13   16   19   22
16 [2,]   14   17   20   23
17 [3,]   15   18   21   24
```

183



# 数据操作

## 数据结构

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

数据操作

对象

数据类型

数据结构

表达式

数据输入输出

函数

程序控制

公式

面向对象编程

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

51

## 列表 (list)

- 列表是一种非常灵活的数据结构，作用是生成包含不同类型对  
象的集合

```
1 # 创建 list
2 > x <- 1:4; y <- 2:4; L1 <- list(A=x, B=y); L1
3 $A
4 [1] 1 2 3 4
5
6 $B
7 [1] 2 3 4
8 # list 元素的索引
9 > L1[[1]]
10 [1] 1 2 3 4
11 > L1["A"]
12 $A
13 [1] 1 2 3 4
14 > L1[["A"]]
15 [1] 1 2 3 4
16 > L1$B
17 [1] 2 3 4
```

183



# 数据操作

## 数据结构

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

数据操作

对象

数据类型

数据结构

表达式

数据输入输出

函数

程序控制

公式

面向对象编程

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

52

## 数据框 (data.frame)

- 数据框是由许多向量组成的一个二维的对象，主要用于保存建模所需要的数据
- 数据框的实质是一个“整齐的”列表，它只要求各列内的数据类型相同，而列之间的可以不同
- **数据框是 R 中最重要的一种数据结构，大多数数据都是以数据框形式输到 R 中的**

```
1 # 创建数据框
2 # 数据框中的向量必须有相同的长度，如果其中有一个比其它的短，它将“循环”整数次（以使得其长度与其它向量相
3     ↔ 同）
4 > x <- 1:4; M <- c(10, 35); y <- 2:4
5 > (d <- data.frame(x, M))
6   x   M
7 1 1 10
8 2 2 35
9 3 3 10
10 4 4 35
11 # data.frame 按列进行索引的两种等价的方法
12 > d$x
13 [1] 1 2 3 4
14 > d[["M"]]
15 [1] 10 35 10 35
16 > data.frame(x, y)
17 Error in data.frame(x, y) :
      arguments imply differing number of rows: 4, 3
```

183



# 数据操作

## 表达式 (expression)

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形  
统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

数据操作

对象

数据类型

数据结构

表达式

数据输入输出

函数

程序控制

公式

面向对象编程

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

53

183

- 表达式类型对象在 R 中有着很基础的地位，是 R 能够解释的字符序列
- 所有有效的 R 命令都是表达式，表达式分为求值表达式和非求值表达式
- R 中的命令默认都是求值表达式，可以在终端直接输入，也可以用 eval 函数执行；而非求值表达式用 expression 函数执行



# 数据操作

## 表达式 (expression)

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

数据操作

对象

数据类型

数据结构

表达式

数据输入输出

函数

程序控制

公式

面向对象编程

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

- 表达式类型对象在 R 中有着很基础的地位，是 R 能够解释的字符序列
- 所有有效的 R 命令都是表达式，表达式分为求值表达式和非求值表达式
- R 中的命令默认都是求值表达式，可以在终端直接输入，也可以用 eval 函数执行；而非求值表达式用 expression 函数执行

```
1 > x <- 3; y <- 2.5; z <- 1
2 # 创建非求值表达式
3 > exp1 <- expression(x / (y + exp(z)))
4 > exp1
5 expression(x/(y + exp(z)))
6 # 执行求值表达式
7 > eval(exp1)
8 [1] 0.5749019
```

53

183



# 数据操作

## 表达式 (expression)

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

数据操作

对象

数据类型

数据结构

表达式

数据输入输出

函数

程序控制

公式

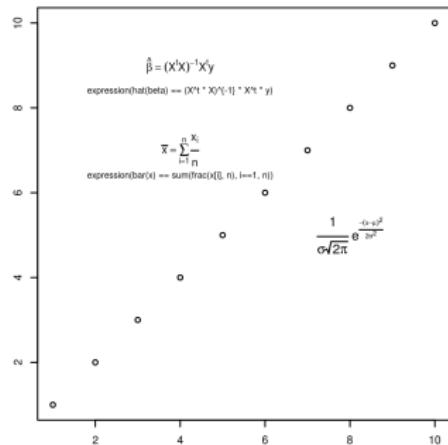
面向对象编程

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

53



183

```

1 > plot(1:10, 1:10)
2 > text(4, 9, expression(hat(beta) == (X^t *
3   <- X)^{-1} * X^t * y))
4 > text(4, 8.4, "expression(hat(beta) == (X^t *
5   <- X)^{-1} * X^t * y)", cex = .8)
6 > text(4, 7, expression(bar(x) ==
7   <- sum(frac(x[i], n), i=1, n)))
8 > text(4, 6.4, "expression(bar(x) ==
8   <- sum(frac(x[i], n), i=1, n))", cex =
8   <- .8)
9 > text(8, 5, expression(paste(frac(1,
9   <- sigma=sqrt(2*pi)), " ",
9   <- plain(e)^{-frac(-(x-mu)^2,
9     <- 2*sigma^2)})), cex = 1.2)

```



# 数据操作

## 数据输入输出

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

数据操作

对象

数据类型

数据结构

表达式

数据输入输出

函数

程序控制

公式

面向对象编程

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

- R 的数据可以按照数据结构手动输入，也可以通过读取外部文件自动输入
- R base 包提供了文本文件 (ASCII) 的读取函数：read.table、scan 和 read.fwf 等
- R base 包也提供了文本文件 (ASCII) 的输出函数：write.table
- 另外，图形作为对象也可以输出，这将在后面会专门介绍

54

183



# 数据操作

## 数据输入输出

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

数据操作

对象

数据类型

数据结构

表达式

数据输入输出

函数

程序控制

公式

面向对象编程

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

54

- R 的数据可以按照数据结构手动输入，也可以通过读取外部文件自动输入
- R base 包提供了文本文件 (ASCII) 的读取函数：`read.table`、`scan` 和 `read.fwf` 等
- R base 包也提供了文本文件 (ASCII) 的输出函数：`write.table`
- 另外，图形作为对象也可以输出，这将在后面会专门介绍

```
1 # 从外部读取 data.dat 文件，并且将数据赋给一个名为 mydata 的对象，这里 mydata 是一个 data.frame 数据结构
2 > mydata <- read.table("data.dat")
3
4 # read.table 的参数
5 read.table(file, header = FALSE, sep = "", quote = "\"\"", dec = ".", row.names, col.names, as.is =
  ↪ FALSE, na.strings = "NA", colClasses = NA, nrows = -1, skip = 0, check.names = TRUE, fill
  ↪ = !blank.lines.skip, strip.white = FALSE, blank.lines.skip = TRUE, comment.char = "#")
```

183



# 数据操作

## 数据输入输出

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

数据操作

对象

数据类型

数据结构

表达式

数据输入输出

函数

程序控制

公式

面向对象编程

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

- R 的数据可以按照数据结构手动输入，也可以通过读取外部文件自动输入
- R base 包提供了文本文件 (ASCII) 的读取函数：`read.table`、`scan`和`read.fwf`等
- R base 包也提供了文本文件 (ASCII) 的输出函数：`write.table`
- 另外，图形作为对象也可以输出，这将在后面会专门介绍

```
1 # 函数 write.table 可以在文件中写入一个对象，一般是写一个数据框，也可以是其它类型的对象
2 write.table(x, file = "", append = FALSE, quote = TRUE, sep = " ", eol = "\n", na = "NA", dec =
  ↪ ".", row.names = TRUE, col.names = TRUE, qmethod = c("escape", "double"))
```

54

183



# 数据操作

## 数据输入输出

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形  
统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

数据操作

对象

数据类型

数据结构

表达式

数据输入输出

函数

程序控制

公式

面向对象编程

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

54

183

- R 的数据可以按照数据结构手动输入，也可以通过读取外部文件自动输入
- R base 包提供了文本文件 (ASCII) 的读取函数：`read.table`、`scan`和`read.fwf`等
- R base 包也提供了文本文件 (ASCII) 的输出函数：`write.table`
- 另外，**图形作为对象也可以输出**，这将在后面会专门介绍



# 函数

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

数据操作

函数

程序控制

公式

面向对象编程

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

55

- R 语言中可以定义函数，以便程序可以设置不同的参数值来重  
复使用同一段代码
- 定义函数：`function(arglist) expr return(value)`；其中 arglist 是  
参数列表，expr 是函数的主体，`return()` 用来返回函数值
- 函数是 R 中用于黑箱操作的重要实体
- R 函数的参数除了允许传递常规变量类型之外，还允许以匿名  
函数的形式将函数作为参数进行传递

```
1 # 定义峰度函数 kurtosis, 该函数有两个参数, 数据向量 x 和是否删除缺失值 na.rm, 后者有默认值 FALSE
2 > kurtosis = function(x, na.rm = FALSE) {
3   if (na.rm)
4     x = x[!is.na(x)]
5   return(sum((x - mean(x))^4)/(length(x) * var(x)^2) - 3)
6 }
7 > # 引用函数
8 > kurtosis(runif(100))
9 [1] -1.36086
```

183



# 函数

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

数据操作

函数

程序控制

公式

面向对象编程

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

55

- R 语言中可以定义函数，以便程序可以设置不同的参数值来重  
复使用同一段代码
- 定义函数：`function(arglist) expr return(value)`；其中 arglist 是  
参数列表，expr 是函数的主体，`return()` 用来返回函数值
- 函数是 R 中用于黑箱操作的重要实体
- R 函数的参数除了允许传递常规变量类型之外，还允许以匿名  
函数的形式将函数作为参数进行传递

```
1 # xyplot 函数的 panel 参数传递是一个匿名函数
2 xyplot(Murder ~ Population | state.region, data = states,
3         groups = state.name,
4         colorbox{green}{panel = function(x, y, subscripts, groups){| {
5             ltext(x = x, y = y, labels = groups[subscripts], cex=1,
6                   fontfamily = "HersheySans")
7         }}}
```

183



# 程序控制

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

数据操作

函数

程序控制

公式

面向对象编程

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

- if (条件) 表达式
- if (条件) 表达式 else 表达式
- if...else if...else if... else...
- ifelse (条件, yes, no)
- for (变量 in 向量) 表达式
- while (条件) 表达式

56

183



# 程序控制

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

数据操作

函数

程序控制

公式

面向对象编程

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系

统

- if (条件) 表达式
- if (条件) 表达式 else 表达式
- if...else if...else if... else...
- ifelse (条件, yes, no)
- for (变量 in 向量) 表达式
- while (条件) 表达式

56

183



# 程序控制

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

数据操作

函数

程序控制

公式

面向对象编程

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

56

- if (条件) 表达式
- if (条件) 表达式 else 表达式
- if...else if...else if... else...
- ifelse (条件, yes, no)
- for (变量 in 向量) 表达式
- while (条件) 表达式

循环的编程模式在 R 语言中效率很低，尽量避免使用，应该尽可能使用基于向量的 apply 函数族来实现循环！

183



# 程序控制

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

数据操作

函数

程序控制

公式

面向对象编程

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系

56

- if (条件) 表达式
- if (条件) 表达式 else 表达式
- if...else if...else if... else...
- ifelse (条件, yes, no)
- for (变量 in 向量) 表达式
- while (条件) 表达式

```
1 # 用 for 循环封装一个函数，用于计算每行的平均值
2 > fun1<-function(x){
3 +   df<-data.frame()
4 +   for(i in 1:nrow(x)){
5 +     row<-x[i,]
6 +     df<-rbind(df,mean(row))
7 +   }
8 + }
9 # 直接用 apply 函数封装一个函数，用于计算每行的平均值
10 > fun2 <-function(x){ apply(x,1,mean) }
11
12 # 设置测试数据集
13 > x <- cbind(x1=3, x2=1:100,x3=c(5:54,1:50))
14 # 测试结果基于向量的计算比直接 for 循环快得多！
15 > system.time(fun1(x))
16   user  system elapsed
17 0.056  0.004  0.060
18 > system.time(fun2(x))
19   user  system elapsed
20 0.001  0.000  0.001
```

183



# 公式

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形  
统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

数据操作

函数

程序控制

公式

面向对象编程

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

57

183

- 公式是 R 中用于统计建模的重要元素，表示统计模型中变量之间的关系，其基本形式是  $y \sim mode$ ；其中  $y$  是响应变量， $mode$  是一些元素项的集合而且要为其中一些项估计参数
- 元素项通过一些有特殊涵义的运算符连接



# 公式

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

数据操作

函数

程序控制

公式

面向对象编程

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

57

- 公式是 R 中用于统计建模的重要元素，表示统计模型中变量之间的关系，其基本形式是  $y \sim mode$ ；其中  $y$  是响应变量，mode 是一些元素项的集合而且要为其中一些项估计参数
- 元素项通过一些有特殊涵义的运算符连接

运算符	含义
$a+b$	$a$ 和 $b$ 的相加效应，例如 $y \sim x_1 + x_2$ 表示线性模型 $y = \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \alpha$
$X$	如果 $X$ 是一个矩阵，这将反映各列的相加效应，即 $X[, 1] + X[, 2] + \dots + X[, ncol(X)]$ ；还可以通过索引向量选择特定列进行分析，如 $X[, 2:4]$
$a:b$	$a$ 和 $b$ 的交互效应
$a*b$	相加和交互效应，等价于 $a+b+a:b$
$^n$	包含所有的直到 $n$ 阶的交互作用，例如 $(a+b+c)^2$ 等价于 $a+b+c+a:b+c:a:b:c$
$b \%in\% a$	$b$ 和 $a$ 的嵌套分类设计，等价于 $a+a:b$ ，或者 $a/b$
$-b$	去掉因子 $b$ 的影响，如： $(a+b+c)^2 - a:b$ 等价于 $a+b+c+a:c+b:c$
$-1$	$y \sim x - 1$ 表示通过原点的线性回归，等价于 $y \sim x + 0$ 或者 $0 + y \sim x$
$1$	$y \sim 1$ 拟合一个没有因子影响的模型（仅仅是截距）
$offset(...)$	向模型中增加一个影响因子但不估计任何参数，例如 $offset(3*x)$



# 面向对象编程

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

数据操作

函数

程序控制

公式

面向对象编程

58

S3 系统

S4 系统

RC 和 R6 系统

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

- R 语言中支持面向对象 (Object-Oriented, OO) 编程来提高代码的使用率，从而高效实现功能扩展和模块化
- R 语言作为一种统计编程语言，需要用到 OO 的场景主要有以下两类：
  - ⌚ 当需要用一种新的类型来表示数据，该类型与已有的数据类型有区别的时候
  - ⌚ 当需要一个新的函数，该函数可以根据不同的参数类型做出不同的反应的时候
- R 语言中有四种 OO 的实现系统：S3、S4、RC(R5) 和 R6

183



# 面向对象编程

## S3 系统

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

数据操作

函数

程序控制

公式

面向对象编程

59

S3 系统

S4 系统

RC 和 R6 系统

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

- S3 是 R 语言最简单的一种 OO 系统，也是最早使用的一种 OO 系统，在 base 包中非常常见
- S3 系统中方法 (method) 是属于函数而不是属于类，这种函数称为泛型函数(generic function)
- 泛型函数的形式是generic.class(), 其实质是根据传入函数的第一个参数的类去调用相应的“子函数”

```
1 > library(pryr) # 调用 pryr 程序包检测某个方法是否是 S3 系统
2 > df <- data.frame(x = 1:10, y = letters[1:10])
3 > otype(df)      # data.frame 是一个 S3 方法
4 [1] "S3"
5 # 调用 methods() 来查看属于某个泛型的所有方法
6 > methods("mean")
7 [1] mean.Date   mean.default   mean.difftime   mean.POSIXct     mean.POSIXlt
8 # 根据传入函数的第一个参数的类去调用相应的“子函数”
9 > (today <- Sys.Date())
10 [1] "2018-01-18"
11 > tenweeks <- seq(today, length.out=10, by="1 week")
12 > class(tenweeks)
13 [1] "Date"
14 > mean(tenweeks) # 这里调用的实际上是 mean.Date
15 [1] "2018-02-18"
```



# 面向对象编程

## S3 系统

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

数据操作

函数

程序控制

公式

面向对象编程

S3 系统

60

S4 系统

RC 和 R6 系统

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

- 创建 S3 对象最简单的方法是给一个变量增加 class 属性；也可以通过 structure() 函数创建
- 使用 UseMethod() 函数定义 S3 型泛型函数
- 通过 NextMethod() 函数实现继承

```
1 # 通过给变量增加 class 属性来创建 S3 型对象
2 > x <- 1; attr(x,'class') <- 'foo'
3 > x
4 [1] 1
5 attr(,"class")
6 [1] "foo"
7 > otype(x)
8 [1] "S3"
9 # 通过 structure 函数来创建 S3 型对象
10 > y <- structure(2, class='foo')
11 > y
12 [1] 2
13 attr(,"class")
14 [1] "foo"
15 > otype(y)
16 [1] "S3"
```

183



# 面向对象编程

## S3 系统

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

数据操作

函数

程序控制

公式

面向对象编程

S3 系统

S4 系统

RC 和 R6 系统

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

60

- 创建 S3 对象最简单的方法是给一个变量增加 class 属性；也可以通过 structure() 函数创建
- 使用 UseMethod() 函数定义 S3 型泛型函数
- 通过 NextMethod() 函数实现继承

```
1 # 用 UseMethod 定义 S3 泛型函数
2 > teacher <- function(x,...) UseMethod("teacher")
3 # 定义了三个 teacher 的内部函数
4 > teacher.lecture <- function(x) print("上课")
5 > teacher.assignment <- function(x) print("布置作业")
6 > teacher.default <- function(x) print("你不是老师")
7 # 定义一个 S3 对象 a, 其 class 是 lecture
8 > a <- structure('A', class='lecture')
9 # teacher 泛型函数根据传入的类调取 teacher.lecture() 函数
10 > teacher(a)
11 [1] "上课"
12 # 默认泛型函数
13 > teacher()
14 [1] "你不是老师"
```

183



# 面向对象编程

## S3 系统

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

数据操作

函数

程序控制

公式

面向对象编程

S3 系统

S4 系统

RC 和 R6 系统

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

60

- 创建 S3 对象最简单的方法是给一个变量增加 class 属性；也可以通过 structure() 函数创建
- 使用 UseMethod() 函数定义 S3 型泛型函数
- 通过 NextMethod() 函数实现继承

```
1 # 定义一个 S3 泛型函数 node
2 > node <- function(x) UseMethod('node', x)
3 # 定义 node 的内部函数，其中 son 函数通过 NextMethod() 指向 father
4 > node.default <- function(x) "Default node"
5 > node.father <- function(x) c("father")
6 > node.son <- function(x) c("son", NextMethod())
7 # 定义对象 n 有两个 class，调用 node 函数会先执行 son 函数，再执行 father 函数，模拟了子函数调用父函数的
   ↪   过程
8 > n <- structure(1, class = c("son", "father"))
9 > node(n)
10 [1] "son"    "father"
```

183



# 面向对象编程

## S3 系统

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

数据操作

函数

程序控制

公式

面向对象编程

S3 系统

S4 系统

RC 和 R6 系统

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

60

- 创建 S3 对象最简单的方法是给一个变量增加 **class 属性**；也可以通过 **structure()** 函数创建
- 使用 **UseMethod()** 函数定义 S3 型泛型函数
- 通过 **NextMethod()** 函数实现继承

## S3 系统的缺点

- ✎ S3 系统并不是真正的 OO，只是通过函数来模拟 OO
- ✎ S3 系统使用简单，但是很难处理复杂的对象关系
- ✎ S3 系统的内部函数并没有真正封装，可以绕过泛型函数检查直接被调用
- ✎ S3 系统的 class 属性可以被任意设置，没有检查机制

183



# 面向对象编程

## S4 系统

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

数据操作

函数

程序控制

公式

面向对象编程

S3 系统

S4 系统

RC 和 R6 系统

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

61

183

- 相比 S3 系统，S4 系统有更明确和严谨的 OO 系统特征
- S4 有专门的类定义函数 `setClass()` 和类的实例化函数 `new()`
- 对象类型检查函数 `isValidity()`
- S4 泛型函数实现了方法定义和实现的分离，通过 `setGeneric()` 函数定义接口，`setMethod()` 函数定义实现方法；`standardGeneric` 定义泛型函数，类似 S3 中的 `UseMethod`



# 面向对象编程

## S4 系统

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

数据操作

函数

程序控制

公式

面向对象编程

S3 系统

S4 系统

RC 和 R6 系统

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

- 相比 S3 系统，S4 系统有更明确和严谨的 OO 系统特征
- S4 有专门的类定义函数 `setClass()` 和类的实例化函数 `new()`
- 对象类型检查函数 `isValidity()`
- S4 泛型函数实现了方法定义和实现的分离，通过 `setGeneric()` 函数定义接口，`setMethod()` 函数定义实现方法；`standardGeneric` 定义泛型函数，类似 S3 中的 `UseMethod`

```

1 # 定义 S4 类 person 以及 person 的子类 son
2 > setClass('person',slots=list(name="character",age="numeric"))
3 > setClass("son", slots=list(father="person",mother="person"),contains="person")
4 # 实例化对象
5 > father <- new("person",name="F",age=44)
6 > mother <- new("person",name="M",age=42)
7 > son <- new("son",name="S",age=16,father=father,mother=mother)
8 # 查看 son 对象的属性
9 > son@father
10 An object of class "person"
11 Slot "name":
12 [1] "F"
13
14 Slot "age":
15 [1] 44

```

61

183



# 面向对象编程

## S4 系统

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

数据操作

函数

程序控制

公式

面向对象编程

S3 系统

S4 系统

RC 和 R6 系统

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

- 相比 S3 系统，S4 系统有更明确和严谨的 OO 系统特征
- S4 有专门的类定义函数 `setClass()` 和类的实例化函数 `new()`
- 对象类型检查函数 `isValidity()`
- S4 泛型函数实现了方法定义和实现的分离，通过 `setGeneric()` 函数定义接口，`setMethod()` 函数定义实现方法；`standardGeneric` 定义泛型函数，类似 S3 中的 `UseMethod`

```
1 # 定义 S4 类 person
2 > setClass('person',slots=list(name="character",age="numeric"))
3 # 传入错误的 age 类型
4 > bad <- new("person",name="bad",age="aaa")
5 Error in validObject(.Object) :
6   invalid class "person" object: invalid object for slot "age" in class "person": got class
7   ↪ "character", should be or extend class "numeric"
8 # 设置 age 属性的非负检查
9 > setValidity("person",function(object){
10   +   if(object@age <=0) stop("Age is negative.")
11   + })
12 # 传入 age 属性小于 0 时会报错
13 > bad2 <- new("person",name="bad",age=-1)
14 Error in validityMethod(object) : Age is negative.
```

61

183



# 面向对象编程

## S4 系统

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

数据操作

函数

程序控制

公式

面向对象编程

S3 系统

S4 系统

RC 和 R6 系统

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

61

- 相比 S3 系统，S4 系统有更明确和严谨的 OO 系统特征
- S4 有专门的类定义函数 `setClass()` 和类的实例化函数 `new()`
- 对象类型检查函数 `isValidity()`
- S4 泛型函数实现了方法定义和实现的分离，通过 `setGeneric()` 函数定义接口，`setMethod()` 函数定义实现方法；`standardGeneric` 定义泛型函数，类似 S3 中的 `UseMethod`

```
1 # 定义 person 类, slots 参数定义类的属性
2 > setClass('person', slots=list(name="character", age="numeric"))
3 # 定义泛型函数 work, 即接口
4 > setGeneric("work",function(obj) standardGeneric("work"))
5 [1] "work"
6 # 定义 work 的实现函数，并指定参数类型为 person
7 > setMethod("work",signature(obj="person"),function(obj) cat(obj@name, " is working"))
8 [1] "work"
9 # 创建 person 类型对象 a, 并将其传入 work 函数
10 > a <- new("person",name="Conan",age=16)
11 > work(a)
12 Conan is working
```

183



# 面向对象编程

## RC 和 R6 系统

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

数据操作

函数

程序控制

公式

面向对象编程

S3 系统

S4 系统

RC 和 R6 系统 62

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

- RC(Reference classes), 又称为 R5, 是从 2.12 版本引入的新一代 OO 系统
- RC 系统的方法是在类中定义的, 而不是通过泛型函数
- RC 系统依赖于 S4 系统, 是对 OO 的进一步封装, 已经非常趋于主流编程语言中的 OO 实现
- R6 是一个完全独立的 R 程序包, 类似 RC 但不依赖于 S4 系统



# 面向对象编程

## RC 和 R6 系统

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

数据操作

函数

程序控制

公式

面向对象编程

S3 系统

S4 系统

RC 和 R6 系统 62

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

- RC(Reference classes), 又称为 R5, 是从 2.12 版本引入的新一代 OO 系统
- **RC 系统的方法是在类中定义的, 而不是通过泛型函数**
- RC 系统依赖于 S4 系统, 是对 OO 的进一步封装, 已经非常趋于主流编程语言中的 OO 实现
- R6 是一个完全独立的 R 程序包, 类似 RC 但不依赖于 S4 系统

```
1 # 定义一个 RC 类, 方法包括在定义中
2 > user<-setRefClass("user",
3 +   fields=list(name="character",favorite="vector"),
4 +   methods=list(
5 +     addFavorite=function(x){
6 +       favorite<-c(favorite,x)},
7 +     delFavorite=function(x){
8 +       favorite<-favorite[-which(favorite==x)]}))
9 # 实例化一个 u 对象
10 > u <- user$new(name="u",favorite=c('movie','football'))
11 # 操作方法
12 > u$addFavorite('shopping')
13 > u$favorite
14 [1] "movie"    "football" "shopping"
```



# 面向对象编程

## RC 和 R6 系统

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

R 简介

基础知识

数据操作

函数

程序控制

公式

面向对象编程

S3 系统

S4 系统

RC 和 R6 系统 62

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

- RC(Reference classes), 又称为 R5, 是从 2.12 版本引入的新一代 OO 系统
- **RC 系统的方法是在类中定义的, 而不是通过泛型函数**
- RC 系统依赖于 S4 系统, 是对 OO 的进一步封装, 已经非常趋于主流编程语言中的 OO 实现
- R6 是一个**完全独立的 R 程序包**, 类似 RC 但不依赖于 S4 系统



# 目录

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形  
统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统  
绘图设备  
绘图函数  
绘图参数  
绘图元素  
统计图形库

grid 绘图系统  
空间数据绘图系  
统

63

## 1 现代统计图形

## 2 统计绘图工具

## 3 R 和 R 语言

## 4 基础绘图系统

## 5 grid 绘图系统

## 6 空间数据绘图系 统

183



# 繁而有序

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

64



张三丰接过木剑，左手持剑  
右手握剑诀，双手成环，缓缓抬  
起，这起手式一展，跟着三环套  
月、大魁星、扇子抄水、左拦扫  
、右拦扫……一招招的演将下来

合抱之木，生于毫末；九层之  
台，起于累土；千里之行，始  
于足下

—《老子·道德经》



# 绘图设备

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

65

- 绘图设备用于管理 R 的图形输出，分为**窗口设备**和**图形设备**
- 窗口设备通过一个依赖于操作系统底层窗口来输出图形，在 Unix/Linux 系统中称为 X11，在 Windows 系统中称为 windows
- 图形设备用于将 R 对象输出到文件，包括所有主流栅格文件格式 (jpeg、pdf、png、bmp、metafile 等)
- `layout()` 函数用于将绘图设备进行分割，图形将一次显示在不同的部分中；不再使用的绘图设备用 `dev.off()` 函数关闭

183



# 绘图设备

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

65

- 绘图设备用于管理 R 的图形输出，分为窗口设备和图形设备
- 窗口设备通过一个依赖于操作系统底层窗口来输出图形，在 Unix/Linux 系统中称为 X11，在 Windows 系统中称为 windows
- 图形设备用于将 R 对象输出到文件，包括所有主流栅格文件格式 (jpeg、pdf、png、bmp、metafile 等)
- `layout()` 函数用于将绘图设备进行分割，图形将一次显示在不同的部分中；不再使用的绘图设备用 `dev.off()` 函数关闭

```
1 # 开启三个绘图设备, X11 函数用于开启窗口设备, pdf 和 jpeg 函数用于输出图形到文件
2 > x11();pdf();jpeg()
3 > dev.list()
4 X11cairo      pdf      jpeg
5          2          3          4
6 # 关闭 2 号绘图设备
7 > dev.off(2)
```

183



# 绘图设备

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

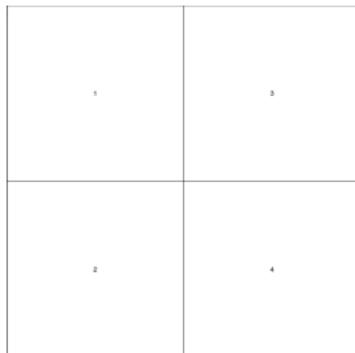
统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

65

- 绘图设备用于管理 R 的图形输出，分为窗口设备和图形设备
- 窗口设备通过一个依赖于操作系统底层窗口来输出图形，在 Unix/Linux 系统中称为 X11，在 Windows 系统中称为 windows
- 图形设备用于将 R 对象输出到文件，包括所有主流栅格文件格式 (jpeg、pdf、png、bmp、metafile 等)
- `layout()` 函数用于将绘图设备进行分割，图形将一次显示在不同的部分中；不再使用的绘图设备用 `dev.off()` 函数关闭



```
1 > mat <- matrix(1:4, 2, 2)
2 > layout(mat)
3 > layout.show(4)
```

183



# 绘图设备

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

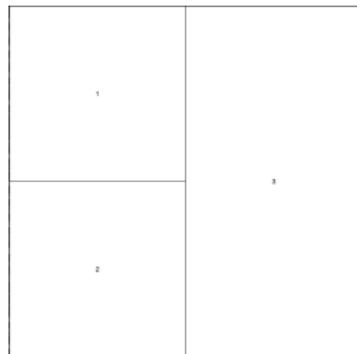
统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

65

- 绘图设备用于管理 R 的图形输出，分为窗口设备和图形设备
- 窗口设备通过一个依赖于操作系统底层窗口来输出图形，在 Unix/Linux 系统中称为 X11，在 Windows 系统中称为 windows
- 图形设备用于将 R 对象输出到文件，包括所有主流栅格文件格式 (jpeg、pdf、png、bmp、metafile 等)
- `layout()` 函数用于将绘图设备进行分割，图形将一次显示在不同的部分中；不再使用的绘图设备用 `dev.off()` 函数关闭



```
1 > mat <- matrix(c(1:3, 3), 2, 2)
2 > layout(mat)
3 > layout.show(3)
```

183



# 绘图函数

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形  
统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

66

183

- R 中的统计图形都是由相应的绘图函数生成，其包含了统计图形中各种细节的设置
- 绘图函数分为高级绘图函数和低级绘图函数
- 高级绘图函数用于快速绘制常见的统计图形，相当于打一个底稿；然后低级绘图函数再在高级绘图函数绘制的图形基础上进行个性化的定制



# 绘图函数

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

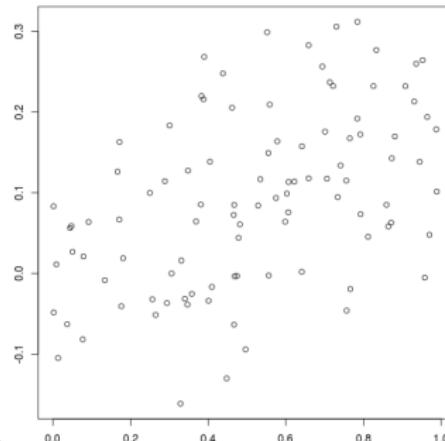
绘图元素

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

66



183

```
1 > x = runif(100); y = 0.2*x + 0.1*rnorm(100)
2 # 高级绘图函数 plot 绘制散点图
3 > plot(x, y)
```



# 绘图函数

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

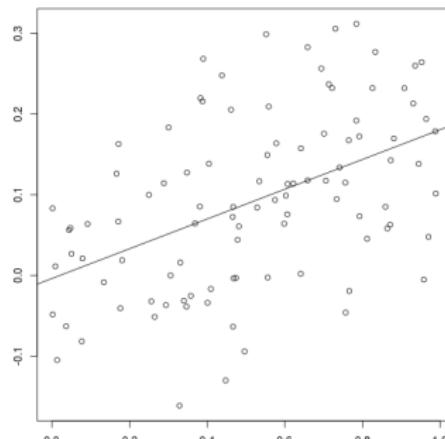
绘图元素

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

66



183

```
1 > x = runif(100); y = 0.2*x + 0.1*rnorm(100)
2 # 高级绘图函数 plot 绘制散点图
3 > plot(x, y)
4 # 回归模型拟合散点数据
5 > fit = lm(y ~ x)
6 # 低级绘图函数 abline 在原散点图基础上增加拟合直线
7 > abline(fit)
```



# 绘图参数

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

67

- 除了低级绘图函数之外，图形的显示也可以用绘图参数来定制
- 绘图函数里面可以临时设置参数，不会影响后面其他绘图函数的效果
- `par()` 函数可以设置全局参数，全局参数只要绘图设备不关闭就会一直起作用

183



# 绘图参数

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

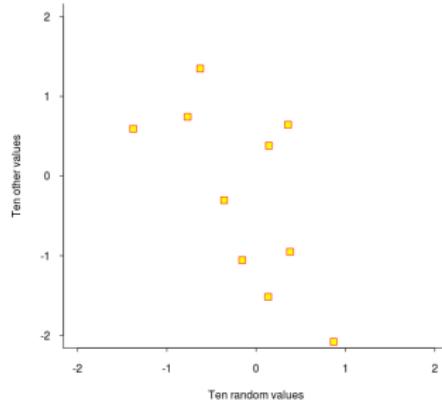
统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

67

通过plot函数的参数来定制散点图



```
1 > x<-rnorm(10); y<-rnorm(10)
2 # 通过设置 plot 函数的参数实现临时效果
3 > plot(x, y, xlab="Ten random values", ylab="Ten other
       values", xlim=c(-2, 2), ylim=c(-2, 2), pch=22,
       col="red", bg="yellow", bty="l", tcl=-.25,
       las=1, cex=1.5, main="通过 plot 函数的参数来定制
       散点图")
```

183



# 绘图参数

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

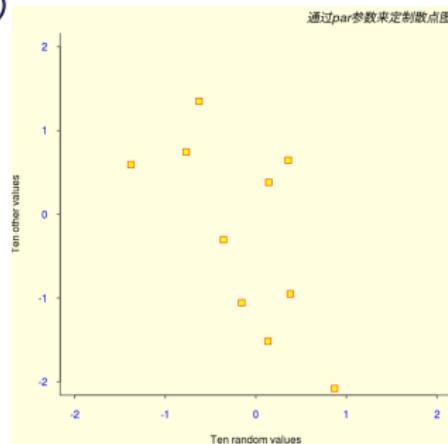
绘图元素

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

67



```
1 # 缺省绘图参数被复制到 opar 对象
2 > opar <- par()
3 # 通过 par() 函数定制图形
4 > par(bg="lightyellow", col.axis="blue", mar=c(4, 4,
   <- 2.5, 0.25))
5 > plot(x, y, xlab="Ten random values", ylab="Ten other
   <- values", xlim=c(-2, 2), ylim=c(-2, 2), pch=22,
   <- col="red", bg="yellow", bty="l", tcl=-.25,
   <- las=1, cex=1.5)
6 # 通过低级绘图函数 title 为上图添加定制标题
7 > title("通过 par 参数来定制散点图", font.main=3, adj=1)
8 # 恢复缺省绘图参数
9 > par(opar)
```

183



# 绘图参数

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

68

183

参数名称	作用
adj	调整图中文字的相对位置
bg,fg	背景颜色和前景颜色
bty	设置图形边框样式
cex	图上元素(文本、符号等)的缩放倍数
col	图中符号的颜色
family,font	设置文本的字体族和字体样式
lab,mgp	设置坐标轴刻度数目和边界宽度
lend,ljoin	线条末端样式和线条相交处的样式
lheight	图中文本行高
lty,lwd	线条样式和宽度
mar,oma,pty	图形区域设置
pch	点符号样式
srt	字符串旋转角度
tck,tcl	坐标轴刻度线高度

表: par 函数的部分参数



# 绘图参数

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

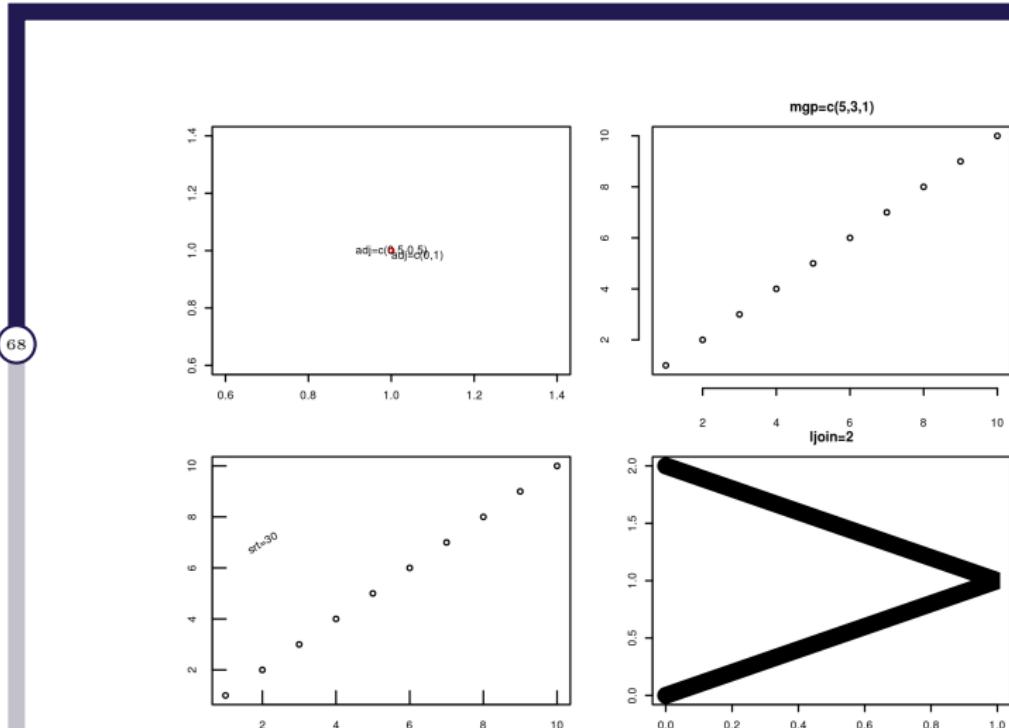


图: `par` 函数参数效果示例



# 绘图参数

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

69

参数名称	作用
type	图形样式类型
main,sub	主标题和副标题
xlab,ylab	坐标轴标题
asp	图形横轴比
x,y	散点图的两个向量
xlim,ylim	坐标系界限
axes	是否画坐标轴
frame.plot	是否给图形加框
panel.first	作图前完成的工作
panel.last	作图后要完成的工作

表: plot 函数的部分参数

183



# 绘图参数

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

69

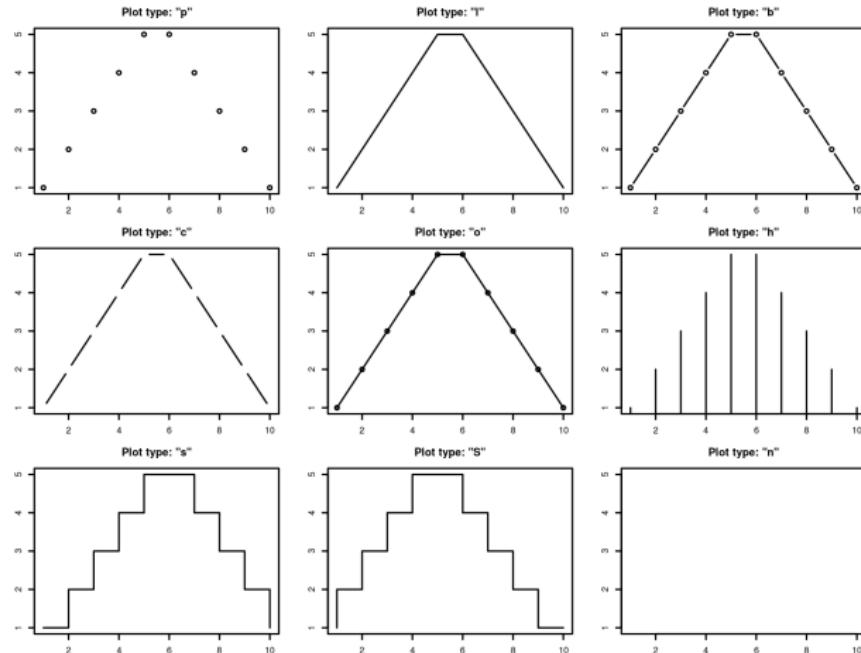


图: `plot` 函数参数 `type` 的九种效果示例

183



# 绘图元素

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

区域

颜色

点

线

面

网格线

文本

图例

坐标轴

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

70

- 统计图形的所有元素都可以在 R 语言中通过低级绘图函数和 par() 函数中的绘图参数实现高度定制化，使得统计图形的绘制在 R 中非常灵活

统计图形元素	常用函数
区域	par
颜色	colors,palette,rgb,rainbow
点	points
线	lines,abline,arrows,segments,xspline
面	polygon,rect,box
网格线	grid
文本	text,title,mtext
图例	legend
坐标轴	axis

表：统计图形的要素

183



# 绘图元素

## 区域

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

区域

颜色

点

线

面

网格线

文本

图例

坐标轴

统计图形库

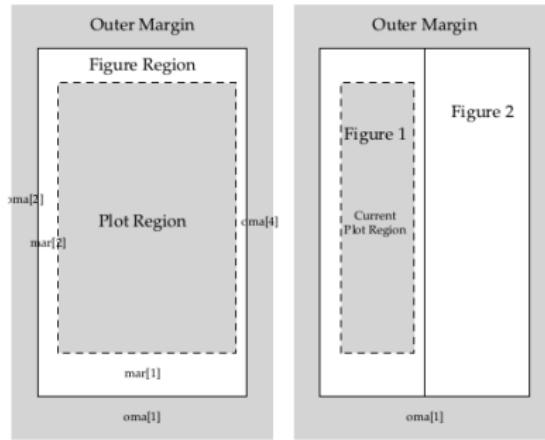
grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

71

183

- R 的绘图设备分为三块区域：绘图区域 (Plot Region)、图形区域 (Figure Region) 和设备区域 (Device Region)
- 这三个区域对应两个边界：图形边界 (Figure Margin) 和外边界 (Outer Margin)；图形边界由 par 函数的 mar 参数设置，外边界由 oma 参数设置



图：最大的灰色区域是设备区域，设备区域内的白色实框区域是图形区域，最里面的灰色虚框区域是作图区域，所有的统计图形都是在作图区域内绘制



# 绘图元素

## 颜色

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

区域

颜色

点

线

面

网格线

文本

图例

坐标轴

统计图形库

72

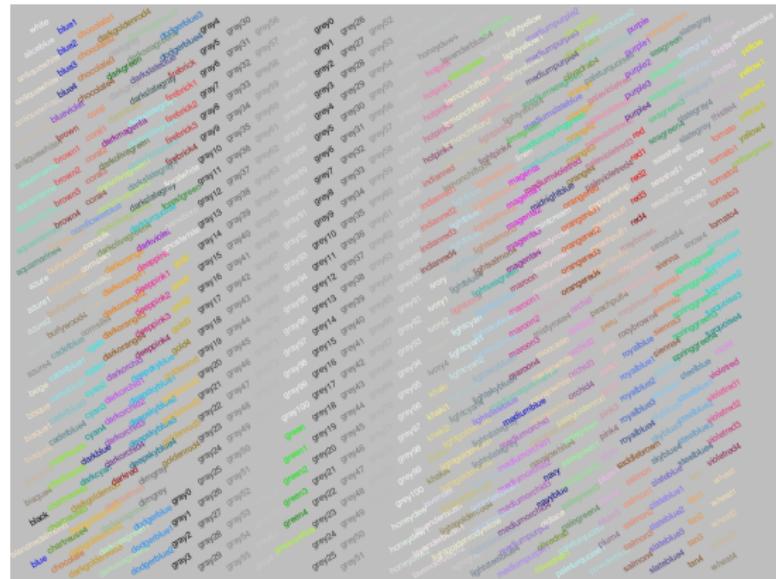


图: R 中的部分颜色

183



# 绘图元素

## 颜色

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

区域

颜色

点

线

面

网格线

文本

图例

坐标轴

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

73

183

- 固定颜色选择函数: `colors()`、`palette()`

- `colors()` 函数直接通过英文名称来调取预设颜色

- `palette()` 函数用来设置调色板或者获得调色板颜色值。和 `colors` 不同的是 `palette` 函数结果并不是固定颜色；但是只要一旦设置了调试板，它的取值在下一次设置前会一直保存



# 绘图元素

## 颜色

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

区域

颜色

点

线

面

网格线

文本

图例

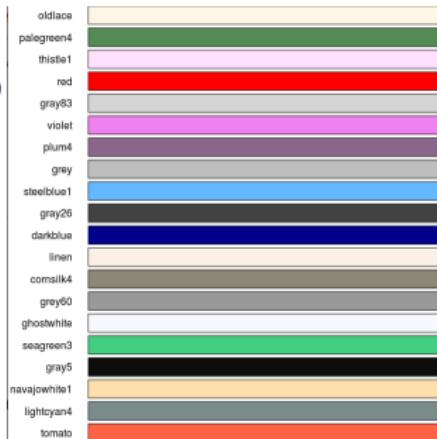
坐标轴

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

73



183

```
# 通过 colors 函数随机生成 20 种预设颜色
> sample(colors(), 20)
[1] "tomato"      "lightcyan4"   "navajowhite1"
[2] "gray5"        "seagreen3"   "ghostwhite"
[3] "grey60"       "cornsilk4"   "darkblue"
[4] "linen"        "darkblue"    "gray26"
[5] "steelblue1"   "grey"        "violet"
[6] "plum4"        "violet"     "gray26"
[7] "gray"         "gray"        "gray26"
[8] "gray"         "violet"     "plum4"
[9] "darkblue"     "violet"     "ghostwhite"
[10] "darkblue"    "ghostwhite" "darkblue"
[11] "gray"        "darkblue"   "darkblue"
[12] "darkblue"    "darkblue"   "darkblue"
[13] "darkblue"    "darkblue"   "darkblue"
[14] "darkblue"    "darkblue"   "darkblue"
[15] "darkblue"    "darkblue"   "darkblue"
[16] "darkblue"    "darkblue"   "darkblue"
[17] "darkblue"    "darkblue"   "darkblue"
[18] "darkblue"    "darkblue"   "darkblue"
[19] "darkblue"    "darkblue"   "darkblue"
[20] "darkblue"    "darkblue"   "darkblue"
```



# 绘图元素

## 颜色

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

区域

颜色

点

线

面

网格线

文本

图例

坐标轴

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

73

- 固定颜色选择函数: `colors()`、`palette()`
- `colors()` 函数直接通过英文名称来调取预设颜色
- `palette()` 函数用来设置调色板或者获得调色板颜色值。和 `colors` 不同的是 `palette` 函数结果并不是固定颜色；但是只要一旦设置了调试板，它的取值在下一次设置前会一直保存

```
1 # palette 默认颜色
2 > palette()
3 [1] "black"    "red"      "green3"   "blue"     "cyan"      "magenta" "yellow"
4 [8] "gray"
5
6 # 更改后的调色板颜色
7 > palette(colors()[1:10])
8 > palette()
9 [1] "white"      "aliceblue"   "antiquewhite" "antiquewhite1"
10 [5] "antiquewhite2" "antiquewhite3" "antiquewhite4" "aquamarine"
11 [9] "aquamarine"  "aquamarine2"
12
13 > # 恢复默认调色板
14 > palette("default")
15 > palette()
16 [1] "black"    "red"      "green3"   "blue"     "cyan"      "magenta" "yellow"
17 [8] "gray"
```

183



# 绘图元素

## 颜色

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

区域

颜色

点

线

面

网格线

文本

图例

坐标轴

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

74

183

- R 中还提供利用颜色生成原理构造颜色，如 RGB 模型（红绿蓝三原色）、HSV 色彩模型（色调、饱和度和纯度）、HCL 色彩模型（色调、色度和亮度）等
- 对应的颜色生成函数：`rgb()`、`hsv()`、`hcl()`、`gray()` 等；相比固定颜色函数，颜色生成函数更加灵活，可以调配出任意颜色



# 绘图元素

## 颜色

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

区域

颜色

点

线

面

网格线

文本

图例

坐标轴

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

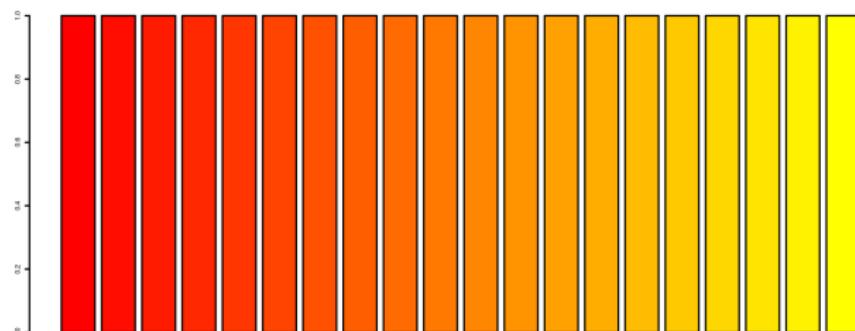
74

- R 中还提供利用颜色生成原理构造颜色，如 RGB 模型（红绿蓝三原色）、HSV 色彩模型（色调、饱和度和纯度）、HCL 色彩模型（色调、色度和亮度）等
- 对应的颜色生成函数：**rgb()**、**hsv()**、**hcl()**、**gray()** 等；相比固定颜色函数，颜色生成函数更加灵活，可以调配出任意颜色

```

1 # 在 rgb() 函数中用一元线性函数控制绿色在 [0, 1] 上的取值，同时将红色和蓝色分别控制为 1 和 0，那么我们将
2   ↪ 得到从纯红色到黄色的一个颜色渐变
3 > (x = rgb(1, seq(0, 1, length = 20), 0))
4 [1] "#FF0000" "#FF0D00" "#FF1B00" "#FF2800" "#FF3600" "#FF4300"
5 [7] "#FF5100" "#FF5E00" "#FF6B00" "#FF7900" "#FF8600" "#FF9400"
6 [13] "#FFA100" "#FFAE00" "#FFBC00" "#FFC900" "#FFD700" "#FFE400"
7 [19] "#FFF200" "#FFFF00"
> barplot(rep(1, 20), col = x)

```



183



# 绘图元素

## 颜色

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

区域

颜色

点

线

面

网格线

文本

图例

坐标轴

统计图形库

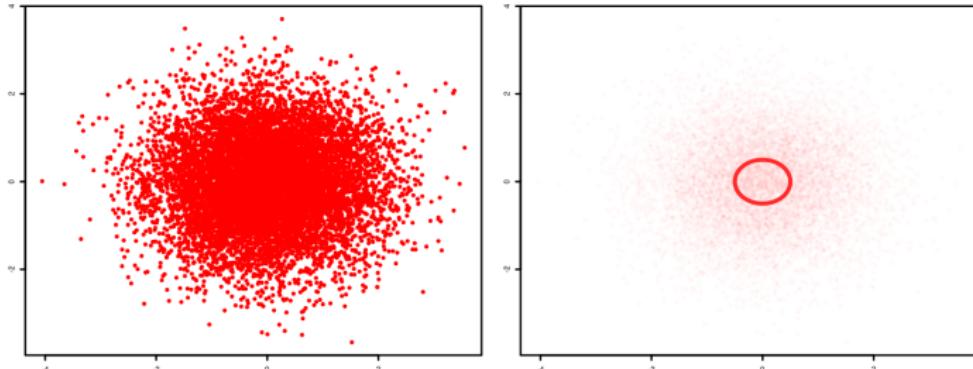
grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

- R 中还提供利用颜色生成原理构造颜色，如 RGB 模型（红绿蓝三原色）、HSV 色彩模型（色调、饱和度和纯度）、HCL 色彩模型（色调、色度和亮度）等
- 对应的颜色生成函数：`rgb()`、`hsv()`、`hcl()`、`gray()` 等；相比固定颜色函数，颜色生成函数更加灵活，可以调配出任意颜色

```
1 # 利用 rgb() 函数的透明度参数 alpha 生成半透明的显示效果
> library(MSG)
> data(BinormCircle)
> par(mfrow = c(1, 2), pch = 20, ann = FALSE, mar = c(2, 2 + 2, 0.5, 0.2))
> plot(BinormCircle, col = rgb(1, 0, 0))
> plot(BinormCircle, col = rgb(1, 0, 0, alpha = 0.01))
```

74



183



# 绘图元素

## 颜色

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形  
统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

区域

颜色

点

线

面

网格线

文本

图例

坐标轴

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

75

- 由于基于颜色生成原理构造颜色过于专业，因此 R 中还提供了一种比较简单的**特定颜色主题调试板**
- 特定颜色主题调试板用渐变的颜色来表现特定的主题**

函数名称	效果
rainbow()	彩虹颜色 (红橙黄绿青蓝紫)
heat.colors()	从红色渐变到黄色再到白色, 适合表示“高温”、“白热化”
terrain.colors()	从绿色渐变到黄色再到棕色最后到白色, 适合表示地理地形
topo.colors()	从蓝色渐变到青色再到黄色最后到棕色
cm.colors()	从青色渐变到白色再到粉红色
gray()	灰度 (由黑渐变到白)

表：常用的特定颜色主题调色板

183



# 绘图元素

## 颜色

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

区域

颜色

点

线

面

网格线

文本

图例

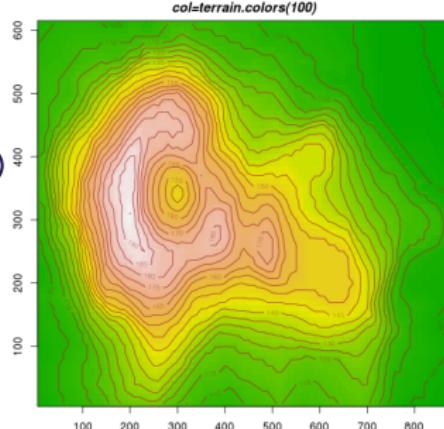
坐标轴

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

- 由于基于颜色生成原理构造颜色过于专业，因此 R 中还提供了一种比较简单的**特定颜色主题调试板**
- 特定颜色主题调试板用渐变的颜色来表现特定的主题**



```
1 > x <- 10*(1:nrow(volcano))
2 > x.at <- seq(100, 800, by=100)
3 > y <- 10*(1:ncol(volcano))
4 > y.at <- seq(100, 600, by=100)
# 使用 Terrain Colors
5 > image(x, y, volcano, axes=FALSE,
6   ↪ xlab="", ylab="", col=terrain.colors(100))
7 > contour(x, y, volcano, levels=seq(90, 200, by=5),
8   ↪ add=TRUE, col="brown")
9 > axis(1, at=x.at)
10 > axis(2, at=y.at)
11 > box()
```



# 绘图元素

## 颜色

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

区域

颜色

点

线

面

网格线

文本

图例

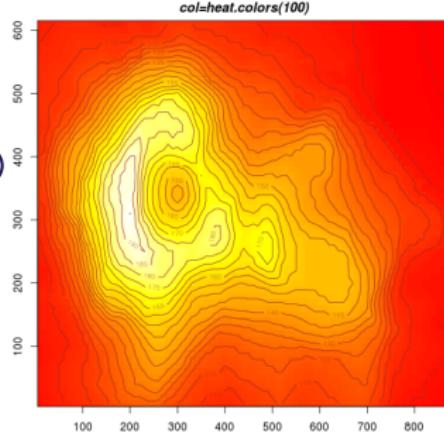
坐标轴

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

- 由于基于颜色生成原理构造颜色过于专业，因此 R 中还提供了一种比较简单的**特定颜色主题调试板**
- 特定颜色主题调试板用渐变的颜色来表现特定的主题**



```
1 > x <- 10*(1:nrow(volcano))
2 > x.at <- seq(100, 800, by=100)
3 > y <- 10*(1:ncol(volcano))
4 > y.at <- seq(100, 600, by=100)
# 使用 Heat Colors
5 > image(x, y, volcano, axes=FALSE,
6   ↪ xlab="", ylab="", col=heat.colors(100))
7 > contour(x, y, volcano, levels=seq(90, 200, by=5),
8   ↪ add=TRUE, col="brown")
9 > axis(1, at=x.at)
10 > axis(2, at=y.at)
11 > box()
```



# 绘图元素

## 颜色

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

区域

颜色

点

线

面

网格线

文本

图例

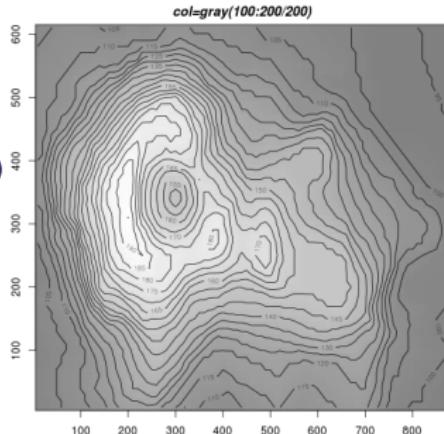
坐标轴

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

- 由于基于颜色生成原理构造颜色过于专业，因此 R 中还提供了一种比较简单的**特定颜色主题调试板**
- 特定颜色主题调试板用渐变的颜色来表现特定的主题**



```
1 > x <- 10*(1:nrow(volcano))
2 > x.at <- seq(100, 800, by=100)
3 > y <- 10*(1:ncol(volcano))
4 > y.at <- seq(100, 600, by=100)
# 使用 Gray Colors
5 > image(x, y, volcano, axes=FALSE,
6   ↪   xlab="", ylab="", col=gray(100:200/200))
7 > contour(x, y, volcano, levels=seq(90, 200, by=5),
8   ↪   add=TRUE, col="brown")
9 > axis(1, at=x.at)
10 > axis(2, at=y.at)
> box()
```



# 绘图元素

## 颜色

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

区域

颜色

点

线

面

网格线

文本

图例

坐标轴

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

- 另外，**RColorBrewer**包还提供了更简化的颜色生成函数，只需要指定调色板名称，再通过 `brewer.pal()` 函数就可以自动生成符合色彩科学的预设组合

调色板	作用
连续型调色板 (Sequential palettes)	生成一系列连续渐变的颜色，通常用来标记连续型数值的大小
极端化调色板 (Diverging palettes)	生成用深色强调两端、浅色标示中部的系列颜色，可用来标记数据中的离群点
离散型调色板 (Qualitative palettes)	生成一系列彼此差异比较明显的颜色，通常用来标记分类数据

表：RColorBrewer 提供的调色板



# 绘图元素

## 颜色

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

区域

颜色

点

线

面

网格线

文本

图例

坐标轴

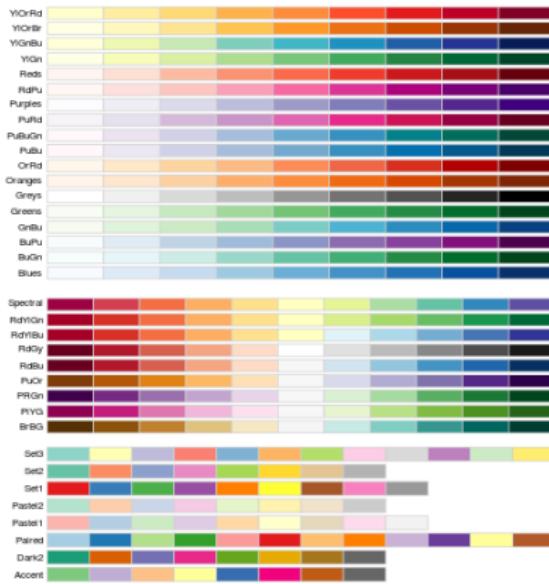
统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

183

- 另外，**RColorBrewer**包还提供了更简化的颜色生成函数，只需要指定调色板名称，再通过 `brewer.pal()` 函数就可以自动生成符合色彩科学的预设组合



图：RColorBrewer 包中所有调色板颜色的演示：从上至下依次是连续型（18 种）、极端型（9 种）和离散型（8 种）调色板

76

183



# 绘图元素

## 点

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

区域

颜色

点

线

面

网格线

文本

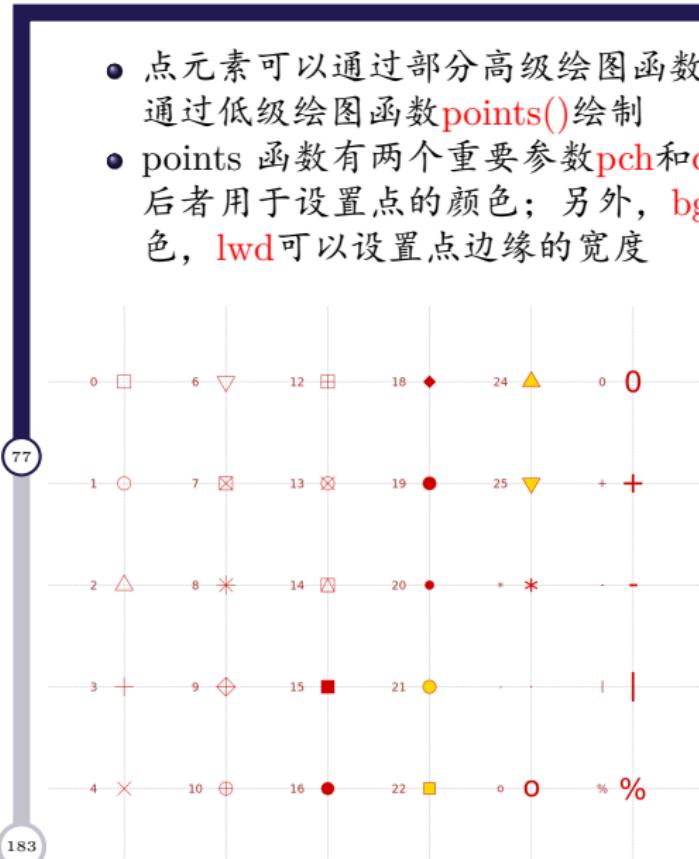
图例

坐标轴

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统



图：pch 参数不同取值的点类型，  
其中 col = “red3”, pch=21-25 的  
bg = “gold”



# 绘图元素

## 点

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

区域

颜色

点

线

面

网格线

文本

图例

坐标轴

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

77



183

图：点的艺术

```
1 # 利用随机数在随机位置生成随机样式的点
2 > set.seed(711)
3 > plot.new()
4 > size = c(replicate(n, 1/rbeta(2, 1.5, 4)))
5 > center = t(replicate(n, runif(2)))
6 > center = center[rep(1:n, each = 2), ]
7 > color = apply(replicate(2 * n, sample(c(0:9,
8   ↪ LETTERS[1:6]), 8, replace = TRUE)),
9   ↪ function(x) sprintf("#%s", paste(x,
   ↪ collapse = "")))
> points(center, cex = size, pch = rep(20:21, n), col =
   ↪ color)
```



# 绘图元素

## 点

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

区域

颜色

点

线

面

网格线

文本

图例

坐标轴

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

77



183

图：点的艺术

```
1 # 利用随机数在随机位置生成随机样式的点
2 > set.seed(711)
3 > plot.new()
4 > size = c(replicate(n, 1/rbeta(2, 1.5, 4)))
5 > center = t(replicate(n, runif(2)))
6 > center = center[rep(1:n, each = 2), ]
7 > color = apply(replicate(2 * n, sample(c(0:9,
8   ↪ LETTERS[1:6]), 8, replace = TRUE)),
9   ↪ function(x) sprintf("#%s", paste(x,
   ↪ collapse = "")))
> points(center, cex = size, pch = rep(20:21, n), col =
   ↪ color)
```



# 绘图元素

## 点

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

区域

颜色

点

线

面

网格线

文本

图例

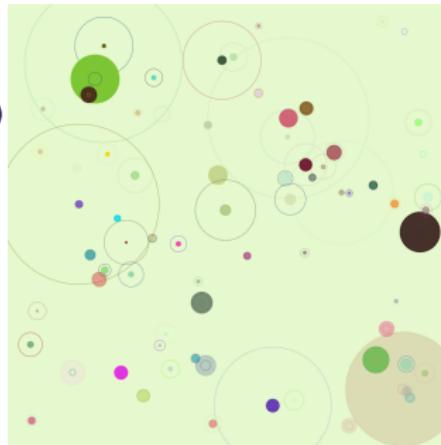
坐标轴

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

77



图：点的艺术

```
1 # 利用随机数在随机位置生成随机样式的点
2 > set.seed(711)
3 > plot.new()
4 > size = c(replicate(n, 1/rbeta(2, 1.5, 4)))
5 > center = t(replicate(n, runif(2)))
6 > center = center[rep(1:n, each = 2), ]
7 > color = apply(replicate(2 * n, sample(c(0:9,
8   ↪ LETTERS[1:6]), 8, replace = TRUE)),
9   ↪ function(x) sprintf("#%s", paste(x,
   ↪ collapse = "")))
> points(center, cex = size, pch = rep(20:21, n), col =
   ↪ color)
```

183



# 绘图元素

## 点

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

区域

颜色

点

线

面

网格线

文本

图例

坐标轴

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

77

183

- 点元素可以通过部分高级绘图函数中的 pch 参数绘制，也可以通过低级绘图函数 `points()` 绘制
- `points` 函数有两个重要参数 `pch` 和 `col`，前者用于设置点的样式，后者用于设置点的颜色；另外，`bg` 可以设置部分点类型的背景色，`lwd` 可以设置点边缘的宽度



图：点的艺术

```
1 # 利用随机数在随机位置生成随机样式的点
2 > set.seed(711)
3 > plot.new()
4 > size = c(replicate(n, 1/rbeta(2, 1.5, 4)))
5 > center = t(replicate(n, runif(2)))
6 > center = center[rep(1:n, each = 2), ]
7 > color = apply(replicate(2 * n, sample(c(0:9,
8   ↪ LETTERS[1:6]), 8, replace = TRUE)),
9   ↪ function(x) sprintf("#%s", paste(x,
   ↪ collapse = "")))
> points(center, cex = size, pch = rep(20:21, n), col =
   ↪ color)
```



# 绘图元素

## 线

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

区域

颜色

点

线

面

网格线

文本

图例

坐标轴

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

- R 中的线元素包括直线、线段、多段线、箭头和样条曲线
  - 直线: `abline()` 函数
  - 线段: `segment()` 函数
  - 多段线: `lines()` 函数
  - 箭头: `arrows()` 函数
  - 样条曲线: `xspline()` 函数



# 绘图元素

## 线

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

区域

颜色

点

线

面

网格线

文本

图例

坐标轴

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

- R 中的线元素包括直线、线段、多段线、箭头和样条曲线
- 直线: `abline()` 函数
- 线段: `segment()` 函数
- 多段线: `lines()` 函数
- 箭头: `arrows()` 函数
- 样条曲线: `xspline()` 函数

```
1 # 主要参数: a 是截距, b 是斜率, h 是画水平线时的纵轴值, v 是画垂直线时的横轴值, reg 是一个能用函数 coef()  
2   ↪ 提取系数  
3 (包含斜率和截距) 的 R 对象, 典型的就是用线性模型 (回归) 生成的对象, 系数是一个长度为2的向量, 分别为截距和  
4   ↪ 斜率  
5 abline(a = NULL, b = NULL, h = NULL, v = NULL, reg = NULL, coef = NULL, untf = FALSE, ...)
```



# 绘图元素

## 线

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

区域

颜色

点

线

面

网格线

文本

图例

坐标轴

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

- R 中的线元素包括直线、线段、多段线、箭头和样条曲线
- 直线: `abline()` 函数
- 线段: `segment()` 函数
- 多段线: `lines()` 函数
- 箭头: `arrows()` 函数
- 样条曲线: `xspline()` 函数

```
1 # 主要参数: 前四个参数表示线段的起点和终点坐标
2 segments(x0, y0, x1 = x0, y1 = y0, col = par("fg"), lty = par("lty"), lwd = par("lwd"), ...)
```

78

183



# 绘图元素

## 线

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

区域

颜色

点

线

面

网格线

文本

图例

坐标轴

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

- R 中的线元素包括直线、线段、多段线、箭头和样条曲线
- 直线: `abline()` 函数
- 线段: `segment()` 函数
- 多段线: `lines()` 函数
- 箭头: `arrows()` 函数
- 样条曲线: `xspline()` 函数

```
1 # 主要参数: x 和 y 是元素个数相同的向量, 表示 n 组多段线的节点
2 lines(x, y = NULL, type = "l", ...)
```

78

183



# 绘图元素

## 线

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

区域

颜色

点

线

面

网格线

文本

图例

坐标轴

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

- R 中的线元素包括直线、线段、多段线、箭头和样条曲线
- 直线: `abline()` 函数
- 线段: `segment()` 函数
- 多段线: `lines()` 函数
- 箭头: `arrows()` 函数
- 样条曲线: `xspline()` 函数

```
1 # 主要参数: 前四个参数表示箭头的起点和终点坐标, length 表示箭头尖上短线的长度 (单位: 英寸), angle 表示箭  
    ↪ 头尖短线的角度, code 表示箭头的样式 (整数 1-3 分别表示尾部箭头、首部箭头和两端都带箭头)  
2 arrows(x0, y0, x1 = x0, y1 = y0, length = 0.25, angle = 30, code = 2, col = par("fg"), lty =  
    ↪     par("lty"), lwd = par("lwd"), ...)
```



# 绘图元素

## 线

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

区域

颜色

点

线

面

网格线

文本

图例

坐标轴

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

- R 中的线元素包括直线、线段、多段线、箭头和样条曲线
- 直线: `abline()` 函数
- 线段: `segment()` 函数
- 多段线: `lines()` 函数
- 箭头: `arrows()` 函数
- 样条曲线: `xspline()` 函数

1 # 主要参数: 前两个参数给定点的位置, `shape` 为样条的形状, 取值在 [-1, 1] 之间, 当取值为负数时, 曲线穿过给定的点, 负值绝对值越小则曲线的角度越尖锐, 反之角度越圆滑, `shape` 取值为正数时, 曲线脱离给定的点, 正值越小越靠近给定点; `open` 决定是否样条曲线封闭; `repEnds` 为逻辑值, 当样条曲线不封闭时, 该参数决定是否重复使用端点上的点; `draw` 决定是否画线, 若为 FALSE, 则仅仅计算曲线的坐标位置而不画线; `border` 为曲线的颜色; `col` 为封闭曲线的填充颜色

2 `xspline(x, y = NULL, shape = 0, open = TRUE, repEnds = TRUE, draw = TRUE, border = par("fg"), col = NA, ...)`



# 绘图元素

## 线

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

区域

颜色

点

线

面

网格线

文本

图例

坐标轴

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

- R 中的线元素包括直线、线段、多段线、箭头和样条曲线
- 直线: `abline()` 函数
- 线段: `segment()` 函数
- 多段线: `lines()` 函数
- 箭头: `arrows()` 函数
- 样条曲线: `xspline()` 函数

## 特殊参数

78

- ✍ 线的 `lty` 参数相当灵活, 除了取值 0-6 之外, 还可以根据一个十六进制的数字串来设定线的虚实, 具体原理是: 奇数位上的数字表示画相应长度的实线, 偶数位上的数字则表示空缺相应的长度, 这样可以实现几乎无数种线条样式; 例如, 711911 表示: 7 单位长实线、1 单位长空白、1 单位长实线、9 单位长空白、1 单位长实线、1 单位长空白
- ✍ 当设定 `type='h'` 时, `col` 参数可以使用向量, 此时各条竖线都将使用不同的颜色; 除此之外, 若其它参数使用了向量, 那么只有向量的第一个元素会被使用, 其它元素都将被忽略掉

183



# 绘图元素

## 线

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

区域

颜色

点

线

面

网格线

文本

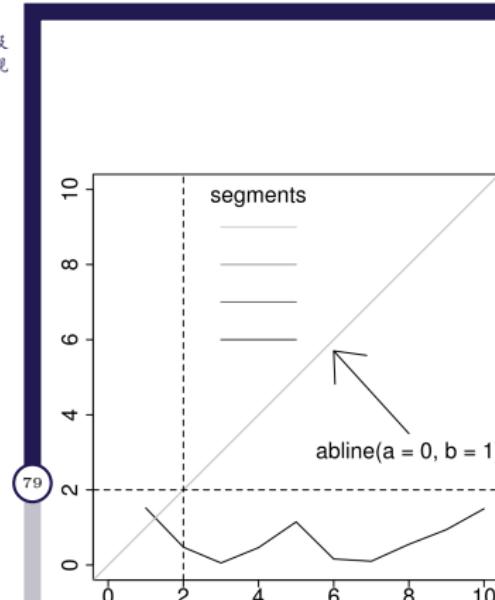
图例

坐标轴

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统



```
1 # 不作图, 只画出框架, 且指定坐标轴范围
2 > plot(1:10, type = "n", xlim = c(0, 10), ylim =
   +       c(0,10))
3 # 10 个正态随机数绝对值的波动线
4 > lines(1:10, abs(rnorm(10)))
5 # 不同的直线
6 > abline(a = 0, b = 1, col = "gray")
7 > abline(v = 2, lty = 2)
8 > abline(h = 2, lty = 2)
9 # 添加文本
10 > text(8, 3, "abline(a = 0, b = 1)")
11 # 添加箭头
12 > arrows(8, 3.5, 6, 5.7, angle = 40)
13 # 参数用了向量: 不同灰度的线段
14 > segments(rep(3, 4), 6:9, rep(5, 4), 6:9, col =
   +           gray(seq(0.2,0.8, length = 4)))
15 > text(4, 9.8, "segments")
```

图：直线、曲线、线段和箭头示例



# 绘图元素

## 线

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

区域

颜色

点

线

面

网格线

文本

图例

坐标轴

统计图形库

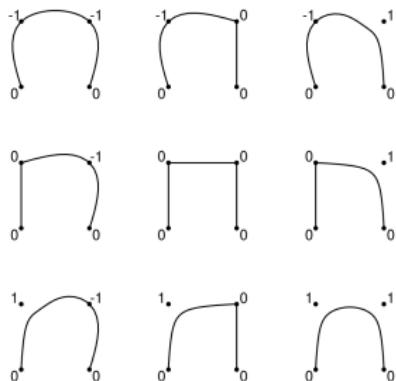
grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

79

183

Open X-splines



图：样条曲线示例

```

1 > xsplineTest <- function(s, open = TRUE, x =
2   <- c(1,1,3,3)/4, y = c(1,3,3,1)/4, ...) {
3   plot(c(0,1), c(0,1), type = "n", axes = FALSE, xlab =
4     "", ylab = "")
5   points(x, y, pch = 19)
6   xspline(x, y, s, open, ...)
7   text(x+0.05*c(-1,-1,1,1), y+0.05*c(-1,1,1,-1), s)
8 > xsplineTest(c(0, -1, -1, 0))
9 > xsplineTest(c(0, -1, 0, 0))
10 > xsplineTest(c(0, -1, 1, 0))
11 > xsplineTest(c(0, 0, -1, 0))
12 > xsplineTest(c(0, 0, 0, 0))
13 > xsplineTest(c(0, 0, 1, 0))
14 > xsplineTest(c(0, 1, -1, 0))
15 > xsplineTest(c(0, 1, 0, 0))
16 > xsplineTest(c(0, 1, 1, 0))
17 > title("Open X-splines", outer = TRUE)

```



# 绘图元素

## 线

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

区域

颜色

点

线

面

网格线

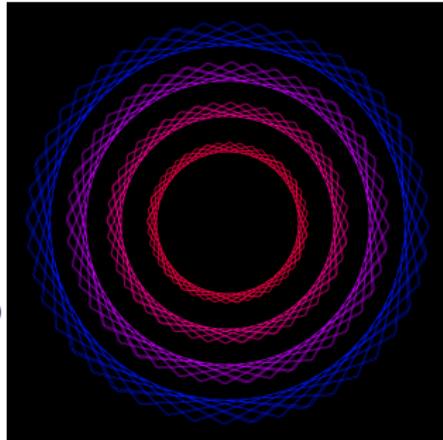
文本

图例

坐标轴

统计图形库

80



```
1 > theta = 1:100
2 > x = sin(theta)
3 > y = cos(theta)
4 > op = par(bg = 'black', mar = rep(0.5, 4))
5 > plot.new()
6 > plot.window(xlim = c(-1, 1), ylim = c(-1, 1), asp =
   ↪ 1)
7 > lines(x, y, col = hsv(0.65, 1, 1))
8 > lines(0.8*x, 0.8*y, col = hsv(0.8, 1, 1))
9 > lines(0.6*x, 0.6*y, col = hsv(0.9, 1, 1))
10 > lines(0.4*x, 0.4*y, col = hsv(0.95, 1, 1))
```

图：线的艺术

空间数据绘图系  
统

183



# 绘图元素

## 线

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

区域

颜色

点

线

面

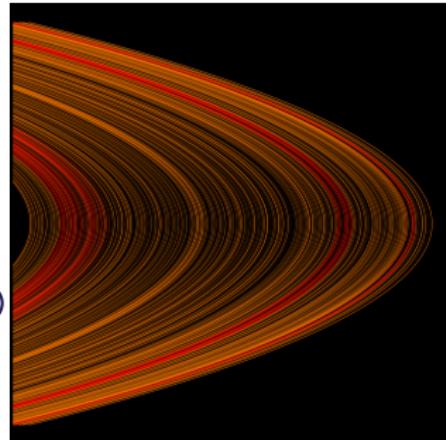
网格线

文本

图例

坐标轴

统计图形库



```
1 > x = seq(-50, 50, by = 1)
2 > y = -(x^2)
3 > par(bg = 'black', mar = rep(0.5, 4))
4 > plot(y, x, type = 'n')
5 > lines(y, x, lwd = 2*runif(1), col = hsv(0.08, 1, 1,
   ↪ alpha = runif(1, 0.5, 0.9)))
6 > for(i in seq(10, 2500, 10)){
7   lines(y-i, x, lwd = 2*runif(1), col = hsv(0.08,
   ↪ 1, 1, alpha = runif(1, 0.5, 0.9)))
8 }
9 > for(i in seq(500, 600, 10)){
10   lines(y-i, x, lwd = 2*runif(1), col = hsv(0, 1,
   ↪ 1, alpha = runif(1, 0.5, 0.9)))
11 }
12 > for(i in seq(2000, 2300, 10)){
13   lines(y-i, x, lwd = 2*runif(1), col = hsv(0, 1,
   ↪ 1, alpha = runif(1, 0.5, 0.9)))
14 }
15 > for(i in seq(100, 150, 10)){
16   lines(y-i, x, lwd = 2*runif(1), col = hsv(0, 1,
   ↪ 1, alpha = runif(1, 0.5, 0.9)))
17 }
```

图：线的艺术



# 绘图元素

## 线

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

区域

颜色

点

线

面

网格线

文本

图例

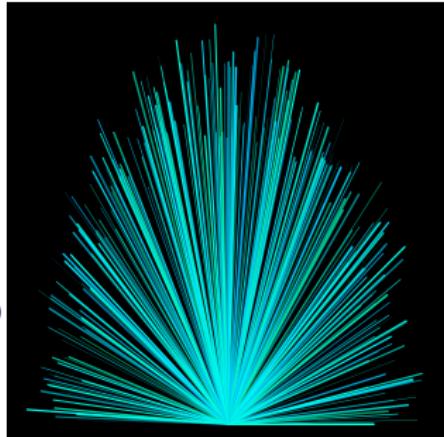
坐标轴

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

80



```
1 > theta = seq(0, pi, length = 300)
2 > x = cos(theta)
3 > y = sin(theta)
4 > op = par(bg = "black", mar = rep(0.5, 4))
5 > plot(x, y, type = 'n')
6 > segments(rep(0, 299), rep(0, 299), x[1:299] *
   ↪ runif(299, 0.7), y[1:299] * runif(299, 0.7),
   ↪ col = hsv(runif(299, 0.45, 0.55), 1, 1,
   ↪ runif(299, 0.5)), lwd = 5*runif(299))
```

图：线的艺术

183



# 绘图元素

## 面

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

区域

颜色

点

线

面

网格线

文本

图例

坐标轴

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

- **polygon()** 函数用于绘制多边形
- 矩形是多边形的特例，有专门绘制矩形的函数**rect()**
- 整幅图形的边框也是一种特殊的矩形，用**box()** 函数绘制

```
1 # rect 函数用于绘制矩形
2 # 主要参数：前四个参数分别绘制左下角和右上角的坐标；angle 参数设置填充线条的角度；col 设置填充颜色；
3   ↪ border 设置边框颜色
4 rect(xleft, ybottom, xright, ytop, density = NULL, angle = 45, col = NA, border = NULL, lty =
5   ↪ par("lty"), lwd = par("lwd"), ...)
```

```
1 # polygon 函数用于绘制多边形
2 # 主要参数：density 参数设置阴影线的填充密度；angle 参数设置填充线条的角度；col 设置填充颜色；border 设置
3   ↪ 边框颜色
4 polygon(x, y = NULL, density = NULL, angle = 45, border = NULL, col = NA, lty = par("lty"), ...
5   ↪ fillOddEven = FALSE)
```

81

183



# 绘图元素

面

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

区域

颜色

点

线

面

网格线

文本

图例

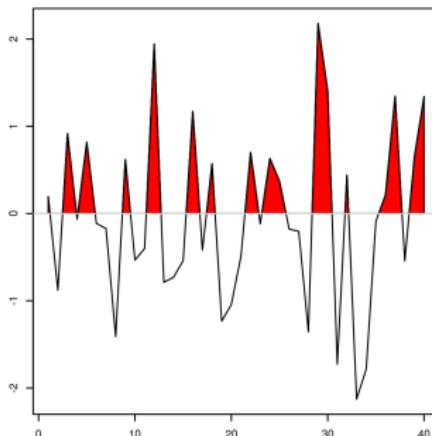
坐标轴

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

- `polygon()` 函数用于绘制多边形
- 矩形是多边形的特例，有专门绘制矩形的函数 `rect()`
- 整幅图形的边框也是一种特殊的矩形，用 `box()` 函数绘制



81

```

1 # 产生 40 个正态随机数
2 > x = rnorm(40)
3 # 画线图
4 > plot(x, xlab = "", type = "l")
# 绘制多边形的连线路径, 用红色填充
5 > polygon(c(1, 1:40, 40), c(0, x, 0), col = "red")
# 获取当前图形区域坐标范围, 以便下用
6 > xy = par("usr")
# 用红色矩形挡住了 0 以下的部分
7 > rect(xy[1], xy[3], xy[2], 0, col = "red")
8 # 重画一遍 x 的线条
9 > lines(x)
10 # 添加水平线
11 > abline(h = 0, col = "lightgray")
12
13
14

```

图：多边形和矩形函数示例 (0 上下数值分别用不同颜色填充)

183



# 绘图元素

## 网格线

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

区域

颜色

点

线

面

网格线

文本

图例

坐标轴

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

- 网格线用对齐坐标轴的横纵直线来辅助获取更精确的元素位置
- `grid()` 函数是专门用于绘制网格线的函数
- `par()` 函数的 `tcl` 参数也可以用于绘制网格线；或者是通过直线函数 `abline()` 的 `h` 和 `v` 参数绘制横纵直线来表示网格线

```
1 # 主要参数：网格线默认颜色 col 为浅灰色，线条样式 lty 为点线，这是一种比较美观的设置；参数 nx 和 ny 分别
   ↪ 表示横纵轴上网格线的条数；equilogs 参数意思是，当坐标取了对数之后，是依然使用等距的网格线 (TRUE)
   ↪ 还是根据对数函数使用不等距的网格线 (FALSE)
2 grid(nx = NULL, ny = nx, col = "lightgray", lty = "dotted", lwd = par("lwd"), equilogs = TRUE)
```

82

183



# 绘图元素

## 网格线

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

区域

颜色

点

线

面

网格线

文本

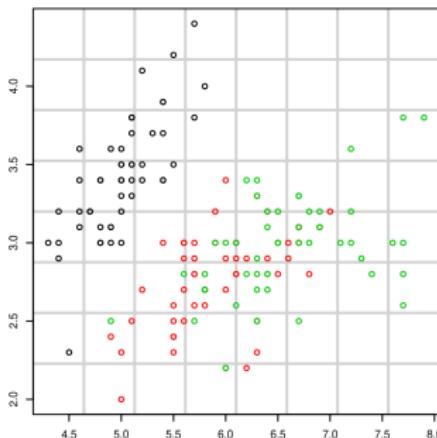
图例

坐标轴

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统



183

图: grid 函数示例

```
1 > with(iris,
2   {
3     plot(Sepal.Length, Sepal.Width, col =
4       ↪ as.integer(Species), panel.first = grid(8,
5       ↪ lty = 1, lwd = 2))
6   })
```



# 绘图元素

## 文本

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

区域

颜色

点

线

面

网格线

文本

图例

坐标轴

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

- R 中把统计图形中的文本分为三类：标题、任意文本和图形周边文本
- 对应的函数分别为：`title()`、`text()`和`mtext()`

```
1 # 主要参数: 前四个参数分别是主标题、副标题、x 轴和 y 轴标题; line 设置一个距离图形边缘的距离 (line 行
  ↪   高); outer 表示是否将文本放在外边界中
2 title(main = NULL, sub = NULL, xlab = NULL, ylab = N, line = NA, outer=FALSE, ...
3
4 # 主要参数: label 是添加的文本; pos 取值 1-4, 表示文本位置在坐标点的下、左、上、右方; offset 在会 pos 基
  ↪   础上向相应方向再偏移一定比例的距离; vfont 是用 Hershey 矢量字体设置文本的字体式样
5 text(x, y = NULL, label= seq_along(x), adj = NULL, pos = NULL, offset = 0.5, vfont = NULL, cex = 1,
  ↪   col = NULL font = NULL, ...)
6
7 # 主要参数: side 取值为 1-4, 表示周边文本绘制在图形的下、左、上、右边
8 mtext(text, side = 3, line = 0, outer = FALSE, at = NA, adj = NA, padj = NA, cex = NA, col = NA,
  ↪   font = NA, ...)
```



# 绘图元素

## 文本

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

区域

颜色

点

线

面

网格线

文本

图例

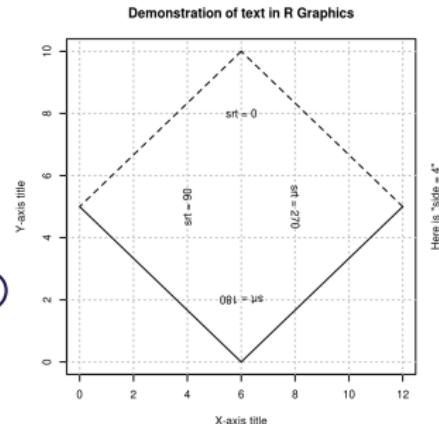
坐标轴

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

- R 中把统计图形中的文本分为三类：标题、任意文本和图形周边文本
- 对应的函数分别为：title()、text()和mtext()



```

1 > par(mar = c(4, 4, 4, 3))
2 > plot(0:10, type = "n", xlab = "", ylab = "", xlim =
   ↪   c(0,12))
3 > grid(col = "gray")
4 > mtext(main = "Demonstration of text in R Graphics",
   ↪   xlab = "X-axis title", ylab = "Y-axis title")
5 > mtext("Here is \\'side = 4\\'", side = 4, line = 1)
6 > x = c(6, 4, 6, 8)
7 > y = c(8, 5, 2, 5)
8 > s = c(0, 90, 180, 270)
9 > for (i in 1:4) text(x[i], y[i], sprintf("srt =
   ↪   %d",s[i]), srt = s[i])
10 > segments(c(6, 0, 6, 12), c(10, 5, 0, 5), c(0, 6,12,
   ↪   6), c(5, 0, 5, 10), lty = c(2, 1, 1, 2))

```

图：文本函数示例



# 绘图元素

## 图例

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

区域

颜色

点

线

面

网格线

文本

图例

坐标轴

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

- 图例是统计图形中很重要的辅助解释信息，其作用将不同的对象分组为不同的样式
- R 中绘制图例的函数是 `legend()`

```
1 # 主要参数：前两个参数 x 和 y 表示图例的坐标位置（左上角顶点的坐标）；legend 通常为一个字符向量，表示图例  
    ↪ 中的文字；fill 指定一个与图例字符向量对应的颜色向量用以在文本左边绘制一个颜色填充方块；col 设置图  
    ↪ 例中点和线的颜色；lty、lwd 和 pch 指定图例中点线的样式；angle 和 density 效果类似于 fill 参数，  
    ↪ 只是换成指定角度和密度的阴影线填充方块；bty 数设置图例框的样式；title 设定图例的标题  
2 legend(x, y = NULL, legend, fill = NULL, border = "black", lty, lwd, pch, angle =  
    ↪ 45, density = NULL, bty = "o", bg = par("bg"), box.lwd = par("lwd"), box.lty = par("lty"),  
    ↪ box.col = par("fg"), pt.bg = NA, cex = 1, pt.cex = cex, pt.lwd = lwd, xjust = 0, yjust = 1,  
    ↪ x.intersp = 1, y.intersp = 1, adj = c(0, 0.5), text.width = NULL, text.col = par("col"),  
    ↪ merge = do.lies && has.pch, trace = FALSE, plot = TRUE, ncol = 1, horiz = FALSE, title =  
    ↪ NULL, inset = 0, xpd, title.col = text.col)
```



# 绘图元素

## 图例

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

区域

颜色

点

线

面

网格线

文本

图例

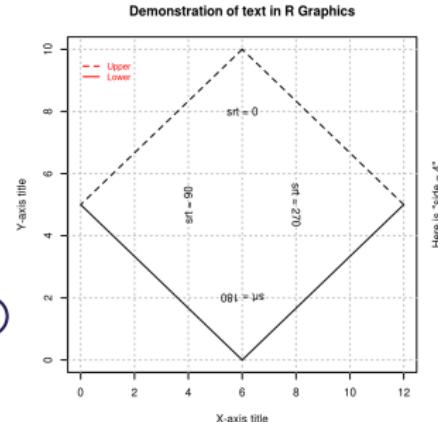
坐标轴

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

- 图例是统计图形中很重要的辅助解释信息，其作用将不同的对象分组为不同的样式
- R 中绘制图例的函数是 `legend()`



84

183

```

1 > par(mar = c(4, 4, 4, 3))
2 > plot(0:10, type = "n", xlab = "", ylab = "", xlim =
   ↪   c(0,12))
3 > grid(col = "gray")
4 > title(main = "Demonstration of text in R Graphics",
5 > + xlab = "X-axis title", ylab = "Y-axis title")
6 > mtext("Here is `side = 4`", side = 4, line = 1)
7 > x = c(6, 4, 6, 8)
8 > y = c(8, 5, 2, 5)
9 > s = c(0, 90, 180, 270)
10 > for (i in 1:4) text(x[i], y[i], sprintf("srt =
   ↪   %d", s[i]), srt = s[i])
11 > segments(c(6, 0, 6, 12), c(10, 5, 0, 5), c(0, 6, 12,
   ↪   6), c(5, 0, 5, 10), lty = c(2, 1, 1, 2))
12 > legend(-0.2, 9.8, c("Upper", "Lower"), lty = 2:1, cex
   ↪   = 0.8, bty = "n", text.col="red", col="red")

```

图：图例函数示例



# 绘图元素

## 坐标轴

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

区域

颜色

点

线

面

网格线

文本

图例

坐标轴

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

- 坐标轴是统计图形中元素数值大小的参照物
- R 中绘制图例的函数是 `axis()`

```
1 # 主要参数: side 参数与 mtext() 函数中的参数类似, 表示将坐标轴画在哪条边上; at 参数表示在什么位置画坐标轴
  ↪ 标记线; labels 参数指定坐标轴刻度标记的字符; tick 参数表示是否绘制刻度线
2 axis(side, at = NULL, labels = TRUE, tick = TRUE, line = NA, pos = NA, outer = FALSE, font = NA,
  ↪ lty = "solid", lwd = 1, lwd.ticks = lwd, col = NULL, col.ticks = NULL, hadj = NA, padj =
  ↪ NA, ...)
```



# 绘图元素

## 坐标轴

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

区域

颜色

点

线

面

网格线

文本

图例

坐标轴

统计图形库

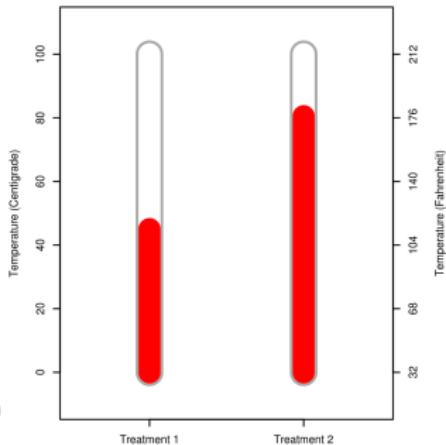
grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

85

183

- 坐标轴是统计图形中元素数值大小的参照物
- R 中绘制图例的函数是 `axis()`



```

1 > x <- 1:2; y <- runif(2, 0, 100)
2 > plot(x, y, type="n", xlim=c(0.5, 2.5), ylim=c(-10,
3   ↪ 110), axes=FALSE, ann=FALSE)
4 > axis(2, at=seq(0, 100, 20))
5 > mtext("Temperature (Centigrade)", side=2, line=3)
# 绘制双坐标轴
6 > axis(1, at=1:2, labels=c("Treatment 1", "Treatment
7   ↪ 2"))
8 > axis(4, at=seq(0, 100, 20), labels=seq(0, 100,
9   ↪ 20)*9/5 + 32)
10 > mtext("Temperature (Fahrenheit)", side=4, line=3)
11 > box()
12 > segments(x, 0, x, 100, lwd=20, col="dark grey")
13 > segments(x, 0, x, 100, lwd=16, col="white")
14 > segments(x, 0, x, y, lwd=16, col="red")

```

图：坐标轴函数示例（摄氏度双坐标轴）



# 统计图形库

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形  
统计绘图工具

R 和 R 语言  
基础绘图系统  
绘图设备  
绘图函数  
绘图参数  
绘图元素  
统计图形库

grid 绘图系统  
空间数据绘图系  
统

- R 中通过高级绘图函数来绘制统计图形
- R 的 base 包中提供标准绘图程序包 **graphics**，除了包括前面介绍的所有统计元素之外，还包含预置的统计图形库
- graphics 包中预置的统计图形库已经涵盖了绝大多数常见的统计图形；但除此之外，**contrib** 包中也包括大量绘图程序包来进一步扩展统计图形库

86

183



# 统计图形库

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

87

统计图形	程序包	绘图函数
直方图	graphics	hist
箱线图	graphics	boxplot
等高线图	graphics	contour
颜色图	graphics	image
散点图矩阵	graphics	pairs
三维透视图	graphics	persp
饼图	graphics	pie
热图	stats	heatmap
分类和回归线图	rpart	plot.rpart
小提琴图	vioplot	vioplot
地图	maps	map
脸谱图	TeachingDemos	faces2
平行坐标图	MASS	parcoord

表：部分统计图形和对应的绘图函数

183



# 统计图形库

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

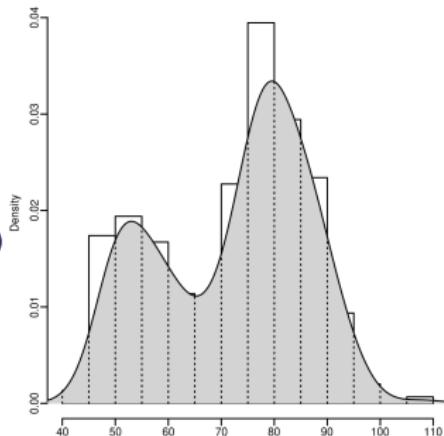
绘图参数

绘图元素

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统



```
1 > data(geyser, package = "MASS")
2 > par(mar = c(1.8, 3, 0.5, 0.1), mgp = c(2, 0.5, 0))
3 > data(geyser, package = "MASS")
4 > hst = hist(geyser$waiting, probability = TRUE, main =
   + "", xlab = "waiting")
5 > d = density(geyser$waiting)
6 > polygon(c(min(d$x), d$x, max(d$x)), c(0, d$y, 0),
+ col = "lightgray", border = NA)
7 > lines(d)
8 > ht = NULL
9 > brk = seq(40, 110, 5)
10 > for (i in brk) ht = c(ht, d$y[which.min(abs(d$x
  + -i))])
11 > segments(brk, 0, brk, ht, lty = 3)
```

图：直方图与密度曲线的结合：借助函数 `density()` 可以计算出数据的核密度估计，然后利用低层作图函数 `lines()` 将核密度估计曲线添加到直方图中



# 统计图形库

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

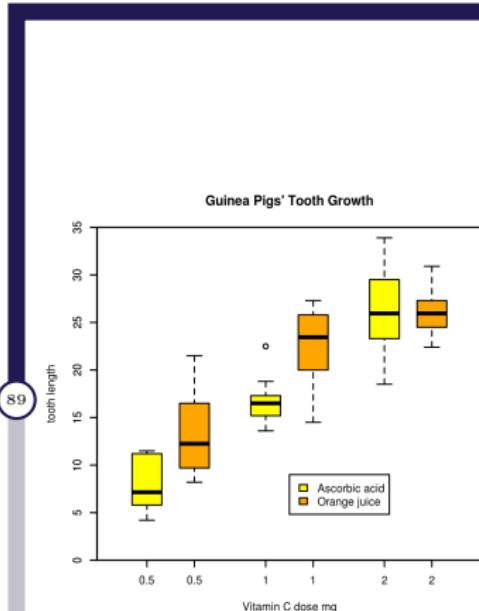
绘图参数

绘图元素

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统



```
1 > boxplot(len ~ dose, data = ToothGrowth,
2   boxwex = 0.25, at = 1:3 - 0.2,
3   subset = supp == "VC", col = "yellow",
4   main = "Guinea Pigs' Tooth Growth",
5   xlab = "Vitamin C dose mg",
6   ylab = "tooth length",
7   xlim = c(0.5, 3.5), ylim = c(0, 35), yaxs =
8   ↪ "i")
9 > boxplot(len ~ dose, data = ToothGrowth, add = TRUE,
10  boxwex = 0.25, at = 1:3 + 0.2,
11  subset = supp == "OJ", col = "orange")
12 > legend(2, 9, c("Ascorbic acid", "Orange juice"), fill
13   ↪ = c("yellow", "orange"))
```

图：箱线图示例：几内亚猪牙齿增长数据



# 统计图形库

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

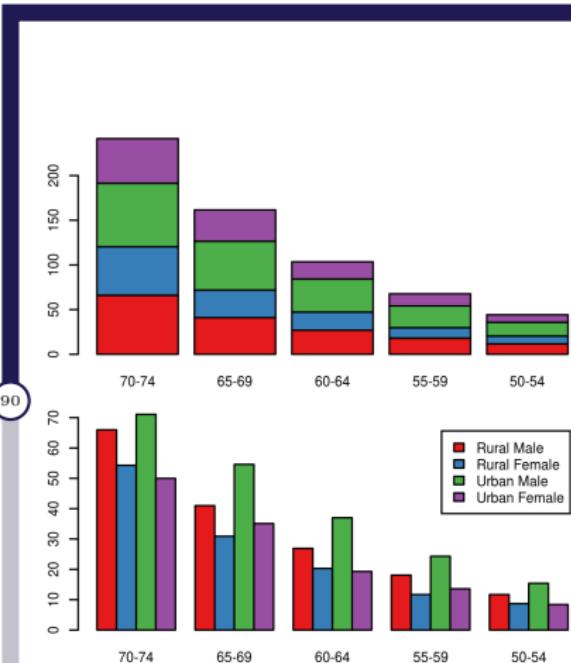
绘图参数

绘图元素

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统



```
1 > library(RColorBrewer)
2 > par(mfrow = c(2, 1), mar = c(3, 2.5, 0.5,
   ↪ 0.1))
3 > death = t(VADeaths)[, 5:1]
4 > barplot(death, col = brewer.pal(4,
   ↪ "Set1"))
5 > barplot(death, col = brewer.pal(4,
   ↪ "Set1"), beside = TRUE, legend =
   ↪ TRUE)
```

图：堆砌和并列的条形图示例：弗吉尼亚死亡率数据



# 统计图形库

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

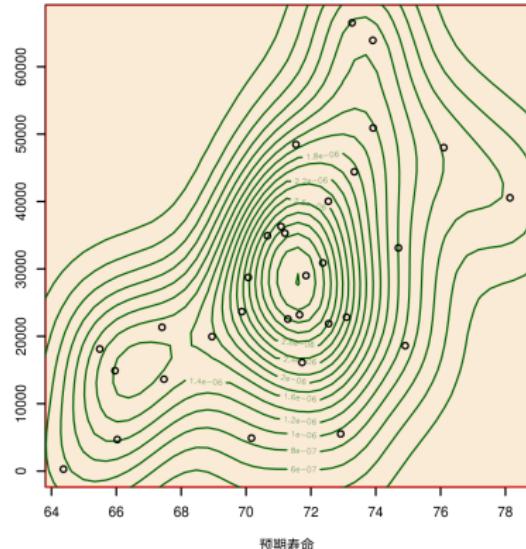
绘图函数

绘图参数

绘图元素

统计图形库

91  
高学历人数



```
1 > data(ChinaLifeEdu, package="MSG")
2 > x = ChinaLifeEdu
3 > plot(0, 0, type = "n", xlim = range(x[, 1]), ylim = range(x[, 2]), xlab = "预期寿命", ylab = "高学历人数")
4 > u = par("usr")
5 > rect(u[1], u[3], u[2], u[4], col =
   <- "antiquewhite", border = "red")
6 > library(KernSmooth)
7 > est = bkde2D(x, apply(x, 2, dpik))
8 > contour(est$x1, est$x2, est$yhat, nlevels
   <- 15, col = "darkgreen", add = TRUE,
   <- vfont = c("sans serif", "plain"))
9 > points(x)
```

图：等高线图示例：2005 年中国 31 地区国民预期寿命和高学历人数密度数据



# 统计图形库

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

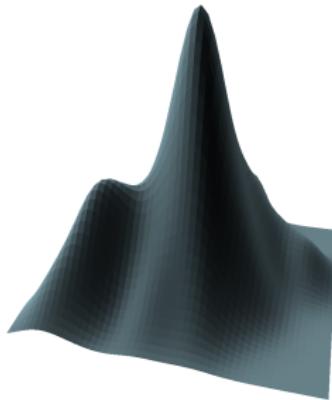
绘图元素

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

92



```
1 > data(ChinaLifeEdu, package="MSG")
2 > x = ChinaLifeEdu
3 > library(KernSmooth)
4 > est = bkde2D(x, apply(x, 2, dpik))
5 > persp(est[["x1"]], est[["x2"]], est[["fhat"]],
   ↪   = 0.75, border = NA, col = "lightblue", phi =
   ↪   20, theta = 15, box = FALSE)
```

图：三维透视图示例：2005 年中国 31 地区国民预期寿命和高学历人数密度数据

183



# 统计图形库

现代统计图形  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

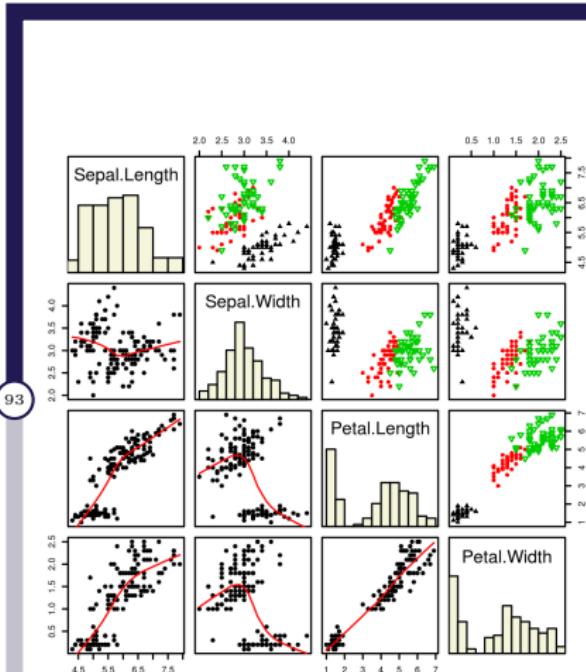
绘图参数

绘图元素

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统



```
1 > panel.hist = function(x, ...) {  
2   usr = par("usr")  
3   on.exit(par(usr))  
4   par(usr = c(usr[1:2], 0, 1.5))  
5   h = hist(x, plot = FALSE)  
6   nB = length(breaks <- h$breaks)  
7   y = h$counts/max(h$counts)  
8   rect(breaks[-nB], 0, breaks[-1], y, col  
   ↪       = "beige")  
9 }  
10 > idx = as.integer(iris[["Species"]])  
11 > pairs(iris[1:4], upper.panel = function(x,  
   ↪       y, ...) points(x, y, pch = c(17, 16,  
   ↪       6)[idx], col = idx), pch = 20, oma =  
   ↪       c(2, 2, 2, 2), lower.panel =  
   ↪       panel.smooth, diag.panel =  
   ↪       panel.hist)
```

图：散点矩阵图示例：鸢尾花数据



# 统计图形库

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

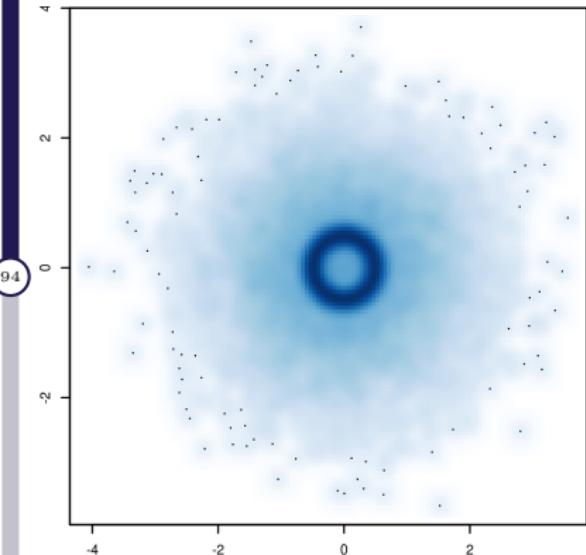
绘图参数

绘图元素

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统



```
1 > data(BinormCircle, package="MSG")
2 > smoothScatter(BinormCircle)
```

图：平滑散点图示例：基于核密度估计找出散点图中暗含的圆圈



# 统计图形库

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

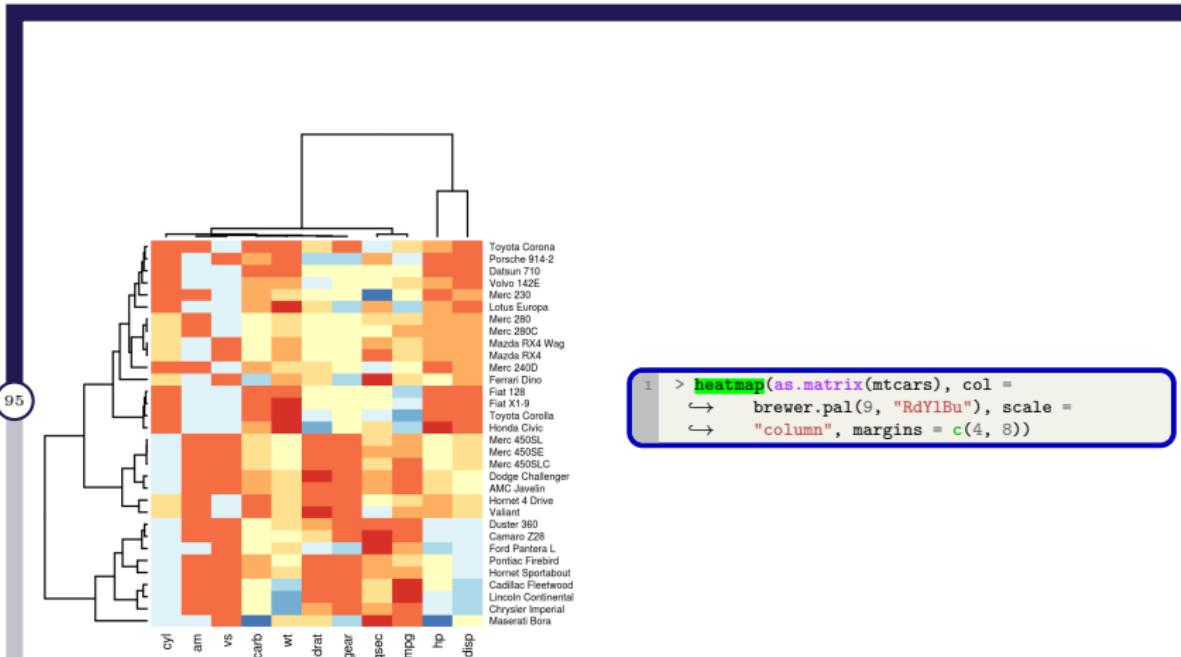
绘图参数

绘图元素

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统



图：热图示例：Motor Trend 杂志 1974 年汽车数据



# 统计图形库

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

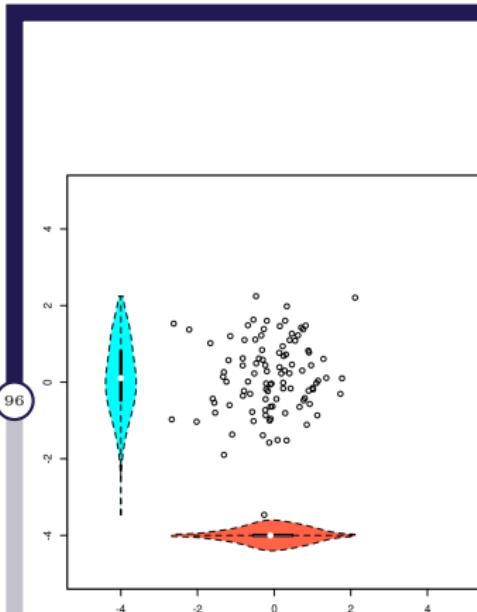
绘图参数

绘图元素

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统



96

183

```
1 > library(vioplot)
2 > x <- rnorm(100)
3 > y <- rnorm(100)
4 > plot(x, y, xlim=c(-5,5), ylim=c(-5,5))
5 > vioplot(x, col="tomato", horizontal=TRUE, at=-4,
   ↪ add=TRUE,lty=2, rectCol="gray")
6 > vioplot(y, col="cyan", horizontal=FALSE, at=-4,
   ↪ add=TRUE,lty=2))
```

图：小提琴图示例



# 统计图形库

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

绘图函数

绘图参数

绘图元素

统计图形库

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

97



```
1 > library(maps)
2 > map("state", interior = FALSE)
3 > map("state", boundary = FALSE, lty = 2,
   ↪ add = TRUE)
```

图：地图示例：美国 50 个州边界数据

183



# 统计图形库

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

绘图设备

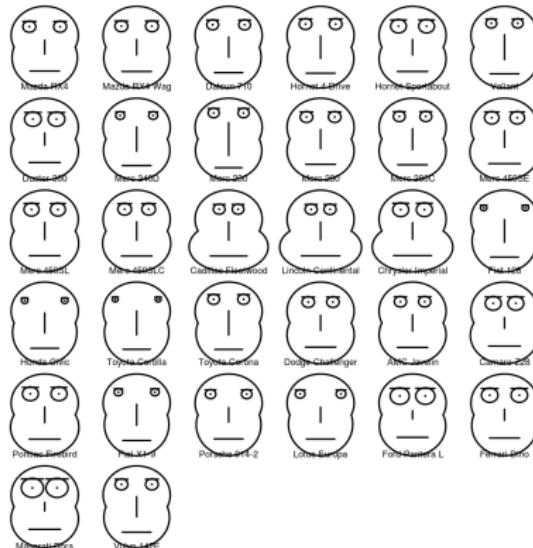
绘图函数

绘图参数

绘图元素

统计图形库

98



```
1 > library(TeachingDemos)
2 > faces2(mtcars[, c("hp", "disp", "mpg",
  +<> "qsec", "wt")], which = c(14, 9, 11,
  +<> 6, 5), adj = c(0.5, 0))
```

183

图：脸谱图示例：汽车数据 mtcars 中 5 个变量的脸谱图，这 5 个变量分别为马力 hp、气缸排量 disp、每加仑行驶英里数 mpg、行驶 1/4 英里时间 qsec 和车重 wt



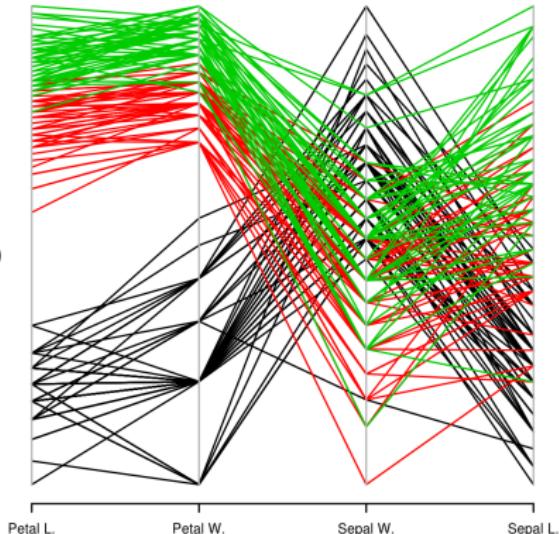
# 统计图形库

现代统计图形  
在 R 中的实现

现代统计图形  
统计绘图工具  
R 和 R 语言  
基础绘图系统  
绘图设备  
绘图函数  
绘图参数  
绘图元素  
统计图形库

grid 绘图系统  
空间数据绘图系  
统

99



```
1 > library(MASS)
2 > ir <- rbind(iris3[,1], iris3[,2],
   <-      iris3[,3])
3 > parcoord(log(ir)[, c(3, 4, 2, 1)], col = 1
   <-      + (0:149)/%50)
```

图：平行坐标图示例：鸢尾花数据包括 50 个样本和 4 个属性

183



# 目录

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形  
统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统 100

系统简介

lattice 程序包

ggplot2 程序包

空间数据绘图系  
统

## 1 现代统计图形

## 2 统计绘图工具

## 3 R 和 R 语言

## 4 基础绘图系统

## 5 grid 绘图系统

## 6 空间数据绘图系统



# 标新立异

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统 101

系统简介

lattice 程序包

ggplot2 程序包

空间数据绘图系  
统



水声响动，一叶扁舟从树丛中飘了出来，只  
见船尾一个女子持桨荡舟，长发披肩，全身白衣  
，头发上束了条金带，白雪映照下灿然生光。

支道林在白马寺中，将冯太常共语，因及《逍遙》。支卓然标新理于二家之表，立异于众贤之外

—《刘义庆·世说新语》



# 系统简介

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形  
统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

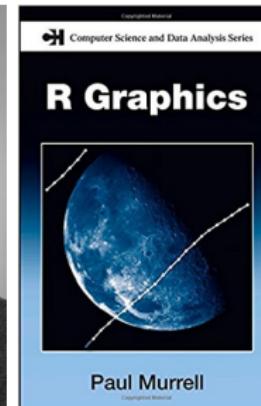
系统简介

lattice 程序包

ggplot2 程序包

空间数据绘图系  
统

102



图：左图是 grid 作者 Paul Murrell，目前是奥克兰大学统计系副教授；右图是他在 2005 年写的书—《R Graphics》，现在已成为 R 领域的经典入门书籍

183



# 系统简介

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

ggplot2 程序包

空间数据绘图系  
统

102

- 前面介绍的 `graphics` 包是 R 的标准绘图系统，除此之外 R 中还有另一套截然不同的 `grid` 绘图系统
- 使用 `grid` 绘图系统前需要先用 `library(grid)` 加载 `grid` 程序包，该程序包由 Paul Murrell 开发维护
- `grid` 绘图系统的设计初衷是为了克服 `graphics` 系统中元素不能动态修改的弱点

```
1 # 基础统计图形库处理方式
2 plot(0:1, 0:1)
3 rect(0, 0, 1, 1, col = "red")
4 # 为了改变颜色, 必须重画整幅图形
5 plot(0:1, 0:1)
6 # 虽然可以用新的矩形覆盖旧的, 但旧矩形仍然存在
7 rect(0, 0, 1, 1, col = "blue")
```

```
1 # grid 绘图系统的处理方式
2 grid.rect(name = "rect0")
3 # 修改它的填充颜色为红色
4 grid.edit("rect0", gp = gpar(fill = "red"))
5 # 修改为蓝色, 不需要重新用 grid.rect() 画矩形
6 grid.edit("rect0", gp = gpar(fill = "blue"))
7
```

183



# 系统简介

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形  
统计绘图工具  
R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

102

## grid 系统和 graphics 系统的区别

- grid 用视口 (viewports) 将绘图设备分割为不同的区域，绘图对象 (grob) 可以在不同的视口中进行共享，比 graphics 中的处理方式更加灵活
- grid 绘图对象可以被修改或者从一个图形中移除，而不需要重新绘制所有的图形，但是在 graphics 中则必须重绘
- grid 绘图系统是一个绘图框架，其原生的 grid 程序包仅提供低级绘图函数用于绘制统计图形中的元素，不像 graphis 程序包还集成了高级绘图函数用于绘制常用的统计图形，因此直接用 grid 程序包绘制统计图形比较繁琐
- 两套系统的绘图函数和绘图参数完全不同，不能混用！

183



# 系统简介

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形  
统计绘图工具  
R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包  
ggplot2 程序包

空间数据绘图系  
统

102

- 前面介绍的 `graphics` 包是 R 的标准绘图系统，除此之外 R 中还有另一套截然不同的 `grid` 绘图系统
- 使用 `grid` 绘图系统前需要先用 `library(grid)` 加载 `grid` 程序包，该程序包由 Paul Murrell 开发维护
- `grid` 绘图系统的设计初衷是为了克服 `graphics` 系统中元素不能动态修改的弱点

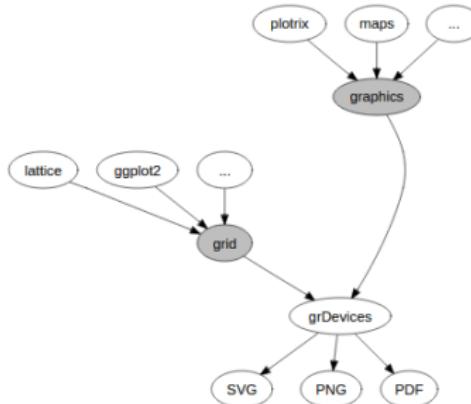


图: `lattice`和`ggplot2`是基于 `grid` 包开发的绘图程序包，这样就在 `grid` 绘图系统中使用高级绘图函数来简化统计图形的绘制过程

183



# lattice 程序包

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形  
统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

103

公式参数

标准高级绘图函数

panel 函数和  
strip 函数

主题和图形参数设  
置

ggplot2 程序包

空间数据绘图系  
统

- lattice 程序包是基于 grid 包的编写的一套统计图形库，2000 年发布了第一个版本，由 Deepayan Sarkar 等人开发维护，从 R 3.0 版本开始纳入 base 包，**不需要再单独安装**
- lattice 设计理念来自 S-PLUS 中的 Trellis 图形，是一种**多元数  
据可视化的方法**：首先将多元数据分类组织，然后将绘图元素都保存在一个**trellis 对象**中，最后在**嵌板 (panel)**区域绘制该对象，并且在 panel 上方用 **条板 (strip)**区域来描述分类信息



图: lattice 程序包作者 Deepayan Sarkar，目前是印度统计研究院的研究员

183



# lattice 程序包

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

103

公式参数

标准高级绘图函数

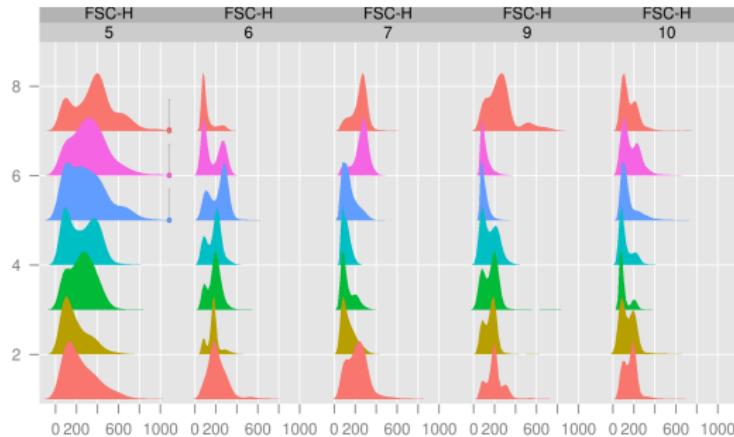
panel 函数和  
strip 函数

主题和图形参数设  
置

ggplot2 程序包

空间数据绘图系  
统

- lattice 程序包是基于 grid 包的编写的一套统计图形库，2000 年发布了第一个版本，由 Deepayan Sarkar 等人开发维护，从 R 3.0 版本开始纳入 base 包，**不需要再单独安装**
- lattice 设计理念来自 S-PLUS 中的 Trellis 图形，是一种**多元数  
据可视化的方法**：首先将多元数据分类组织，然后将绘图元素都保存在一个**trellis 对象**中，最后在**嵌板 (panel)**区域绘制该对象，并且在 panel 上方用**条板 (strip)**区域来描述分类信息



图：不同的 GvHD 病患者在细胞检测中的 FSC-H 结果数据

183



# lattice 程序包

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

103

公式参数

标准高级绘图函数

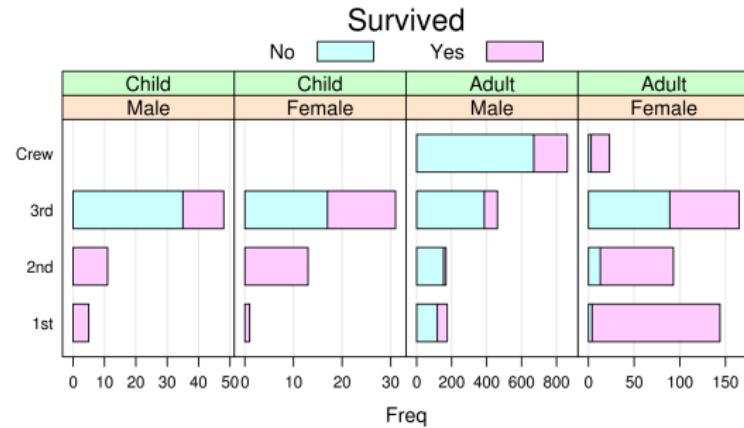
panel 函数和  
strip 函数

主题和图形参数设  
置

ggplot2 程序包

空间数据绘图系  
统

- lattice 程序包是基于 grid 包的编写的一套统计图形库，2000 年发布了第一个版本，由 Deepayan Sarkar 等人开发维护，从 R 3.0 版本开始纳入 base 包，**不需要再单独安装**
- lattice 设计理念来自 S-PLUS 中的 Trellis 图形，是一种**多元数  
据可视化的方法**：首先将多元数据分类组织，然后将绘图元素都保存在一个**trellis 对象**中，最后在**嵌板 (panel)**区域绘制该对象，并且在 panel 上方用**条板 (strip)**区域来描述分类信息



图：泰坦尼克号生存率的交叉分类数据

183



# lattice 程序包

## 公式参数

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

公式参数

104

标准高级绘图函数

panel 函数和  
strip 函数

主题和图形参数设  
置

ggplot2 程序包

空间数据绘图系  
统

- lattice 的绘图函数都会用公式作为第一位置参数
- 如果在不同 panel 中绘制多元数据，公式参数根据“|”符号后的变量对数据进行分类
- 如果是在同一 panel 中绘制多元数据，则使用group 参数对数据进行分类

183



# lattice 程序包

## 公式参数

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形  
统计绘图工具  
R 和 R 语言  
基础绘图系统

grid 绘图系统  
系统简介  
lattice 程序包  
公式参数 104  
标准高级绘图函数  
panel 函数和  
strip 函数  
主题和图形参数设  
置  
ggplot2 程序包  
空间数据绘图系  
统

- lattice 的绘图函数都会用公式作为第一位置参数
- 如果在不同 panel 中绘制多元数据，公式参数根据“|”符号后的变量对数据进行分类
- 如果是在同一 panel 中绘制多元数据，则使用 group 参数对数据进行分类

公式参数	含义
$\sim y$	单变量数据
$\sim y z$	根据 z 变量对单变量数据划分 panel
$y \sim x$	二元变量数据
$y \sim x z$	根据 z 变量对二元变量数据划分 panel
$y \sim x a + b$	根据多条件变量划分 panel，等价于 $y \sim x a$ 和 $y \sim x b$
$y_1 + y_2 \sim x$	多元变量数据绘图，等价于 $y_1 \sim x$ , 和 $y_2 \sim x$
$z \sim x * y$	绘制三维图形 (x,y,z)

表: lattice 中的公式参数



# lattice 程序包

## 公式参数

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

公式参数

104

标准高级绘图函数

panel 函数和  
strip 函数

主题和图形参数设  
置

ggplot2 程序包

空间数据绘图系  
统

- lattice 的绘图函数都会用公式作为第一位置参数
- 如果在不同 panel 中绘制多元数据，公式参数根据“|”符号后的变量对数据进行分类
- 如果是在同一 panel 中绘制多元数据，则使用group 参数对数据进行分类

183



# lattice 程序包

## 公式参数

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

公式参数

105

标准高级绘图函数

panel 函数和  
strip 函数

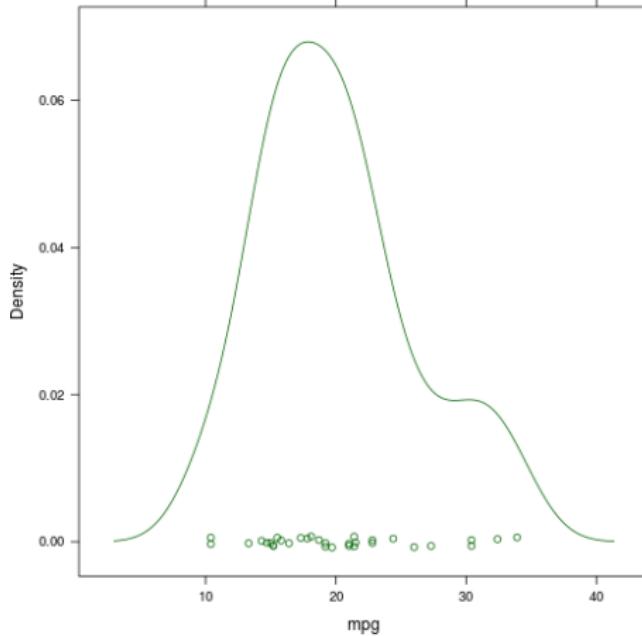
主题和图形参数设  
置

ggplot2 程序包

空间数据绘图系  
统

183

```
i > densityplot(~mpg, data=mtcars)
```



图：在 panel 中绘制单变量数据



# lattice 程序包

## 公式参数

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

公式参数

105

标准高级绘图函数

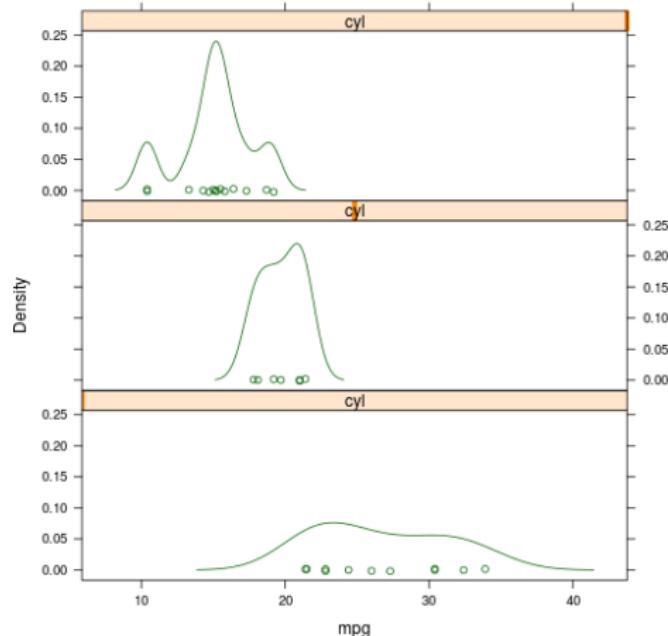
panel 函数和  
strip 函数

主题和图形参数设  
置

ggplot2 程序包

空间数据绘图系  
统

```
> densityplot(~mpg|cyl, data=mtcars, layout=c(1,3))
```



图：在不同 panel 中绘制单变量分类数据

183



# lattice 程序包

## 公式参数

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

公式参数

105

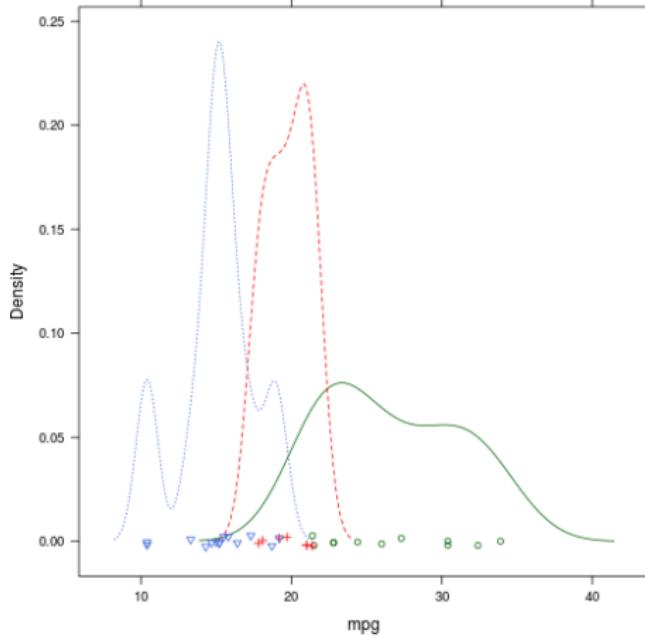
标准高级绘图函数

panel 函数和  
strip 函数

主题和图形参数设  
置

ggplot2 程序包

空间数据绘图系  
统



图：在同一 panel 中绘制单变量分类数据

183



# lattice 程序包

## 公式参数

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

公式参数

105

标准高级绘图函数

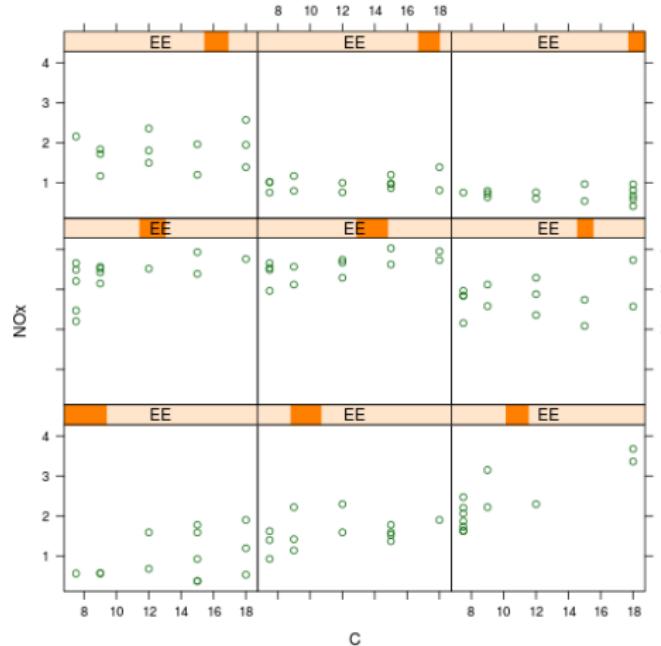
panel 函数和  
strip 函数

主题和图形参数设  
置

ggplot2 程序包

空间数据绘图系  
统

```
1 > EE <- equal.count(ethanol$E, number=9, overlap=1/4)
2 > xyplot(NOx ~ C | EE, data = ethanol)
```



图：在不同 panel 中绘制多变量分类数据

183



# lattice 程序包

## 标准高级绘图函数

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

公式参数

标准高级绘图函数 106

panel 函数和

strip 函数

主题和图形参数设  
置

ggplot2 程序包

空间数据绘图系  
统

- lattice 包中提供了大量标准高级绘图函数用于直接绘制常用的统计图形

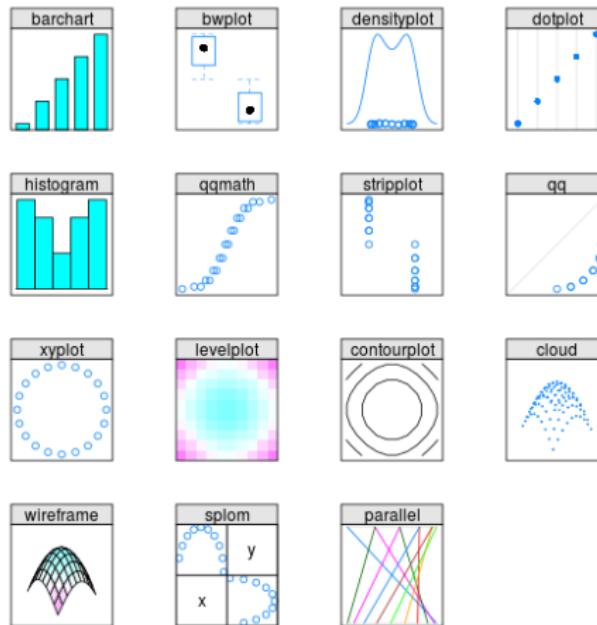


图: lattice 中的标准高级绘图函数



# lattice 程序包

## 标准高级绘图函数

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

公式参数

标准高级绘图函数 107

panel 函数和  
strip 函数

主题和图形参数设  
置

ggplot2 程序包

空间数据绘图系  
统

lattice 函数	公式参数	描述	graphics 对应函数
barchart()	$y \sim x$	条形图	barplot()
bwplot()	$y \sim x$	箱线图	boxplot()
densityplot()	$\sim y$	核密度图	plot.density()
dotplot()	$\sim y$	Cleveland 点图	dotchart()
histogram()	$\sim x$	直方图	hist()
stripplot()	$\sim y$	带状图	stripchart()
xyplot()	$y \sim x$	散点图	plot()
contourplot()	$z \sim x * y$	等高线图	contour()
cloud()	$z \sim x * y$	三维散点图	无
levelplot()	$z \sim x * y$	颜色图	image()
wireframe()	$z \sim x * y$	三维透视图	persp()
qq()	$\sim x$	QQ 图	qqnorm()
splom()	$\sim data.frame$	散点图矩阵	pairs()
parallel()	$\sim data.frame$	平行坐标图	无

表: lattice 包与 graphics 包的对应函数



# lattice 程序包

## panel 函数和 strip 函数

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

公式参数

标准高级绘图函数

panel 函数和  
strip 函数

主题和图形参数设  
置

ggplot2 程序包

空间数据绘图系  
统

108

183

- lattice 中每个高级绘图函数都有默认的 panel 参数和 strip 参数，实质上对应的是两个匿名函数：**panel()** 和 **strip()**
- 这两个函数可以用来对 panel 区域和 strip 区域需要绘制图形以及显示的分类描述信息进行自定义扩展



# lattice 程序包

## panel 函数和 strip 函数

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

公式参数

标准高级绘图函数

panel 函数和  
strip 函数

主题和图形参数设  
置

ggplot2 程序包

空间数据绘图系  
统

109

```
1 # 在高级绘图函数中自定义 panel 和 strip 的示例
2 types.plain <- c("p", "l", "o", "r", "g", "s", "S", "h", "a", "smooth")
3 types.horiz <- c("s", "S", "h", "a", "smooth")
4 horiz <- rep(c(FALSE, TRUE), c(length(types.plain), length(types.horiz)))
5 types <- c(types.plain, types.horiz)
6 x <- sample(seq(-10, 10, length.out = 15), 30, TRUE)
7 y <- x + 0.25 * (x + 1)^2 + rnorm(length(x), sd = 5)
8
9 xyplot(y ~ x | gl(1, length(types)),
10       xlab = "type",
11       ylab = list(c("horizontal=TRUE", "horizontal=FALSE"), y = c(1/6, 4/6)), as.table = TRUE,
12             ↪ layout = c(5, 3), between = list(y = c(0, 1)),
13       # 自定义 strip 函数,... 参数表示直接继承 xyplot 中的其他参数
14       strip = function(...){
15         # 调用标准 panel 函数 panel.fill 填充每个 strip 的颜色
16         panel.fill(trellis.par.get("strip.background")$col[1])
17         type <- types[panel.number()]
18         # 调用底层 grid 绘图函数
19         grid::grid.text(label = sprintf('%s', type), x = 0.5, y = 0.5)
20         grid::grid.rect()
21       },
22       scales = list(alternating = c(0, 2), tck = c(0, 0.7), draw = FALSE),
23       par.settings = list(layout.widths = list(strip.left = c(1, 0, 0, 0, 0))),
24       # 自定义 panel 函数,... 参数表示直接继承 xyplot 中的其他参数
25       panel = function(... {
26         type <- types[panel.number()]
27         horizontal <- horiz[panel.number()]
28         # 调用标准 panel 函数 panel.xyplot 按照预设参数每个 panel 中绘制图形
29         panel.xyplot(...,
30                     type = type,
31                     horizontal = horizontal)
31   })[rep(1, length(types))]
```

183



# lattice 程序包

## panel 函数和 strip 函数

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

公式参数

标准高级绘图函数

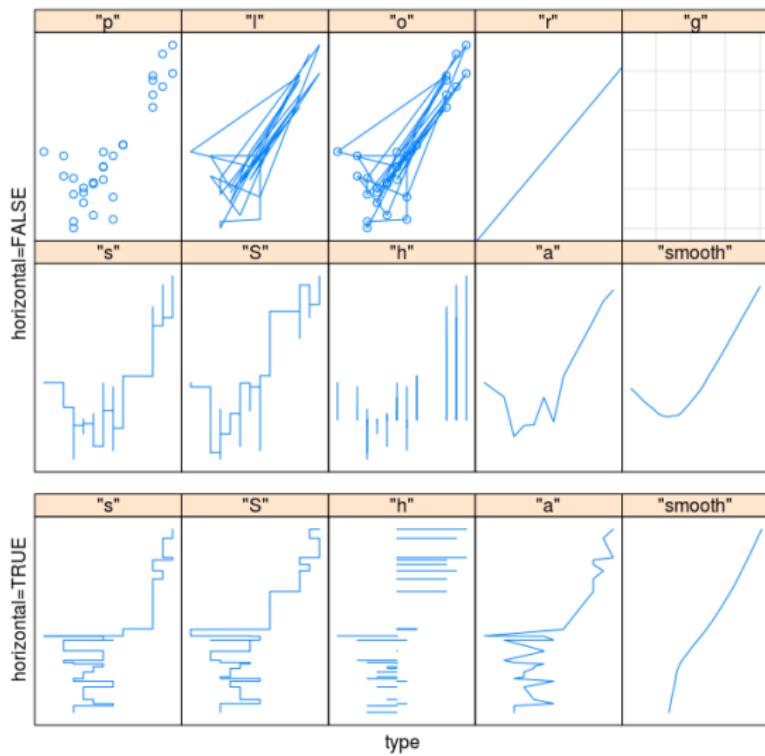
panel 函数和  
strip 函数

主题和图形参数设  
置

ggplot2 程序包

空间数据绘图系  
统

109



图：在高级绘图函数 xyplot 中自定义 panel 和 strip

183

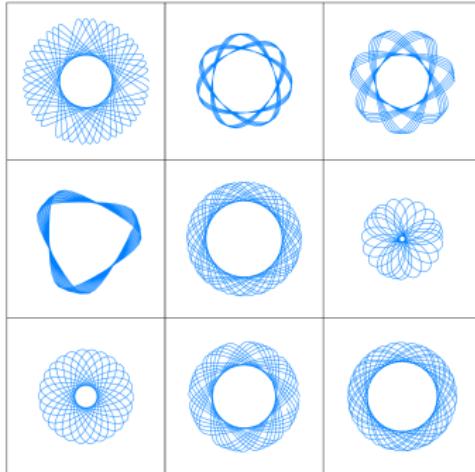


# lattice 程序包

## panel 函数和 strip 函数

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形  
统计绘图工具  
R 和 R 语言  
基础绘图系统  
grid 绘图系统  
系统简介  
lattice 程序包  
公式参数  
标准高级绘图函数  
panel 函数和  
strip 函数  
主题和图形参数设  
置  
ggplot2 程序包  
空间数据绘图系  
统



110

183

```

1 # 自定义一个 panel 函数绘制内旋轮线
2 # 注意: 这个函数的所有参数都不是必选参数, 而且没有...
2   参数, 这意味外部数据无法传入该函数参与绘图
3 > panel.hypotrochoid <- function(r, d, cycles =
3   10, density = 30)
4 {
5   if (missing(r)) r <- runif(1, 0.25, 0.75)
6   if (missing(d)) d <- runif(1, 0.25 * r, r)
7   t <- 2*pi*seq(0, cycles, by = 1/density)
8   x <- (1-r)*cos(t)+d*cos((1-r)*t/r)
9   y <- (1-r)*sin(t)-d*sin((1-r)*t/r)
10  panel.lines(x, y)
11 }
12 # 自定义 prepanel 函数来绘制 panel 的外框
13 > prepanel.hypocycloid <- function(x, y) {
14   list(xlim=c(-1, 1), ylim = c(-1, 1))
15 }
16
17 # 将 xyplot 函数传递给一个 trellis 对象 p, 这里传入
17   的 x 参数其实并没有参与绘图
18 > p <- xyplot(x = 1 ~ 1, aspect = 1, cycles = 15,
18   scales = list(draw = FALSE), xlab = "", 
18   ylab = "", prepanel =
18   prepanel.hypocycloid, panel =
18   panel.hypotrochoid)
19 # 对象 p 循环绘图
20 > p[rep(1, 9)]

```

图: 通过外部自定义 panel 函数来绘制图形



# lattice 程序包

## 主题和图形参数设置

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

公式参数

标准高级绘图函数

panel 函数和  
strip 函数

主题和图形参数设  
置 111

ggplot2 程序包

空间数据绘图系  
统

- 在 lattice 中，所有的 trellis 对象都有一个主题 (theme)，theme 中包含完整的图形要素：颜色、线宽、字体等
- 当前 theme 的参数可以直接通过 `trellis.par.get()` 函数获取，通过 `trellis.par.set()` 函数直接修改；对 theme 参数的设置作用于当前绘图设备中的所有高级绘图函数

```
1 # 罗列 trellis 对象中的所有图形参数
2 > names(trellis.par.get())
3 [1] "grid.pars"           "fontsize"          "background"
4 [4] "panel.background"    "clip"              "add.line"
5 [7] "add.text"            "plot.polygon"     "box.dot"
6 [10] "box.rectangle"      "box.umbrella"     "dot.line"
7 [13] "dot.symbol"         "plot.line"         "plot.symbol"
8 [16] "reference.line"     "strip.background" "strip.shingle"
9 [19] "strip.border"       "superpose.line"   "superpose.symbol"
10 [22] "superpose.polygon" "regions"          "shade.colors"
11 [25] "axis.line"          "axis.text"        "axis.components"
12 [28] "layout.heights"     "layout.widths"    "box.3d"
13 [31] "par.xlab.text"      "par.ylab.text"   "par.zlab.text"
14 [34] "par.main.text"       "par.sub.text"
```



# lattice 程序包

## 主题和图形参数设置

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

公式参数

标准高级绘图函数

panel 函数和

strip 函数

主题和图形参数设

置

ggplot2 程序包

空间数据绘图系

统

- 在 lattice 中，所有的 trellis 对象都有一个主题 (theme)，theme 中包含完整的图形要素：颜色、线宽、字体等
- 当前 theme 的参数可以直接通过 `trellis.par.get()` 函数获取，通过 `trellis.par.set()` 函数直接修改；对 theme 参数的设置作用于当前绘图设备中的所有高级绘图函数

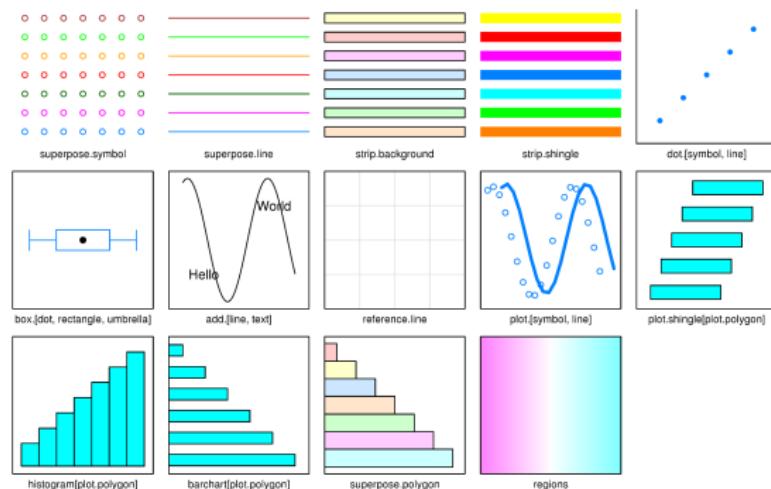


图: trellis 对象中所有的图形参数



# lattice 程序包

## 主题和图形参数设置

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

公式参数

标准高级绘图函数

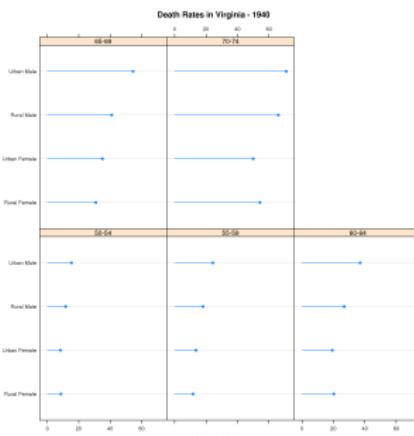
panel 函数和  
strip 函数

主题和图形参数设  
置

ggplot2 程序包

空间数据绘图系  
统

111



```

1 # 绘制 dotplot 传递给 trellis 对象 vad.plot
2 > vad.plot <- 
3   dotplot(reorder(Var2, Freq)~Freq | Var1,
4     data = as.data.frame.table(VAdeths),
5     origin = 0, type = c("p", "h"),
6     main = "Death Rates in Virginia - 1940",
7     xlab = "Number of deaths per 100")
8 > vad.plot

```

图：通过直接修改 trellis 对象的图形参数实现修改图形



# lattice 程序包

## 主题和图形参数设置

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

公式参数

标准高级绘图函数

panel 函数和

strip 函数

主题和图形参数设

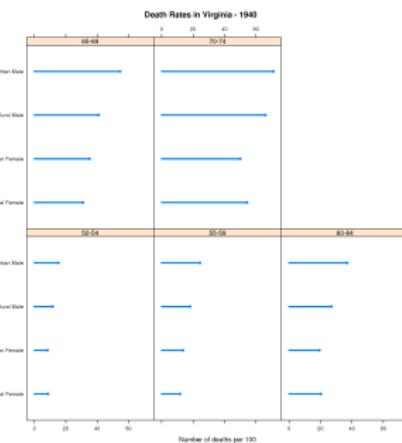
置

ggplot2 程序包

空间数据绘图系

统

111



```

1 # 在上图基础上修改绘图参数
2 # 获得当前主题的 dot.line 设置
3 > dot.line.settings <- trellis.par.get("dot.line")
4 # 将 dot.line 的颜色设置为透明不可见
5 > dot.line.settings$col <- "transparent"
6 # 应用新的参数设置
7 > trellis.par.set("dot.line", dot.line.settings)
8 # 获得当前主题的 plot.line 设置
9 > plot.line.settings <- trellis.par.get("plot.line")
10 # 将 plot.line 的线宽设置为 3, 默认是 1
11 > plot.line.settings$lwd <- 3
12 # 应用新的参数设置
13 > trellis.par.set("plot.line", plot.line.settings)
14 > vad.plot

```

图：通过直接修改 trellis 对象的图形参数实现修改图形

183



# lattice 程序包

## 主题和图形参数设置

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

公式参数

标准高级绘图函数

panel 函数和

strip 函数

主题和图形参数设

置

ggplot2 程序包

空间数据绘图系  
统

- 除了设置 theme 参数之外，还可以通过 `par.settings` 参数仅对当前图形进行图形参数调整，这比较类似 `par()` 函数的作用
- 另外，lattice 中提供了 `update.trellis` 函数来更新 trellis 对象的参数，配合 `par.settings` 参数可以在不重绘图形的情况下实现图形的修改

112

183



# lattice 程序包

## 主题和图形参数设置

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

公式参数

标准高级绘图函数

panel 函数和

strip 函数

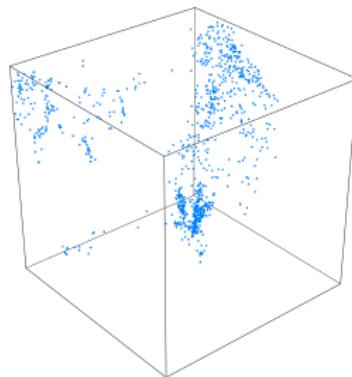
主题和图形参数设

置 112

ggplot2 程序包

空间数据绘图系

统



```
1 # 首先定义一个三维散点图，并将其传入 trellis 对象 p
2 > p <- 
3   cloud(depth ~ long + lat, quakes, zlim = c(690, 30),
4         ↪ pch = ".", cex = 4, zoom = 1, xlab = NULL,
5         ↪ ylab = NULL, zlab = NULL, scales = list(draw =
6         ↪ FALSE),
7           # 用 par.settings 参数设置坐标线为透明
8           ↪ par.settings=list(axis.line = list(col =
9             ↪ "transparent")))
10  > p
```

图：通过 update 函数和 par.settings 对象修改图形

183



# lattice 程序包

## 主题和图形参数设置

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

公式参数

标准高级绘图函数

panel 函数和

strip 函数

主题和图形参数设

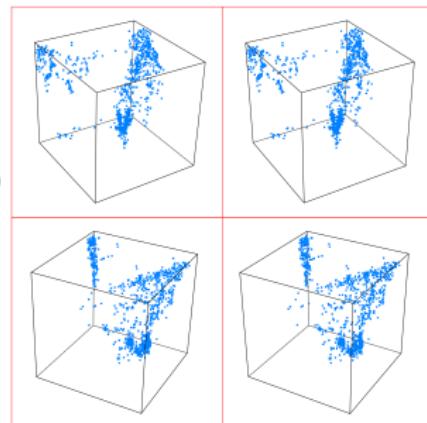
置

ggplot2 程序包

空间数据绘图系

统

112



```
1 > npanel <- 2
2 # 设置三维散点图的旋转视角
3 > rotz <- seq(-30, 30, length = npanel)
4 > roty <- c(3, 0)
5 # 用 update.trellis 函数更改原有图形
6 # 注意: 由于 update.trellis 函数是一个继承自 update 函数
7   的 S3 型对象, 而传入的 p 是 trellis 对象, 因此这里
8   ↪ 可以直接写 update
9 > update(p[rep(1, 2 * npanel)],
10   layout = c(2, npanel),
11   panel = function(..., screen) {
12     crow <- current.row()
13     ccol <- current.column()
14     panel.cloud(..., screen = list(z = rotz[crow],
15       ↪ x = -60, y = roty[ccol])),
16     # 用 par.settings 参数设置坐标线颜色为红
17     par.settings=list(axis.line=list(col="red")))
18 }
```

图: 通过 trellis 对象的图形参数实现修改图形

183



# ggplot2 程序包

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

ggplot2 程序包

113

绘图原理

数据无关图形要素

数据相关语法要素

图层

绘图过程

空间数据绘图系  
统

- ggplot2 是 grid 绘图系统的另一个广泛使用的实现包, 由Hadley Wickham开发维护, 目前该包尚未纳入 base 包, 需要单独下载



图: ggplot2 程序包的作者 Hadley Wickham(简称 H.W.). 他是 R 领域最知名的开发者之一, 贡献了许多重要的基础程序包, 推进了 R 在世界上的广泛应用; 目前担任 RStudio 公司首席科学家一职

183



# ggplot2 程序包

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形  
统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

ggplot2 程序包

绘图原理

数据无关图形要素

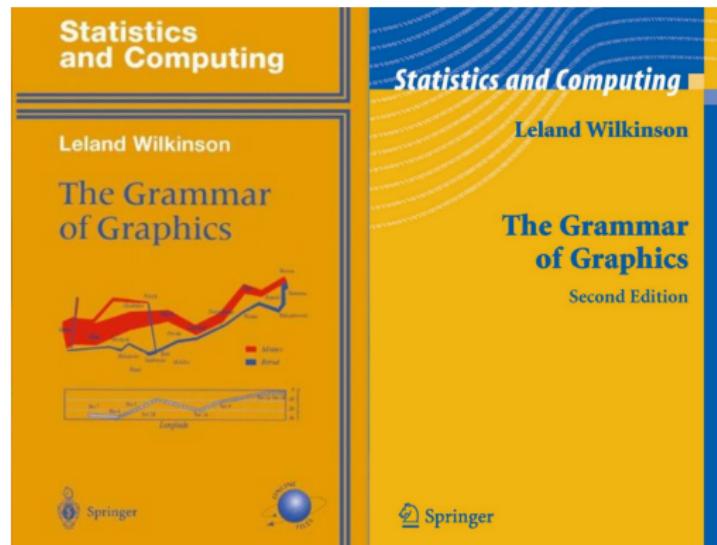
数据相关语法要素

图层

绘图过程

空间数据绘图系  
统

114



图：统计图形领域经典著作《The Grammar of Graphics》的第一版（1999）和第二版（2005），ggplot2 的命名就取自这本书的首字母缩写再加上 plot

183



# ggplot2 程序包

## 绘图原理

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

ggplot2 程序包

绘图原理

115

数据无关图形要素

数据相关语法要素

图层

绘图过程

空间数据绘图系  
统

- 将绘图与数据分离，数据相关绘图与数据无关绘图分离
- 按照图层 (layer) 概念绘图，图层之间的叠加通过“+”符号实现，越往后的图层越在上层
- 有明确的起始 (ggplot 函数) 与终止，一条语句绘制一张图
- 和 lattice 包一样，所有绘图内容都保存在一个绘图对象中
- 保留标准绘图系统的命令式调整函数，对图形做微调
- 将统计变换设计成绘图过程中必不可少的步骤

183



# ggplot2 程序包

## 绘图原理

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

ggplot2 程序包

绘图原理

115

数据无关图形要素

数据相关语法要素

图层

绘图过程

空间数据绘图系  
统

- 将绘图与数据分离，数据相关绘图与数据无关绘图分离
- 按照图层 (layer) 概念绘图，图层之间的叠加通过“+”符号实现，越往后的图层越在上层
- 有明确的起始 (ggplot 函数) 与终止，一条语句绘制一张图
- 和 lattice 包一样，所有绘图内容都保存在一个绘图对象中
- 保留标准绘图系统的命令式调整函数，对图形做微调
- 将统计变换设计成绘图过程中必不可少的步骤

183



# ggplot2 程序包

## 绘图原理

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

ggplot2 程序包

绘图原理

115

数据无关图形要素

数据相关语法要素

图层

绘图过程

空间数据绘图系  
统

- 将绘图与数据分离，数据相关绘图与数据无关绘图分离
- 按照图层 (layer) 概念绘图，图层之间的叠加通过“+”符号实现，越往后的图层越在上层
- 有明确的起始 (ggplot 函数) 与终止，一条语句绘制一张图
- 和 lattice 包一样，所有绘图内容都保存在一个绘图对象中
- 保留标准绘图系统的命令式调整函数，对图形做微调
- 将统计变换设计成绘图过程中必不可少的步骤

183



# ggplot2 程序包

## 绘图原理

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

ggplot2 程序包

绘图原理

115

数据无关图形要素

数据相关语法要素

图层

绘图过程

空间数据绘图系  
统

- 将绘图与数据分离，数据相关绘图与数据无关绘图分离
- 按照图层 (layer) 概念绘图，图层之间的叠加通过“+”符号实现，越往后的图层越在上层
- 有明确的起始 (ggplot 函数) 与终止，一条语句绘制一张图
- 和 lattice 包一样，所有绘图内容都保存在一个绘图对象中
- 保留标准绘图系统的命令式调整函数，对图形做微调
- 将统计变换设计成绘图过程中必不可少的步骤

183



# ggplot2 程序包

## 绘图原理

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

ggplot2 程序包

绘图原理

115

数据无关图形要素

数据相关语法要素

图层

绘图过程

空间数据绘图系  
统

- 将绘图与数据分离，数据相关绘图与数据无关绘图分离
- 按照图层 (layer) 概念绘图，图层之间的叠加通过“+”符号实现，越往后的图层越在上层
- 有明确的起始 (ggplot 函数) 与终止，一条语句绘制一张图
- 和 lattice 包一样，所有绘图内容都保存在一个绘图对象中
- 保留标准绘图系统的命令式调整函数，对图形做微调
- 将统计变换设计成绘图过程中必不可少的步骤

```
1 # graphics 中的实现
2 # 以 plot 开始，可以以任何方式结束，每加上一个元素，实际上都是一句单独的命令，这与人类对于画图的认识有冲
  ↪ 突，而且由于没有停止绘图的标志，使得后续操作会产生困惑
3 > x <- rnorm(100,10,5)
4 > y <- x + rnorm(100,0,1)
5 > plot(x,y) # 绘制散点图
6 > text(15,20, expression(x[1] == x[2])) # 添加注释
```

```
1 # ggplot2 中的实现
2 # 1、有明确的起始（以 ggplot 函数开始）与终止（一句语句一幅图）
3 # 2、图层之间的叠加是靠“+”号实现的，越往后的图层越高
4 > x <- rnorm(100,10,5)
5 > y <- x + rnorm(100,0,1)
6 > ggplot(data = NULL, aes(x = x, y = y)) + # 开始绘图
  geom_point(color = "darkred") + # 添加点
  annotate("text", x = 15, y = 20, parse = T, label = "x[1]==x[2]") # 添加注释
```

183



# ggplot2 程序包

## 数据无关图形要素

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形  
统计绘图工具

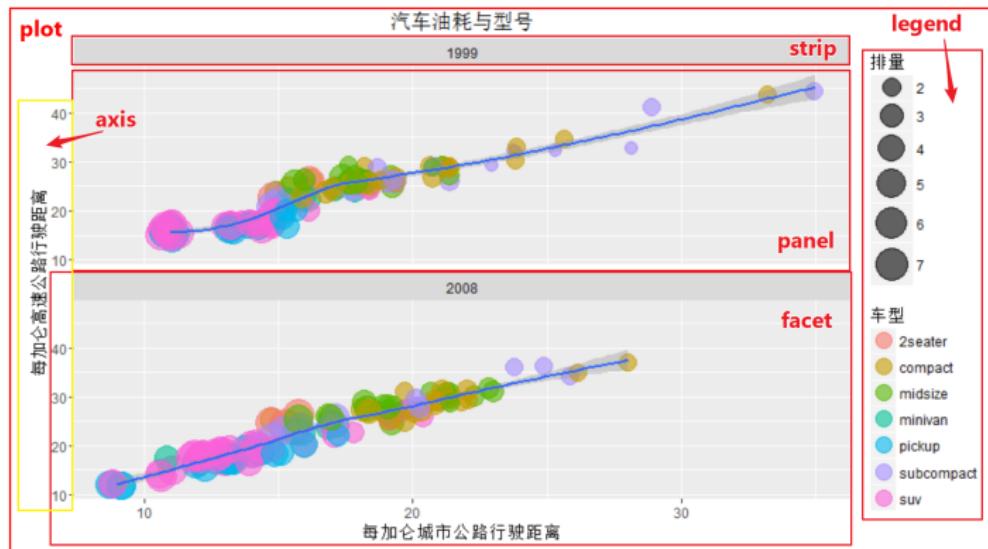
R 和 R 语言  
基础绘图系统

grid 绘图系统  
系统简介  
lattice 程序包  
ggplot2 程序包  
绘图原理  
数据无关图形要素  
数据相关语法要素

图层  
绘图过程  
空间数据绘图系  
统

116

- 数据无关的图形要素 负责实现图形的结构化外观
- 通过theme()函数对数据无关的图形要素进行统一设置，包括四个基础类型：文本、线、矩形和空白



图：数据无关图形要素

183



# ggplot2 程序包

## 数据无关图形要素

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形  
统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

ggplot2 程序包

绘图原理

数据无关图形要素

数据相关语法要素

图层

绘图过程

空间数据绘图系  
统

116

- 数据无关的图形要素负责实现图形的结构化外观
- 通过**theme()**函数对数据无关的图形要素进行统一设置，包括四个基础类型：文本、线、矩形和空白

要素	函数	描述
axis.line	element_line	axis 的线
axis.text.x(y)	element_text	x,y 轴标签
axis.ticks	element_line	axis 刻度线
axis.title.x(y)	element_text	axis 刻度标签
legend.background	element_rect	legend 背景
legend.key	element_rect	legend 标示背景
legend.text	element_text	legend 标签
legend.title	element_text	legend 标题
panel.background	element_rect	panel 背景
panel.grid.major(minor)	element_line	panel 网格线样式
plot.background	element_rect	plot 背景
plot.title	element_text	plot 标题
strip.background	element_rect	strip 背景
strip.text.x(y)	element_text	strip 文字

表: theme 要素 (详见?theme 帮助)

183



# ggplot2 程序包

## 数据相关语法要素

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

ggplot2 程序包

绘图原理

数据无关图形要素

数据相关语法要素 117

图层

绘图过程

空间数据绘图系

统

- 数据相关语法要素负责构造统计数据的绘制图形，大致可以分为数据层、几何图形层和美学层三类

语法要素	描述	对应函数
数据 (data)	绘图的数据，必须是 data.frame 类型	data.frame()
映射 (mapping)	将数据按变量映射为图形要素	aes()
几何对象 (geometric object)	用来展示数据的几何对象	geom_XXX()、 annotate()
统计变换 (statistical transformations)	对原始数据进行统计变换计算	stat_XXX()
标度 (scales)	变量映射到图形要素的标度，体现为图例和坐标刻度	scale_XXX()、 labs()、guides()
坐标系 (coordinate system)	绘图坐标系统	coord_XXX()
位置调整 (position adjustments)	对图形元素位置做精细控制	position_XXX()
分面 (faceting)	在不同网格中绘制图形，类似 lattice	facet_XXX()

表：数据相关语法要素



# ggplot2 程序包

## 数据 (data)

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

ggplot2 程序包

绘图原理

数据无关图形要素

数据相关语法要素 118

图层

绘图过程

空间数据绘图系  
统

- ggplot2 对数据的要求是必须是 `data.frame` 类型
- ggplot2 从给定的 `data.frame` 中提取绘图所需变量生成新的数据集，而不是直接在原数据上进行变换
- ggplot2 允许用相同代码、不同数据集进行绘图，只需要用“%+%”添加新的数据集代替原数据集



# ggplot2 程序包

## 数据 (data)

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

ggplot2 程序包

绘图原理

数据无关图形要素

数据相关语法要素 118

图层

绘图过程

空间数据绘图系  
统

- ggplot2 对数据的要求是必须是 **data.frame** 类型
- ggplot2 从给定的 **data.frame** 中提取绘图所需变量 **生成新的数据集**，而不是直接在原数据上进行变换
- ggplot2 允许用相同代码、不同数据集进行绘图，只需要用 **“%+%”** 添加新的数据集代替原数据集

```
1 # 将绘图内容保存在一个绘图对象 p 中
2 > p <- ggplot(mtcars, aes(mpg, wt, colour = cyl)) + geom_point()
3
4 # 通过变换重新生成一份新的数据集
5 > mtcars_new <- transform(mtcars, mpg = mpg ^ 2)
6
7 # 按照原来的绘图设定对新数据集进行绘制
8 > p + mtcars_new
```



# ggplot2 程序包

## 映射 (mapping)

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

ggplot2 程序包

绘图原理

数据无关图形要素

数据相关语法要素 119

图层

绘图过程

空间数据绘图系  
统

- **aes()** 函数用来将数据变量映射到图形中，使变量成为可以被感知的图形属性
- **最好不要使用指定数据集之外的变量**，这不利于将绘图所需数据都封装到一个对象中
- 通过**group**参数将数据按照变量映射到不同分组进行绘图

```
1 > p <- ggplot(mtcars)
2 > summary(p)
# mtcars 数据集中包括 wt 和 hp 两个变量
3 > data: mpg, cyl, disp, hp, drat, wt, qsec, vs, am, gear, carb [32x11]
4   facets: <ggproto object: Class FacetNull, Facet>
5 # 将 wt 和 hp 两个变量分别映射到 x 坐标和 y 坐标
6 > p <- p + aes(x=wt,y=hp)
7 > summary(p)
8 > data: mpg, cyl, disp, hp, drat, wt, qsec, vs, am, gear, carb [32x11]
9   mapping: x = wt, y = hp
10 > facets: <ggproto object: Class FacetNull, Facet>
```



# ggplot2 程序包

## 映射 (mapping)

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

ggplot2 程序包

绘图原理

数据无关图形要素

数据相关语法要素

119

图层

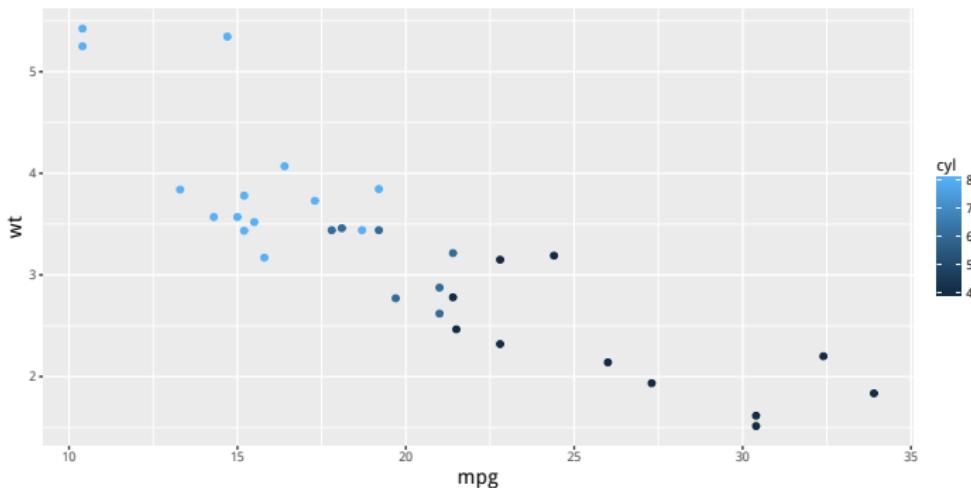
绘图过程

空间数据绘图系

统

- `aes()` 函数用来将数据变量映射到图形中，使变量成为可以被感知的图形属性
- **最好不要使用指定数据集之外的变量，这不利于将绘图所需数据都封装到一个对象中**
- 通过 `group` 参数将数据按照变量映射到不同分组进行绘图

```
1 # 按照 cyl 变量将颜色映射到散点
2 > ggplot(mtcars, aes(mpg, wt, colour=cyl)) + geom_point()
```



183



# ggplot2 程序包

## 映射 (mapping)

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

ggplot2 程序包

绘图原理

数据无关图形要素

数据相关语法要素 119

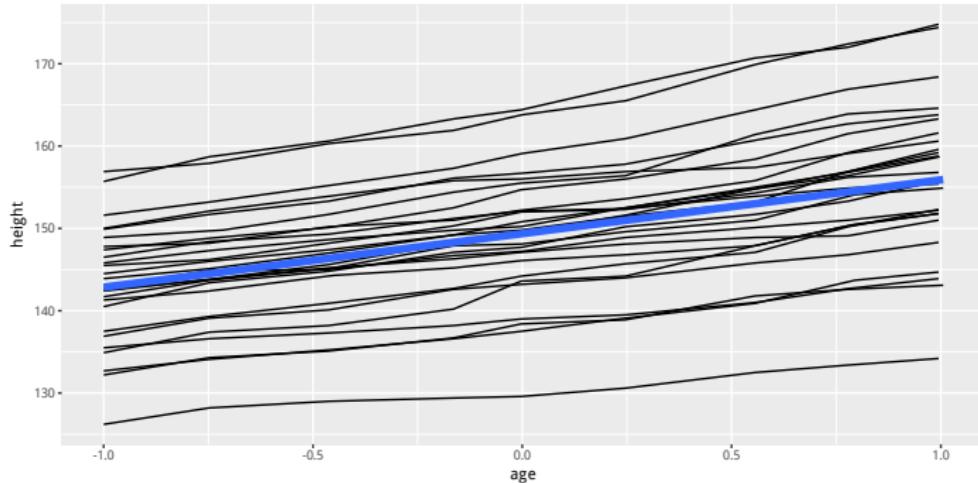
图层

绘图过程

空间数据绘图系  
统

- `aes()` 函数用来将数据变量映射到图形中，使变量成为可以被感知的图形属性
- **最好不要使用指定数据集之外的变量，这不利于将绘图所需数据都封装到一个对象中**
- 通过`group`参数将数据按照变量映射到不同分组进行绘图

```
1 # 对 Oxbboys 数据集按照 Subject 变量分为 26 个分组
2 > ggplot(Oxbboys, aes(age,height,group=Subject)) + geom_line() +
3   geom_smooth(aes(group=1), method = "lm", size = 2, se=F)
```





# ggplot2 程序包

## 标度 (scales)

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形  
统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

ggplot2 程序包

绘图原理

数据无关图形要素

数据相关语法要素 120

图层

绘图过程

空间数据绘图系  
统

- 标度是**从数据空间的定义域到图形属性空间值域的映射**，将数据转化为视觉上可以感知的颜色、大小、位置和形状
- ggplot2 将标度分为位置标度、颜色标度、手动离散标度和同一型标度，标度函数统一形式为 **scale\_ 图形属性 \_ 类型**

图形属性	离散型	连续型
颜色 (colour) 和填充色 (fill)	brewer grey <b>hue</b> identity,manual	<b>gradient</b> gradient2 gradientn
位置 (x,y)	<b>discrete</b>	<b>continuous</b> date
形状 (shape)	<b>shape</b> identity,manual	
线类型 (line type)	<b>linetype</b> identity,manual	
大小 (size)	identity,manual	<b>size</b>

表：按图形属性和变量类型组成的标度函数，默认值为粗体，详见 ggplot 帮助



# ggplot2 程序包

## 标度 (scales)

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

ggplot2 程序包

绘图原理

数据无关图形要素

数据相关语法要素

120

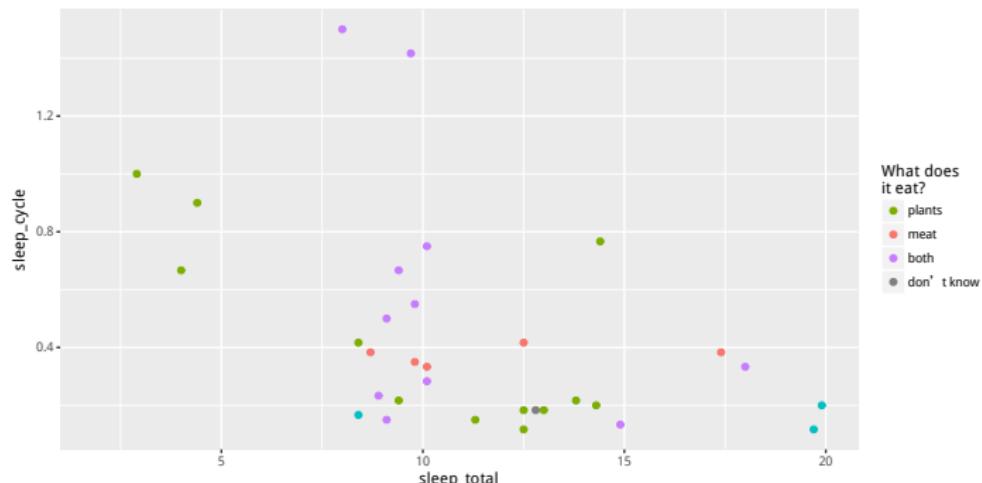
图层

绘图过程

空间数据绘图系  
统

- 标度是从数据空间的定义域到图形属性空间值域的映射，将数据转化为视觉上可以感知的颜色、大小、位置和形状
- ggplot2 将标度分为位置标度、颜色标度、手动离散标度和同一型标度，标度函数统一形式为 `scale_ 图形属性 _ 类型`

```
1 > p <- qplot(sleep_total, sleep_cycle, data = msleep, colour = vore)
2 # 通过标度函数 scale_colour_hue 对离散型分类数据集按变量进行颜色值映射
3 > p + scale_colour_hue("What does\nit eat?", breaks = c("herbi", "carni", "omni", NA), labels =
  ↪   c("plants", "meat", "both", "don't know"))
```



183



# ggplot2 程序包

## 几何对象 (geometric object)

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

ggplot2 程序包

绘图原理

数据无关图形要素

数据相关语法要素 121

图层

绘图过程

空间数据绘图系  
统

- 几何对象简称 geom，负责执行图形的实际渲染，控制生成的图形类型，几何对象函数的命名规则是 **geom\_ 加上几何对象名字**

函数	描述
geom_abline	由斜率和截距确定的线图
geom_bar	条形图
geom_blank	空对象，即什么都不绘制
geom_boxplot	箱线图
geom_contour	等高线图
geom_density	核密度图
geom_histogram	直方图
geom_hline	水平线
geom_line	线
geom_point	点
geom_polygon	多边形
geom_quantile	分位数线
geom_rect	矩形
geom_segment	线段
geom_smooth	平滑条件均值图
geom_text	文本

表：部分几何对象快捷函数，详见 ggplot 帮助



# ggplot2 程序包

统计变换 (statistical transformations)

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

ggplot2 程序包

绘图原理

数据无关图形要素

数据相关语法要素 122

图层

绘图过程

空间数据绘图系  
统

- 统计变换简称 stat，负责通过某种方式对数据进行统计汇总，  
统计变换函数的命名规则是 **stat\_ 加上统计变换名字**

函数	描述
stat_abline	添加由斜率和截距确定的线
stat_bin	计算封箱数据
stat_boxplot	计算组成箱线图的各种元素值
stat_contour	绘制三维等高线图
stat_density	绘制核密度图
stat_function	添加函数曲线
stat_hline	添加水平线
stat_identity	不做任何变换，添加原始数据
stat_qq	计算 QQ 图的相关值
stat_quantile	计算连续分位数
stat_smooth	添加平滑曲线
stat_sum	计算每个单一值的频数
stat_summary	对每个 x 对应的 y 值做统计描述

表：部分统计变换函数，详见 ggplot 帮助



# ggplot2 程序包

## 分面 (faceting)

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

ggplot2 程序包

绘图原理

数据无关图形要素

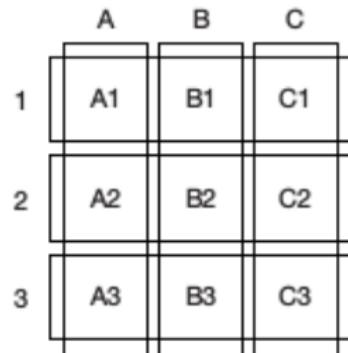
数据相关语法要素 123

图层

绘图过程

空间数据绘图系  
统

- 分面即在同一图幅上自动摆放多个图形的绘图概念 (同 lattice)
- 提供两种分面类型: 网格型(facet\_grid) 和封装型(facet\_wrap)
- 分面有分面变量和控制标度两个属性: 分面变量定义网格的排列, 控制标度对分面的坐标进行控制



facet\_grid



facet\_wrap

图: 左图的网格型分面生成一个二维面板网格, 面板的行和列通过变量定义; 右图的封装型是一个一维面板网格, 按照空间范围封装成二维, 这和 lattice 的网格生成方  
式是一样的



# ggplot2 程序包

## 分面 (faceting)

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

ggplot2 程序包

绘图原理

数据无关图形要素

数据相关语法要素 123

图层

绘图过程

空间数据绘图系  
统

- 分面即在同一图幅上自动摆放多个图形的绘图概念（同 lattice）
- 提供两种分面类型：**网格型**(facet\_grid) 和**封装型**(facet\_wrap)
- 分面有**分面变量**和**控制标度**两个属性；分面变量定义网格的排列，控制标度对分面的坐标进行控制

分面变量	表达方式	描述
一行多列	$. \sim a$	按变量 a 分面，行为 1，列为 length(a)，即横向分面
一列多行	$a \sim .$	按变量 a 分面，列为 1，行为 length(a)，即纵向分面
多行多列	$a \sim b$	按照变量 a 和 b 分面，行为 length(a)，列为 length(b)
额外参数	space=“free”	按照图形 y 轴，或 x 轴比例，自由分配空间

表：网格型分面变量属性

表达方式	描述
$\sim a + b + c, ncol, nrow$	类似 lattice，按照变量自定义设置行列网格数

表：封装型分面变量属性



# ggplot2 程序包

## 分面 (faceting)

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

ggplot2 程序包

绘图原理

数据无关图形要素

数据相关语法要素 123

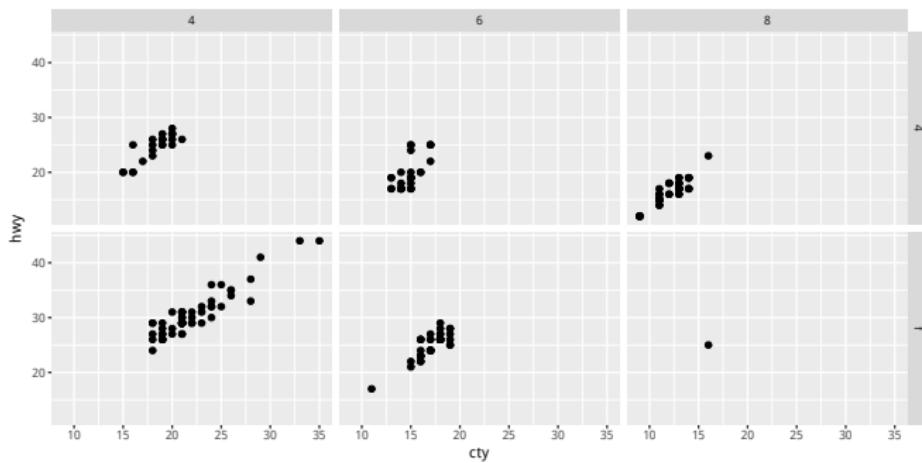
图层

绘图过程

空间数据绘图系  
统

- 分面即在同一图幅上自动摆放多个图形的绘图概念（同 lattice）
- 提供两种分面类型：**网格型**(facet\_grid) 和**封装型**(facet\_wrap)
- 分面有**分面变量**和**控制标度**两个属性；分面变量定义网格的排列，控制标度对分面的坐标进行控制

```
1 > mpg2 <- subset(mpg, cyl != 5 & drv %in% c("4", "f"))
2 # 网格型分面变量，行为 drv 变量，包括 4 和 f 两个值；列为 cyl 变量，包括 4,6,8 三个值
3 > ggplot(mpg2, aes(cty,hwy)) + geom_point() + facet_grid(drv ~ cyl)
```



图：网格型分面变量的示例



# ggplot2 程序包

## 分面 (faceting)

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

ggplot2 程序包

绘图原理

数据无关图形要素

数据相关语法要素 123

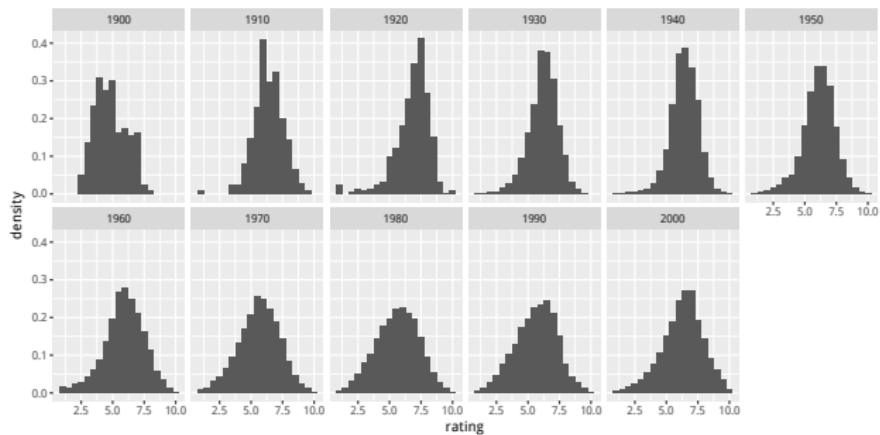
图层

绘图过程

空间数据绘图系  
统

- 分面即在同一图幅上自动摆放多个图形的绘图概念（同 lattice）
- 提供两种分面类型：**网格型**(facet\_grid) 和**封装型**(facet\_wrap)
- 分面有**分面变量**和**控制标度**两个属性；分面变量定义网格的排列，控制标度对分面的坐标进行控制

```
1 > movies$decade <- round_any(movies$year, 10, floor)
2 # 封装型分面变量，网格按照 decade 变量的 11 个值从左到右排列，如果到达页面边缘则自动从下一行开始排列
3 > ggplot(subset(movies, decade>1890),aes(rating))+geom_histogram(aes(y=..density..),binwidth=0.5)+  
4   facet_wrap(~ decade, ncol = 6)
```



图：封装型分面变量的示例



# ggplot2 程序包

## 分面 (faceting)

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

ggplot2 程序包

绘图原理

数据无关图形要素

数据相关语法要素 123

图层

绘图过程

空间数据绘图系  
统

- 分面即在同一图幅上自动摆放多个图形的绘图概念 (同 lattice)
- 提供两种分面类型: 网格型(facet\_grid) 和封装型(facet\_wrap)
- 分面有**分面变量和控制标度**两个属性; 分面变量定义网格的排列, 控制标度对分面的坐标进行控制

参数	描述
<b>scales= “fixed”</b>	x 和 y 的标度在所有分面中都相同
<b>scales= “free”</b>	x 和 y 的标度在每个分面中都可变
<b>scales= “free_x”</b>	固定 y 标度,x 标度可变
<b>scales= “free_y”</b>	固定 x 标度,y 标度可变

表: 控制标度属性, fixed 为默认值



# ggplot2 程序包

## 分面 (faceting)

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

ggplot2 程序包

绘图原理

数据无关图形要素

数据相关语法要素

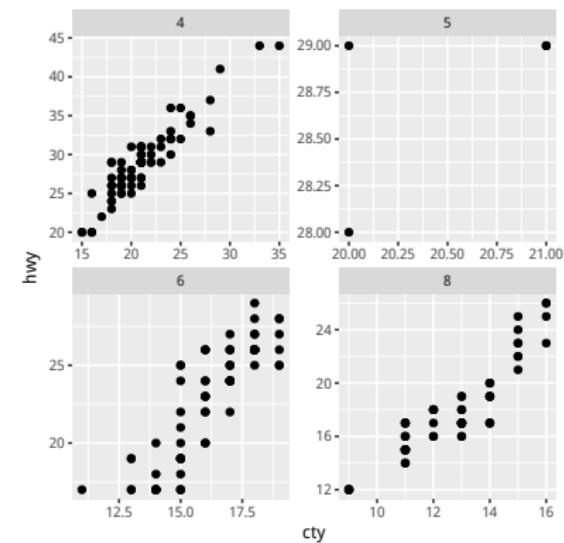
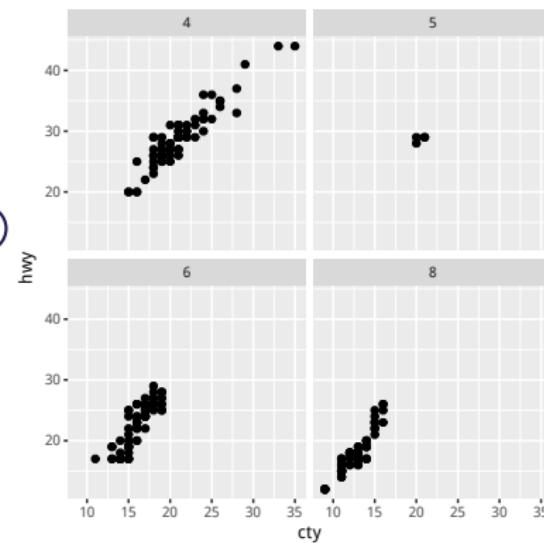
123

图层

绘图过程

空间数据绘图系

统



图：控制标度的示例。左边是 scales="fixed"，右边是 scales="free"

183



# ggplot2 程序包

## 位置调整 (position adjustments)

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

ggplot2 程序包

绘图原理

数据无关图形要素

数据相关语法要素 124

图层

绘图过程

空间数据绘图系  
统

- 位置调整指的是对图层中元素的位置进行调整
- 位置调整通常用于离散型数据，通过对位置的微调来比较数据

参数名称	描述
dodge	避免重叠，并排放置
fill	堆叠图形元素并将高度标准化为 1
identity	不做任何调整
jitter	给点要素添加扰动避免重合
stack	将图形堆叠起来

表: ggplot2 中提供的 5 种位置调整参数



# ggplot2 程序包

## 位置调整 (position adjustments)

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

ggplot2 程序包

绘图原理

数据无关图形要素

数据相关语法要素

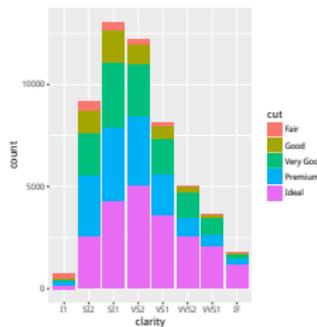
124

图层

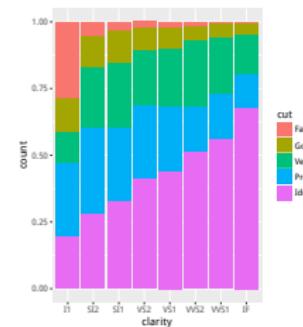
绘图过程

空间数据绘图系  
统

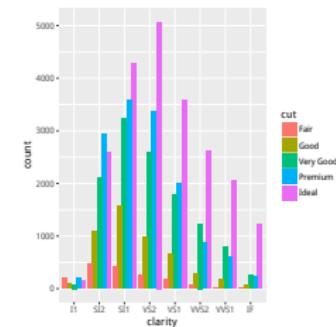
- 位置调整指的是对图层中元素的位置进行调整
- 位置调整通常用于离散型数据，通过对位置的微调来比较数据



position="stack"



position="fill"



position="dodge"

图：位置调整参数在条形图中应用的示例

183



# ggplot2 程序包

## 坐标系 (coordinate system)

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

ggplot2 程序包

绘图原理

数据无关图形要素

数据相关语法要素 125

图层

绘图过程

空间数据绘图系  
统

- 坐标系是将两种位置标度结合在一起组成的二维定位系统，坐标系函数命名规则是 **coord\_ 加上坐标系名字**
- **ggplot2 包仅支持二维坐标系**，要实现三维绘图必须依赖其他第三方包，例如 plotly 和 rgl

坐标系名字	描述
cartesian	笛卡尔坐标系
equal	同尺度笛卡尔坐标系
flip	翻转的笛卡尔坐标系
trans	变换的笛卡尔坐标系
map	地图投影
polar	极坐标系

表: ggplot2 中可用的坐标系



# ggplot2 程序包

## 坐标系 (coordinate system)

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形  
统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

ggplot2 程序包

绘图原理

数据无关图形要素

数据相关语法要素

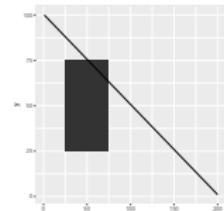
125

图层

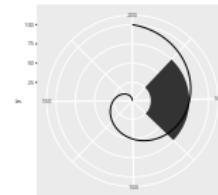
绘图过程

空间数据绘图系  
统

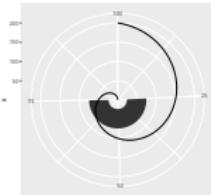
- 坐标系是将两种位置标度结合在一起组成的二维定位系统，坐标系函数命名规则是 **coord\_ 加上坐标系名字**
- ggplot2 包仅支持二维坐标系，要实现三维绘图必须依赖其他第三方包，例如 plotly 和 rgl



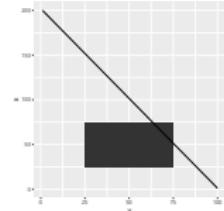
cartesian()



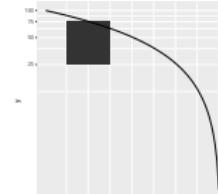
polar("x")



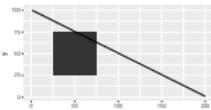
polar("y")



flip()



trans(y="log10")



equal()

183

图：直线与矩形在不同坐标系的变换示例



# ggplot2 程序包

## 图层

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

ggplot2 程序包

绘图原理

数据无关图形要素

数据相关语法要素

图层

126

绘图过程

空间数据绘图系  
统

- 图层是 ggplot2 特有的概念，其作用是生成在图像上能够被人感知的对象
- 图层由五个语法要素组成：数据、映射、统计变换、几何对象和位置调整，可以用 layer 函数 定义
- ggplot2 的快捷函数(stat\_ 和 geom\_ 开头) 也可以定义图层，简化 layer 函数的复杂性；任何图层必须包括 geom 和 stat 两部分

```
1 # layer 函数定义，其中 data 和 mapping 可以从 ggplot 函数定义的默认值中继承
2 layer(geom = NULL, stat = NULL, data = NULL, mapping = NULL,
3        position = NULL, params = list(), inherit.aes = TRUE,
4        check.aes = TRUE, check.param = TRUE, subset = NULL, show.legend = NA)
5
6 # ggplot 定义数据集 (data) 和图形属性映射 (mapping)
7 > p <- ggplot(diamonds,aes(x=carat))
8 # 添加一个自定义图层，并指定相应参数，其中数据集和图形属性映射继承默认值
9 > p <- p + layer(geom = "bar",stat = "bin",position = "identity"
10   params = list(fill = "steelblue", binwidth=0.5))
```

183



# ggplot2 程序包

## 图层

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

ggplot2 程序包

绘图原理

数据无关图形要素

数据相关语法要素

图层

126

绘图过程

空间数据绘图系  
统

- 图层是 ggplot2 特有的概念，其作用是生成在图像上能够被人感知的对象
- 图层由五个语法要素组成：数据、映射、统计变换、几何对象和位置调整，可以用 layer 函数定义
- ggplot2 的快捷函数(stat\_ 和 geom\_ 开头)也可以定义图层，简化 layer 函数的复杂性；任何图层必须包括 geom 和 stat 两部分

```

1 # layer 函数定义，其中 data 和 mapping 可以从 ggplot 函数定义的默认值中继承
2 layer(geom = NULL, stat = NULL, data = NULL, mapping = NULL,
3        position = NULL, params = list(), inherit.aes = TRUE,
4        check.aes = TRUE, check.param = TRUE, subset = NULL, show.legend = NA)
5
6 # ggplot 定义数据集 (data) 和图形属性映射 (mapping)
7 > p <- ggplot(diamonds,aes(x=carat))
8 # 添加一个自定义图层，并指定相应参数，其中数据集和图形属性映射继承默认值
9 > p <- p + layer(geom = "bar",stat = "bin",position = "identity"
10   params = list(fill = "steelblue", binwidth=0.5))

```

```

1 # 任何 ggplot2 图层必须包含 stat 和 geom 两部分
2 geom_XXX(data, mapping, ..., stat, position)
3 stat_XXX(data, mapping, ..., geom, position)
4
5 # 以下两条绘图语句得到的结果是完全一样的
6 ggplot(diamonds,aes(x=carat)) + geom_histogram(fill="steelblue",stat="bin", binwidth=0.5)
7 ggplot(diamonds,aes(x=carat)) + stat_bin(fill="steelblue",geom="bar", binwidth=0.5)

```

183



# ggplot2 程序包

## 绘图过程

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

ggplot2 程序包

绘图原理

数据无关图形要素

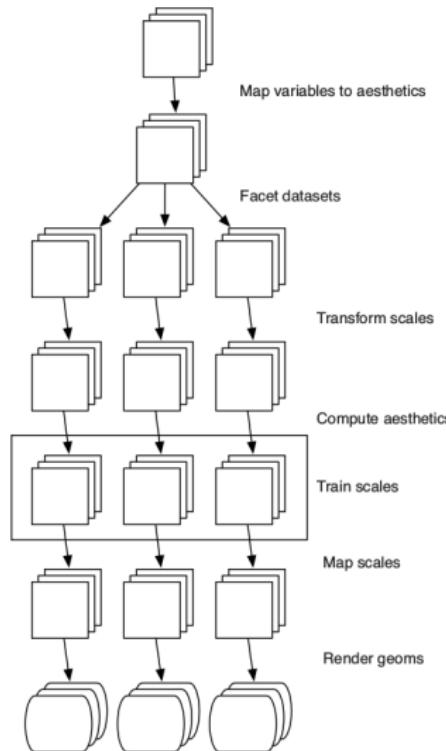
数据相关语法要素

图层

绘图过程

空间数据绘图系  
统

127



183

图：ggplot2 中处理图形绘制的全  
过程，本图中每个方框表示一个图  
层，包含三个图层和三个分面。除  
了 train scales 之外，其他步骤都  
对每个小数据集做变换。



# ggplot2 程序包

## 绘图过程

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

ggplot2 程序包

绘图原理

数据无关图形要素

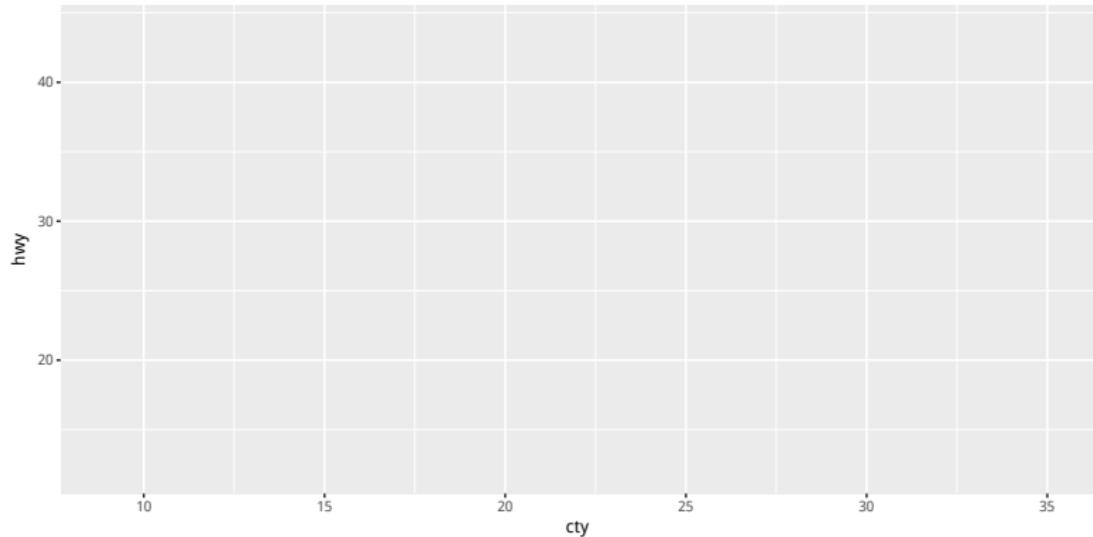
数据相关语法要素

图层

绘图过程

128

```
1 # 第一步: 初始化, 载入数据并进行图形属性映射
2 > ggplot(mpg, aes(x=cty, y=hwy))
```



183



# ggplot2 程序包

## 绘图过程

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

ggplot2 程序包

绘图原理

数据无关图形要素

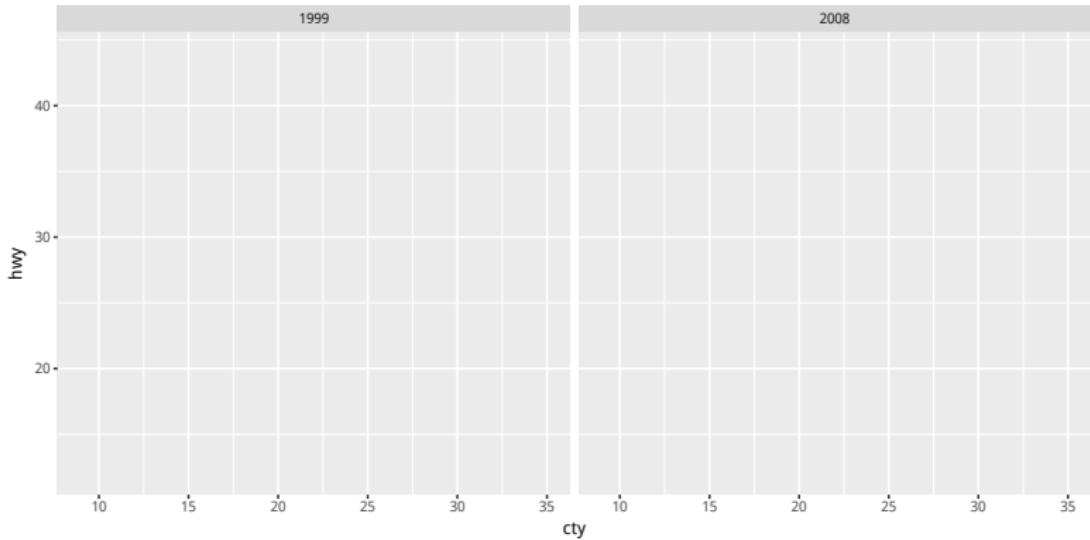
数据相关语法要素

图层

绘图过程

空间数据绘图系  
统

```
1 # 第二步: 分面, 按年份
2 > ggplot(mpg, aes(x=cty, y=hwy))+
  3   facet_wrap(~ year, ncol=2)
```



128

183



# ggplot2 程序包

## 绘图过程

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

ggplot2 程序包

绘图原理

数据无关图形要素

数据相关语法要素

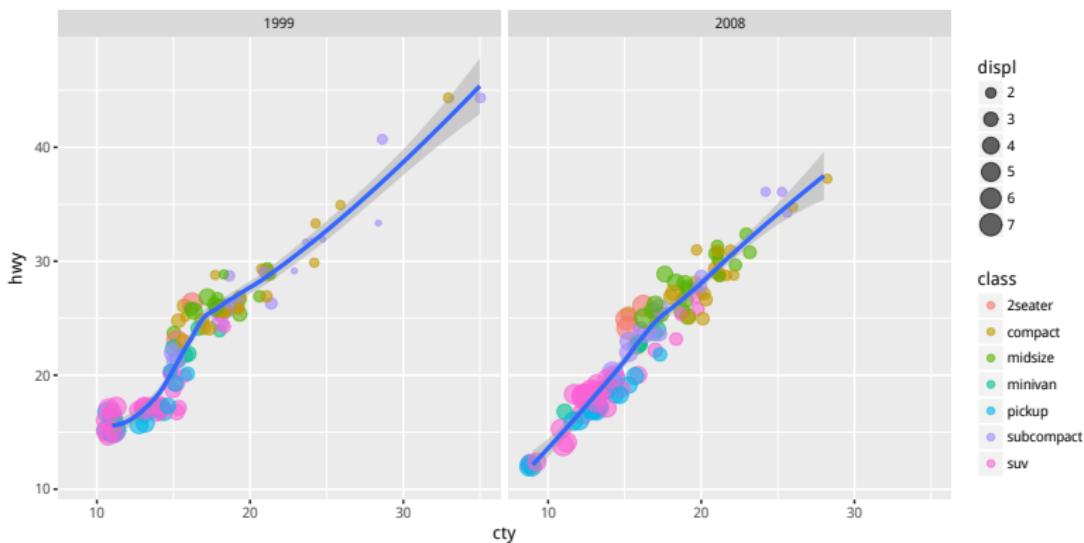
图层

绘图过程

128

空间数据绘图系  
统

```
1 # 第三步：绘制图层，包括几何对象图层、经过统计变换后的图层和位置调整
2 > ggplot(mpg, aes(x=cty, y=hwy))+
   facet_wrap(~ year, ncol=2)+
   geom_point(aes(colour=class, size=displ), alpha=0.6, position="jitter")+
   stat_smooth()
```



183



# ggplot2 程序包

## 绘图过程

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

ggplot2 程序包

绘图原理

数据无关图形要素

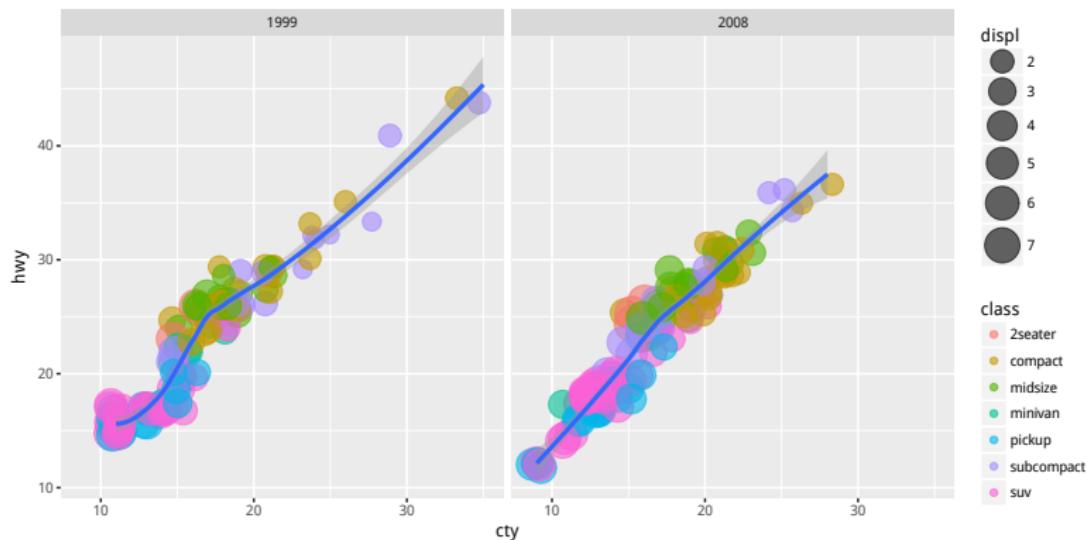
数据相关语法要素

图层

绘图过程

空间数据绘图系  
统

```
1 # 第四步：训练标度，表现为散点的大小
2 > ggplot(mpg, aes(x=cty, y=hwy))+
3     facet_wrap(~ year, ncol=2)+
4     geom_point(aes(colour=class, size=displ), alpha=0.6, position = "jitter")+
5     stat_smooth()+
6     scale_size(range = c(5, 10))
```





# ggplot2 程序包

## 绘图过程

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

系统简介

lattice 程序包

ggplot2 程序包

绘图原理

数据无关图形要素

数据相关语法要素

图层

绘图过程

128

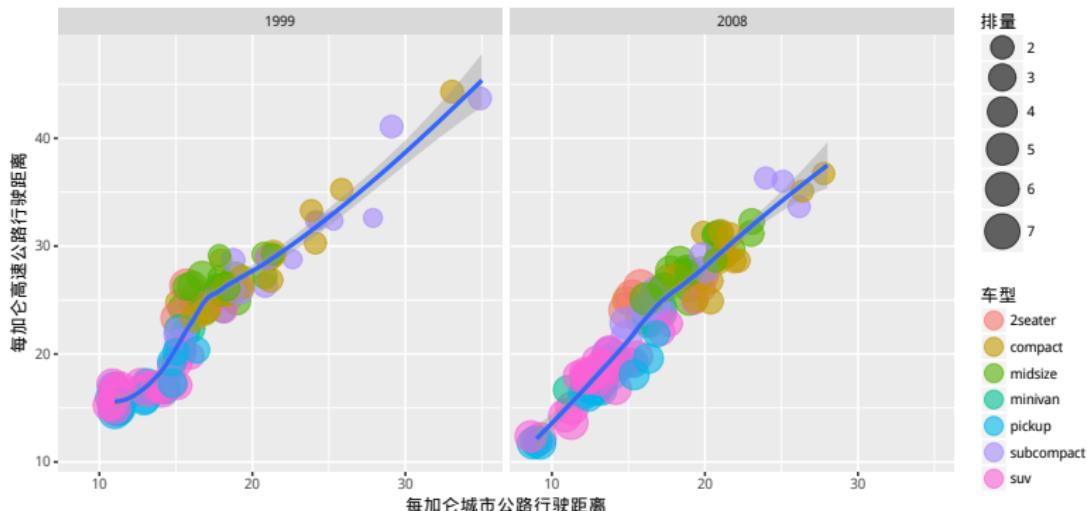
空间数据绘图系  
统

```

1 # 第五步：图形微调，调整与图形无关要素，例如添加标题、坐标轴标签、图例标签、注释等
2 > ggplot(mpg, aes(x=cty, y=hwy))+
3   facet_wrap(~ year, ncol=2) +
4   geom_point(aes(colour=class, size=displ), alpha=0.6, position = "jitter") +
5   stat_smooth() +
6   scale_size(range = c(5, 10)) +
7   ggtitle("汽车油耗与型号") +
8   labs(y='每加仑高速公路行驶距离', x='每加仑城市公路行驶距离') +
9   guides(size=guide_legend(title='排量'), colour=guide_legend(title='车
    ↗型'), override.aes=list(size=5))

```

汽车油耗与型号



183



# 目录

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形  
统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

129

## 1 现代统计图形

## 2 统计绘图工具

## 3 R 和 R 语言

## 4 基础绘图系统

## 5 grid 绘图系统

## 6 空间数据绘图系统

183



# 空间的哲学阐述

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

130

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

我们借助于外感官（我们意识的一种性质）表象给我们自己外面的对象，这些对象毫无例外的在空间里面。这些对象的形状、大小、以及它们相互间的关系是在空间里被规定的或能够在空间里被规定的。

空间不是一个从外部经验得来的经验概念。因为为使着某种感觉与我以外的某些东西发生关系，以及同样地为着我能把那些感觉表象为互相在外、互相靠近，从而不只是彼此不同，并且是在不同的地方，这样就一定要以空间观念为前提。

—《康德·纯粹理性批判》

183



# GIS 和 R

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

131

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

- GIS 的非正式定义<sup>1</sup>: 一组强大的工具集，可以用来收集、存储、任意检索、转换和显示来自真实世界有特殊用途的空间数据
- R 虽然能够分析并提供数据可视化，但是并没有能力从其他数据中区分出空间数据；因此一组 R 开发者共同实现了 R 的空间数据类包 sp<sup>2</sup>，它新增了用于空间数据类和方法的 R 功能

---

<sup>1</sup>Burrough, P. A. and McDonnell, R. A. (1998). *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford University Press, Oxford.

<sup>2</sup>Pebesma, E. J. and Bivand, R. S. (2005). *Classes and methods for spatial data in R*. R News, 5(2):9-13.



# GIS 和 R

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

131

## 空间数据类的优势

- 📎 从空间分析包中转换数据更加容易
- 📎 提供 GIS 接口包，可以读写外部 GIS 格式数据
- 📎 实现空间数据组织、绘图、打印的方法
- 📎 能够对绘图进行地图修饰（参考网格、指北针、比例尺）

---

<sup>1</sup>Burrough, P. A. and McDonnell, R. A. (1998). *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford University Press, Oxford.

<sup>2</sup>Pebesma, E. J. and Bivand, R. S. (2005). *Classes and methods for spatial data in R*. R News, 5(2):9-13.

183



# R 的空间数据类

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

132

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

- sp 包从 2005 年开始提交 CRAN，主要创始人是挪威经济学院教授 [Roger Bivand](#) 和慕尼黑大学教授 [Edzer Pebesma](#)；目前项目负责人是 Edzer，并有稳定的开发团队和成熟的讨论组
- sp 包未包含在 base 包中，需要单独下载使用
- 目前绝大多数空间数据相关的包都会以 sp 包为基础来编写



图: sp 包的两位主要作者. 左边是 Roger Bivand, 右边是 Edzer Pebesma

183



# R 的空间数据类

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

132

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

- sp 包从 2005 年开始提交 CRAN，主要创始人是挪威经济学院教授 [Roger Bivand](#) 和慕尼黑大学教授 [Edzer Pebesma](#)；目前项目负责人是 Edzer，并有稳定的开发团队和成熟的讨论组
- sp 包未包含在 base 包中，需要单独下载使用
- 目前绝大多数空间数据相关的包都会以 sp 包为基础来编写

183



# R 的空间数据类

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

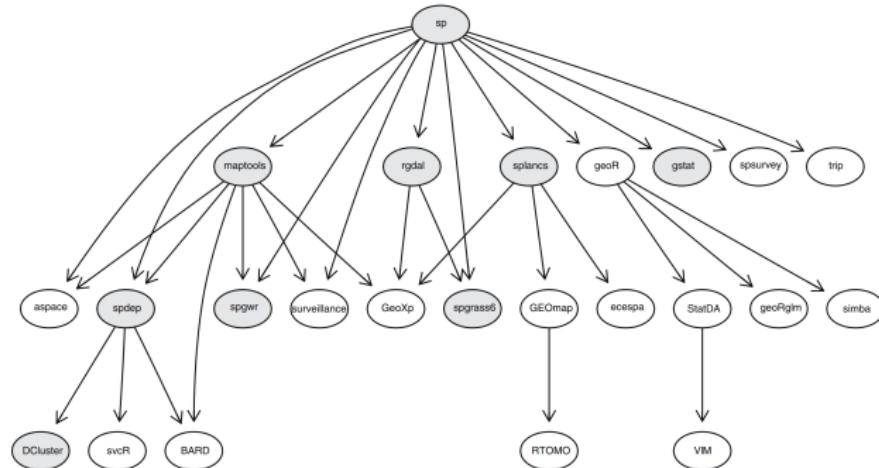
基础绘图方法

基于 lattice 的绘图方法

基于 ggplot2 的

绘图方法

132



133

图：直接或间接基于 sp 包开发的程序包



# R 的空间数据类

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

133

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

- sp 包提供的空间类是基于 S4 方法编写的，其基类是 Spatial
- Spatial 类包括两个属性 (slot)，一个是 matrix 类型的约束盒(bbox)，另一个是 CRS 类型的坐标参考系统(proj4string)
- 约束盒是列名为c('min','max')的坐标矩阵，至少有两列，一列指向东(x 轴)，一列指向北(y 轴)；CRS 类只有一个属性，其值是一个PROJ.4开源 CRS 格式的字符串

183



# R 的空间数据类

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的绘  
图方法

133

```
1 > library(sp)
2 > getClass("Spatial")
3 Class "Spatial" [package "sp"]
4
5 Slots:
6
7 Name:      bbox proj4string
8 Class:     matrix      CRS
9
10 Known Subclasses:
11 Class "SpatialPoints", directly
12 Class "SpatialMultiPoints", directly
13 Class "SpatialGrid", directly
14 Class "SpatialLines", directly
15 Class "SpatialPolygons", directly
16 Class "SpatialPointsDataFrame", by class "SpatialPoints", distance 2
17 Class "SpatialPixels", by class "SpatialPoints", distance 2
18 Class "SpatialMultiPointsDataFrame", by class "SpatialMultiPoints", distance 2
19 Class "SpatialGridDataFrame", by class "SpatialGrid", distance 2
20 Class "SpatialLinesDataFrame", by class "SpatialLines", distance 2
21 Class "SpatialPixelsDataFrame", by class "SpatialPoints", distance 3
22 Class "SpatialPolygonsDataFrame", by class "SpatialPolygons", distance 2
```

183



# R 的空间数据类

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

133

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

- sp 包提供的空间类是基于 S4 方法编写的，其基类是 Spatial
- Spatial 类包括两个属性 (slot)，一个是 matrix 类型的约束盒(bbox)，另一个是 CRS 类型的坐标参考系统(proj4string)
- 约束盒是列名为c('min','max')的坐标矩阵，至少有两列，一列指向东(x轴)，一列指向北(y轴)；CRS 类只有一个属性，其值是一个PROJ.4开源 CRS 格式的字符串

```
1 # 定义约束盒
2 > bb <- matrix(c(114.25, 22.45, 114.85, 23.16), ncol = 2, dimnames = list(NULL, c("min", "max")))
3 # 新建一个 Spatial 对象, CRS 对象是经纬度坐标系统
4 > Spatial(bb, proj4string = CRS("+proj=longlat"))
5 An object of class "Spatial"
6 Slot "bbox":
7   min     max
8 [1,] 114.25 114.85
9 [2,] 22.45  23.16
10
11 Slot "proj4string":
12 CRS arguments: +proj=longlat
```

183



# R 的空间数据类

## 空间点类

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的

绘图方法

134

183

- 空间点在 GIS 中是一个坐标向量，sp 包中定义 **SpatialPoints** 类来表达空间点
- 相比 Spatial 类，SpatialPoints 类扩展了一个 matrix 类型的属性 **coords** 来存储点坐标矩阵



# R 的空间数据类

## 空间点类

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

134

- 空间点在 GIS 中是一个坐标向量，sp 包中定义 SpatialPoints 类来表达空间点
- 相比 Spatial 类，SpatialPoints 类扩展了一个 matrix 类型的属性 coords 来存储点坐标矩阵

```
1 > getClass("SpatialPoints")
2 Class "SpatialPoints" [package "sp"]
3 
4 Slots:
5 
6 Name:      coords      bbox proj4string
7 Class:     matrix      matrix      CRS
8 
9 Extends: "Spatial"
10 
11 Known Subclasses:
12 Class "SpatialPointsDataFrame", directly
13 Class "SpatialPixels", directly
14 Class "SpatialPixelsDataFrame", by class "SpatialPixels", distance 2
```

183

183



# R 的空间数据类

## 空间点类

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

134

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据变换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

- 空间点在 GIS 中是一个坐标向量，sp 包中定义 SpatialPoints 类来表达空间点
- 相比 Spatial 类，SpatialPoints 类扩展了一个 matrix 类型的属性 coords 来存储点坐标矩阵

```
1 > getClass("SpatialPoints")
2 Class "SpatialPoints" [package "sp"]
3 
4 Slots:
5 
6 Name:      coords      bbox proj4string
7 Class:     matrix      matrix      CRS
8 
9 Extends: "Spatial"
10 
11 Known Subclasses:
12 Class "SpatialPointsDataFrame", directly
13 Class "SpatialPixels", directly
14 Class "SpatialPixelsDataFrame", by class "SpatialPixels", distance 2
```

```
1 # 读取格式化文件到一个 data.frame 类型对象 CRAN_df, 包含位置经维度坐标
2 > CRAN_df <- read.table("data/CRAN051001a.txt", header = TRUE)
3 # 将经维度坐标构建一个新的 matrix 类型对象 CRAN_mat
4 > CRAN_mat <- cbind(CRAN_df$long, CRAN_df$lat)
5 
6 # 构建一个 CRS 对象 llCRS
7 llCRS <- CRS("+proj=longlat +ellps=WGS84")
8 # 构建 SpatialPoints 对象
9 CRAN_sp <- SpatialPoints(CRAN_mat, proj4string = llCRS)
```

183



# R 的空间数据类

## 空间点类

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

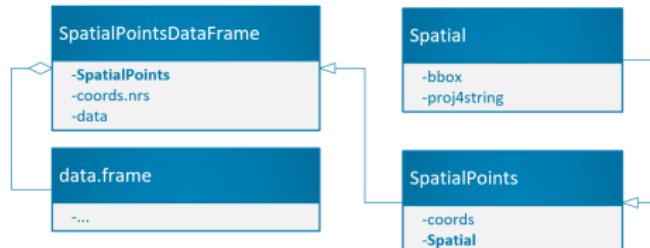
基于 ggplot2 的  
绘图方法

135

- **SpatialPointsDataFrame** 类将 SpatialPoints 对象转换为类似 data.frame 数据结构
- SpatialPointsDataFrame 类通过 coords 行名和 data.frame 行名的对应顺序来构建，可以用于在空间信息后面挂载属性信息
- SpatialPointsDataFrame 对象有两个索引，一个用于空间对象，另一个用于列

```
1 > getClass("SpatialPointsDataFrame")
2 Class "SpatialPointsDataFrame" [package "sp"]
3 
4 Slots:
5 
6 Name:      data  coords.nrs      coords      bbox proj4string
7 Class: data.frame   numeric     matrix     matrix      CRS
8 
9 Extends:
10 Class "SpatialPoints", directly
11 Class "Spatial", by class "SpatialPoints", distance 2
```

183





# R 的空间数据类

## 空间点类

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

135

- **SpatialPointsDataFrame** 类将 SpatialPoints 对象转换为类似 data.frame 数据结构
- **SpatialPointsDataFrame** 类通过 coords 行名和 data.frame 行名的对应顺序来构建，可以用于在空间信息后面挂载属性信息
- **SpatialPointsDataFrame** 对象有两个索引，一个用于空间对象，另一个用于列

```
1 # 将 matrix 的序号作为行名
2 > row.names(CRAN_mat) <- 1:nrow(CRAN_mat)
3 > str(CRAN_mat)
4 num [1:54, 1:2] 153 145 16.3 -49.3 -42.9 ...
5 - attr(*, "dimnames")=List of 2
6 ..$ : chr [1:54] "1" "2" "3" "4" ...
7 ..$ : NULL
8
9 # 构建 Spatialpoints 对象 CRAN_spdf1,match.ID=TRUE 表示根据 CRAN_mat 行名和 CRAN_df 行名要对应
10 > CRAN_spdf1 <- SpatialPointsDataFrame(coords=CRAN_mat, data=CRAN_df, proj4string=llCRS,
   <-       match.ID=TRUE)
```

183

183



# R 的空间数据类

## 空间点类

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

135

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

- **SpatialPointsDataFrame** 类将 SpatialPoints 对象转换为类似 data.frame 数据结构
- **SpatialPointsDataFrame** 类通过 coords 行名和 data.frame 行名的对应顺序来构建，可以用于在空间信息后面挂载属性信息
- **SpatialPointsDataFrame** 对象有两个索引，一个用于空间对象，另一个用于列

```

# 构建的新对象在空间信息基础上挂载了属性信息 long、lat、place、north、east 和 loc
> str(CRAN_spdf1)
Formal class 'SpatialPointsDataFrame' [package "sp"] with 5 slots
..@ data      : 'data.frame': 54 obs. of  6 variables:
...$ place: Factor w/ 52 levels "Aalborg", "Aizu", ...: 9 30 50 15 49 39 36 40 12 46 ...
...$ north: Factor w/ 52 levels "20d45'S", "22d43'S", ...: 8 18 41 7 1 3 2 4 43 29 ...
...$ east : Factor w/ 51 levels "Od10'W", "118d15'W", ...: 19 16 20 35 31 32 34 33 11 39 ...
...$ loc   : Factor w/ 30 levels "Australia", "Austria", ...: 1 1 2 3 3 3 3 3 4 19 ...
...$ long  : num [1:54] 153 145 16.3 -49.3 -42.9 ...
...$ lat   : num [1:54] -27.5 -37.8 48.2 -25.4 -20.8 ...
..@ coords.nrs : num(0)
..@ coords    : num [1:54, 1:2] 153 145 16.3 -49.3 -42.9 ...
...- attr(*, "dimnames")=List of 2
... ..$ : chr [1:54] "1" "2" "3" "4" ...
... ..$ : chr [1:2] "coords.x1" "coords.x2"
..@ bbox     : num [1:2, 1:2] -123 -37.8 153 57
...- attr(*, "dimnames")=List of 2
... ..$ : chr [1:2] "coords.x1" "coords.x2"
... ..$ : chr [1:2] "min" "max"
..@ proj4string:Formal class 'CRS' [package "sp"] with 1 slot
... ..@ projargs: chr "+proj=longlat +ellps=WGS84"
```

183



# R 的空间数据类

## 空间点类

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

135

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据变换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

- **SpatialPointsDataFrame**类将 SpatialPoints 对象转换为类似 data.frame 数据结构
- **SpatialPointsDataFrame** 类通过 coords 行名和 data.frame 行名的对应顺序来构建，**可以用于在空间信息后面挂载属性信息**
- **SpatialPointsDataFrame** 对象有两个索引，一个用于空间对象，另一个用于列

```
1 % # 根据序号进行空间对象索引
2 > CRAN_spdf1[10, ]
3   coordinates place    north      east      loc      long     lat
4 10 (-79.38333, 43.65) Toronto 43d39'N 79d23'W Ontario (CAN) -79.38333 43.65
5
6 # 根据列进行索引，用法和 data.frame 类型的列索引一样，有两种等价的方法
7 > str(CRAN_spdf1$loc)
8 Factor w/ 30 levels "Australia","Austria",...: 1 1 2 3 3 3 3 4 19 ...
9 > str(CRAN_spdf1[["loc"]])
10 Factor w/ 30 levels "Australia","Austria",...: 1 1 2 3 3 ...
```

183



# R 的空间数据类

## 空间点类

现代统计图形  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

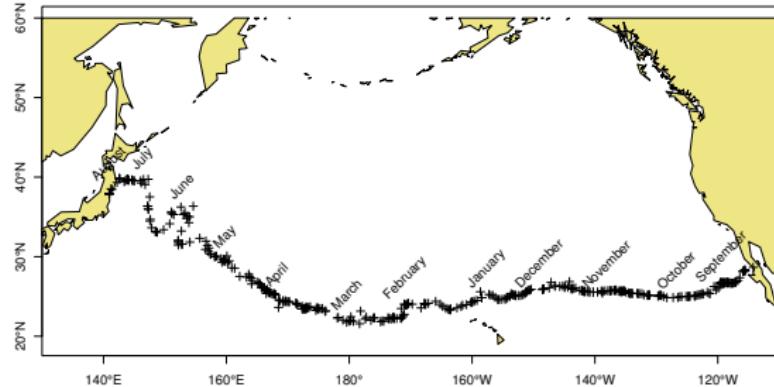
基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

136

```
1 %> str(turtle_sp)
2 Formal class 'SpatialPointsDataFrame' [package "sp"] with 5 slots
3   ..@ data       : 'data.frame': 394 obs. of 3 variables:
4   ...$ id        : int [1:394] 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ...
5   ...$ obs_date  : Factor w/ 394 levels "01/02/1997 04:16:53",... 216 225 226 227 228 229 230 231
6   ...$ timestamp: POSIXct[1:394], format: "1996-08-11 01:15:00" "1996-08-17 15:18:23" ...
7   ..@ coords.nrs: int [1:2] 3 2
8   ..@ coords     : num [1:394, 1:2] 246 244 244 244 244 ...
9   ...- attr(*, "dimnames")=List of 2
10  ...$ : chr [1:394] "366" "367" "368" "369" ...
11  ...$ : chr [1:2] "lon" "lat"
12  ..@ bbox       : num [1:2, 1:2] 140.9 21.6 245.8 39.8
13  ...- attr(*, "dimnames")=List of 2
14  ...$ : chr [1:2] "lon" "lat"
15  ...$ : chr [1:2] "min" "max"
16  ..@ proj4string:Formal class 'CRS' [package "sp"] with 1 slot
17  ...$ @ projargs: chr "+proj=longlat +ellps=WGS84"
```



183



# R 的空间数据类

## 空间点类

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

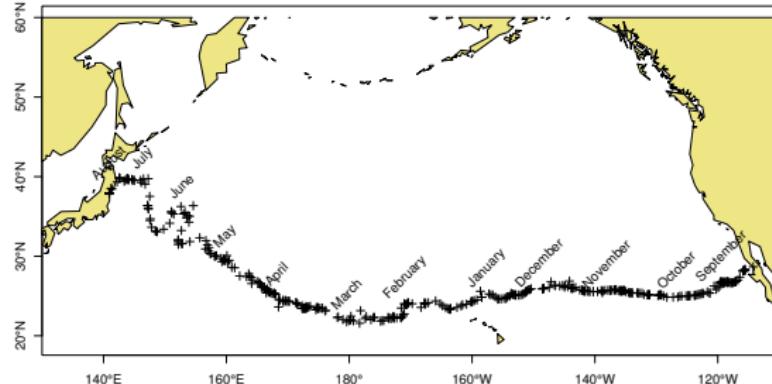
基于 ggplot2 的  
绘图方法

136

```

1 %> head(turtle_sp,15)
2   coordinates id      obs_date      timestamp
3 366 (245.763, 28.668) 1 08/11/1996 01:15:00 1996-08-11 01:15:00
4 367 (244.427, 28.365) 2 08/17/1996 15:18:23 1996-08-17 15:18:23
5 368 (244.38, 28.26) 3 08/18/1996 14:57:44 1996-08-18 14:57:44
6 369 (244.323, 28.252) 4 08/18/1996 16:34:26 1996-08-18 16:34:26
7 370 (244.441, 28.185) 5 08/19/1996 14:31:33 1996-08-19 14:31:33
8 371 (244.235, 28.168) 6 08/19/1996 16:14:17 1996-08-19 16:14:17
9 372 (244.074, 28.171) 7 08/20/1996 14:12:10 1996-08-20 14:12:10
10 373 (244.104, 28.133) 8 08/20/1996 15:54:27 1996-08-20 15:54:27
11 374 (243.578, 27.361) 9 08/22/1996 15:11:14 1996-08-22 15:11:14
12 375 (243.282, 27.004) 10 08/23/1996 16:28:05 1996-08-23 16:28:05
13 237 (242.991, 26.876) 11 08/24/1996 14:28:13 1996-08-24 14:28:13
14 238 (242.947, 26.84) 12 08/24/1996 16:05:20 1996-08-24 16:05:20
15 239 (242.919, 26.83) 13 08/24/1996 20:00:25 1996-08-24 20:00:25
16 240 (242.874, 26.781) 14 08/25/1996 03:18:47 1996-08-25 03:18:47
17 241 (242.676, 26.762) 15 08/25/1996 15:41:11 1996-08-25 15:41:11

```



183



# R 的空间数据类

## 空间线类

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的

绘图方法

137

- GIS 中线对象是点对象的集合，在 sp 包中用 Line 类来表达；而 Line 的集合又构成 Lines 类，其中不同 Line 通过 NA 值来区分
- 但是 Line 和 Lines 不包含约束盒和坐标系统，所以 sp 包提供 SpatialLines 类用来专门表达空间线对象
- SpatialLines 类继承自 Spatial 类，除 bbox 和 CRS 之外，还扩展了一个 list 类型的属性 lines 用来存储 Lines 对象

```
1 % # Line 类包含属性 coords 用来存储构成线的连续点坐标矩阵
2 > getClass("Line")
3 Class "Line" [package "sp"]

4 Slots:
5 
6 Name: coords
7 Class: matrix

8 Known Subclasses: "Polygon"

9 
10 # Lines 类包含一个属性 Lines 用来存储一系列 Line 对象，另一个属性 ID 用来标识 Line 对象的唯一性
11 > getClass("Lines")
12 Class "Lines" [package "sp"]

13 Slots:
14 
15 Name: Lines ID
16 Class: list character
```

183



# R 的空间数据类

## 空间线类

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

137

- GIS 中线对象是点对象的集合，在 sp 包中用 Line 类来表达；而 Line 的集合又构成 Lines 类，其中不同 Line 通过 NA 值来区分
- 但是 Line 和 Lines 不包含约束盒和坐标系统，所以 sp 包提供 SpatialLines 类用来专门表达空间线对象
- SpatialLines 类继承自 Spatial 类，除 bbox 和 CRS 之外，还扩展了一个 list 类型的属性 lines 用来存储 Lines 对象

```
1 %> getClass("SpatialLines")
2 Class "SpatialLines" [package "sp"]
3 
4 Slots:
5 
6 Name:      lines      bbox proj4string
7 Class:     list       matrix    CRS
8 
9 Extends: "Spatial"
10 
11 Known Subclasses: "SpatialLinesDataFrame"
```

183



# R 的空间数据类

## 空间线类

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的

绘图方法

137

- GIS 中线对象是点对象的集合，在 sp 包中用 Line 类来表达；而 Line 的集合又构成 Lines 类，其中不同 Line 通过 NA 值来区分
- 但是 Line 和 Lines 不包含约束盒和坐标系统，所以 sp 包提供 SpatialLines 类用来专门表达空间线对象
- SpatialLines 类继承自 Spatial 类，除 bbox 和 CRS 之外，还扩展了一个 list 类型的属性 lines 用来存储 Lines 对象

```

1 %> library(maps)
2 # 获取中国地图
3 > china<- map("world", "china", plot=FALSE)
4 # 台湾是中国领土不可分割的一部分!
5 > tw <- map("world","taiwan",plot=FALSE)
6 > china$x <- c(china$x,NA,tw$x)
7 > china$y <- c(china$y,NA,tw$y)
8 > china$range <- c(range(china$range[1:2],tw$range[1:2]),range(china$range[3:4],tw$range[3:4]))
9 > china$names <- c(china$names,tw$names)
10 > p4s <- CRS("+proj=longlat +ellps=WGS84")
11 > library(maptools)
12 # 用 map2SpatialLines 将地图数据转换为 SpatialLines 对象
13 > SLchina <- map2SpatialLines(china,proj4string=p4s)
14 > str(SLchina, max.level=2)
15 Formal class 'SpatialLines' [package "sp"] with 3 slots
16   ..@ lines      :List of 41 # 由 41 个 line 对象组成
17   ..@ bbox       : num [1:2, 1:2] 73.6 18.2 134.8 53.6
18   ... - attr(*, "dimnames")=List of 2
19   ..@ proj4string:Formal class 'CRS' [package "sp"] with 1 slot

```

183



# R 的空间数据类

## 空间线类

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

137

- GIS 中线对象是点对象的集合，在 sp 包中用 **Line** 类来表达；而 Line 的集合又构成 **Lines** 类，其中不同 Line 通过 NA 值来区分
- 但是 Line 和 Lines 不包含约束盒和坐标系统，所以 sp 包提供 **SpatialLines** 类用来专门表达空间线对象
- SpatialLines 类继承自 Spatial 类，除 bbox 和 CRS 之外，还扩展了一个 list 类型的属性 **lines** 用来存储 Lines 对象



183



# R 的空间数据类

## 空间线类

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

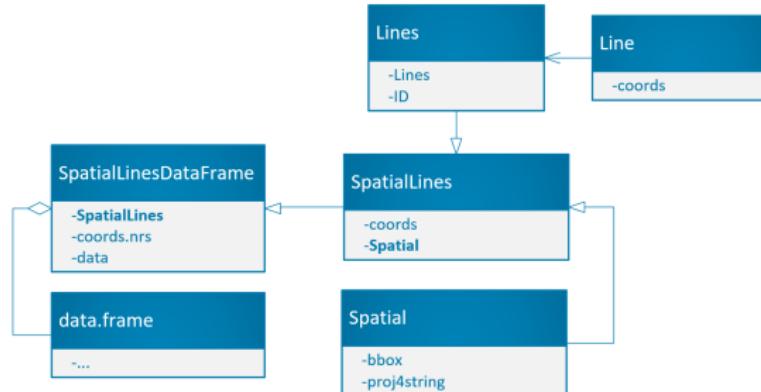
- 类似空间点,sp 包提供 **SpatialLinesDataFrame** 类将 SpatialLines 对象转换为类似 data.frame 数据结构, 用于挂载属性数据

```

1 %> getClass("SpatialLinesDataFrame")
2 Class "SpatialLinesDataFrame" [package "sp"]
3
4 Slots:
5
6   Name:      data      lines      bbox proj4string
7   Class:    data.frame    list     matrix           CRS
8
9 Extends:
10 Class "SpatialLines", directly
11 Class "Spatial", by class "SpatialLines", distance 2

```

138



183



# R 的空间数据类

## 空间线类

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的

绘图方法

138

- 类似空间点, sp 包提供 **SpatialLinesDataFrame** 类将 SpatialLines 对象转换为类似 data.frame 数据结构, 用于挂载属性数据

```
1 % # maptools 包中的 ContourLines2SLDF 函数将 contourLines 返回值转换为 SpatialLinesDataFrame 对象
2 > volcano_sl <- ContourLines2SLDF(contourLines(volcano))
3 # volcano_sl 的 data slot 包含 10 个不同的等高线水平标签
4 > t(volcano_sl@data)
5   C_1   C_2   C_3   C_4   C_5   C_6   C_7   C_8   C_9   C_10
6 level "100" "110" "120" "130" "140" "150" "160" "170" "180" "190"
```



183



# R 的空间数据类

## 空间面类

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

139

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

- 在 GIS 中面是一个封闭的环 (ring)，用起始和终止坐标相同的点集存储，sp 包定义 Polygon 类来表示面；一系列面对象构成 Polygons 类，其中不同 Polygon 通过 NA 值来区分
- 在面对象基础上，sp 包继承 Spatial 类定义 SpatialPolygons 类来表达空间面对象，使其具有 bbox 和 CRS

```
1 % # Polygon 类包含属性 coords 用来存储起始和终止坐标相同的点坐标矩阵
2 > getClass("Polygon")
3 Class "Polygon" [package "sp"]
4
5 Slots:
6
7 Name: labpt area hole ringDir coords
8 Class: numeric numeric logical integer matrix
9
10 Extends: "Line"
11
12 # Polygons 类包含一个属性 Polygons 用来存储一系列 Polygon 对象，另一个属性 ID 用来标识 Polygon 对象的唯
13   ↪ 一性
14 > getClass("Polygons")
15 Class "Polygons" [package "sp"]
16
17 Slots:
18
19 Name: Polygons plotOrder labpt ID area
20 Class: list integer numeric character numeric
```

183



# R 的空间数据类

## 空间面类

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

139

- 在 GIS 中面是一个封闭的环 (ring)，用起始和终止坐标相同的点集存储，sp 包定义 **Polygon** 类来表示面；一系列面对象构成 **Polygons** 类，其中不同 Polygon 通过 NA 值来区分
- 在面对象基础上，sp 包继承 Spatial 类定义 **SpatialPolygons** 类来表达空间面对象，使其具有 bbox 和 CRS

```
1 %> getClass("SpatialPolygons")
2 Class "SpatialPolygons" [package "sp"]
3 
4 Slots:
5 
6 Name:      polygons    plotOrder      bbox proj4string
7 Class:      list        integer       matrix      CRS
8 
9 Extends:  "Spatial", "SpatialPolygonsNULL"
10 
11 Known Subclasses:
12 Class "SpatialPolygonsDataFrame", directly, with explicit coerce
```

183



# R 的空间数据类

## 空间面类

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的

绘图方法

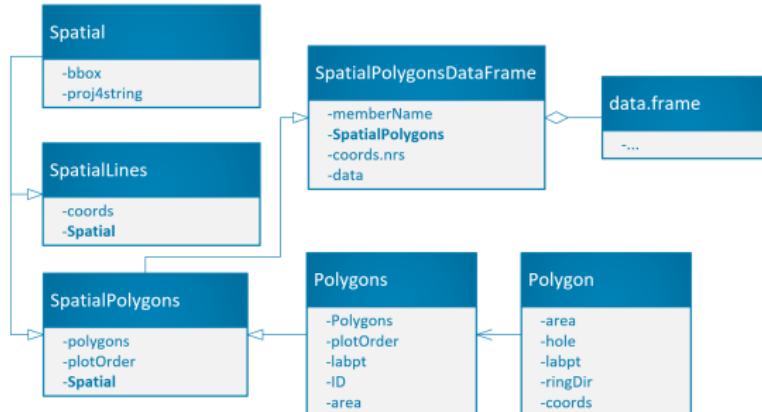
- sp 包提供 SpatialPolygonsDataFrame 类将 SpatialPolygons 对象转换为类似 data.frame 数据结构，用于挂载属性数据

```

1 %> getClass("SpatialPolygonsDataFrame")
2 Class "SpatialPolygonsDataFrame" [package "sp"]
3
4 Slots:
5
6   Name:      data      polygons    plotOrder      bbox proj4string
7   Class: data.frame     list      integer      matrix      CRS
8
9 Extends:
10 Class "SpatialPolygons", directly
11 Class "Spatial", by class "SpatialPolygons", distance 2
12 Class "SpatialPolygonsNULL", by class "SpatialPolygons", distance 2, with explicit coerce

```

140



183



# R 的空间数据类

## 空间面类

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

140

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的绘  
图方法

- sp 包提供 SpatialPolygonsDataFrame 类将 SpatialPolygons 对象转换为类似 data.frame 数据结构，用于挂载属性数据

```
1 % # 从 maps 包中读取美国州边界地图
2 > library(maps)
3 > state.map <- map("state", plot=FALSE, fill=TRUE)
4 > IDs <- sapply(strsplit(state.map$names, ":"), function(x) x[1])
5 > library(mapproj)
6 > state.sp <- map2SpatialPolygons(state.map, IDs=IDs,
7   proj4string=CRS("+proj=longlat +ellps=WGS84"))
8
9 # 读取属性数据文件
10 > sat <- read.table("data/state.sat.data_mod.txt", row.names=5, header=TRUE)
11 # 属性数据包括四个字段
12 > str(sat)
13 'data.frame': 52 obs. of 4 variables:
14 $ oname : Factor w/ 52 levels "ala", "alaska", ...: 1 2 3 4 5 6 7 9 8 10 ...
15 $ vscore: int 561 516 524 563 497 536 510 503 494 499 ...
16 $ mscore: int 555 514 525 556 514 540 509 497 478 498 ...
17 $ pc : int 9 50 34 6 49 32 80 67 77 53 ...
18 # 为属性数据添加 ID 字段，用于和空间对象进行关联
19 > id <- match(row.names(sat), row.names(state.sp))
20 > row.names(sat)[is.na(id)]
21 > sat1 <- sat[!is.na(id),]
22 # 创建 SpatialPolygonsDataFrame 对象
23 > state.spdf <- SpatialPolygonsDataFrame(state.sp, sat1)
24 > str(state.spdf, max.level=2)
25 Formal class 'SpatialPolygonsDataFrame' [package "sp"] with 5 slots
26 ..@ data     :'data.frame': 49 obs. of 4 variables:
27 ..@ polygons  :List of 49
28 ..@ plotOrder : int [1:49] 42 25 4 30 27 2 5 49 36 22 ...
29 ..@ bbox     : num [1:2, 1:2] -124.7 25.1 -67 49.4
30 ... - attr(*, "dimnames")=List of 2
31 ..@ proj4string:Formal class 'CRS' [package "sp"] with 1 slot
```

183



# R 的空间数据类

## 空间面类

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

140



- sp 包提供 SpatialPolygonsDataFrame 类将 SpatialPolygons 对象转换为类似 data.frame 数据结构，用于挂载属性数据

```
1 % # 从 SpatialPolygonsDataFrame 对象中取得特定的数据
2 > california <- state.spdf[state.spdf$oname=="calif",]
3 > str(california,max.level=2)
4 Formal class 'SpatialPolygonsDataFrame' [package "sp"]
5   ↪ with 5 slots
6   ..@ data      : 'data.frame': 1 obs. of  4 variables:
7   ..@ polygons   : List of 1
8   ..@ plotOrder  : int 1
9   ..@ bbox       : num [1:2, 1:2] -124.4 32.5 -114.1 42
10  ...- attr(*, "dimnames")=List of 2
11  ..@ proj4string:Formal class 'CRS' [package "sp"]
12  ...- attr(*, "dimnames")=List of 2
13  ..@ proj4string:Formal class 'CRS' [package "sp"]
14  ...- attr(*, "dimnames")=List of 2
15 > california@data
16           oname vscore mscore pc
17     calif      497     514    49
```

183



# R 的空间数据类

## 空间面类

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

141

- 在地理实体中，除了岛 (island) 这种简单的面对象之外，还存在洞 (hole) 这种特殊的面对象，在 sp 包中简单通过逻辑标记 hole 定义面对象是否是洞
- 如果 hole 没有指定，那么可以通过 ringDir 属性来判定环的方向，1 表示顺时针则是岛，-1 表示逆时针是洞
- Polygons 类的 plotOrder 属性用来处理复杂面集合的绘制顺序

```
1 > getClass("Polygon")
2 Class "Polygon" [package "sp"]
3 
4 Slots:
5 
6 Name: labpt area hole ringDir coords
7 Class: numeric numeric logical integer matrix
8 
9 Extends: "Line"
10 > getClass("Polygons")
11 Class "Polygons" [package "sp"]
12 
13 Slots:
14 
15 Name: Polygons | \colorbox{green}{plotOrder} labpt ID area
16 Class: list integer numeric character numeric
```

183



# R 的空间数据类

## 空间面类

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

141

- 在地理实体中，除了岛 (island) 这种简单的面对象之外，还存在洞 (hole) 这种特殊的面对象，在 sp 包中简单通过逻辑标记 hole 定义面对象是否是洞
- 如果 hole 没有指定，那么可以通过 ringDir 属性来判定环的方向，1 表示顺时针则是岛，-1 表示逆时针是洞
- Polygons 类的 plotOrder 属性用来处理复杂面集合的绘制顺序

```
1 # 加载一个包含洞对象和岛对象的数据
2 > load("data/high.RData")
3 > manitoulin_sp <- high$SP
4 # 数据只有一个 Polygons
5 > length(manitoulin_sp@polygons)
6 > 1
7 # Polygons 中包含 19 个 Polygon
8 > str(manitoulin_sp@polygons[[1]],max.level=2)
9 Formal class 'Polygons' [package "sp"] with 5 slots
10 ..@ Polygons :List of 19
11 ..@ plotOrder: int [1:19] 1 2 3 4 18 17 19 5 6 7 ...
12 ..@ labpt   : num [1:2] 278 46
13 ..@ ID      : chr "2"
14 ..@ area    : num 0.694
15 # 19 个 Polygon 中有 4 个洞, 15 个岛
16 > sapply(manitoulin_sp@polygons[[1]]@Polygons, function(x) slot(x, "hole"))
17 [1] FALSE TRUE FALSE FALSE FALSE FALSE FALSE FALSE FALSE FALSE FALSE FALSE
18 [13] FALSE FALSE FALSE FALSE TRUE TRUE TRUE
19 > sapply(manitoulin_sp@polygons[[1]]@Polygons, function(x) slot(x, "ringDir"))
20 [1] 1 -1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 -1 -1 -1
```

183



# R 的空间数据类

## 空间面类

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

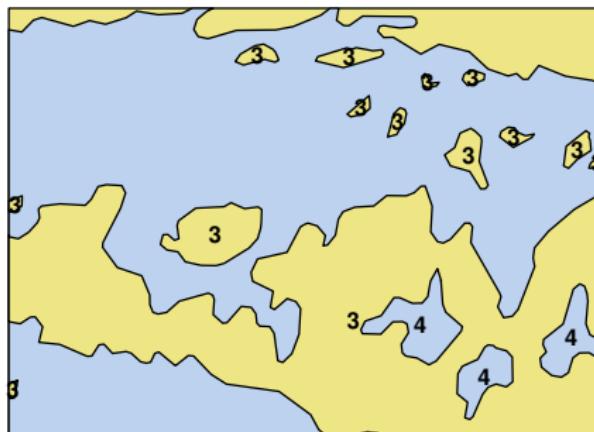
基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

141

- 在地理实体中，除了岛 (island) 这种简单的面对象之外，还存在洞 (hole) 这种特殊的面对象，在 sp 包中简单通过逻辑标记 **hole** 定义面对象是否是洞
- 如果 hole 没有指定，那么可以通过 **ringDir** 属性来判定环的方向，1 表示顺时针则是岛，-1 表示逆时针是洞
- Polygons 类的 **plotOrder** 属性用来处理复杂面集合的绘制顺序



图：先绘制大陆，接着是湖，然后是岛，最后是岛上的湖

183



# R 的空间数据类

## 栅格数据类

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

142

- sp 包除了矢量数据，还提供了 SpatialGrid 类和 SpatialPixel 类用于表达栅格数据
- GridTopology 类用于表达基本的网格对象，SpatialGrid 类在此基础上继承了 Spatial 类，使其具有 bbox 和 CRS 属性

183



# R 的空间数据类

## 栅格数据类

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

142

- sp 包除了矢量数据，还提供了 SpatialGrid 类和 SpatialPixel 类用于表达栅格数据
- GridTopology 类用于表达基本的网格对象，SpatialGrid 类在此基础上继承了 Spatial 类，使其具有 bbox 和 CRS 属性

```
1 # 通过左下角网格中心点坐标、网格尺寸和网格数目三个属性来定义基本网格
2 > getClass("GridTopology")
3 Class "GridTopology" [package "sp"]
4
5 Slots:
6
7 Name: cellcentre.offset      cellsizes      cells.dim
8 Class: numeric               numeric        integer
9 # 定义一个 bbox 范围
10 > b <- bbox(manitoulin_sp)
11 > bb
12   min   max
13 x 277.0 278.0
14 y 45.7 46.2
15 # 定义左下角中心点坐标和网格尺寸
16 > cs <- c(0.01, 0.01)
17 > cc <- bb[,1] + (cs/2)
18 # 定义 x 和 y 两个方向的网格数目
19 > cd <- ceiling(diff(t(bb))/cs)
20 # 创建一个 GridTopology 对象
21 > manitoulin_grd <- GridTopology(cellcentre.offset=cc, cellsizes=cs, cells.dim=cd)
22 > manitoulin_grd
23
24   x       y
25 cellcentre.offset 277.005 45.705
26   cellsizes          0.010  0.010
27   cells.dim         100.000 50.000
```

183



# R 的空间数据类

## 栅格数据类

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

142

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的绘  
图方法

- sp 包除了矢量数据，还提供了 SpatialGrid 类和 SpatialPixel 类用于表达栅格数据
- GridTopology 类用于表达基本的网格对象，SpatialGrid 类在此基础上继承了 Spatial 类，使其具有 bbox 和 CRS 属性

```
1 > getClass("SpatialGrid")
2 Class "SpatialGrid" [package "sp"]
3 
4 Slots:
5 
6 Name:           grid           bbox  proj4string
7 Class: GridTopology      matrix        CRS
8 
9 Extends: "Spatial"
10 
11 Known Subclasses: "SpatialGridDataFrame"
12 > p4s <- CRS(proj4string(manitoulin_sp))
13 # 创建 SpatialGrid 对象
14 > manitoulin_SG <- SpatialGrid(manitoulin_grd, proj4string=p4s)
15 > summary(manitoulin_SG)
16 Object of class SpatialGrid
17 Coordinates:
18     min   max
19   x 277.0 278.0
20   y 45.7  46.2
21 Is projected: FALSE
22 proj4string :
23 [+proj=longlat +datum=WGS84 +ellps=WGS84 +towgs84=0,0,0]
24 Grid attributes:
25   cellcentre.offset cellsize cells.dim
26   x          277.005    0.01       100
27   y          45.705    0.01       50
```

183



# R 的空间数据类

## 栅格数据类

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形  
统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

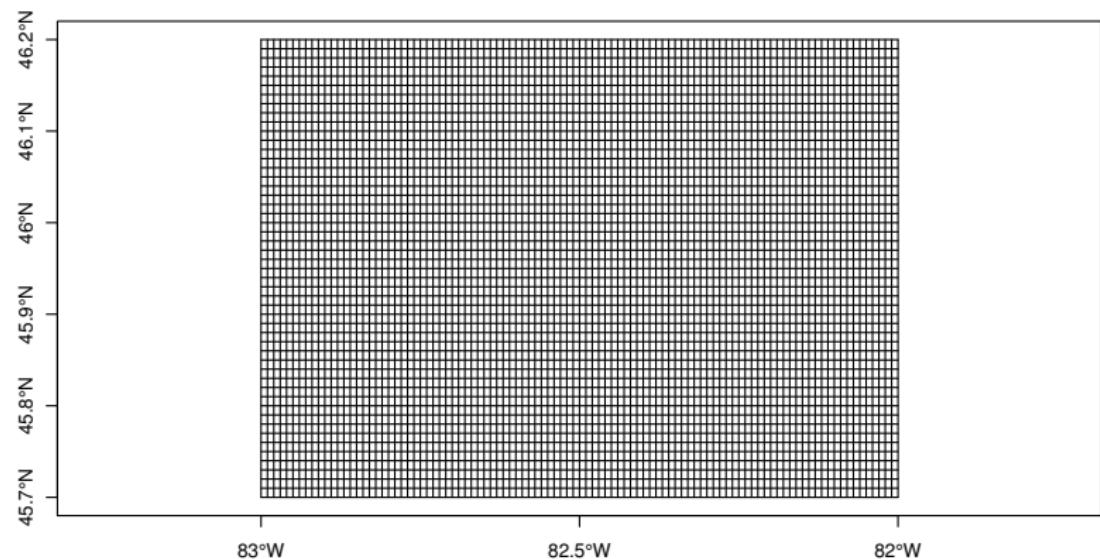
空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

142



183



# R 的空间数据类

## 栅格数据类

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

143

- sp 包提供 SpatialGridDataFrame 类将 SpatialGrid 对象转换为类似 data.frame 数据结构，用于挂载网格上的属性，例如高程、温度、风力、颜色等
- SpatialGridDataFrame 类的数据属性存储完整网格的全部属性数据，包括 NA 值的

```
# 读取一个 Geotiff 格式栅格数据数据到 SpatialGridDataFrame 对象 auck_el1
> library(rgdal)
> auck_el1 <- readGDAL("data/70042108.tif")
# 对象是由 1320*1200 的维度构成
> auck_el1@grid
      x           y
cellcentre.offset 1.742004e+02 -3.749958e+01
cellsize          8.333333e-04  8.333333e-04
cells.dim         1.320000e+03  1.200000e+03
# data 存储了完整的 1584000 个网格的属性数据
> str(auck_el1,max.level=2)
Formal class 'SpatialGridDataFrame' [package "sp"] with 4 slots
..@ data       : 'data.frame': 1584000 obs. of  1 variable:
..@ grid       : Formal class 'GridTopology' [package "sp"] with 3 slots
..@ bbox       : num [1:2, 1:2] 174.2 -37.5 175.3 -36.5
... .- attr(*, "dimnames")=List of 2
..@ proj4string:Formal class 'CRS' [package "sp"] with 1 slot
# data 属性只有一个 band1 字段，表示海拔高程；将高程等于或者小于 0 米的网格设置为 NA
> str(auck_el1@data)
'data.frame': 1584000 obs. of  1 variable:
$ band1: num  40 45 42 34 42 59 79 99 113 127 ...
> is.na(auck_el1$band1) <- auck_el1$band1 <= 0
> summary(auck_el1$band1)
   Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max. NA's
1.0    23.0   53.0  78.1 106.0 686.0 791938
```

183



# R 的空间数据类

## 栅格数据类

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

144

- sp 包还提供了 SpatialPixels 类实现另一种栅格数据表达；与 SpatialGrid 相比，SpatialPixels 增加了 grid.index 和 coords 属性，分别用于存储网格索引和中心点坐标
- 一个好处是在 SpatialPixelsDataFrame 类中只存储非 NA 值的 网格属性，可以减小 data 属性的存储空间和处理时间
- 另一个好处是可以将栅格数据以空间点存储在外部数据库中，也可以由空间点类创建栅格数据

```
1 > getClass("SpatialPixels")
2 Class "SpatialPixels" [package "sp"]
3 
4 Slots:
5 
6 Name:      grid   grid.index      coords      bbox   proj4string
7 Class: GridTopology   integer      matrix      matrix   CRS
8 
9 Extends:
10 Class "SpatialPoints", directly
11 Class "Spatial", by class "SpatialPoints", distance 2
12 
13 Known Subclasses: "SpatialPixelsDataFrame"
```

183



# R 的空间数据类

## 栅格数据类

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

144

- sp 包还提供了 SpatialPixels 类实现另一种栅格数据表达；与 SpatialGrid 相比，SpatialPixels 增加了 grid.index 和 coords 属性，分别用于存储网格索引和中心点坐标
- 一个好处是在 SpatialPixelsDataFrame 类中只存储非 NA 值的 网格属性，可以减小 data 属性的存储空间和处理时间
- 另一个好处是可以将栅格数据以空间点存储在外部数据库中，也可以由空间点类创建栅格数据

```
1 # 转换为 SpatialPixelsDataFrame 类
2 > auck_el2 <- as(auck_el1, "SpatialPixelsDataFrame")
3 # 由于 data 属性只存储非 NA 值，因此只有 792062 维度
4 # grid.index 属性用于网格索引，只存储非 NA 值网格的序号
5 # coords 属性可以和 SpatialPoints 美互相转换适合在外部数据库中存储
6 > str(auck_el2, max.level=2)
7 Formal class 'SpatialPixelsDataFrame' [package "sp"] with 7 slots
8   ..@ data      :'data.frame': 792062 obs. of  1 variable:
9   ..@ coords.nrs : num(0)
10  ..@ grid       :Formal class 'GridTopology' [package "sp"] with 3 slots
11  ..@ grid.index : int [1:792062] 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ...
12  ..@ coords    : num [1:792062, 1:2] 174 174 174 174 174 ...
13  .... attr(*, "dimnames")=List of 2
14  ..@ bbox      : num [1:2, 1:2] 174.2 -37.5 175.3 -36.5
15  .... attr(*, "dimnames")=List of 2
16  ..@ proj4string:Formal class 'CRS' [package "sp"] with 1 slot
```

183



# R 的空间数据类

## 栅格数据类

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的绘  
图方法

144

- sp 包还提供了 SpatialPixels 类实现另一种栅格数据表达；与 SpatialGrid 相比，SpatialPixels 增加了 grid.index 和 coords 属性，分别用于存储网格索引和中心点坐标
- 一个好处是在 SpatialPixelsDataFrame 类中 只存储非 NA 值的 网格属性，可以减小 data 属性的存储空间和处理时间
- 另一个好处是可以 将栅格数据以空间点存储在外部数据库中，也可以由空间点类创建栅格数据

```
1 # SpatialPixelsDataFrame 减少了 data 属性存储空间
2 > object.size(auck_el1@data)
3 12672672 bytes
4 > object.size(auck_el2@data)
5 9505408 bytes
6
7 # 虽然 data 不用存储 NA 值，但是 SpatialPixelsDataFrame 需要额外存储 coords 和 grid.index,
8 # 所以如果属性很少，而且非 NA 值比例不高的情况下，反而占的空间比较大
9 > object.size(auck_el1) # SpatialGridDataFrame 不用存储 coords 和 grid.index
10 12676296 bytes
11 > object.size(auck_el2@grid.index) # grid.index 另外占用空间
12 3168288 bytes
13 > object.size(auck_el2@coords) # coords 另外占用空间
14 12673512 bytes
15 # 占用空间几乎是 SpatialGridDataFrame 的二倍，但是在处理速度上由于有 grid.index 索引，
16 # 因此比 SpatialGridDataFrame 要快
17 > object.size(auck_el2)
18 25351272 bytes
```

183



# R 的空间数据类

## 栅格数据类

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

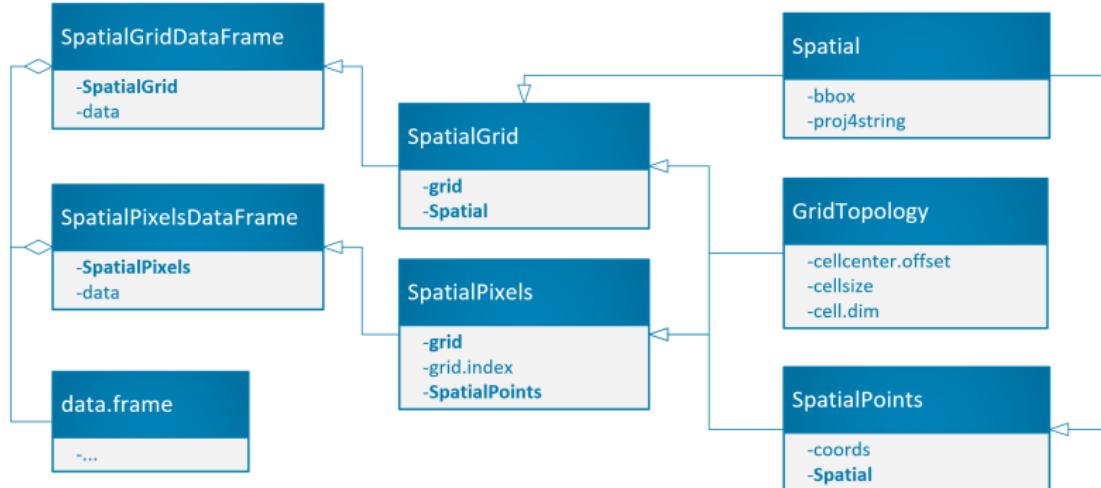
基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

144

183

- sp 包还提供了 SpatialPixels 类实现另一种栅格数据表达；与 SpatialGrid 相比，SpatialPixels 增加了 grid.index 和 coords 属性，分别用于存储网格索引和中心点坐标
- 一个好处是在 SpatialPixelsDataFrame 类中 只存储非 NA 值的 网格属性，可以减小 data 属性的存储空间和处理时间
- 另一个好处是可以 将栅格数据以空间点存储在外部数据库中，也可以由空间点类创建栅格数据





# R 的空间数据类

## 栅格数据类

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

145

- sp 包处理栅格数据的方式是将所有数据一次性读入内存，但是这样对于大数据量可能会导致内存溢出，因此从 2010 年开始 CRAN 发布了 raster 包，可以将栅格数据分块读入内存
- raster 包提供 raster 函数值将参数读入内存创建 RasterLayer 对象，而并不读入网格数据；当需要读取数据到内存时，则调用 getValues 或 extract 函数

183



# R 的空间数据类

## 栅格数据类

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

145

- sp 包处理栅格数据的方式是将所有数据一次性读入内存，但是这样对于大数据量可能会导致内存溢出，因此从 2010 年开始 CRAN 发布了 raster 包，可以将栅格数据分块读入内存
- raster 包提供 raster 函数值将参数读入内存创建 RasterLayer 对象，而并不读入网格数据；当需要读取数据到内存时，则调用 getValues 或 extract 函数

```
1 > library(raster)
2 # 读取栅格文件数据到 RasterLayer 对象
3 > r <- raster("data/70042108.tif")
4 # RasterLayer 对象只存储数据的参数，包括维度、分辨率、范围、CRS、文件路径和名称
5 > r
6 class       : RasterLayer
7 dimensions  : 1200, 1320, 1584000 (nrow, ncol, ncell)
8 resolution   : 0.0008333333, 0.0008333333 (x, y)
9 extent      : 174.2, 175.3, -37.5, -36.5 (xmin, xmax, ymin, ymax)
10 coord. ref. : +proj=longlat +datum=WGS84 +no_defs +ellps=WGS84 +towgs84=0,0,0
11 data source  : /home/mono/Documents/tex_projects/r_guide_slide/data/70042108.tif
12 names       : X70042108
13 # 并没有将网格数据读入内存，因此只占用很小的空间
14 > inMemory(r)
15 [1] FALSE
16 > object.size(r)
17 12032 bytes
18 # 用 getValues 函数将所有网格数据读入内存
19 > rs <- getValues(r)
20 > object.size(rs)
21 12672040 bytes
```

183



# R 的空间数据类

## 栅格数据类

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

146

- RasterLayer 只能表达一个属性的栅格数据，而有多个属性时，则可以在相同的空间范围和分辨率网格中叠加存储数据，raster 包提供了 brick 和 stack 两个函数来实现
- brick 函数读入一个包含多层栅格数据的文件，而 stack 函数读入多个只包含一层栅格数据的文件；brick 函数创建 RasterBrick 对象，而 stack 函数创建 RasterStack 对象

183



# R 的空间数据类

## 栅格数据类

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

146

- RasterLayer 只能表达一个属性的栅格数据，而有多个属性时，则可以在相同的空间范围和分辨率网格中叠加存储数据，raster 包提供了 brick 和 stack 两个函数来实现
- brick 函数读入一个包含多层栅格数据的文件，而 stack 函数读入多个只包含一层栅格数据的文件；brick 函数创建 Raster-Brick 对象，而 stack 函数创建 RasterStack 对象

```

1 > library(raster)
2 # 读取并创建一个 RasterLayer 对象
3 > data <- system.file("external/test.grd", package="raster")
4 > r1 <- raster(data)
5 > nlayers(r1) # r1 对象只包含一层数据，也就是一个属性
6 [1] 1
7 # 创建第二个 RasterLayer 对象
8 > r2 <- r1 * r1
9 # 创建第三个 RasterLayer 对象
10 > r3 <- sqrt(r1)
11 # 三个具有相同空间范围和分辨率的 RasterLayer 对象通过 stack 函数叠加后创建 RasterStack 对象
12 > s <- stack(r1,r2,r3)
13 > s # 创建的 RasterStack 对象包括三个数据层
14 class : RasterStack
15 dimensions : 115, 80, 9200, 3 (nrow, ncol, ncell, nlayers)
16 resolution : 40, 40 (x, y)
17 extent : 178400, 181600, 329400, 334000 (xmin, xmax, ymin, ymax)
18 coord. ref. : +init=epsg:28992 +towgs84=565.237,50.0087,465.658,-0.406857,0.350733,-1.87035,4.0812
   ↪ +proj=sterea +lat_0=52.15616055555555 +lon_0=5.38763888888889 +k=0.9999079 +x_0=155000
   ↪ +y_0=463000 +ellps=bessel +units=m +no_defs
19 names : test, layer.1, layer.2
20 min values : 128.43401, 16495.29383, 11.33287
21 max values : 1.805780e+03, 3.260842e+06, 4.249447e+01

```

183



# R 的空间数据类

## 栅格数据类

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

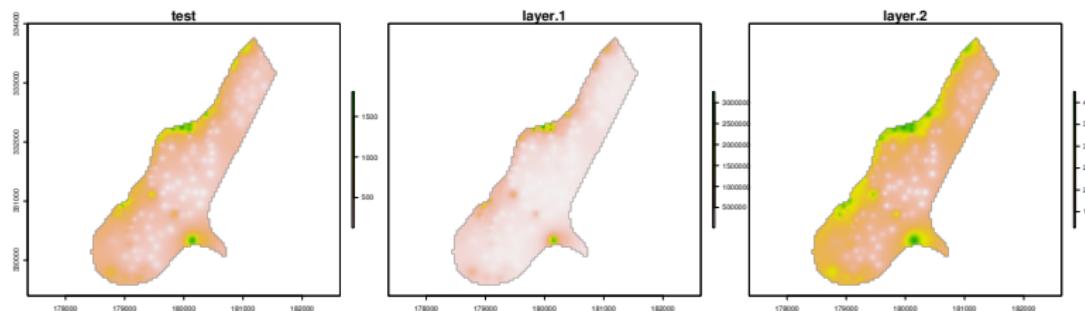
空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

146



183



# R 的空间数据类

## 栅格数据类

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

146

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

- RasterLayer 只能表达一个属性的栅格数据，而有多个属性时，则可以在相同的空间范围和分辨率网格中叠加存储数据，raster 包提供了 brick 和 stack 两个函数来实现
- brick 函数读入一个包含多层栅格数据的文件，而 stack 函数读入多个只包含一层栅格数据的文件；brick 函数创建 RasterBrick 对象，而 stack 函数创建 RasterStack 对象

```
1 # 读取一个包含多层数据的栅格文件
2 > b <- brick(system.file("external/rlogo.grd", package="raster"))
3 # brick 函数创建的 RasterBrick 对象
4 > b
5 class      : RasterBrick
6 dimensions : 77, 101, 7777, 3 (nrow, ncol, ncell, nlayers)
7 resolution : 1, 1 (x, y)
8 extent     : 0, 101, 0, 77 (xmin, xmax, ymin, ymax)
9 coord. ref. : +proj=merc +datum=WGS84 +ellps=WGS84 +towgs84=0,0,0
10 data source: /home/mono/Softwares/R/3.4/raster/external/rlogo.grd
11 names      : red, green, blue
12 min values : 0, 0, 0
13 max values : 255, 255, 255
14 # RasterBrick 对象包含三层数据
15 > nlayers(b)
16 [1] 3
17 # 三层数据对应的三个属性
18 > names(b)
19 [1] "red"   "green" "blue"
```

183



# R 的空间数据类

## 栅格数据类

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形  
统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

147

183

- raster 包提供 **blockSize** 函数对栅格数据进行分块，分块按照整行读取，根据行数确定分块大小
- **writeValues** 函数将分块数据写入文件，**writeStart** 和 **writeStop** 函数则控制此写入过程的起始和终止



# R 的空间数据类

## 栅格数据类

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

147

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

- raster 包提供 **blockSize** 函数对栅格数据进行分块，分块按照整行读取，根据行数确定分块大小
- **writeValues** 函数将分块数据写入文件，**writeStart** 和 **writeStop** 函数则控制此写入过程的起始和终止

```
1 > out <- raster("data/70042108.tif")
2 > bs <- blockSize(out)
3 > bs # 默认分块数为 4, row 是每块起始的行号, nrows 是每个分块的行数
4 $row
5 [1] 1 301 601 901
6 $nrows
7 [1] 300 300 300 300
8 $n
9 [1] 4
10 # 开始写入操作, 创建一个临时文件
11 > out <- writeStart(out, filename=tempfile(), overwrite=TRUE)
12 > for (i in 1:bs$n) {
+   v <- getValues(r, row=bs$row[i], nrows=bs$nrows[i]) # 读取分块数据
+   v[v <= 0] <- NA # 分块中高程小于或等于 0 米的数据设置为 NA 值
+   writeValues(out, v, bs$row[i])) # 将分块数据写入临时文件
13 # 结束写入操作, 释放文件锁
14 > out <- writeStop(out)
15 > out # 从 data source 可以看到写入文件的位置
16 class : RasterLayer
17 dimensions : 1200, 1320, 1584000 (nrow, ncol, ncell)
18 resolution : 0.0008333333, 0.0008333333 (x, y)
19 extent : 174.2, 175.3, -37.5, -36.5 (xmin, xmax, ymin, ymax)
20 coord. ref. : +proj=longlat +datum=WGS84 +no_defs +ellps=WGS84 +towgs84=0,0,0
21 data source : /tmp/RtmpNPhsrD/file177423e63b141.grd
22 names : layer
23 values : NA, NA (min, max)
```

183



# R 的空间数据类

## 栅格数据类

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

空间数据交换

基础绘图方法

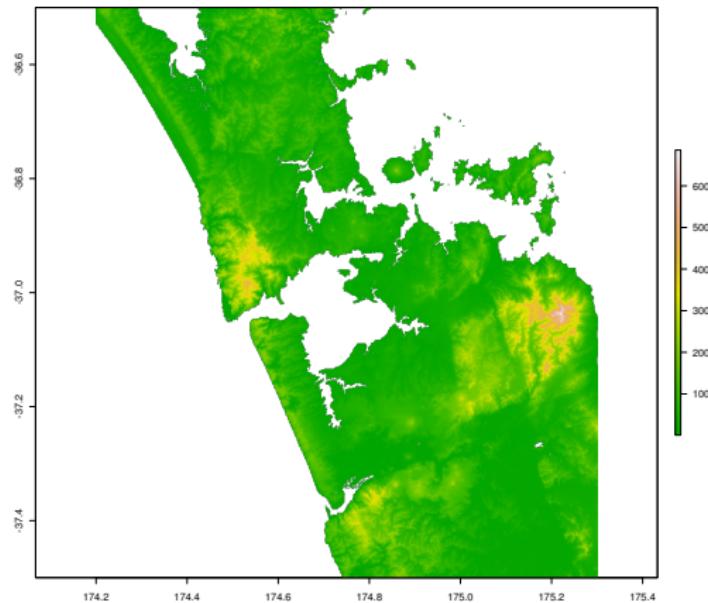
基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

147

183

- raster 包提供 `blockSize` 函数对栅格数据进行分块，分块按照整行读取，根据行数确定分块大小
- `writeValues` 函数将分块数据写入文件，`writeStart` 和 `writeStop` 函数则控制此写入过程的起始和终止





# R 的空间数据类

## 栅格数据类

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间点类

空间线类

空间面类

栅格数据类

148

- sp 包和 raster 包的栅格数据类可以互相转换，例如 RasterLayer 对象可以强制转换为 SpatialGridDataFrame 对象，反之亦可

```
1 > # RasterLayer 对象转换为 SpatialGridDataFrame 对象
2 > r1 <- as(out, "SpatialGridDataFrame")
3 > str(r1, max.level=2)
4 Formal class 'SpatialGridDataFrame' [package "sp"] with 4 slots
5   ..@ data    : 'data.frame': 1584000 obs. of 1 variable:
6   ..@ grid     :Formal class 'GridTopology' [package "sp"] with 3 slots
7   ..@ bbox     : num [1:2, 1:2] 174.2 -37.5 175.3 -36.5
8   ...- attr(*, "dimnames")=List of 2
9   ..@ proj4string:Formal class 'CRS' [package "sp"] with 1 slot
10
11 > # SpatialGridDataFrame 转换为 RasterLayer 对象
12 > r2 <- as(r1, "RasterLayer")
13 > str(r2, max.level=2)
14 Formal class 'RasterLayer' [package "raster"] with 12 slots
15   ..@ file     :Formal class '.RasterFile' [package "raster"] with 13 slots
16   ..@ data     :Formal class '.SingleLayerData' [package "raster"] with 13 slots
17   ..@ legend   :Formal class '.RasterLegend' [package "raster"] with 5 slots
18   ..@ title    : chr(0)
19   ..@ extent   :Formal class 'Extent' [package "raster"] with 4 slots
20   ..@ rotated  : logi FALSE
21   ..@ rotation:Formal class '.Rotation' [package "raster"] with 2 slots
22   ..@ ncols   : int 1320
23   ..@ nrows   : int 1200
24   ..@ crs     :Formal class 'CRS' [package "sp"] with 1 slot
25   ..@ history  : list()
26   ..@ z        : list()
```

183



# 空间数据交换

## 开源 GIS 生态圈

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交  
换

栅格格式文件交  
换

其他空间数据交  
换

包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的

绘图方法

- 除了商业的 GIS 软件产品 (如 ArcGIS、SuperMap 等) 之外, 世  
界上还有一些由**非营利性组织负责维护和管理大量的开源 GIS  
项目**, 其中最著名的是由地理空间开源基金会(OSGeo, Open  
Source Geospatial Foundation) 维护的项目
- OSGeo 维护的项目都遵循其制定的 X/MIT 开源许可协议, 是  
许多 GIS 软件的基础, 推动了开源 GIS 生态圈的良性发展



# 空间数据交换

## 开源 GIS 生态圈

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交  
换

栅格格式文件交  
换

其他空间数据交  
换

包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

183

- 除了商业的 GIS 软件产品(如 ArcGIS、SuperMap 等)之外,世界上还有一些由**非营利性组织负责维护和管理大量的开源 GIS 项目**,其中最著名的是由地理空间开源基金会(OSGeo,Open Source Geospatial Foundation)维护的项目
- OSGeo 维护的项目都遵循其制定的 X/MIT 开源许可协议,是许多 GIS 软件的基础,推动了开源 GIS 生态圈的良性发展



图: OSGeo 及其从 2006 年开始主办的开源 GIS 年度会议—FOSS4G(Free and Open Source Software for Geoinformatics)



# 空间数据交换

## 开源 GIS 生态圈

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

其他空间数据交换

包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘

图方法

基于 ggplot2 的

绘图方法

- 除了商业的 GIS 软件产品(如 ArcGIS、SuperMap 等)之外,世界上还有一些由**非营利性组织负责维护和管理大量的开源 GIS 项目**,其中最著名的是由地理空间开源基金会(OSGeo,Open Source Geospatial Foundation)维护的项目
- OSGeo 维护的项目都遵循其制定的 X/MIT 开源许可协议,是许多 GIS 软件的基础,推动了开源 GIS 生态圈的良性发展



图: 开源 GIS 的贡献者们



# 空间数据交换

## 开源 GIS 生态圈

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

其他空间数据交  
换包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

- 除了商业的 GIS 软件产品(如 ArcGIS、SuperMap 等)之外，世界上还有一些由非营利性组织负责维护和管理大量的开源 GIS 项目，其中最著名的是由地理空间开源基金会(OSGeo)(Open Source Geospatial Foundation)维护的项目
- OSGeo 维护的项目都遵循其制定的 X/MIT 开源许可协议，是许多 GIS 软件的基础，推动了开源 GIS 生态圈的良性发展



图：开源 GIS 生态圈



# 空间数据交换

## 开源 GIS 生态圈

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交  
换

栅格格式文件交  
换

其他空间数据交  
换

包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

- 除了商业的 GIS 软件产品(如 ArcGIS、SuperMap 等)之外,世界上还有一些由**非营利性组织负责维护和管理大量的开源 GIS 项目**,其中最著名的是由地理空间开源基金会(OSGeo,Open Source Geospatial Foundation)维护的项目
- OSGeo 维护的项目都遵循其制定的 X/MIT 开源许可协议,是许多 GIS 软件的基础,推动了开源 GIS 生态圈的良性发展

GIS 技术线	商业产品	开源解决方案
桌面 GIS	ArcMap	QGIS、GRASS GIS
webGIS	ArcGIS Server	Geoserver
空间数据库	ArcSDE、Oracle Spatial	PostGIS
地图服务	Google Maps	OpenStreetMap
程序开发库	ArcEngine	GDAL、GeoTools、proj.4
元数据管理	ArcCatalog	GeoNetwork

表: 商业和开源 GIS 解决方案对比



# 空间数据交换

## rgdal 包

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

150

坐标参考系统

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

其他空间数据交换

包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘

图方法

基于 ggplot2 的

绘图方法

- [GDAL](#)(Geospatial Data Abstraction Library) 是 Frank Warmerdam 从 1998 年开发的空间数据转换库，从 1.3.2 版本开始移交给 OSGeo 维护，成为在 X/MIT 许可协议下的开源库
- GDAL 是 GIS 领域最重要的底层库之一，它利用抽象数据模型来表达所支持的各种文件格式，并提供一系列命令行工具来进行数据转换和处理，目前支持多达 154 种栅格数据格式和 93 种矢量数据格式



Frank Warmerdam



GDAL logo

183



# 空间数据交换

## rgdal 包

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系

统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

150

坐标参考系统

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

其他空间数据交

换

包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘

图方法

基于 ggplot2 的

绘图方法

- [GDAL](#)(Geospatial Data Abstraction Library) 是 Frank Warmerdam 从 1998 年开发的空间数据转换库，从 1.3.2 版本开始移交给 OSGeo 维护，成为在 X/MIT 许可协议下的开源库
- GDAL 是**GIS 领域最重要的底层库之一**，它利用抽象数据模型来表达所支持的各种文件格式，并提供一系列命令行工具来进行数据转换和处理，目前支持多达**154 种栅格数据格式和 93 种矢量数据格式**



Frank Warmerdam



GDAL logo

183



# 空间数据交换

## rgdal 包

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

151

坐标参考系统

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

其他空间数据交  
换包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

- 许多著名的开源和商业的 GIS 软件都 在底层数据转换模块中 使用 GDAL 库，包括 ESRI ArcGIS、Google Earth、GRASS GIS 等；而 R 本身属于开源生态圈，因此自然也选择采用 GDAL 库作为外部 GIS 数据和内部 sp 对象相互转换的底层库
- 由于原生 GDAL 库是 ANSI C 和 C++ 开发的，所以 Roger Bivand 等人开发了 rgdal 包用于封装了 GDAL 库，从而可以在 R 中调用 GDAL 库函数
- rgdal 包只是实现了在 R 中调用 GDAL 库中的 C 或 C++ 函数，本质上还是要依赖 GDAL，因此在载入 rgdal 包之前要先 安装好原生的 GDAL 库

183



# 空间数据交换

## rgdal 包

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

151

坐标参考系统

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

其他空间数据交  
换包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

- 许多著名的开源和商业的 GIS 软件都 在底层数据转换模块中 使用 GDAL 库，包括 ESRI ArcGIS、Google Earth、GRASS GIS 等；而 R 本身属于开源生态圈，因此自然也选择采用 GDAL 库作为外部 GIS 数据和内部 sp 对象相互转换的底层库
- 由于原生 GDAL 库是 ANSI C 和 C++ 开发的，所以 Roger Bivand 等人开发了 rgdal 包用于封装了 GDAL 库，从而可以在 R 中调用 GDAL 库函数
- rgdal 包只是实现了在 R 中调用 GDAL 库中的 C 或 C++ 函数，本质上还是要依赖 GDAL，因此在载入 rgdal 包之前要先 安装好原生的 GDAL 库

183



# 空间数据交换

## rgdal 包

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

其他空间数据交  
换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

151

- 许多著名的开源和商业的 GIS 软件都 在底层数据转换模块中 使用 GDAL 库，包括 ESRI ArcGIS、Google Earth、GRASS GIS 等；而 R 本身属于开源生态圈，因此自然也选择采用 GDAL 库作为外部 GIS 数据和内部 sp 对象相互转换的底层库
- 由于原生 GDAL 库是 ANSI C 和 C++ 开发的，所以 Roger Bivand 等人开发了 rgdal 包用于封装了 GDAL 库，从而可以在 R 中调用 GDAL 库函数
- rgdal 包只是实现了在 R 中调用 GDAL 库中的 C 或 C++ 函数，本质上还是要依赖 GDAL，因此在载入 rgdal 包之前要先 安装好原生的 GDAL 库

```
1 # rgdal 包不但依赖 sp 包，而且依赖外部的 GDAL 库和 proj.4 库，在使用 rgdal 包前要确保这两个库正确安装!
2 > library(rgdal)
3 Loading required package: sp
4 rgdal: version: 1.2-18, (SVN revision 718)
5 Geospatial Data Abstraction Library extensions to R successfully loaded
6 Loaded GDAL runtime: GDAL 2.1.3, released 2017/20/01
7 Path to GDAL shared files: /usr/share/gdal/2.1
8 GDAL binary built with GEOS: TRUE
9 Loaded PROJ.4 runtime: Rel. 4.9.2, 08 September 2015, [PJ_VERSION: 492]
10 Path to PROJ.4 shared files: (autodetected)
11 Linking to sp version: 1.2-7
```

183



# 空间数据交换

## 坐标参考系统

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

152

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

其他空间数据交换

包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

- 坐标参考系统 (CRS) 是测量学和制图学的核心理论，其目标是解决 “如何在平面中表示一个不规则椭球” 的问题，这也是 GIS 系统和其他计算机系统最大的区别之一
- CRS 的一种定义是地理坐标系统(GCS)，用三维椭球模型来定义地球表面位置，以经纬度为坐标对地球表面进行数学描述

183



# 空间数据交换

## 坐标参考系统

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

152

矢量格式文件交換

栅格格式文件交換

其他空间数据交換  
包

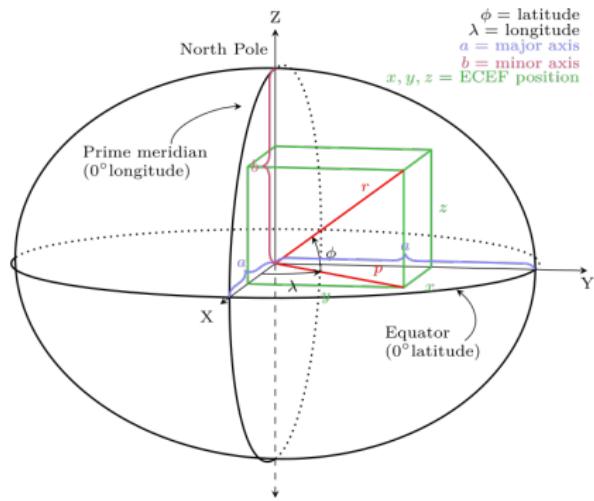
基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

183

- 坐标参考系统 (CRS) 是测量学和制图学的核心理论，其目标是解决 “如何在平面中表示一个不规则椭球” 的问题，这也是 GIS 系统和其他计算机系统最大的区别之一
- CRS 的一种定义是地理坐标系统 (GCS)，用三维椭球模型来定义地球表面位置，以经纬度为坐标对地球表面进行数学描述



图：地理坐标系统包括参考椭球体、本初子午线和经纬度单位三个要素



# 空间数据交换

## 坐标参考系统

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

153

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

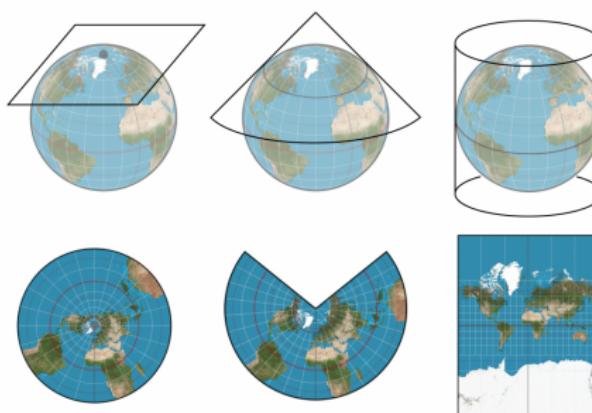
其他空间数据交  
换包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

- CRS 的另一种定义是**投影坐标系统(PCS)**，将地球表面按照某种投影类型投射到一个二维平面，以笛卡尔坐标系对地球表面进行数学描述
- 所有**投影坐标系统**都只能是对地球表面的近似描述，可以保证在某些测度(角度、距离、面积等)上是准确的，但是必然会牺牲其他方面的测度



图：投影坐标系统，常见的投影类型包括方位（左）、圆锥（中）和圆柱（右）

183



# 空间数据交换

## 坐标参考系统

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

153

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

其他空间数据交换

包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

- CRS 的另一种定义是**投影坐标系统(PCS)**，将地球表面按照某种投影类型投射到一个二维平面，以笛卡尔坐标系对地球表面进行数学描述
- 所有**投影坐标系统都只能是对地球表面的近似描述**，可以保证在某些测度（角度、距离、面积等）上是准确的，但是必然会牺牲其他方面的测度

183



# 空间数据交换

## 坐标参考系统

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

153

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

其他空间数据交换

包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘

图方法

基于 ggplot2 的

绘图方法

- CRS 的另一种定义是**投影坐标系统(PCS)**，将地球表面按照某种投影类型投射到一个二维平面，以笛卡尔坐标系对地球表面进行数学描述
- 所有**投影坐标系统都只能是对地球表面的近似描述**，可以保证在某些测度(角度、距离、面积等)上是准确的，但是必然会牺牲其他方面的测度



图：等角投影的世界地图，保证角度测度是准确的，但是面积变形严重

183



# 空间数据交换

## 坐标参考系统

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

153

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

其他空间数据交换

包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘

图方法

基于 ggplot2 的

绘图方法

- CRS 的另一种定义是**投影坐标系统(PCS)**，将地球表面按照某种投影类型投射到一个二维平面，以笛卡尔坐标系对地球表面进行数学描述
- 所有**投影坐标系统都只能是对地球表面的近似描述**，可以保证在某些测度(角度、距离、面积等)上是准确的，但是必然会牺牲其他方面的测度



图：等面积投影的世界地图，保证面积测度是准确的，但是角度变形严重

183



# 空间数据交换

## 坐标参考系统

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

154

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

其他空间数据交换

包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘

图方法

基于 ggplot2 的

绘图方法

- GDAL 包底层 CRS 采用的是 proj.4 库，因此在安装 GDAL 和 rgdal 之前要先安装 proj.4
- proj.4 是一个历史悠久的 CRS 库，最早是由 **Gerald Evenden** 开发维护，第一个版本是 80 年代初期用 Fortran 语言开发的，1985 年发布了 Unix 系统下的 C 语言版本，1990 发布的第三个版本被命名为 **proj.3**，1995 年发布的 4.3 版是 Evenden 开发的最后一个版本，命名为 **proj.4**；从 2000 年开始，Frank Warmerdam 接管了项目的维护工作直到 2008 年被 OSGeo 接纳，**成为 OSGeo 基础开发库并由其负责维护**；2018 年 3 月 proj 的第 5 个版本发布，目前支持的地图投影已经超过 **138 个**

183



# 空间数据交换

## 坐标参考系统

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

154

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

其他空间数据交  
换包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

- GDAL 包底层 CRS 采用的是 [proj.4 库](#)，因此在安装 GDAL 和 rgdal 之前要先安装 proj.4
- proj.4 是一个历史悠久的 CRS 库，最早是由 [Gerald Evenden](#) 开发维护，第一个版本是 80 年代初期用 Fortran 语言开发的，1985 年发布了 Unix 系统下的 C 语言版本，1990 发布的第三个版本被命名为 [proj.3](#)，1995 年发布的 4.3 版是 Evenden 开发的最后一个版本，命名为 [proj.4](#)；从 2000 年开始，Frank Warmerdam 接管了项目的维护工作直到 2008 年被 OSGeo 接纳，[成为 OSGeo 基础开发库并由其负责维护](#)；2018 年 3 月 proj 的第 5 个版本发布，目前支持的地图投影已经超过 [138 个](#)

183



# 空间数据交换

## 坐标参考系统

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

154

- GDAL 包底层 CRS 采用的是 proj.4 库，因此在安装 GDAL 和 rgdal 之前要先安装 proj.4
- proj.4 是一个历史悠久的 CRS 库，最早是由 Gerald Evenden 开发维护，第一个版本是 80 年代初期用 Fortran 语言开发的，1985 年发布了 Unix 系统下的 C 语言版本，1990 发布的第三个版本被命名为 proj.3，1995 年发布的 4.3 版是 Evenden 开发的最后一个版本，命名为 proj.4；从 2000 年开始，Frank Warmerdam 接管了项目的维护工作直到 2008 年被 OSGeo 接纳，成为 OSGeo 基础开发库并由其负责维护；2018 年 3 月 proj 的第 5 个版本发布，目前支持的地图投影已经超过 138 个

```
1 # rgdal 包载入前要先做 proj.4 库依赖性检查
2 > library(rgdal)
3 Loading required package: sp
4 rgdal: version: 1.2-18, (SVN revision 718)
5 Geospatial Data Abstraction Library extensions to R successfully loaded
6 Loaded GDAL runtime: GDAL 2.1.3, released 2017/20/01
7 Path to GDAL shared files: /usr/share/gdal/2.1
8 GDAL binary built with GEOS: TRUE
9 Loaded PROJ.4 runtime: Rel. 4.9.2, 08 September 2015, [PJ_VERSION: 492]
10 Path to PROJ.4 shared files: (autodetected)
11 Linking to sp version: 1.2-7
```

183



# 空间数据交换

## 坐标参考系统

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形  
统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

155

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

其他空间数据交  
换包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

- proj.4 库有一套 CRS 定义的规范，表示方法是 CRS 中的“参数标签 = 值”（不能有空格），每个参数标签以“+”开始并且用空格区分不同的标签/值对，**最终形成一个字符串**

参数标签	含义
proj	投影名称，定义 PCS; 当 =longlat 时定义 GCS
ellps	椭球体名称
datum	基准面名称
pm	备用本初子午线（通常是一个城市名称）
lon_0,lat_0	中央经线和纬度原点
towgs84	三参数或七参数基准面转换
x_0,y_0	东伪偏移和北伪偏移
k_0	比例因子
a,b	椭球体长短轴长度
axis	轴方向
zone	UTM 时区
init	CRS 定义文件存放路径和关键字
no_defs	不使用默认的定义文件

表: proj.4 主要的参数标签

183



# 空间数据交换

## 坐标参考系统

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

155

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

其他空间数据交换

包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

- proj.4 库有一套 CRS 定义的规范，表示方法是 CRS 中的“参数标签 = 值”（不能有空格），每个参数标签以“+”开始并且用空格区分不同的标签/值对，最终形成一个字符串

```

1 # 定义深圳西安 1980 坐标系 3 度带投影：投影名称横轴墨卡托，中央经线东经 114 度，比例因子 1，东移偏移
2   ↪ 500000，椭球体长轴
3 长度6378140米，短轴长度6356755.288157528米，单位米
4 > CRS("+proj=tmerc +lat_0=0 +lon_0=114 +k=1 +x_0=500000 +y_0=0 +a=6378140 +b=6356755.288157528
5   ↪ +units=m +no_defs")
6 CRS arguments:
7   +proj=tmerc +lat_0=0 +lon_0=114 +k=1 +x_0=500000 +y_0=0 +a=6378140 +b=6356755.288157528 +units=m
8   ↪ +no_defs
9
10 # 定义深圳北京 1954 坐标系 3 度带投影：投影名称横轴墨卡托，中央经线东经 114 度，比例因子 1，东移偏移
11   ↪ 500000。
12 椭球体为苏联克拉索夫斯基椭球体，单位米
13 > CRS("+proj=tmerc +lat_0=0 +lon_0=114 +k=1 +x_0=500000 +y_0=0 +ellps=krass +units=m +no_defs")
14 CRS arguments:
15   +proj=tmerc +lat_0=0 +lon_0=114 +k=1 +x_0=500000 +y_0=0 +ellps=krass +units=m +no_defs
16
17 # 定义北京 1954GCS：椭球体为苏联克拉索夫斯基
18 > CRS("+proj=longlat +ellps=krass +no_defs")
19 CRS arguments: +proj=longlat +ellps=krass +no_defs
20
21 # 定义美国田纳西州 PCS：投影名称兰勃特等角圆锥投影，椭球体是 Clarke 1866 椭球，基准面为北美 1927 基准面
22 > CRS("+proj=lcc +lat_1=35.25 +lat_2=36.4166666666666 +lat_0=34.6666666666666 +lon_0=-86
23   ↪ +x_0=609601.2192024384 +y_0=30480.06096012192 +datum=NAD27 +units=us-ft +no_defs")
24 CRS arguments:
25   +proj=lcc +lat_1=35.25 +lat_2=36.4166666666666 +lat_0=34.6666666666666 +lon_0=-86
26   ↪ +x_0=609601.2192024384 +y_0=30480.06096012192 +datum=NAD27 +units=us-ft +no_defs
27   ↪ +ellps=clrk66 +nadgrids=@conus,@alaska,@ntv2_0.gsb,@ntv1_can.dat

```

183



# 空间数据交换

## 坐标参考系统

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

156

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

其他空间数据交换

包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

- 欧洲石油调查组 ([EPSG](#), European Petroleum Survey Group) 为了能够更好地调查世界石油储量，从 1986 年开始收集各地区 CRS 参数，并且给每个 CRS 进行统一编号管理，最终形成并发布[EPSG 标准数据集](#)
- 目前 EPSG 数据集已经成为世界标准 CRS 数据集之一，proj.4 库可以用 `init` 标签参数调用指定编号的 CRS 参数

183



# 空间数据交换

## 坐标参考系统

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

156

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

其他空间数据交  
换包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

- 欧洲石油调查组 ([EPSG](#), European Petroleum Survey Group) 为了能够更好地调查世界石油储量，从 1986 年开始收集各地区 CRS 参数，并且给每个 CRS 进行统一编号管理，最终形成并发布[EPSG 标准数据集](#)
- 目前 EPSG 数据集已经成为世界标准 CRS 数据集之一，proj.4 库可以用 `init` 标签参数调用指定编号的 CRS 参数

```

1 # WGS84 GCS 的编号是 4326
2 > CRS("+init=epsg:4326")
3 CRS arguments:
4   +init=epsg:4326 +proj=longlat +datum=WGS84 +no_defs +ellps=WGS84 +towgs84=0,0,0
5
6 # 3857 是一个重要的编号，因为各大互联网地图都以它为基准，例如 Google Maps, Bing Maps, OpenStreetMap 等
7 > CRS("+init=epsg:3857")
8 CRS arguments:
9   +init=epsg:3857 +proj=merc +a=6378137 +b=6378137 +lat_ts=0.0 +lon_0=0.0 +x_0=0.0 +y_0=0 +k=1.0
  ↪   +units=m +nadgrids=@null +no_defs
10
11 # 北京 1954 GCS 的编号是 4214
12 > CRS("+init=epsg:4214")
13 CRS arguments:
14   +init=epsg:4214 +proj=longlat +ellps=krass +towgs84=15.8,-154.4,-82.3,0,0,0,0 +no_defs
15
16 # 北京 1954 在深圳的三度分带 PCS 编号是 2435
17 > CRS("+init=epsg:2435")
18 CRS arguments:
19   +init=epsg:2435 +proj=tmerc +lat_0=0 +lon_0=114 +k=1 +x_0=500000 +y_0=0 +ellps=krass
  ↪   +towgs84=15.8,-154.4,-82.3,0,0,0,0 +units=m +no_defs

```

183



# 空间数据交换

## 坐标参考系统

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

157

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

其他空间数据交换

包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

- 由于各地区 CRS 都不尽相同，因此为了坐标能在统一 CRS 中表达，坐标转换成为空间数据处理的常规操作，通常包括**GCS** 和 **PCS 互转 (投影与反投影)**、**基准面互转** 和 **PCS 互转**
- proj.4 库中提供了 cs2cs 函数用于坐标的 CRS 转换，rgdal 包中也提供了类似的 spTransform 函数，可以将一个 sp 对象定义的 CRS 转换到另一个 CRS

183



# 空间数据交换

## 坐标参考系统

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

157

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

其他空间数据交换

包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

- 由于各地区 CRS 都不尽相同，因此为了坐标能在统一 CRS 中表达，坐标转换成为空间数据处理的常规操作，通常包括**GCS** 和 **PCS 互转 (投影与反投影)**、**基准面互转** 和 **PCS 互转**
- proj.4 库中提供了**cs2cs** 函数用于坐标的 CRS 转换，rgdal 包中也提供了类似的 **spTransform** 函数，可以将一个 sp 对象定义的 CRS 转换到另一个 CRS

183



# 空间数据交换

## 坐标参考系统

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

157

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

其他空间数据交  
换包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

- 由于各地区 CRS 都不尽相同，因此为了坐标能在统一 CRS 中表达，坐标转换成为空间数据处理的常规操作，通常包括GCS 和 PCS 互转（投影与反投影）、基准面互转 和PCS 互转
- proj.4 库中提供了cs2cs函数用于坐标的 CRS 转换，rgdal 包中也提供了类似的 spTransform 函数，可以将一个 sp 对象定义的 CRS 转换到另一个 CRS

```
1 # 定义 GCS 坐标的 x 和 y 位置
2 > y <- as.numeric(char2dms("43d38'33.24\"N"))
3 > x <- as.numeric(char2dms("79d23'13.7\"W"))
4 # 将坐标转换为空间点对象，并定义 CRS 为基准面 wgs84 的 GCS
5 > xy <- SpatialPoints(cbind(x,y),proj4string=CRS("+proj=longlat +datum=WGS84"))
6 > xy@coords
7   x         y
8 [1,] -79.38714 43.64257
9 > spTransform(xy,CRS("+proj=utm +zone=17 +datum=WGS84"))@coords
10    x         y
11 [1,] 630084.3 4833439
```

183



# 空间数据交换

## 坐标参考系统

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

157

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

其他空间数据交  
换

包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

- 由于各地区 CRS 都不尽相同，因此为了坐标能在统一 CRS 中表达，坐标转换成为空间数据处理的常规操作，通常包括GCS 和 PCS 互转（投影与反投影）、基准面互转 和PCS 互转
- proj.4 库中提供了cs2cs函数用于坐标的 CRS 转换，rgdal 包中也提供了类似的 spTransform 函数，可以将一个 sp 对象定义的 CRS 转换到另一个 CRS

```
1 # 读取中国地图边界
2 > library(maps)
3 > library(maptools)
4 > china<- map("world", "china", fill=TRUE,plot=FALSE)
5 > tw <- map("world", "taiwan",fill=TRUE,plot=FALSE)
6 > china$x <- c(china$x,NA,tw$x)
7 > china$y <- c(china$y,NA,tw$y)
8 > china$range <- c(range(china$range[1:2],tw$range[1:2]),range(china$range[3:4],tw$range[3:4]))
9 > china$names <- c(china$names,tw$names)
10 # 定义 GCS 为 WGS84，并创建空间面对象
11 > p4s <- CRS("+proj=longlat +datum=WGS84")
12 > SPchina <- map2SpatialPolygons(china,IDs=sapply(china$names, function(x) x[1]),proj4string=p4s)
13 # 将 WGS84 坐标投影到 UTM 投影坐标系统
14 > SPchina2 <-spTransform(SPchina,CRS("+proj=utm +zone=49 +datum=WGS84"))
```

183



# 空间数据交换

## 坐标参考系统

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

157

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

其他空间数据交换

包

基础绘图方法

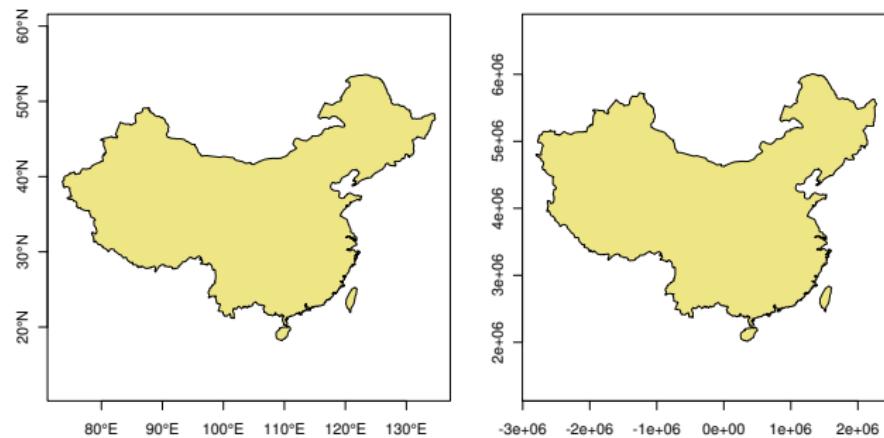
基于 lattice 的绘

图方法

基于 ggplot2 的

绘图方法

- 由于各地区 CRS 都不尽相同，因此为了坐标能在统一 CRS 中表达，坐标转换成为空间数据处理的常规操作，通常包括**GCS** 和 **PCS 互转 (投影与反投影)**、**基准面互转** 和 **PCS 互转**
- proj.4 库中提供了**cs2cs** 函数用于坐标的 CRS 转换，rgdal 包中也提供了类似的 **spTransform** 函数，可以将一个 sp 对象定义的 CRS 转换到另一个 CRS



图：中国地图的坐标转换：左图为 WGS84 地理坐标系，右图是 UTM 投影坐标系

183



# 空间数据交换

## 矢量格式文件交换

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交  
换

158

栅格格式文件交  
换

其他空间数据交  
换包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

- GDAL 库最初不支持矢量数据，因此引入了参考 OGC 开源简单要素规范设计的**OGR 库**，实现了外部矢量数据交换功能
- OGR 全称是**OGR 简单要素库**(OGR Simple Feature Library)，是用 C++ 编写的开源矢量数据格式交换库，其架构是建立统一的简单要素抽象模型，并在此基础通过外部驱动程序扩展各种数据交换的功能，这对于复杂多样的矢量数据交换具有极大的灵活性
- 从设计上**OGR 库**和 sp 包都是采用简单要素规范对矢量数据建模，因此外部数据可以通过 rgdal 包调用 OGR 库函数来读取，并转换为 sp 对象；同样 sp 对象也可以通过逆操作写入外部文件，从而实现在 R 体系中的矢量数据格式交换

183



# 空间数据交换

## 矢量格式文件交换

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交  
换

158

栅格格式文件交  
换

其他空间数据交  
换包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

- GDAL 库最初不支持矢量数据，因此引入了参考 OGC 开源简单要素规范设计的**OGR 库**，实现了外部矢量数据交换功能
- OGR 全称是**OGR 简单要素库**(OGR Simple Feature Library)，是用 C++ 编写的开源矢量数据格式交换库，其架构是建立统一的简单要素抽象模型，并在此基础通过**外部驱动程序扩展各种数据交换的功能**，这对于复杂多样的矢量数据交换具有极大的灵活性
- 从设计上**OGR 库和 sp 包都是采用简单要素规范对矢量数据建模**，因此外部数据可以通过 rgdal 包调用 OGR 库函数来读取，并转换为 sp 对象；同样 sp 对象也可以通过逆操作写入外部文件，从而实现在 R 体系中的矢量数据格式交换

183



# 空间数据交换

## 矢量格式文件交换

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交  
换

158

栅格格式文件交  
换

其他空间数据交  
换包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

- GDAL 库最初不支持矢量数据，因此引入了参考 OGC 开源简单要素规范设计的**OGR 库**，实现了外部矢量数据交换功能
- OGR 全称是**OGR 简单要素库**(OGR Simple Feature Library)，是用 C++ 编写的开源矢量数据格式交换库，其架构是建立统一的简单要素抽象模型，并在此基础通过**外部驱动程序扩展各种数据交换的功能**，这对于复杂多样的矢量数据交换具有极大的灵活性
- 从设计上**OGR 库和 sp 包都是采用简单要素规范对矢量数据建模**，因此外部数据可以通过 rgdal 包调用 OGR 库函数来读取，并转换为 sp 对象；同样 sp 对象也可以通过逆操作写入外部文件，从而实现在 R 体系中的矢量数据格式交换

183



# 空间数据交换

## 矢量格式文件交换

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交  
换 159

栅格格式文件交  
换

其他空间数据交  
换

包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

- rgdal 包中提供了 **readOGR** 函数和 **writeOGR** 函数分别实现 OGR 库读取的外部数据转换 sp 对象以及 sp 对象导出到外部文件
- readOGR** 函数至少需要两个参数： **dsn** 参数用于指定外部数据源的位置，**layer** 参数用于指定要素图层名称；例如，对于 shapefile 格式文件，**dsn** 是文件存放的目录，**layer** 是文件名
- writeOGR** 除了 **dsn** 和 **layer** 两个必需参数之外，还至少需要一个参数用于指定要导出的 sp 对象，以及一个参数用于指定外部驱动程序

```
1 # 用 ogrInfo 函数获取 shapefile 格式文件 scot 的信息
2 > ogrInfo("./data","scot")
3 Source: "/home/mono/Documents/tex_projects/r_guide_slide/data", layer: "scot"
4 Driver: ESRI Shapefile; number of rows: 56
5 Feature type: wkbPolygon with 2 dimensions
6 Extent: (-8.621389 54.62722) - (-0.7530556 60.84444)
7 LDID: 0
8 Number of fields: 2
9      name type length typeName
10    1 NAME   4     16   String
11    2 ID     12    16 Integer64
```



# 空间数据交换

## 矢量格式文件交换

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交换

159

栅格格式文件交换

其他空间数据交  
换

包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的

绘图方法

- rgdal 包中提供了 **readOGR** 函数和 **writeOGR** 函数分别实现 OGR 库读取的外部数据转换 sp 对象以及 sp 对象导出到外部文件
- readOGR** 函数至少需要两个参数: **dsn** 参数用于指定外部数据源的位置, **layer** 参数用于指定要素图层名称; 例如, 对于 shapefile 格式文件, dsn 是文件存放的目录, layer 是文件名
- writeOGR** 除了 dsn 和 layer 两个必需参数之外, 还至少需要一个参数用于指定要导出的 sp 对象, 以及一个参数用于指定外部驱动程序

```

1 # 用 readOGR 文件读取 shapefile 格式文件, 该函数会根据文件格式自动调用对应驱动程序
2 # 读取后的数据被转换为 sp 对象 scot_LL, 从而进入 R 系统, 可以继续后续的数据操作
3 > scot_LL <- readOGR(dsn="data/scot.shp", layer="scot", integer64="allow.loss")
4 OGR data source with driver: ESRI Shapefile
5 Source: "/home/mono/Documents/tex_projects/r_guide_slide/data/scot.shp", layer: "scot"
6 with 56 features
7 It has 2 fields
8 Integer64 fields read as signed 32-bit integers: ID
9 > proj4string(scot_LL) # 原始 shapefile 文件缺失 prj 文件, 因此 CRS 为 NA 值
10 [1] NA
11 > proj4string(scot_LL) <- CRS("+proj=longlat +ellps=WGS84") # 为 sp 对象定义 CRS
12 > str(scot_LL,max.level=2)
13 Formal class 'SpatialPolygonsDataFrame' [package "sp"] with 5 slots
14 ..@ data      : 'data.frame': 56 obs. of  2 variables:
15 ..@ polygons   : List of 56
16 ..@ plotOrder  : int [1:56] 55 51 12 49 1 50 52 3 6 53 ...
17 ..@ bbox       : num [1:2, 1:2] -8.621 54.627 -0.753 60.844
18 ...- attr(*, "dimnames")=List of 2
19 ..@ proj4string:Formal class 'CRS' [package "sp"] with 1 slot

```

183



# 空间数据交换

## 矢量格式文件交换

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交  
换 159

栅格格式文件交  
换

其他空间数据交  
换

包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

- rgdal 包中提供了 `readOGR` 函数和 `writeOGR` 函数分别实现 OGR 库读取的外部数据转换 sp 对象以及 sp 对象导出到外部文件
- `readOGR` 函数至少需要两个参数： `dsn` 参数用于指定外部数据源的位置，`layer` 参数用于指定要素图层名称；例如，对于 shapefile 格式文件，`dsn` 是文件存放的目录，`layer` 是文件名
- `writeOGR` 除了 `dsn` 和 `layer` 两个必需参数之外，还至少需要一个参数用于指定要导出的 sp 对象，以及一个参数用于指定外部驱动程序

```
1 # 定义外部驱动程序，驱动程序名称可以用 ogrDrivers() 函数查看
2 > drv <- "ESRI Shapefile"
3 # 将 sp 对象写出到一个外部文件 scot_LL
4 > writeOGR(scot_LL, dsn = ".", layer = "scot_LL", driver = drv)
5 # 由于 scot_LL 包含 CRS，因此导出的 shapefile 文件中还包括 prj 文件
6 > list.files("./data", pattern = "^\$scot_LL$")
7 [1] "scot_LL.dbf" "scot_LL.prj" "scot_LL.shp" "scot_LL.shx"
```



# 空间数据交换

## 栅格格式文件交换

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换 160

其他空间数据交换

包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘

图方法

基于 ggplot2 的

绘图方法

- 与矢量数据类似，GDAL 也是通过调用外部驱动程序实现不同格式栅格数据的读取；而 rgdal 包也专门提供了 `readGDAL` 函数和 `writeGDAL` 函数用于外部栅格格式文件和 sp 对象的交换
- 由于栅格文件体积较大，而且可能存储在不同波段，因此除了直接读取之外，`readGDAL` 和 `writeGDAL` 函数还可以用 `band`、`offset`、`region.dim`、`output.dim` 等参数控制数据的局部读写

```
1 > fn <- system.file("pictures/erdas_spnad83.tif", package = "rgdal")[1]
2 # 读取 tif 格式文件, readGDAL 自动调用外部驱动程序 GTiff
3 > x <- readGDAL(fn)
4 /home/mono/Softwares/R/3.4/rgdal/pictures/erdas_spnad83.tif has GDAL driver GTiff
5 and has 658 rows and 571 columns
6 # 读取的数据被转换成 sp 对象, 从而将外部数据导入 R 系统
7 > str(x,max.level=2)
8 Formal class 'SpatialGridDataFrame' [package "sp"] with 4 slots
9 ..@ data      : 'data.frame': 375718 obs. of  1 variable:
10 ..@ grid       :Formal class 'GridTopology' [package "sp"] with 3 slots
11 ..@ bbox       : num [1:2, 1:2] 78999 1412948 101839 1439268
12 ... - attr(*, "dimnames")=List of 2
13 ..@ proj4string:Formal class 'CRS' [package "sp"] with 1 slot
```



# 空间数据交换

## 栅格格式文件交换

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交换

栅格格式文件交换

其他空间数据交换

包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘

图方法

基于 ggplot2 的

绘图方法

- 与矢量数据类似，GDAL 也是通过调用外部驱动程序实现不同格式栅格数据的读取；而 rgdal 包也专门提供了 `readGDAL` 函数和 `writeGDAL` 函数用于外部栅格格式文件和 sp 对象的交换
- 由于栅格文件体积较大，而且可能存储在不同波段，因此除了直接读取之外，`readGDAL` 和 `writeGDAL` 函数还可以用 `band`、`offset`、`region.dim`、`output.dim` 等参数控制数据的局部读写

```
1 > y <- readGDAL(fn, offset=c(50, 100), region.dim=c(400, 400))
2 /home/mono/Softwares/R/3.4/rgdal/pictures/erdas_spnad83.tif has GDAL driver GTiff
3 and has 658 rows and 571 columns
4 > str(y,max.level=2)
5 Formal class 'SpatialGridDataFrame' [package "sp"] with 4 slots
6 ..@ data      : 'data.frame': 160000 obs. of 1 variable:
7 ..@ grid      :Formal class 'GridTopology' [package "sp"] with 3 slots
8 ..@ bbox       : num [1:2, 1:2] 82999 1421268 98999 1437268
9 .. ..- attr(*, "dimnames")=List of 2
10 ..@ proj4string:Formal class 'CRS' [package "sp"] with 1 slot
```

160

183



# 空间数据交换

## 栅格格式文件交换

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交  
换

栅格格式文件交  
换

160

其他空间数据交  
换

包

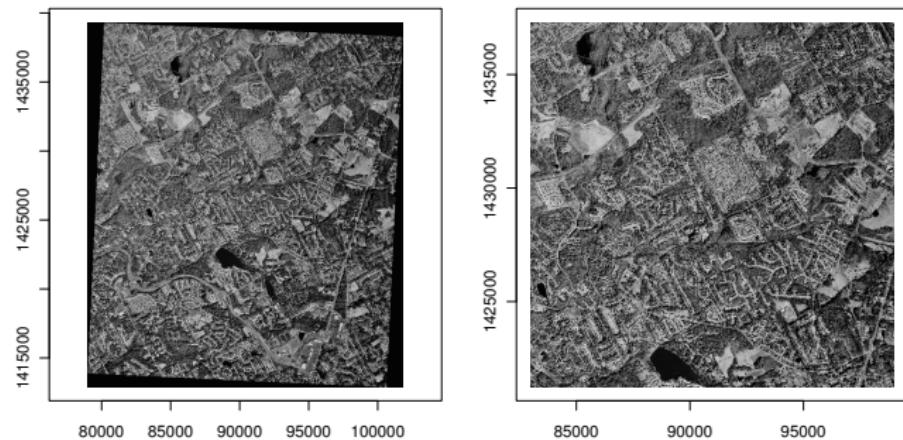
基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的

绘图方法

- 与矢量数据类似，GDAL 也是通过调用外部驱动程序实现不同格式栅格数据的读取；而 rgdal 包也专门提供了 `readGDAL` 函数和 `writeGDAL` 函数用于外部栅格格式文件和 sp 对象的交换
- 由于栅格文件体积较大，而且可能存储在不同波段，因此除了直接读取之外，`readGDAL` 和 `writeGDAL` 函数还可以用 `band`、`offset`、`region.dim`、`output.dim` 等参数控制数据的局部读写



图：读取外部栅格文件：左图是读取全部数据，右图是读取局部数据

183



# 空间数据交换

## 栅格格式文件交换

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交  
换

栅格格式文件交  
换 160

其他空间数据交  
换

包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的

绘图方法

- 与矢量数据类似，GDAL 也是通过调用外部驱动程序实现不同格式栅格数据的读取；而 rgdal 包也专门提供了 `readGDAL` 函数和 `writeGDAL` 函数用于外部栅格格式文件和 sp 对象的交换
- 由于栅格文件体积较大，而且可能存储在不同波段，因此除了直接读取之外，`readGDAL` 和 `writeGDAL` 函数还可以用 `band`、`offset`、`region.dim`、`output.dim` 等参数控制数据的局部读写

```
1 # 读取原始 tiff 格式文件到 sp 对象
2 > auck_el1 <- readGDAL("data/70042108.tif")
3 data/70042108.tif has GDAL driver GTiff
4 and has 1200 rows and 1320 columns
5 > is.na(auck_el1$band1) <- auck_el1$band1 <= 0 | auck_el1$band1 > 1e+4
6 > # 自定义数据分类
7 > brks <- c(0,10,20,50,100,150,200,300,400,500,600,700)
8 > # 自定义渐变颜色方案
9 > pal <- terrain.colors(11)
10 > length(pal) == length(brks)-1
11 [1] TRUE
12 > # 将数据按照等级进行划分
13 > auck_el1$band1 <- findInterval(auck_el1$band1, vec=brks, all.inside=TRUE)-1
14 > # 将 sp 对象导出到外部栅格文件，其中栅格要素按照自定义等级配色
15 > writeGDAL(auck_el1, "data/demIndex.tif", drivername="GTiff", type="Byte", colorTable=list(pal),
   + mvFlag=length(brks)-1)
```



# 空间数据交换

## 栅格格式文件交换

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交  
换

栅格格式文件交  
换

160

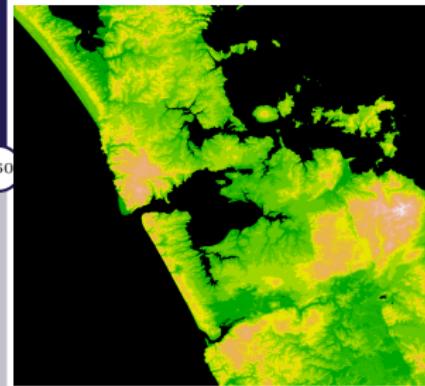
其他空间数据交  
换

包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法



183

- 与矢量数据类似，GDAL 也是通过调用外部驱动程序实现不同格式栅格数据的读取；而 rgdal 包也专门提供了 `readGDAL` 函数和 `writeGDAL` 函数用于外部栅格格式文件和 sp 对象的交换
- 由于栅格文件体积较大，而且可能存储在不同波段，因此除了直接读取之外，`readGDAL` 和 `writeGDAL` 函数还可以用 `band`、`offset`、`region.dim`、`output.dim` 等参数控制数据的局部读写

```

1 # GDALInfo 封装了 GDAL 库函数 gdalinfo, 用于读取文件的信息
2 > GDALInfo("figures/demIndex.tif")
3 rows           1200
4 columns        1320
5 bands          1
6 lower left origin.x      174.2
7 lower left origin.y     -37.5
8 res.x          0.0008333333
9 res.y          0.0008333333
10 ysign         -1
11 oblique.x    0
12 oblique.y    0
13 driver         GTiff
14 projection   +proj=longlat +datum=WGS84 +no_defs
15 file          data/demIndex.tif
16 apparent band summary:
17   GDTByte hasNoDataValue NoDataValue blockSize1 blockSize2
18   1       Byte      TRUE           11          6       1320
19 apparent band statistics:
20   Bmin Bmax Bmean Bsd
21   1     0   255    NA   NA
22 Metadata:
23 AREA_OR_POINT=Area

```



# 空间数据交换

## 栅格格式文件交换

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交换

栅格格式文件交  
换

161

其他空间数据交  
换

包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的

绘图方法

- `readGDAL` 函数底层实际上是创建了一个能够被 GDAL 库中 **GDALDriver** 类对象识别的 `Dataset` 类
- `rgdal` 包完整封装了 GDAL 库的 **GDALMajorObject** 抽象基类，并且在 S4 系统下派生出只读的 **GDALReadOnlyDataset** 以及可读写的 **GDALDataset** 等具体实现类

183



# 空间数据交换

## 栅格格式文件交换

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交换

栅格格式文件交  
换

161

其他空间数据交  
换

包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

- `readGDAL` 函数底层实际上是创建了一个能够被 GDAL 库中 **GDALDriver** 类对象识别的 `Dataset` 类
- `rgdal` 包完整封装了 GDAL 库的 **GDALMajorObject** 抽象基类，并且在 S4 系统下派生出只读的 **GDALReadOnlyDataset** 以及可读写的 **GDALDataset** 等具体实现类

183



# 空间数据交换

## 栅格格式文件交换

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交换

栅格格式文件交  
换

其他空间数据交  
换

包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

161

- `readGDAL` 函数底层实际上是创建了一个能够被 GDAL 库中 **GDALDriver** 类对象识别的 **Dataset** 类
- `rgdal` 包完整封装了 GDAL 库的 **GDALMajorObject** 抽象基类，并且在 S4 系统下派生出只读的 **GDALReadOnlyDataset** 以及可读写的 **GDALDataset** 等具体实现类

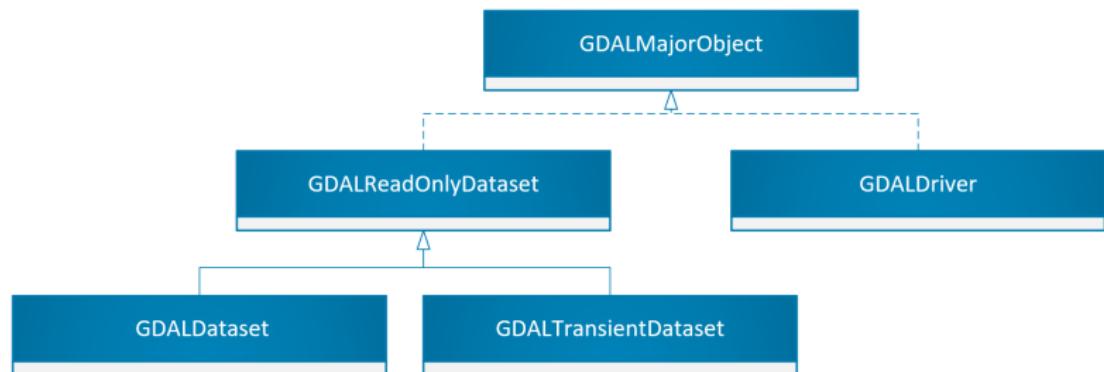


图: rgdal 包的栅格数据类结构图

183



# 空间数据交换

## 栅格格式文件交换

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交换

栅格格式文件交  
换

162

其他空间数据交  
换

包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘

图方法

基于 ggplot2 的

绘图方法

- rgdal 包提供**GDAL.open**函数用于打开外部数据，这个函数不会直接读取数据到内存，而是通过底层 GDAL 对象**GDALReadOnlyDataset**存储文件句柄
- 当需要数据时调用**asSGDF\_GROD**函数，该函数会根据句柄和数据大小分配内存空间，并转换为 R 中能够识别的 sp 对象；另外，在文件使用完后必须要调用**GDAL.close**函数，用来释放内存空间并销毁文件句柄

183



# 空间数据交换

## 栅格格式文件交换

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交  
换

栅格格式文件交  
换 162

其他空间数据交  
换

包

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

- rgdal 包提供 **GDAL.open** 函数用于打开外部数据，这个函数不会直接读取数据到内存，而是通过底层 GDAL 对象 **GDALReadOnlyDataset** 存储文件句柄
- 当需要数据时调用 **asSGDF\_GROD** 函数，该函数会根据句柄和数据大小分配内存空间，并转换为 R 中能够识别的 sp 对象；另外，在文件使用完后必须要调用 **GDAL.close** 函数，用来释放内存空间并销毁文件句柄

```

1 fn <- system.file("pictures/erdas_spnad83.tif", package = "rgdal")[1]
2 # GDAL.open 函数读取文件数据到 GDALReadOnlyDataset 对象，而不是直接转换为 sp 对象,
3 x <- GDAL.open(fn)
4 # 这个 GDAL 对象存储了外部文件句柄
5 > str(x)
6 Formal class 'GDALReadOnlyDataset' [package "rgdal"] with 1 slot
7   ..@ handle:<externalptr>
8 # rgdal 包提供一系列函数根据文件句柄读取文件信息
9 > dim(x) # 栅格数据维度
10 [1] 658 571
11 > xx <- getDriver(x) # 转换为驱动程序类
12 > getDriverLongName(xx) # 驱动程序完整名称
13 [1] "GeoTIFF"
14 # 将 GDAL 对象转换为 sp 对象，从而进入 R 系统
15 y <- asSGDF_GROD(x, output.dim=c(400, 400)) # 这里也可以局部读取数据
16 > class(y)
17 [1] "SpatialGridDataFrame"
18 > attr(y, "package")
19 [1] "sp"
20 > # 释放 GDAL 对象，解除对外部文件的锁定
21 > GDAL.close(x)
```



# 空间数据交换

## 其他空间数据交换包

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

开源 GIS 生态圈

rgdal 包

坐标参考系统

矢量格式文件交換

栅格格式文件交換

其他空间数据交換

163

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的绘  
图方法

- **maptools**: 提供 ESRI ArcGIS 格式数据文件的读写函数；相比其他包最大的优势是不依赖外部程序，**但是该包部分函数已经不再维护**
- **RQIS,rgrass7,RSAGA**: 这些包分别是主流开源 GIS 软件[QGIS](#)、[GRASS GIS](#)和[SAGA](#)的封装包，都是通过 R 内部的**system 函数**把命令传至外部程序实现对接口的调用，因此具体功能实现都依赖外部程序，在使用前要先安装相应的 GIS 软件；由于这些软件本身具有完整的 GIS 功能，所以除了可以读写外部文件之外，这些包还具有丰富的 GIS 数据管理和分析功能
- **sf**: 近几年 CRAN 发布的简单空间要素包，相比 sp 包，sf 对 OGC 简单要素标准的支持更完整，定义了全部 17 种简单要素，甚至包括三维对象和线性参考对象；sf 包依赖 GDAL 库提供对矢量数据文件的交換功能
- **RgoogleMaps,OpenStreetMap,ggmap,baidumap**: 这些包通过互联网地图 API 实现了对地图数据的调用
- Roger Bivand 目前维护着空间数据相关包信息的整理工作，CRAN 上有[专门的文章](#)会定期更新这些信息

183



# 基础绘图方法

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

绘制空间对象

绘制坐标轴和布局  
控制

绘制地图元素

绘图交互

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

164

- R 的两套绘图系统都提供对基础绘图要素的绘制功能，包括点、线、面、栅格和颜色等，而通过 sp 包可以将空间数据转换为这些绘图要素能够识别的底层对象，因此**空间数据绘图要素和普通数据绘图要素并没有本质区别**
- 在基础绘图系统 graphics 包和 grid 绘图系统 lattice 包基础上，sp 包针对空间数据对象的特点重载了两个包的主要绘图函数，并充分考虑了空间可视化的特点，添加了诸如指北针、比例尺等专业地图要素的绘制，**使得空间数据可视化在方法尽量与普通数据绘图一致的基础上又体现出专业性**，这样用户可以把更多的精力放在处理和分析空间数据上，而不需要再专门花时间学习一套新的绘图系统

183



# 基础绘图方法

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

绘制空间对象

绘制坐标轴和布局  
控制

绘制地图元素

绘图交互

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

164

- R 的两套绘图系统都提供对基础绘图要素的绘制功能，包括点、线、面、栅格和颜色等，而通过 sp 包可以将空间数据转换为这些绘图要素能够识别的底层对象，因此**空间数据绘图要素和普通数据绘图要素并没有本质区别**
- 在基础绘图系统 graphics 包和 grid 绘图系统 lattice 包基础上，sp 包针对空间数据对象的特点重载了两个包的主要绘图函数，并充分考虑了空间可视化的特点，添加了诸如指北针、比例尺等专业地图要素的绘制，**使得空间数据可视化在方法尽量与普通数据绘图一致的基础上又体现出专业性**，这样用户可以把更多的精力放在处理和分析空间数据上，而不需要再专门花时间学习一套新的绘图系统

183



# 基础绘图方法

## 绘制空间对象

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

绘制空间对象

绘制坐标轴和布局

控制

绘制地图元素

绘图交互

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

165

- sp 包重载了 graphics 包的绘图泛型函数 plot 和 image，因此用 sp 包绘制空间数据的函数名称也是 plot 和 image，分别用于绘制矢量数据和栅格数据
- 设置 add=TRUE 参数不刷新绘图设备，而是叠加当前绘图对象

```

1 # 查看 sp 包重载泛型函数 plot 的方法，每种空间数据类都有相应的 plot 函数用于绘制；而且这些重载方法都是
2   ↪ S4 类方法
3 > attr(methods(plot), "info")
4                                         visible  from generic  isS4
5 plot,SpatialGridDataFrame,missing-method    TRUE    sp  plot    TRUE
6 plot,SpatialGrid,missing-method             TRUE    sp  plot    TRUE
7 plot,SpatialLines,missing-method            TRUE    sp  plot    TRUE
8 plot,Spatial,missing-method                TRUE    sp  plot    TRUE
9 plot,SpatialMultiPoints,missing-method     TRUE    sp  plot    TRUE
10 plot,SpatialPixelsDataFrame,missing-method  TRUE    sp  plot    TRUE
11 plot,SpatialPixels,missing-method          TRUE    sp  plot    TRUE
12 plot,SpatialPoints,missing-method          TRUE    sp  plot    TRUE
13 plot,SpatialPolygons,missing-method        TRUE    sp  plot    TRUE
14
15 # 查看 image 重载的方法，每种栅格数据类都有相应的 image 函数用于绘制；和 plot 不同，image 的重载方法是 S3
16   ↪ 美方法
17 > attr(methods(image), "info")
18                                         visible
19                                         from generic  isS4
20 image,ANY-method                      TRUE    graphics  image  TRUE
21 image.default                         TRUE    graphics  image  FALSE
22 image.RasterLayer-method              TRUE    raster    image  TRUE
23 image.RasterStackBrick-method         TRUE    raster    image  TRUE
24 image.SpatialGridDataFrame           FALSE registered S3method for image  image  FALSE
25 image.SpatialPixels                  FALSE registered S3method for image  image  FALSE
26 image.SpatialPixelsDataFrame         FALSE registered S3method for image  image  FALSE

```

183



# 基础绘图方法

## 绘制空间对象

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

绘制空间对象

绘制坐标轴和布局  
控制

绘制地图元素

绘图交互

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

165

- sp 包重载了 graphics 包的绘图泛型函数 plot 和 image，因此用 sp 包绘制空间数据的函数名称也是 plot 和 image，分别用于绘制矢量数据和栅格数据
- 设置 add=TRUE 参数不刷新绘图设备，而是叠加当前绘图对象

```
1 > data(meuse); coordinates(meuse) <- c("x", "y") # 创建空间点对象
2 > plot(meuse); title("points") # 绘制空间点对象
3 > cc <- coordinates(meuse);
4 > m.sl <- SpatialLines(list(Lines(list(Line(cc)), "line1"))) # 创建空间线对象
5 > plot(m.sl); title("lines") # 绘制空间线对象
6 > data(meuse.riv); meuse.lst <- list(Polygons(list(Polygon(meuse.riv)), "meuse.riv"))
7 > meuse.pol <- SpatialPolygons(meuse.lst) # 创建空间面对象
8 > plot(meuse.pol, col = "grey"); title("polygons") # 绘制空间面对象
9 > data(meuse.grid); coordinates(meuse.grid) <- c("x", "y")
10 > meuse.grid <- as(meuse.grid, "SpatialPixels") # 创建空间网格对象
11 > image(meuse.grid, col = "grey"); title("grid") # 绘制空间网格对象
```

points



lines



polygons



grid



183



# 基础绘图方法

## 绘制空间对象

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

绘制空间对象

绘制坐标轴和布局

控制

绘制地图元素

绘图交互

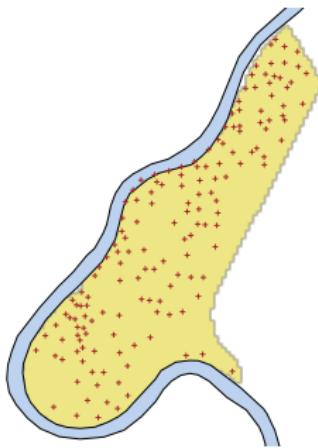
基于 lattice 的绘

图方法

基于 ggplot2 的

绘图方法

165



```
1 # 创建一个绘图对象用于绘制空间网格对象
2 > image(meuse.grid, col = "khaki2")
3 # 在已有绘图对象上叠加空间面对象
4 > plot(meuse.pol, col = "lightsteelblue2", add = TRUE)
5 # 在已有绘图对象上叠加空间点对象
6 > plot(meuse, col = "brown", cex = .5, add = TRUE)
```

183



# 基础绘图方法

## 绘制坐标轴和布局控制

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

绘制空间对象

绘制坐标轴和布

局

控制

绘制地图元素

绘图交互

基于 lattice 的绘

图方法

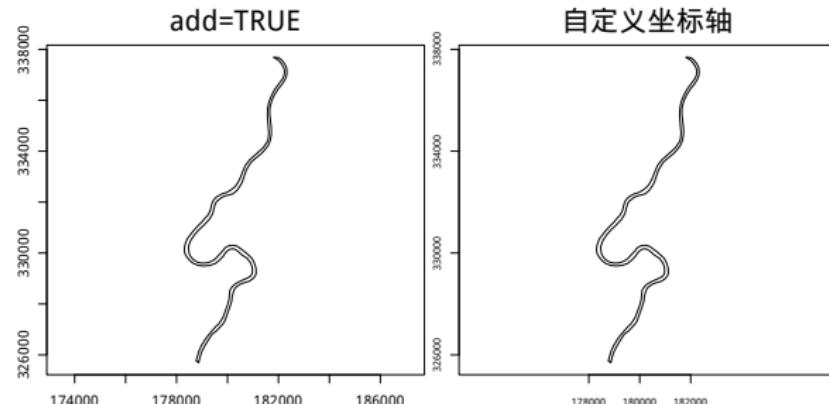
基于 ggplot2 的

绘图方法

- 地图制图习惯不添加坐标轴，但是在为了空间数据能够更易于阅读和统计分析，plot 函数可以设置参数 axes=TRUE 绘制默认坐标轴，坐标取值范围即 bbox 值
- 基础绘图系统 par 函数的参数也同样可以控制空间对象绘图

```
1 # axes=TRUE 绘制默认坐标轴
2 > plot(meuse.pol, axes = TRUE)
3 > title("add=TRUE",cex.main=2)
4 > plot(meuse.pol, axes = FALSE)
5 # axes=FALSE, 可以用 axis 函数设置自定义坐标轴, 包括刻度取值、刻度位置和字体大小等
6 > axis(1, at = c(178000 + 0:2 * 2000), cex.axis = .7) # 设置 x 轴
7 > axis(2, at = c(326000 + 0:3 * 4000), cex.axis = .7) # 设置 y 轴
8 > title("自定义坐标轴",cex.main=2); box()
```

166



183



# 基础绘图方法

## 绘制坐标轴和布局控制

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

绘制空间对象

绘制坐标轴和布

局控

绘制地图元素

绘图交互

基于 lattice 的绘  
图方法

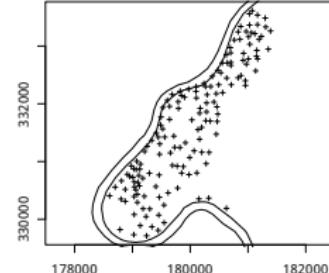
基于 ggplot2 的  
绘图方法

- 地图制图习惯不添加坐标轴，但是在为了空间数据能够更易于阅读和统计分析，plot 函数可以设置参数 axes=TRUE 绘制默认坐标轴，坐标取值范围即 bbox 值
- 基础绘图系统 par 函数的参数也同样可以控制空间对象绘图

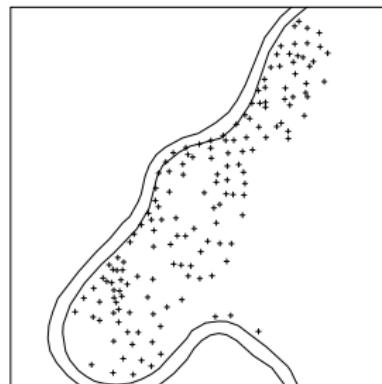
```
1 > oldpar = par(no.readonly = TRUE) # 保存 par 的默认参数
2 > layout(matrix(c(1,2),1,2))
3 > plot(meuse, axes = TRUE, cex = 0.6)
4 > plot(meuse.pol, add = TRUE)
5 > title("示例位置",cex.main=2)
6 # 用 par 函数 mar 参数控制绘图边框
7 > par(mar=c(0,0,0,0)+1)
8 > plot(meuse, axes = FALSE, cex = 0.6)
9 > plot(meuse.pol, add = TRUE); box()
10 > par(oldpar) # 绘图完成后恢复默认参数
```

166

示例位置



183





# 基础绘图方法

## 绘制地图元素

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

绘制空间对象

绘制坐标轴和布局

控制

绘制地图元素

167

绘图交互

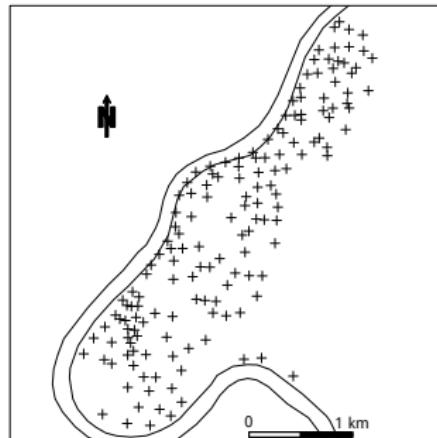
基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

183

- **SpatialPolygonsRescale** 函数用于绘制指北针和比例尺
- **degAxis** 函数用于显示带 N/S/E/W 标记的十进制度坐标刻度
- **gridlines** 函数用于绘制辅助网格线

```
1 > plot(meuse); plot(meuse.pol, add=TRUE); box()  
2 # 绘制比例尺: offset 参数设置比例尺位置, scale 设置比例尺尺度, fill 设置填充颜色  
3 > SpatialPolygonsRescale(layout.scale.bar(), offset = c(180200, 329600), scale = 1000, fill =  
4   ↪  c("transparent", "black"), plot.grid = FALSE)  
5 > text(x = c(180200, 181200), y = rep(329750, 2), c("0", "1 km")) # 比例尺显示文字  
6 # 绘制指北针  
7 > SpatialPolygonsRescale(layout.north.arrow(), offset=c(178750, 332500), scale = 400, plot.grid =  
8   ↪  FALSE)
```





# 基础绘图方法

## 绘制地图元素

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

绘制空间对象

绘制坐标轴和布局

控制

绘制地图元素

绘图交互

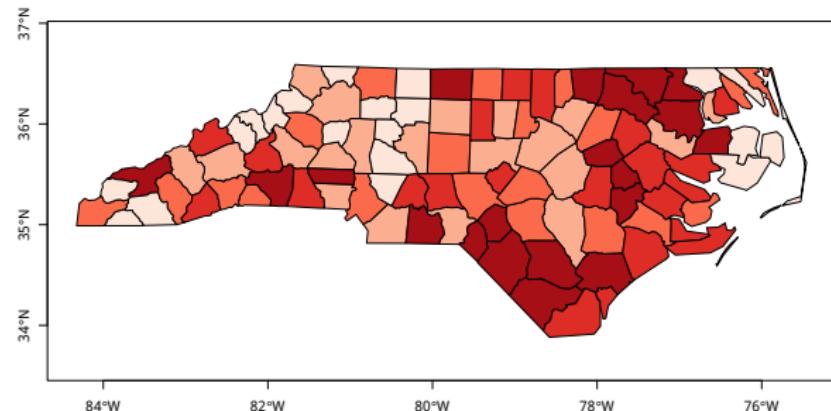
基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

- `SpatialPolygonsRescale` 函数用于绘制指北针和比例尺
- `degAxis` 函数用于显示带 N/S/E/W 标记的十进制度坐标刻度
- `gridlines` 函数用于绘制辅助网格线

```
1 # 读取外部矢量地图数据
2 > nc <- readOGR(dsn=system.file("shapes", package="maptools"), layer="sids")
3 > proj4string(nc) <- CRS("+proj=longlat +datum=NAD27")
4 > rrt <- nc$SID74/nc$BIR74
5 > brks <- quantile(rrt, seq(0,1,1/5))
6 > library(RColorBrewer)
7 > cols <- brewer.pal(5, "Reds")
8 > plot(nc, col=cols[findInterval(rrt, brks, all.inside=TRUE)]), axes = FALSE); box()
9 > degAxis(1) # 设置 x 轴
10 > degAxis(2, at=34:37) # 设置 y 轴
```

167



183



# 基础绘图方法

## 绘制地图元素

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

绘制空间对象

绘制坐标轴和布局  
控制

绘制地图元素

167

- **SpatialPolygonsRescale** 函数用于绘制指北针和比例尺
- **degAxis** 函数用于显示带 N/S/E/W 标记的十进制度坐标刻度
- **gridlines** 函数用于绘制辅助网格线

```
1 # 绘制世界地图和辅助网格线
2 > wrld <- map("world", interior=FALSE, xlim=c(-179,179),
3 + ylim=c(-89,89), plot=FALSE)
4 > wrld_p <- pruneMap(wrld, xlim=c(-179,179))
5 > llCRS <- CRS("+proj=longlat +ellps=WGS84")
6 > wrld_sp <- map2SpatialLines(wrld_p, proj4string=llCRS)
7 > prj_new <- CRS("+proj=moll +ellps=WGS84")
8 # 空间数据地图投影
9 > wrld_proj <- spTransform(wrld_sp, prj_new)
10 # 绘制 GCS 下的网格线: easts 和 norths 设置东西和南北向坐标取值, ndiscr 设置网格线离散点的数量
11 > wrld_grd <- gridlines(wrld_sp, easts=c(-179,seq(-150,150,50), 179.5),
12   ↪ norths=seq(-75,75,15), ndiscr=100)
13 # 网格线地图投影
14 > wrld_grd_proj <- spTransform(wrld_grd, prj_new)
15 # 显示 GCS 下网格线刻度文字: side 参数可以设置显示文字的侧面, 默认只在西侧和南侧显示文字
16 > at_sp <- gridat(wrld_sp, easts=0, norths=seq(-75,75,15), offset=0.3)
17 # 网格线刻度文字地图投影
18 > at_proj <- spTransform(at_sp, prj_new)
19 > plot(wrld_proj, col="grey60")
20 > plot(wrld_grd_proj, add=TRUE, lty=3, col="grey70")
21 # 使用投影计算后的位置显示文字
22 > text(coordinates(at_proj), pos=at_proj$pos,
23   ↪ offset=at_proj$offset, labels=parse(text=as.character(at_proj$labels)), cex=1)
```

183



# 基础绘图方法

## 绘制地图元素

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

绘制空间对象

绘制坐标轴和布局

控制

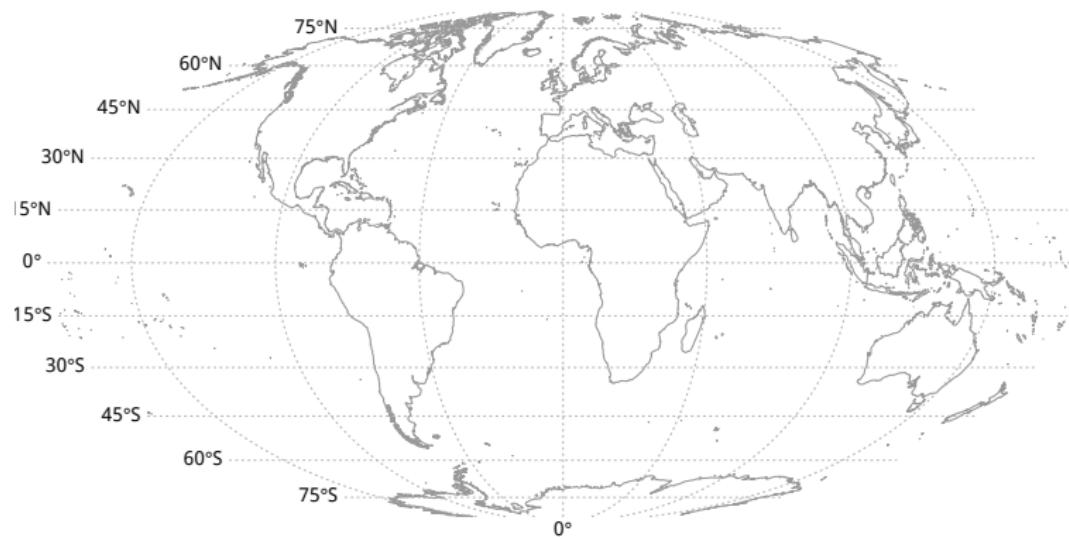
绘制地图元素

绘图交互

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

- `SpatialPolygonsRescale` 函数用于绘制指北针和比例尺
- `degAxis` 函数用于显示带 N/S/E/W 标记的十进制度坐标刻度
- `gridlines` 函数用于绘制辅助网格线



167

183



# 基础绘图方法

## 绘制地图元素

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形  
统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

绘制空间对象

绘制坐标轴和布局

控制

绘制地图元素

绘图交互

基于 lattice 的绘

图方法

基于 ggplot2 的

绘图方法

168

- 绘图函数的 `pch`、`lwd` 等参数用于绘制空间图形要素的颜色、样  
式等属性，用法和对应的普通图形要素绘制类似
- `legend` 函数用于绘制地图图例

空间类	参数	含义	帮助
SpatialPointsDataFrame	<code>pch</code> <code>col</code> <code>bg</code> <code>cex</code>	样式 颜色 填充色 大小	?points
SpatialLinesDataFrame	<code>col</code> <code>lwd</code> <code>lty</code>	颜色 线宽 线型	?lines
SpatialPolygonsDataFrame	<code>border</code> <code>lty</code> <code>pbg</code> <code>density</code> <code>angle</code>	边框颜色 线类型 孔类型 填充线密度 填充线角度	?polygon
SpatialGridsDataFrame SpatialPixelsDataframe	<code>zlim</code> <code>col</code> <code>breaks</code>	属性值范围 颜色 分级断点	?image

表：基础绘图系统绘图函数中用于绘制空间图形要素的主要参数

183



# 基础绘图方法

## 绘制地图元素

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

绘制空间对象

绘制坐标轴和布局

控制

绘制地图元素

绘图交互

基于 lattice 的绘

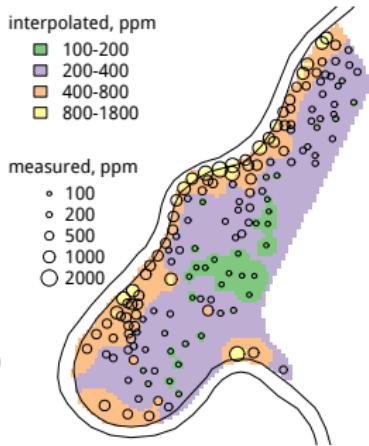
图方法

基于 ggplot2 的绘

图方法

168

183



```

1 > library(RColorBrewer)
2 > cols <- brewer.pal(4, "Accent") # 分四个等级
3 # 设置空间图形要素
4 > image(zn.idw, col = cols,
5   ↪ breaks=log(c(100,200,400,800,1800)))
6 > plot(meuse.pol, add = TRUE)
7 > plot(meuse,pch=1,cex=sqrt(meuse$zinc)/20,add=TRUE)
8 # 绘制空间要素的图例
9 > legend("left", legend=c(100, 200, 500, 1000, 2000),
   ↪ pch = 1, pt.cex = sqrt(legVals)/20, bty = "n",
   ↪ title="measured, ppm", cex=1.2, y.inter=1)
> legend("topleft", fill = cols,
   ↪ legend=c("100-200","200-400","400-800","800-1800"),
   ↪ bty = "n", title = "interpolated, ppm",
   ↪ cex=1.2, y.inter=1)

```



# 基础绘图方法

## 绘图交互

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

绘制空间对象

绘制坐标轴和布局

控制

绘制地图元素

绘图交互

169

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

- 地图要素在绘图区域的定位可以在程序中设置绝对数值来完成，也可以用 R 的交互函数通过鼠标点击手动完成
- 相比 GIS 软件，R 的交互功能比较弱，只提供了两个交互函数 `locator` 和 `identify`，两者都会等待鼠标输入，单击左键开始，单击右键结束
- `locator` 函数返回单击的坐标位置，`identify` 函数在一个指定距离范围内绘制并返回离点击位置最近的标签值

183



# 基础绘图方法

## 绘图交互

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

绘制空间对象

绘制坐标轴和布局

控制

绘制地图元素

绘图交互

169

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

- 地图要素在绘图区域的定位可以在程序中设置绝对数值来完成，也可以用 R 的交互函数通过鼠标点击手动完成
- 相比 GIS 软件，R 的交互功能比较弱，只提供了两个交互函数**locator**和**identify**，两者都会等待鼠标输入，单击左键开始，单击右键结束
- **locator** 函数返回单击的坐标位置，**identify** 函数在一个指定距离范围内绘制并返回离点击位置最近的标签值

```
1 > plot(meuse, axes=FALSE)
2 > plot(meuse.pol, add=TRUE)
3 > box()
4 # 通过鼠标点击来定位比例尺、指北针以及说明文字的位置；相对绝对数值，这种定位方式不够精准，但是比较直观
5 > SpatialPolygonsRescale(layout.scale.bar(), offset = locator(1), scale = 1000,
   ←   fill=c("transparent", "black"), plot.grid = FALSE)
6 > text(locator(1), "0")
7 > text(locator(1), "1 km")
8 > SpatialPolygonsRescale(layout.north.arrow(), offset = locator(1), scale = 400, plot.grid = FALSE)
```

183



# 基于 lattice 的绘图方法

## spplot 函数

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

spplot 函数

170

添加布局项

panel 排列布局

基于 ggplot2 的  
绘图方法

- sp 包基于 Spatial 类封装了 lattice 包的绘图函数，实现在 grid 绘图系统中绘制空间数据，对应的绘图函数是 **spplot** 函数
- spplot 的返回值是 trellis 对象，**大部分参数和 xyplot 函数通用**
- spplot 函数通过接收 GIS 属性数据实现便捷的绘图方式，每个 panel 绘制一个属性，多个属性则自动生成多个 panel

183



# 基于 lattice 的绘图方法

## spplot 函数

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

spplot 函数

170

添加布局项

panel 排列布局

基于 ggplot2 的  
绘图方法

- sp 包基于 Spatial 类封装了 lattice 包的绘图函数，实现在 grid 绘图系统中绘制空间数据，对应的绘图函数是 **spplot** 函数
- spplot 的返回值是 trellis 对象，**大部分参数和 xyplot 函数通用**
- spplot 函数通过**接收 GIS 属性数据**实现便捷的绘图方式，每个 panel 绘制一个属性，多个属性则自动生成多个 panel

```

1 # 为 meuse 数据集挂载四个属性
2 > data(meuse)
3 > coordinates(meuse) <- ~x+y
4 > meuse$lead.st = as.vector(scale(meuse$lead))
5 > meuse$zinc.st = as.vector(scale(meuse$zinc))
6 > meuse$copper.st = as.vector(scale(meuse$copper))
7 > meuse$cadmium.st = as.vector(scale(meuse$cadmium))
8 # 设置指北针和比例尺
9 > l2 = list("SpatialPolygonsRescale", layout.north.arrow(), offset = c(178750,332500), scale = 400)
10 > l3 = list("SpatialPolygonsRescale", layout.scale.bar(), offset = c(180500,329800), scale = 500,
11   ↪   fill=c("transparent","black"))
12 > l4 = list("sp.text", c(180500,329900), "0")
13 > l5 = list("sp.text", c(181000,329900), "500 m")
14 # 定义分段断点
15 > cuts=c(-1.2,0,1,2,3,5)
16 # 设置颜色等级
17 > grys <- brewer.pal(7, "Reds")
18 # spplot 函数绘制 meuse 数据集的四个属性：第一个参数是空间数据集，第二个参数是需要绘制的属性,sp.layout
19   ↪   参数设置地图要素,col.regions 参数设置颜色等级，其他参数和 xyplot 函数通用
20 > spplot(meuse, c("cadmium.st", "copper.st", "lead.st", "zinc.st"),
21   ↪   sp.layout=list(l2,l3,l4,l5), layout=c(2,2),
22   ↪   key.space="right", main=list("标准差",),
23   ↪   par.strip.text=list(cex=2), aspect=1,
24   ↪   cuts = cuts,col.regions=grys)

```

183



# 基于 lattice 的绘图方法

## spplot 函数

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘

图方法

spplot 函数

170

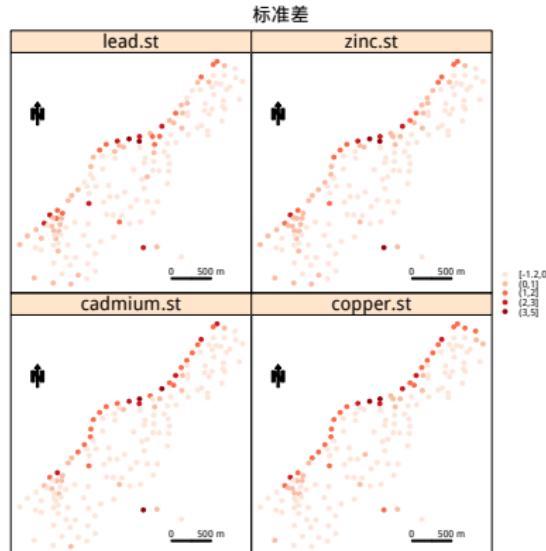
添加布局项

panel 排列布局

基于 ggplot2 的  
绘图方法

183

- sp 包基于 Spatial 类封装了 lattice 包的绘图函数，实现在 grid 绘图系统中绘制空间数据，对应的绘图函数是 **spplot** 函数
- spplot 的返回值是 trellis 对象，**大部分参数和 xyplot 函数通用**
- spplot 函数通过**接收 GIS 属性数据**实现便捷的绘图方式，每个 panel 绘制一个属性，多个属性则自动生成多个 panel





# 基于 lattice 的绘图方法

## 添加布局项

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形  
统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

spplot 函数

添加布局项

panel 排列布局

基于 ggplot2 的  
绘图方法

- **sp.layout** 参数用来添加点、线、面、文本等基本绘图要素以及地图要素，这个参数接收一个由布局项构成的 list 对象，其中布局项本身也是一个 list 对象且第一个参数是函数名称

sp 布局函数	类型	主要参数
sp.points	SpatialPoints	pch,cex,col
sp.polygons	SpatialPolygons	lty,lwd,col
sp.lines	SpatialLines	lty,lwd,col
sp.text	text	col,cex,srt

表: sp 包的布局函数，其作为 list 对象的一部分被 sp.layout 参数接收，函数参数与 par 相同，可以用?par 查看相关参数说明

171

183



# 基于 lattice 的绘图方法

## 添加布局项

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

spplot 函数

添加布局项

171

panel 排列布局

基于 ggplot2 的  
绘图方法

- **sp.layout** 参数用来添加点、线、面、文本等基本绘图要素以及地图要素，这个参数接收一个由布局项构成的 list 对象，其中布局项本身也是一个 list 对象且第一个参数是函数名称

```
1 # 布局函数 list 对象按类型组成需要添加的绘图要素，这与基本绘图系统是类似的，但是实现上更为优雅
2 > river <- list("sp.polygons", meuse.pol)
3 # 这里除了基本绘图要素外，还可以添加地图要素
4 > north <- list("SpatialPolygonsRescale", layout.north.arrow(), offset = c(178750,332500), scale =
   ↪ 400)
5 > scale <- list("SpatialPolygonsRescale", layout.scale.bar(), offset = c(180200, 329800), scale =
   ↪ 1000, fill=c("transparent","black"))
6 > txt1 <- list("sp.text", c(180200, 329950), "0")
7 > txt2 <- list("sp.text", c(181200, 329950), "1 km")
8 > pts <- list("sp.points", meuse, pch = 3, col = "black")
9 # 最后所有布局项组成一个 list 对象传入 sp.layout 参数，并用于最终的绘图
10 > meuse.layout <- list(river, north, scale, txt1, txt2, pts)
11 > grys <- brewer.pal(7, "Reds")
12 > spplot(zn["log"], sp.layout = meuse.layout, cuts=5, col.regions=grys)
```

183



# 基于 lattice 的绘图方法

## 添加布局项

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

spplot 函数

添加布局项

171

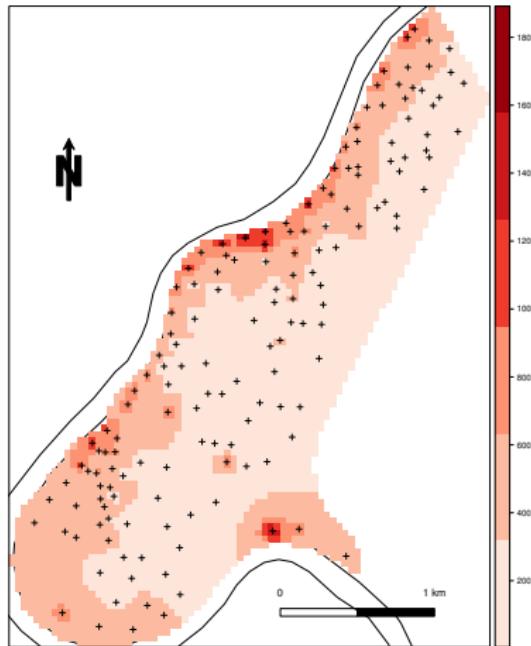
panel 排列布局

基于 ggplot2 的

绘图方法

183

- `sp.layout` 参数用来添加点、线、面、文本等基本绘图要素以及地图要素，这个参数接收一个由布局项构成的 list 对象，其中布局项本身也是一个 list 对象且第一个参数是函数名称





# 基于 lattice 的绘图方法

## panel 排列布局

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形  
统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

spplot 函数

添加布局项

panel 排列布局 172

基于 ggplot2 的  
绘图方法

- 相比 plot 函数，spplot 函数最大的优势是可以 在同一绘图区  
域不同 panel 对多个属性绘图，从而实现分析结果的比较
- panel 的排列布局通过 layout 和 skip 参数实现；layout 设置 panel  
排列的行列数，skip 则设置需要留白的 panel



# 基于 lattice 的绘图方法

## panel 排列布局

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形  
统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

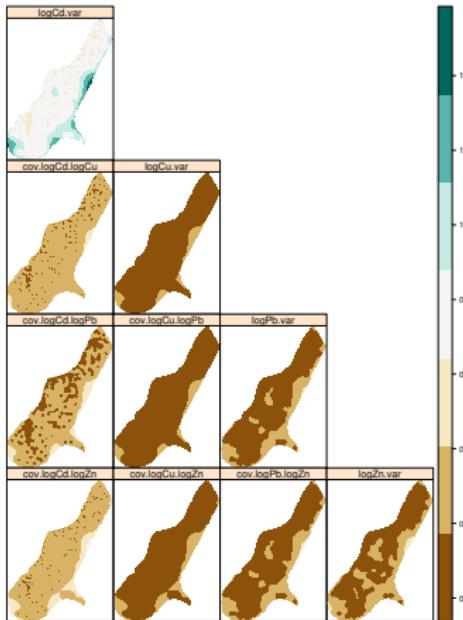
spplot 函数

添加布局项

panel 排列布局 172

基于 ggplot2 的  
绘图方法

- 相比 plot 函数，spplot 函数最大的优势是可以 在同一绘图区  
域不同 panel 对多个属性绘图，从而实现分析结果的比较
- panel 的排列布局通过 layout 和 skip 参数实现；layout 设置 panel  
排列的行列数，skip 则设置需要留白的 panel



图：协克里金方差矩阵的统计图  
形展示，参数为 layout=c(4,4),  
skip=c(F,T,T,T,F,F,T,T,F,  
F,F,T,T,T,T)



# 基于 ggplot2 的绘图方法

## 绘制矢量空间数据

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

绘制矢量空间数据

173

绘制栅格空间数据

绘制地图要素

叠加瓦片地图图层

- sp 包没有重新编写基于 ggplot2 包的绘图函数，但是空间点对象可以直接转换为 data.frame，线和面则利用 ggplot2 包的 **fortify** 函数转换为 data.frame，然后再用绘图函数绘图
- 利用 ggplot2 的 **分面函数** 在同一图幅中展示数据的不同类别

```
1 # ggplot2 包提供 fortify 函数将线和面空间对象转换为 data.frame
2 > methods(fortify)
3 [1] fortify.cld*           fortify.confint.glm*
4 [3] fortify.data.frame*    fortify.default*
5 [5] fortify.function*     fortify.glm*
6 [7] fortify.Line*          fortify.Lines*
7 [9] fortify.lm*            fortify.map*
8 [11] fortify.NULL*         fortify.Polygon*
9 [13] fortify.Polygons*    fortify.SpatialLinesDataFrame*
10 [15] fortify.SpatialPolygons* fortify.SpatialPolygonsDataFrame*
11 [17] fortify.summary.glm*
12 see '?methods' for accessing help and source code
```

183



# 基于 ggplot2 的绘图方法

## 绘制矢量空间数据

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

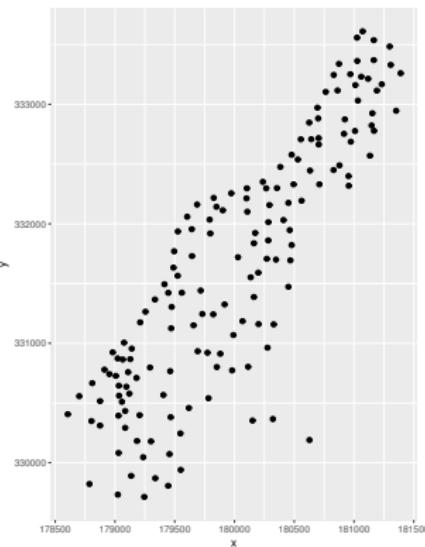
绘制矢量空间数据

绘制栅格空间数据

绘制地图要素

叠加瓦片地图图层

173



183

```
1 > data(meuse)
2 > coordinates(meuse) <- ~x+y
3 # 将空间点对象转换为 data.frame 对象
4 > m <- as(meuse, "data.frame")
5 # 用 ggplot 函数绘图
6 > ggplot(m, aes(x, y))+geom_point()+coord_equal()
```



# 基于 ggplot2 的绘图方法

## 绘制矢量空间数据

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

绘制矢量空间数据

173

绘制栅格空间数据

绘制地图要素

叠加瓦片地图图层

- sp 包没有重新编写基于 ggplot2 包的绘图函数，但是空间点对象可以直接转换为 data.frame，线和面则利用 ggplot2 包的 **fortify** 函数转换为 data.frame，然后再用绘图函数绘图
- 利用 ggplot2 的 **分面函数** 在同一图幅中展示数据的不同类别

```

1 # 读取一个面状 shp 图层, 属性数据包括四个字段
2 > sport <- readOGR(dsn = "./data/", "london_sport")
3 > str(sport,max.level=2)
4 Formal class 'SpatialPolygonsDataFrame' [package "sp"] with 5 slots
5   ..@ data    :'data.frame': 33 obs. of  4 variables:
6   ..@ polygons :List of 33
7   ..@ plotOrder : int [1:33] 1 3 4 19 10 25 28 2 7 27 ...
8   ..@ bbox     : num [1:2, 1:2] 503571 155851 561941 200932
9   ..@ .dimnames='list of 2
10  ..@ proj4string:Formal class 'CRS' [package "sp"] with 1 slot
11 > str(sport@data,max.level=2)
12 'data.frame': 33 obs. of 4 variables:
13 $ ons_label : Factor w/ 33 levels "00AA","OOAB",...: 6 27 17 16 21 29 18 24 32 8 ...
14 $ name      : Factor w/ 33 levels "Barking and Dagenham",...: 5 27 17 16 21 29 18 24 32 8 ...
15 $ Partic_Per: num 21.7 26.6 21.5 17.9 24.4 19.3 16.9 20.7 26 17.6 ...
16 $ Pop_2001  : Factor w/ 33 levels "147271","158921",...: 29 5 21 19 1 7 14 9 25 32 ...
17
18 # fortify 函数将空间面对象转换为 data.frame
19 > sport.f <- fortify(sport, region = "ons_label")
20 > sport.f <- merge(sport.f, sport@data, by.x = "id", by.y = "ons_label") # 挂载属性信息
21 > Map <- ggplot(sport.f, aes(long, lat, group = group, fill = Partic_Per)) + geom_polygon() +
22   ↪ geom_path(colour="white",lwd=0.3) + coord_equal() + labs(x = "Easting (m)", y = "Northing
23   ↪ (m)", fill = "% Sport Partic.") + ggtitle("London Sports Participation")
24 > Map + scale_fill_gradient(low = "green", high = "red")

```

183



# 基于 ggplot2 的绘图方法

## 绘制矢量空间数据

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

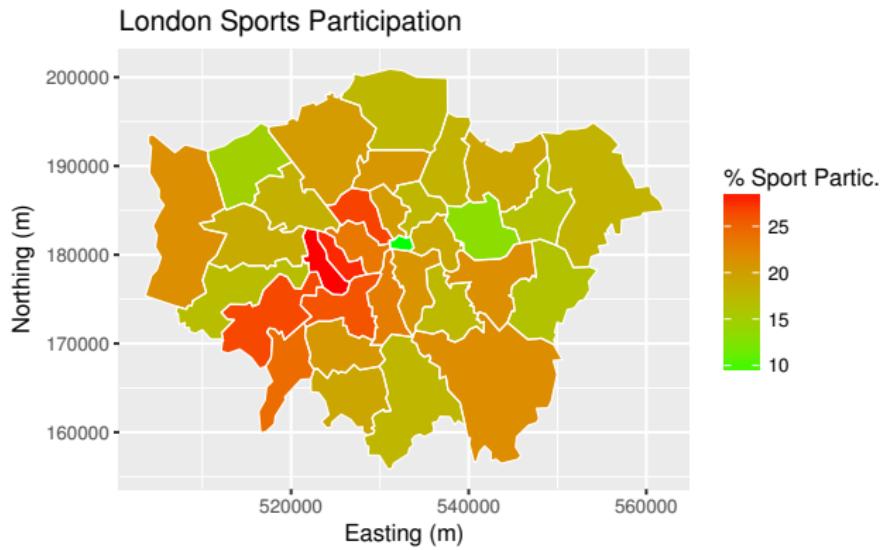
绘制矢量空间数据

绘制栅格空间数据

绘制地图要素

叠加瓦片地图图层

- sp 包没有重新编写基于 ggplot2 包的绘图函数，但是空间点对象可以直接转换为 data.frame，线和面则利用 ggplot2 包的 **fortify** 函数转换为 data.frame，然后再用绘图函数绘图
- 利用 ggplot2 的 **分面函数** 在同一图幅中展示数据的不同类别





# 基于 ggplot2 的绘图方法

## 绘制矢量空间数据

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

绘制矢量空间数据

173

绘制栅格空间数据

绘制地图要素

叠加瓦片地图图层

- sp 包没有重新编写基于 ggplot2 包的绘图函数，但是空间点对象可以直接转换为 data.frame，线和面则利用 ggplot2 包的 **fortify** 函数转换为 data.frame，然后再用绘图函数绘图
- 利用 ggplot2 的 **分面函数** 在同一图幅中展示数据的不同类别

```
1 > library(reshape2)
2 # 读取伦敦市各行政区历年人口数据
3 > london.data <- read.csv("data/census-historic-population-borough.csv")
4 # 将人口数据全部融合到 data.frame 的一列 variable
5 > london.data.melt <- melt(london.data, id = c("Area.Code", "Area.Name"))
6 > plot.data <- merge(sport.f, london.data.melt, by.x = "id", by.y = "Area.Code")
7 # 用分面函数 facet_wrap 根据变量 variable 的不同类别绘图
8 > ggplot(data = plot.data, aes(x = long, y = lat, fill = value, group = group)) +
9     geom_polygon() +
10    geom_path(colour = "white", lwd = 0.3) +
11    coord_equal() +
12    facet_wrap(~variable)
```

183



# 基于 ggplot2 的绘图方法

## 绘制矢量空间数据

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

绘制矢量空间数据

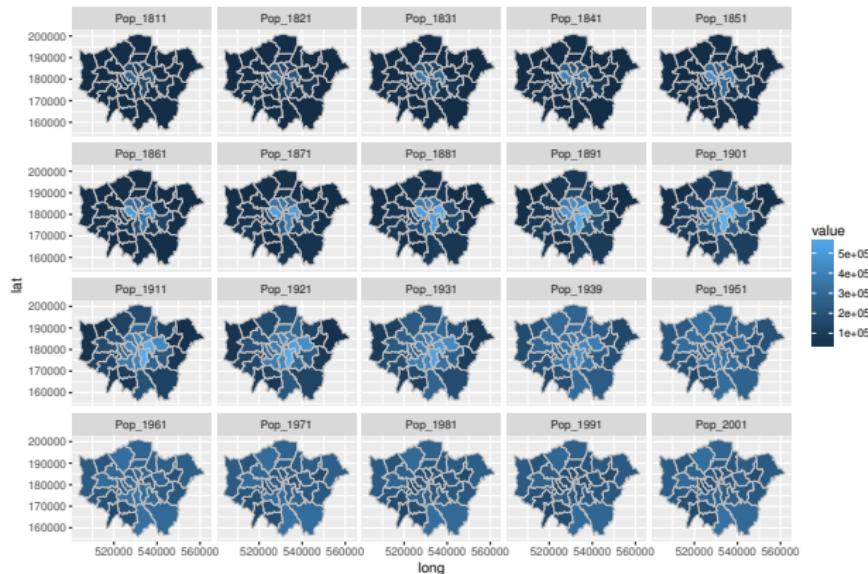
绘制栅格空间数据

绘制地图要素

叠加瓦片地图图层

173

- sp 包没有重新编写基于 ggplot2 包的绘图函数，但是空间点对象可以直接转换为 data.frame，线和面则利用 ggplot2 包的 **fortify** 函数转换为 data.frame，然后再用绘图函数绘图
- 利用 ggplot2 的 **分面函数** 在同一图幅中展示数据的不同类别



183



# 基于 ggplot2 的绘图方法

## 绘制矢量空间数据

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

绘制矢量空间数据

174

绘制栅格空间数据

绘制地图要素

叠加瓦片地图图层

183

- 除了间接转换的方法，ggplot2 包在正在开发的新版本中提供了`geom_sf`函数可以直接绘制从 sf 包读取的空间数据对象



# 基于 ggplot2 的绘图方法

## 绘制矢量空间数据

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

绘制矢量空间数据

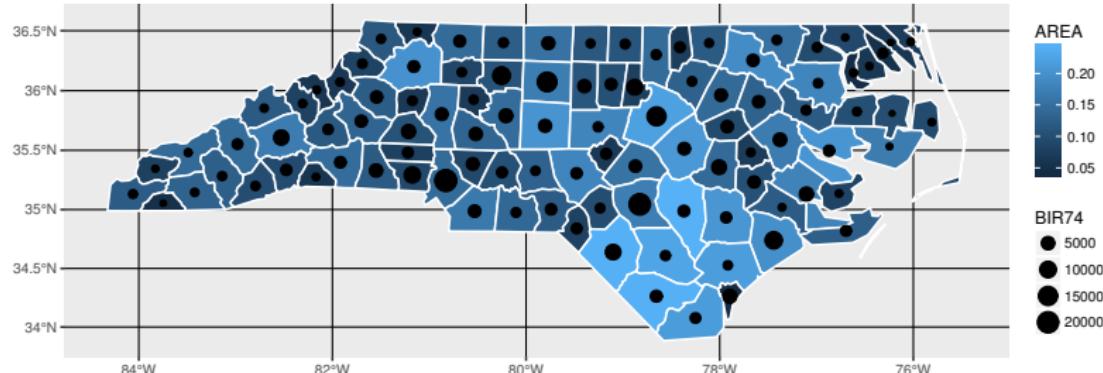
绘制栅格空间数据

绘制地图要素

叠加瓦片地图图层

- 除了间接转换的方法，ggplot2 包在正在开发的新版本中提供了 `geom_sf` 函数可以直接绘制从 sf 包读取的空间数据对象

```
1 # 因为 geom_sf 函数还未正式发布，因此用 install_github 函数直接获取开发版源代码
2 > \colorbox{green}{install_github("tidyverse/ggplot2")}
3 > require(ggplot2) # 重新加载开发版的 ggplot2
4 # 用 sf 包读取空间矢量数据
5 > nc <- sf::st_read(system.file("shape/nc.shp", package = "sf"), quiet = TRUE)
6 > nc_3857 <- sf::st_transform(nc, "+init=epsg:3857") # 坐标系转换
7 > nc_3857$mid <- sf::st_centroid(nc_3857$geometry) # 抽取面状要素的中心点
8 # 先绘制面层，再绘制点层
9 > ggplot(nc_3857) +
10 +   geom_sf(aes(fill = AREA), colour = "white", lwd = 0.5) +
11 +   geom_sf(aes(geometry = mid, size = BIR74), show.legend = "point")
```





# 基于 ggplot2 的绘图方法

## 绘制栅格空间数据

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

绘制矢量空间数据

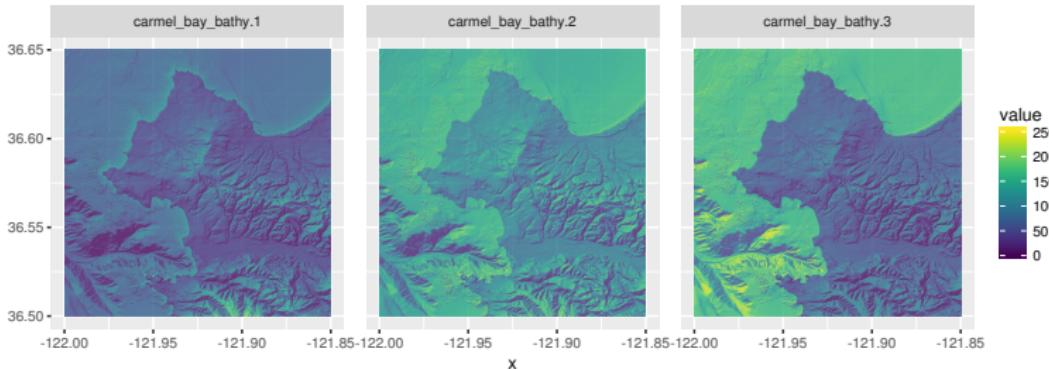
绘制栅格空间数据 175

绘制地图要素

叠加瓦片地图图层

- 栅格空间数据可以用 ggplot2 包的 geom\_raster 或 geom\_tile 函数直接绘制；建议在栅格数据较大时采用 geom\_raster 函数

```
1 > library(viridis) # 这个包可以让输出的地图配色更专业
2 > library(raster); library(reshape2)
3 # 从外部文件读取栅格数据，包括三个波段
4 > carmel_bay <- brick("data/carmel_bay_bathy.tif")
5 # 将 RasterBrick 对象转换成 data.frame
6 > bay_spdf <- as(carmel_bay, "SpatialPixelsDataFrame")
7 > bay_df <- as.data.frame(bay_spdf)
8 > bay_df <- melt(bay_df, id=c("x", "y")) # 将不同波段数据融合到 data.frame 的一列 variable
9 # geom_tile 函数不对栅格数据做任何压缩，建议对较大栅格数据用 geom_raster 函数，其对数据做了压缩优化
10 > ggplot() +
11   + geom_raster(data=bay_df, aes(x=x, y=y, fill=value), alpha=0.8) +
12   + scale_fill_viridis() + coord_equal() + facet_wrap(~variable) +
13   + theme(panel.spacing = unit(0.2, "in"))
```





# 基于 ggplot2 的绘图方法

## 绘制栅格空间数据

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

绘制矢量空间数据

绘制栅格空间数据

绘制地图要素

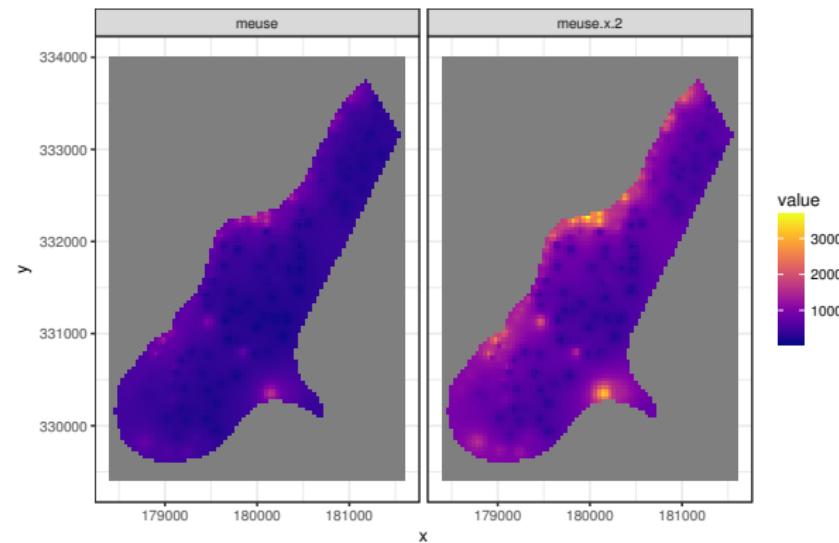
叠加瓦片地图图层

176

183

- rasterVis 包提供了 `gplot` 函数可以直接对 raster 包的 Raster\* 对象进行绘制，从而省去了数据转换的步骤

```
1 > library(rasterVis); library(raster); library(viridis)
2 > r <- raster(system.file("external/test.grd", package="raster"))
3 > s <- stack(r, r*2)
4 > names(s) <- c('meuse', 'meuse x 2')
5 > gplot(s) + geom_tile(aes(fill = value)) +
6 >   scale_fill_gradientn(colours = viridis(256, option = "C")) +
7 >   coord_equal() + facet_wrap(~ variable)
```





# 基于 ggplot2 的绘图方法

## 绘制地图要素

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

绘制矢量空间数据

绘制栅格空间数据

绘制地图要素

叠加瓦片地图图层

177

183

- ggsn 包提供 north 和 scalebar 函数扩展了 ggplot2 包指北针和比例尺地图要素的绘制功能

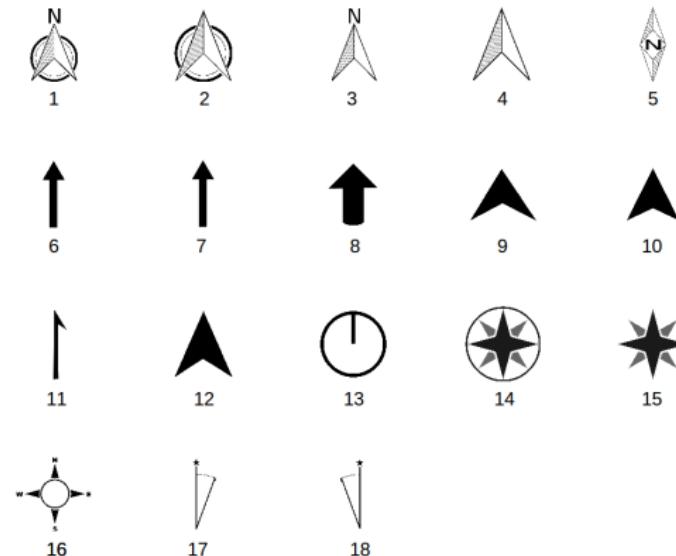


图: ggsn 提供的指北针样式及编号, 原样式来自 QGIS



# 基于 ggplot2 的绘图方法

## 绘制地图要素

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

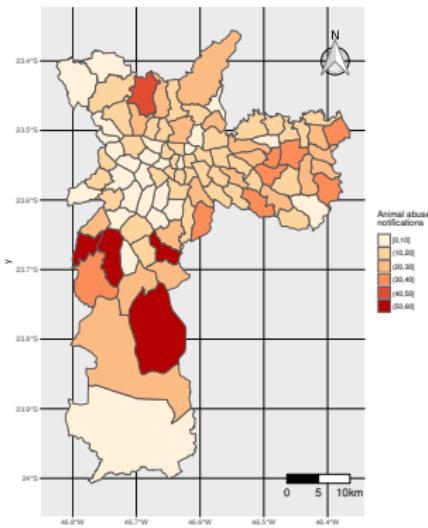
绘制矢量空间数据

绘制栅格空间数据

绘制地图要素

叠加瓦片地图图层

177



183

- ggsn 包提供 north 和 scalebar 函数扩展了 ggplot2 包指北针和比例尺地图要素的绘制功能

```
1 > library(ggsn); library(sf)
2 > dsn <- system.file('extdata', package = 'ggsn')
3 > map <- st_read(dsn, 'sp', quiet = TRUE)
4 > ggplot(map, aes(fill = nots)) + geom_sf() +
5   +   scale_fill_brewer(name = 'Animal
6   +     ↪ abuse\nc\nnotations', palette = 8) +
7   +   north(map) + # 添加指北针
8   +   # 在 GCS 下添加比例尺
9   +   scalebar(map, dist = 5, dd2km = TRUE, model =
  ↪ 'WGS84')
```



# 基于 ggplot2 的绘图方法

## 绘制地图要素

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

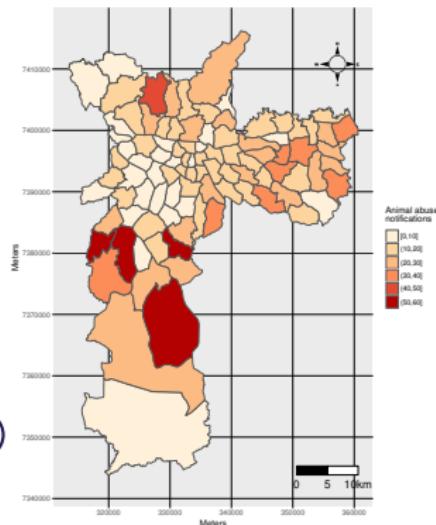
绘制矢量空间数据

绘制栅格空间数据

绘制地图要素

叠加瓦片地图图层

177



183

- ggsn 包提供 north 和 scalebar 函数扩展了 ggplot2 包指北针和比例尺地图要素的绘制功能

```
1 > # GCS 转换到 PCS
2 > map2 <- st_transform(map, 31983)
3 > ggplot(map2) +
4 +   geom_sf(aes(fill = nots)) +
5 +   north(map2, symbol = 16, scale = 0.15) +
6 +   scale_fill_brewer(name = 'Animal
7 +   ↪ abuse\abuse', palette = 8) +
8 +   scalebar(map2, dist = 5, dd2km=FALSE) +
9 +   # 坐标轴按照 PCS 进行转换
10 +  coord_sf(datum = st_crs(31983)) +
11 +  xlab('Meters') +
11 +  ylab('Meters')
```



# 基于 ggplot2 的绘图方法

## 叠加瓦片地图图层

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形  
统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

绘制矢量空间数据

绘制栅格空间数据

绘制地图要素

叠加瓦片地图图层

- **ggspatial** 包是近年来开发比较活跃的一个基于 ggplot2 的空间数据扩展包，其重写了所有 sp 对象的绘图函数，并且还提供叠加 OpenStreetMap (OSM) 瓦片地图的功能



# 基于 ggplot2 的绘图方法

## 叠加瓦片地图图层

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形  
统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

绘制矢量空间数据

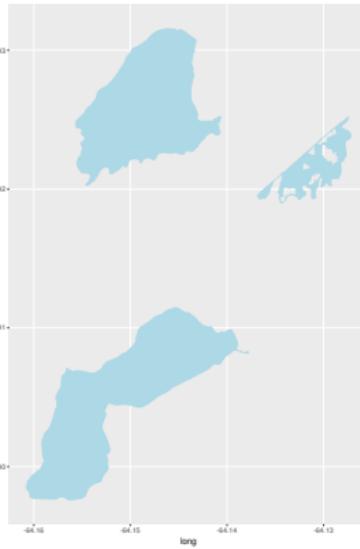
绘制栅格空间数据

绘制地图要素

叠加瓦片地图图层

178

183



```
1 > library(ggspatial)
2 > data(longlake_waterdf)
3 > class(longlake_waterdf)
4 [1] "SpatialPolygonsDataFrame"
5 attr(,"package")
6 [1] "sp"
7 # ggspatial 函数直接绘制 sp 对象
8 # 其是 ggplot() + geom_spatial() + coord_map() 的组合
9 > ggspatial(longlake_waterdf, fill = "lightblue")
10 Converting coordinates to lat/lon (epsg:4326)
```



# 基于 ggplot2 的绘图方法

## 叠加瓦片地图图层

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形  
统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

绘制矢量空间数据

绘制栅格空间数据

绘制地图要素

叠加瓦片地图图层

178



183

- **ggspatial** 包是近年来开发比较活跃的一个基于 ggplot2 的空间数据扩展包，其重写了所有 sp 对象的绘图函数，并且还提供叠加 OpenStreetMap (OSM) 瓦片地图的功能

```
1 # ggosm 根据数据范围自动下载 osm 瓦片地图
2 # 其是 ggplot() + geom_osm() + coord_map() 的组合
3 > ggosm() +
4   + geom_spatial(longlake_waterdf, fill="lightblue")
5 Converting coordinates to lat/lion (epsg:4326)
6 Zoom: 15
```



# 基于 ggplot2 的绘图方法

## 叠加瓦片地图图层

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

绘制矢量空间数据

绘制栅格空间数据

绘制地图要素

叠加瓦片地图图层

179

183

- **ggmap**是另一个常用的在 ggplot2 中叠加瓦片地图图层的包；而  
且除了 osm 之外，还可以加载 Google Maps 和 Stamen Maps



# 基于 ggplot2 的绘图方法

## 叠加瓦片地图图层

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

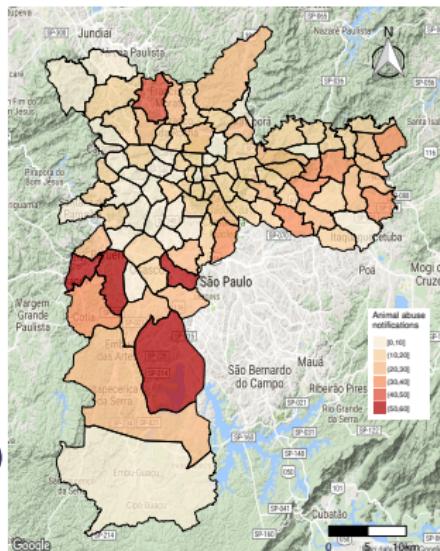
绘制矢量空间数据

绘制栅格空间数据

绘制地图要素

叠加瓦片地图图层

179



183

- **ggmap** 是另一个常用的在 ggplot2 中叠加瓦片地图图层的包；而  
且除了 osm 之外，还可以加载 Google Maps 和 Stamen Maps

```

1 > library(ggmap)
2 > sp <- get_googlemap("圣保罗")
3 > bb <- c(st_bbox(map) * matrix(rep(c(1.001, 0.999), e
4   ↪   = 2), ncol = 2))
5 > nms <- names(attr(sp, "bb"))
# 给瓦片地图设置 bbox
6 > attr(sp, "bb")[1, ] <- bb[c(2, 1, 4, 3)]
# ggmap 和 geom_sf 不兼容，这里采用 sp 对象转换的方案
7 > map_sp <- readOGR(dsn, "sp")
8 > map_sp@data$id <- 0:(nrow(map_sp@data) - 1)
9 > map_sp <- merge(tidy(map_sp), map_sp, by = 'id')
10 # 如果要将 ggmap 获取的瓦片地图和 sf 包兼容，
11 # 可以使用 sf 包重写的 plot 函数，
12 # 其提供 bgMap 参数将 ggmap 对象作为底图叠加
13 > ggmap(sp) +
14   geom_polygon(data = map_sp, aes(long, lat, group =
15     ↪   = group, fill = nots), alpha = .7) +
16   coord_equal() + blank() +
17   geom_path(data = map_sp, aes(long, lat, group =
18     ↪   = group)) +
19   scalebar(map_sp, dist = 5, dd2km = T, model =
20     ↪   'WGS84') +
21   north(map) +
22   scale_fill_brewer(name = 'Animal
23     ↪   abuse\nnotifications', palette = 8) +
24   theme(legend.position = c(0.9, 0.35))

```



# 推荐资料

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

绘制矢量空间数据

绘制栅格空间数据

绘制地图要素

叠加瓦片地图图层

180

## ● 入门



Emmanuel Paradis, 2005. *R for Beginners*.



刘思喆, 2013. *153 分钟学会 R*.



W. N. Venables, D. M. Smith and the R Core Team, 2018. *An Introduction to R*.



Norman Matloff. 2011. *Art of R Programming: A Tour of Statistical Software Design*. ISBN: 1593273843, No Starch Press.



Richard Cotton. 2013. *Learning R: A Step-by-Step Function Guide to Data Analysis*. ISBN: 1449357105, O'Reilly Media.



Robert I. Kabacoff, 2015. *R in Action: Data analysis and graphics with R (2nd Edition)*. ISBN: 9781617291388, Manning Publications.



Tilman M. Davies. 2016. *The Book of R: A First Course in Programming and Statistics*. ISBN: 1593276516, No Starch Press.

183



# 推荐资料

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形  
统计绘图工具

R 和 R 语言  
基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R  
R 的空间数据类  
空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

绘制矢量空间数据

绘制栅格空间数据

绘制地图要素

叠加瓦片地图图层

181

## ● 进阶

-  John M. Chambers. 2008. *Software for Data Analysis: Programming with R*. ISBN: 0387759352, Springer.
-  Joseph Adler. 2012. *R in a Nutshell: A Desktop Quick Reference (2nd Edition)*. ISBN: 144931208X, O'Reilly Media.
-  Michael J. Crawley. 2012. *The R Book (2nd Edition)*. ISBN: 978-0-470-97392-9, Wiley Press.
-  张丹. 2014. *R 的极客理想：工具篇*. ISBN: 9787111475071, 机械工业出版社.
-  张丹. 2014. *R 的极客理想：高级开发篇*. ISBN: 9787111505129, 机械工业出版社.
-  Hadley Wickham. 2015. *R Packages: Organize, Test, Document, and Share Your Code*. ISBN: 1491910593, O'Reilly Media.

183



# 推荐资料

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

绘制矢量空间数据

绘制栅格空间数据

绘制地图要素

叠加瓦片地图图层

182

## ● 统计和数据挖掘



W.N. Venables and Brian D. Ripley. 2003. *Modern Applied Statistics with S (4th Edition)*. ISBN: 1441930086, Springer.



Torsten Hothorn and Brian S. Everitt. 2009. *A Handbook of Statistical Analyses Using R (2nd Edition)*. ISBN: 1420079336, Chapman and Hall/CRC.



Roger S. Bivand, Edzer Pebesma and Virgilio Gómez-Rubio. 2013. *Applied Spatial Data Analysis with R*. ISBN: 1461476178, Springer.



Michael J. Crawley. 2014. *Statistics: An Introduction Using R (2nd Edition)*. ISBN: 1118941098, Wiley Press.



Brett Lantz. 2015. *Machine Learning with R: Expert techniques for predictive modeling to solve all your data analysis problems (2nd Edition)*. ISBN: 1784393908, O'Reilly Media.



Luis Torgo. 2017. *Data Mining with R: Learning with Case Studies (2nd Edition)*. ISBN: 1482234890, Chapman and Hall/CRC.



Hadley Wickham and Garrett Grolemund. 2017. *R for Data Science: Import, Tidy, Transform, Visualize, and Model Data*. ISBN: 1491910399, O'Reilly Media.

183



# 推荐资料

现代统计图形及  
在 R 中的实现

现代统计图形

统计绘图工具

R 和 R 语言

基础绘图系统

grid 绘图系统

空间数据绘图系  
统

GIS 和 R

R 的空间数据类

空间数据交换

基础绘图方法

基于 lattice 的绘  
图方法

基于 ggplot2 的  
绘图方法

绘制矢量空间数据

绘制栅格空间数据

绘制地图要素

叠加瓦片地图图层

183

## ● 统计绘图



Leland Wilkinson. 2005. *The Grammar of Graphics*. ISBN: 0387245448, Springer.



Deepayan Sarkar. 2008. *Lattice: Multivariate Data Visualization with R*. ISBN: 0387759689, Springer.



Paul Murrell. 2011. *R Graphics (2nd Edition)*. ISBN: 1439831769, Chapman and Hall.



Hadley Wickham. 2016. *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis (2nd Edition)*. ISBN: 331924275X, Springer.



Winston Chang. 2018. *R Graphics Cookbook: Practical Recipes for Visualizing Data (2nd Edition)*. ISBN: 1491978600, O'Reilly Media.

183

报告结束  
谢谢！

