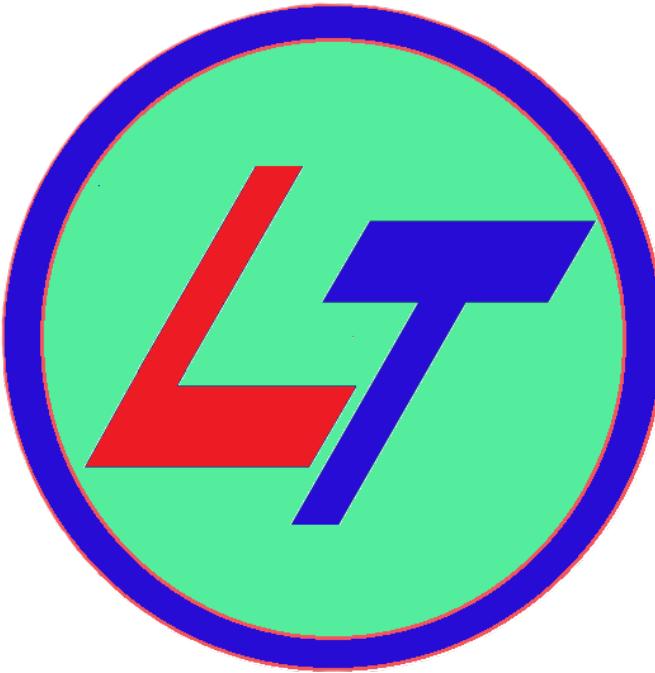


爱行绘图软件

(Lovell Charts) 使用手册



作者：何胜学
联系方式：lovellhe949@gmail.com
日期：2024/09/09

目录

| | |
|---------------------------|----|
| 0 软件简介..... | 1 |
| 1. 主要功能介绍..... | 2 |
| 1.1 图形类别..... | 2 |
| 1.2 颜色选取..... | 2 |
| 1.3 存取方式..... | 2 |
| 1.4 动态模拟..... | 2 |
| 2. 具体功能..... | 3 |
| 2.1 各类科研图形的绘制..... | 3 |
| 2.2 灵活的交互控制..... | 3 |
| 2.3 数据与函数输入..... | 3 |
| 3. 特色介绍..... | 4 |
| 3.1 色彩选择多样性与便利性..... | 4 |
| 3.2 函数输入便利性..... | 4 |
| 3.3 图形质量与绘制效率的协调..... | 4 |
| 3.4 简洁而全面的交互控制..... | 4 |
| 4. 软件的窗口菜单及操作界面简介..... | 5 |
| 5. 交互式图形界面介绍..... | 9 |
| 6. 应用示例-以 3D 气泡图为例..... | 11 |
| 6.1 绘制目标..... | 11 |
| 6.2 数据准备..... | 11 |
| 6.3 加载数据绘图..... | 12 |
| 6.4 修改图形属性..... | 14 |
| 6.5 存储图像..... | 19 |
| 7. 输入数据文件格式规范..... | 21 |
| 7.1 数据定义及分类..... | 21 |
| 7.2 主要数据文件格式..... | 21 |
| 7.2.1 单键单值数据文件..... | 21 |
| 7.2.2 键值型数据文件..... | 22 |
| 7.2.3 XYZ 型数据组合型数据文件..... | 22 |
| 7.2.4 矩阵型数据组合型数据文件..... | 23 |
| 8. 函数公式输入简介..... | 26 |
| 8.1 变量设置和常数..... | 26 |

| | |
|-------------------------------|----|
| 8.2 支持的基本函数..... | 26 |
| 8.3 输入规范与特点..... | 26 |
| 9. 图形分类绘制的数据结构与控制功能简介 | 27 |
| 9.1 面积图绘制..... | 27 |
| 9.1.1 面积图分类..... | 27 |
| 9.1.2 输入数据文件结构..... | 27 |
| 9.1.3 特征调整面板..... | 27 |
| 9.1.4 面积图绘制示例图..... | 29 |
| 9.2 柱状图绘制..... | 31 |
| 9.2.1 柱状图类别..... | 31 |
| 9.2.2 数据文件结构..... | 31 |
| 9.2.3 特征调整面板..... | 31 |
| 9.2.4 标记特定数据的高亮设置与操作..... | 32 |
| 9.2.5 柱状图示例..... | 33 |
| 9.3 3D 线形图绘制..... | 35 |
| 9.3.1 三类 3D 线图..... | 35 |
| 9.3.2 基于键值型数据的 3D 线形图 | 36 |
| 9.3.3 空间曲线轨迹图..... | 37 |
| 9.3.4 序列型 XYZ 数据线形图绘制..... | 38 |
| 9.3.5 轨迹的动态绘制说明与 3D 样图 | 40 |
| 9.4 饼状图、环面图和金字塔型 3D 图绘制 | 41 |
| 9.4.1 数据文件..... | 41 |
| 9.4.2 共同的基础特征调整面板..... | 41 |
| 9.4.3 不同的高级特征调整面板..... | 41 |
| 9.4.4 例图展示..... | 43 |
| 9.5 散点图绘制..... | 45 |
| 9.5.1 散点图数据格式..... | 45 |
| 9.5.2 散点图高级特征调整 | 45 |
| 9.5.3 散点图中高亮标记特定区域..... | 46 |
| 9.5.4 散点图绘制图例..... | 47 |
| 9.6 曲面图绘制..... | 49 |
| 9.6.1 曲面图数据格式..... | 49 |
| 9.6.2 曲面图的函数公式输入..... | 49 |
| 9.6.3 曲面图绘制中的高级特征调整面板 | 50 |

| | |
|-------------------------------------|----|
| 9.6.4 曲面图制作示例..... | 53 |
| 9.7 带参变量的函数曲面绘制..... | 55 |
| 9.7.1 带参函数曲面的数据文件格式..... | 55 |
| 9.7.2 函数公式输入面板介绍..... | 55 |
| 9.7.3 基本特征调整面板中的着色方案调整..... | 56 |
| 9.7.4 带参函数曲面的示例图..... | 57 |
| 9.8 矢量场 3D 可视化..... | 58 |
| 9.8.1 矢量场的数据文件结构..... | 58 |
| 9.8.2 矢量场的方向函数输入面板..... | 59 |
| 9.8.3 矢量场图形示例..... | 60 |
| 9.9 点线关联 3D 网络结构绘制..... | 61 |
| 9.9.1 点线关联的立体网络结构的数据文件格式..... | 61 |
| 9.9.2 点线关联 3D 网络结构绘制中的特征调整..... | 62 |
| 9.9.3 点线关联的立体网络结构的 3D 图形实例..... | 63 |
| 9.10 点云文件的可视化..... | 65 |
| 9.10.1 带有材质和法向量信息的 obj 文件加载..... | 65 |
| 9.10.2 stl、ply 和 obj 类点云文件简单加载..... | 65 |
| 9.10.3 点云文件可视化示例..... | 65 |

0 软件简介

Lovell Charts(LC) 是一款 3D 科研绘图软件。该软件是基于 Java 语言开发的具有独立 3D 制图引擎的软件。具有绘制绝大多数常见 3D 科研类图形的能力。鉴于在使用许多相关软件时需要进行复杂的计算机语言输入或处理复杂交互界面，本软件将力图简化相关操作。为了使不具有计算机程序编写经验的普通人也可方便使用该软件，LC 采用了简洁的数据和函数输入方式，在图形的特征调整和结果输出上也采取了灵活方便的交互界面。本软件适用于各种科研绘图场景，特别是大专院校的科研工作者和企事业单位的相关工作人员。

Lovell Charts 的当前版本为 1.2。

1. 主要功能介绍

1.1 图形类别

LC 可以绘制 3D 面积图和累积面积图、3D 柱状图和累积柱状图、各种 3D 线形图、3D 气泡图、3D 饼图、环面图和金字塔型 3D 图、各种散点图、曲面图、矢量场图、以及带参数变量的 3D 函数图。除上述图形外，LC 也可绘制一般的 3D 形状、点线结构，并可实现常见点云文件的可视化。

1.2 颜色选取

LC 不仅具有定制化的渐变色和定色选择功能，而且内置了数百种常用颜色系。用户可以通过表格预览并选择使用。

1.3 存取方式

LC 的基本图形数据可通过 txt 文本文件输入。当制作的图形可以与给定函数关联时，LC 提供了可以直接输入函数的面板。用户可通过输入函数的具体公式实现图形绘制。

LC 绘制的最终图形可以保存为 png、jpg、svg 和 pdf 格式的文件。

1.4 动态模拟

针对曲线轨迹图和函数曲面图，LC 提供了动态绘制的功能。上述功能可以成为有效的系统状态模拟展示工具。

2. 具体功能

2.1 各类科研图形的绘制

Lovell Charts 可绘制的图像总结如下：

- 面积图：多序列面积图、单行多序列累积面积图、多行多序列累积图
- 柱状图：多序列柱状图、单行累积柱状图、多行累积柱状图、带误差线的柱状图
- 饼图：简单饼图、环状饼图、环面图、金字塔型 3D 图、可标记特定数据的柱状图
- 线图：具有宽度厚度的 3D 线图、点线组合呈现的线图、带有投影的曲线轨迹图、动态绘制的曲线轨迹图、多序列线路、带有误差线（或误差条带）的序列线图、带有瀑布线（或瀑布面）的多序列线图
- 气泡图：多种着色方面的 3D 气泡图
- 散点图：可以改变序列 3D 形状的散点图、带对数数轴的散点图、特定区域标记的散点图、带投影的散点图、带下垂线的散点图、带误差线的散点图
- 曲面图：单一函数曲面的 8 种呈现方式：曲面图、点图、网格线、单一方向线图（两种）、单一方向条带图（两种）、考虑法线信息的曲面图
- 矢量场图：整体可变色和箭头可变大小的区域矢量场图、给定面的矢量场图
- 带参变量的函数图形：各种常见带参变量的 3D 曲面图
- 点线立体网络结构图：具有点线相连立体网络结构的 3D 图，如桁架结构图
- 点云图：可以对常见的 ply、stl 和 obj 文件可视化。可考虑数据中的材质和点法向量信息。

2.2 灵活的交互控制

LC 具有灵活的输出控制，可以将最终的图形保存为 png、jpg、pdf 和 svg 格式文件。png 和 jpg 格式文件可用于后期在其他软件中的进一步加工，而 pdf 格式可以达到高保真效果，svg 可用于网页的制作。

LC 可对图形实施适当的动态控制。通过界面上鼠标的移动可以对图像进行缩放、移动、旋转。上述功能也可通过点击相关按钮加以实现。可以通过下拉式菜单改变图形的整体风格或具体的着色方案。

针对具体类别的图像，LC 提供了灵活的特征调整控制方案。通过选择下拉式菜单中基本或高级特征项，可以打开相关的控制面板，对图形的基本特征，如标题、坐标轴标识、图例位置等，或高级特征，如坐标轴类型、图像呈现类型和相关特征参数等，进行修改。

除了上述功能，LC 也提供了有效的图像整体控制功能，如坐标系呈现、坐标轴取值范围调整、系统中光源及观察视角调整等。

2.3 数据与函数输入

对于绘制图形的基本数据，LC 可以通过读取 txt 文本文件获取。txt 文件具有简洁明了的结构，无需用户进行繁琐操作。

如果需要对具体的函数进行处理，用户可以通过直接输入公式的方式与 LC 交互。

3. 特色介绍

3.1 色彩选择多样性与便利性

LC 提供定色、渐变色和数百种常见色系的表格式呈现与选择。

3.2 函数输入便利性

通过 LC 提供的函数输入面板，用户可以方便将函数直接输入 LC。

3.3 图形质量与绘制效率的协调

LC 通过内部控制，使得用户在处理不同类型图形时达到图形质量和绘制效率的协调。

3.4 简洁而全面的交互控制

通过为数不多的菜单选择和面板操作，用户即可实现对绘制图形的全面交互式控制。

4. 软件的窗口菜单及操作界面简介

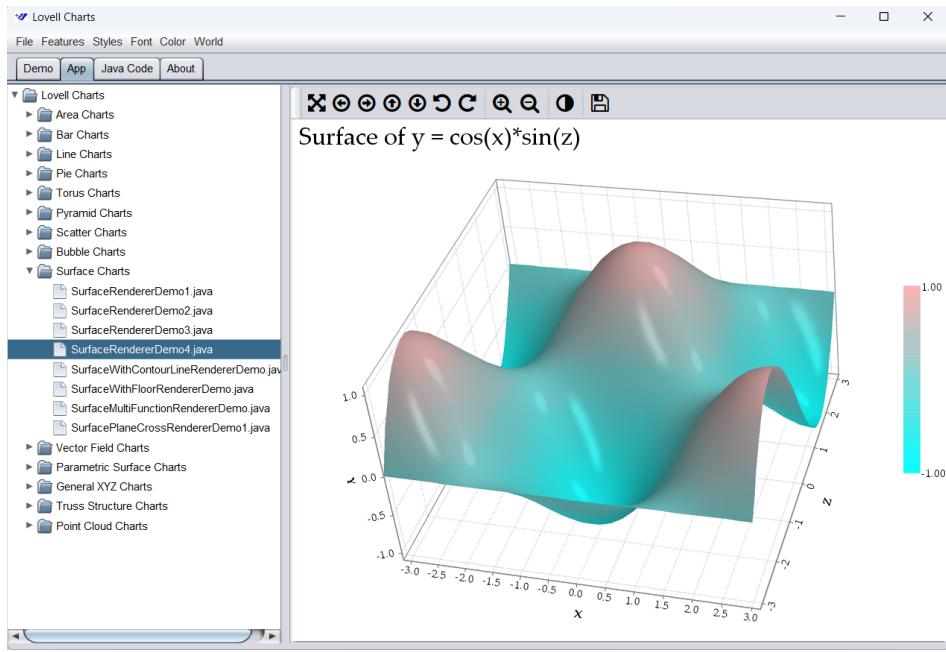


图 4.1 Lovell Charts 主操作界面

图 4.1 是 Lovell Charts 的主操作界面。

主操作界面的上方是菜单栏，下方是具有不同标签的面板。Demo 标签页面与 APP 标签页面的布局形式相同；两者的区别在于 Demo 标签页中不具有数据输入功能，图形的绘制依赖于软件的缺省数据。而 APP 标签页面下，用户可以进行数据与函数的输入。Java Code 标签下是相关的 Java 源代码。注：此部分将不会在公开发布的版面中出现，因此不做介绍。About 标签下是 Lovell Charts 软件的简单介绍。

以 App 标签页为例，用户可以通过点击下方左侧的树状菜单，选择需要绘制的图形类型。当具体的菜单项被选择后，软件会提示用户选择输入数据的方式，读取 txt 文件、输入函数的具体公式，或是直接使用软件缺省数据。当使用缺省数据时，用户可以得到与 Demo 标签下进行选择基本一致的结果；因此，App 标签下的菜单选择也具有展示功能。软件读取数据或输入的函数后，将会在主界面下方右侧绘制图形。这里绘制的图形将采用系统内置的缺省设置，如缺省的着色风格。相关设置可在后续通过菜单选择和鼠标操作加以调整优化。



图 4.2 菜单栏

LC 的菜单栏如图 4.2 所示。其中 File 菜单具有关闭系统或打开一个 Notepad 的功能。Notepad 可以用于处理输入数据文件。其他的菜单项用于对图形的特征进行调整控制。

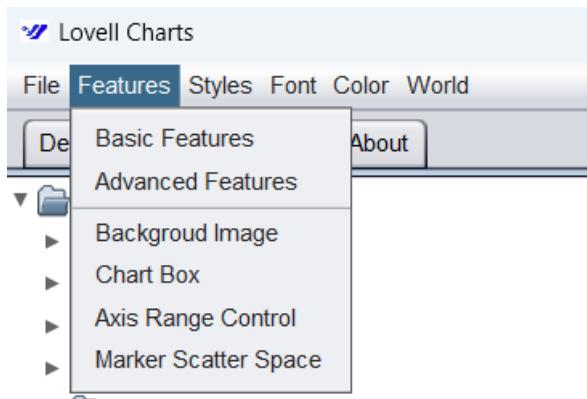


图 4.3 特征菜单

图 4.3 给出了特征(Features)菜单的具体内容。其中 Basic Features 和 Advanced Features 分别用于调整图形的基本和高级特征。通过点击上述菜单, LC 将弹出相应的面板。注意, 具体的面板内容将随着当前处理的图形类别变化而存在差异。一般而言, 基础特征面板将处理图形的标题、图例、坐标轴标签、坐标系的网格线等特征; 而高级特征面板一般用于处理与具体图形类别相关的图形特征和高级坐标系特征。

Features 菜单下的 Background Image 用于打开一个图形文件作为绘制图形的背景。Chart Box 菜单用于是否仅呈现图形的轮廓线、是否采用着色的非透明坐标箱体, 以及对是否呈现坐标系进行选择。通过点击 Axis Range Control 菜单, 用户可通过弹出的滑动条对图形的坐标轴范围进行调整。最后, Marker Scatter Space 菜单可以对散点图的特定区域加以标记与高亮化相关数据。

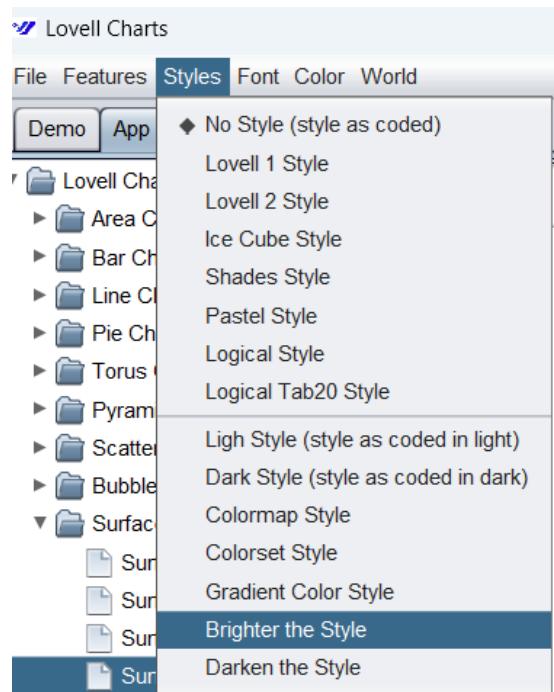


图 4.4 图形的风格调整菜单

图 4.4 展示了菜单栏中图形风格菜单的具体选项。用户可以通过点击菜单分割线上方的相关菜单项, 对当前绘制的图形的整体风格加以调整。该菜单项的菜单分割线下方提供了更加丰富的图形着色方案。Light Style 和 Dark Style 将使得图形呈现的背景色变为白色或黑色。

Brighter the Style 和 Darken the Style 选项则会使得当前的风格色系更加明亮或变暗。通过点击 Gradient Color Style 菜单，LC 将弹出颜色选择面板让用户选择渐变色系的起止颜色。Colorset Style 提供了一些常用的分离型颜色组合。Colormap Style 选项则利用表格形式呈现数百种常见色系供用户选取。具体的 Colormap 选择面板如图 4.5 所示。

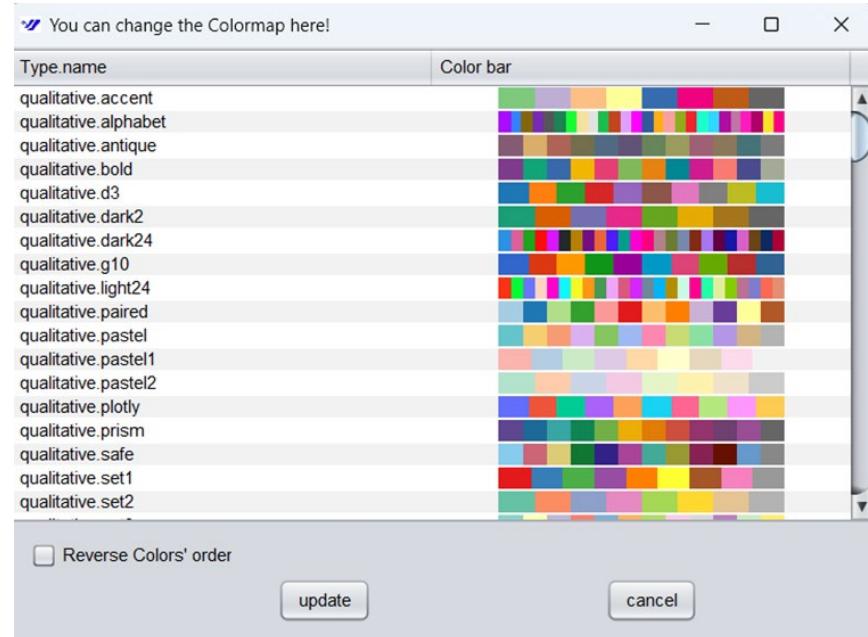


图 4.5 Colormap 选择面板



图 4.6 World 菜单内容

图 4.6 给出了 World 菜单的选项。其中，选项 Sun and Lights 提供了对系统中光源特征的调整选项。View Point 选项给出了基本的 3D 图形观察视点。当然图形的视点也可通过在图形界面的鼠标滚动加以动态改变。Dimension 菜单项提供了修改各个坐标轴相对长度的功能。



图 4.7 当前风格的各种具体颜色的调整面板

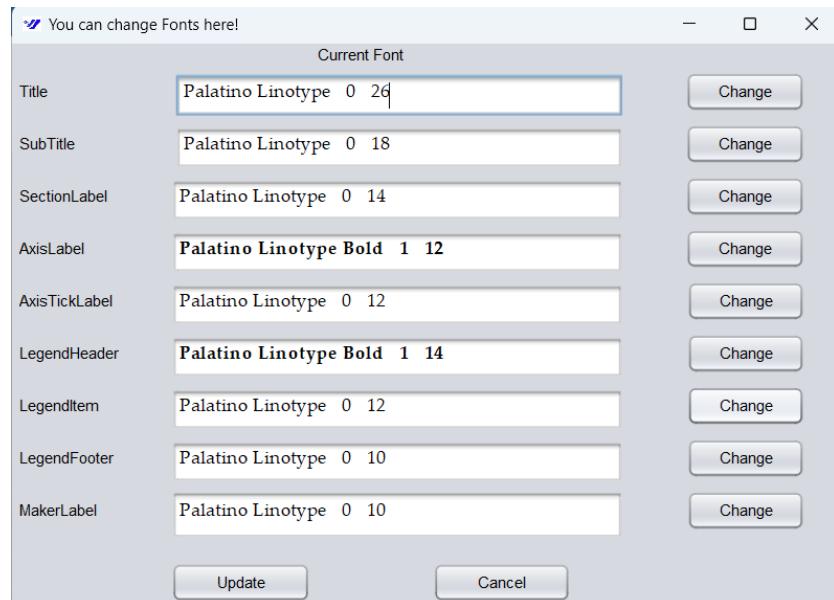


图 4.8 当前风格的字体调整面板

图 4.7 给出了图形风格的相关颜色选择面板。这里的颜色选择主要是构成图形的坐标系、图例、标题等相关构件的颜色。颜色的选择可以点击相关颜色选项行左侧的按钮，在弹出的颜色选择面板中进行选择。选择得到的颜色将在相关项的文本框中显示其 RGB 值，紧跟的方框中呈现具体颜色。用户也可在上述相关的文本框中直接输入颜色的 RGB 值对颜色进行调整。

图 4.8 是相关图形的字体选择面板。用户可以通过点击相关字体对应行后的按钮，通过弹出的字体选择面板对相关的字体进行选择。上述选择的结果将显示在对应行的文本框中。当然，用户也可在相应文本框中直接对相关字体特征进行修改。

5. 交互式图形界面介绍

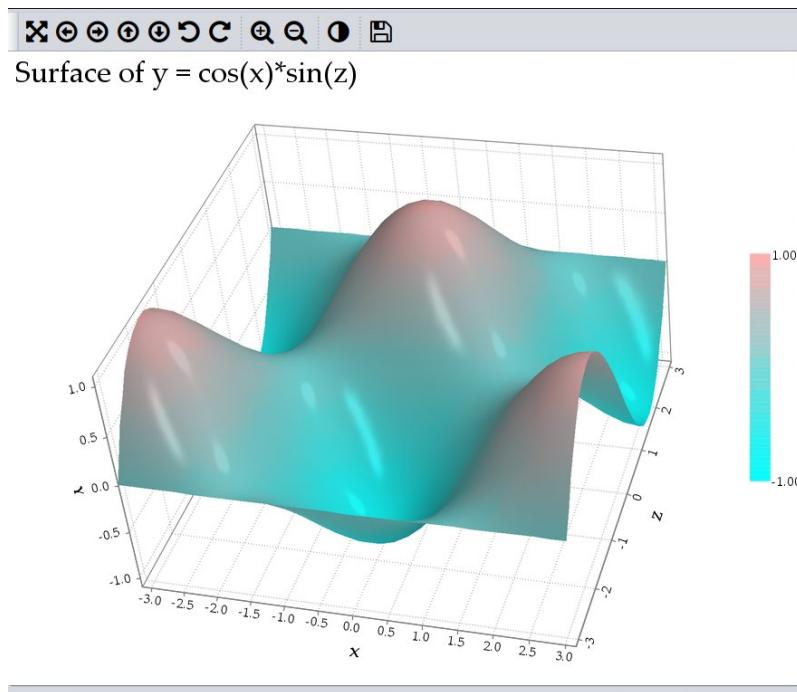


图 5.1 图形的动态交互控制与呈现区

图 5.1 是图形的鼠标交互控制与呈现区。用户可以通过点击该区域上方的按钮实现对图形的交互式动态控制。通过点击上方的第一个按钮，可使图形的大小与当前的界面大小相适应。上方的第 2 到第 5 个按钮可分别控制图形向左右两侧或上下两个方向旋转。而通过点击第 6 和第 7 个按钮，可使图形绕中心位置分别进行逆时针或顺时针的旋转。

该区域上方从右向左的第 2 个按钮是图形的着色色系或整体风格调整按钮。点击该按钮可以弹出如图 5.2 所示的菜单。该菜单的内容与功能与主操作界面区上方的风格调整菜单相同，操作方法一样。两者的区别在于该菜单项的操作仅影响当前图形，而主操作界面区上方的菜单操作将影响所有随后以缺省设置绘制的图形。

动态交互区上面最右侧的按钮是最终图形的存储按钮。通过点击该按钮，可以弹出如图 5.3 所示的菜单选项。点击相关菜单项，LC 将会弹出文件存储面板。用户可在弹出的面板中选择文件存储的路径，输入文件名，并以对应的文件格式存储当前的图形。

上述的按钮选项内容也可通过在动态交互区点击鼠标右键，在弹出的菜单列表中进行选择操作。相关的弹出菜单列表如图 5.4 所示。

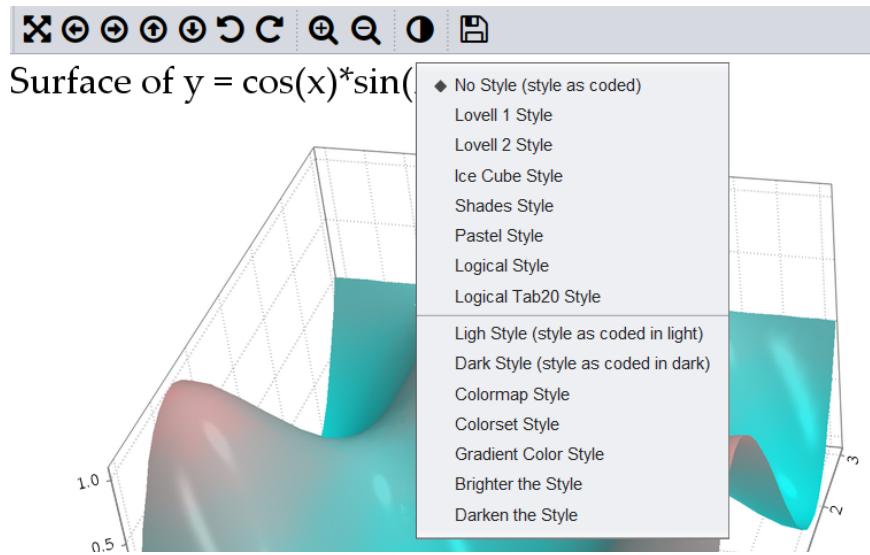


图 5.2 图形呈现区的风格按钮弹出菜单

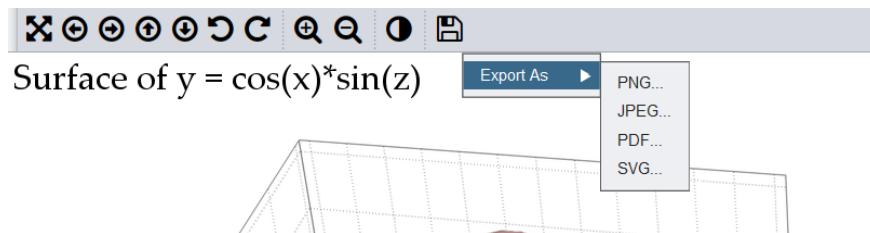


图 5.3 图形交互区的图形输出按钮弹出菜单内容

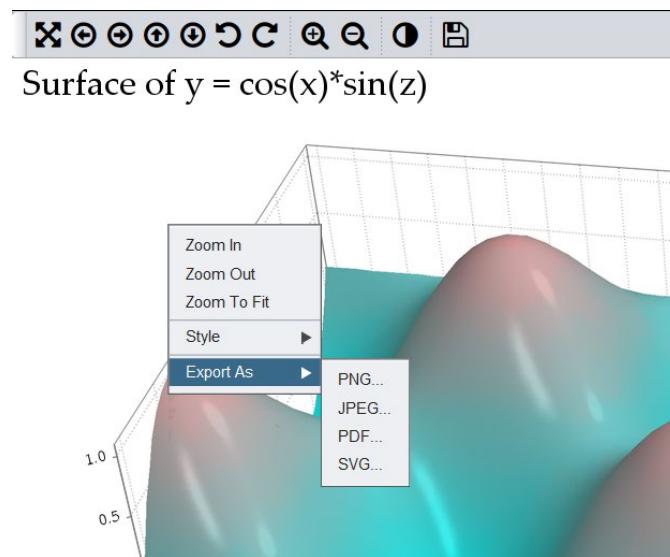


图 5.4 图形交互区右击鼠标键弹出的菜单内容

除了上述的交互式控制，用户也可通过在交互区滚动鼠标来实现图形的缩放；通过按下鼠标左键，对图像加以拖移，实现对图像的各种旋转。另外，可以通过同时按下键盘上的 alt 键和鼠标左键，移动鼠标，从而实现在交互区内对图像整体的上下左右平移。

6. 应用示例-以 3D 气泡图为例

6.1 绘制目标

下面以制作一个如图 6.1 所示的 3D 气泡图为例，从数据准备、数据加载绘图、图形属性修改和图像存储四个方面依次介绍应用 LC 绘图的基本操作流程。

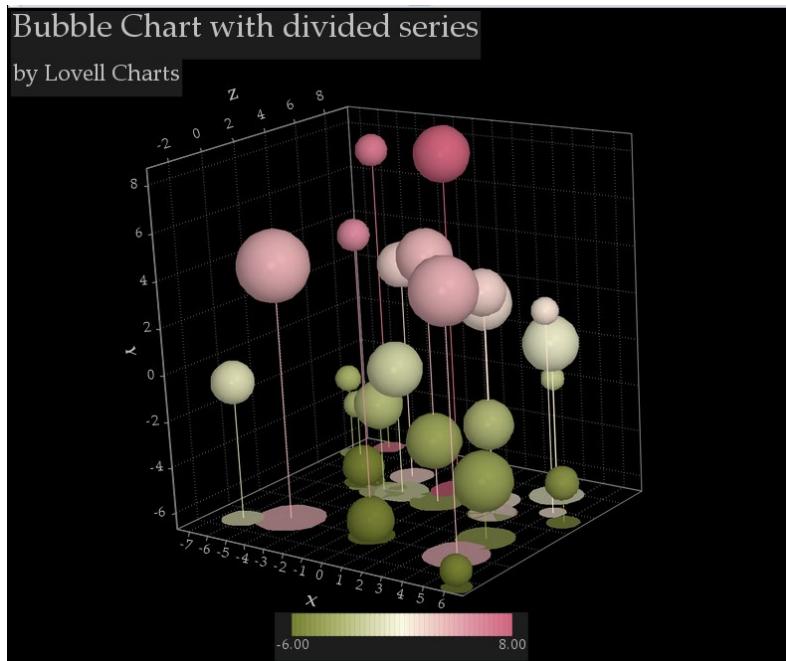


图 6.1 需要绘制的目标 3D 气泡图

6.2 数据准备

绘制气泡图时，需要知道每个气泡属于哪个序列（及其所在的数据组），气泡的空间位置（及其 x, y, z 坐标），以及气泡的相对大小。因此每个气泡对应 5 个值，分别是一个字符串（代表所属序列的键值或名称）、一个 x 坐标值、一个 y 坐标值、一个 z 坐标值、和气泡的相对大小值。后面的四个值为 double 数值类型。例如一组以空格分隔的值 Series1 0.0 8.0 6.0 50.0（或以逗号分隔 Series1, 0.0, 8.0, 6.0, 50.0）表示该气泡属于序列 Series1，其(x, y, z)坐标为(0.0, 8.0, 6.0)，其相对大小值为 50.0。将所有气泡的相关数据置入一个 txt 文件，每个气泡的数据占据文件的一行，即可得到 LC 所需的气泡数据文件。绘制图 13 所需的气泡数据文件如下：

```
Series1 0.0 8.0 6.0 50.0
Series1 -2.0 -1.2 4.7 50.0
Series1 3.2 -2.0 8.7 -50.0
Series1 2.0 2.0 5.7 50.0
Series1 -7.0 -3.2 7.7 -40.0
Series2 5.0 2.0 5.7 -40.0
Series2 -4.0 -3.0 4.5 -40.0
Series2 -2.82842712474619 -2.82842712474619 4.5 30.0
Series2 0.0 -4.0 4.5 50.0
Series3 2.82842712474619 -2.82842712474619 4.5 30.0
```

```

Series3 4.0 0.0 7.5 50.0
Series3 2.82842712474619 2.82842712474619 4.5 20.0
Series3 0.0 4.0 4.5 50.0
Series4 -2.82842712474619 2.82842712474619 6.5 20.0
Series4 -6.0 7.0 9.0 -20.0
Series4 -4.242640687119285 -6.0 5.0 10.0
Series4 -6.0 -4.0 9.0 -20.0
Series4 -6.0 -0.7071067811865475 -1.0 10.0
Series5 0.0 -6.0 0.0 20.0
Series5 4.242640687119285 -4.242640687119285 2.0 60.0
Series5 6.0 -5.0 5.0 -20.0
Series5 4.242640687119285 4.242640687119285 0.0 80.0
Series5 0.0 6.0 0.0 -30.0
Series5 -4.242640687119285 4.242640687119285 0.0 100.0
Series6 -3.0 -5.2 8.7 -40.0
Series6 6.2 -6.0 -2.7 -30.0

```

有了上述数据文件，LC 即可进行图形的绘制。

6.3 加载数据绘图

首先，如图 6.2 所示，在主操作界面选取 App 标签页，并进入。然后在该标签页下方左侧的树状菜单中，如图 6.3 所示，选取 Bubble Charts 菜单，并选择其下的菜单项“ScatterBubbleChartsDemo1.java”。在跳出的信息确认窗口，按确认按钮，进入数据 txt 文件的选取窗口，如图 6.4 所示。在找到相应的数据文件 bubbleData.txt 后，点击打开按钮，即可在主操作界面的图形呈现区得到如图 6.5 所示的气泡图。

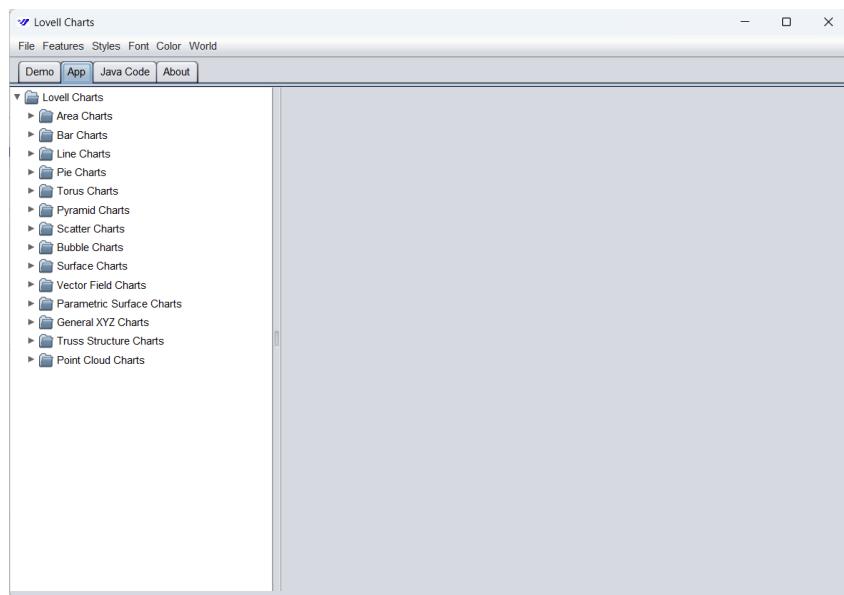


图 6.2 选择 App 标签页

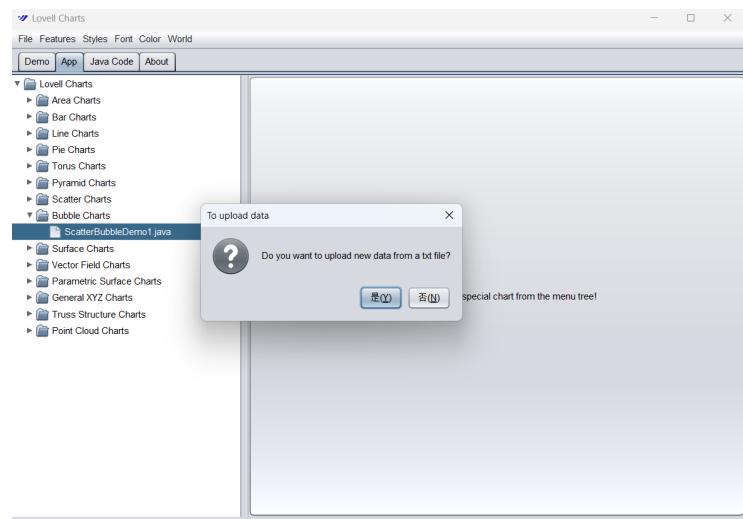


图 6.3 选择 Bubble Charts 下的 ScatterBubbleDemo1.java 菜单项

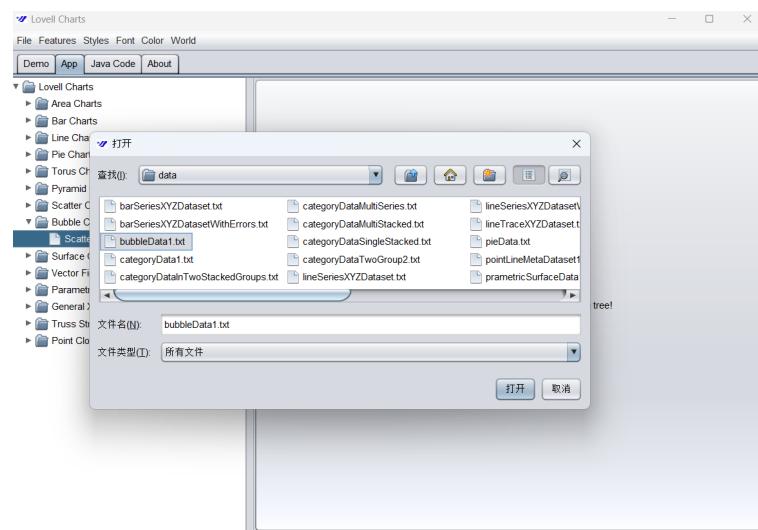


图 6.4 找到气泡数据的 txt 文件

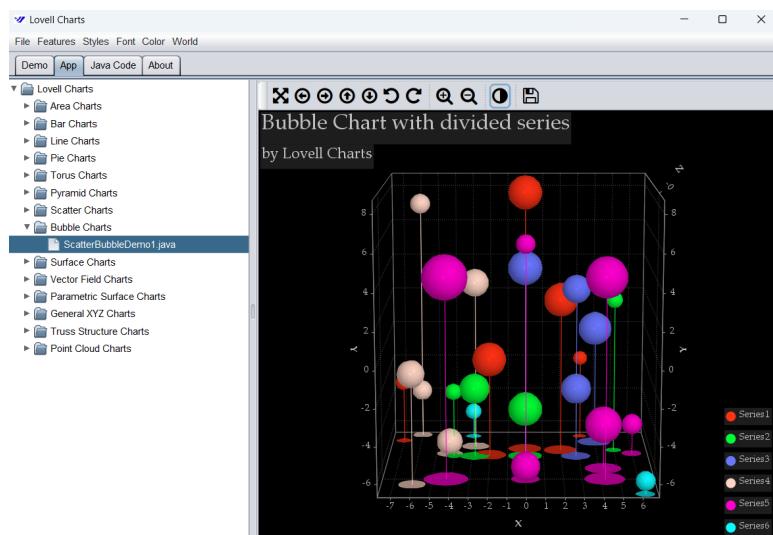


图 6.5 缺省设置条件下得到的气泡图

6.4 修改图形属性

在得到图 6.5 所示的气泡图后，可以对其基础特征加以修改。如图 6.6 所示，选择主操作界面菜单 Features，选择其下的 Basic Features 菜单项。LC 会弹出如图 6.7 所示的气泡图相关基础特征调整面板。

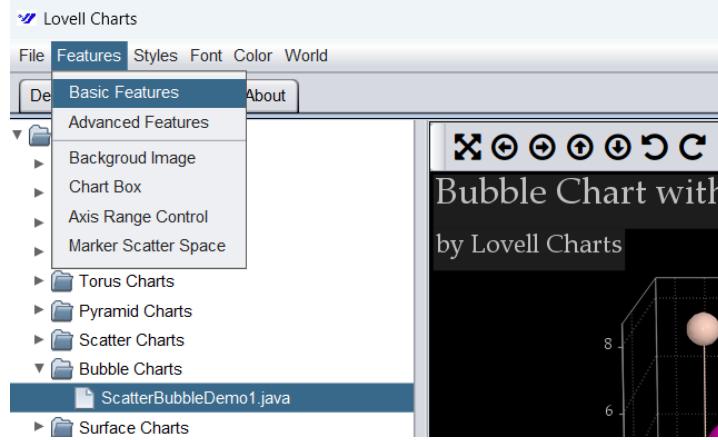


图 6.6 选择主操作界面上方的 Features 菜单下 Basic Features 项

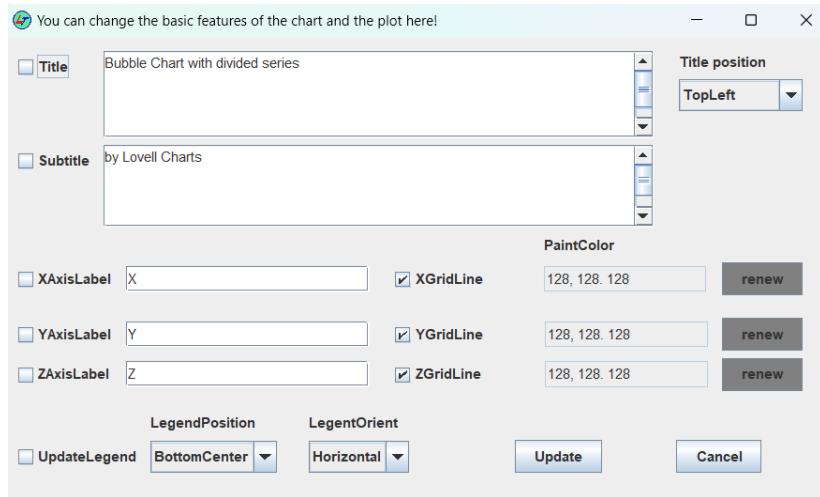


图 6.7 气泡图的基础特征调整面板

气泡图的基础特征面板可以调整改变图形的主副标题内容(Title 与 Subtitle 复选按钮后的文本框)与位置(Title position 下方的下拉式列表)、坐标轴的标签(及名称)和各个坐标面上网格线的颜色, 以及图例的位置与布置方向。现在打开的面板上会显示当前图形的主副标题。当需要调整上述某个特征时, 需要选取对应的复选按钮。下面以修改坐标箱 y 向网格线颜色为例对相应操作进行介绍。首先, 点击 YGridLine 复选按钮所在行后面的 renew 按钮, LC 会弹出如图 6.8 所示的颜色选择面板。可在此面板选择需要的 y 向网格线颜色。这里假设我们需要白色的网格线, 并加以确认。选取的颜色 RGB 值会显示在 YGridLine 复选按钮所在行后面的文本框中, 如图 6.9 所示。同时我们选取该复选框。

假设我们还需将图例的位置加以调整。可以在 LegendPosion 和 LegentOrient 下的下拉式选择条中选取所需的图例位置和布置方向, 如图 6.9 所示。通过选取 UpdateLegend 复选按钮, 确定在随后绘制图形时利用上述调整值。最后点击面板上的 Update 按钮, 完成气泡图基础特征的修改, LC 会呈现图 6.10 所示的修改后图形。观察图 6.10, 我们会发现其 y 向网格线变为白色更加清晰, 其图例的位置和布置方向也发生了预期的改变。



图 6.8 沿 y 轴方向的坐标系网格线颜色选取面板

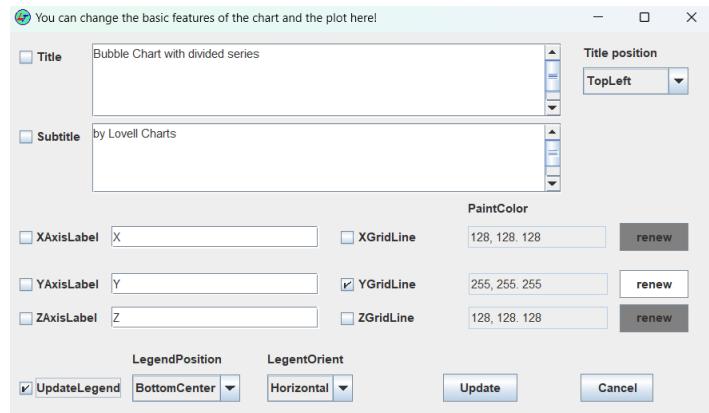


图 6.9 确定调整值后的气泡图基础特征调整面板

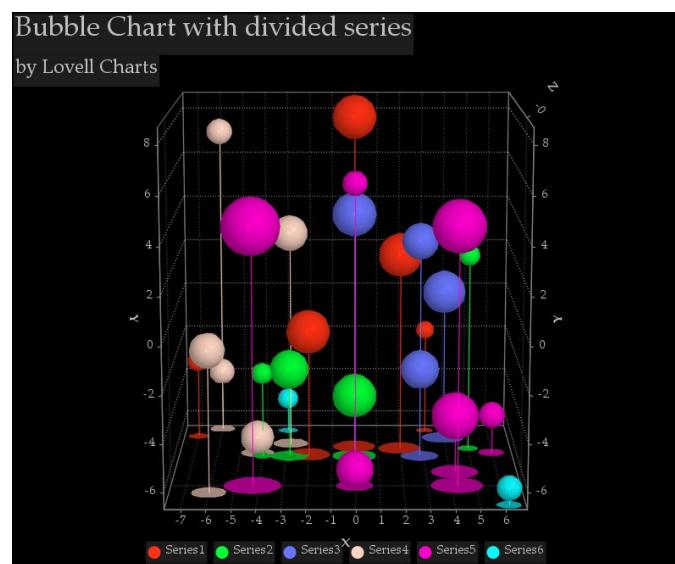


图 6.10 改变部分基础特征后的气泡图

接下来，我们对图 6.10 的部分高级特征加以修改，从而得到最终需要的图形结果。如

图 6.11 所示，选取图形特征菜单下的 Advanced Features 菜单项。此时，LC 会弹出如图 6.12 所示的气泡图高级特征调整面板。

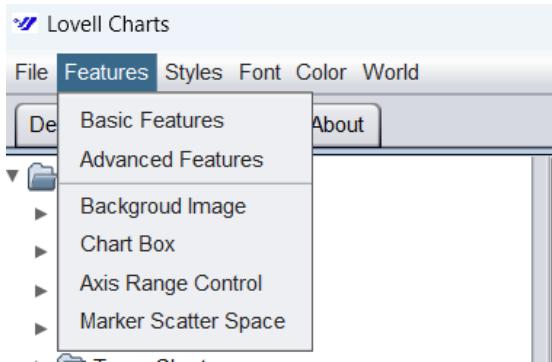


图 6.11 选择图形的高级特征调整面板

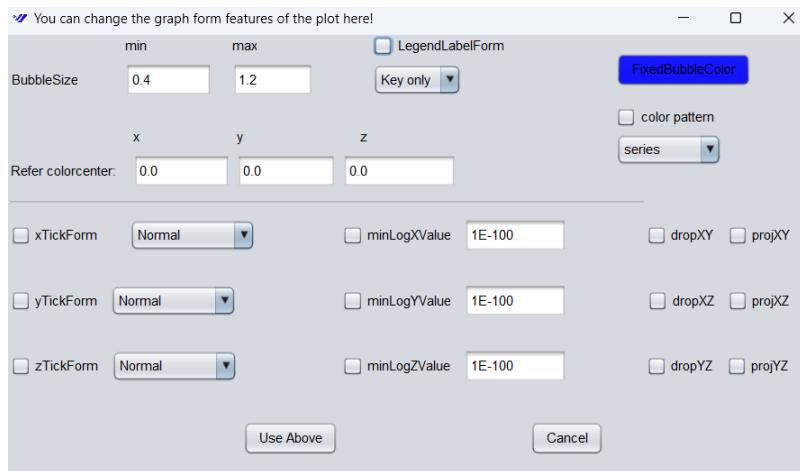


图 6.12 气泡图高级特征调整面板

在气泡图的高级特征调整面板中，可以对气泡的大小范围、气泡的着色方式、坐标系的类别，以及是否绘制各个方向的下垂线和投影进行确认或调整。各项的具体调整方法将在随后分类别的图形绘制介绍时进行详细解析，这里不做进一步展开。

假设我们需要将气泡的着色方案从缺省的分序列着色转变为沿 y 轴方向，根据气泡位置的 y 值大小而变化。我们需要选择 color pattern 复选按钮，并从其下方的下拉式选项中选择 y-direction 选项。另外，假设我们需要绘制 XZ 坐标平面的气泡投影和向该平面的气泡下垂线，我们需要选取 dropXZ 和 projXZ 两个复选按钮。上述选择的结果如图 6.13 所示。点击高级特征调整面板上的 Use Above 按钮，确认所有修改，LC 将绘制出新的气泡图，如图 6.14 所示。

新绘制的气泡图利用的是缺省的色系，并非我们需要的着色方案。我们可以通过改变图形的风格特征，得到我们需要的着色色系。为此，如图 6.15 所示，选择主操作界面上的 Style 菜单中的 Colormap style 选项。如图 6.16 所示，LC 会弹出相应的色系选择面板。在该面板上，通过滚动条滚动，可以看到其他可供选择的色系。选择其中的 diverging armyrose 色系，并确认，新绘制的气泡图如图 6.17 所示。通过选择 Style 菜单下的 Dark Style，可以得到背景为黑色的暗模式下的气泡图。在交互式控制区，通过鼠标滚动，可得到我们需要的图形呈现视角和大小，如图 6.18 所示，这就是我们需要绘制的最终图形。

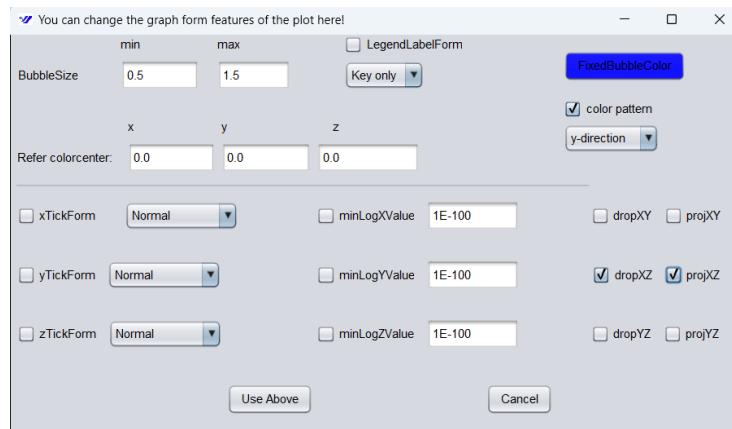


图 6.13 调整的高级特征得到确认的面板

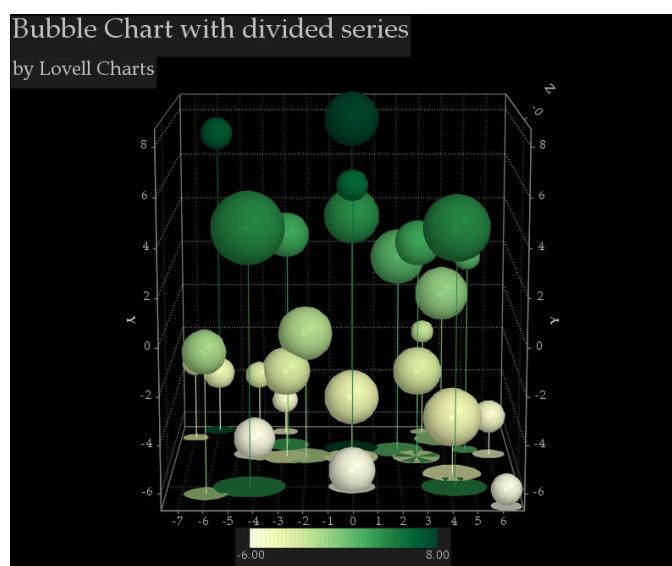


图 6.14 根据调整后的高级特征得到的气泡图

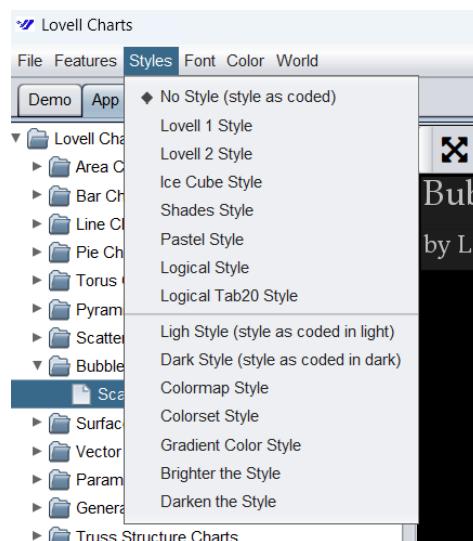


图 6.15 选择图形的风格选择菜单

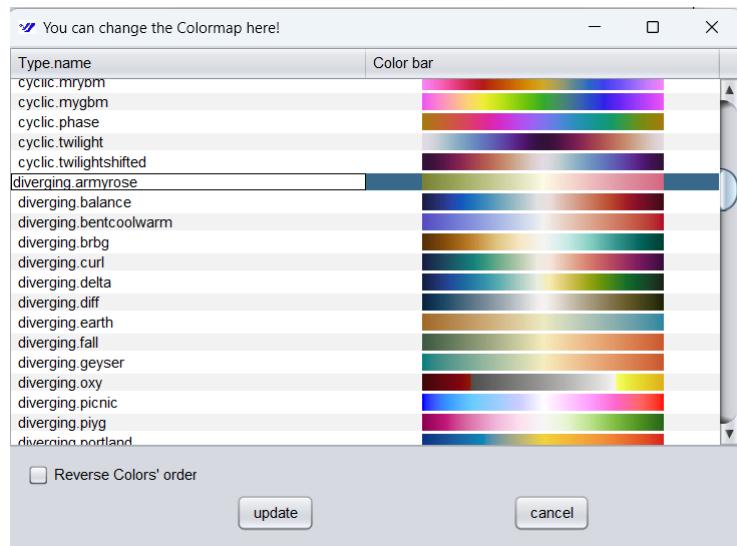


图 6.16 相应的 Colormap 选择面板

Bubble Chart with divided series

by Lovell Charts

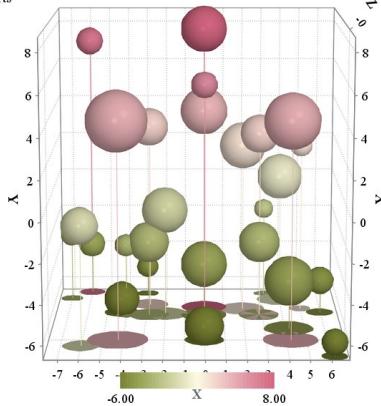


图 6.17 根据新色系绘制的气泡图

Bubble Chart with divided series

by Lovell Charts

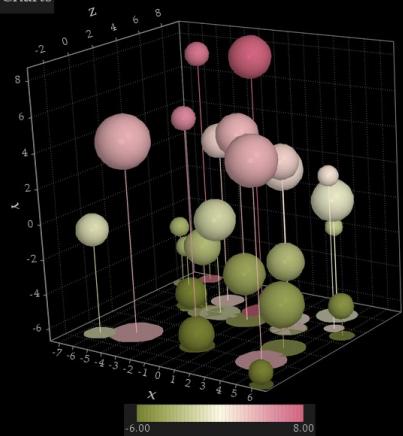


图 6.18 改变为暗模式后的气泡图

6.5 存储图像

制作所需气泡图的最后一步就是将图形存储为我们所需格式的图像文件。首先在图像呈现区上方点击文件存储按钮，弹出如图 6.19 所示的文件存储菜单。选择需要的图像文件格式 pdf，LC 会弹出文件存储面板，如图 6.20 所示。在该面板上，我们选择文献存储的路径，并给出文件的名称，点击保存按钮，及完成文件的存储。

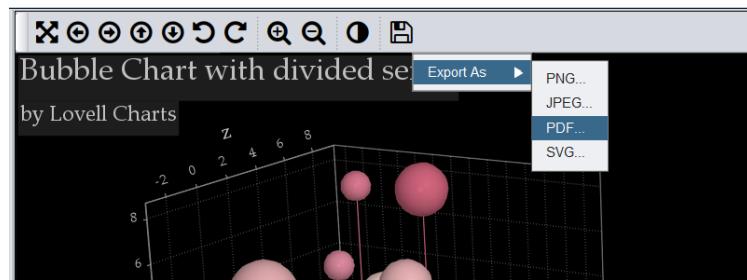


图 6.19 气泡图存储菜单的选择

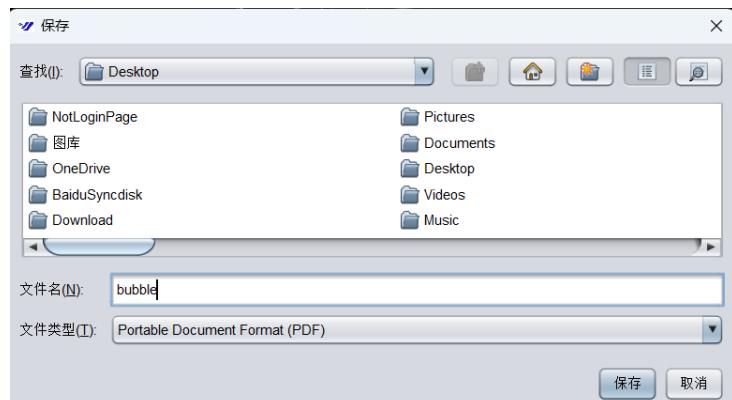


图 6.20 气泡图文件存储的路径与名称确定面板

可以在文件存储的位置找到该文件，并打开该文件加以验证。假设我们将文件以 bubble 为名存储在电脑桌面。如图 6.21 所示，我们在桌面上找到该文件，并点击打开该文件。在 Adobe 中打开的文件如图 6.22 所示，观察可知正是我们前面存储的气泡图。



图 6.21 桌面上 pdf 格式存储的气泡图文件

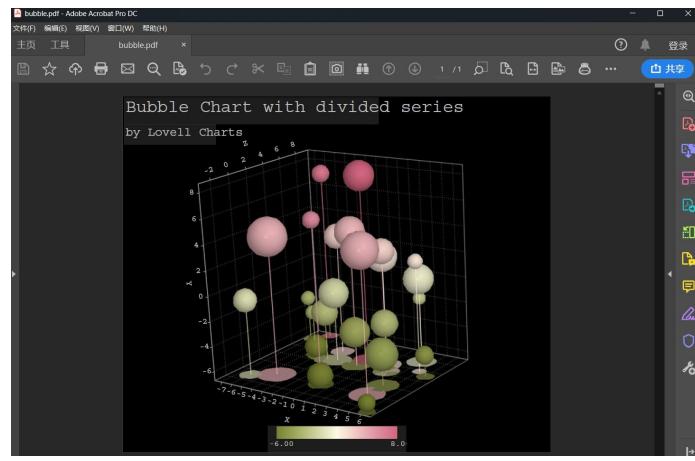


图 6.22 在 Adobe 中打开的气泡图像 pdf 格式文件

一个简单的气泡图绘制过程就此完成，用户可以依序上述操作流程，通过尝试各种控制选项绘制各种不同风格的气泡图。

7. 输入数据文件格式规范

7.1 数据定义及分类

Lovell Charts 的输入数据仅包含三种基本数据类型，即字符串、整数和实数。上述三种数据类型分别对应 Java 语言中的 String, int 和 double 数据类型。

一般常见的数据分隔符包括空格与逗号两种。Lovell Charts 全面支持以空格分隔的数据，仅部分支持以逗号间隔的数据。这种限制可能在未来改变！

在基本数据 String 中，Lovell Charts 规定不能包含上述两种分隔符。

Lovell Charts 主要包括三种数据组合结构类型，分别为**键值型数据**、**XYZ 型数据**和**矩阵型数据**。键值型数据组合一般包含两个及以上的字符串型数据和一个实数数据。**XYZ 型数据**一般由一个字符串型基本数据和多个实数或整数数据组成。矩阵型数据组合一般有一组实数构成，而一组矩阵型数据组合共同构成一个数据矩阵。矩阵型数据一般用于函数曲面图的绘制。

在 Lovell Charts 中，我们将 txt 文件中的一行数据称为一个**数据条目**。即每个数据条目占据 txt 文件的一行。前面提到的三种数据组合结构均可成为一个数据条目。

由于 txt 文件中数据均以行（即一个数据条目）为单位，因此任何两个数据条目之间可以间隔任意多的空白行，而不影响结果。上述空白行的处理使得数据可以在准备阶段按类别加以分隔，增加数据的可读性。

数据文件由大量的数据条目构成。在准备数据时有两点需要注意：一是**数据必须在英文状态下输入**，否则可能无法被读取；二是除基本数据条目外，一些说明数据条目必须按照规定依次给出。

7.2 主要数据文件格式

数据文件的内容一般包含两个部分，即文件开头的**特定特征数据**和**主体数据**。特定特征数据用于对所需绘制图形某些特定特征加以说明，一般仅有几行这样的数据条目。并不是所有数据文件都具有特定特征数据条目。主体数据有由大量具有相同数据组合结构的数据条目构成。

下面介绍几种主要的数据文件结构，而其他特殊的数据文件将在介绍特定类型图形绘制时进行详细解释。

7.2.1 单键单值数据文件

第一类数据文件可用于饼图、Torus 和金字塔型 3D 图形的绘制。该类文件只有数据主体部分，每一个数据条目由一个字符串和一个实数值构成。这样的数据组合结构可称为**单键单值数据组合**，相应的数据条目可称为单键单值数据条目。下面是一个单键单值数据文件的部分：

```
Na 10625
Mg 7124
Li 2060
Ca 4823
...
```

7.2.2 键值型数据文件

第二类数据文件的主体部分由**键值型数据组合**构成，一般不包括特定特征数据条目。下面是该类型数据文件的一个片段，其中的一个数据条目包含两个字符串键值和一个实数值：

```
s1 c1 2  
s1 c2 4  
s1 c3 3.3  
s1 c4 5.32  
s2 c1 3.9  
s2 c2 3.21  
...
```

在上述数据文件中，第一个键值，及第一个字符串，是相关数值的所在序列的名称，或言序列的键值。这里的序列键值一般也是对应实数值所在行的行键(row key)。第二个键值是对应实数值所在的列键(column key)。数据条目的最后一项实数值是前面键值关联的数据。在制作相关图形时，如柱状图，上面的序列键和 column 键分别相当于 XYZ 坐标系统中的 X 与 Z 坐标，而实数值则相当于 Y 坐标。

下面介绍另外一种常见的键值型数据文件。与第一种键值型数据文件类型相比，第二种文件的数据条目增加了一个键值，标识对应实数值所在的群组。一个群组一般由数个序列构成。一个序列的数据一般只属于同一群组。在绘制累积面积图和累计柱状图时，我们将需要群组的概念。群组的键值，即数据条目的第一个字符串值对应图形的一行，相当于 XYZ 坐标中的 Z 坐标。其他随后的数据项目与第一种该类数据文件的解释相同。当然这里的序列键值不在对应坐标的行。注意在绘制累积面积图或累积柱状图时，如果打开的数据文件是第一种键值文件，我们假设每一个数据条目的群组键值与其序列键相同，即一个序列对应一个退化的累计群组。

```
g1, s1, c1, 2  
g1, s1, c2, 4  
g1 s1 c3 3.3  
g1 s1 c4 5.32  
g1 s2 c1 3.9  
g1 s2 c2 3.21  
...
```

7.2.3 XYZ 型数据组合型数据文件

第三类数据文件的数据条目由**XYZ 型数据组合**构成。一个数据条目由一个字符串键值和多个实数值构成。当每个条目包含的实数值个数为 3 时，三个实数值分别对应 XYZ 坐标系统中点的 x, y 和 z 轴坐标。下面就是一个该类数据文件的一个片段：

```
Series1 1.0 5.0 1.0  
Series1 2.0 6.0 1.0  
Series1 3.0 7.0 1.0  
Series1 4.0 15.0 1.0
```

```
Series1 5.0 12.0 1.0  
Series1 6.0 7.0 1.0  
Series2 1.0 8.0 2.0  
Series2 2.0 18.0 2.0  
...
```

当该类数据文件的一个数据条目包含的实数值个数大于 3 时，其前三个数据依然表示 X, Y, Z 轴点的坐标；而第四个以后实数值的具体含义需要根据具体的图形类别加以判别。常见的包含六个实数值的数据条目的后三个实数值分别表示该条目对应的前三个实数值的误差量。当绘制具有误差值的图形时，我们假设数据的 x, y, z 值均具有误差，因此即使对应的误差值为零，也需要在数据文件中以实数 0.0 加以明确。下面就是该类数据文件的一个片段，其中数据只有 y 方向上的数据误差：

```
Series1 1.0 5.0 1.0 0.0 1.3 0.0  
Series1 2.0 6.0 1.0 0.0 1.0 0.0  
Series1 3.0 7.0 1.0 0.0 3.5 0.0  
Series1 4.0 15.0 1.0 0.0 2.5 0.0  
Series1 5.0 12.0 1.0 0.0 1.8 0.0  
Series1 6.0 7.0 1.0 0.0 1.8 0.0  
Series2 1.0 8.0 2.0 0.0 1.0 0.0  
Series2 2.0 18.0 2.0 0.0 1.0 0.0  
Series2 3.0 12.0 2.0 0.0 3.0 0.0  
...
```

7.2.4 矩阵型数据组合型数据文件

当绘制函数曲面图时，我们会使用**第四类**数据文件。该类文件的主体部分由大量的**矩阵型数据组合**，即矩阵型数据条目，构成。由于需要对绘制的曲面图的 X 和 Z 坐标范围和取样数加以说明，因此该类文件均包含对特定特征进行说明的数据条目。

当绘制的函数只有一个时，数据文件包含两条特定数据条目。第一条特定特征数据条目对应 X 轴；第二条特定特征数据条目对应 Z 轴。每个特定特征数据条目包含三个数值。前两个为实数值，分别对应坐标范围的最小和最大值。第三个为整数值，表示在相应数轴上取值范围上的数据采样点数目。数据文件的主体部分从第三个数据条目开始，由众多的矩阵型数据条目构成。下面是一个截取了两个矩阵型数据条目的该类数据文件的片段：

```
-3.14159265 3.14159265 65  
-3.14159265 3.14159265 65  
1.2246467991473532E-16 0.09801714032956083 0.1950903220161286 0.2902846772544624  
0.3826834323650899 0.47139673682599786 0.5555702330196022 0.6343932841636455  
0.7071067811865476 0.7730104533627371 0.8314696123025455 0.881921264348355  
0.9238795325112867 0.9569403357322089 0.9807852804032304 0.9951847266721969 1.0  
0.9951847266721968 0.9807852804032304 0.9569403357322089 0.9238795325112867  
0.8819212643483549 0.8314696123025453 0.773010453362737 0.7071067811865475  
0.6343932841636454 0.5555702330196021 0.47139673682599775 0.3826834323650898
```

```

0.2902846772544623 0.19509032201612847
0.09801714032956071 -0.0 -0.09801714032956071 -0.19509032201612847 -
0.2902846772544623 -0.3826834323650898 -0.47139673682599775 -0.5555702330196021 -
0.6343932841636454 -0.7071067811865475 -0.7730104533627368 -0.8314696123025453 -
0.8819212643483549 -0.9238795325112865 -0.9569403357322089 -0.9807852804032304 -
0.9951847266721969 -1.0 -0.9951847266721969 -0.9807852804032304 -0.9569403357322089 -
0.9238795325112866 -0.881921264348355 -0.8314696123025455 -0.7730104533627368 -
0.7071067811865476 -0.6343932841636458 -0.5555702330196022 -0.47139673682599786 -
0.3826834323650903 -0.2902846772544624 -0.1950903220161286 -0.0980171403295604 -
1.2246467991473532E-16
...

```

当需要绘制的函数大于一个时，该类文件的特定特征数据条目个数会存在变化。假设需绘制的函数个数为 n，那么该类数据文件的特定特征条目的个数为 $1+2+3n$ 个。

其中第一条数据条目仅包含一个整数值，代表需处理的函数数目。第 2 和第 3 条特定特征数据条目均包含两个实数值，分别对应 x 轴和 z 轴的取值范围的下限和上限。

随后的 $3n$ 条数据条目分别对应一个函数，每个条目包含两个整数数值。这两个整数数值分别对应相应函数在 X 轴和 Z 轴上的数值采样点数目。

下面就是一个包含了 3 个函数，其中一个为 3D 平面的该类数据文件的一个片段。

```

3
-3.14159265 3.14159265
-3.14159265 3.14159265
60 60
50 50
50 50
-9.693456950543455 -11.755078808109255 -13.317069350117908 -14.100253297399256 -
13.964651827262927 -12.934501052068805 -11.193920287854711 -9.054004325337356 -
6.897221316640281 -5.10905406871323 -4.009102526125016 -3.793961527779607 -
4.50208332204772 -6.006904978947049 -8.039469040114273 -10.2364944075231 -
12.205305739169514 -13.59401649133671 -14.154421760412198 -13.786360058067508 -
12.555615219569521 -10.682158829018269 -8.500834598189805 -6.401511597814263 -
4.759402781450576 -3.868003003841322 -3.8866325521927685 -4.8119617588648325 -
6.478606114381063 -8.588685515939876 -10.765064513512334 -12.61875790015472 -
13.818454214757745 -14.149731190002168 -13.553379541606676 -12.135985470605696 -
10.150880463217415 -7.9528632392260565 -5.934786415613216 -4.457341779855685 -
3.78459368289099 -4.036782697712478 -5.1688349671341145 -6.978418274761948 -
9.14210497394774 -11.27317835800441 -12.990750712873812 -13.987839551293899 -
14.086234732206172 -13.268350040226231 -11.680366377908612 -9.606104786624758 -
7.416298982901429 -5.502333952845405 -4.206293535774096 -3.759819624209059 -
4.242710703193047 -5.568659430806557 -7.500678388597789 -9.69345695054345
...

```

当需要绘制的函数大于一个时，且考虑被给定的一个 3D 平面切割时，该类文件的特定特征数据条目个数会存在变化。假设除给定的 3D 平面，需绘制的函数个数为 n，那么该类数据文件的特定特征条目的个数为 $1+2+3n+1$ 个。

其中第一条数据条目仅包含一个整数值 n，代表需处理的函数数目。第 2 和第 3 条特定特征数据条目均包含两个实数值，分别对应 x 轴和 z 轴的取值范围的下限和上限。

随后的 $3n$ 条数据条目分别对应一个函数，每个条目包含两个整数数值。这两个整数数值分别对应相应函数在 X 轴和 Z 轴上的数值采样点数目。

紧接的一条数据条目由 4 个 double 型实数和两个整数构成。我们假设一个 3D 平面具有 $ax + by + cz + d = 0$ 的函数形式，其中 x, y, z 为变量，a, b, c, d 是参数。该条数据条目的前 4 个实数值分别对应相关 3D 平面的 a, b, c, d 参数值。后两个整数分别代表该给定 3D 平面在 X 轴和 Z 轴上的数值采样点数目。注意，当参数 b=0.0 时，给定平面垂直于 X-Z 坐标平面。此时，上面的 X 轴和 Z 轴上的数值采样点数目不会对结果产生影响。如果需要绘制给定平面，在上述特殊条件下 LC 会绘制具有给定单一颜色的对应平面；否则，给定平面的颜色是可调的。

下面就是一个包含了 3 个函数和一个给定 3D 平面的该类数据文件的一个片段。

```
3
-3.14159265 3.14159265
-3.14159265 3.14159265
60 60
50 50
50 50
-11.0 0.0 5.0 60 60
-9.693456950543455 -11.755078808109255 -13.317069350117908 -14.100253297399256 -
13.964651827262927 -12.934501052068805 -11.193920287854711 -9.054004325337356 -
6.897221316640281 -5.10905406871323 -4.009102526125016 -3.793961527779607 -
4.50208332204772 -6.006904978947049 -8.039469040114273 -10.2364944075231 -
12.205305739169514 -13.59401649133671 -14.154421760412198 -13.786360058067508 -
12.555615219569521 -10.682158829018269 -8.500834598189805 -6.401511597814263 -
4.759402781450576 -3.868003003841322 -3.8866325521927685 -4.8119617588648325 -
6.478606114381063 -8.588685515939876 -10.765064513512334 -12.61875790015472 -
13.818454214757745 -14.149731190002168 -13.553379541606676 -12.135985470605696 -
10.150880463217415 -7.9528632392260565 -5.934786415613216 -4.457341779855685 -
3.78459368289099 -4.036782697712478 -5.1688349671341145 -6.978418274761948 -
9.14210497394774 -11.27317835800441 -12.990750712873812 -13.987839551293899 -
14.086234732206172 -13.268350040226231 -11.680366377908612 -9.606104786624758 -
7.416298982901429 -5.502333952845405 -4.206293535774096 -3.759819624209059 -
4.242710703193047 -5.568659430806557 -7.500678388597789 -9.69345695054345
...
```

8. 函数公式输入简介

Lovell Charts 的用户可以通过文本框直接输入所需函数的公式。LC 可以自动辨识编译输入的公式，因此非常方便复杂函数的处理。

8.1 变量设置和常数

利用 LC 时，相关的函数输入面板已经定义了可用的变量名称，其名称范围如下： x, y, z, t, u, v 。用户需严格按规定的变量名称进行输入。

当所输入的公式包含常量圆周率 π 和自然常数 e 时，其对应的值必须用 MathPI 和 MathE 分别代替。上述规定中的字母大小写是强制性的。

8.2 支持的基本函数

Lovell Charts 支持的基本运算加减乘除其对应的公式输入符号分别为：+，-，*，/。

Lovell Charts 支持绝大多数的基本函数，包括： $\sin()$, $\cos()$, $\tan()$, $\exp()$, $\sqrt()$, $\ln()$, $\log()$, $\text{asin}()$, $\text{acos}()$, $\text{atan}()$, $\sinh()$, $\cosh()$, $\tanh()$, $\text{random}()$, $\text{signum}()$, $\text{ceil}()$, $\text{floor}()$, $\text{rint}()$, $\text{pow}(,)$, $\max(,)$, $\min(,)$, $\text{hypot}(,)$, $\text{abs}()$ 。

在 LC 的公式输入文本区，按前面给出的形式输入相应的函数即可。

上述函数所带的括号是强制性的。如果是二元运算，其中的逗号也是强制的。如 $\max()$ 表示比较两数大小，取其中的较大值。如 $\max(x, y)$ 表示取 x 与 y 所代表的较大值作为结果。注意上述函数输入时必须以小写字母形式。

函数 $\text{random}()$ 是不需要参数的，给出 0 到 1 范围内服从均匀分布的一个随机变量值。

函数 $\text{signum}(x)$ 表示当 $x > 0.0$ 时，其值为 1.0；当 $x = 0.0$ 时，其值为 0.0； $x < 0.0$ 时，其值为 -1.0。

函数 $\text{rint}(x)$ 表示取最靠近 x 的整数值。函数 $\text{ceil}(x)$ 和 $\text{floor}(x)$ 分别表示对 x 向上和向下取整。

函数 $\text{hypot}(x, y)$ 给出 $\sqrt{x^2 + y^2}$ 的值。

8.3 输入规范与特点

在进行公式的输入时有如下的基本规则：

- 括号的规范：大中小括号{}[]()可混合使用，相互替换，不影响结果；
- 不管是否跨行输入，公式输入中的空格将被自动忽略；
- 变量 x 的平方与立方可分别简单的输入为： xx 与 xxx ；
- 乘号的省略规范与通常的手写方式相同，如 $3xyz$ 和 $(1 + xy)x\sin(2y)$ 。

9. 图形分类绘制的数据结构与控制功能简介

9.1 面积图绘制

9.1.1 面积图分类

3D 面积图一般可分为两类：一般面积图和累积面积图。一般面积图将一个序列的数据作为一行绘制其具有厚度的面积；而累积面积图将数据中的序列分为不同的群组，每个群组包含一个或多个序列的数据，面积图的一行对应一个数据群组。尽管数据处理的方式和绘制的结果具有差异，两类面积图的绘制过程基本一样。

9.1.2 输入数据文件结构

一般面积图的数据文件是由一条条的数据条目构成。一个数据条目占据 txt 文件的一行。每个数据条目包含三个元数据，即两个字符串数据和一个实数值数据。第一个字符串是实数值数据所在的序列键值，或言序列名称；第二个字符串是该条目下实数值所在的数据列标识，即数据的列名称，或成为列的键值。三个元数据之间用空格分隔。两个字符串均不允许包含空格和逗号。具体示例参见 [7.2.2 节](#) 关于键值数据文件的介绍。

累积面积图的数据文件也由众多格式相同的数据条目构成。与一般面积图的数据条目不同，累积面积图的数据条目增加了一个标识实数值数据元所在数据群组的字符串，并将其置于每个数据条目的开始，与其他数据元以空格相隔。具体示例参见 [7.2.2 节](#)。另外，当每个数据序列自成一个群组时，累积面积图的数据文件可采用一般面积图的数据格式进行读取。

9.1.3 特征调整面板

一般而言，每种图形具有两个特征调整面板：基本特征调整面板和高级特征调整面板。面板的打开方式以[第 6 节](#)的气泡图绘制示例相同。

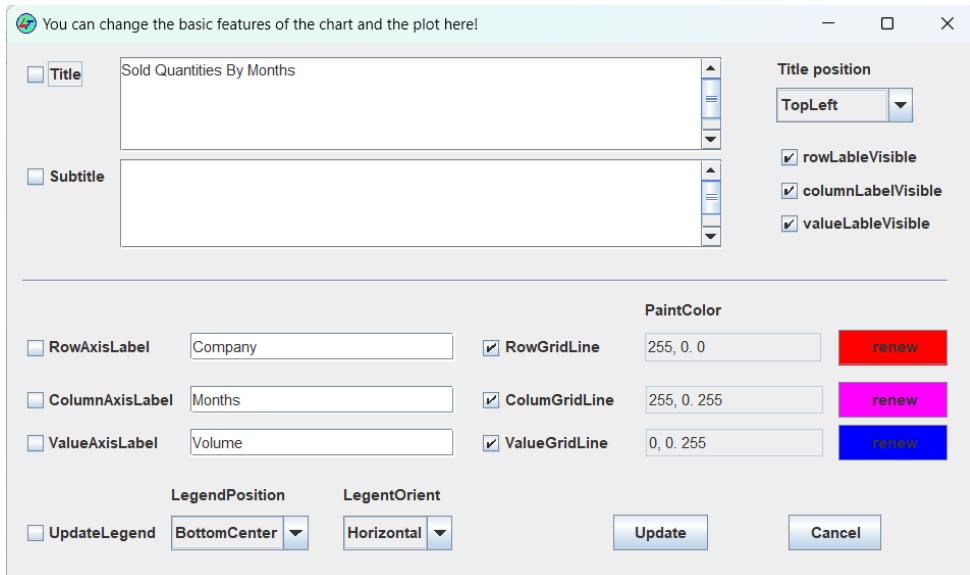


图 9.1.1 面积图的基本特征调整面板

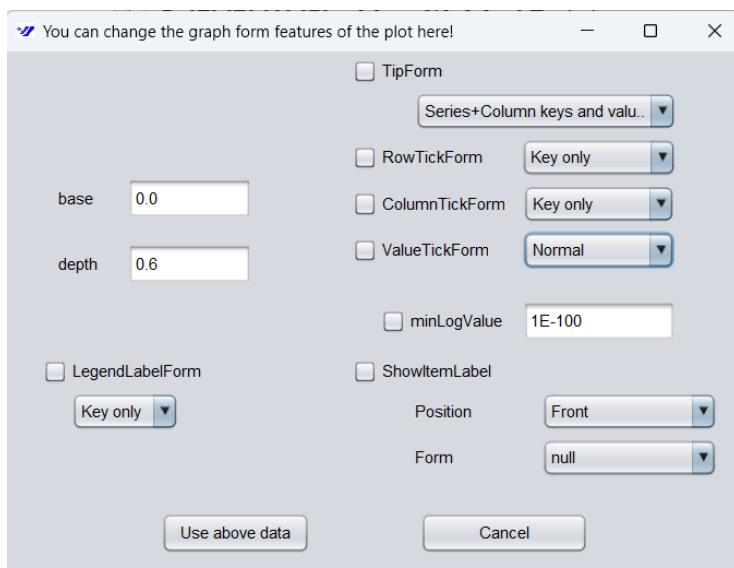
图 9.1.1 是面积图的基本特征调整面板。该面板主要用于调整修改面积图的标题内容、标题位置、坐标轴标签内容、控制坐标标签的是否可视、坐标箱体的网格线颜色和图例的布置位置与展示方向。下面逐一介绍上述功能如何实现。

图形的标题可分为**主标题**与**副标题**。主副标题的内容可在 Title 与 Subtitle 两个复选按钮右侧的文本框内直接输入与修改；是否采用新修订的主副标题可通过勾选 Title 与 Subtitle 两个复选按钮实现。标题在图形展示区的位置可以通过 Title position 标签下的下拉式列表进行选择。LC 提供了 9 种位置可供选择，包括：左上角(TopLeft)、上方中间(TopCenter)、右上角(TopRight)、中间左侧(CenterLeft)、中心(Center)、中间右侧(CenterRight)、左下角(BottomLeft)、下方中间(BottomCenter)、右下角(BottomRight)。

坐标轴的标识内容修改与标题修改类似。通过选择复选按钮 RowAxisLabel, ColumnAxisLabel 和 ValueAxisLabel 和修改其后文本框内容来实现。是否将坐标轴标识内容可视化可以通过选择复选按钮 rowLabelVisible, columnLabelVisible 和 valueLabelVisible 来实现。上述三个复选按钮缺省状态是已经被勾选。

缺省状态下坐标箱体处于 3D 系统的视线后方时被绘制。这样处理的好处是不会遮挡需要绘制的图形。上述箱体可视面上的网格线颜色可以被用户调整改变。修改的方法是通过点击该文本框右侧的 renew 按钮，通过弹出的颜色选择面板选择实现。通过面板选择的颜色 RGB 值会自动更新至其左侧的文本框。

完成希望的修改后，可以通过点击基本特征调整面板上的 Update 按钮将调整选择可视化到新绘制的图形。如选择 Cancel 按钮，则表示放弃本次修改，图形不会被改变。



9.1.2 面积图高级特征调整面板

图 9.1.2 是面积图的高级特征调整面板。下面逐一介绍该面板具有的调整功能。用户可通过修改 base 标签右侧文本框内的数值改变面积图绘制的基准值。具体而言，如果数据的值小于该基准值，面积图以基准值所在平面为基准面向下绘制；如果数据值大于基准值，面积图向上方绘制。用户可通过修改 depth 标签右侧文本框内的数值调整面积图每行的面积纵深。这里 depth 的值需要在 0 与 1 之间，否则，相关的面积会消失或发生重叠！

如果选择 LegendLabelForm 复选框，可以依据其下方下拉式列表所选择的选项改变图例的标签展示内容。三个选项可供选择，包括 Key only, Total, Total2DP。Key only 表示只出现数据序列的名称；Total 表示将在数据序列名称后增加一个括号，括号中为相关数列的数值之和的整数形式；Total2DP 与 Total 选项的差别在于，前者的数值之和以保留小数点后两位的形式展示。

TipForm 相关的复选框和下拉式列表用于调整当鼠标停留于图形上方时，鼠标所处位置的数据的展示方式。RowTickForm 和 ColumnTickForm 相关的复选框与下拉式列表用于调整

行与列坐标的方式。上述三个功能的选项内容与处理方式与前面的图例调整相似，在此不再展开详述。

ValueTickForm 复选框结合其右侧下拉式列表用于选择数值坐标的类型。三种类型可供选择，包括 Normal, NormalPercent 和 Log。Normal 是常规数值类数轴；NormalPercent 的坐标将以百分数展示；Log 则将数轴变为对数数轴。当选择 Log 选项时，所处理的数据值应均大于 0，否则无法处理！当 Log 选项被选择时，minLogValue 复选框与其右侧的文本框可用于改变 Log 数轴的最小值，缺省值为 1e-100。

面积图的高级特征调整面板的最后一项功能是对数据项内容是否展示在所绘制的图形上，以及绘制的位置加以控制。ShowItemLabel 复选框和其下方的两个下拉式列表共同实现上述功能。Position 标签右侧下拉列表提供了 4 个选项，分别为 Front, Back, Center, Font+Back。其中 Font+Back 表示将在数据项位置的前后均绘制对应的数据项内容。Form 标签提供数据项展示内容的格式。图 9.1.3 和图 9.1.4 展示了数据项标签内容展示在图形上时前后观察的结果。

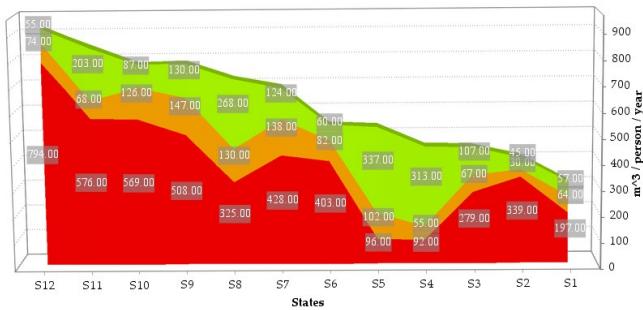


图 9.1.3 数据项标签展示其值时的情况

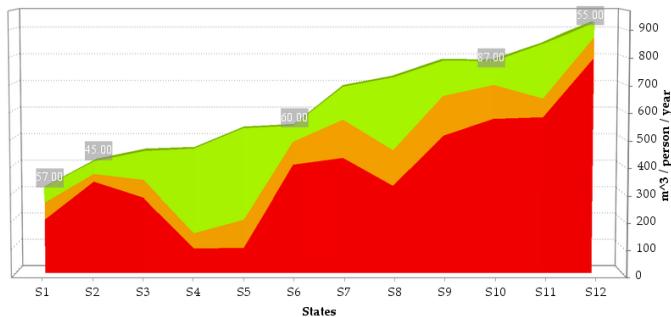


图 9.1.4 数据项标签展示其值时旋转图形 180 度后的情况

9.1.4 面积图绘制示例图

面积图可以处理较为丰富的数据，给出具有吸引力的 3D 展示图。作为示例，图 9.1.5，图 9.1.6 和图 9.1.7 给出了三种不同的面积图。

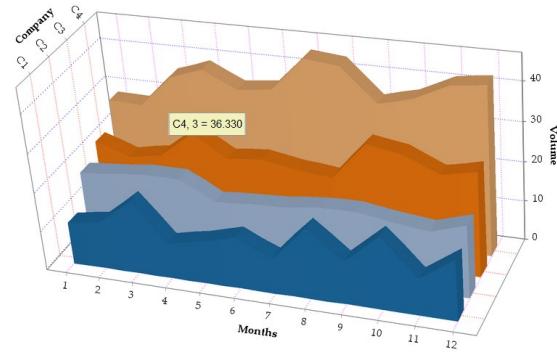


图 9.1.5 具有 4 个数据序列的面积图

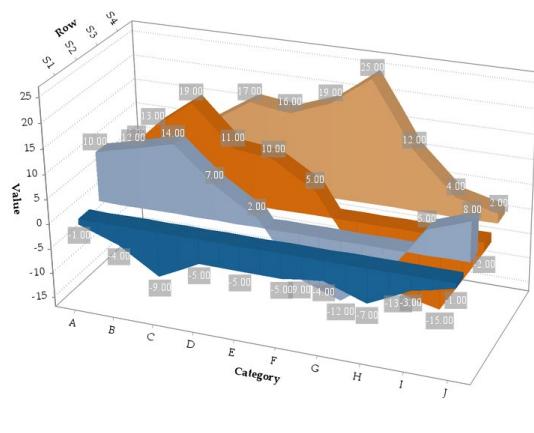


图 9.1.6 以 0.0 为基准值具有正负数据的面积图

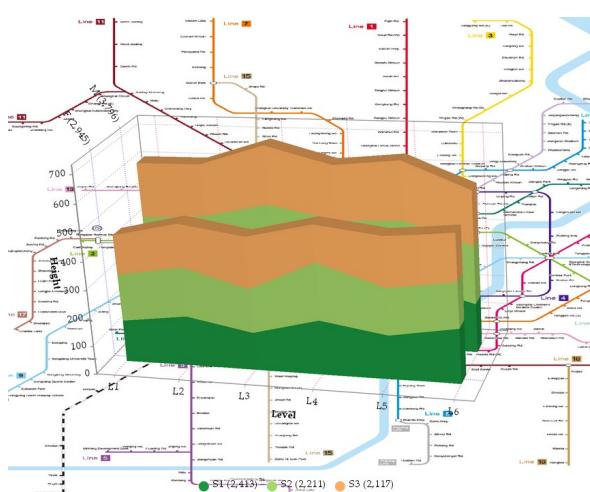


图 9.1.7 带有背景的累积面积图

9.2 柱状图绘制

9.2.1 柱状图类别

柱状图可以根据利用的数据类型分为两类。一种利用键值型数据，另一种利用XYZ数据类型。利用键值型数据的柱状图处理的数据与面积图基本相同，但给出不同的展现方式。而利用XYZ数据类型的柱状图可以生成带有误差线的柱状图。由于柱状图将数据以一个一个独立的数据元或数据元组合为基本数据单元，生成柱状体加以表示，因此可以对特定的数据进行高亮标识。

9.2.2 数据文件结构

柱状图利用两类数据文件。其中的键值型数据结构文件与面积图处理的数据文件格式完全一样，因此用户可参见[9.1节](#)的相关介绍。而当需要处理的数据为XYZ数据时，可以按照是否带有误差信息，将数据文件进一步分为两类。两类XYZ型数据组合型文件的介绍参见[7.2.3节](#)。

9.2.3 特征调整面板

对柱状图进行基本特征调整的面板与处理面积图的基础特征调整面板相同，因此请参阅9.1.3的相关介绍。下面仅就柱状图所涉及的两类高级特征调整面板加以介绍。

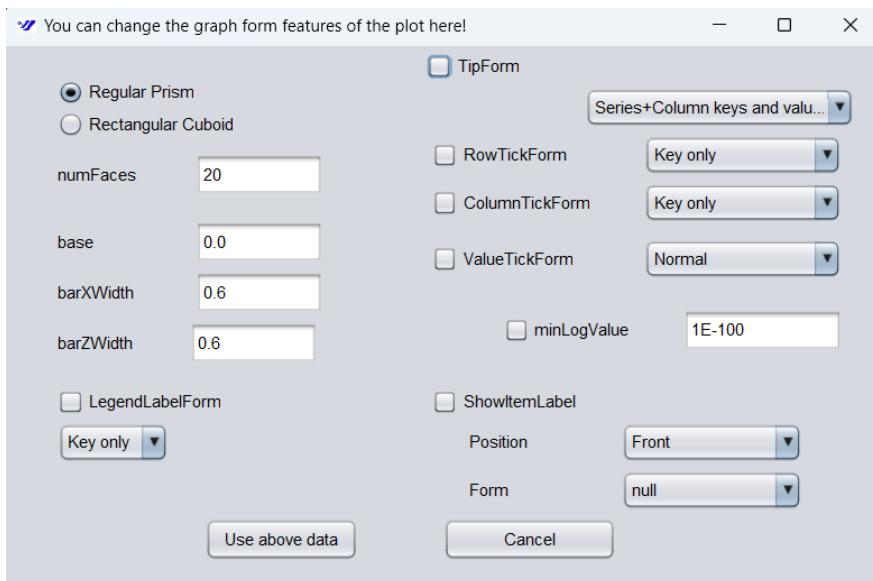


图 9.2.1 柱状图的第一类高级特征调整面板

图 9.2.1 给出了当柱状图处理的数据为键值型数据组合时 LC 提供的高级特征调整面板。该面板提供的调整功能大部分与处理面积图时 LC 给出的高级特征调整面板功能一样，因此，我们在这里将仅介绍不相同的部分。

在该面板的左侧上方出现了两个相互制约的收音机型按钮。两个按钮分别代表柱状图将绘制的柱状体形态。如果选择 Regular Prism 按钮，LC 将根据按钮下方 numFaces 标签右侧文本框内用户给出的柱状体侧面个数，绘制对应的正多边形上下底面柱体。柱体的上下底面半径大小由 barXWidth 和 barZWidth 标签右侧文本框内用户给出的两个值中的最小者确定。上面的两个值的取值范围是(0.0,1.0)。小于 0，柱体会消失，大于 1，柱体可能发生重叠。

而当用户选择 Rectangular Cuboid 按钮时，LC 将绘制具有两条边分别与 X 和 Z 轴平行

的矩形上下底面的柱体。该柱状体的底面边长由 barXWidth 和 barZWidth 标签右侧文本框内用户给出的两个值分别决定。

除上述差异，该高级特征调整面板与处理面积图时 LC 提供的高级特征调整面板的功能相同。

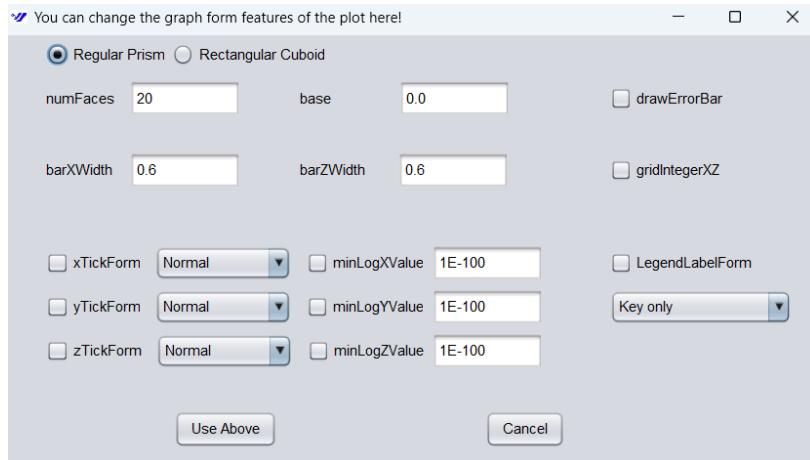


图 9.2.2 柱状图的第二类高级特征调整面板

图 9.2.2 是利用 XYZ 型数据时，LC 提供的柱状图高级特征调整面板。该面板提供了处理 XYZ 型数据组合时，用户可控制的图像高级属性。在我们处理键值型数据时，可以对数值轴的类别加以选择；与上述的选择一样，当处理 XYZ 型数据时，LC 提供了对三个坐标轴相似的类别选择功能。这些功能由面板下方的复选框、下拉列表和文本框实现。例如，当用户需要处理 X 轴时，可利用复选框 xTickForm 所在行的下拉式列表、minLogValue 复选框和紧跟其后的文本框进行操作。

如果绘制的数据包含 y 向的误差信息，用户可通过选择 drawErrorBar 复选框，使得 LC 在柱体的顶部绘制相应的误差线。当数据中不包含误差信息时，对该项功能的操作将不产生任何实质效果。

考虑到我们处理的柱体一般分布在 XZ 坐标平面的规则网格上，即 XYZ 型数据的 x 和 z 坐标为 XZ 平面上的网格节点坐标，在绘制柱状图图形时可以使 X 和 Z 轴的坐标仅标识相关的整数。上述功能可以通过选择该高级面板上的 gridIntegerXZ 复选框实现。

事实上，Lovell Charts 可以利用任意分布在 XZ 平面上的数据序列绘制相关的柱状体图！

9.2.4 标记特定数据的高亮设置与操作

柱状体图形对独立数据元的独立柱体表现特征使得我们可以对特定的数据加以高亮标记。为了方便用户使用，Lovell Charts 将相关的功能模块置于绘制图形的呈现区下方。用户可通过三个按钮的选择与鼠标的点击配合实现上述功能。图 9.2.3 给出了相关的操作界面。在图形交互控制区下方有两个复选框和一个按钮。

当用户点击带有标记功能的柱状体菜单项，并打开一个数据文件后，类似图 9.2.3 的界面将会出现。当该界面下方的 Remove Highlight? 复选框处于未被选取状态时，用户可通过点击图像中的具体柱体选择或改变需要高亮标记的柱体。当由被高亮标记的柱体存在时，用户可通过选择 Show item labels? 使得高亮柱体所在行和列的所有柱体的相关数据呈现。如果用户需要改变用于高亮的颜色，可以点击 HighLightColor 按钮，此时 LC 会弹出颜色选择面板供用户选择新的颜色。高亮颜色选定后，绘制的图形会自动改变其高亮色。

如果要清除上述的高亮标记结果，或保持高亮操作无效，用户可通过选择 Remove Highlight? 复选框得以轻松实现。

Incomes of some companies

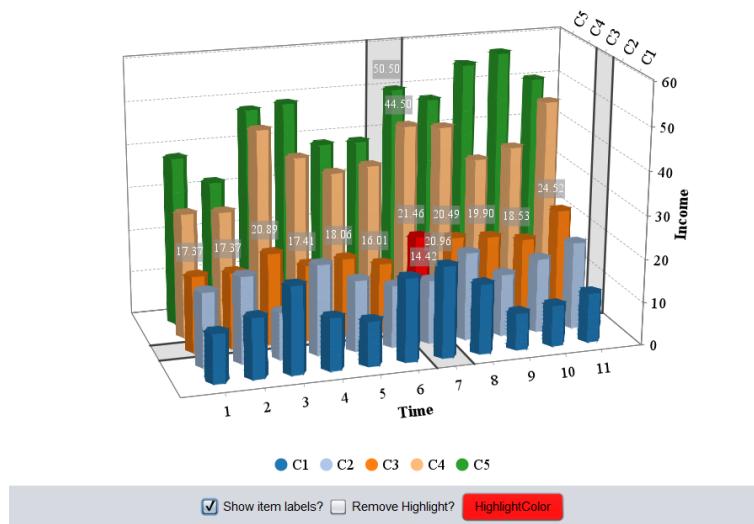


图 9.2.3 带有高亮数据项控制功能的柱状图

9.2.5 柱状图示例

柱状图是一种被广泛使用的 3D 制图。柱状图具有丰富的表现力，用户可以通过 Lovell Charts 绘制各种各样的定制化的柱状图。图 9.2.5、图 9.2.5 和图 9.2.6 是利用 LC 绘制的三个代表性柱状图。

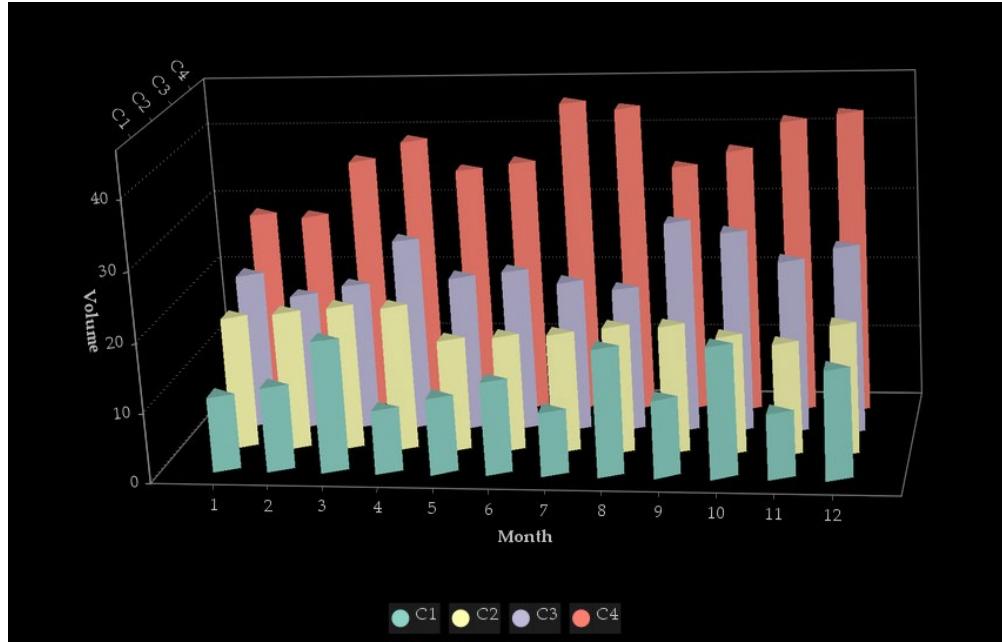


图 9.2.4 具有 4 行数据序列的三角型柱状图

Stacked Bar

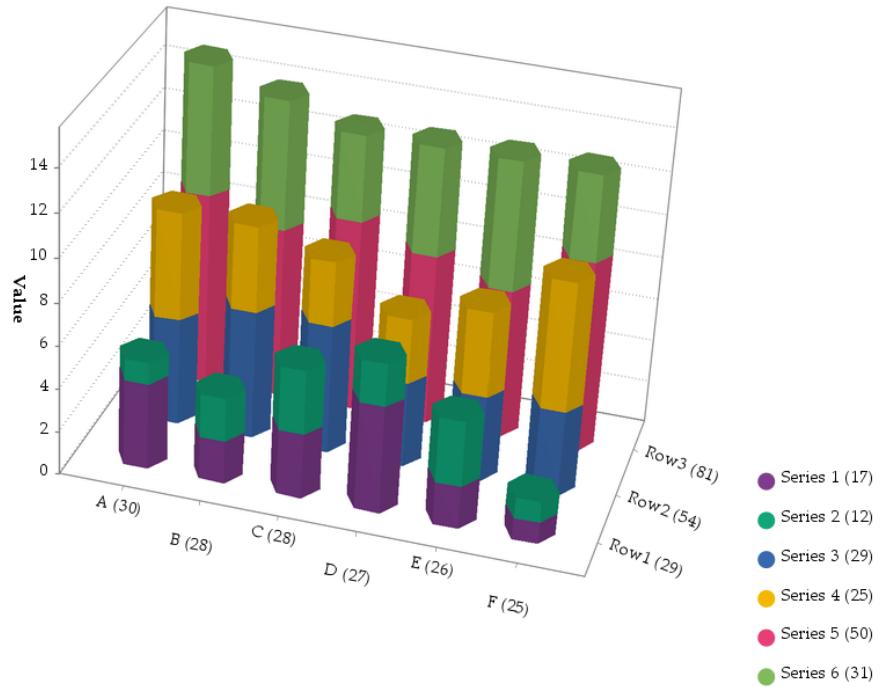


图 9.2.5 具有 6 个数据序列和 3 个群组的柱状图

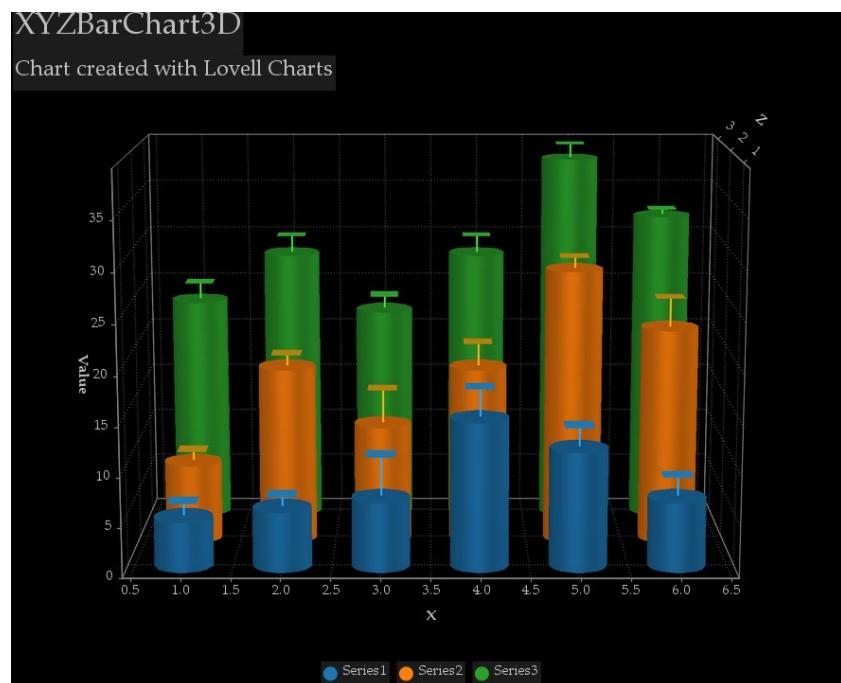


图 9.2.6 带有误差项的基于 XYZ 型数据类型的柱状图

9.3 3D 线形图绘制

3D 线图是各种主要以线条形式展现数据的 3D 图形的总称。3D 线图在现实中有着非常广泛的应用。本节将针对如何利用 Lovell Charts 绘制三类 3D 线图的绘制进行介绍。

9.3.1 三类 3D 线图

第一类 3D 线图处理的是键值型数据。该类线图给出的线条具有 3 维几何尺寸，即除长度外，线条具有宽度和厚度。图 9.3.1 是该类线图的一个示例。

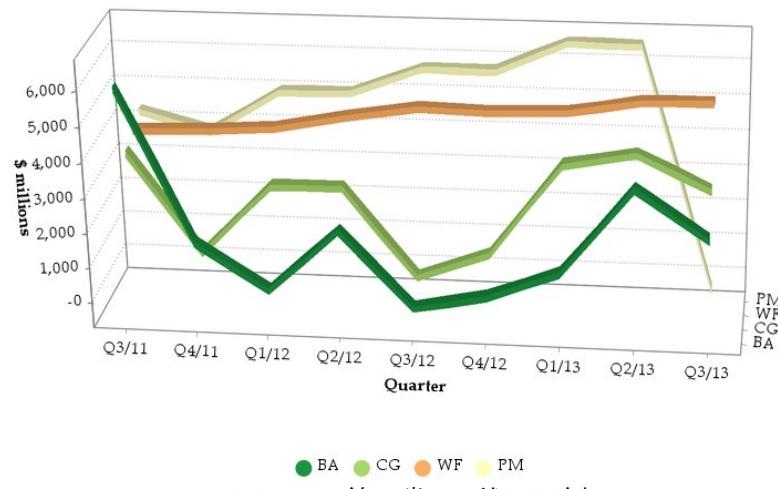


图 9.3.1 第一类 3D 线图示例

第二类 3D 线图主要处理 3D 曲线和带参变量 3D 曲线的轨迹。该类线图处理的数据类型属于 XYZ 型数据。通常需要通过直接输入 3 维曲线的带参函数公式进行数据准备。图 9.3.2 是该类 3D 线图的一个示例。在该示例图中，3D 曲线轨迹在 XY 坐标平面的投影也被同时绘制。

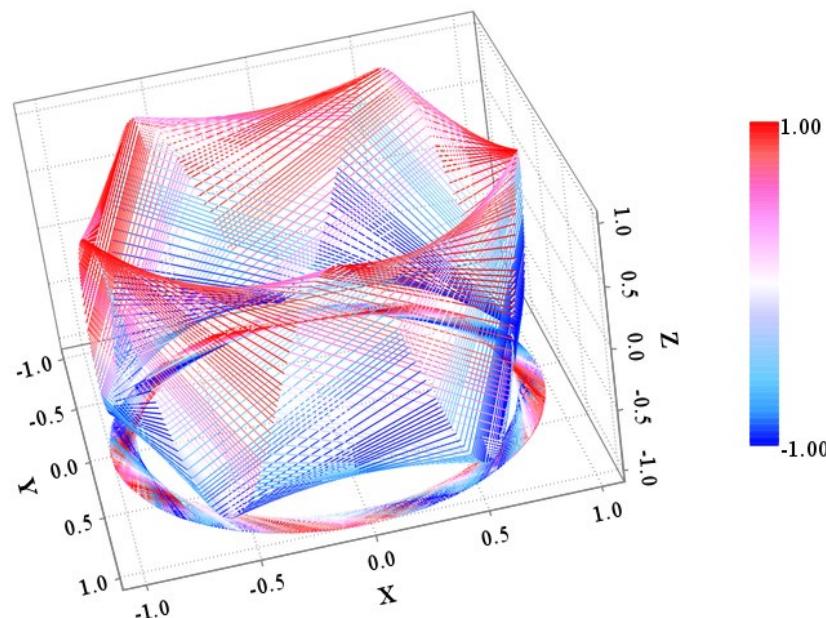


图 9.3.2 第二类 3D 线图示例

第三类 3D 线图主要处理序列化 XYZ 数据。每个序列的数据即可能由一个函数生成，也可能是具有相同间隔与跨度的一组数据。图 9.3.3 是该类线图的一个示例。如果将该类图投影到一个适当的坐标平面可以得到一个 2D 的图形。Lovell Charts 不仅提供了投影的功能，也可通过设置坐标系中相应坐标轴的范围，方便实现上述转化。

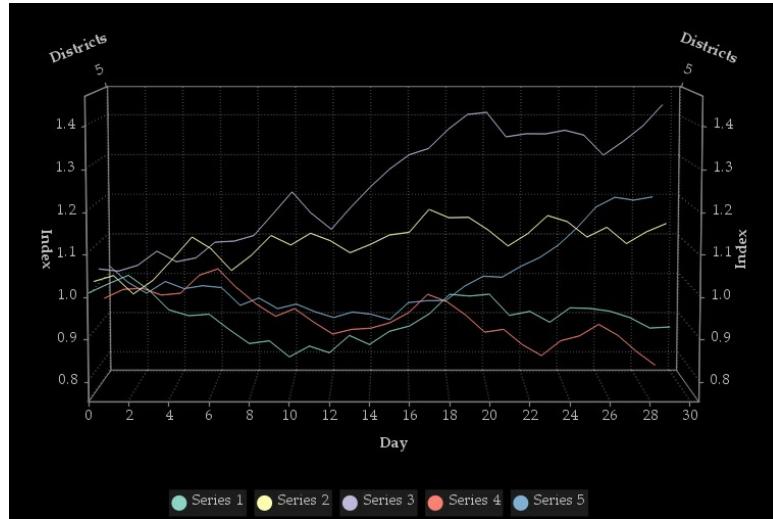


图 9.3.3 第一类 3D 线图示例

9.3.2 基于键值型数据的 3D 线形图

第一类 3D 线图需要的数据类型属于键值型数据，每个序列自成一个群组。相关的数据文件请参见 [7.2.2 节](#) 介绍。

该类图形的基础特征调整面板与前面介绍的面积图相同，请参阅相关介绍。

该类 3D 线图的高级特征调整面板如图 9.3.4 所示。其大部分功能已在柱状图和面积图相关部分进行了详细介绍。这里仅需明确该面板上的 Width 和 Height 标签后文本框需输入用户希望绘制的线条的宽度和厚度。宽度值需在区间(0,1)上取值。如果宽度大于 1，线条可能发生重叠；小于 0，线条则会消失。

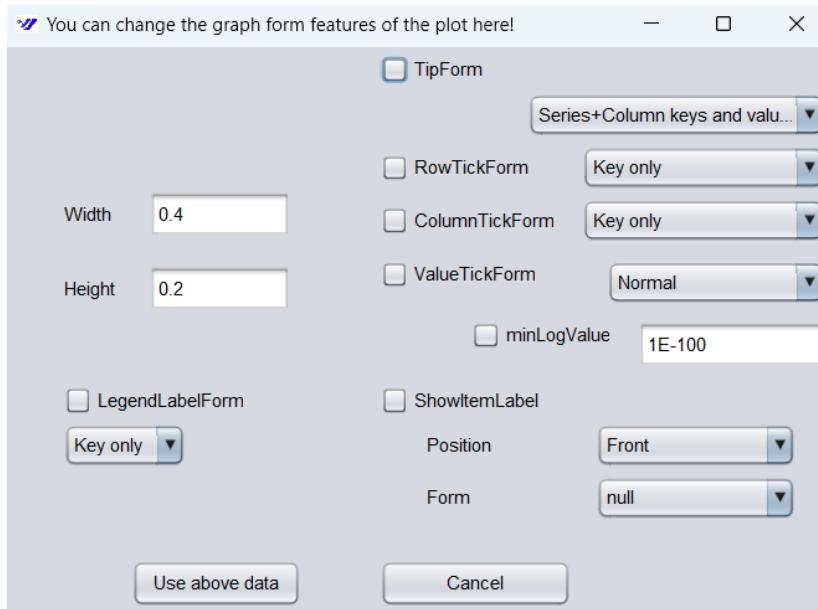


图 9.3.4 第一类 3D 线图的高级特征调整面板

9.3.3 空间曲线轨迹图

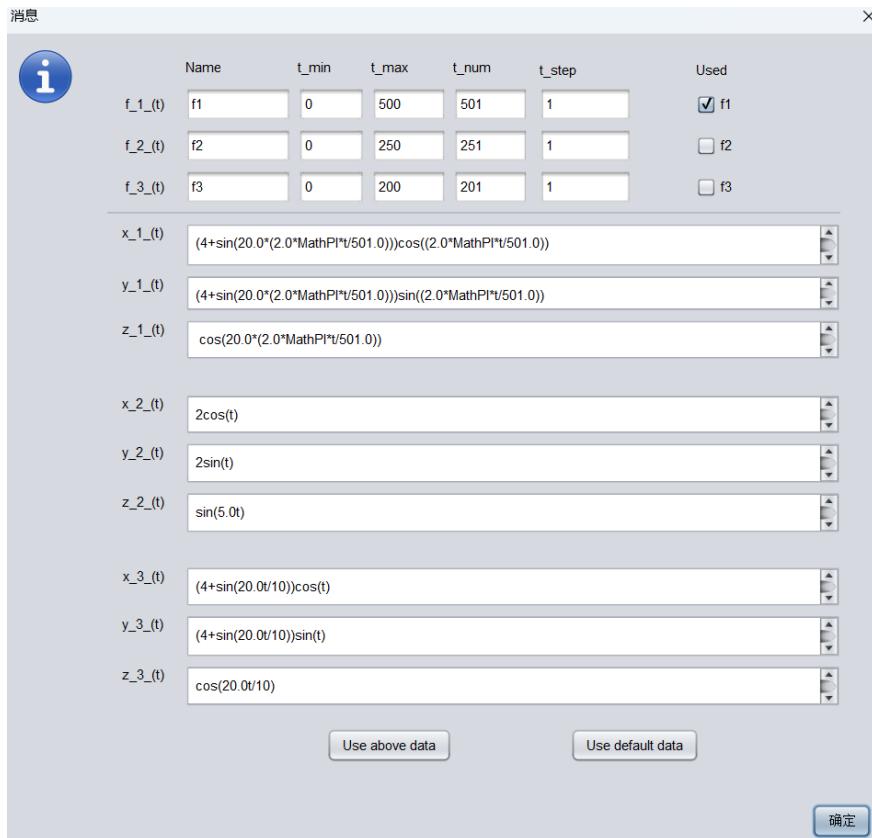


图 9.3.5 第二类 3D 线图的函数公式输入面板

当用户点击第二类 3D 线图相应的树状菜单项时, LC 会询问用户是否希望打开 txt 文件上载数据或者直接利用面板输入函数公式。当用户选择直接输入函数公式时, LC 会弹出如图 9.3.5 所示的公式输入面板供用户使用。当利用面板时, 用户至多可同时输入三个带参函数公式, 即同时绘制三个函数的轨迹线。LC 假设三个函数的参变量为 t, 但三个函数可具有不同的参数取值范围和取样点数量。每个函数对应的 x, y, z 坐标值随参变量 t 的值而变化。

在图 9.3.5 给出的公式输入面板上方, 用户可输入函数的名称, 参变量的取值上下限, 取样点数目和相邻取样点之间的间隔。注意 LC 在实际计算时会利用参变量取值的下限、取样点数目和两个相邻取样点之间的间隔, 会忽略参变量的取值上限。输入的三个函数可以选择性的利用, 通过勾选面板上方右侧 Used 标签下对应函数的复选框实现。

每个函数需要对其三个坐标, 即 x, y, z, 输入相应的公式 x(t)、y(t) 和 z(t)。函数的输入方法与规范详见第 8 节说明。公式输入完成后, 用户通过点击 Use above data 确认, 或点击 Use default data 放弃当前输入, 而利用 LC 内设数据, 最后点击确认按钮绘制 3D 线图。

对于第二类 3D 线图的特征进行调整时, LC 提供的基础特征调整面板与已经讨论面积图和柱状图一样, 因此用户可参考上述图像的调整进行操作。

对于该类 3D 线图, LC 提供了如图 9.3.6 所示的高级特征调整面板。该面板具有一些新的功能需要在此特别说明。首先标签 Object size 右侧的文本框提供了用户修改绘制线条时如果需要绘制采样点处的点时, 可可视化这些点的 3D 几何体的外切球体的半径大小。

因为可能存在多个函数的轨迹需要同时绘制, 每条轨迹上可视化采样点的几何体可以不同。LC 提供了 6 种几何体供用户选择。在按钮 Series of Object Types 下方一行有并排的 6 个下拉式列表, 每个列表内有 6 种几何体可选。6 个下拉列表的选择构成一个有序集合, LC

将按照该集合种几何体的排序和特征依次对所需绘制的曲线轨迹的采样点进行绘制。当轨迹线数量大于 6 个时，LC 会重新开始重复利用上述集合中的几何体。如果需要利用下拉式列表的选择，用户也需选择按钮 Series of Object Types。

名为 drawPoints 和 drawLines 的两个复选框提供了用户选择在图形中是否绘制轨迹点（即采样点几何体）和采样点之间连线的功能。用户可根据需要同时勾选，或只勾选上述两个复选框之一。

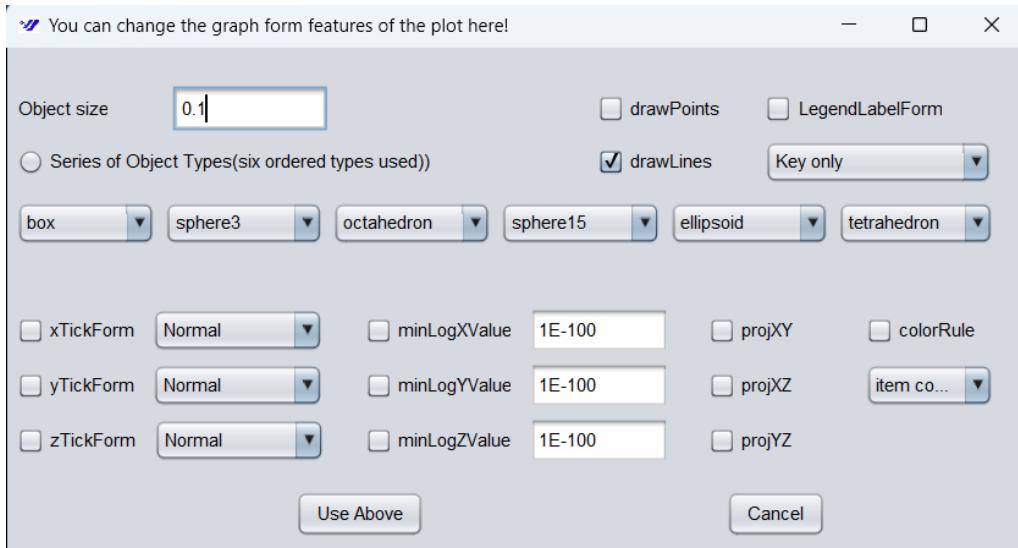


图 9.3.6 第二类 3D 线图的高级特征调整面板

Lovell Charts 也提供了绘制曲线轨迹在坐标平面投影的功能。用户可通过是否勾选复选框 projXY、复选框 projXZ、复选框 projYZ，决定是否绘制坐标平面投影，以及向哪个坐标平面投影。

第二类 3D 线图的高级特征调整面板的另一个功能是调整 3D 轨迹线的着色方式。当同时有两个及以上轨迹线需要绘制时，用户可以通过 Styles 菜单选择改变每条轨迹的颜色，这里一条轨迹将以一种特定颜色绘制。但是当需要绘制的轨迹线只有一条时，Lovell Charts 提供了更加有特色的着色方案。用户可以通过选择复选框 colorRule 下方下拉式列表中的选项实现对轨迹着色方案的改变。下拉列表中有 4 个选择项，分别为：x value, y value, z value, item count。x value 选项代表轨迹上点和线的颜色由其 x 坐标值的大小决定；同理，y value 和 z value 两个选项分别代表轨迹上点和线的颜色由其 y 或 z 坐标值的大小决定。选项 item count 表示轨迹线上点与线的颜色由采样点数目的累积值决定，即随之轨迹线的实际空间长度而变化。用户通过选择上述选项，同时勾选 colorRule 复选框，来确定实施新的着色方案。注意，当需要同时绘制两条及以上轨迹线时，上述的操作无效。

9.3.4 序列型 XYZ 数据线形图绘制

第三类 3D 线图一般会将多个具有相同数据量和间隔的 XYZ 序列数据绘制成一条条空间曲线。该类图形的数据输入既可以是 txt 数据文件，也可以是直接通过面板输入的一组函数。图 9.3.7 给出了该类图形制作时 LC 提供的函数输入面板。LC 预设最多可同时利用输入数学公式的方式绘制 6 条 3D 曲线。并假设所有函数的自变量为 t，所有函数自变量的取值范围和取样数目，相邻采样点之间的自变量间隔相同。在图 9.3.7 面板的上方可以对自变量的上述特征加以调整修改。注意 LC 在实际计算时不会利用自变量的取值上限 t_max！

在图 9.3.7 展示的函数输入面板的下方用户可以输入至多 6 个函数的名称与对应公式。具体公式的选取，需要勾选标记为从 s1 到 s6 的复选框。

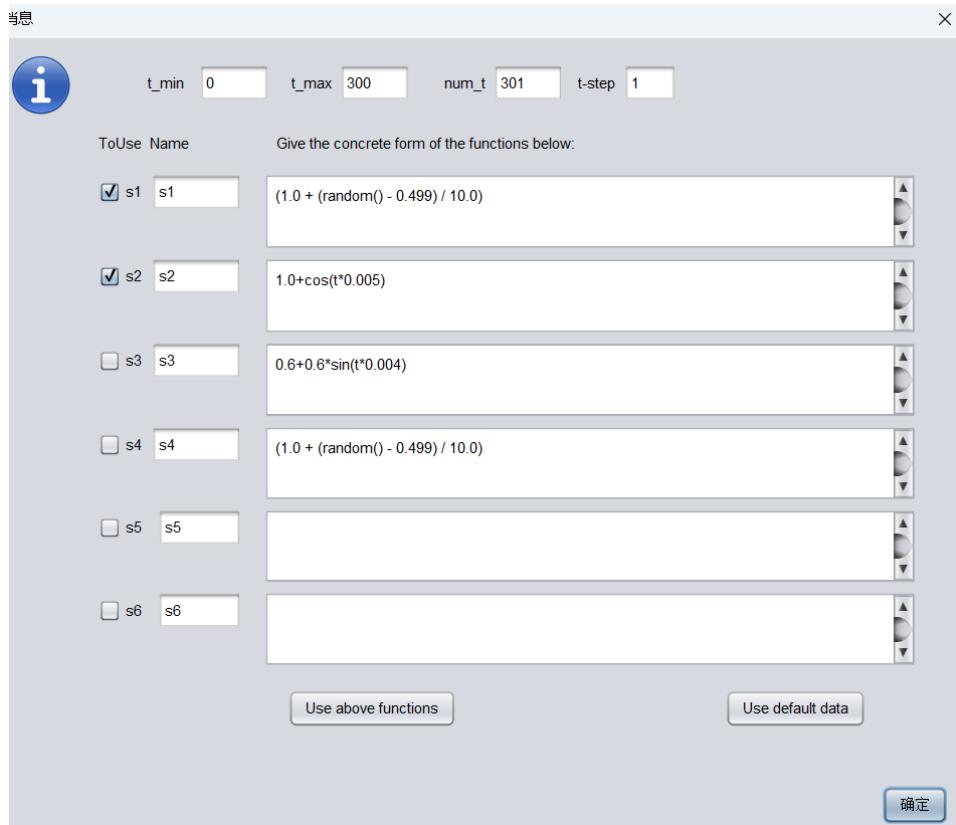


图 9.3.7 第三类 3D 线图的函数公式输入面板

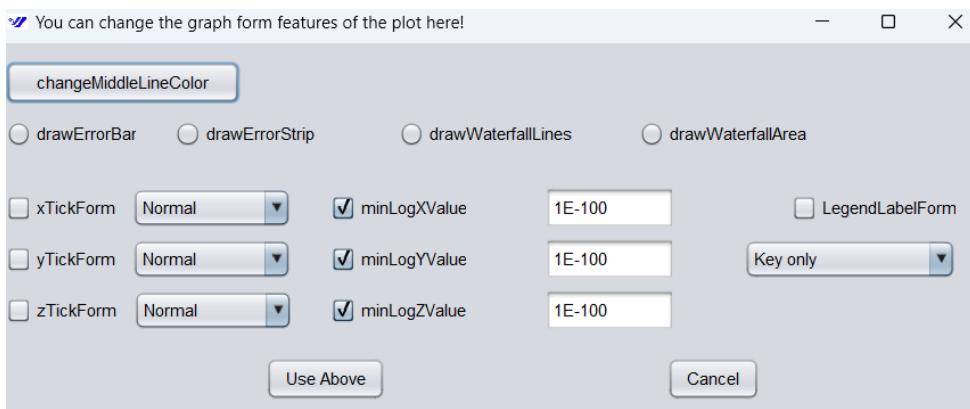


图 9.3.8 第三类 3D 线图的高级特征调整面板

针对第三类 3D 线图, Lovell Charts 提供了如图 9.3.8 所示的高级特征调整面板。该面板上方的一个按钮和 4 个收音机型按钮需要在此对其功能加以解释。在绘制第三类 3D 线图时, 用户可以选择绘制从轨迹线下垂的瀑布线或瀑布面。如果提供的 XYZ 数据带有 y 向的误差数据, 用户也可选择在采样点绘制与轨迹线相交垂直于 XZ 坐标平面的误差线, 或者以采样点处误差线高度为半宽的误差条带。当绘制误差条带时, 条带的中心线, 即原轨迹线的颜色也可以加以定制。对于绘制误差线、误差条带、下垂瀑布线、下垂瀑布面的选择可以通过勾选 drawErrorBar、drawErrorStrip、drawWaterfallLines 和 drawWaterfallArea 四个收音机型按钮加以确定; 而误差条带中线的颜色可以通过点击按钮 changeMiddleLineColor, 通过 LC 提供的颜色选择面板实现。

9.3.5 轨迹的动态绘制说明与 3D 样图

3D 线图在现实中应用广泛。Lovell Charts 也提供了将第二类函数轨迹线动态绘出的功能。用户可以通过选择相应的树状菜单选项，通过查看缺省绘制，明确具有动态绘制能力的菜单选项。通过从对应菜单进入，Lovell Charts 将自动动态绘制相应的函数轨迹。目前，Lovell Charts 还不提供对函数轨迹动态绘制的速度控制，后续版本可能会提供更全面的动态绘制控制功能。

图 9.3.9 给出了同时绘制三个函数轨迹的结果；而图 9.3.10 而展示了利用 Lovell Charts 绘制 Lorenz 系统的结果。

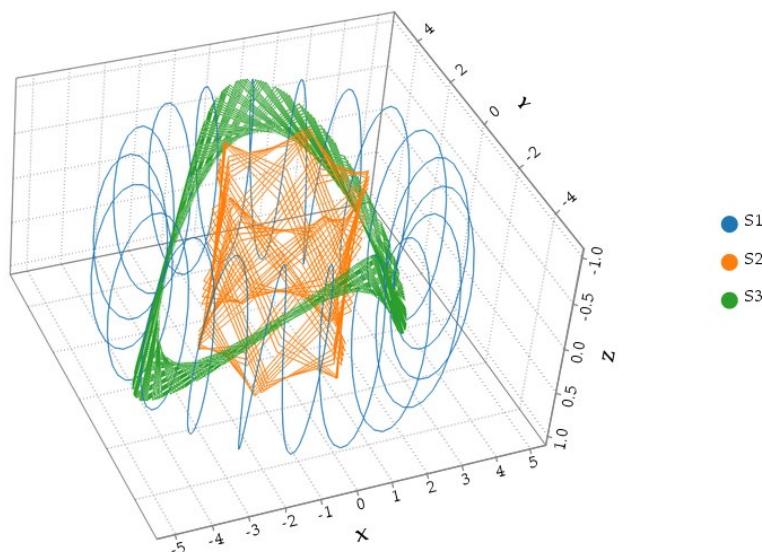


图 9.3.9 三条轨迹线的同时绘制

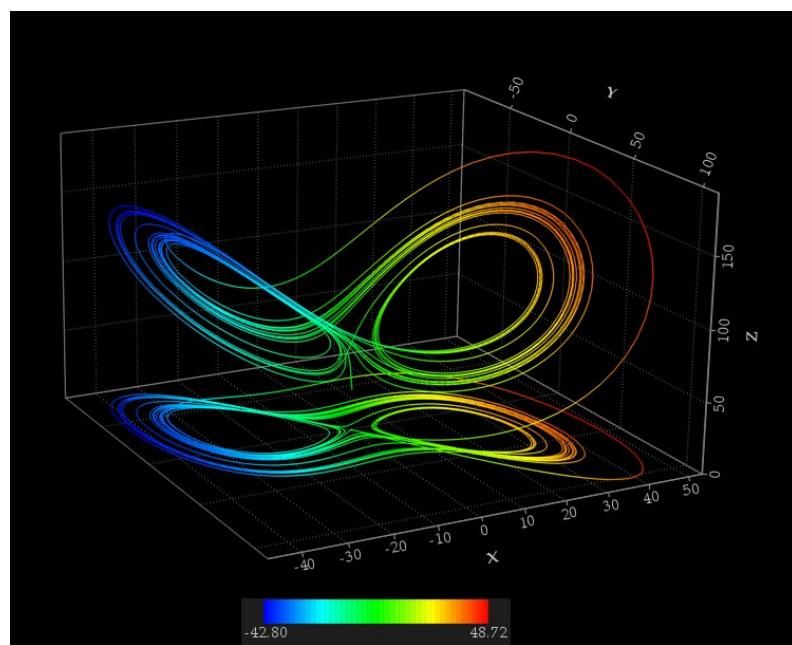


图 9.3.10 Lorenz 系统的模拟 3D 线图

9.4 饼状图、环面图和金字塔型 3D 图绘制

9.4.1 数据文件

饼图、环面图和金字塔型 3D 图所需呈现的基础数据形式相同。相关的单值单键型数据文件由一系列结构相同的数据条目构成，每个数据条目由一个字符串数据和一个实数数值构成。请参阅[第 7.2.1 节](#)对该类数据的结构和构成的数据文件的介绍。

9.4.2 共同的基础特征调整面板

三种图形具有如图 9.4.1 所示的相同的基础特征调整面板。与已经介绍的其他类图形的基础特征调整面板相比，该面板去掉了有关坐标轴的功能。这是因为饼图、环面图和金字塔型 3D 图是在没有任何可视化坐标系的情况下直接呈现的。有关该面板的功能介绍请参阅第 9.1.3 节的面积图相关面板的介绍。

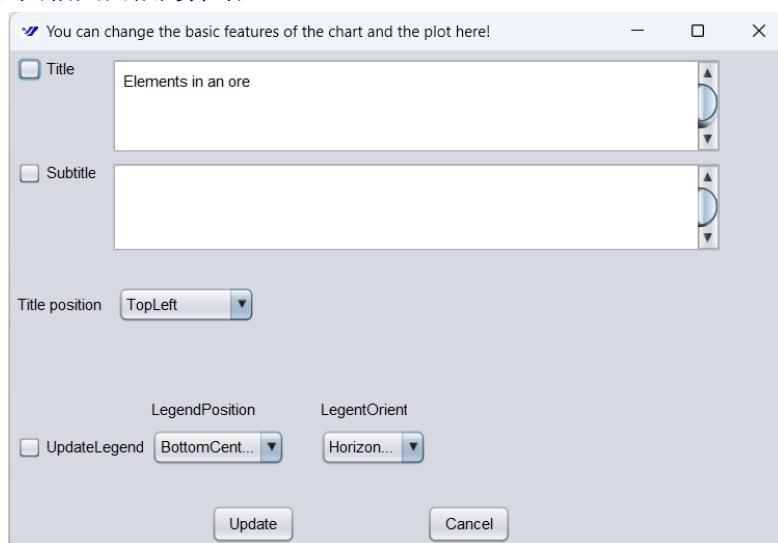


图 9.4.1 三种图的共同的基础特征调整面板

9.4.3 不同的高级特征调整面板

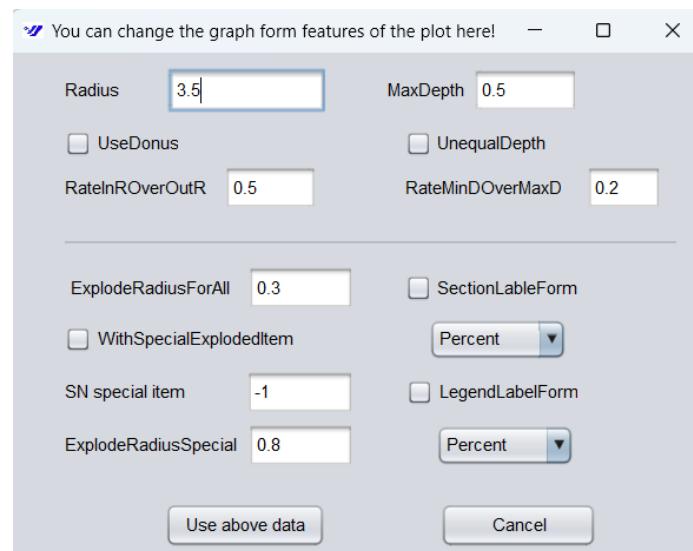


图 9.4.2 饼图的高级特征调整面板

图 9.4.2 是饼图的高级特征调整面板。用户可在 Radius 标签右侧文本框内输入饼图的半径。如果需要绘制 donut 型中空的饼图，可在标签 RateInROverOutR 右侧文本框输入内部半径与饼图半径的比值。该比值应在区间(0,1.0)上取值。同时勾选复选框 UseDonus，完成绘制 donut 型饼图的确认。

用户可在 MaxDepth 标签右侧文本框内输入饼图的最大厚度。如果需要绘制厚度不等的饼图，需勾选复选框 UnequalDepth，同时在标签 RateMinDOverMaxD 右侧文本框内输入最小厚度与最大厚度的比值。Lovell Charts 将在绘制厚度不等饼图时，在最小和最大厚度之间，按照不同数据项之间的相对大小确定对应饼块的厚度。

如果需要使饼块之间具有缝隙，用户可在标签 ExplodeRadiusForAll 右侧文本框输入所有饼块向外移动的距离值。如果需要对特定饼块做突出处理，可以在 SN special item 右侧文本框输入对应数据的编号，在标签 ExplodeRadiusSpecial 右侧文本框输入该饼块向外移动的特定距离值。最后勾选复选框 WithSpecialExplodedItem 完成对特定饼块的选择处理。注意当输入的数据编号为-1 时，系统默认无特定数据被选择。

在饼图的高级特征调整面板右下方，可以对饼块上的标注(Section Label)和图例的标注(Legend Label)格式加以选择。两者具有相同的可选格式。如对饼块的标注格式进行选择，用户需勾选复选框 SectionLabelForm，并从该复选框下方的下拉式列表中选取需要的格式。具体格式可在图 9.4.3 中看到。五种格式的含义如下：Key only 表示只显示数据的键值；Percent 显示键值与实数值的百分数；Percent2DP 将显示键值与带小数点后两位的实数值的百分数；value 将只显示键值和实数值；Value2DP 显示键值和带小数点后两位的实数值。

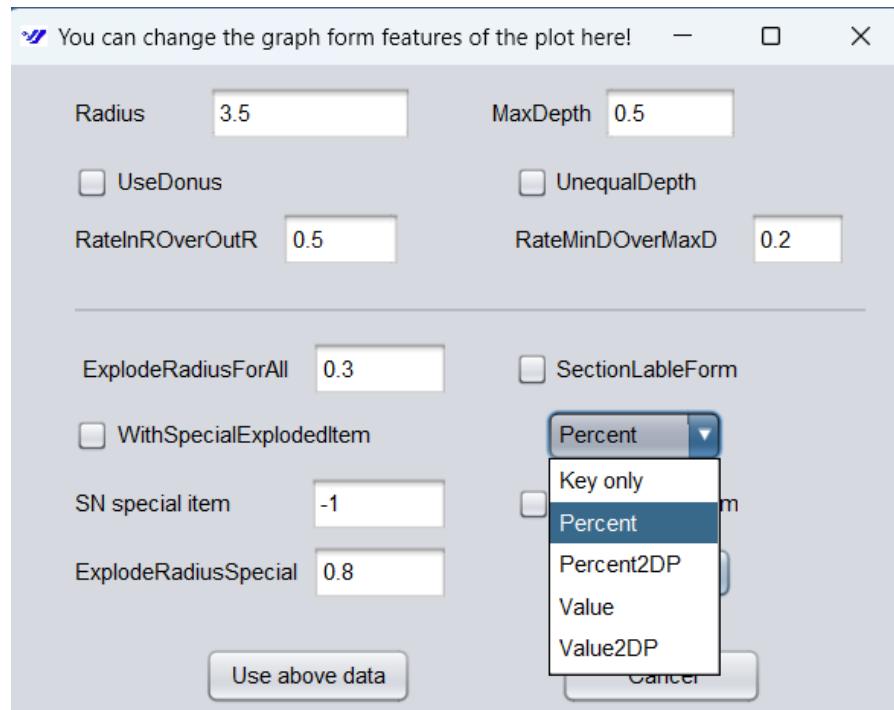


图 9.4.3 高级特征调整面板中标签的选择项

与饼图的高级特征调整面板相比，环面图的对应面板较为简明，如图 9.4.4 所示。其中标签 NumFaces 右侧的文本框可输入环面图的小环的分隔面数。输入的值较大，则图像呈现圆弧状；否则会呈现多面体形状。但是大的数值需要较大计算量。另外，在环面图的高级特征调整面板上，用户可在标签 RadiusBig 和 RadiusSmall 右侧的两个文本框中分别输入环面图的大小圆的半径值。

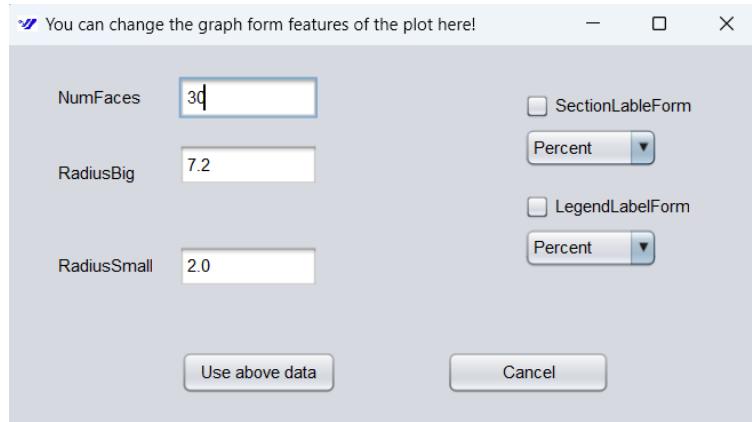


图 9.4.4 Torus 图的高级特征调整面板

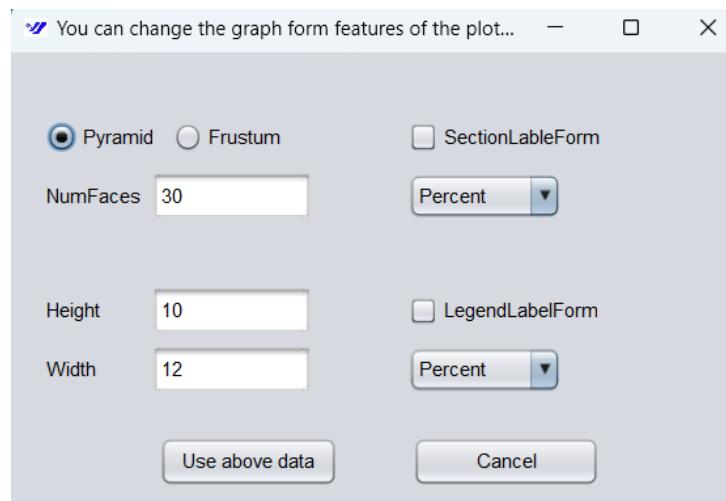


图 9.4.5 金字塔型 3D 图的高级特征调整面板

图 9.4.5 是 LC 提供的金字塔型 3D 图的高级特征调整面板。用户可以通过该面板修改或调整绘制的金字塔型结构的高度和底部直径大小，并控制结构的侧面数量。当用户选择 Pyramid 按钮时，将绘制具有四个侧面的标准金字塔结构；而当选择 Frustum 按钮时，可绘制给定侧面数的多面锥体。用户可在标签 NumFaces 右侧文本框输入多面锥的侧面数；在标签 Height 和 Width 右侧的两个文本框分别输入金字塔型结构的高度和底部直径大小。该面板的其他功能与前面的饼图和环面图的相关操作方法相同。

9.4.4 例图展示

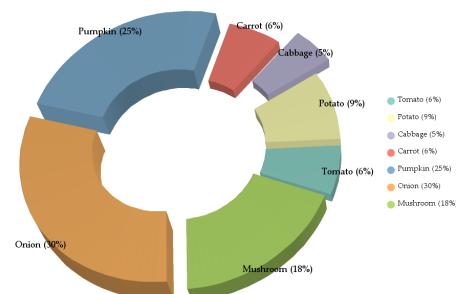


图 9.4.6 具有厚度差异和特定数据向外突出的饼图

Elements in an ore

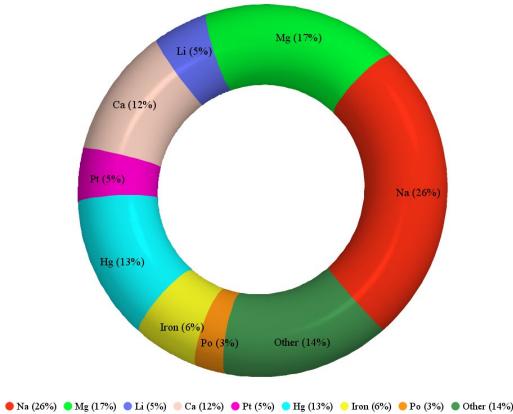


图 9.4.7 torus 图的一个示例

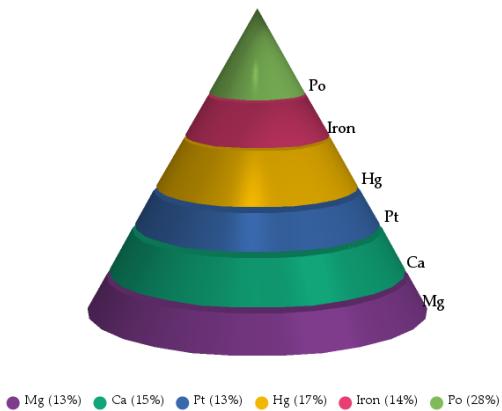


图 9.4.8 具有圆锥形态的金字塔型 3D 图

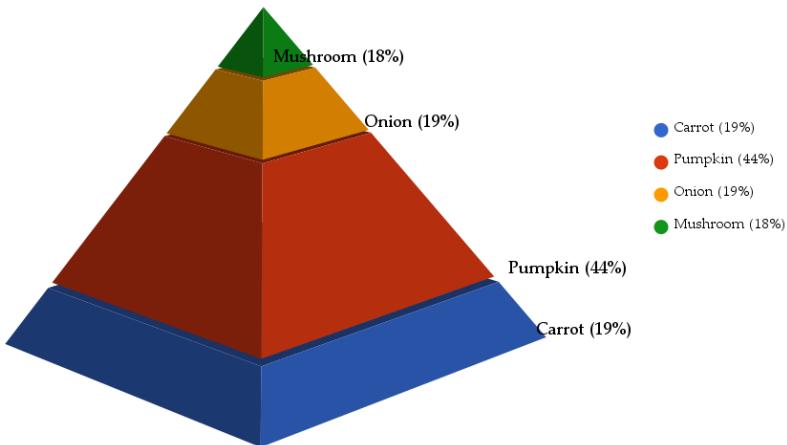


图 9.4.9 具有四个侧面的金字塔型 3D 图

利用 Lovell Charts 软件，用户可以绘制各种富有表现力的饼图、环面图和金字塔型 3D 图形。图 9.4.6-9 是利用 LC 绘制的四幅代表性图，用户可从中看到 LC 的实际功效。

9.5 散点图绘制

9.5.1 散点图数据格式

散点图可视化 XYZ 型数据。根据处理的数据内容的差异，可将散点图分为不带误差的散点图和带有误差线的散点图。如果处理的 XYZ 数据带有误差数据，则可绘制带有误差线的散点图。带由误差信息和不到误差信息的 XYZ 型数据文件的介绍和示例可参阅[第 7.2.3 节](#)相关内容。

9.5.2 散点图高级特征调整

利用 txt 文件数据, LC 可按照缺省设置绘制散点图。对于按照缺省值绘制好的散点图, 用户可选择主操作界面上方的 Features 菜单来对其基本特征和高级特征进行调整。散点图基本特征调整面板的操作方法与前面已介绍的面积 3D 图的基本面板的相关操作相同, 因此这里不再赘述。下面介绍在绘制一般散点图、带下垂线的散点图和带误差线的散点图时如何操作对应的高级特征调整面板。

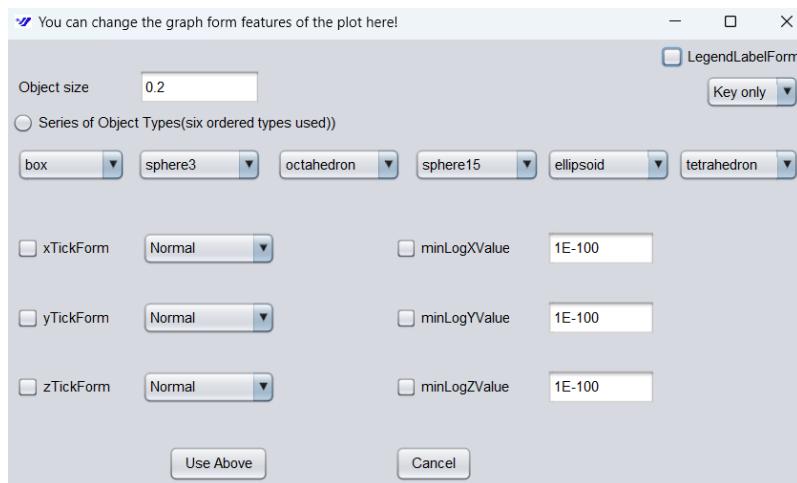


图 9.5.1 一般散点图的高级特征调整面板

一般散点图的高级特征调整面板如图 9.5.1 所示。散点图中数据对应空间点位置, LC 将绘制特定几何体展示该数据。表示一个点的几何体可以从 6 种基本几何体集合中选择。同时由于散点图处理的 XYZ 数据可能属于不同的序列, 对于属于不同的序列的数据, 可以利用不同的几何体加以区分。LC 假设给定一个包含六个几何体的有序集合。LC 在绘制不同序列的点时, 会依次从上述集合选择几何体对同一序列的点加以可视化。当序列的数目大于 6 时, LC 会从上述几何体集合中从第一种几何体开始重新选择。LC 同时假定同一散点图中所有几何体的外切球体的半径大小相同。

依据上述假设, 用户可在图 9.5.1 所示的特征调整面板上 Object size 标签右侧文本框内输入几何体的外切球的直径大小。选择按钮 Series of Object Types, 并在该按钮下方的 6 个并排的下拉式列表中依次为几何体有序集合选择 6 个几何体形状, 完成对序列数据可视化所有几何体的调整。

除上述功能, 一般散点图的高级特征调整面板也提供了修改图例标识格式和为各个数轴选择类型的功能。这些功能的操作已在前面其他类型图形的绘制中做过介绍, 这里不再赘述。需要注意的一点是当为某个数轴选择对数坐标时, 该数轴的取值范围不应包含负数和零值, 否则会违反对数运算原则。

当绘制带有下垂线的散点图时, Lovell Charts 提供如图 9.5.2 所示的高级特征调整面板。

可以通过勾选 dropXY、dropXZ 和 dropYZ 确定是否绘制垂直于 XY、XZ 和 YZ 坐标平面的下垂线。而通过勾选 projXY、projXZ 和 projYZ 确定是否绘制 XY、XZ 和 YZ 坐标平面上的投影。带有误差线的散点图的高级特征调整面板如图 9.5.3 所示。可通过勾选该面板上的 xErrorBar、yErrorBar 和 zErrorBar 确定是否绘制 x, y, z 方向的误差线。

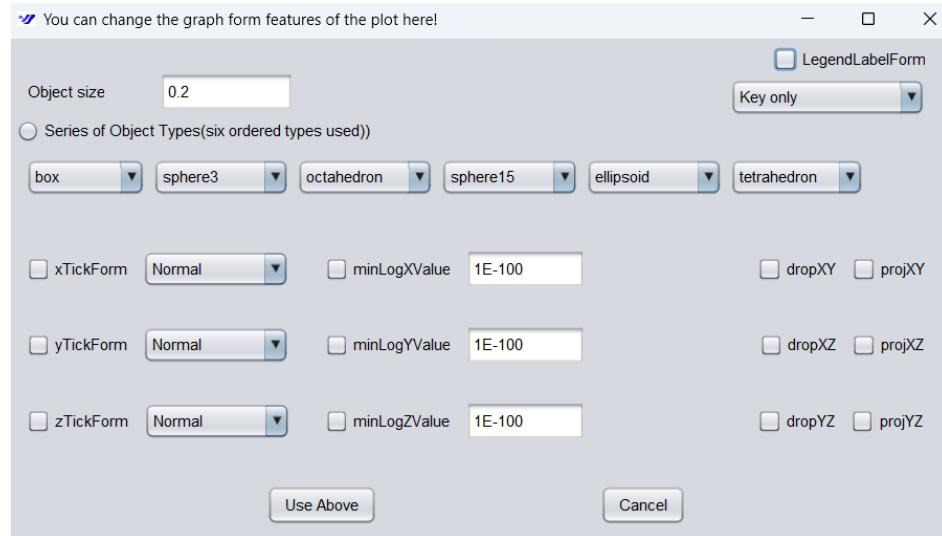


图 9.5.2 带下垂线的散点图高级特征调整面板

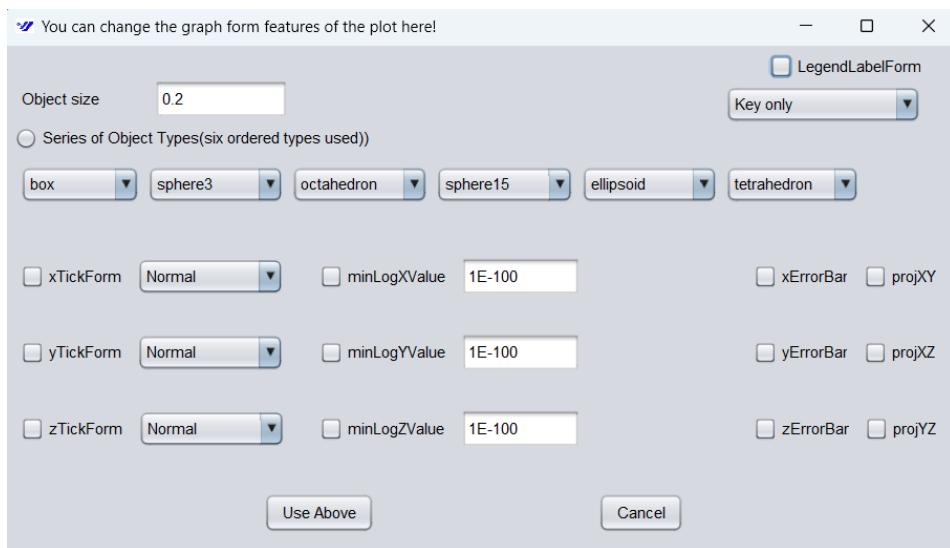


图 9.5.3 带误差线的散点图高级特征调整面板

9.5.3 散点图中高亮标记特定区域

在绘制散点图时，往往需要对特定区域的数据(或言点)，进行高亮标记，从而便于对相关数据的观察。Lovell Charts 提供了对应的高亮标记工具。用户可以通过打开主操作界面上 Features 菜单，从该菜单最下方选择 Maker Scatter Space 菜单项，从而打开针对散点图的高亮标记控制面板。高亮标记菜单项的位置如图 9.5.4 所示，而弹出的针对散点图的高亮标记控制面板如图 9.5.5 所示。利用散点图的高亮标记控制面板可以对需要标记区域所对应的各坐标轴的取值范围、相应坐标平面上标记范围内的填充颜色、以及是否在图中显示标记范围的标签和标签位置做出选择。同时，也可对处于高亮标记区的几何体利用特定颜色加以标记。

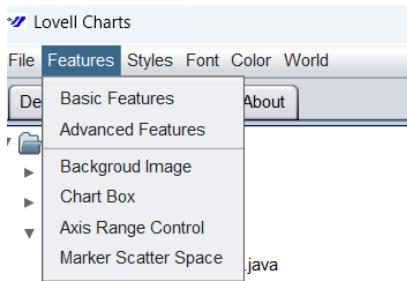


图 9.5.4 高亮标记菜单项的选择

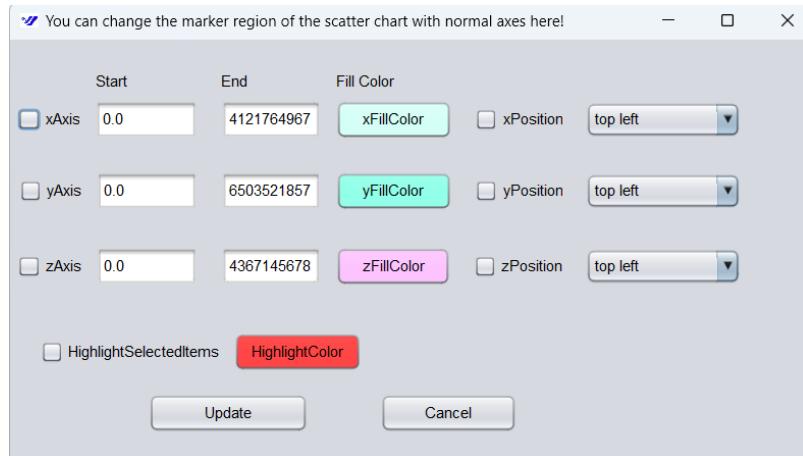


图 9.5.5 高亮标记散点图特定区域的控制面板

以如何设定 x 轴的高亮标记范围为例,首先勾选 `xAxis` 复选框,其次在该复选框右侧两个文本框内依次输入需要高亮标记的坐标范围,接着点击 `xFillColor` 按钮,通过弹出的颜色选择窗对与该范围相关的坐标平面的填充色加以选择。而如果选择按钮 `xPosition`,并在该按钮右侧下拉式列表中选择相应的位置类型,则可完成对相关高亮范围的标签的位置的确定与修改。其他数轴的操作与上相同。如果需要改变高亮标记区内点的标记颜色,可勾选复选框 `HighlightSelectedItems`,并点击其后的按钮,从弹出的颜色选择面板中选择需要的颜色。高亮标记控制面板中各数轴高亮标记范围的初始值是对应数轴的取值范围。

9.5.4 散点图绘制图例

散点图是一种常见的 3D 图形。图 9.5.6-9 是利用 Lovell Charts 绘制的几个散点图图例。

ScatterPlot3D

Chart created with Lovell Charts

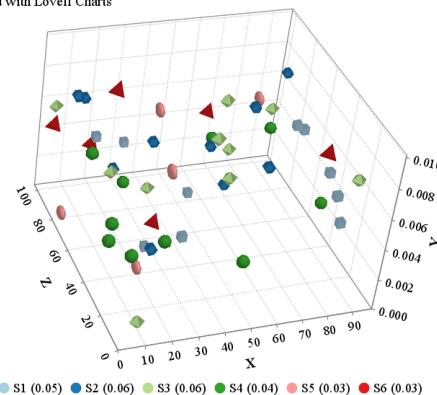


图 9.5.6 具有 6 个序列的散点图

ScatterPlot3D

Chart created with Lovell Charts

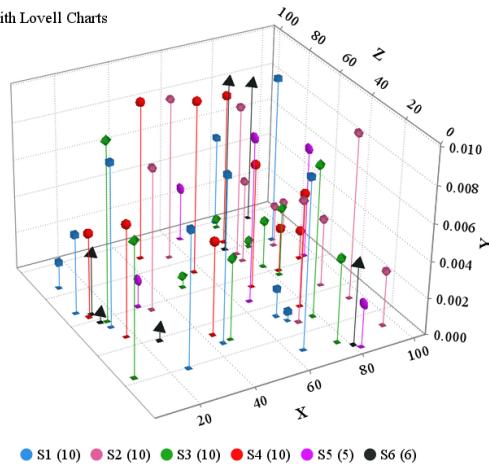


图 9.5.7 带有下垂线和投影的散点图

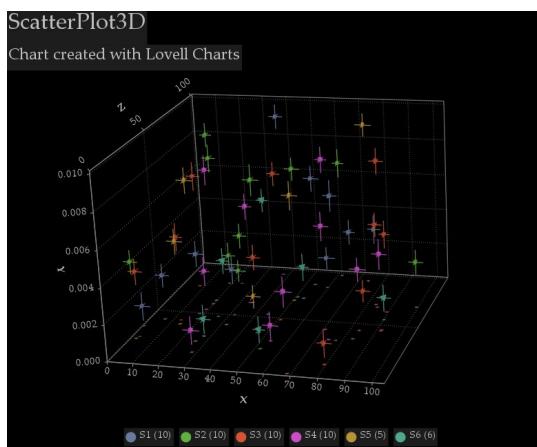


图 9.5.8 带有误差线和投影的散点图

Highlight items in specified ranges

● S1 (10) ● S2 (10) ● S3 (10)

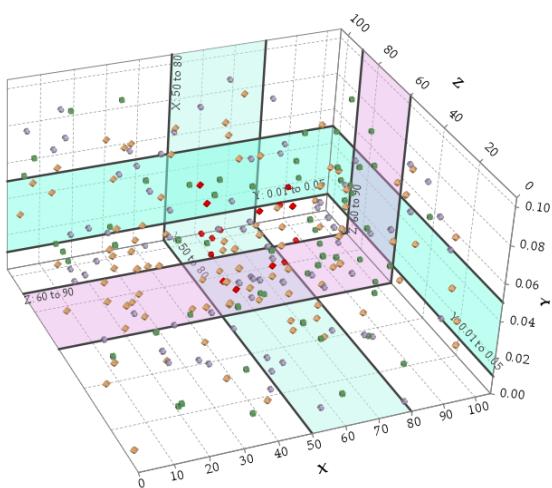


图 9.5.9 具有高亮标记区域的散点图

9.6 曲面图绘制

9.6.1 曲面图数据格式

在 Lovell Charts 中，曲面图可视化的数据结构与其他 3D 图形不同。矩阵型数据结构是曲面图可视化的标准数据形式。关于矩阵型数据结构和相关的数据文件格式，请参阅 [7.2.4 节](#) 的介绍。

9.6.2 曲面图的函数公式输入

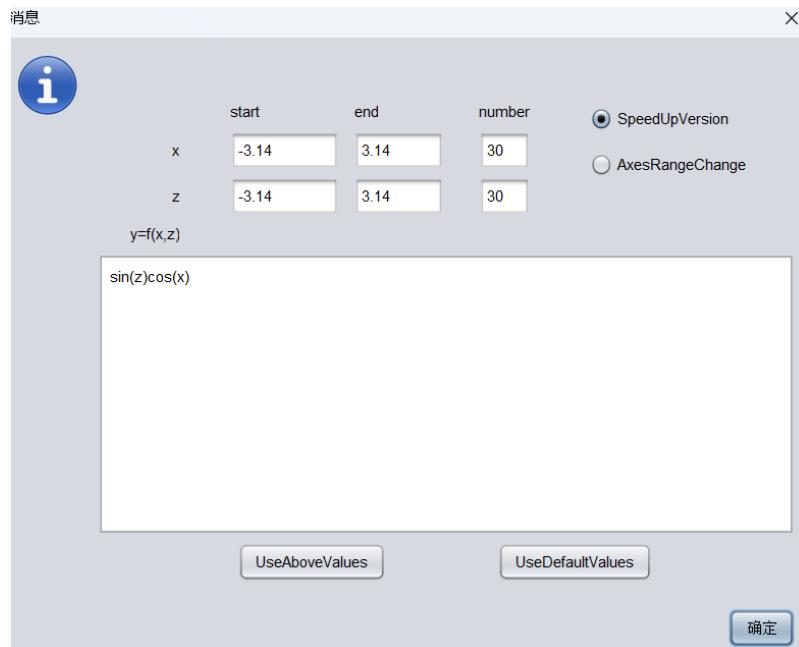


图 9.6.1 曲面图的单个函数公式输入面板

图 9.6.1 给出了输入单个函数公式时 LC 提供的面板。在该面板的上方，用户可以输入函数在 x 和 z 轴上的取值范围，以及采样点数目。可以在标签 $y=f(x, z)$ 下方的文本框内输入以 x 和 z 为自变量的具体函数公式。如果选择该面板右上方的按钮 SpeedUpVersion，则表示绘制图形后无需调整坐标轴的范围，因此可以利用软件的加速算法对数据进行处理；而当选择按钮 AxesRangeChange，则表明图形在后期的修改中需要对坐标轴的取值范围进行改变，此时 LC 为了保证后期图形绘制质量，将不会采取加速算法对数据进行处理。

图 9.6.2 给出了需要输入多个函数公式时的输入面板。需要分两种情况对该面板的操作加以说明。第一种情况是仅需绘制多个函数，而无需考虑曲面与 3D 平面相交的问题。在这种情况下，用户仅需考虑在面板左上方输入 x 与 z 变量的取值范围，并在面板的下方输入至多 4 个可选的函数公式，并在输入的公式右侧给出 x 与 z 取值范围内的取样点数目。而该面板右上方的 3D 平面公式相关的系数 a、c 和 d 处于不可编辑状态，无需处理。

多个函数公式输入的第二种情况是需要绘制一个给定 3D 平面与其他函数曲面的交线和交线的坐标平面投影。这是用户需要将给定的 3D 平面的函数公式 $ax + by + cz + d = 0$ 的参数 a、b、c 和 d 的具体值填入公式输入面板右上方相应的文本框中。同时，在面板上方右上角填入 3D 平面函数的 x 与 z 取值范围内的取样点数目。

有关函数公式输入时需要遵循的规范，请参阅[第 8 节](#) 内容。一般而言，输入需遵循常见的数学公式输入规则，可以省略不必要的乘号。圆周率 π 和自然常数 e 需要用 MathPI 和 MathE 替代。注意上述的字母大小写格式是强制的。

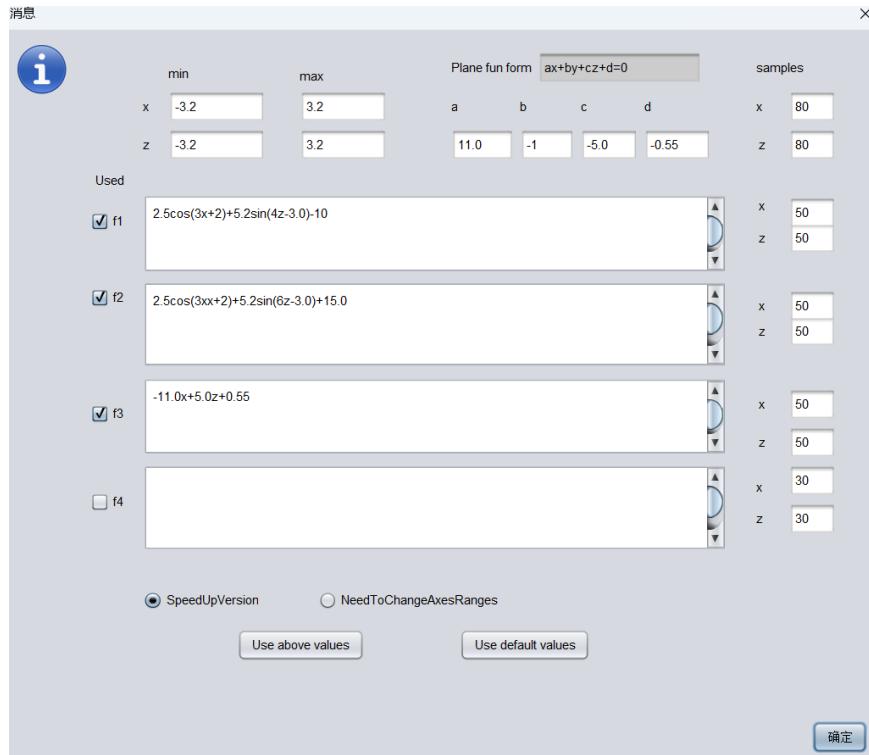


图 9.6.2 曲面图的多个函数公式输入面板

9.6.3 曲面图绘制中的高级特征调整面板

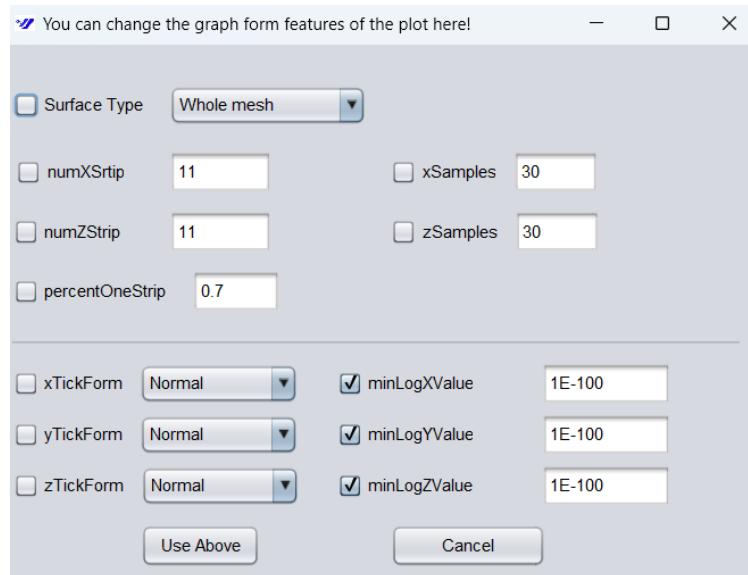


图 9.6.3 单个函数曲面图的高级特征调整面板

当用户仅需绘制单个函数的曲面图，而不考虑等高线和坐标平面投影时，LC 提供如图 9.6.3 所示的高级特征调整面板。该面板上方提供选择曲面绘制类型、修改采样点数目、绘制条带图时条带数目和条带宽度占比的功能。Lovell Charts 提供了 8 种曲面图的可视化形式，包括：整个曲面绘制、仅绘制采样的点、 x 与 z 向的网格线、 x 向线条、 z 向线条、 x 向条带、 z 向条带、考虑曲面法向量的曲面。用户可通过勾选复选框 Surface Type，并在其右侧的下拉式列表中选择需要的曲面可视化形式，实现上述功能。

用户可通过勾选面板上的复选框 xSamples，并在该复选框右侧的文本框中输入 x 的取

样点数目，实现对 x 变量的取样点数目调整；同理利用复选框 zSamples 和其后的文本框可对 z 变量的采样点数目加以调整。当需要绘制条带图时，复选框 numXStrip 和 numZStrip 和其后的两个文本框可实现对 x 和 z 向条带数目的设置。用户可在复选框 percentOneStrip 右侧文本框中输入条带宽度与对应变量取值范围的比值，从而确定绘制的条带的宽度。

高级特征调整面板的下方是针对坐标轴类型的选择。该部分与制作其他类利用 XYZ 型数据的 3D 图时数轴类型的选择操作相同，这里不再赘述。

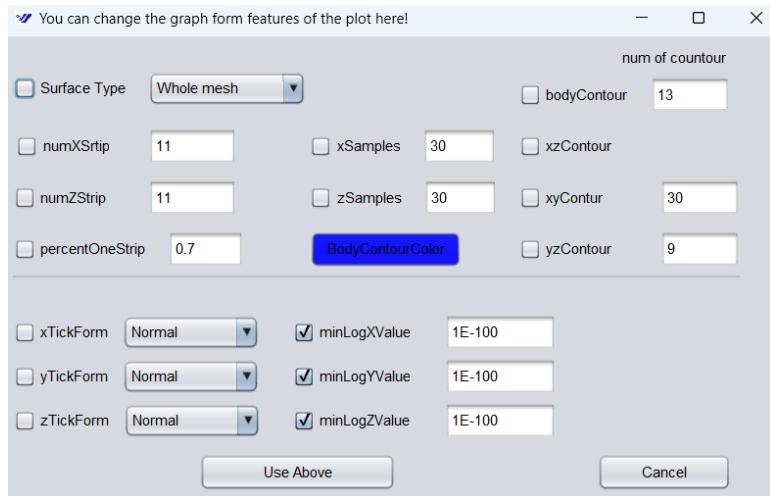


图 9.6.4 考虑等高线的单个函数曲面图的高级特征调整面板

当需要绘制曲面的等高线及其相关投影时，LC 提供的高级特征调整面板如图 9.6.4 所示。该面板增加了对绘制的等高线的数目和等高线的颜色的控制。具体而言，通过选择复选框 BodyContour, xzContour, xyContur 和 yzContour 确定是否绘制曲面上的体等高线，以及在 XZ 坐标平面、XY 坐标平面和 YZ 坐标平面的等高线投影。用户可在上述复选框右侧的文本框中输入相关等高线及投影的数目。LC 假设体等高线数目与 XZ 坐标平面投影的等高线数目相同。通过点击 BodyContourColor 按钮，用户可在弹出的颜色选择面板选择新的等高线颜色；缺省状态下，等高线及其投影颜色与曲面相应位置点的颜色相同。

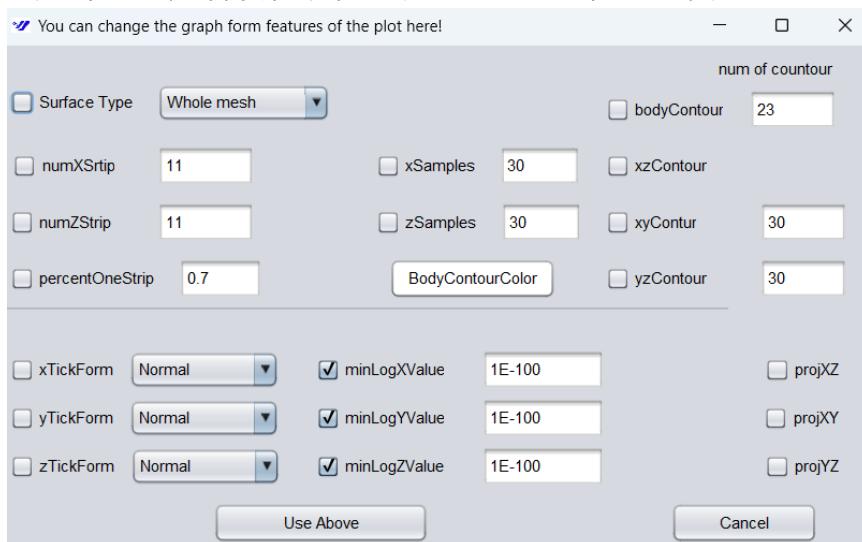


图 9.6.5 考虑曲面投影的单函数曲面图的高级特征调整面板

当需要绘制曲面在坐标轴平面的投影时，LC 提供如图 9.6.5 所示的高级特征调整面板。通过勾选该面板上的复选框 projXZ、projXY 和 projYZ，用户可以明确需要向哪个坐标平面投影。

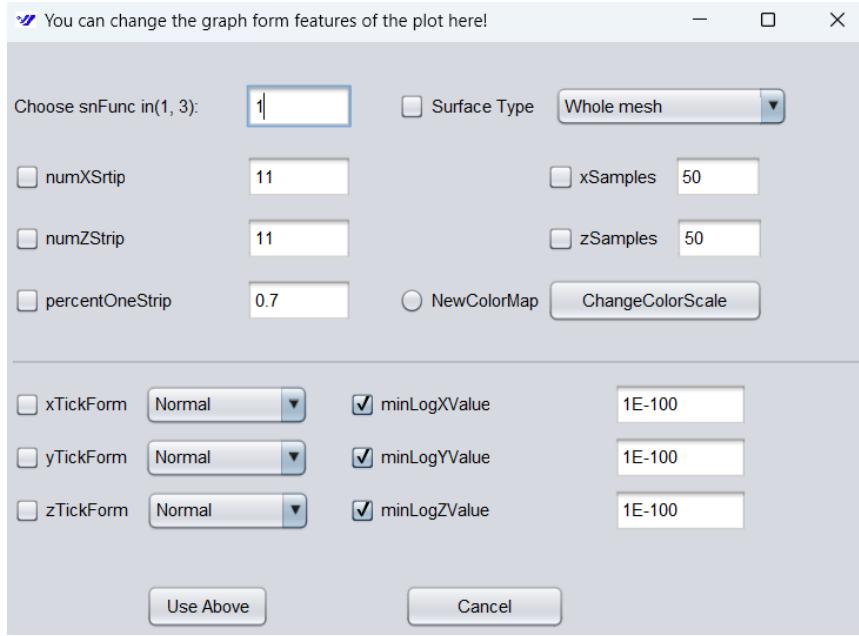


图 9.6.6 多个函数曲面图的高级特征调整面板

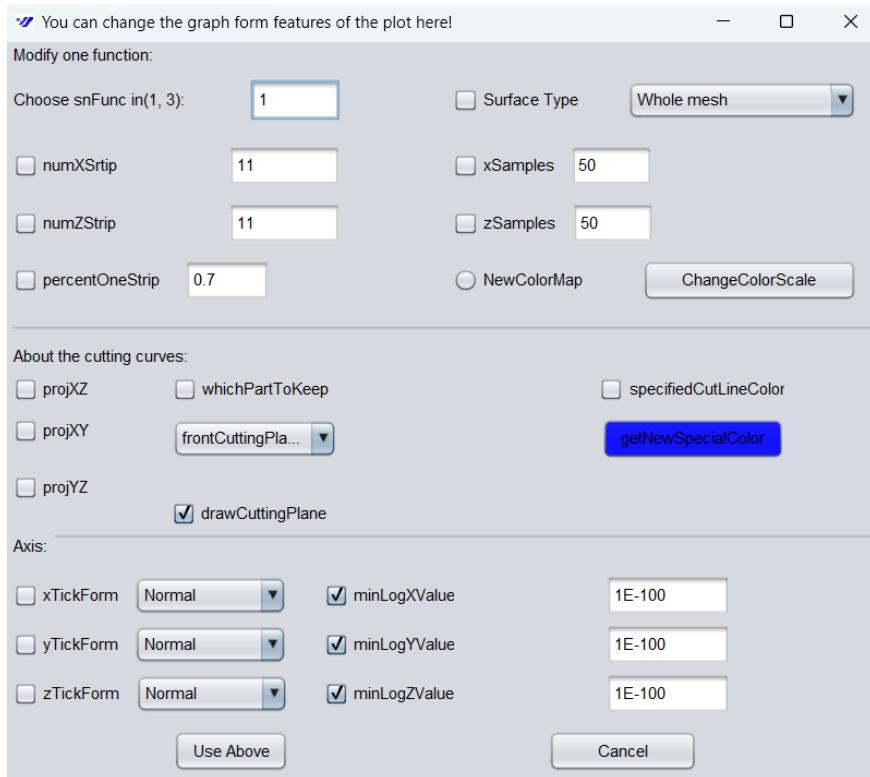


图 9.6.7 考虑平面交线的多个函数曲面图的高级特征调整面板

在同时绘制多个函数时，如果不考虑与平面的交线问题，LC 提供如图 9.6.6 所示的高级特征调整面板；而当需要考虑与给定平面的交线时，LC 提供了如图 9.6.7 所示的高级特征调整面板。鉴于图 9.6.7 给出的面板内容包括了图 9.6.7 面板的内容，因此，这里仅就图 9.6.7 的面板使用加以介绍。

图 9.6.7 所示的面板分为三个模块：上方模块处理选定函数的特征；中间模块处理与平面交线相关的内容；下方模块是对坐标轴类型进行选择的功能模块。

在上方模块，通过在标签 Choose snFunc 右侧文本框输入函数的序号，可以在该模块对其特征加以调整。LC 会在标签 Choose snFunc 后自动显示现有函数的序号范围，供用户参考。在该模块，用户可选择按钮 NewColorMap，确定在新绘制图形中利用新修订的色系方案。新的色系可以通过点击按钮 ChangeColorScale，通过弹出的色系选择列表进行选择。上方模块中其他的按钮和文本框功能已在前面处理类似的高级特征调整面板时做过介绍，这里不再赘述。

中间模块包含了对平面交线的相关操作功能。用户可以通过勾选该模块内的复选框 projXY、projXZ 和 projYZ 明确是否在对应 XY、XZ、YZ 坐标平面上绘制交线的投影。通过勾选复选框 whichPartToKeep，并在该复选框下方的下拉式列表中选择希望的选项，明确在随后绘制的图形中被平面截断的曲面的哪一部分需要保留。这里有全部保留，保留平面前方部分和保留平面后方部分三个选项。用户可以通过勾选复选框 drawCuttingPlane，明确随后绘制图形中是否绘制切割平面本身。另外，可以通过勾选复选框 specifiedCutLineColor，并通过点击按钮 getNewSpeacialColor 获取颜色选择面板，选择特定的颜色作为平面与曲面的交线颜色。缺省状态下，交线及其投影的颜色与曲面与平面相交点的曲面颜色相同。

9.6.4 曲面图制作示例

曲面图是 3D 科学绘图中广泛使用的一种，图 9.6.8-11 是利用 Lovell Charts 绘制的四个曲面图实例。

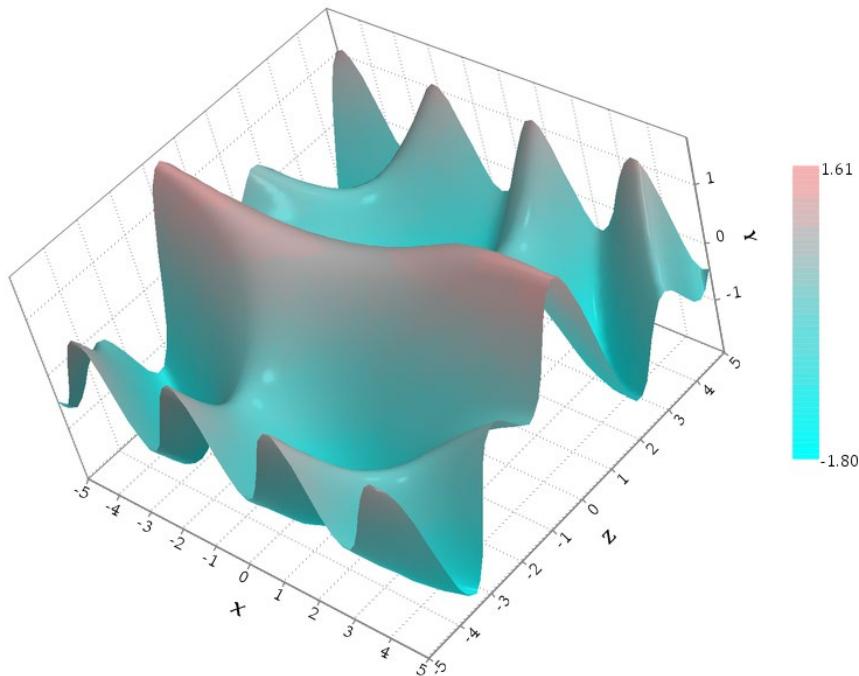


图 9.6.8 考虑曲面的法向量绘制的曲面图

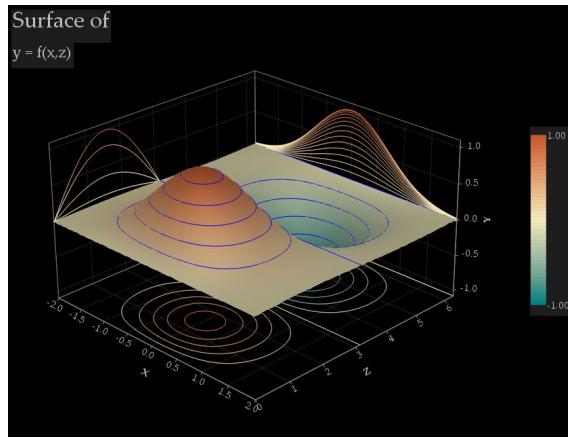


图 9.6.9 带有等高线即等高线投影的曲面图

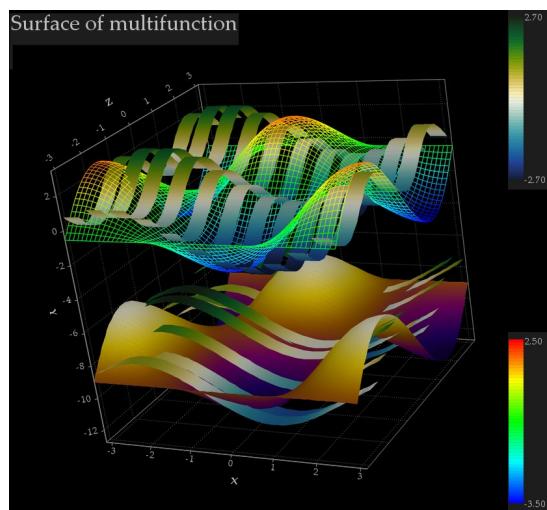


图 9.6.10 多个函数具有不同可视化形式的曲面图

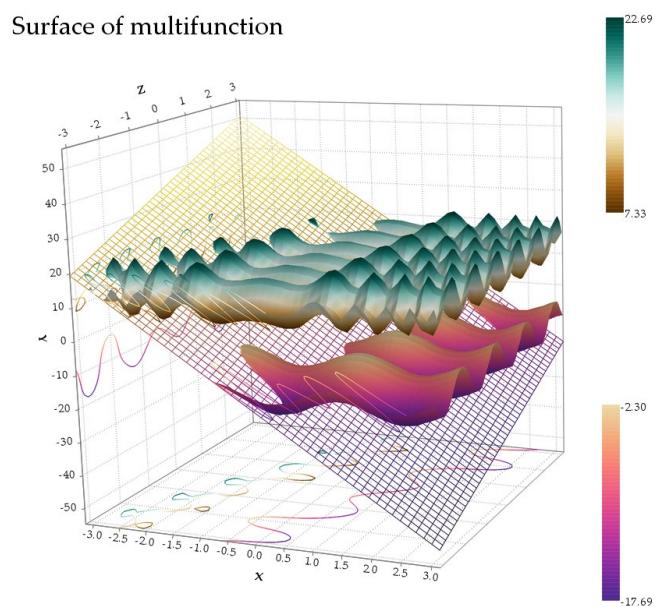


图 9.6.11 考虑 3D 平面交线和交线投影的曲面图

9.7 带参变量的函数曲面绘制

9.7.1 带参函数曲面的数据文件格式

如果需要通过 txt 数据文件来输入数据绘制带参数的函数曲面，相应的 txt 文件必须符合下面的规定：

- 文件的第一行是一个字符串，其值可以是 true 或其他字符串。
- 第一行的字符串为 true 时，表示后续点的信息中包含法向量信息；否则，不包含。
- 文件的第二行是两个整数，分别表示构建曲面需要的点和三角平面的数量。
- 文件从第三行开始，依次为点和三角形的数据信息。
- 点的信息由三个实数或 6 个实数构成；点的信息由三个实数构成时，分别为点的 x、y 和 z 坐标；点的信息由 6 个实数构成时，前三个为 x、y 和 z 坐标，后三个为点的法向量分量。
- 三角平面的信息由 3 个表示其顶点编号的非负整数构成。
- 一个点或一个三角形平面的信息占据文件的一行。
- 数据之间以空格分隔。

下面是一个相关数据文件的片段，包含 5 个点和 5 个三角形的信息，其他点与三角形的信息被忽略。由第一行的 true 字符串可知，点的信息中包括曲面在该点的法向量信息。

```
true
10404 10404
2.0 0.0 1.0 -0.0 -1.0000001654807489 2.000000165480742
2.122888290664714 0.0 0.9924205096719357 0.260878273558136 -0.9924195620413864
2.106795693367206
1.939593872070019 0.4878274402167543 1.2463994238109641 0.24391379824561413 -
0.9697976558198794 2.0000014607631558
2.0587705598312382 0.5178015803505442 1.2388199334829 0.49506371769516927 -
0.8988139955480353 2.1067966175494095
2.122888290664714 0.0 0.9924205096719357 0.260878273558136 -0.9924195620413864
2.106795693367206
...
0 1 2
1 3 2
2 1 0
2 3 1
4 5 6
...
```

9.7.2 函数公式输入面板介绍

在绘制带参的函数曲面时，也可以通过直接输入函数公式的方式来完成数据准备。当用户选择通过直接输入函数公式导入信息时，LC 提供了如图 9.7.1 所示的函数输入面板。LC 预设 u 和 v 为两个自变量，曲面上点的 x, y 和 z 坐标均为 u 与 v 的函数。用户可在该面板的上方输入自变量可取的最小和最大值，以及在最小最大值之间取样的个数。目前标签 para1

右侧的文本框还未被利用，用户可以忽略。由于计算的曲面法线只对应曲面一侧，因此绘制的图形可能无法很好展现用户需要的另一侧。因此，LC 提供了复选框 Reverse the normals 来使得用户可以使用曲面的另一侧的法线替代原来法线。在该面板中函数式的输入没有特别要求，符合第 8 节 规范即可。

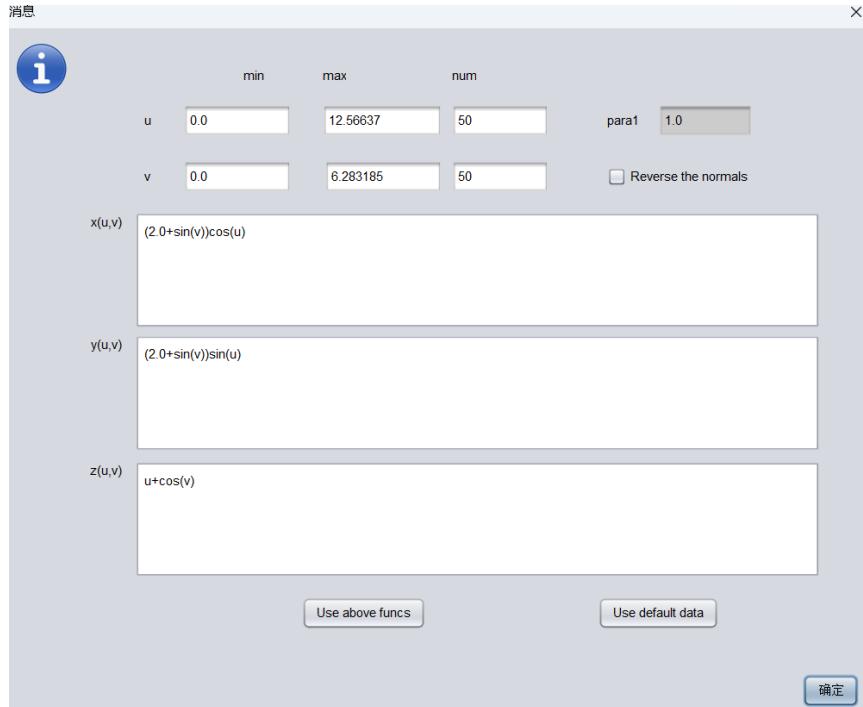


图 9.7.1 带参函数曲面绘制的函数公式输入面板

9.7.3 基本特征调整面板中的着色方案调整

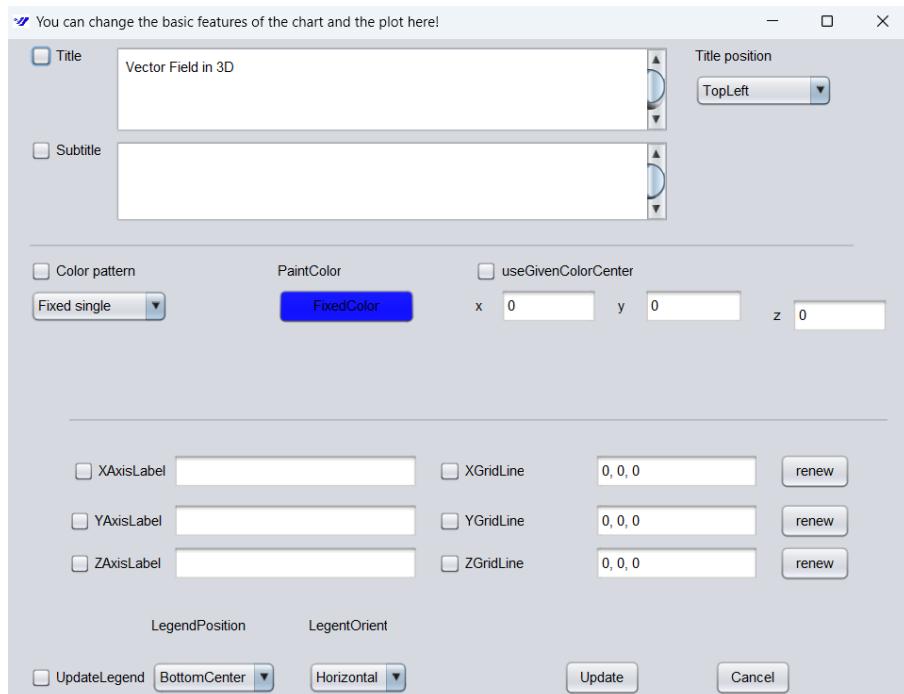


图 9.7.2 带参函数曲面的基本特征调整面板

针对带参函数曲面的绘制，LC 提供了如图 9.7.2 所示的基本特征调整面板。与其他类

型图形的基本特征调整面板不同，图 9.7.2 所示的面板增加了对图形整体着色方式的选择。用户可以通过勾选复选框 Color pattern 明确利用新的着色方式。在该复选框下方的下拉式列表中用户可以选择具体的着色方式。包含的可选着色见图 9.7.3。其中，Fixed single 表示利用单一颜色绘制曲面；xDirection、yDirection 和 zDirection 分别表示以曲面上点的 x、y 和 z 坐标值的大小来确定点的颜色；distance to center 表示依据曲面上的点距离给定点的距离大小来确定点的颜色；Object size 表示依据给定的点的 size 特征值大小确定点的颜色；Series 则根据点所属的序列确定其颜色。注意在绘制带有参变量的函数曲面时，最后的两种着色方式是无效的，选取后不会影响目前曲面的着色。用户可以通过点击面板上的 FixedColor 按钮，通过弹出的颜色选择面板选择单一色着色时的具体颜色。当用户选择 distance to center 着色方式时，可以选择复选框 useGivenColorCenter 来明确使用给定点作为着色的参考中心。着色参考中心的 x、y 和 z 坐标可以在复选框 useGivenColorCenter 下方对应的位置输入。缺省状态下，着色参考中心是曲面所有点确定的形心。

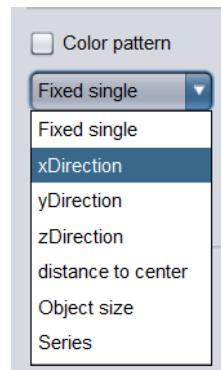


图 9.7.3 带参函数曲面的可选着色方式

目前，LC 还没有为带有参变量的函数曲面绘制提供高级特征调整面板。

9.7.4 带参函数曲面的示例图

利用函数公式输入面板，LC 可以绘制绝大多数的 3D 带参函数曲面。图 9.7.4 和 9.7.5 是利用 LC 绘制的两个带参函数曲面。

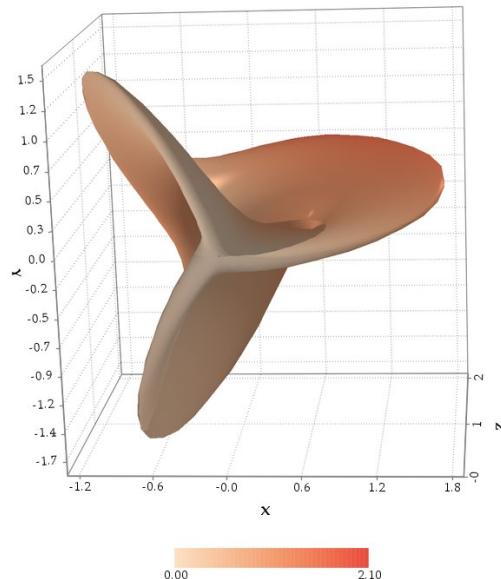


图 9.7.4 带参函数曲面的第一个示例图

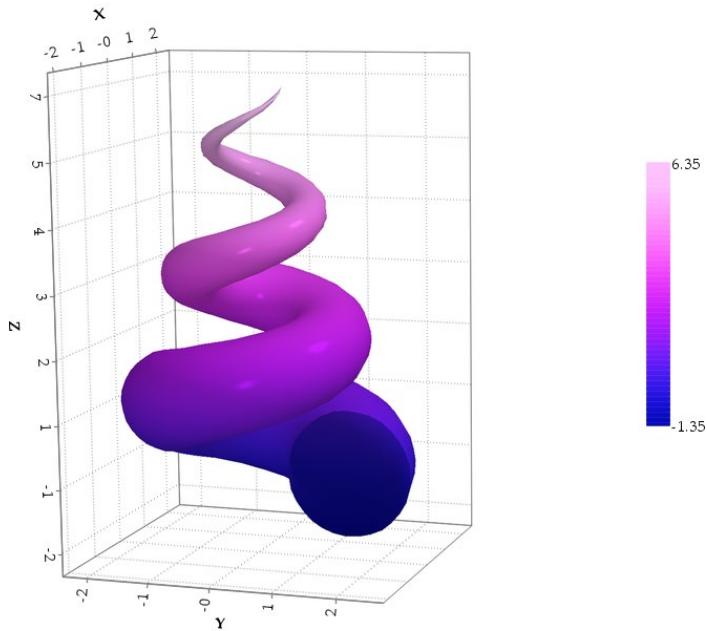


图 9.7.5 带参函数曲面的第二个示例图

9.8 矢量场 3D 可视化

9.8.1 矢量场的数据文件结构

Lovell Charts 软件利用带箭头的有向线段来刻画三维空间的矢量场变化。三维空间中的每个采样点对应一个方向向量和以一个具有特定尺寸的立体带箭头的有向线段。如果通过读取 txt 数据文件的数据绘制矢量场 3D 图，数据文件有两种基本格式。第一种数据文件不包含采样点的颜色 RGB 值，而第二种包括采样点颜色的 RGB 值。

任意一种数据文件的第一行必须是一个字符串。字符串要么是 true, 要么是其它字符串。如果该字符串是 true，则表明该数据文件包含了采样点颜色的 RGB 值；否则，不包含。

当不包含颜色的 RGB 值时，数据文件从第二行起，每行由 9 个实数值构成。这些实数值以空格相互分隔，每行数据对应一个采样点。9 个实数值的含义依次为：有向线段的长度，有向线段所含箭头的底部圆的直径大小，有向线段所含箭头的高度，采样点的 x 坐标，采样点的 y 坐标，采样点的 z 坐标，采样点的方向向量的 x 值，采样点的方向向量的 y 值，采样点的方向向量的 z 值。

当数据文件包含采样点颜色的 RGB 值时，数据文件从第二行起，每行由 12 个实数值构成。其中前 9 个实数的含义与不含颜色的数据文献的每行数据含义相同。而第 10 到 12 个实数为采样点颜色的 RGB 值。

下面是一个不包含采样点颜色 RGB 值的数据文件片段。该片段包含了 3 个采样点的数据。

```
false
0.4571428571428571 0.03809523809523809 0.09142857142857143 -1.4285714285714286 -
1.4285714285714286 -1.4285714285714286 1.0 -1.0 -0.35714285714285715
0.41838022161485877 0.03809523809523809 0.09142857142857143 -1.4285714285714286 -
```

```

1.4285714285714286 -0.8571428571428572 1.6666666666666665 -1.6666666666666665 -
0.2142857142857143
0.39701295718521096 0.03809523809523809 0.09142857142857143 -1.4285714285714286 -
1.4285714285714286 -0.2857142857142858 4.999999999999998 -4.999999999999998 -
0.07142857142857145
...

```

下面是一个包含采样点颜色 RGB 值的数据文件片段。该片段包含三个采样点的数据。

```

true
0.4571428571428571 0.03809523809523809 0.09142857142857143 -1.4285714285714286 -
1.4285714285714286 -1.4285714285714286 1.0 -1.0 -0.35714285714285715 0 0 255
0.41838022161485877 0.03809523809523809 0.09142857142857143 -1.4285714285714286 -
1.4285714285714286 -0.8571428571428572 1.6666666666666665 -1.6666666666666665 -
0.2142857142857143 0 0 255
0.39701295718521096 0.03809523809523809 0.09142857142857143 -1.4285714285714286 -
1.4285714285714286 -0.2857142857142858 4.999999999999998 -4.999999999999998 -
0.07142857142857145 0 0 255
...

```

9.8.2 矢量场的方向函数输入面板

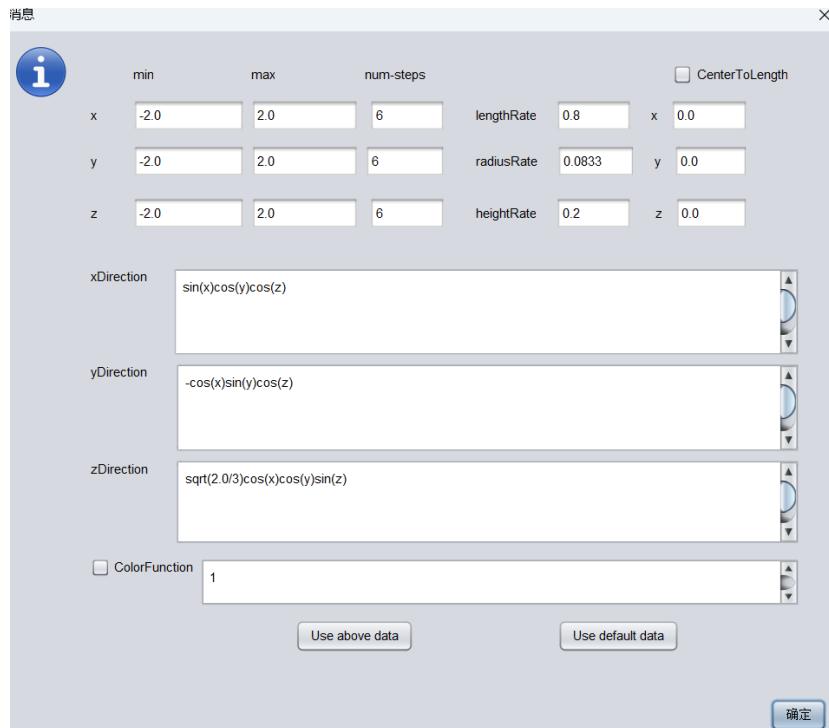


图 9.8.1 矢量场函数公式输入面板

矢量场的矢量方向变化可通过直接输入相关函数公式得到。图 9.8.1 是 LC 提供的矢量场方向函数输入面板。假设矢量方向是点所在位置坐标的函数。在面板的左上方，用户可输入需要绘制矢量场的三维空间的 x、y 和 z 的取值上下限和取值范围内的采样点数目。在该面板下方，可以依次输入矢量在 x、y 和 z 方向的依赖采样点位置坐标的向量函数。注

意，目前 LC 还没有启用复选框 ColorFunction 和其右侧文本框。

为了避免所显示的有向线段发生重叠，LC 假设有限线段的最大长度小于 x、y 和 z 方向最小采样间隔。在标签 lengthRate 右侧文本框，用户可输入希望的最大有向线段长度与 x、y 和 z 方向最小采样间隔的比值。用户可在面板上方的 radiusRate 标签右侧文本框输入希望的有向线段所含 3D 箭头底面圆形的直径与最大有向线段长度的比值，而在面板上方的 heightRate 标签右侧文本框输入有向线段所含 3D 箭头高度与最大有向线段长度的比值。这里一个 3D 箭头实际上是一个 3D 的圆锥体。

在矢量场函数输入面板上方最右侧，用户可以勾选复选框 CenterToLength 明确是否依据距离给定点的远近来确定有向线段长度。LC 假设距离给定点越近有向线段越短。最小的有向线段长度为箭头的高度。这个给定点的 x、y 和 z 坐标在复选框 CenterToLength 下方对应的文本框内输入。

9.8.3 矢量场图形示例

图 9.8.2-4 是利用 Lovell Charts 软件制作的三个不同类型的矢量场图形。

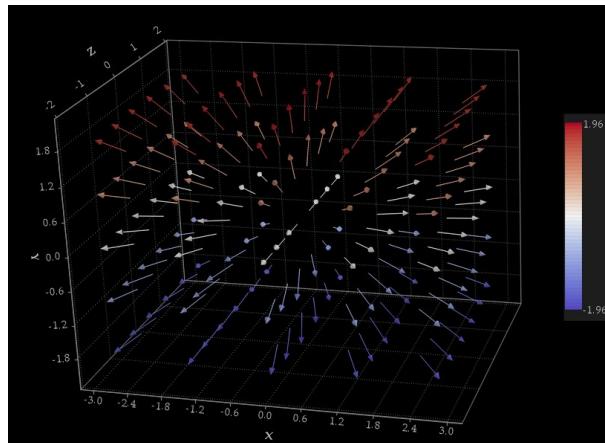


图 9.8.2 中心发散型矢量场

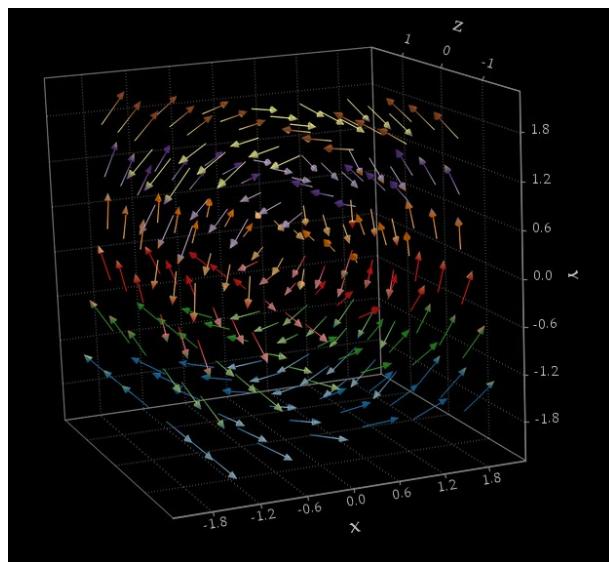


图 9.8.3 滚筒式矢量场

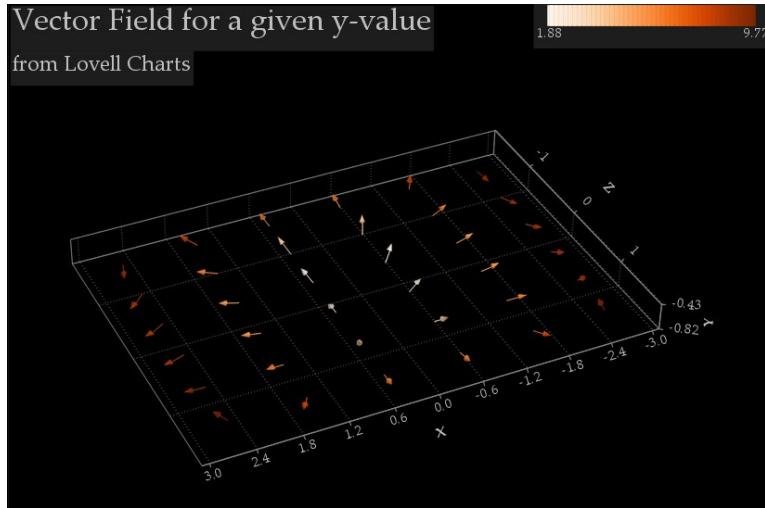


图 9.8.4 给定 y 值的矢量场

9.9 点线关联 3D 网络结构绘制

点线关联立体网络结构在现实中有着广泛的应用，目前 Lovell Charts 提供了对该类型 3D 结构的基本绘制功能。相关高级特征的刻画将在后续版本实现。

9.9.1 点线关联的立体网络结构的数据文件格式

点线立体网络结构的数据文件包含三部分内容。第一部分包含 txt 文件的前两行内容。其中，第一行由两个整数构成。当其中的第一整数为 1 时，表示包含线的粗度值；第二个整数为 1 时，表示包含控制线的颜色的特征值。当上面的两个整数非 1 时，表示不包含相关信息。这里线的粗度和颜色控制特征值均为相关量的相对值，在具体绘制图形时，LC 会根据用户提供的线粗的范围和颜色色系确定绘制的具体值。第一部分中的文件第二行，也由两个整数构成。两个整数依次为立体网络中点的数目和线的数目。

数据文件的第二部分为立体网络中点的坐标信息。其中的每行对应一个点，包含三个实数值，依次分别为对应点的 x, y, z 坐标值。

数据文件的第三部分为立体网络中线的端点信息。这一部分的每行对应一条线，由对应线的两个端点的序号、线的粗度和控制线色的特征值组成。端点即网络中的点，端点的序号与数据文件中第二部分每个点的坐标信息给出的顺序一致。第二部分第一个给出的点，其序号为 0；第二个给出的点，其序号为 1；以此类推，可得其他点的序号。在一条线的数据条目中，线端点的序号以整数表示，而线的粗度与颜色控制项用 double 型实数表示。

下面是一个包含 49 个点，120 条线的数据文件的片段。该片段只列出了前 5 个点和前 5 条线的具体信息，且不包含线的粗度和颜色控制特征值。

```

0 0
49 120
0.0 0.0 7.0
6.94 0.0 5.85
6.010216 3.47 5.85
3.47 6.010216 5.85
0.0 6.94 5.85

```

```
...
0 1
0 2
0 3
0 4
0 5
...
```

下面给出了一个包含 20 个点, 72 条线的数据文件的片段。该片段只列出了前 5 个点和前 5 条线的具体信息, 且包含线的粗度和颜色控制特征值。

```
1 1
20 72
0.0 0.0 6.096
3.048 0.0 6.096
3.048 3.048 6.096
0.0 3.048 6.096
0.0 0.0 4.572
...
0 4 2.4698492897644373 29.59576077506408
1 5 2.9262489877237807 20.334094408439903
2 6 3.9910473727534823 13.321609071439767
3 7 3.632998940243815 15.746252431446138
0 5 3.4369171072123414 20.33707549070864
...
```

9.9.2 点线关联 3D 网络结构绘制中的特征调整

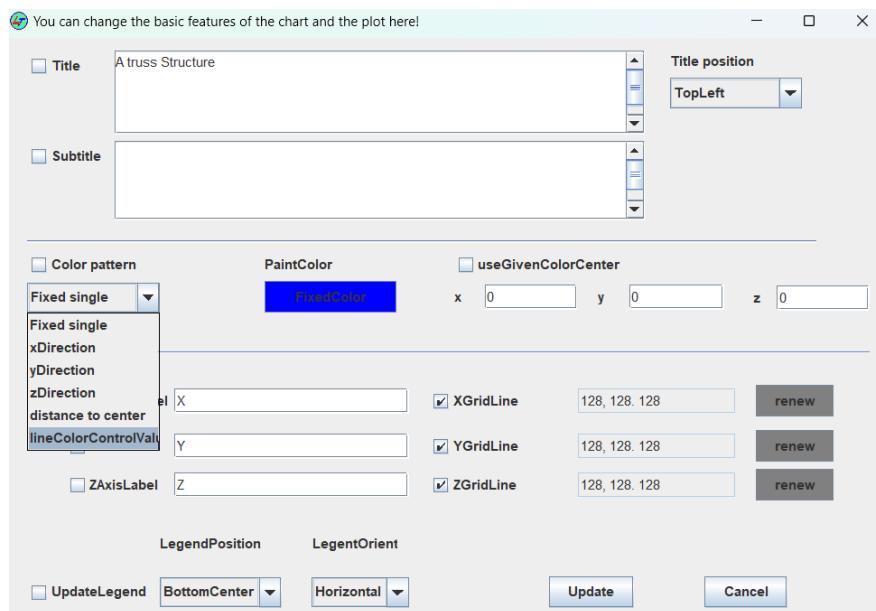


图 9.9.1 点线立体网络的基础特征调整面板

图 9.9.1 是点线立体网络的基础特征调整面板。与 [9.7 节](#)给出的基础特征调整面板的区别仅在于颜色模式复选框 color pattern 下的下拉式列表的选项有所变化，具体见图 9.9.1。其中前 5 个选项含义与 [9.7 节](#)的介绍一致。第 6 项 lineColorControlValue 表示绘制的线的颜色需要由线的颜色控制特征值的相对大小来决定。面板的其他操作与 [9.7 节](#)相同。

图 9.9.2 为点线立体网络的高级特征调整面板。在该面板上方，用户可通过勾选复选框 Size of points，并在该复选框右侧文本框输入用于可视化网络中对应点的球体的直径（或对应点的立方体的边长）大小。用户也可通过勾选复选框 projXZ, projXY 和 projYZ 明确是否在随后绘制的图形中包含立体网络在坐标轴平面 XZ, XY 和 YZ 上的投影。勾选复选框 Shape of points，并在其右侧下拉式列表中选择对应点的几何体形状，可改变绘制图形中代表点的几何体。这里由球体和立方体可供选择。复选框 LineThickness 与其后标签 min 与 max 后的两个文本框可完成对绘制图形中线的粗度范围的设定。线粗度值的度量单位为像素。

该面板的下方提供了对坐标轴类别的选择，其操作方法与功能已在前面介绍其他高级特征调整面板时进行了说明，在此不再赘述。

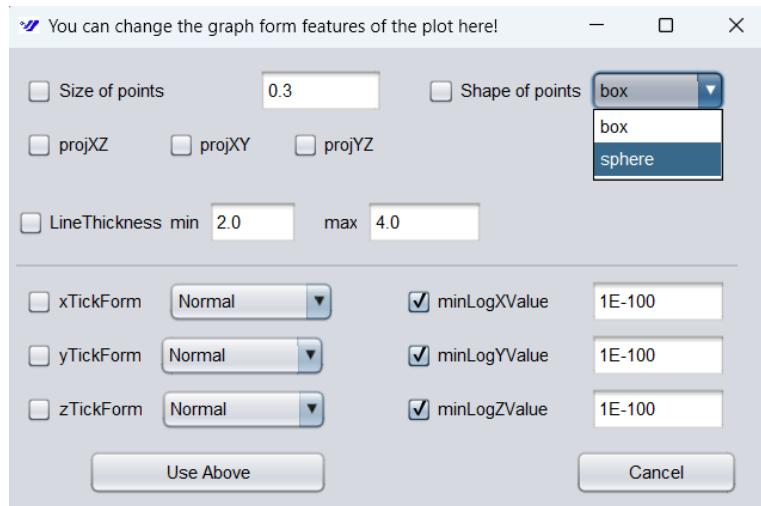


图 9.9.2 点线关联的立体网络结构的高级特征调整面板

9.9.3 点线关联的立体网络结构的 3D 图形实例

图 9.9.3 至图 9.9.5 是两个利用 Lovell Charts 绘制的立体桁架结构。

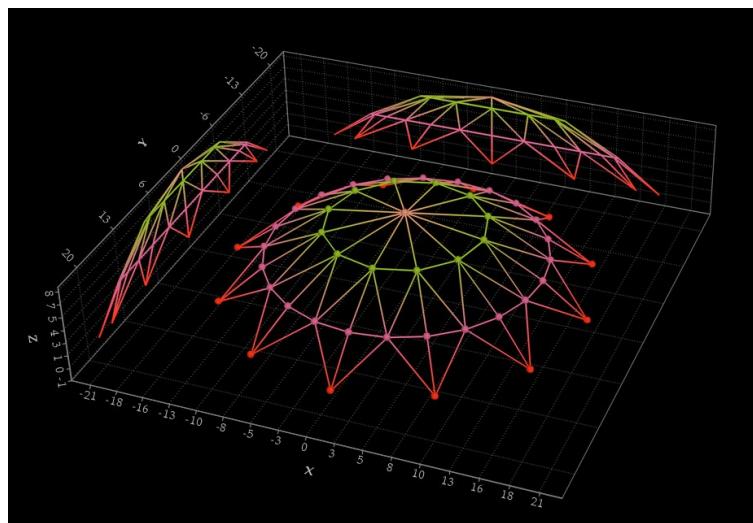


图 9.9.3 考虑坐标平面投影的点线立体网络结构

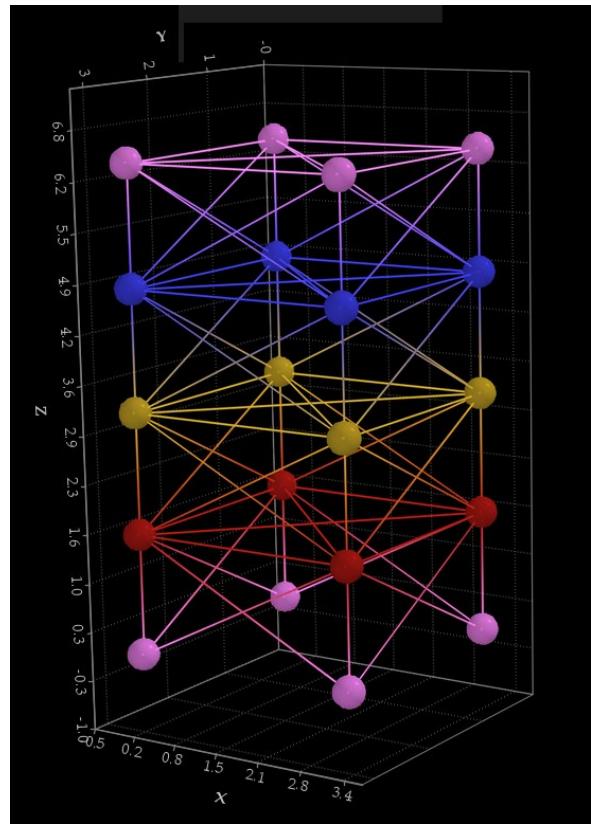


图 9.9.4 一个简单的 4 层桁架结构

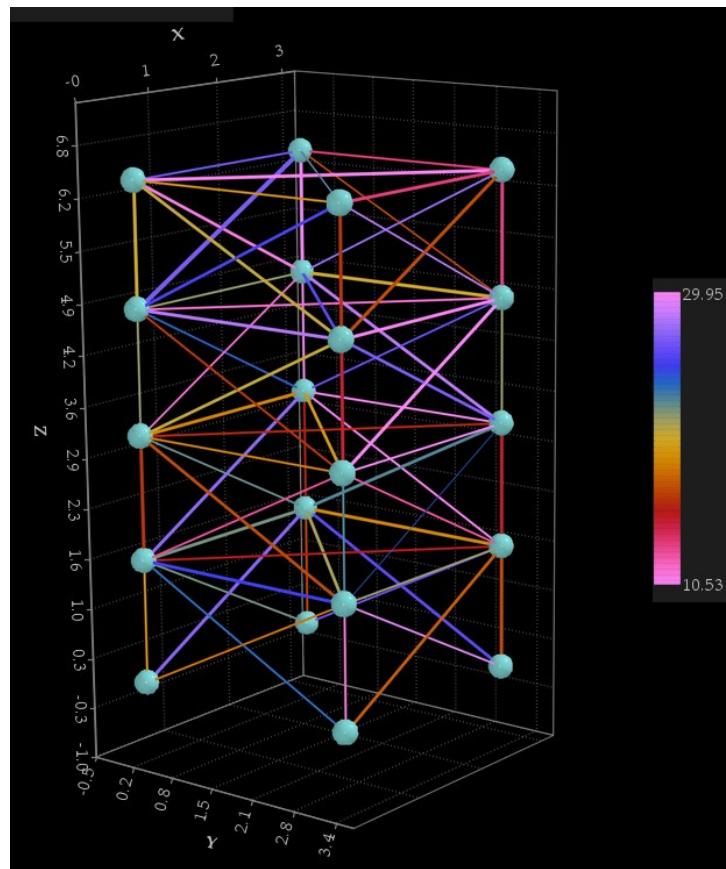


图 9.9.5 线的粗度和颜色由给定特征量确定的 4 层桁架结构

9.10 点云文件的可视化

点云文件的格式众多。目前 Lovell Charts 支持三种常见格式的点云文件的可视化。三类文件分别为 ply 文件、stl 文件和 obj 文件。考虑到许多点云文件的数据规模巨大，而 Lovell Charts 的计算展示是基于计算机 CPU，而非 GPU，因此目前 LC 并不适合对具有大量数据的点云文件进行可视化。为了保证显示的质量和操作的流畅性，一般而言适于 LC 可视化的点云数据中包含的点或面的数量应少于 5 万。当然上述限制也与电脑的具体配置相关。

9.10.1 带有材质和法向量信息的 obj 文件加载

LC 提供了专门针对 obj 格式点云文件的可视化接口。用户可以通过依次读入材质文件(即 texture file, 以各种常见的图形文件格式存储)和 obj 文件得到最终的图形。如果在开始时，读入了材质文件，LC 即假定用户无需对图形颜色进行后期修改，因此后面对图形的着色方案的调整将是无效的。如果在开始用户没有导入材质文件，可以在随后的操作中对图形的颜色进行调整。

9.10.2 stl、ply 和 obj 类点云文件简单加载

LC 也提供了可打开 stl、ply 和 obj 文件的通用借口。当用户选择相关的树状菜单项后，LC 将提示用户打开相关的点云文件；此时用户可自行选择需要可视化的文件格式，进行数据文件的打开。如果选择利用该通用接口，用户可以在后续的操作中修改图形的着色方案。

用户可以对绘制成功的点云文件图进行各种交互式操作，如放大缩小、旋转、平移、改变着色方案、隐含坐标轴等。

9.10.3 点云文件可视化示例

图 9.10.1-4 是利用 Lovell Charts 绘制的点云图。

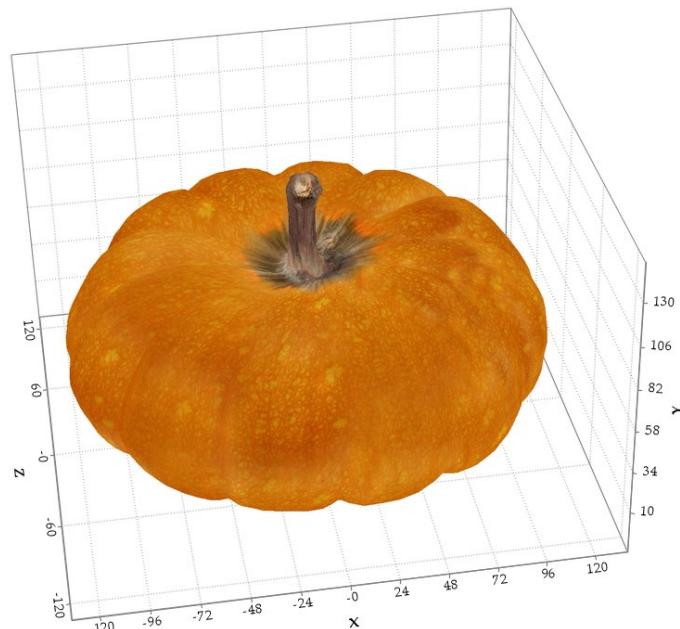


图 9.10.1 南瓜图

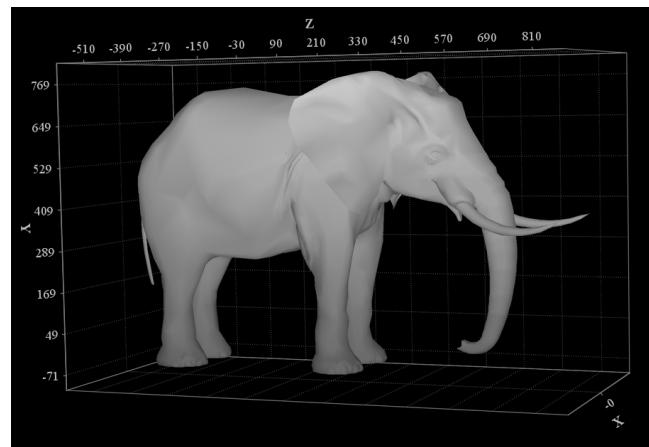


图 9.10.2 大象的 3D 图

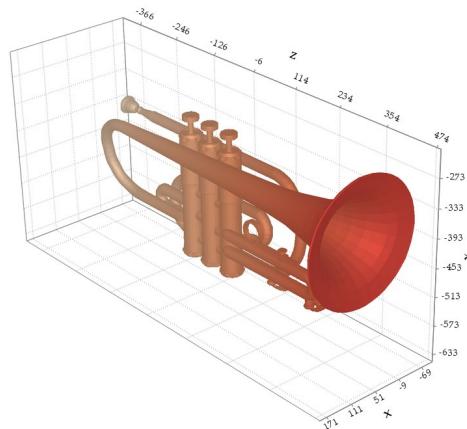


图 9.10.3 喇叭的 3D 图

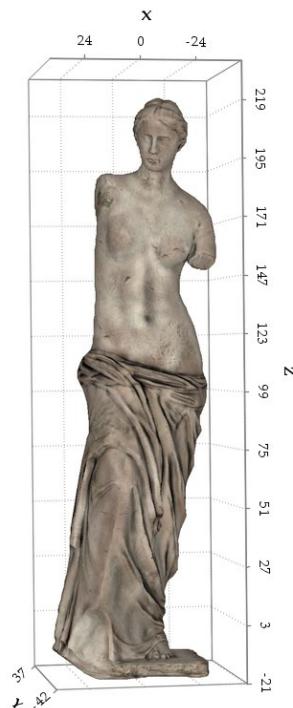


图 9.10.4 雕塑维纳斯