

原著: 1001 Things Everyone Should Know About the Universe

作者: Dr. W. A. Gutsch

出版时间: 1998 年

中文译名: 天文常识 1001 条

翻译成员: 南京大学天文系本科生

02 级 高旭阳 郭洋 刘慧根 马波 童霄
汪翊鹏 王涛 王渊 徐晓杰 谢基伟
03 级 张博

翻译时间: 2004 年岁末

本活动宗旨:

- (1) 提高本科同学对天文的兴趣;
- (2) 提高本科同学的英语阅读及翻译水平;
- (3) 为大众普及天文知识, 增强同学们的社会责任感。

致谢: 本活动受南京大学天文系天文学教学基地资助。

版权申明: 所有内容归大众所有, 不用于商业牟利。



组织者

2004 年 12 月 19 日于南大天文系

南京大学天文系 邮编: 210093 网址: <http://astronomy.nju.edu.cn/>

目 录

第一章 天文学、天文学家和专业工具	3
第二章 简要的历史回顾：站在巨人的肩膀上	18
第三章 月球：我们最近的邻居	21
第四章 我们的生命之灯——太阳	30
第五章 内太阳系：小型行星的世界	39
第六章 外太阳系：巨型行星的世界	48
第七章 小行星、彗星、流星体以及宇宙尘	62
第八章 深邃的夜空：太阳系外的世界	73
第九章 恒星的秘密	78
第十章 恒星的一生	85
第十一章 年老的恒星：超新星、黑洞等	100
第十二章 我们的星之都市：银河系	113
第十三章 宇宙岛	120
第十四章 宇宙学：从宇宙的末端到时间的开端	127
第十五章 寻找地外文明，我们是孤独的吗？	141

编者注：本译稿中非国际制单位与国际制单位的转换如下：

1 磅=0.454 千克，1 英里=1.61 千米，1 英尺=0.305 米

第一章 天文学、天文学家和专业工具

1 天文学是…研究宇宙中一切物体（除了地球）的自然科学的一个分支。但是，天文学家确实也研究太阳和地球高层大气的作用，包括极光等。

2 大部分天文学家其实是天体物理学家。直到 19 世纪后期，天文学是很难描述和计算的。天文学家通过望远镜给天体照相并计算一些像日月蚀，行星的位置，恒星的位置和距离。尽管如此，天文学家是缺少对恒星物理性质和主宰它们为什么发光、怎样演化的物理机理的真正了解的。从那以后，我们在原子结构和物质作用知识上的突破使得天文学家通过物理规律的大方面应用而发现了宇宙的内在工作机制。这样，今天的大部分天文学家实际是天体物理学家并在做天体物理。这一头衔可以在鸡尾酒会上给人留下深刻印象。

3 天文学家大体上可以分为观测天文学家和理论天文学家。虽然一些人两方面都做，大部分人更适合其中之一。尽管观测天文学家不必要整天埋头观测，他们要进行望远镜和仪器（如相机，光度计，光谱仪等）的研究设计来获得和分析宇宙天体的数据。另一方面，理论天文学家典型的是应用超级计算机建立模拟宇宙现象的模型。

4 观测天文学家和理论天文学家的工作经常是互相补充的。有时，观测天文学家会发现宇宙中无法解释的现象而理论天文学家会试着用数学和已知物理规律来解释观察到的东西。还有时，理论天文学家会发展一种理论预示了宇宙中某种现象或某种物理条件存在而观测天文学家会试着通过观察验证这种理论对不对。第一个例子是脉冲星的发现和后来的中子星理论。第二个例子是黑洞存在的理论假设和接着黑洞被真正发现。

5 总体来讲，研究宇宙是一件令人气馁的被动的活动。物理学家、化学家、生物学家有一个共同点：他们可以钻进实验室或到达目的地有效的创造出他们要研究的现象。他们可以接触到它，操作它，直接的和它们联系。问一个物理学家一个物质有多重，他们可以放在秤上称并马上读出来。问一个化学家一个反应放出多少热，他可以用温度计测出来。问一个生物学家一个血样有什么遗传特征，他可以立刻进行一系列小心的检测。对于天文学家来说整个宇宙就是一个实验室。但是，宇宙，用定义说就是“延展在那儿”的远在我们直接接触范围之外的所在。天文学家虽然可以测出一颗恒星离我们的距离，但是他不能用一盒卷尺去测量来验证这个距离。天文学家想知道太阳表面的温度，但是他不能去太阳那儿插一个温度计。天文学家想知道一个遥远星系的组成，但是他不能去那儿采样再运回地球分析。然而我们确实知道恒星的距离，太阳的温度，遥远星系的组成。这就是天文学为什么是一个如此令人着迷的领域，是一件对人类思想创造性灵活性有如此贡献的礼品。

6 天文学家通过收集分析宇宙天体的光和其它波段辐射研究宇宙。天文学家不能去宇宙中大部分的行星，恒星，和星系。取而代之，他们通过天体发送给我们的信息研究宇宙。能够携带信息给我们的就是光和其他波段辐射。这样天文学家主要通过天体辐射，研究宇宙天体（由物质构成）。很快我们会谈到辐射。你也会在本章末找到关于物质的部分。

7 光学望远镜是一件通过聚光使我们可以看到比我们只用肉眼看到的更弱物体的设备。望远镜的原理本质上是相同的。进入望远镜的光被一系列的透镜、面镜不断聚焦成更细的光柱。

因为光和辐射是天文学家研究宇宙的手段，所以越多的辐射被收集，能了解的信息就越多。

8 有两种基本的光学望远镜类型。大部分不是折射望远镜就是反射望远镜。

9 折射望远镜用透镜系统聚光。小的时候大部分人有这样的经验，在晴天我们用放大镜点燃一片树叶或纸。这个实验的原理就是放大镜把表面的光聚焦成一点，使这点的温度特别高，即光度特别大。一架折射望远镜用透镜组完成同样的事情。在折射望远镜大的一端有两片大小相等但不同类型的镜片。当光通过它们，它们共同工作把光聚焦在望远镜筒另一端。在这一点，不管望远镜指向哪里都会成像。

10 反射望远镜用一面或多面反射镜完成相同的事情。在一架简单的反射望远镜中，遥远光束落在反射镜上。这面反射镜不是平的，它是凹面的。结果就会产生聚焦的效果。一种具体的形状是抛物面，可以使平行光轴的入射光聚焦在同一点。像折射望远镜一样，遥远物体在这一点成像。

11 一种简单的普通的被广大天文爱好者喜爱的反射望远镜是牛顿发明的。这一款今天被称为牛顿式反射望远镜的设计，在镜筒一端用凹抛物面集光聚焦。为了观测者方便，在镜筒里面另一端放置一块平面镜把光反射到镜筒侧面安装目镜的地方。许多天文爱好者都有这种设计的望远镜。

12 口径几到几十厘米的折射望远镜比反射望远镜昂贵。比如，平均 15 厘米的反射望远镜要几百美元，而 15 厘米的折射望远镜要几千美元。原因是这种大小下，磨制天文观测使用的反射镜比磨制透镜系统便宜。

13 对于需要便携性的爱好者来说，折射望远镜和牛顿反射式都是笨重的。一个典型的 10 英寸的牛顿反射式大约 6 到 7 英尺长 100 多磅重，而一个 6 英寸的折射望远镜就有这样大。很清楚，除非你有固定的场所安装这些设备，否则你要面临运输的困难。

14 另一种被称为施米特—卡塞格林的望远镜设计提供了一个有趣的优点。它是用反射镜和透镜的结合。口径几到几十厘米大小的施米特—卡塞格林式远比牛顿式昂贵但比纯折射的便宜，并且有着当牛顿式性能相近镜筒只有其三分之一长的优点。这样，施米特—卡塞格林式更便携且可以放在一个小的因而便宜的地方。因为它短，在有风的时候晃动的就很少。这是很重要的，因为望远镜的放大作用，即使很小的微风引起的震动在望远镜的像上也会产生很大的晃动。

15 我们看到最暗物体的下限取决于有多少光进入我们的眼睛而被聚焦。我们能看见东西因为光通过瞳孔被眼内的透镜系统聚焦在视网膜上成像，信号再被送到大脑。越多的光进入眼睛，越多的光落到视网膜上，越强的信号被送到大脑，就感到物体越亮。当我们刚进入一个黑屋子或刚从明亮的环境走到户外，我们感觉到什么都看不见。但当眼睛“适应”后，就可以看的更清楚了。适应是指瞳孔逐渐变大允许更多的光通过。尽管如此，还是有一个极限，能看多暗取决于瞳孔最大能变多大。

16 望远镜能让我们看到更暗物体是因为它们让更多的光进入我们的眼睛。即使在最暗的条件下，平均来说，人的瞳孔不能扩张大于 8 毫米。所以我们只能看到最暗和通过 8 毫米见方

的光通量呈正比亮度。但是望远镜可以使我们欺骗大自然而把更多的光聚焦成适合瞳孔大小的光柱。用你的裸眼去看星空，你只能用瞳孔的 8 毫米见方集光。用望远镜看星空相当于用 250 毫米见方的透镜或面镜集光，这样相当于有了直径 250 毫米的瞳孔。这就怪不得望远镜能让我们看到宇宙中远比用裸眼看的暗的多的东西。理解这一基本原理你就明白能给我们揭示迄今为止都为尽知的宇宙的望远镜的神奇魔力了。我们将要看到，专业天文学家并不用眼睛而是用远比眼睛客观的仪器接受信号。但是位置是一样的。

17 天文学家倾向用主镜的口径称呼一架望远镜。天文学家倾向用“36 英寸”或“2.4 米”称呼一架望远镜。这样做的时候，他们使用英尺或米作单位指出望远镜主镜的直径。主镜通常被称为物镜。

18 望远镜能够给我们看更远更暗天体的能力取决于主镜的面积。虽然天文学家用目镜的直径称呼望远镜，但望远镜聚光的能力正比于目镜的面积而不是起直径。根据圆面积公式，10 英尺的望远镜实际上比 5 英尺的望远镜多聚 4 倍的光。望远镜聚集光的能力有时被称为聚光能力。但是这和望远镜的放大率没有任何关系。

19 为了放大望远镜中的像，你需要一个目镜。天文爱好者买的望远镜大多带有一组分类的目镜。每一个目镜典型的是一个小的包含透镜系统的圆柱。不同的目镜得到不同的放大率。

20 为了计算出一个特定目镜下一架特定望远镜的放大率，你必须理解焦距。每一个望远镜物镜和目镜有一个所谓的焦距。它其实是一个距离，通常用毫米衡量。（1 英寸等于 25.4 毫米）如果你曾经用放大镜烧过树叶，放大镜镜片和燃烧物之间的距离就是焦距。换句话说，它就是透镜和来自遥远的光（此处是太阳）会聚的点。目镜的焦距通常写在目镜筒的侧面或末端，物镜的焦距经常包含在望远镜的文献里。

21 计算放大率，你要做的只是一个除法。当你在望远镜上插入一个特定的目镜需要计算它的放大率时，你要做的只是用物镜的焦距除以目镜的焦距。例如，一架望远镜物镜焦距是 2540 毫米，你插入了一个焦距 25.4 毫米的目镜，它的放大率是 100。这样，意味着当你通过这架观测时，你会看到比你用裸眼近 100 倍或大 100 倍的物体。

22 理论上，用任一架望远镜可以得到任一放大率。为了得到更大的放大率你要做的只是选用越来越短焦距的目镜。这样，如果 25.4 毫米焦距的目镜得到 100 倍放大率，那么一半焦距的目镜，即 12.7 毫米，再同一望远镜上可以得到 200 倍的放大率。6.35 毫米焦距的目镜可以得到 400 倍的放大率。理论上你可以一直这样做下去直到百万倍的放大率或者更多。但是这里面有一个问题，那就是……

23 望远镜的有用放大率。必须要记住的是目镜放大的是通过物镜的经聚焦形成的像。所有的目镜要利用这个像来放大因此就有一个限制，即在多少光的总量下能有效的工作。简而言之，目镜接受越多的光，它就可以把像放的越大并仍能在你眼睛的视网膜上产生足够明亮和清晰的像。换言之，对于特定的望远镜，你把像放到多大仍然可以看到足够清晰明亮的像有一个实际的限制。超出这个限制就会得到不好的结果。随着越来越大的放大率，你确实得到越来越大的像，但它会变的更暗，更模糊。实际上你很难看到细节。所以远比“这架望远镜放大率是多少？”重要的问题是“这架望远镜的最大有用放大率是多少？”

24 一架特定望远镜的有用放大率的值取决于主镜的尺寸大小。虽然一架望远镜有用放大率会取决于很多因素，包括望远镜的光学质量，某个晚上地球大气的稳定程度。为了得到大约的最大有用放大率，你应该找到一架望远镜，以英寸为单位测出其直径再乘以 40。因此，30 英尺的望远镜在大多数晚上可用的最大放大率大约 $3 \times 40 = 120$ （也写成 120X），6 英寸的在同一晚上在放大率是 $6 \times 40 = 240$ 时可以看到相同清晰明亮的像。因此，尽可能买配有最大物镜的望远镜是值得的。

25 有时选用较低放大率比选用最大放大率明智。低放大率目镜会得到较小的像，但是像更尖锐更明亮。大多数情况，这会更适于眼睛。并且，对于某些比较大的天体，比如星团，彗星，月亮，宽视场低放大率的目镜能得到更好的图像。

26 双筒望远镜对于简单享受天空的乐趣来说可以算是非常令人满意的工具了。为了坚持“物超所值”的信条，双筒望远镜是我们能满足从望远镜里看天空的可以负担得起的一个选择。尽管双筒不能提供给你一般望远镜可以提供的月球和行星的细节，但是你只是躺下来随便扫过星空，它们已经是非常美妙的了。另外装备了双筒以后，你可以享受很多美妙的时刻，比如顺着银河巡航来找你可以在本书看到的星云和星团，也可以观察双星，月蚀和不期而遇的彗星。

27 双筒上的数字告诉你它的大小和放大率。双筒经常是用两个数字和一个×来描述的，如 7×35 或 10×50 。两个数字中的第一个数字表示双筒的放大率，第二个数字用毫米表示双筒主镜的口径。因为 25 毫米约等于一英寸，一只 10×50 的双筒有一个 50 毫米或两英寸的物镜和 10 倍的放大率。

28 晚上用一只 7×50 的双筒是一个很好的选择。很多人感觉 7×50 的双筒可以比 7×35 的双筒（经常用在白天观看体育赛事上）提供更强的聚光能力，但是并不比更大放大率的双筒笨重麻烦。可以给我们提供银河壮观景象的更高放大率更大口径的双筒最好是用三角架支撑它们的重量使其稳固。

29 更高质量的折射望远镜和双筒使用镀膜的镜片。这些化学涂层使镜片看起来发蓝，它们减少内部的反射从而使仪器产生完美像质。

30 天文业余爱好者通常可以告诉你他们正在使用的望远镜的放大率，而专业天文学家不是这样思考问题。放大率是专业天文学家一般不在意的问题。那是因为专业天文学家通常从望远镜上拿下目镜，用望远镜上其他光学器件把光聚焦到 CCD 上，就像被用作一架照相机或光度计的一部分或一台光谱仪。这样的话，专业天文学家感兴趣的是像的大小，能够看到的细节程度，和能够到达 CCD 的光波长或颜色。

31 专业天文学家更感兴趣的是望远镜的分辨率而不是放大率。分辨率指的是一架望远镜理论上让你看到细节的优良程度。细节的优良程度可以这样说，你能看到多小的物体，或者说两个物体靠的多近时仍然可以被分辨。望远镜的分辨率是以角秒来衡量的。

32 一架望远镜的理论分辨率很容易计算。一架以角秒衡量的光学望远镜的理论分辨率可以很容易的以 13 除以这架望远镜的以厘米衡量的主镜的口径来计算。（2.54 厘米等于一英寸）这样一架 100 英寸（254 厘米）的望远镜理论分辨率约为 0.05 角秒。一架 200 英寸望远镜理论分辨率约为 0.025 角秒（只有满月直径的 $1/36000$ ）。换句话说，第二架望远镜可以分辨

只有 0.025 角秒的天空中的两颗星。而 100 英寸的望远镜只能把它们看成一颗星。尖锐的像是高质量的像，因此天文学家希望得到最好的分辨率。这是另一个天文学家垂涎尽可能大的望远镜口径的原因。

33 你好，某某？请给我一张星图。就像有德克萨斯和阿富汗的地图，也有天空的地图。它们曾经是用手画的，但是现在天文学家主要依靠的是照片或计算机图像。其中一个范围最广的这类照片和图像由加利福尼亚进行的帕洛马天文台巡天和智利欧洲南方天文台进行的南半球巡天联合组成。几百幅图像显示了整个天空暗至 20 等的恒星。另一个范围广的星图是为哈勃空间望远镜编得导星目录表。它包括了暗至 15 等的超过一千五百万颗的恒星，只能从大容量的 CD-ROM 里得到。在观测以前，天文学家可能会扫一眼它需要的目标周围的较显眼的恒星，这样就可以作为他它需要的目标的路标。

34 天文学家用一套类似于地理经纬度的方法定位天空中的物体。就像地球上的物体可以用经度和纬度指明一样，天空中的任何一个物体可以用一套类似的坐标系统指明，在这个系统中赤纬代替了纬度，赤经代替了经度。

35 赤纬以度数衡量。在天球坐标中和地球赤道平行的大圆叫做天赤道。就像纬度一样，如果一个物体位于天赤道以北，就说他有正的赤纬。类似的，在天空中天赤道以南找到的物体有负的赤纬。到北或南的距离用度数角分角秒衡量（和纬度一样）。

36 赤经用时间的单位衡量。赤经坐标在天空中向东衡量。像经度也应该有一个零点。就像零度子午线穿过英国格林威治，天空中的零度子午线是穿过春分点的子午线，一个天体的赤经是地球从这条零度子午线在正南方时起自转到所求天体在正南方时止的时间长度。这样，天体的赤经就以小时、分钟和时间上的秒来衡量。

37 星图一般包括所含宇宙天体的坐标。就像地图一般在边上标出经纬度一样，星图一般在其所描绘的区域标出赤经赤纬。天体的表和目录一般也列出每一个天体的坐标。赤经(right ascension)一般缩写为 R. A. ; 赤纬(declination)一般缩写为 Dec. 。这样，例如冬季天空中最灿烂的天狼星可以在天空中 R. A. 6h14m, Dec. $-16^{\circ} 35'$ 找到。而夏季天空中最亮的织女星位于 R. A. 18h34m, Dec. $+38^{\circ} 41'$ 。这些坐标就像经纬度能够定为洛杉矶或海上的一条船一样方便精确的定位出天上星星的位置。

38 相对于恒星运动的天体天球坐标不断改变。因为太阳月亮和行星相对于恒星不断运动，它们的赤经赤纬也在不断改变。这样，列出他们的位置的表每晚都需要改变。对于哪些是运动特别大的天体，比如月亮，有时需要列出起每小时的坐标。

39 天文学家为什么需要这样一个坐标系统？他们不能只是把望远镜指向他们想看的地方，就像你使用你的双筒？有很多这个系统必须的原因。首先，很多专业望远镜有上吨重，难以转动。第二，望远镜通常放在只允许看到一条天空的天文台里，天文学家通常看不到全天情况。第三，天文学家选用的目标星通常太暗了，肉眼没法看到。第四，如果在德国的一个天文学家想告诉在智利的同伙把望远镜只向他们感兴趣的一颗星，他不能只是说，把望远镜指向那儿。这没有任何意义。

40 许多望远镜都是计算机辅助跟踪，指向天文学家想要研究的天体的正确的赤经赤纬。许多专业望远镜甚至一些爱好者的镜子都是计算机控制，自动移动指向正确的天球坐标的。近些年来，一些爱好者装备的计算机甚至事先装载了包括行星以及亮的恒星和其它一些好看的星团星云星系的坐标的软件。只要输入你想要看得天体名称，按一个按钮，望远镜会为你找

到它。

41 天文学家不喜欢闪烁的星星。漫天闪烁的星星是一个很浪漫的景象。但讽刺的是，它是天文学家害怕的事情。那是因为当恒星闪烁时表明地球大气状况很糟。只有当地球大气干净稳定时望远镜才能产生天体非常清晰的像。但是有时地球大气极不稳定，表明大气中有无数不断移动的湍流。这时透过大气观察天体就像透过一条干净的急速流动的小溪看底下的东西。小溪底下的物体像是不断的波动，被水的湍流扭曲。同样的，大气湍流也把穿过它的光线折射扭曲了。对于肉眼，这些不稳定的大气是星星不多闪烁。望远镜使问题更复杂了，因为在放大天体像的过程中，它也放大了大气的扰动，是星星的像弥散成一个不断变换大小和形状的光斑。天文学家把大气不稳定的夜晚称为大气的视宁度不好。这样，一架望远镜在某一夜晚的分辨率比起其本身的尺寸跟依赖于大气状况。

42 天文学家通常试图把天文台建造在有更长时间大气视宁度的地方。选择天文台新台址的最大考虑是一个地方大气稳定性或说好的视宁度的持续性。这样的地方通常选在盛行风从比较平坦的地形或海洋上吹来的较高的山峰上。如此平坦的地形产生的空气流动可以保持光滑平行，从而只有尽可能小的垂直运动。这样，比如 Kitt 峰国家天文台位于较平坦的亚利桑那沙漠上几公里高的山峰上。世界上最好的一些天文台位于像夏威夷的一座名叫莫那克亚的死火山和智利安第斯山脉一系列的山峰上，这些都在于这些地方的向风面是一望无际的海洋。然而尽管在如此理想的地方，一些大望远镜的分辨率很少超过 1 角秒。

43 为了找到建造天文台的地方，天文学家也在寻找最晴朗的地方。可以理解，天文学家不仅希望找到大气稳定的地方，它们也希望找到最晴朗的地方。这当然意味着每年有尽可能多的无云日。夏威夷的一些地方覆盖着热带雨林，但是在 13000 英尺以上，莫那克亚的最高峰如此之高，除了偶尔的大雪，它已超出了“气象带”。智利的那些天文台在干燥的沙漠之上，一年也可能见不到一滴雨。

44 另一个选择台址的重要因素是远离污染。这看起来也很明显，但当说到污染，光学天文学家关心的不仅仅是空气中没有那些化合物。他们关心的是另一种形式的其他他人没有想过的污染，光污染。城市里发出的灯光和车灯光射向天空洗去了暗星河银河的光，使得一些天文研究除了在郊区实际上无法进行。向曾经是 20 世纪天文研究重地的威尔逊山和帕洛马山，已经因为来自洛杉矶和圣地亚哥等大城市的光污染逐渐变得不能用了。甚至 Kitt 峰也日益受到图森不断膨胀的人口的威胁。天文学家已经搬向更远的像在夏威夷和智利的山峰。

45 大众可以帮助减少光污染。不需要减少晚上街道和高速公路需要的安全照明量，政府和大众可以采取一些简单的不需增加负担的措施而显著的减少它们产生的光污染。仅仅在路灯上加上灯罩和使用不同的光给高速公路照明可以使我们重新拥有不仅是对天文观测至关重要的也是不断减少的自然资源的美丽星空。想要学习大众应该怎样做，请联系：

Dr. David Crawford
Dark Sky Association
3545 Stewart Street
Tucson, Arizona 857161

46 当我们谈到宇宙研究时，我们需要注意更多我们的眼睛可以注意的东西。有时天空看起来非常的晴朗但对于某些天文研究却不能接受。对观测光学这一精确测定天体视亮度的天文

分支尤其正确。例如，实际上对裸眼来说不可见的一块非常薄的云，在这样的仪器里产生非常大的波动致使数据报废。

47 能造多大的望远镜有着技术上的限制。望远镜的主镜越大，它成的像越亮越尖锐。那么为什么不简单的用一块巨大的镜子呢？问题就在于造这个镜子的物质有一个承受力的极限。为了使望远镜的透镜或凹面镜能精确的把光聚成一个清晰的像，透镜或凹面镜的镜面必须有精确到几百万分之一英寸的只有光波长的几分之一镜面的形状。现代磨制镜面的工艺可以达到这样的精度，但是镜面重到一定程度以后会在自身的重力下变形。变形量不能达到眼睛看到的程度但是足够把光扭曲到不能精确成像。

48 世界上最大的折射望远镜在威斯康星，最大的反射望远镜在俄罗斯。世界上最大折射望远镜主镜口径有 1 米。它位于威斯康星州芝加哥大学管理的叶克斯天文台。1948 年，加利福尼亚帕洛马山上直径 5 米的反射望远镜落成。几十年内它始终是世界上最大的。直到 20 世纪 70 年代，高加索山脉的一座 6 米的反射望远镜才落成，但是不幸的是它的光学系统始终不是太好。

49 新材料和新技术导致了更大望远镜的出现。20 世纪 80 年代一项令人激动人心的望远镜设计技术的进步是天文学家否认了原来认为的光学望远镜尺寸有限制的想法。这一理念包括把几个单独的镜片合成一个望远镜并使它们单独接收到的光产生一个联合的像。这样的方法使单独镜片的总面积等效于整个它们联合起来的面积。夏威夷莫那克亚山上的凯克望远镜用 36 块直径 1.8 米的镜片拼在一起。1990 年首次进行测试，1996 年放在它旁边的双子镜（凯克 2）开始加入。更大的多镜面望远镜设计正在进行中。

50 其它的望远镜设计用激光和计算机征服自然。在一个被称为自适应光学研究领域，科学家正在调查利用激光不断探测望远镜上空的大气并且把信号传给计算机控制的支持主镜的马达使其精确的改变主镜的形状来抵消大气湍动的变化。如果成功的话，这种望远镜可以达到前所未有的清晰度。

51 另一种望远镜设计技术把几个望远镜的光合成以达到很高的清晰度。在最近的英国剑桥大学的一项实验中，天文学家把来自三面指向同一目标的不同望远镜的光合成产生一幅图像。主要原理是干涉测量法，因为图像是通过计算机分析来自不同望远镜的光的干涉得到的。通过这样的分析计算机能得到大量关于目标物体的信息并且最终产生和使用整个一块面积等同于单独望远镜之间相隔的距离一样的像。在最初的实验中，三架望远镜大约 20 英尺远，这样就模拟合成了一架有 20 英尺口径的望远镜。结果是成了一幅等同于让你在 600 英里以外看到一个许可证书的清晰度的五车二恒星系统的星像图。不久望远镜可以被放得更远来产生更高的分辨率。使用不同的分光仪，美国的一个小组最近得到一个好 10 倍的结果，分辨了一对只有 0.0032 角秒的双星——相当于一辆在月球上的汽车看上去的尺寸。

52 其它地方也计划着相似的望远镜阵。从智利澳大利亚到美国都在计划或正在建造其它的光学干涉仪。另外，凯克和凯克 II 能够也正在准备这样连接起来。随着计算机变得更快，能够处理越来越多的数据，这样的系统在我们进入 21 世纪无疑会在天文领域扮演一个重要的角色。尽管如此，这样的系统也有它的缺点，就像生活中一样，科学中也没有免费的午餐。第一，这样的系统需要大量的计算机功率。第二，图像的最终完成需要望远镜几天或几个小时的时间。

53 天文学家实际上很少花时间通过他们的望远镜观测。这听起来很奇怪，但却是事实。大型望远镜是一个很昂贵的日用品而眼睛是一部不灵敏不客观的设备。现代天文学家改为坐在天文台里花大量的时间看电脑屏幕。其中典型的是显示天文学家正在研究的行星、恒星、星系或其它物体。但是图像也会经常的是附近的一个不相关的物体。并且图像甚至不是来自主镜而是连在主镜上的小望远镜。利用这个小望远镜和屏幕上对应的像，天文学家使主镜跟踪天空中的物体。在其它的监视器上，它保存从比人眼更可靠的科学仪器上记录下的数据并且分析主镜收集的他正在研究的天体的辐射。

54 有些情况，天文学家甚至不需要去天文台。现代成熟的远程控制技术已经达到了可以让天文学家在晚间天文台只有一个助手帮助打开关闭设备和纠正设备可能产生的错误下，通过从他家或办公室连出的计算机指导望远镜的工作。

55 有些情况下天文学家根本不可能去天文台。当然，天文学家利用哈勃空间望远镜和其它绕转的空间器作为天文台必须完全依靠来自地面的远程控制。（只有航天员偶尔拜访哈勃空间望远镜做做修理或安装新设备，天文学家是不让接近的。）在这种情况下，经过特殊训练的工程师和技师把天文学家想用哪台特殊设备观测那个特殊天体的要求翻译成计算机指令，通过电磁波传送到航天器上。天文学家当时可以在他们正在做观测的台站（只要他们答应不碰任何东西）或者就呆在家里通过邮件或计算机连接收到数据来做后面的分析。

56 在天文学家的工具箱里有特定的基本工具，其中最常见的是照相机。照相术最早被引进天文领域是 19 世纪中叶。这个进步是令人振奋的，因为，第一次，天文学家可以客观地记录下他们的望远镜指向的物体而不要用他们的手画，这样一个天文学家可能和另一个记录下的显著不同。多年来，对胶片在天文领域应用的主要限制是它对光相对不敏感，别是天文上特别暗的天体。随着时间的推移，胶片提高了灵敏度，并且天文学家从在使用前在炉子上烤干胶片到冷却它发展了一系列技术改进它。虽然一些天文图像是彩色的，但是为了天文研究的目的拍摄的照片大多是黑白的。

57 近年来，一种胶片的电子替代品席卷了天文界。它就是 CCD 或者说电荷耦合器件。你可以在你家的可携式摄像机中找到。这样的设备是由几万到几十万个很小的被称为像素的在曝光时产生电荷的光敏元组成。通过读出每一个像素中的电荷计算机可以重现原来照射到 CCD 上的光的分布从而成图在监视器上显示或打印出来。CCD 比照相胶片的优点是对光更敏感，胶片只能用一次，CCD 可以一次又一次重复使用。另外的，CCD 图像存储在计算机里，可以向其它数字图像一样改变对比，找出细节，从而可以电子化的处理。CCD 和其它的一些技术进步是今天的天文学家在同一时间内比他们几十年前的前辈多得到几百倍的数据。

58 CCD 通常被用来在航天器上成像。如果在天文台进行传统的照相，它可以简单的在一间方便的暗室中进行。但当到了航天器上，拍摄和换胶片就不是那么简单了。所以现代的航天器用 CCD 和类似的照相机进行电子化的成像。图像存储在航天器上的计算机里或者以数字的形式存储在磁带里，然后以电磁波的形式传回地球，在地面上用计算机重新成图。

59 另一件天文领域通用的工具是光度计。光度计是用来精确测量物体有多亮的电子器件。物体可以是行星恒星星系或其它任何天体。天文学家用的光度计实质上等同于你可以在 35mm 照相机中找到得非常非常灵敏的光度计。光度计的核心是一块在光落到上面时可以发

射电子流的物质。光越亮，电子流越强。流的大小被记录在计算机里。通常，每次一系列的虑光片被一次放在光源和光度计之间。这样行星恒星星系或其它任何天体在不同颜色的相对亮度就可以测量了。有时在光柱中放一个偏振片然后旋转来看来自目标物体的光本身是不是偏振的。

60 可能现代天文学家使用的最万能的工具是光谱仪。光谱仪是利用棱镜或磨光表面的刻上很多精细的平行条纹的衍射光栅把来自天体的光分裂成彩色的光谱。这个光谱被记录在一张胶片上，或者如果使用了 CCD，光谱的数据被收集存储在计算机里以备显示或分析。从光谱里可以决定一个物体很多难以置信的性质，比如它的温度、化学组成、尺寸、自转速率、接近或远离我们的速率、磁场的强度和表现等等。再一次，在所有情况下，天文学家收集和研究光和其它形式的辐射。

61 光谱有三种基本形式。就是通常所说的连续谱、吸收谱和发射谱。

62 热固体或者高压下的热气体产生连续谱。连续谱就是颜色连续扩展开，例如从红到紫。一个热的铁拨火棍，电灯泡里白炽的灯丝，或恒星的内部都产生连续谱。

63 很多恒星有吸收谱或黑线谱。吸收谱或黑线谱就像它的名字显示的，是有黑线穿过的连续谱。当一个恒星产生连续谱后，在辐射穿过空间传送到我们地球这儿以前必须穿过恒星大气。恒星大气中的冷的气体可以吸收连续谱中特定波长的辐射并且在所有的方向折射反射这些不连续的颜色。这样，这些特定波长的光就很少向我们这个方向传播，这些波长就在恒星的光谱中显示成暗线。随后要讨论的，恒星中的每种元素吸收特定的波长，所以谱线的鉴定可以告诉我们特定恒星大气中的元素和其他很多东西。

64 行星也展示出吸收谱线。行星本身不发射光，但是仅仅把太阳光反射到宇宙空间。结果就是，行星的光谱实际就是太阳的光谱只不过由于光线穿进穿出行星大气而产生了额外的对应黑线。

65 非常低的压力下的气体通常产生发射谱或亮线谱。在宇宙空间中这种状态通常存在于恒星的热稀薄的大气中（像太阳大气中叫做色球层的区域）和恒星吹出的叫做行星星云的气体系层。就像名字暗示的，发射谱由叠加在连续的或暗的背景上的一系列亮线组成。

66 什么是光？这很有讽刺性。光就在我们周围，因为它我们才能看到东西。但是要精确的说它是什么却不容易。光可以被认为是有时具有波的性质的在时空中传播的粒子。这是因为光具有双重的性质。如果你想把它描述成波，想象一下大海中一排排的波浪。当然光波不是水组成的而是电能和磁能在空间的共同传播。我们叫做电磁波或电磁辐射。真空中光波的速度是 30 万千米每秒。从一个波峰到下一个波峰的距离叫波长，一秒钟内通过一个固定点的波峰叫做波的频率。

67 光波有非常短的波长。鉴于你习惯于在大海或湖泊中看到的波长有几分米到几米的长短，光波波长大约从 300 纳米到 700 纳米。

68 这种不同就是我们称作的颜色。当 650 纳米的光照射到你的眼睛时，你看到红色。不是因为你的眼睛生气了，而是这个波长的电磁波刺激了具有正常颜色分辨能力的人的眼睛的视网膜才让你看到了红色。如果 400 纳米左右的电磁波射到你的眼睛你会看到紫色。波长在上述中间

的电磁波刺激我们的眼睛可以让我们看到其他的从红到橙然后到黄、绿和蓝再到紫。不同的颜色只是由于不同的波长而没有什么其它的。这一我们人眼敏感的颜色或波长分布就被称作可见光谱。

69 在可见光谱以外还有很多很多。只是因为我们的眼睛看不到比紫色光波波长更短的波长并不意味着自然不产生它们。实际上存在。这就是那些可以使我们产生灼伤和使某些物质发荧光的高能射线。因为这些射线有着紫外以外的波长我们叫它紫外射线。在更短的波长我们发现辐射有着更高的能量可以穿过人的身体。我们叫它们 X 射线。在更短波长更高能量我们发现 γ 射线。在另一方向，在红光以外我们发现辐射刺激皮肤是我们感觉到热却看不到它。我们叫它红外。在更长的波长上，我们碰到能使你的晚餐迅速做好的微波。再长的波长（现在就在厘米和米的量级了），我们有世界上用来传播音乐、新闻和信息的波——电磁波。

70 所有这些不同形式的电磁辐射有着不同的名称是因为我们在不同的时间发现它们的。最重要的一点实际上它们都是相同的。它们都是电磁波。它们只是波长不同。加起来，这一整个的从射电波到 γ 射线的跨度组成了电磁波谱。

71 人眼只是对整个电磁波谱中的一小部分敏感。可见光只组成了整个电磁波谱的一小部分。因为这个原因我们实际上只看到了我们身边东西的一小部分。想想做一个类比，只能听到钢琴上的一个键或者管弦乐队演奏的中音 C 两边的很少一部分。这就指出了我们只用眼睛或光学望远镜看到的整个宇宙的部分的多少。

72 宇宙中的物体发射出比我们的眼睛看到的宽的多的辐射谱。我们的太阳在光学波段发出比其它波段多的多的辐射（这正是我们眼睛敏感的波长范围，这恐怕不是一个巧合），但是太阳实际上辐射所有的波谱。太阳实质发出射电波，红外和紫外波，也发射 X 射线和 γ 射线。实际上所有的其他恒星和星系都一样。使用适当的仪器，连续谱、吸收谱和发射谱或者天体在其它波段的直接的像可以得到并且研究。

73 天体在不同的波段看时经常显得奇异。如果我们的眼睛可以像可见光一样看到其它波段的光的话，使用适当的仪器，天文学家可以使天体形成我们眼睛看到的一样的像。（可以把红外辐射转换成可见光而使我们看到黑暗中的物体的夜视镜和医院中拍的 X 射线片是简单的非天文应用的例子。可见光谱以外的天文图像可能是惊人的。例如在 X 射线波段，太阳明亮的盘几乎是黑的，但是在可见光波段几乎是黑的磁暴在 X 射线波段有着极其明亮的并且每天甚至每小时都在爆发性变化的光晕。另外，我们眼睛看来非常平静没有变化的夜空，在 X 波段和 γ 波段看来是一个混乱充满暴力的地方。

74 天文学家能够收集和研究越多的天体波长，他们就越能了解这个天体。因为天体在不同的波段看来可能是根本的不同，那么我们能够收集和研究越多的辐射波段，我们就能越多的了解这个天体。确实，把不可见的波段变成可见是 20 世纪天文最大的发展和胜利。过去所叫的天文现在正确的叫法是可见光波段天文，在过去的半个世纪里我们看到了射电天文、微波天文、红外天文、紫外天文、X 射线天文和 γ 射线天文的兴起。相同的天体在不同的波段可以产生不同的图像，这些图像互相补充，以期为我们提供了天体和宇宙的更充分的理解。这些图像联合起来组成了比其单独部分有着更大效用的作用。

75 在地面上只能接受很少一部分电磁波。只有可见光、很少一部分的红外紫外光、和大部

分的射电波谱部分能够很容易得穿过地球大气。（有些射电部分甚至可以穿透云层，因此在阴天也可以到达地面。）因为这个原因，光学天文和射电天文大部分在地球表面上做。

76 一些来自空间的辐射只能穿过大气层的一部分。红外波段很难穿过水汽。因为低层大气有着大量的水汽，红外望远镜一般位于干燥的地区或山峰之上也会放在气球和在高空飞行的喷气飞机上。

77 有些辐射根本不能穿过大气。X 和 γ 射线不能穿透大气（对我们来说是一件幸事），除了一些不幸的臭氧空洞，大部分的紫外波谱也不能穿过。这样，想做紫外、X 射线和 γ 射线波段的天文学家除了把他们的仪器送上大气层以外别无选择，这些观测天文学分支的发展必须等到太空时代的黎明的到来。因为红外天文也受到大气的妨碍，红外天文卫星也越来越多地随着地球卫星飞行了。

78 不同波段使用的望远镜看起来非常的不同。用来做红外和紫外天文的望远镜看起来非常像光学天文中的使用的反射望远镜。而射电望远镜外表看起来像卫星或雷达的碟形卫星天线。X 射线望远镜不能用普通的镜子聚焦 X 射线因为 X 射线是如此之强而可以直接穿过镜子不被反射！取而代之，X 射线望远镜的里面看起来像一堆底被敲掉的抛光的金属碗，来到的 X 射线被抛光金属面散射而被聚焦。收集所有电磁辐射中能量最大的 γ 射线望远镜更像一个盖革计数管。

79 一眼看过去，射电望远镜看来和光学望远镜很不相同，实际上不是的。射电望远镜看起来像卫星的蝶形天线，但是它们工作起来和光学反射望远镜十分相似。碗形的天线代替了光学望远镜的反射主镜，并且在天文学家放仪器的地方把遥远天体的射电波收集聚焦。因为这是射电天文，探测器不能是照相机或光度计取而代之的是一个非常灵敏的射电接受器。这种类推对于你的电视卫星天线也是有效的。都是接受射电波的设备。但是射电望远镜对于接受到的射电波比你私人的电子设备灵敏几百万倍。

80 类似于光学望远镜，射电望远镜越大，它可以收集越多的辐射。但是射电望远镜也因为另一个原因而需要更大。我们早先提到的，一架望远镜的分辨率决定于主镜的尺寸。尽管如此那次给的简单公式有点太简单了，因为它只工作与光学波段。实际上，望远镜的分辨率也取决于它所聚焦的波长。波长越长，同样尺寸的望远镜得到的像越模糊。因为射电波长比光学波长长了几千到几百万倍，为了得到相同的清晰度射电望远镜的接收天线应当比光学望远镜主镜大几千到几百万倍。因为这样的工程技术还达不到，射电望远镜只有几百英尺的接收天线。最大的单接收天线射电望远镜位于波多黎各一个山谷，有 1000 英尺的口径。这架望远镜仍然不能像大多数的光学望远镜在光学波段看得那样清楚。

81 就像光学望远镜，射电望远镜可以连在一起产生干涉。天文学家可以克服射电波长的自然缺陷，他们把两个或多个单个的射电望远镜连在一起，有效地把单个的望远镜综合成具有它们之间距离的口径的望远镜。一个例子就是 VLA，或者说深大阵列。它是由 27 个每个 80 英尺口径的射电望远镜排列在新墨西哥州的一个 Y 形的铁轨上组成。天线之间最大的距离是 26 英里。结果就像我们拥有了一架由华盛顿环城路那么大的射电望远镜。VLA 可以在射电波段以 0.1 角秒的分辨率看清物体的细节——比地面上任何一个单独的光学望远镜都好。

82 超越 VLA。世界上不同地方的射电望远镜甚至把它们所有的信号都联合起来模拟一架有

我们整个星球大的天线。这样一个阵被称为 VLBI，或称为甚长基线干涉仪。这样的网络从太平洋中部的夏威夷延伸到加勒比海的 St. Croix。单个的射电望远镜离的越远，计算机就需要越长的时间整合数据。

83 另一些望远镜探测一种叫做宇宙线的东西。就像它们的名字显示的，宇宙线不是电磁波。它们是很小的亚原子粒子（大多数是质子和氦核）以接近于光速的速度从空间流进我们的大气层。它们的起源仍然在争论之中，但是大多数看起来像是由于超新星的爆发或是含有致密的中子星的双星系统的相互作用产生的。然后粒子被星系的磁场加速，从任何可以想象的方向打向我们。当宇宙射线进入地球大气层的时候，它们可能和我们头顶的高层大气碰撞产生很弱的只能被非常灵敏的探测器检测到的光。宇宙射线也可以用气球载的或飞机载盖革计数器直接研究。

84 一些望远镜是埋在地底下的。更奇怪的是，有时它们需要装满液体。这些望远镜更正确的是被叫做探测器，它们由能装几万到几十万加仑的大罐子组成。被用来探测太阳、其他恒星和超新星爆发发出的中微子。当中微子穿过这个大罐子，它们只有很小的机会和其中一个原子碰撞比把它转化为另一种原子。定期的冲洗检查罐子里的东西，科学家可以确定有多少中微子穿过探测器。其它的中微子探测器装满了纯水。当中微子穿过并和水互相作用，产生很小的闪光而被放在水中的极其灵敏的测光计捕捉。这些罐子都埋在在很深的地下（在像南达科他州的一个废弃金矿和伊利湖的一个盐矿里）来屏蔽其它粒子向宇宙线的影响，而只让中微子通过。

85 其他探测器在宇宙深处寻找引力波。根据爱因斯坦的广义相对论，运动状态快速变动的物体可能产生引力波，实际上是时空的扭曲。物体的质量和加速度越大，引力波的波幅越大。引力波传过地球上的物体时会在这些物体上产生微小的动量扭曲，如果物体和外界震动充分隔绝并且和足够灵敏的探测器相连，就可以记录下来。马里兰大学的约瑟夫·韦伯建造的早期的引力波探测器被证明不够灵敏。正在美国的不同地方建造的新的探测器应该能够探测到 7000 万光年以外的灾难性事件比如中子星碰撞释放出来的能量。

物质的性质

86 最基本的物质形式叫做原子。世界上有从水到特氟纶的数十亿种自然的和人造的物质，但是所有的这些都可以在化学实验室中分解成更简单的物质。例如利用电流水可以分解成两种气体，即氢气和氧气，或者其它的，普通的食盐（氯化钠）可以分解成金属钠，和一种有毒气体叫做氯气。这四种物质中的每一个——氢气、氧气、钠和氯气——有这独一无二的性质。没有哪一种能够进一步分解而不丢失它们的性质，还是氢气、氧气、钠和氯气。它们是最基本的物质因此被叫做元素。依然保持这种元素性质的最小单元叫做原子。尽管如此，原子被认为是由更小的叫做质子、中子和电子的粒子组成的。通常，质子和中子紧密结合在原子的中心，电子以一定距离绕核旋转。实际上又一个整个的亚原子粒子家族，除了极少例外，本书不会接触它们。

87 当原子组合在一起，它们组成了分子。两个或更多原子结合在一起，形成了分子。例如，一个碳原子和一个氧原子组成一个一氧化碳分子。一个碳原子和两个氧原子组成一个二氧化碳分子。分子只含有很少几个原子的通常叫做简单分子，含有很多原子的分子叫做复杂分子。究竟几个原子从简单变为复杂决定于你谈话的对象。当射电天文学家在星际空间找到 6 到 8 个原子的分子时，他们把它叫做复杂分子，因为没有人会想到在险恶的宇宙空间可以找到这

种东西。但是生物学家可能会把这种分子称为很简单的分子。

88 在整个宇宙，只有 92 种自然产生的元素。唯一的决定这种特定的元素是这种元素而不是其它的元素的是在原子核里的质子数量。例如，在宇宙中每个原子核里有一个质子的原子是氢，每个核里有两个质子的原子是氦而不会是其他。碳原子有 6 个质子，氧原子有 8 个质子等等。一直到核里有 92 个质子的铀。原子核里有相同质子和电子数的元素具有相似的化学性质，为了简便，科学家们按照质子数目把元素进行了分组，这就是元素周期表。世界上每个化学实验室里或课堂上通常会有这么一张。这是世界的蓝本，因为就是这 92 个基本的元素构成了我们的世界。Armand Deutsch 许多年前写过精彩的科学小说。一组未来的考古学家在开凿古火星人的文明遗迹，发现了一所大学。他们正为无法破解火星语言而感到困惑的时候来到一个化学实验室，在实验室的墙上发现了元素周期表---一个马上被他们识别的东西。因为它代表了通用的，超越文化甚至是种族的东西。所以，元素周期表成了破解火星语言的敲门砖。核中具有少量质子的元素有时被称为轻元素或简单元素；有大量原子的就叫重元素或复杂元素。

89 什么是离子？在鸡尾酒会上，当谈话转到“原子物质”时，经常听到的另外两个词是离子和同位素。在讨论离子时，我们就必须注意一类叫做电子的绕着原子核转的小东西。通常情况下，原子的整体是中性的，因为在原子核内带正电的质子数和核外绕核旋转的带负电的电子数相同。但是因为一些电子离原子核非常远，它们被频繁的撞击出去，这样剩下的原子所带的正电就比负电多。同样的道理，电子也可以频繁的被加给原子，使它净增负电荷。简单的说，带有正的或负的净电荷的原子就叫做离子。

90 什么是同位素？在任何关于同位素的讨论中，我们必须关注在原子核里另外一种粒子---中子。同位素是原子核里含有不同数目中子的同种元素的不同形式。举个例子来说，存在三种碳的同位素，它们是碳-12，碳-13 和碳-14。这些数字与每个原子核内各自的中子数有关。因为原子核内的质子数决定着它是何种元素，所有核内有 12 个质子的原子都是碳原子，而不是考虑它们是不是有 12、13 或者 14 个中子。每种同位素在质量上都有微小的差距。所有碳构成的东西，不管是石墨还是钻石，都是碳同位素的混合物。

91 一些元素的某些同位素是放射性的。放射性原子自发的变成其他原子，这是一个很快的反应。有时某些原子失去原子核中的中子，变成原来元素的同位素。这样的过程叫做放射性衰变。举例来说，铀能经历一系列的放射性衰变而最终变成铅。一些元素的某些同位素是具有强放射性的，这表示它们衰变成其他东西的速率相对于其他一些衰变非常慢或根本不衰变的元素要快得多。那些衰变慢或不衰变的原子叫做放射性稳定。

92 放射性衰变以不同的速率发生。在所有给出的放射性物质的样品中，你不能事先预测其中的哪些原子将要自发衰变。原子也不会事先告诉你它们将要做什么。但是通过观察和认真的测算，科学家已经发现同种同位素的整个样品的衰变率是个常数。使任何给定样品的同位素衰变成总量一半所需的时间叫做同位素的半衰期。强放射性的同位素的半衰期很短，而稳定的同位素半衰期则很长。

93 放射性衰变是重要的科学工具。所有的这些知识变成测定某物存在时间长短的一项重要工具。例如，如果你将存在于某物（范围可以从恐龙的骨头到都灵的寿衣再到月球上的岩石）中某种放射性同位素的总量与这个样本中与之相同元素的另一种稳定的同位素的总量相

比较,然后将这些数字与你已知的不怎么久远的物品中相同的同位素的量相比较,并且你知道它放射性同位素半衰期的长度,那么你就能算出你所研究的样本有多古老。生物学家,考古学家和古生物学家大量的运用此种技术,尤其是大量使用碳的同位素,这个过程叫做碳定年。天文学家有时也采用该技术,有的时候为了方便除了碳也使用其他元素的同位素。

94 物质典型存在于三种态。我们知道三态分别是:固态,液态和气态。在特定的时间特定的地点物质处于什么态取决于物质的化学本质,环境的温度和压强。在地球上,我们找一个事物为例,我们能看到它的三个态。它由两个氢原子和一个氧原子组成: H_2O 。在一般情况下,当温度低于华氏 32 度时我们称之为冰,当温度在华氏 32 度到 212 度之间时我们称之为水,高于华氏 212 度时,我们称之为水蒸气。(在非常高的温度下,氢和氧原子之间的键被打破,它的本质就不再是水蒸气,就是氢气和氧气的混合气体。)

95 我们在温度和压强的特定范围内在宇宙中搜寻,物质会有很奇怪的组成和行为方式。以在火星上为例,气压计液柱将很难移动,因为火星几乎没有大气,所以在火星表面上基本上没有气压。在这种情况下, H_2O 直接从气态的水蒸气变为固态的冰,中间没有经过变为液态水的过程。所以今天的火星上没有河流或湖泊。我们把这个过程叫做升华。樟脑球做成的东西在地球上就会升华(它们不会在衣橱里留下水汤)。简而言之,正常的状态是什么和你要进行的预测都取决于你身处于哪里。当天文学家了解了这些,研究整个宇宙就会更顺手一些。

96 当离子以气态存在时,它们形成等离子体。一些人把这个状态认为是物质的第四种状态,因为等离子体带电而常规的气体是电中性的。这个还有一点语义学的味道,只要我们知道什么是好。恒星是典型的由气体组成的物体,大多数气体非常热,它们处于等离子态。这变得很有意义,因为磁场与等离子体有关而与中性气体无关。大多数恒星所带的磁场对恒星、恒星大气和物质在恒星表面上的移动或穿越有很大的影响。

97 流体:你把它放在什么样容器里它就拥有什么形状。液体,气体和等离子体常常都被称为流体,因为它们显现的都是承载它们的容器的形状。(把一品脱水倒进一个馅饼盘里,水就呈现馅饼盘的形状,把它倒入鱼缸里,它又呈现鱼缸的形状。同样的,在贴着“氦”标签罐子里的气体呈罐子的形状。)当你把两个固体拿到一起磨擦(就像天冷的时候你搓手那样),这个动作将遇到一个对抗的力,这个力叫做阻力,它会产生热量。我们通常认为流体没有阻力,但它们确实有。然而,在一定的温度和压强下,这个阻力可以变为零。在某种条件下的这种特性叫做超流。大多数恒星由流体组成的,但中子星却是由超流的中子组成。

98 固体 一些固体具有晶体结构,这意味着它们的原子是按照一定的有规则的几何样式排列的。例如盐和处于金刚石状态的碳。其他固体,比如用来做塑像的粘土,它们是无定形的,因为它们的原子不是刚性的排列。白矮星的内部类似于晶体,尽管它们的电子在核外自由的运动着,但它们的原子核是按规则的样式排列的。

99 “暗物质”是一种不同的物质。基于对星系和星系团里恒星运动的学习,天文学家知道宇宙的大部分不处于我们上面提到的那几种态,大部分物质由其他形式的离子组成。到目前为止,这种物质避过了直接观测,因为它们好像与普通的物体或任意波段的辐射都作用甚微。

正因为这个原因，天文学家称呼它暗物质。暗物质的本质仍然是 20 世纪后期天体物理学的几个重大未解之谜之一。

100 最后，我们来介绍反物质。在恒星的研究中，斯科蒂和吉奥蒂总是很关心反物质。反物质同普通物质一样，也是由粒子组成。其实，这个粒子和我们常见的普通的粒子除了电荷相反意外，其他是一致的。所以，电子的反粒子叫做正电子，它的质量与电子相同但是带正电荷。质子的反粒子叫做反质子，质量与质子一样但是带负电。如果一个物质的粒子与它的反粒子碰撞，它们互相消灭并只释放出能量。（这就是为什么斯科蒂和吉奥蒂喜欢反物质的原因。）反物质存在于宇宙中，但是因为在它们周围存在太多的普通物质，所以它们一经产生就面临着湮灭的厄运。大块的反物质甚至是原子大小的反物质在我们的宇宙里都是不存在的。其他宇宙主要由反物质组成在理论上是可能的。

第二章 简要的历史回顾：站在巨人的肩膀上

101 许多早期的关于宇宙的看法都是将地球摆在所有物体的中心。从古希腊到印度和中国，许多文化发展了地心说或者被称之为地球中心论这样的对宇宙的观点。这个幻想毕竟很强烈。地球感觉上非常像是固定的，天上的光每天每夜都绕着它转。

102 最先受亚里士多德影响，许多古希腊人区分了天地的领域：天在上面地在下面。对于亚里士多德来说，地球上的所有东西都由四种元素组成：土地，空气，火和水。天上的太阳，月亮和已知的五大行星也被装在了水晶球里。这些球体被包含所有恒星的天球包含。它们都绕着地球转圈。它们必须作圆轨道运动，亚里士多德说，因为圆是完美的。而天上的东西都是以完美的方式运动。这些天体和它们的水晶球是由五种元素组成的，或称为五种精华。在它们下面属于地球的领域。有一条恒定的规律，就是出生，死亡和腐烂。但是在天空的领域，所有的东西的都是纯净的，无瑕疵的，永恒不变的。天上在外表上看永远是平静的，不变的。一切都是完美的。

103 亚里士多德的宇宙图是优雅的，但是不够精确。古中国的天空观测者不知道亚里士多德的这些论断，因此也没有受到亚里士多德的影响。他们观测并且记录下了天空的变化。这些包括被假设为无瑕疵的太阳上的黑子的出现和消失。彗星像扫把一样划过天空，客星突然间发光，以至于白天也能看到。（西方人肯定也看到过这种现象，但是当时最好的做法是保持沉默，不要让自己的言论与哲学的伟人们矛盾）如果出现一次观测，非常明显并且非常持久，那么就不可能忽略掉它。

104 一些行星的表现不够“规矩”。经常搞观测的人都知道在一定的时间在自己轨道上运行的火星，木星，土星会停止它们一贯的向东行进而改为一个 U 形的弯运动。即有的时候向西运动，然后再作一个 U 型弯运动。最后才改回到原来的向东行进。更糟糕的是，这些退行，环形或者 Z 型运动几乎没有相同的形状和大小。为了保留亚里士多德的天体运动的假设，大量的天文学家，哲学家和数学家在试图保留亚里士多德的“宗教”假设（天上的物体必须做完美的圆轨道运动）的前提下试图解释这个复杂的运动。

105 托勒密的复杂天球机器。公元二世纪，一位希腊的数学家，天文学家托勒密继承了亚里士多德的理论体系，并且在外层行星的大球上加了一些小球（本轮）。这样表示外层的行星在小球上运动，而它们的中心又在水晶球上绕着地球转动。加上的这些小球（总共有 80 个）是为了解决观测上出现的退行现象。用这种聪明的方法，托勒密和他的同事们就既能解释外层行星的退行现象又能使它们符合圆周运动。这种模型在西方整整统治了 14 个世纪。

106 在 16 世纪，一个羞涩的波兰传教士发起了革命，并且改变了宇宙。在接下来的几个世纪里，仍然有人对托勒密的大环套小环的复杂模型不满意。尼古拉斯哥白尼有着数学功底和敏锐的洞察力，他准备做点什么。他意识到他可以去除掉托勒密系统中的本轮，只要通过一点点改变就能使这个复杂的系统变得简单得多。这个办法就是把地球从中心的位置剔除，把太阳放在那里，并且让地球也像其他行星一样绕着太阳转。这样的解决办法很简单，但是要借助大量的数学。这就是所谓日心说的宇宙模型。

107 托勒密体系之所以很长的时间内都有很高的地位是因为宗教原因。哥白尼很小心，他没

有立即站出来说他的新观念是正确的。因为那样只能使当权者不高兴，甚至威胁到自己的健康。他只是简单的把它带给世界，作为一本“数学练习”带个罗马教皇统治下的世界。因为不准备去冒险，哥白尼直到去世的时候才将它发表。

108 意大利天文学家伽利略找到了支持哥白尼模型的证据。对亚里士多德和他的追随者们，科学顶多是建立在科学实验的纯粹推理上。而对于伽利略来说，证据就在布丁里，如果你想知道天空的机制是什么，你的布丁就在天上。听说了一种可以使远处物体在近处看的很清楚的装置（望远镜）之后，伽利略造了许多自己设计的望远镜，并且把它们对准了天空。他记录下月亮其实很不完美，不像众多哲学家相信的那样，月亮上既有高山又有深谷。伽利略还记录了太阳的黑子。并且发现了木星的四颗卫星。最后，他观测了金星，它像地球的卫星月亮，并且也有相的变化。这个发现听起来就是亚里士多德和托勒密体系的丧钟。因为能看到金星的相的变化，金星就必须绕着太阳转，而不是地球。然而伽利略的发现在他的那个年代并不受欢迎。更喜欢亚里士多德和托勒密体系的教廷迫使他放弃自己的观点，并且在他的后半生软禁了他。

109 两位与伽利略同时代的人也帮助摧毁了亚里士多德的水晶球系统。伽利略有力的打击了亚里士多德的宇宙体系，并且证明了哥白尼的理论是正确的。但是即使是哥白尼也没有完全抛弃宇宙中所有的运动都是圆运动的观念。第谷，伽利略同时代的一个人，在他的工作里没有使用望远镜，但却给出了那个年代行星运动最精确的测量法。他的合作人，稍微有点神秘兮兮但却是一位精明数学家的开普勒，通过观测来检查行星运动。他的工作比任何前人做的都要好。

110 开普勒首先提出行星绕太阳作椭圆轨道运动。当他检查第谷数据的时候，他意识到行星不能像人们想象的那样绕着太阳作圆轨道运动，取而代之的应该是椭圆轨道运动。开普勒还提出了今天所有行星遵循的行星运动三大定律。下面是开普勒的行星运动的三大定律：

- 1 行星绕太阳作椭圆轨道运动，太阳在椭圆的一个焦点上。
- 2 行星不是以恒定速度绕太阳运动的，行星距离太阳越近，运动的越快。
- 3 距离太阳越近的行星，它绕太阳转一圈所用的时间就越短。

111 一个叫伊萨克牛顿的天才把开普勒的工作推进了一步。在伽利略去世的那年，伊萨克牛顿出生了。开普勒提出了行星绕太阳作椭圆轨道运动而不是圆轨道运动，这符合事实，但他自己却不知道为什么。牛顿发明了数学的一个分支——微积分学，并且以它为工具，以我们今天称之为引力的力来解释物体的运动。

112 牛顿很可能从来没有像传奇中说的那样被苹果砸到。但是他很可能确实看到过苹果从树上掉下来，这激发了他对引力的思考。那么这种看不见的力既然能到达树上把苹果拉到地上，为什么它不能到达月球把月球拉到地球上呢？用数学描述引力的行为，牛顿可以证明相同性质的力确实控制着苹果，月球以及宇宙中其他所有运动物体。通过极其敏锐的洞察力，牛顿说明了引力是普遍存在的力，并且用数学语言给出了这个统治宇宙中所有运动物体的力的精确表达式。他不只说明了我们在地球上经受的物理现象与宇宙中其他地方也是一样的，还表明了人类有能力了解这种力。

113 除了万有引力定律，牛顿还描述了三大运动定律。

- 1 如果没有外力作用，一个物体将保持静止或匀速直线运动。

- 2 如果一个拉力或推力作用在一个物体上，它将改变物体的速度或速度的方向。
 - 3 如果一个物体对另一个物体施加力的作用，那么它将受到等量的反向的力的作用。
- 这些定理控制一切，从曲棍球到赛车，从宇宙飞船到绕太阳运动的行星。

114 在 20 世纪初期，爱因斯坦又突破了牛顿的体系。在 1913 年，阿尔伯特爱因斯坦出版了他的狭义相对论。在书中，他表示牛顿定律在平时的低速世界里是适用的，但在高速世界里它就被破坏了，即当速度接近光速的时候。这个理论的一个基本假定是光速是不变的。光速与光源的运动速度和观测者的运动速度无关。这看似荒谬，但已经被大量的独立实验证实。并且它引出了三个与观测者速度相关的物理量---质量，长度和时间。举例来说，一个以接近光速的飞船朝你飞来的时候，它的质量变大，在行进方向的长度变短，并且飞船上的时间与停在你旁边的飞船相比慢很多。尽管同样的奇怪，但这也被证实了，并且应用于现实的计算中。

115 几年过后，爱因斯坦出版了他的广义相对论。广义相对论解决牛顿力学里引力的问题，并且指出一个物体影响它旁边另一个物体的运动，不仅仅是因为引力，它的质量也弯曲了它周围的空间。更进一步的还有，物体的质量不止影响空间，还会影响时间，使时间变慢。这同样使人很困惑，但这已经被证实是一个很有效的理论。

116 天文学的进步是很多人努力的结果。对于他的成就，牛顿说：“如果我比别人看得更远，是因为我站在了巨人的肩膀上。”比牛顿早的时代和晚的时代里都有很多科学巨人，你可以阅读他们的传记或书籍来了解我们这个神奇的宇宙。

第三章 月球：我们最近的邻居

117 荒无人烟的月球是我们宇宙中最近的邻居。月球的直径是 2160 英里，和美国东海岸到西海岸的距离差不多。这是一个没有空气没有水的地方（除了南极附近有少量的冰），从来就没有生命在这里存在过。地球和月球的平均距离是 238000 英里。

118 白天的时候月球上很热，而夜晚则很冷。一个行星或卫星的大气越厚，早晚的温差就越小。因为月球没有大气，平常的温度计在这里根本无法使用。在月球赤道上，中午的温度在华氏 210 度左右，然而在同一地点，午夜时的温度将下降到刺骨的华氏零下 250 度。

119 最典型的月球特征是环形山。月球上有数以百万计的环形山，大多数都是被小行星、流星和彗星撞击形成的。这些碰撞大部分发生在很久以前。还有一些碰撞现在仍在发生。月球没有大气保护，所以这些物体以几十英里每秒的速度无阻力的撞到月球表面上。许多环形山都能用小型望远镜观察到。环形山有很小的，也有直径 100 英里的很大的。一些环形山的边缘有 20000 英尺高。

120 小的坑里有更小的坑.....一直到无穷多个。如果我们要数月球上到底有多少个不同大小的坑，我们能找到少量的大坑，但是我们能找到很多的小坑。原因是在宇宙空间里小体积的物体比大体积的物体多的多。另一个原因是不同大小坑是怎么形成的。简而言之，这不是一蹴而就的。首先形成的是当流星或其它物体撞击月面形成的初始坑。当撞击发生的时候，月球上的小块岩石被砸向初始坑的各个方向。这些小块物体再次撞击月面，形成第二次的撞击坑。碎片再次被抛出去，重复前面的过程就形成了更小的坑.....

121 一些月球坑放出明亮的光。像第谷和哥白尼这样的月球坑放射明亮的光线，远到几百英里长，就像是轮子。这种装饰性的效果是月球坑形成的时候被抛出去的浅颜色的物质造成的。放光的坑是新形成的，随着时间的推移，它们将因为月球昼夜的温差，和月面的扩张和收缩而逐渐消失。

122 研究月球特征能帮助我们判断它们相关的年龄。一些环形山有尖锐的，明显的轮廓。其他一些则呈现出破碎的轮廓，前者是新形成的，而后者显示了流星碰撞时的信息，也能显示因为昼夜巨大温差而造成的固体扩张与收缩而导致的一种叫月球“侵蚀”的相关信息。有时候我们看到两个环形山有些部分重叠在一起。一个环形山穿过了另一个的边缘或者在另一个的内部，很明显这个陨石坑是新形成的。

123 如果你有 20/20 的视力，你能裸眼分辨出月球的一个环形山。正如你所想的，你裸眼能看到的那个就是月球上最大的环形山，它叫格里马迪。它暗色的基底使它能在周围浅色的环境中被分辨出来。如果你把一轮圆月想象成一个表盘，在九点方向月球的左边缘你就能找到它。它看上去是一个小的暗的椭圆，但实际上它的直径超过 100 英里。

124 地球经受的撞击远比月球多得多，然而只有很少的陨石坑。因为具有更大的质量和体积，地球在它的一生中将比月球吸引更多的流星。然而月球看起来才是一个真正的陨石坑世界，而地球则不是。地球的气候和地壳运动始终是使它变得平坦的方向努力，而月球则缺少这种力，所以它一直保持着它早年留下的伤疤。

125 月球也有范围很大的山脉。月球有一些山脉，亚平宁山脉是其中最著名的几个之一。它的一些山峰比珠穆朗玛峰还要高。不像地球，月球没有盘状构造也没有风或雨的侵蚀，因此一旦山峰形成，除了碰撞造成的粉碎，高度一般都不会改变。

126 月球也有被称为“海”，“峭壁”，“河”的特征。月海不是实际的水体，而是大范围绵延数百英里的暗色的固化的互相连接的平滑的熔岩链。在别处，我们找到了数十英里高的峭壁和蜿蜒的叫做“河”的谷地。“河”可能是月球表面下熔岩的通道塌陷造成的。

127 月球的表面不同的区域呈现不同的亮度。即使是用眼镜或裸眼看上月亮一眼，你也会发现月面各个地方的亮度不是一样的。月球某种程度上是杂色的。浅色区是月球上的高地。大多数这样的区域都是多山的或遭受严重撞击的地区。

128 月球也有暗区。月球上的黑暗地区形状大多数都是圆形的，就是俗称的“月海”。这个名字能回溯到早些时候，那时候平坦黑暗的外观让一些天文学家猜测它们可能是水体。今天我们意识到它们是从月球演化早期，从表面下很深地方涌出、留向洼地的相当大的固化熔岩链。月海这个词现在仍在使用，然而它们大多见于诗句，就像“平静的海”，“云海”。

129 是什么造成了“月球人”的幻觉？浅色的高地区域和深色的熔岩链（月海）的相互影响创造了所谓的月球人。两个月球的熔岩链，“平静海”和“宁静海”（太空人第一次在月球着陆的地方）构成了左眼，而“雨海”则构成了右眼。亚平宁山脉构成了鼻子，其他一些聚集在一起的链，其中包括“蒸汽海”弯曲成了人的小嘴。许多不同的文化把亮和暗的区域用其他的方式来解释，于是就有了“嫦娥”，“月兔”甚至是“月雾”的叫法。这些都使得月球看起来像一种宇宙的罗夏(墨迹)测验。

130 月球有定期的月相循环。每 29.53 天月球完成一次月相的循环。这个循环的主要的点分别叫做“新月”，“娥眉月”，“上弦月”，“盈凸月”，“满月”，“亏凸月”，“下弦月”和“残月”。循环的起点是“新月”。

131 什么是渐满的月亮，渐亏的月亮？当月球渐满的时候，它每晚都比前一晚变得更圆。当月球渐亏的时候，它每晚都比前一晚亏得更多。在新月和满月之间，月亮渐满；在满月和新月之间，月球渐亏。

132 你可以通过每晚的观察看到月相循环变化的过程。除非日食，否则我们看不到新月。因为在这个月相的时候，月球处在地球和太阳之间，所以太阳照亮的是月球背向地球的一边。新月过后的几天内，我们将在日落后西方的天空中看到细细的渐满的月亮，这是“娥眉月”相。之后每晚月亮都变得丰满一些，直到新月之后的一个星期多一点的时候，我们将在南天正好看到月亮右边的一半。这叫做上弦月，月球完成了月相循环的四分之一。过了这一晚，月亮变得更圆，形状开始变得像一个鸡蛋了。这叫做“盈凸月”相。新月过后的 15 天再多一些的时候，从地球上看来，月球正好在太阳的相反的一边，这时太阳照亮了月亮的整个半球，我们看到了“满月”。在接下来的两个星期里，月球从“盈月”相——从越变越圆变成越变越不圆的“亏月”相。从这天开始，我们将看到一个越来越小的月亮。首先是月亮左半边越来越平的“亏凸月”相。新月过后的三个星期多一点的时候，我们看到了被太阳照亮了左半边的月亮，这时我们经过了月相循环的四分之三，它叫做下弦月。在月相循环的最后几天，

月亮变得越来越细，这就做“残月”相，我们在黎明前可以看到它。最后它又来到了下一个新月的位置。

133 你能通过一个球和灯的关系来理解月相是怎样变化和为什么变化的。理解月亮是怎样进行月相循环和为什么进行循环的是一件很有意思的事情。在一间黑暗的屋子里通过一个球和一盏灯你就能马上证明给自己看。你所需要的仅仅是一个球（任何大小的都可以）和一个能造成尖锐阴影的无影灯。把灯放好然后打开，使灯泡与你的肩膀同高。关掉屋里的其他灯。把球拿在手，身体离灯要有一定的距离。灯代表太阳，球代表月亮，你的头就代表地球。把手臂向前伸直，把球举到与肩同高的位置。然后你开始缓慢的转圈，同时保持刚才的姿势。当你旋转的时候，你将能看到球类似于月亮的像的变化。实际上灯，你的头和球的位置关系就是太阳，地球和月球的位置关系。当你把球拿到你和灯之间的时候，你将看到球切断了来自于灯的光线，形成了“日食”。当你正好处在灯和球之间的时候，你头部的影子落在了球上，形成了“月食”。这样的实验很有趣，一定要试一试！

134 明暗界限在日出和日落时在月球上留下晨昏界线。当月亮渐满的时候，明暗界限将出现在日出的方向。每晚都用望远镜观察，你将能看到这条线逐渐向西移动。，就像地球上一小时一小时的流逝。当月亮逐渐变小的时候，明暗界限出现在日落的方向。每晚观测，这条线逐渐向西移动，并且吞噬更多的月面使月亮越变越小。

135 当月亮渐缺的时候，地球反照是一个相当美丽的现象。在新月的前几天或后几天，月亮在天上相当的小，但是当你用双眼仔细观察的时候，你将来看到被地球影子遮住的部分仍然隐约可见。这种现象就叫地球反照。是太阳光照在地球上然后反射到黑暗中的那部分把月亮照亮造成的。当提及在黄昏出现的娥眉月时，这样的现象有时在诗里叫做“旧月亮在新月亮的怀抱”。

136 如果你知道正确的位置，你能经常在白天看到月亮。当月亮由亏转盈，它在日落前升起，所以至少在下午的时间里看到它。当娥眉月时，你将在快到晚上的时候，在西南方天空中找到它。上弦月可以在下午的东南或南方的天上找到。盈凸月在一天的晚些时候可以在东方或东南方向找到，它十分明显。在满月过后，月亮在日落后升起，在日出后落下。所以在早上西方的天空中可以看到亏凸月。下弦月在一天中早些时候的南天可以找到。残月基本上就在太阳的方向。

137 我们在地球上看到的总是月球的同一面。月球总是以同一半球对着地球。这意味着我们看到的总是同一个月面。如果你在新月的时候发射强大的探测光照亮月面，你将发现它和满月的时候是一样的月面。

138 月球没有黑暗面。这是一张经典的摇滚唱片的名字，但据记录，没有月球的黑暗面。月球确实在任意时间总有半球处在黑暗的状态当中，但是当它绕着地球转的时候，它的面就被太阳照亮，而且这些面是不断变化的。这一时刻处在黑暗中的面将在两个星期后被照亮。

139 随着时间的流逝，月亮展示给我们的不止半个月面。当月亮以同一个面对着我们的时候，它的转动轴有微小的震动。这种振动是天平动。这使我们能交替的看到它的东边缘和西边缘。而且因为月球绕地球转的轨道和地球绕太阳转的轨道有一定的倾角，我们有时也能瞥到它的上下两极。总之这让我们看到了 59% 的月面，而不是 50%。

140 月球朝向地球的一面和背向地球的一面有很大的不同。朝向地球的一面既能表现光又能表现阴暗，而背向地球的一面则有很少的阴暗区，更多的坑和高地。没有人知道这是为什么，但是大撞击可能开始的时候只发生在一个半球。猜测这和地球有一定的关系可能很有诱惑力。但是大撞击可能发生在月球减慢自转，使一个面朝向地球之前。

141 月亮在地平线的时候看起来比在空中的时候大。从学术角度讲，月亮在地平时比升上天空的时候距离地球要远上 4000 英里。但是一个升起的满月确实会看起来很大。这种涉及月球幻想的现象更多地来自于心理。这种幻想是大脑首先把从地平升起来月亮想象成月球变得越来越远的思想放进了去，意识将不同程度的影响前景物体造成错觉。这种离奇的东西没有一种解释得到了公认，但是下一次你看到满月刚刚升起的时候，不要说它比升上去的时候大，这只是个幻觉。

142 满月总是当太阳在西边落下的时候从东方升起。当满月的时候，月亮在空中的位置总是和太阳反向。正因为此，满月总是在太阳落下西方地平的时候在东方升起。当月亮在第二天早上从西边落下的时候，太阳正好从东边地平升起。

143 满月会很亮，但是...月亮在天上可以很亮，但事实上它是一个很暗的物体。它的大多数岩石和土壤是灰色的，月亮只反射太阳照到它上面的大约百分之七的能量。其他行星的卫星大多数都反射太阳照在它们上面的百分之八十的能量，因为它们是由大量的冰构成的。我们可以想象一下，如果我们也有一个冰月亮绕着我们转，我们的夜晚将会多么明亮啊！

144 在谈论月球或其他行星及其卫星的亮度的时候，天文学家常用一个叫“照度”的词。一个物体的照度就是该物体反射或散射太阳辐射的百分比。所以我们可以说月亮的照度是百分之七。而外层行星的卫星的照度通常是百分之八十。

145 不同的满月以不同的路径穿过空中。因为地球的转轴与它的轨道有一定的倾角，而月球绕地球的轨道也有一定的倾斜与地球绕太阳的轨道也存在倾角，所以月球以不同的路径经过空中。在中纬度地区寒冷的冬夜里，满月能爬到中天，而夏天刚开始的时候它只能很低的划过南天。在一些地区，在一年的雨季里我们将透过很多水气看到这个六月份的月亮。水气散射掉蓝光和紫光，这样月亮看起来是桔黄色的。毫无疑问这样的“蜜月”与一年中结婚的传统有关。

146 我们“月份”的说法就衍生于“月”。月相变化一圈就是一个月，这一点都不奇怪。这变成了一样很方便的计算时间的方法，并且存在于很多文化之中。

147 许多美国的本土文化给一年中不同的满月取了不同的名字。在许多名字中，常见的有如下一些：

一月份：Old Moon

二月份：Snow, Hunger, or Wolf Moon

三月份：Sap or Crow Moon

四月份：Grass or Egg Moon

五月份：Planting or Milk Moon

六月份：Rose, Flower or Strawberry Moon

七月份：Thunder or Hay Moon

八月份：Green Corn or Hay Moon

九月份: Fruit or Harvest Moon

十月份: Hunter's Moon

十一月份: Frosty or Beaver Moon

十二月份: Long Night Moon

148 因为在天空中的位置, Harvest Moon 真的对农民收庄稼有帮助。因为月球的轨道面与地球的轨道面存在倾角,所以在一年中月亮升起来的时间会不太一样。春天刚刚到来的时候,月亮每天都会比前一天正好晚升起一个小时。然而,在秋天刚开始的时候,情况正好反过来了,月亮好几个晚上都在同一时间升起。这个“Harvest Moon”在太阳从西边落山的时候,在东边给农民们一个光的延迟效应,而这个时候正好是一年中农民花最多时间收庄稼的时候。

149 每年“Harvest Moon”的日期由另一个天文事件决定。“Harvest Moon”是接近秋分点的满月,换句话说它出现的时间最接近秋季的第一天。因为秋季的第一天是9月22号或9月23号,而满月通常发生在这个日期的前半个月或后半个月。“Harvest Moon”可能在9月7号到10月7号之间的任意一天出现。史蒂夫万德的歌《I just called to say I love you》有一句歌词是这样的:“No harvest moon to light one tender August night”这是一首好听的歌,卖出了几百万的唱片,但是按照资料的记载,Harvest Moon是不可能出现在八月的。

150 今天的许多风俗仍然用阴历来定宗教节日和一些严肃事件的时间。中国人,印度人,犹太人,穆斯林和其他一些种族的人仍然在用阴历。拿穆斯林的斋月为例,它是第一眼看到娥眉月的时候开始,到下一个娥眉月为止。同时犹太人的盛大节日逾越节甚至是今天的复活节也由月亮决定。复活节的日期每年都不同,但是总是在春分和第一个满月后的第一个星期天。复活节和逾越节通常在一年中的同一时间到来。

151 用望远镜观察月亮最差的时间就是满月的时候。满月很浪漫,但是当用望月观测的时候却很令人失望。当满月的时候,月亮表面的中心地带正在经历正午(被太阳照出的影子最短)。因为没有阴影把月球的地形显示出来,所以月球的表面几乎没有什么特征。用望远镜观测月亮的最佳时期是靠近上弦月或下弦月的时间的时候,那时候月球坑和环形山呈现出浮雕式的效果。尤其是沿着月球平坦的边缘,它们将投出很显著的长长的影子。

152 月亮整晚都在天上的理念一个月只出现一天。这个夜晚就是满月的那个夜晚。大部分时间我们只能看到月亮的一部分,而且四分之三个月是这样的。在月相是新月的时间的附近,天上根本看不到月亮。如果你在任意晚上的任意的时间出去,你将有只有一半的可能性能找到月亮。

153 有两种“蓝月亮”。从一个满月到下一个满月的时间是29.53天。这就意味着除了2月份,如果满月发生在一个月的最开始,我们就将在这个月里看到第二次满月。一个月里的第二次满月就叫做“蓝月亮”。平均来说,蓝月亮两年半到三年出现一次。所以如果你想知道“once in a blue moon”的事件的频率,两年半到三年的时间就是你答案。当然,“蓝月亮”不是看起来是蓝色的,它只是个名字而已。那么月亮能有一个蓝色的影子吗?答案是肯定的。生火出来的烟和火山爆发时喷出来的烟都可以散射月亮上来的红色和橙色的光,这样月亮看上去就穿上了蓝色的外套了。

154 月球绕地球转的轨道不是一个规则的圆。像所有其他的天体，月球的轨道是一个椭圆。在历时一个月的轨道中，它与地球间的距离在 221460 到 252700 英里之间变化。近地点和远地点在轨道上缓慢的移动，所以的月相不是与一定的距离有联系的。所以，有的满月的时候，月球离地球近些；有的新月的时候，月球离地球近些。一套精心拍摄的关于月球的照片显示月球的大小在随距离发生变化。

155 月食的原因是什么？月食发生在地球，月亮和太阳在一条直线上，并且地球处在它们中间的时候。当月食发生的时候，月球正好通过地球在空间投下的影子，并且我们看到这个影子缓缓的从月球表面爬过。所以月全食只有在满月的时候才出现。但月全食不是每个满月的时候都发生。这是因为月球绕地球转的轨道与地球绕太阳转的轨道有一定的夹角。这使得一些满月的时候，月球刚好从阴影的上面或下面通过。

156 月食的现象证明了地球是圆的。地球上不同纬度的人可以看到相同的月食，并且可以看到地球投在月面上的影子是圆的，尽管在不同纬度的人在月食时看到的月亮在天空的不同位置，但这种情况说明地球只可能是圆的而不是平的。实际上这个争论早就在公元前 350 年的时候被古希腊哲学家亚里士多德证实了。在哥伦布时期，除了哥伦布每个人都相信地球是平的。

157 月食可以有全食和偏食。地球的影子由全黑的本影区和灰色的半影区组成。当月球全部进入本影区的时候，月全食就发生了。如果月球只有一部分进入了本影区，那么将发生月偏食。当月球进入了半影区的时候，也将发生月食。只不过半影区比较微弱，效果不太明显罢了。

158 当月食发生的时候，地球同一边的人都能看到。因为地球上一半的地区在黑夜的时候在任何时间都是黑的，当月球进入地球影子要发生月食的时候，地球上处于黑夜的那个半球都面对着满月。所以，只要天气允许，成千上万的人都能在同一时间看到月食。

159 你很容易就能想到可观测的月食比它们实际发生的时候少。除非你故意满世界的跑，在正确的时间到达正确的地点。否则你看到的月食的次数比它实际发生次数要少。因为月球在进入地球的影子要发生月食的时候，你必须在地球上是在黑夜的那个半球才可能看到月食。所以有时月食发生时我们处在黑夜，这样我们可以看到；而有时我们正在白天看不到。这意味着地球上另半边的人代我们享受了一次月食。

160 有些时候月食很暗，有些时候很亮甚至是有颜色的。在一些情况下，月全食会很暗，以至于在天上我们根本看不到它。但有些时候它是可见的，甚至是它在通过本影的中心区域时。那时它呈现出红色或者古铜色。这些现象与月球无关，而与月食发生时地球大气的状态有关。阳光穿过环绕地球的大气照到月球上，地球的大气散射掉太阳发出的蓝光和紫光而允许红光和橙色光通过，它们照到月球的表面上，其中的一部分再被反射到地球上，所以全食时的月亮有时看起来像个缓缓燃烧着的灯笼。在大型火山活动的时期，地球的大气中就有大量的灰尘和烟，这些颗粒吸收所有的太阳光，所以它们能使月全食时的月亮看起来很暗。

161 月食可以持续很长时间。当月亮只有一部分经过本影区的时候，这使得月食是一个相当短的过程。但是因为地球本影的直径是月球直径的两倍还多，而且半影区也在本影区旁边，所以月全食从开始到结束可以长达五小时（全部在本影区可以持续 2 小时）。

162 观测月食是安全的。不像是观测日食，月食的观测不会伤害你的眼睛。毕竟看满月是安全的，而且它很久以前就被无数对恋人们凝望过。月球通过地球的阴影，很少的光能射到你的眼睛里。双眼和望远镜改善了观看月食的效果，并且有时使处在地球阴影里月亮呈现出的细微的颜色。

163 潮汐由太阳和月球引起。月球引起了潮汐，这是普遍的观点。但实际上，太阳在其中也扮演了角色，虽然只是很小的影响。尽管日地距离远大于地月的距离，但太阳的巨大的质量仍然产生了显著的引力影响。

164 每天发生两次潮汐。在地球上同一点每天发生两次潮汐。这是因为月球使地球升起两个大水球——一个面对着月亮，另一个正好背对着月亮。地球在这两个潮汐球下旋转，每转一次产生两次潮峰。在两个“水峰”正中间的地方有两个相对应的槽，形成两个低潮。所以，在高潮中间与之相对应的低潮每天也伴随出现。高潮和低潮的出现的次数每天都会有一些改变，因为月球一直在自己的轨道上前进。当月亮升到很高的时候，每天都会提前一点。

165 面朝月球方向的潮汐球很好理解，但在相反方向为什么会有潮汐球有些令人费解。理解为什么在相反方向会有潮汐球的关键在于是什么引发了潮汐。大多数人认为月球的引力引起了潮汐，但是这不完全正确。真正的原因是因为月球对地球前面和后面引力总量上的不同造成了潮汐。月球对地球的引力作用与地月之间的距离有关。地球上的近月端比远月端距离月球近 8000 英里。这就意味着月球对地球的近月端的引力最大，而对远端的引力最小，地球中间的部分受的力在最大力和最小力之间。月球把地球面向它这边的水向自己的方向吸引，形成了面向月亮的潮汐球。下面是一个很有意思的地方，就是月球对地核的拉力作用比对远端要强，所以地核就被拉向远离远月端的水体，这样就形成了第二个潮汐球。

166 涨潮和落潮是宇宙的拔河比赛。当月球，地球和太阳拍成一条直线的时候（这时是满月或者是新月），月球和太阳在同一条直线的相反方向吸引着地球，这样的作用增强了潮水，叫做涨潮。在地球上，当月球和太阳之间呈直角关系的时候，它们互成角度的引力使得潮水减小，这叫做落潮。

167 尽管影响潮汐的主要是月球，但认为月亮也会使人类产生潮汐，并且影响人类的行为是错误的。理解这个经常被人们误解的理念的关键在于潮汐是月亮对近月端和远月端的作用力不同产生的。对于地球来说，这个引力上的差异会很明显，因为地球的直径差不多只有 8000 英里，所以近月端比远月端距离月亮要近 8000 英里。对于人类来说，身高平均不到 6 英尺，大约只有 1 英尺宽。所以对你从头到脚的影响，左肩到右肩的影响都是微乎其微的。人体内部的力是这个吸引力的好几百万倍，所以察觉不到月球对人的作用。

168 但是真的没有证据证明月亮从一个满月到下一个满月的时间与人的生理周期没有任何关联吗？是巧合而没有影响。毕竟很多的物种都显示出生理周期，但是只有一些与月相的变化周期相近。并且对于人类的生理周期，每个人都有显著的不同。更进一步说，每个女人的月经周期都和其他大多数女性不同。所以也许一些女性看起来月经期与月相的变化有关，但大多数都不是这样的。

169 许多产科的大夫和护士都声称出生率和一胎多生在满月的时候都明显上升。这是一个有

趣的事情，并且你可以对此进行实验来看看是否是这样的。在数年前的一次研究中，加州理工大学的天文学家乔治阿贝尔博士决定找出答案。过去的几年中他查看出生记录并且记录月相变化。那么结果呢？无论如何也没有关联。看来人类是一种有趣的动物。

170 一些人提出在满月前后的几天是暴力犯罪和不正常行为的高发期。同样的，运用大量数据研究的时候，大多数关于这种情况的科学实验显示这其中并没有什么关联。在这种情况下，我们必须区别月亮真正的影响和人们乐于相信月亮对他们行为确实起作用的影响。简而言之，如果一个人非常相信满月对他或她的行为有强烈的影响，那么他或她的行为就非常可能存在一些异常。还有一点非常重要，就是我们要区别月亮的力量和人类意识的力量。一个伟大的哲学家如是说：我们看到一种现象，它就是我们自己。

171 月球很可能是地球被空间中的巨大物体碰撞后形成的。在我们了解板块构造论（大型地壳的运动）之前，一些人注意到，月球和太平洋的大小差不多，并且开始推测月球可能就是原来地球上的这个部分。其他人推断月球于早期太阳系的其他地方形成，在靠近地球的时候被地球俘获。今天掌握的最普遍的理论则认为在太阳系的早期，一个火星大小的物体与地球发生了一次猛烈的碰撞。物质被驱散，并在地球周围形成了一个环，最后结合成了月球。但那个时候的地球仍处于熔融的状态。

172 月球在过去经常受到撞击。月球的历史很悲壮！月球由气体云和尘埃在 46 亿年前构成。当月球固化的时候，小型的空间碎片不停的被吸入。在 39 亿年前到 42 亿年前的这段时间中，这个大碰撞时期产生了我们今天看到的月球表面的坑。38 亿年前，月球中心的放射性物质引起了内部的加热，并且使月球变成熔融状态，引发了月球表面的火山爆发。熔岩流到月球表面，它们流向地势低盆地，形成了月海。31 亿年前，火山活动期过去了，熔岩固化了。除了偶然的流星碰撞，月球就变成了我们今天看到的样子。

173 月球内部是多块状的。当飞船第一次被送到空间去环绕月球的时候，科学家们注意到飞船在特定的点被意外的减速或加速。科学家们当即推测速度的变化是由于大密度的流星体碰撞月球并且深入了熔融状态的月球。高密度的地方在它的周围产生了更强一些的引力，这样飞船就被加速了。对月球探测器运动的认真计算使得科学家们可以准确的描述出月球内部看不见的部分的质量分布。

174 月球的内部还可以通过阿波罗宇航员留在月球上面的测震仪来进行研究。近 10000 次的月震被探测器记录了下来。一些是因为物体高速撞击月球引起的，但绝大多数还是因为地球潮汐力引发的月球内部的变化。大部分的月震发生在月面以下 400-750 英里。在这个深度下面是大多数科学家认为还处于熔融状态的月核。在月震区的上面是月球的覆盖物和月亮。月亮的平均厚度只有 45 英里。

175 先后一共有 12 位宇航员在月球表面行走过。只有 12 个人在另一个世界留下过脚印。他们每两人一组，共 6 组，通过阿波罗计划 11 到 17 驾驶飞船在月球降落。本来会有更多的着陆计划，但是它们被美国国家航空和宇宙航行局（NASA）取消掉了。不走运的阿波罗 13 只绕着月球转了几圈而没有成功的着落，像有名的同名电影中描述的一样。一些苏联在冷战时期保密的资料表明：苏联也曾尝试把宇航员送到月球附近，但由于各种原因，这些计划在实施前都夭折了。

176 宇航员总共从月球上带回了 381 千克（840 磅）的物质。这些物质尺寸迥异，大到人的头颅，小到尘埃颗粒，并且来自月球上从平原到山地的广袤地域。带回的岩石中，最年轻的只有 31 亿岁，而最老的已有 44.2 亿岁，接近太阳系自身的年龄。

177 月球上岩石的年龄一般比地球上的大。月球在 31 亿年前地质已经不活跃了，许多区域已经不再活动。与之对比，那时地球上火山仍十分活跃，地壳运动直到现在还未停止。因此，地球上的岩石年龄大都远小于 30 亿年，月球上的岩石年龄大都在 40 亿年左右甚至更多。这样一来，研究月球上的岩石，而不是地球上的岩石，可以使我们了解太阳系早期的历史。

178 从月球上带回的岩石与地球上的岩石之间的异同。从月球上带回的岩石的类型都是地质学家所熟悉的。在阿波罗宇航员探测的谷底和高地上，找到了角砾岩，即不同类型的岩石在压力作用下“焊接”在一起的混合物。在谷底找到的岩石多是玄武岩，一种含有金属和硅酸盐的颗粒状岩石。

分析月球的岩石可以得出：虽然月球岩石样本中不含水，而含有大量铀、钍等地球上的稀有元素，但地球和月球在化学成分上是相似的，至少在表面上是的。也许有一天，在月球上采矿从经济上来看是可行的。

179 月球表面重力加速度是地球表面的六分之一。因为质量远小于地球，月球表面的重力加速度也远小于地球。一个在地球上重 100 磅的人在月球上重还不到 17 磅，这是由于月球对人的拉力是地球对人的拉力的六分之一。宇航员利用一种漫步兼跳跃相结合的方法来使自己在月球上尽快的移动。如果不是身上宇航服的影响，他们能够跳得比地球上高六倍，远六倍。让运动员们穿上灵活的服装，在月球上举办奥林匹克运动会，一定会被录入吉尼斯世界纪录！

180 在月球上从同一高度放下一把铁锤和一片羽毛，他们将同时着月。如果你现在在身边做这个小试验，很明显，铁锤先着地，因为羽毛表面积与重量之比远大于铁锤，它在下落时受的空气阻力使羽毛减速快。在月球上，没有空气的存在，铁锤受的力比羽毛大，但这个力正好使惯性大的铁锤具有与惯性小的羽毛一样的加速度。惯性取决于物体质量的大小，是表征使物体运动或静止的难度。例如一辆凯迪拉克车的质量比曲棍球大，使凯迪拉克从 0km/s 加速到 60km/s 远比曲棍球难，再使它停下也比曲棍球难。虽然月球上铁锤受的力比羽毛大，但这只能使具有和羽毛一样的加速度，因此铁锤和羽毛将同时着月。

181 从月球上看地球，将会看到类似月相圆缺变化的“地相”。与从地球上看见月相变化的原因一样，从月球上看地球，地球也会有“地相”变化。而地相与月相正好互补。换句话说，当我们看到满月时，月球上的宇航员将看到新月状的地球；当我们看到四分之一月亮时，宇航员将看到四分之三的地相。当然，从月球上看到的地球比从地球上看到的月亮大四倍。

182 月球正逐渐远离地球。虽然月亮围着地球转，但它以每年一英尺的速度远离我们而去。

第四章 我们的生命之灯——太阳

183 太阳是一颗十分普通的恒星。太阳只是浩瀚宇宙中无数恒星中的一颗，很多恒星与太阳类似，但也有一些恒星较之太阳而言或大或小，或冷或热。总之太阳是恒星中适中的一颗。

184 太阳从东方升起，从西方落下，这样的情况一年只有两天。问一个人早上太阳从哪儿升起，他或者她通常会回答：从东方升起。同样他或者她通常也会说：晚上太阳从西方落下。事实上，一年中只有两天，太阳是从正东方升起，从正西方落下，即春分和秋分。从春分到秋分，生活在北半球的人看到太阳从东偏北的地方升起，从西偏北的地方落下。在夏至时这种现象尤为明显，太阳从东偏北最大的方向升起，从西偏北最大的方向落下。从秋分到春分，生活在北半球的人看到太阳从东偏南的地方升起，从西偏南的地方落下。在冬至时这种现象尤为明显，太阳向南偏离得最远。生活在南半球的人看到的情形与我们正好相反。

185 太阳在黄道上运动一周的过程就是我们经历一年的过程。正如一年中太阳的升降方向不断变化一样，每天同一时刻太阳在天空中的位置一年中也不断变化。夏至日，当太阳从东偏北最大的方向升起，从西偏北最大的方向落下，太阳在天空中走过了一年中最长，最高的轨道，因此夏至日是一年中白天最长的一天。相反，在冬至日，当太阳从东偏南最大的方向升起，从西偏南最大的方向落下，太阳在天空中走过了一年中最短，最低的轨道，因此冬至日是一年中白天最短的一天。在春分和秋分日，太阳走过了长短，高低适中的轨道，因此这两天昼、夜一样长。

186 春分和秋分是由单词“equinox”翻译过来的。“equinox”来自拉丁语，意思是“相等的夜晚”。现在的意思与此略有不同，它也用来指一年中昼夜相等的那两天。

187 夏至和冬至是由单词“solstice”翻译过来的。“solstice”来自拉丁语，字面意思是“太阳停止不动”。这需要解释一下，每个人都知道太阳不可能在天空停止不动，这里的“solstice”是指这样一个现象：每年从冬至到夏至，太阳一天内在天空中的轨迹越来越长，越来越高，到夏至时，太阳在天空中的轨道达到最长，最高，即太阳往北的运动趋势停止了。与此类似，每年从夏至到冬至，太阳一天内在天空中的轨迹越来越短，越来越低，到冬至时，太阳在天空中的轨道达到最短，最低，即太阳往南的运动趋势停止了。

188 许多文明都与太阳在天空中的位置和轨迹密切相关。在索尔兹伯里平原上，在新石器时代竖立的史前巨石柱至今已有三千多年的历史。今天，这些史前巨石柱仍然十分准确的标志出太阳在分点和至点升起及落下的方向。一千年前，有个本土的美洲人定居点科胡基亚，在密西西比河岸靠近今天圣路易斯的地方。今天科学家在那里的地面上发现这儿曾有一圈木桩。直到今天，霍皮人（美国亚利桑那州东南部印第安村庄居民）和安第斯山脉的土著人仍用平顶山和山峰记录下太阳升起及落下的方向。他们之所以这样做，实际和精神上的原因都有。太阳在天空中位置的变化即反应了天历，又告知人们何时耕种，何时收割以及何时举行重大的宗教仪式。

189 太阳的轨迹在天空中的变化是由于地球自转轴的倾斜造成的。当地球绕太阳公转时，地轴始终与轨道面保持倾斜。在夏至日的北半球，倾斜轴偏向太阳，因此太阳在天空中的轨

道达到最高。六个月后，在北半球，倾斜轴偏离太阳，太阳在天空中的轨道达到最低。而在春分和秋分日，倾斜轴即不偏向太阳又不偏离太阳，所以太阳在天空中的轨道高低适中。

190 以地球为标准，太阳比地球大的多。我们见到的太阳，直径有 864,000 英里，如果把太阳比作一个金鱼缸，则需要 1,000,000 颗地球大小的大理石才能填满。

191 太阳的化学成分十分简单。太阳包含了宇宙中所存在的大部分元素，但太阳主要是由最简单的元素氢组成。实际上，氢和氦组成了太阳质量的 99.9%，其它的氧、碳、氮、铁等元素只占 0.1%。

192 我们见到的太阳的表面实际并不是一个面。在我们看来，太阳似乎有一个固体的表面，并且有一个可测的边界。真实情况是：太阳是一个由气体组成的球体，没有固体的表面。我们看到的边界，只是由于在那儿，太阳气体的密度下降到使光透明的程度。在这个密度之上，太阳是不透明的，因此我们看不到太阳内部。虽然我们现在了解到这些，但天文学家仍然把这一不透明的边界当作太阳的“表面”，称作光球层。顾名思义，在光球层内，太阳放出的光子可以最终到达我们的眼睛。

193 太阳中心看起来要比边缘亮。这一现象称作暗晕，是由于我们看的太阳中心比边缘更厚，并且温度也更高。

194 太阳的颜色可以告诉我们它的表面温度。如果我们把一根铁丝伸进火炉里，烧几分钟后拿出来，会发现它发出暗红色的光。此时测量它的辐射温度，大约 5,000 华摄氏度。如果我们把它放进火炉多几分钟，再拿出来，发现它发出亮黄色的光。此时测量它的辐射温度，大约 11,000 华摄氏度。此时铁丝的颜色与太阳十分接近，太阳表面的温度也大约是 11,000 华摄氏度。与此类似，其它恒星的颜色也暗示出各自的表面温度。如红星温度较低，蓝、白星温度极高。

195 太阳表面是有斑点的。望远镜观测的图像显示，太阳的斑点好像镶入水泥地上的鹅卵石一样。这是因为我们看到许多气体单元的顶部，这些亮的区域与德克萨斯州大小相仿，是热气流喷射上升的区域。而暗区域是冷气流下沉的区域。因为表面斑点的现象与米汤相似，我们又称其为粒状亮斑。

196 太阳的斑点聚成一团。通过研究太阳表面的大尺度运动，我们得出：斑点聚成巨大的、粗糙的多边形区域。物质常从区域中心涌出，向各个方向流动，在边缘又沉落。该区域常延绵到 20,000 英里，我们又把它叫作超大斑点。

197 太阳表面还有黑子。中国的天文学家早在公元前两个世纪就记录下太阳表面的黑子。而在西方，1800 年后才由伽利略通过望远镜观测到黑子。我们今天已经知道，黑子是太阳表面有强磁场限制和热气体减速的地方。气体减速导致温度下降，这一区域就更暗，这是对比而言的。如果我们把黑子挖下来，放到夜空中，它将比最亮的星还亮。黑子中央黑影部分被称作暗影，黑子周围较浓的浅灰区叫作半影。

198 黑子的出现、消失有周期性。在十九世纪中叶，一个业余天文学家 Samuel Heinrich Schwabe 发现太阳表面的黑子数不是常数，而是由少到多又到少，有个周期。平均下来大

约 11 年一个循环。最初，黑子出现在每个半球纬度 30 度的地方，接着黑子增多，向赤道蔓延。最后黑子变少，在纬度 5 度的地方消失，如此周而复始。最近一次的黑子最多时是 2001 年，预计下一次在 2012 年。

199 黑子成对出现。因为黑子是自然磁场形成的，而自然界的磁场成对出现，因此黑子也成对出现。若一个黑子是正极，那么另一个为负极，正如磁铁的两端。我们可以把黑子对看作放在太阳表面的蹄形磁铁。

200 黑子常聚成一团，整体上表现出磁性。这些团簇可以由两对或更多的黑子组成。如果团簇的一端是一极，相对的一端是另一极。如果太阳的北半球是正极，则在南半球的一端为负极。

201 太阳的磁极在每个黑子周期颠倒一次。每 11 年，太阳的两极磁性颠倒，整个太阳的磁性也随之颠倒。因此，从磁性的角度来考虑，黑子周期应为 22 年而不是 11 年。

202 黑子可以很大。很多黑子达到了地球大小，黑子团簇能在太阳表面绵延 100,000 英里。

203 部分人认为太阳黑子数量的变化能影响地球的气候。天文历史记录显示：从 1645 到 1715 年间，黑子数量相对较少。气象记录显示：同一时期欧洲大部分地区的冬天更长。这能说明问题吗？另有一些人，据称也找到树木年轮与太阳黑子周期的相关性。

204 最近科学家似乎发现了太阳黑子对气候的影响。斯坦福大学的 Sallie Baliunis 博士找到了依据：太阳黑子数与太阳释放出的总能量有关，进而影响到地球的气候。值得一提的是统计数据有偶然性，并被诸多因素所影响，因此不能提供直接的证据。当提到诸如太阳，地球气候等复杂问题时，统计数据都应该被深入研究。

205 日震。最近我们发现太阳表面的震动与闹铃或铜锣的震动相似。太阳表面能以几百天文学家了解了太阳的内部，类似于通过研究地震来研究地球内部结构。为了继续研究太阳的震动，1995 年建立了全球联合观测震动网络工作组，用分布在全球的 6 架望远镜连续的观测太阳的震动。

206 太阳表面经常发生强烈的爆炸。这种爆炸就是我们看到的耀斑，能在短短几秒内释放出上百万颗原子弹的能量。当耀斑发生时，太阳的大气层会被吹出一个巨大的洞，并发出十分强烈的光、电磁波，高能 X 射线及数以百亿计的带电粒子，这种现象被称作太阳风。当太阳黑子最活跃时，耀斑和太阳风也发生的最频繁最剧烈。

207 耀斑能引发地球上一些有趣的现象。从太阳吹向地球的带电粒子在几天内到达地球，这些粒子被地球磁场俘获，最后以几万英里每秒的速度坠向大气层，其结果产生了地磁暴；干扰地球的磁场，使指南针不停摆动，对广播也有影响；使输电线的断路开关受损；使地球两极出现极光。

208 我们所见的南、北极光是地球大气与太阳大气接触的结果。当太阳风吹出的带电粒子到达地球时，它们与地球周围油炸圈饼状的巨大磁场相作用，地球磁场使这些粒子改变方向并引导它们落到地磁场的南北两极，以接近光速的速度与地球的外大气层，撞向我们头上数

英里的氧和氮原子，当碰撞发生时，这些空气中的原子将会发光，这即是我们说的南极光和北极光。

209 极光有不同的种类和颜色。有时极光看起来是无定形的粉红色，在天空中一闪而过；有时极光看起来像窗帘或挂毯，在空中慢慢起伏，随风飘荡；有时极光仿佛是从高处喷出的一条辐射线。极光可以是白色、暗红色、桔黄色、绿色或蓝色，这取决于带电粒子自身的能量及撞击的空气中原子的种类。极光有时仅仅持续几分钟，有时却持续一整夜，这取决于太阳风的强度及持续时间的长短。

210 民间传说给出了极光颜色的许多解释。一些爱斯基摩部落认为极光是他们已故的祖先的灵魂在空中奔跑，用海象的头骨玩一种球赛；在古老的中国，极光的扭曲好像天上的龙在打斗；维京人认为极光是黑暗天空中的火炬发出的光，指引新的灵魂到达瓦尔哈拉殿堂。

211 一年中没有最适合看极光的时间。极光不会在一年中的特殊季节发生得更频繁。因为它是由太阳风引起的，所以极光的周期和强度与太阳黑子的活动周期相关。当太阳黑子活跃时，极光会更亮、发生更频繁，当太阳黑子不活跃时，极光出现的更少。下一次的黑子活跃期大概是 2012 年，届时将可能有南、北极光。

212 南北极光并不是在南北极方向发生更频繁。从太阳发出的带电粒子并不是被准确的引导到地球两极，而是围绕地磁的两极成环带状，极光就经常发生在这一环带上。以北极光为例，包括阿拉斯加，加拿大北部到接近东南部的地区及北太平洋，还有斯堪的纳维亚半岛的北部，俄罗斯北部。从人造地球卫星上看，极光像是围绕地球的一条光带，有极光的区域能膨胀或压缩，但在美洲大陆却不一样，在加勒比海地区等低纬度地区甚至也看到了极光，但这种现象毕竟很少。南极光经常发生在南极洲大陆外的环带上，因此不易被看到。

213 极光经常在两个半球同时发生。太阳风吹出的带电粒子撞击地球大气层时，他们受磁场力作用，在南北磁极间运动。这些粒子的速度极快，当他撞到阿拉斯加上空的氧原子，下一秒就已经撞到了南极洲上空的氧原子。因此，极光常常同时出现在两个半球，并且具有相同的形状。

214 极光发生在离地面 50 至 100 英里的空中。正是在这样的高度，从太阳发出的带电粒子最容易与大气中的氧和氮原子发生碰撞。从太空中看，这一说法是很有依据的。从宇航员偶然拍下的照片上看出，极光像是挂在地球上 50 英里高的窗帘。

215 一些其它的行星也有极光。一些有强磁场和大气层的行星也有极光。哈勃空间望远镜的图片显示，土星和木星有极光。旅行者探测器的数据显示，海王星、天王星很可能也有极光。

216 太阳上的“一天”时间不一样。与地球一样，太阳也有自转，但跟地球不同的是太阳不是固体，因此不同的纬度转速不一样，在太阳赤道，转一圈要 25 个地球日。纬度越高，转速越慢，在靠近两极的地方，转一圈要 31 个地球日。在地球上，在你南面的地点无论多久都在你的南面，但在太阳上，这不成立。越靠近赤道，转的越快，就会滑向东边。这是流体的情形。

217 太阳像是空间的一块巨大的磁铁。与地球类似，太阳内部好像有一个巨大的磁铁，这

磁铁产生了巨大的磁场，在太空中绵延数亿英里，并控制周围热气体的流动。每隔 11 年，在黑子活动周期的开端，磁场南北极会颠倒一次，而太阳自转轴保持不变。

218 太阳也有大气层。在太阳可见表面或光球层之外，有一个炽热的带电气体组成的大气。大气的内层叫色球层，因为这一层有粉红的颜色。色球层有 7000 英里厚，并且比光球层热，温度在 11000 华摄氏度到 30000 华摄氏度之间。

219 从望远镜中看去，色球层像是燃烧的大草原。色球层会射出巨大的热气流，叫日珥，横跨 500 英里，高达 1000 英里。日珥数以百万计，像是从太阳表面射出的火焰。太阳变化的磁场使由带电粒子组成的日珥像风中摇摆的麦穗。让人联想到燃烧的大草原的景象。

220 色球层之外是太阳的大气外层。这一层又叫日冕，是由色球层顶部的带电气体组成的纯白色区域。其内部是日珥从太阳表面升起的舌头状的燃烧气体的云，延展到数千英里。

221 天文学家用特殊的仪器去研究日冕的内部。这一特殊仪器就是食仪。它实际上就是一个用不透明的圆盘挡住光球层发出的强光的望远镜。这种仪器只能放在空气干燥，大气稳定的高山上。在这种环境下，科学家们看到了日珥的一部分。

222 日冕外部只能在更特殊的环境下观测。这儿的光线更加黯淡，只有当日全食中，月亮挡住了太阳光球层和日冕内部的光那一小会儿时间才能观测。这也是为什么天文学家对日食感兴趣的原因之一，让天文学家有机会研究太阳大气。

223 地球是在太阳的大气中“游泳”。在日全食中，我们发现太阳大气有太阳的数倍直径那么厚，几乎包含了整个太阳系，所以这些行星，包括地球，在公转时都是在太阳的大气层中运动。这一关系在南北极光现象中得以体现。

224 一部分日冕的温度达 4,000,000 华摄氏度。但你到那儿会被冻死。这好像自相矛盾。在此之前，我们必须先区别温度和热量。生活中我常常把这两个词混为一谈，认为热量大就一定有更高的温度，但到了太阳大气层，这就不适用了。因为组成日冕的气体太稀薄了，比地球实验室里制造的真空还稀薄。

现在我们提到物体的温度，实际是指物体中原子或分子的平均运动速度，速度越大温度越高。但是热量是指物体原子和分子的总能量。既然太阳大气的气体如此稀薄，每立方米的原子很少，所以每立方米的热量也很少，尽管其中原子的速度很快，温度很高。因此尽管温度很高，但在那儿仍会被冻死。

225 太阳正在不断的消耗自己。恒定的粒子流从太阳中不断喷出，即太阳风，遇到耀斑时，太阳风会加强。这些粒子落到地球上，其它行星上，及相邻的恒星上。宇航员没有感受到太阳风是因为其中的粒子太细小了。

226 某一天，太空船会在太阳风里航行。预言家已经预见了薄的塑料口袋代替干洗袋的趋势。我们可以想象，由铝制的仅一个分子厚的太阳船将会足够大，足够轻，能利用太阳风来航行。作为兴趣阅读，Arthur C. Clarke 的短篇小说《来自太阳的风》，这是关于从地球到月亮的第一次太阳帆船竞赛的故事。

227 太阳和它的行星是同时诞生的。他们是 46 亿年前一团巨大的气体和尘埃形成的。在内部，重力逐渐结束了物质的紊乱状态，在气团中心，温度逐渐上升，到达一定高温时，就形成了太阳。一些小物质团也形成了，并围绕中心转动，这就是行星及彗星、各自的卫星。

228 太阳经过 46 亿年，已经有了很多变化。通过研究其它恒星，天文学家发现太阳在几十亿年前比现在更冷，并且看起来呈桔黄色。早期的地球从太阳那儿得到的光和热要比现在少。经过几十亿年，太阳变成了现在的模样——一颗黄色的稳定的恒星。

229 太阳之所以稳定是因为它内部进行的是平衡反应。太阳每天是一样的（除了黑子数量），既不会变大也不会变小。这是由于贯穿整个太阳内部的平衡反应。重力是太阳形成的第一个因素，它使气体和尘埃坍塌。到一定时候，坍塌会停止，因为温度到达某一点时，太阳的核燃烧起来，产生巨大的热压力，与重力相平衡。现在，太阳内部每一点的压力与重力都平衡，因此太阳相当稳定。如果不是这样，地球上的生物不会这么繁荣。

230 太阳中心是相当热的。太阳表面温度不冷，它内部的温度更高，能接近 3,000,000 华摄氏度。

231 太阳是空中的大型核电站，辐射出能量。太阳通过核聚变反应辐射出大量能量，包括光线。地球上的核电厂是通过核裂变反应放出能量（如铀变为更简单的原子，并发出能量）。太阳是通过合并简单的原子而放出能量。科学家更喜欢进行聚变反应，因为聚变比裂变环保，不会放出放射性废料。但科学家们一直还没创造出能引发聚变反应的高温。

232 太阳创造能量是通过一个反应实现的。太阳通过融合宇宙中最丰富最简单的氢原子成为氦原子放出能量。在太阳内部，每秒钟有 6 亿吨氢被转化为氦，4 百万吨物质被转换为能量，按爱因斯坦质能关系 $E=mc^2$, E 是放出的能量， m 是损失的质量， c 是真空中光速，由于光速很大，损失的质量也大，每秒钟放出的能量是一个天文数字。这些能量到达太阳表面，以光和热的形式发射出来，即太阳辐射。

233 虽然太阳产生了巨大的能量，但它仍然遵守一个宇宙中的质量和能量守恒定律。这一定律是说在任何的物理过程中，质量与能量之和为常数，不管是蜡烛的燃烧还是恒星的辐射。太阳产生了巨大的能量，同时也失去了等价的质量。

234 太阳内部漆黑一片。虽然体太阳光十分耀眼，但它内部却不能产生光。因为太阳内部核反应产生的能量太高，是由伽马射线的形式传向外部，但人眼看不到伽马射线。所以如果我们能看到太阳内部，那将会是一片黑暗。

伽马射线传向太阳表面的过程中，逐渐变为可见光，到达光球层后，穿过宇宙空间最后进入我们眼睛。

235 一旦辐射离开太阳，将传播的非常快，但……一旦可见光到达光球层，将再 8 分 20 秒内穿过 93,000,000 英里到达地球。因为我们的宇宙十分空旷，没有阻挡。但太阳内部，对辐射是不透明的，太阳中心核反应产生的伽马射线要经过成千上万年才能从太阳内部传到光球层，并变为可见光。虽然最后 93,000,000 英里只要 8 分 20 秒，但最初的几万英里却花了很长时间。

236 太阳的保温系统比家里或办公室的更好。虽然我们不想住在太阳内部，但太阳的保温系统的确很不错。太阳内部的温度比表面温度高几百万度，而厚度大概 50,000 英里，这意味着在太阳每 25 英尺厚的温差比家里或办公室的更小。这样渐变的温差能使伽马射线传出太阳内部，但这一过程花费很长很长的时间。

237 在地球早期，太阳与现在有所不同。在 3.5 亿年前，地球上生命初开时，太阳与现在有所不同。从表面上看，太阳是浅黄色，比现在小 8% 到 10%，亮度只有现在的 70% 到 75%。此后太阳慢慢变大、变热、变亮，持续了 3.5 亿年，但比不上仅持续了一到两个世纪的“温室效应”。

238 今后 50 亿年，太阳仍然保持稳定。太阳以后可能会由于氢的燃烧比现在略大、略热、略亮，此后，地球会有很大变化。50 亿年后，太阳的氢核越来越大，最后坍塌，燃烧成为碳元素，表层的氢继续转化为氦。氦燃烧反应产生的能量将把光球层外推，太阳变为一颗红巨星，吞并水星和金星，并到达地球轨道。太阳红色的表面依然，但会越来越冷。地球仍会被太阳的热量熔化。

239 太阳变为红巨星以后，还有更多的变化。太阳晚期，光球层也被推开，变成一圈气体和尘埃，又叫行星状星云。随着核反应的停止，太阳变为一颗地球大小的白矮星。太阳的直径将从现在的 800,000 英里变为红巨星时的 200,000,000 英里，再变为白矮星时的 8,000 英里。随着核燃料的耗尽，太阳逐渐冷却，由白依次变为黄、红，最后成为一颗暗星。我们后面还会详细讨论恒星的演化。

240 什么导致日食？当地球，月亮，太阳再一条线上，月亮又在地球、太阳中间时，就形成了日食。如果我们在合适的地方，就会看到月球的影子滑过地球。

241 日食时月球总是新月，但并非每次新月都有日食。否则每月都有一次日食。如果月球的轨迹比太阳高一点，月球的影子将会错过地球，没有日食发生。日食主要依赖于地球、月球的轨迹与太阳的位置。

242 日食分日偏食、日全食、日环食。月球仅仅遮住太阳的一部分，就是日偏食；月球遮住了整个太阳就是日全食；由于月球轨道是椭圆，离地球有时近，有时远，当月球离地球较远时，只能遮住太阳的中间，太阳光球层仍然可见，像一个金色的环，这就是日环食。

243 月全食能被住在地球同一边的人看到，但日全食的见证者却十分幸运。日偏食能被地球上大片区域的人看到，但日全食只有很窄的一个带能看到，叫全食带。月球的影子划过地球，从西端开始，以 1000 英里每小时的速度滑过地球，最后从东边消失。这一片区域就是全食带。只有在全食带的人才能看到日全食，其它的人只能看到偏食甚至什么也看不到。

244 日食是令人敬畏的自然景观。如果你有幸见到了日全食，你将终身难忘。全食从新月状开始，当月球接近太阳时，地面明显变暗，并有奇怪的色彩。全食前，光带和暗带竞相追逐，光球层还未被遮挡。全食只是一瞬间，由于太阳白色的大气日冕，使太阳看起来像天上的黑洞。天空中的亮星和部分行星可见。月食来也匆匆，去也匆匆，持续时间短，但我们一定会记得我们曾在月亮的影子下。

245 日全食持续时间不同。日全食持续时间取决于你所处的位置和月球所处的位置。月球轨道是椭圆而不是圆的，就是说月球离地球有近有远，看起来的也时大时小。如果全食时月亮离地球近，月球看起来比太阳大一点，持续时间约 1 分半，如果全食时月亮离地球远，月球看起来不比太阳大，因此出现了日环食。如果你打算去看日全食，尽可能在全食带中部，因为那儿日全食时间会持续更长。

246 天文学家想到了一些方法来延长观测。一些天文学家与自然抗争，他们在飞行器上安装天文仪器，跟着月球的影子飞行，这样，他们人为的延长了日全食的时间一个多小时。

247 地球是除冥王星以外能看到日全食的唯一行星。我们能看到日全食完全是巧合：比太阳小 400 倍的月球正好比太阳离我们近约 400 倍，故太阳与月球在天空中看起来一样大，这为日全食创造了可能性。在太阳系，除了冥王星外，没有其它行星能看到日全食，因为这些行星的卫星不是太小，就是离行星太远，不能完全挡住太阳。因此我们看到日全食这一壮观的自然景象是自然造就的。

248 对古代人而言，日食是十分可怕的。如果你能了解太阳对粮食耕种、日常生活的影响，你就会关心天上的太阳为什么突然不见了。中国古代认为日食是因为一条龙吞掉了太阳，其它的文明也认为这是不祥之兆，有许多“解决方法”：打鼓、朝天空射箭、拿物或人祭祀等。

249 日食能被准确的预言。我们知道地球和月球的轨道，也知道太阳的运动，我们预言日食能准确到分钟。日食有周期性，如遵循沙罗周期 6585.32 天，其间，共有 71 次各种日食发生，周而复始，但地点有所不同，每个沙罗周期有 0.32 天余下，这时地球又自转了 117 度，这可以用来修正，但不是很准确。正因为地点不同，所以尽管日食有周期，但很多人不知道，所以必须全球调查日食，而不是看一个地点的日食记录。

250 据传，曾经有一次致命的日食报告错误。这是说公元前二世纪的两个中国天文家由于一些原因没报告日食。那时的中国帝王认为自己是天子，十分重视天象，认为那是上天给的暗示，因此他请了一批天文家定期观测天象。那时彗星和流星不能被预言，但日食是可以预测的。两位天文家没有告诉帝王日食这一重大天象的发生，帝王盛怒，将两人斩首示众。那时的天文学家比现在危险得多。

251 日食期间，太阳不会发出任何特殊的射线。日食的观测常常被曲解，太阳不会预知地球上日食的发生，不会发出其它的射线，因此日食时待在室外并无害处。但看日偏食时应该凝视还是匆匆一瞥呢？日食时太阳光虽比平时弱很多，但如若直视，对眼睛还是有伤害，可能损伤眼角膜。人们由于好奇心，会凝视或斜视太阳。当然，日偏食还是很刺眼的，如果你看太阳久一点，没等你反应过来你的眼角膜已经受损。日食时眼睛受损不是因为太阳的异常，而是人们由于好奇而没注意保护措施。

252 安全看日食的几点注意事项。由于人们的误解，常常错过欣赏这一重要的天文现象，安全看日食有几点要注意：

- 无论日食发生与否，都不要用眼睛直视太阳；
- 不要用所谓的“墨镜”；
- 不要用“太阳镜”，甚至几个叠放也不行；

不要看太阳在镜子或水面的像；

用 14 号焊接镜看太阳；

用有特殊涂层的迈拉镜观看，这可以从著名的天文馆或科学博物馆获得；

自制一个孔式投射器。

以上的建议能方便大家看日食。

253 日全食的观测十分安全。只有在日全食时，我们才能裸眼看太阳。全食期间，太阳的几乎所有光线都被挡住了，只有日冕可见，而日冕的光亮仅相当于满月。所以这时的光我们可以接受。但是光球层的细小部分的光就足以伤害我们的眼睛。因此在日全食过程中还是有安全措施的好。

254 日全食中有些有趣的现象。如果你在全食带附近，注意中午天空中光线的变化。当太阳被渐渐遮挡时，天空不仅会变暗，还会出现奇异的色彩。温度会下降几度，会起风，鸟儿以为太阳下山了，准备栖息。

255 整个日全食中，月亮带上了一条项链。当日全食开始时，我们看到太阳的光球层的光不断沿着月球边缘绕行，直至包围月球，这时，月亮看起来好像带上了一条项链，边缘的亮光点叫做贝里珠。日全食结束时，现象相反，月亮从另一边消失了。

第五章 内太阳系：小型行星的世界

Mercury 水星篇

256 水星是离太阳最近的一颗行星。水星离太阳表面的平均距离仅 36, 000, 000 英里，是太阳最邻近的行星。

257 水星既冷又热。白天，在太阳的直射下水星表面温度达 800 华摄氏度—能熔化锡和铅；晚上温度可以降低到—350 华摄氏度。其主要原因是它没有大气保温。

258 地球上水星，它像个小型探测器。水星很小又靠近太阳，使我们难以观测它。太阳刚落下，它也落下，太阳刚升起，它也升起。它的微小使的观测它的表面十分困难。水星与地球最近时在地球与太阳之间，但朝我们的这一面还没被太阳照亮。

259 直到十九世纪六十年代，我们才对水星表面有了一些了解。水星只给了我们昏暗的阴影，我们只有一个大概的草图，此时天文学家对水星日多长还有争议。

260 从 1974 到 1975 年，我们对水星的认知有了飞跃。水手 10 号空间探测器三次从水星表面传回了关于水星的大小多幅照片，在水星表面行走了近 200 英里。传回了几百张生动的照片及地形图。

261 水星与月亮有所异同。乍眼望去，水星与月球十分相似，由成千上万的弹坑覆盖，但不如月球上的密集，并且比月球上的更平坦。这可能是由于水星没有太多的玄武岩平原。明显的是，月球上有伽利略环形山，水星上有冲击谷，都是由很久以前与大天体的碰撞造成的。这个冲击谷被一圈山脉环绕，长 800 英里，像一支巨大的公牛眼睛。

262 水星上也有许多“不可思议的地形”。这不是个描述性的说法，而是人们对那些地方的实际称谓。这个名字来自它所展示出来的纵横交错，犬牙齿户的模样。这片区域与我们发现的部分正好处在水星上相对的方向并不只是个巧合，而是由它内在原因。事实上，那些来自太空中的形成物体在撞击水星时所产生的地震波在整个水星上传播，最后汇聚在与撞击部位相反的地方，形成了这种地形。

263 悬崖是一种水星有而月亮无的特色地形。水星上的悬崖是从环形山直穿过去的高达 2 公里，绵延长达 300 公里的峭壁。其中已知的最壮观，最大的是“发现之崖”

264 水星上的悬崖地形可能与地球上的类似地形的形成方式不同。地球上的悬崖常常是由于直到今天还在继续的地壳板块运动的结果。可是水星上并没有这种板块构造的地形，很可能取而代之的解释是，水星内部深处的活动造成了这种地形。科学家们的理论是这样的：当水星年轻的时候，她应该有一个熔融状的内核，随着时间的推移，她的内核开始凝固收缩。这种收缩并不是均匀各向同性的，从而造成了水星外壳上有的地方塌陷，有的地方隆起，形成今天水星那让人过目难忘的奇特地形。

265 水星有很弱的磁场。水星的磁场比地球的磁场要弱 100 倍。但是这磁场仍然足以证明水

星内部埋有一个直径 1100 公里的大铁核。这个铁核使得水星的平均密度要比地球大很多。

266 水星上的一天是一年的两倍。水星只需要地球上的 88 天就可环绕太阳一周，所以，88 个地球日是水星上的一年的长度。可是水星自转的非常慢，需要 59 个地球日自转一圈。这两种运动的组合意味着对于水星上的观察点来讲，从一个“满月”到下一个之间所流逝的时间是 176 个地球日，所以水星上的一天的长度事实上是她上面一年的 2 倍。

267 水星上可以看到一些奇特的日出。水星在绕太阳公转时，自转轴会来回摆动，并且水星的公转轨道是一个特别扁的椭圆。这两个原因加起来造成水星上某些地方会看到奇特的日出现象：太阳在早上升起，然后停在半空中，又顺着原路落了回去。

268 水星上也许保留着太阳系起源的线索。最近，雷达探测到水星极地附近环形山内有亮的反射斑。科学家推测这是由很久以前撞击水星的彗星留下的冰层造成的。这些冰层在环形山内得到很好的保护，有可能保留有 46 亿年前原初太阳系组成的物质形态，元素组成的信息。

269 水星上不可能有出现过生命。水星的小质量使得它在早期很难有足够的引力吸引住它的大气层。更进一步，它与太阳做得太近了，水星过高的温度和强大的太阳风使得水星不可能保留住它的大气层。没有空气和水，就像我们的月亮一样，水星一直是一个拒绝生命存在的星球

Venus 金星篇

270 金星就是最漂亮，最常见的启明星和长庚星。因为金星的公转轨道在地球轨道的内侧，从地球上看起来，金星在太阳的两侧摇摆。因此，金星日落后在西南天空待一两个小时，然后在日出前跑到东方的天空呆上几个小时。在那些时间里，除了太阳和月亮外，金星也可以成为天空中最亮的物体，闪耀着紫色的柔光。

271 相比太阳系中的其他行星，金星与地球走得要更近些。金星是太阳系由内到外数的第二颗行星，它那近似圆形的公转轨道距太阳表面有 6700 万公里。大概每十九个半月金星从地球旁边经过一次，这是它与地球的距离只有 2600 万公里。而地球另一侧的火星，距地球最近则有 3500 公里。所以说，金星是与地球走得最近的行星。

272 很长时间来，金星被称作地球的“姊妹星”。金星的直径仅仅比地球的直径小 408 公里。加上金星的公转轨道与地球很相近的事实，使得人们有理由相信金星不太可能与地球的构造有很大差异。早期的科幻小说家幻想着金星上充满了水，然后演化成一个由恐龙统治的混乱的世界，然后到有高级工们居住的星球。但是当科学数据积累后，科学家知道，这两个星球的共同点只有那差不多大小的尺寸而已。

273 金星并不是地球的“姊妹星”，它更像是个悬在空中的地狱。早先人们用望远镜观测观测到金星上持续变化的很精细的结构。不久，人们明白了金星完全被银色的云彩包围着，人们完全看不到它的表面。这面纱使人们可以尽情的想象，那面纱的底下是不是有蒙娜丽莎的迷人微笑？可是，科学探索发现进行的大气里没有充足的可供生命呼吸的氧气，而是富含着温室气体——二氧化碳。这个发现最终使得科学家完全放弃了金星可能与地球很相似的那一

点点希望。

274 金星的云层有很精细的结构。金星上层大气的有一种精致的条纹样式，使人们联想起地球上喷气式飞机喷出的气体尾巴。那实际上是以非常快的速度绕金星转的气流，大概每四天绕金星一圈。

275 前苏联和美国的宇宙探测器都给我们的“姊妹星”画了一幅非常难看的肖像图。当前苏联和美国的宇宙探测器于 20 世纪 70 年代和八十年代造访金星时，都发现了一个让地球人窒息的金星大气，它的表面大气压是地球大气压 90 倍。而那里的温度，不管白天还是黑夜，都在 470 摄氏度左右。更惊人的是，在金星的大气中找到了比汽车电瓶中的硫酸还要浓的浓硫酸液滴。古罗马人被金星发出的漂亮的光所感动，遂以他们的爱和美的女神的名字 Venus 来给金星命名。可是现代的天文学家们更喜欢以“太阳系中的地狱”来称呼它。

276 金星大气中有酸雾。金星上气温非常高，使得那里是不可能下雨的，但是硫酸雾还是会发生的。就像地球的云层主要是由水蒸汽构成的一样，小硫酸液滴是金星云层的主要组成部分。最近的宇宙探测器的观测表明，金星大气中的硫酸所占比例有上升的趋势。金星上活动频繁的火山向大气中喷入了巨量的硫化物，这可能是酸液的来源。

277 金星上的温室效应。金星上的温度有如此之高是很容易用温室效应来解释的，同时也可以用来分析经典的温室效应。从太阳来的光有一部分透过了金星的大气层，落到了金星的表面上，被金星上的岩石和土层所吸收。岩石和土层升温后，又把一部分热量重新辐射到了金星的大气中。这些热量有一部分被大气吸收，也有一部分又被反射或是散射回地面上。就这样，大气层起到了保温的效应。高密度的大气把热量不偏不倚的传向整个星球，使得整个星球的昼夜几乎没有温差，也没有类似地球上的赤道和极地那样的温差。

278 与地球上的云相比，金星上的云层所处的位置的要更高一些。地球上大多数的云都分布在距离地面 7-8 公里的地方，而金星上的云层却高耸到距离星球表面 40 公里的地方。在那之下还会有两到三层云或薄雾，但是到海拔 19 公里以下地方天空就不会有云了。由于只有一小部分太阳光可以穿过金星大气，金星上的白昼不像地球上这样明朗，其亮度很像地球上的阴天。

279 我们通过雷达可以窥到深藏在金星“面纱”里的景象。几个世纪以来，金星的云层让我们不能得到金星表面的真实图像。随着大功率雷达的发展，我们可以通过从地球上，或是围绕金星运行的探测飞船上的雷达探测到金星的表面形状和物质组成。通过接受，分析金星表面反射回来的电磁波，我们已经可以绘制金星的表面图，类似地球上足球场大小的物体都在图上标了出来。另外，几艘俄罗斯的飞船已经成功克服了高温高压，降落到金星表面，并且发回了它们着陆点附近的岩石标本图样。

280 金星的地貌。金星表面不像月亮和水星那样部满环形山，在很多地方是绵延起伏的巨大平原。另一些地方有一些山脉和高原，大多数的高度和地球上的山脉相比有些逊色。不过，其中最高的麦克斯韦尔山，高 11270 米，比珠穆朗玛峰还高。两个叫做“ α 区”和“ β 区”的山地区被认为是有很多火山口的地区，其中一些火山可能具有周期性的喷发活动。

281 金星表面上的环形山。金星山也有一些环形山，不过大多数都是火山口，而不像月球

上的环形山是与星球外飞来的物体相撞击产生的。这主要是因为金星有浓密的大气保护，金星外飞来的物体大都在与大气摩擦的过程中烧尽了。

282 金星是一个金黄色的世界。从拍摄的金星上的照片来看，进行的天空是橙黄色的，云也是橙黄色的；金星上的物体大部分看起来也是橙黄色的，有的微带绿色，蓝色的很少，金星的世界真是一个金黄的世界。科学家认为，这是由于金星大气吸收了太阳光中的蓝色部分，使得金星看上去是一个金黄色的世界。

283 金星上有独特的“薄饼”状的火山岩丘陵。那些火山岩丘陵，每一个绵延约 15 公里，很可能是熔化的火山岩浆从地面上的裂缝涌出，而后又退了回去所遗留在地面的产物。

284 金星的演化方式与地球有天壤之别。金星上太热，以至于它上面不可能在它上面形成液态水，也就没有河流，海洋了。地球的原初大气也有很多二氧化碳，就像今天的金星一样。但是，地球上的二氧化碳都被海水吸收了，防止了温室效应的失控。金星就不一样了，它上面的二氧化碳将永远留在大气中，造成了温室效应的失控。

285 在一些方面，金星很像童年时的地球。很多地质学家相信金星表面和地球在 1 亿岁时的表面是一样形状的。在那时，地球上的火山开始喷发，地壳相对来说还很薄，地壳下的岩浆开始向外溢出，造成了地壳板块的运动。

286 与水星一样，金星也没有“月亮”。水星和金星都没有它们自己的卫星。在 18 世纪初，有几个天文学家发现了金星有一颗卫星，并为它命了名。事后不久，人们发现那只不过是它们使用的望远镜有问题，如果他们有更好的望远镜就“发现”不了那颗卫星了。

287 每过一断时间，金星就会从地球与太阳之间穿过，造成“小日食”。金星每四个月就会从地球与太阳之间穿过，天文学家称这种现象为“内行”。因为地球与金星公转轨道并不同一个平面内，所以金星并不总是从太阳正表面上穿过。金星从太阳表面正上方上穿过称为金星“凌日”，人们用肉眼就可看到有一个小黑点从太阳上缓缓经过，那个小黑点就是金星。上一次是 2004 年 6 月 8 日（我们在浦口天文台完整观测了该次凌日），下一次是 2012 年 7 月 6 日，再往后就要等到下个世纪了。

MARS 火星篇

288 很多民族都把火星看作战神的象征。古希腊人叫它阿瑞斯（希腊神话中的战神），波斯人叫它尼尔高，罗马人称它马尔斯。人们经常把距离太阳第四近的火星被与他们掌管战争的神联系起来。主要原因是，火星看上去是红色的，让人联想起血的颜色。实际上，这红色来自于不是那么红的金星图中的氧化铁，硅酸盐等。简单的说，金星生锈了。

289 与金星不同，火星薄薄的大气层通常透光性很好。当天文学家开始用望远镜观测火星时，他们没有感到像观测金星时的那样失败。因为，火星的大气非常干净，只是偶尔会有云，所以天文学家可以直接看到火星表面。他们看到的是橘红色（并不是真的红色）的荒漠世界，其中散布着黑色的大陆状的斑，和两个若隐若现的极冠。

290 我们最初得到的火星信息让人们以为火星和地球很相似。当人们可以看到火星的表面特征后,就可以测火星的自转周期了。火星上的一天有 24 小时 37 分,比地球略长半个小时。火星的自转轴与它的公转平面有一个 25.2° 的夹角(黄赤交角,地球的黄赤交角是 23.5°),这使得火星上也有一年四季的变化。由于火星围绕太阳公转一圈约两年(地球上的年),火星上的各个季节长度也相当于地球上季节长度的两倍。

291 从火星表面可以看到季节的更替。火星上季节的更替可以从极冠的变化看出来。每年到一个半球的春季是,该半球的极冠就会收缩变小。产生黑色的纹蔓延到赤道,有人猜测这是极冠的冰化成水,随着水从极地流向赤道,火星上的植被开始了新一年的生长。当然,后来证实这个猜想是错误的。

292 火星的公转轨道扁的像鸡蛋。火星的公转轨道椭的非常厉害。它离太阳的平均距离是 1 亿 4 千公里,可是在一个火星年中,它离太阳的实际距离会有三千万公里的变化(对地球来说,这个变化距离只有三百万公里)。

293 地球上观测火星的最好时机。地球以更快的速度绕太阳转(因为它离太阳比火星近),大概每两年从火星附近经过。天文学家把这个过程称为“冲”(古中国天文学家命名,西方人把它称为 Opposition,即“相反,对面”的意思,指这时火星在天上处在与太阳相对的位置)。在冲的时候,火星整夜可见,它也处在离地球最近的地方,所以这个时候是我们观测这颗红色星球的最好时机。

294 1877 年,意大利传来了关于火星的激动人心的消息。那一年,一个意大利天文学家乔·斯基亚巴雷利报告说,在一个非常好的火星冲的观测中,他发现了火星表面上有河流状的黑暗条纹,他把那些条纹称为“通道”。不久,其他天文学家也观测到了那些条纹状的东西。这个消息也激励了一大批人加入观测火星的行列。其中之一,美国人 Lowell 在美国的亚利桑纳州建了 Lowell 天文台,专门用来观测火星。

295 在 Lowell 的眼中,那些“通道”成为了运河。Lowell 把那些通道当成是火星上智慧生物修建的运河,用来把极冠溶化的水引向他们需要的地方。这个消息轰动了全球。

296 我们的邻居火星上有智慧生物的猜想曾经很有迷惑力。火星上有智慧生物的想法立时成了 19 世纪末科幻小说的主题,他们描绘了每种火星生物的形态和他们的生活方式。“火星通道”也成了最流行的东西。人们绞尽脑汁,用各种方法给火星上问候的信息,让他们知道地球上也有人居住。想法从点燃巨大的通信的狼烟,到上万人在撒哈拉沙漠上同时举起镜子把太阳光反射向火星。1892 年,法国科学院悬赏 10 万法郎给能和火星上联系上的人。当时,人们认为 10 万法郎太多了,因为和火星上联系是如此容易的任务。

297 “1938 年十月 30 日晚,火星人来占领地球”。1898 年, H. G. Wells 出版了他的新书《世界大战》:火星人不甘居住在满是沙漠的火星上,他们把贪婪的目光瞄向了绿色的地球。在 1938 年的万圣节(基督教的宗教节日)前夕,他们发动了战争。当然,这是虚构的,但还是有很对人看完之后感到毛骨悚然。

298 有一部分人不相信火星人存在。在 20 世纪四五十年代,关于火星上生命是否存在的争论仍在继续。有一些声誉卓著的天文学家称他们看到了运河,可也有同样著名的天文学家称

他们一条也没看到过。火星大气和火星温度的科学分析结果也开始让人们人们对火星生命的存在产生了疑问。

299 关于火星天气的报告让人们人们对火星人的存在不再抱有太大希望。测量表明火星赤道地带的温度白天有 20 度左右，晚上就下降到零下 50 度，这主要是因为火星的大气很薄，不能保持火星上的热量。这种气候是不适合生命存在的。

300 在 20 世纪 70 年代，地球人终于访问了火星。当然，我们不是亲自去的。我们是派我们的探测器飞船去的。在 60 年代中期，美国的“水手 4 号”飞掠火星，它发回来的照片显示火星上有许多环形山，火山和沙漠。这让那些期待火星生命的人彻底失望了。70 年代，其它探测器进入了环绕火星的轨道，前苏联的“火星 3 号”还放出了着陆舱在火星上着陆，更为详细的观测了火星，以图发现火星上的生命迹象，可他们一无所获。

301 火星上最大的地理特征是塔塞斯高地。这个几乎有北美洲那么巨大的高地比周围的平原高 6 公里。这个塔塞斯高地是这个星球上最年轻的（约 20 到 30 亿年）地区，因为这里有很多巨大的活火山。

302 火星上有几个巨大的“国家公园”等待开发。虽然火星的直径只有地球的一半大，表面积只有地球的百分之三十，可是它却拥有一大批值得自豪的自然奇观。“水手 9 号”从巨大的沙尘暴中首先看到的是几座巨大的熄灭的火山顶部。其中最大的火山是“奥林匹斯之雪”，可以覆盖整个科罗拉多州（美国的一个州）。它的火山口直径有 55 公里。

303 火星上的火山高度比金星和地球上火山高度低，主要是因为火星上的重力要弱些。火山的高度主要是受它所在星球的重力决定的。这是因为火山的高度是受它支持自己重量的能力决定的。金星和地球的大小和质量相似，所以它们上的火山高度相当。火山上的重力只有地球的 38%，所以它上面的火山高度有 2.5 倍地球上的高。

304 火星上有货真价实的大峡谷。火星上有巨大的峡谷，其中最大的是“水手谷”。此峡谷绵延 5000 多公里，宽 200 公里，比周围地面低 6~7 公里，谷壁十分陡峭，它比地球上最大的峡谷——科罗拉多大峡谷（长 46 公里，深 1.8 公里）大得多。它不是由于水的冲蚀形成的，而是由于地质断层形成的。

305 火星上的一些地区部满了环形山。约有四分之一的火星表面有环形山分布，特别是在南半球。实际上，这正好是地球上来的探测器掠过的地方，所以给了人们留下火星很象月球的印象。火星上的环形山比月球上的浅，而且很少有直径小于三公里的火山存在，这都是风蚀的结果。

306 火星是太阳系里长相最“粗糙”的行星。从火星上海拔最低的贺拉斯盆地到海拔最高的泰瑞斯高地，海拔相差了 21 千米。在地球上，从最低的马里亚纳海沟到珠穆朗玛峰只有 12 公里。

307 火星山最著名的运河是什么？除了水手谷能和 Lowell 的火星运河地图对应上外，造访火星的探测船没能发回任何运河的照片。那些“运河”，被证实为望远镜的光学像差，只存在于那些想观测运河的天文学家脑中。火星运河的例子表明训练有素的科学家是怎样愚弄他们自己“看到”他们想看到的东西。

308 火星上的黑暗纹到底是什么。被很多天文学家看到的火星上季节更替现象到底是什么？那些从极冠到赤道地区蔓延的黑色纹被证实是由于火星上的季风带着浅色的灰尘覆盖黑色的岩石，或者把浅色的灰尘移走所造成的颜色变化。

309 火星很干燥。火星大气很薄以致液体水不能存在。极冠包含有冰和干冰，可是在火星上的春天，极冠不会融化，而是直接气化。水雾有时会形成，可是没有火星雨下。简单的说，火星比撒哈拉沙漠还干燥。

310 在 1976 年，科学家们仍然坚持搜寻火星生命。火星上的恶劣气候仍不足以使一些科学家放弃火星上有生命存在的希望，因为地球上就有生命生存在那样恶劣的环境中。在 1976 年夏，美国的“海盗 1 号”和“海盗 2 号”着陆在火星的表面，它们都可以挖掘火星上的岩石并且分析岩石组成。可是没有积极的结果发现。

311 火星上其它地方会有生命存在吗？因为美国的“海盗”探测器没法移动，所以只能检测它的着陆点附近是否有生命存在的证据。所以并不能否认其它地方会有生命存在的证据。而且它们只是检测是否有类似地球的生命存在的迹象，也许火星生命的组织方式与地球生命不同。可是，“海盗”没有发现有机物的存在，有机物被科学家认为是生命存在的必要物质。所以，总的来说，这些结果还是被科学家接受为火星上不存在生命，至少在着陆点不存在生命的结论。

312 有证据表明，火星在很久以前是一个温暖潮湿的星球。尽管已经熄灭了，火星上的巨大火山在长年累月的喷发中还是给大气提供了充足的二氧化碳。充足的二氧化碳可以保持火星的温度在一个更高的水平上，而更高的温度就为液态水的存在创造了条件。实际上，火星上确实有像被河流冲蚀的河道存在，而那些河道大小与地球上的主要河流相仿。

313 火星上的水哪里去了？火星极冠中的水并不足以提供那些曾经流遍火星全球的水。大多数科学家认为，火星上的水以冻土层的形式存在，即水存在于土中。

314 对环形山周边的调查在一定程度上证实了火星表面下有动土层的猜想。月球环形山周围的地面是干燥的岩石和灰尘组成的混合物，可是火星环形山四周似乎有液体流过的痕迹。这就是火星表面下的动土层在高温下液化的表现，它支持了动土层存在的假想。

315 火星上也有周期性的冰河时期。地球公转轨道形状的逐渐变化造成了地球上周期性出现的被冰雪覆盖的冰河时期，然后再解冻的现象。同样的道理对火星也适用，火星轨道也在变化，目前它很可能处在它的冰河时期，等到解冻回暖的那一天，火星上的春天也许就会回来了。

316 关于“火星上的脸”。两艘“海盗”号飞船（“海盗 1”和“海盗 2”）传回来的成千上万张照片中有一幅非常引人注意的有趣照片，那是一个非常象人脸的岩石照片。不幸的是，这张照片被许多伪科学者利用大造声势。这件事的解释也很简单，这只是一个巧合，就像你在看一朵云时，会联想到很多不同的事物，像动物呀，物品等一样，你再看岩石和它的影子组成的复合图像时，也会感到它像某种你所熟悉的东西。而这张照片会让你联想到一个人的脸的图形，没什么奇怪的。

317 从 1997 年开始，火星探测将进入一个新的阶段。美国的两艘探测飞船将从 1997 年开始到火星进行探测。“火星全球探测器”在 1997 年 9 月进入火星轨道，它的照片可以看清火星表面 5 米左右的细节。同时，通过确定火星上的重力分布情况，它也会探测确定火星上的矿藏分布。

318 另一艘飞船降落到火星表面，并放出了“漫步者”。“探测器”号飞船于 1997 年 7 月 4 日着陆到火星表面，并放出了一个机器人探测器“逗留者”对火星表面的岩石进行详细分析。同时，“探测器”会每天记录着陆点的天气情况。通过互联网，你可以查到火星每天的天气报告。将来，美国和俄国还会有飞船莅临火星进行考察活动。

319 地球上从火星飞来的岩石。没有飞船从火星上带岩石回到地球来，可是仍有科学家相信他们拥有的岩石是从火星来的。原因是 20 年前的“海盗船”探测器曾经分析了火星的岩石特点，其中有一些特征与地球上的岩石特征是很不相同的，所以那些科学家相信他们拥有的是火星石。这些火星石可能是在一次火星被撞击的过程中散落到太阳系中，然后长途跋涉来到地球。

320 那些从火星来的岩石可以提供火星过去的信息。这些岩石有和水相互作用过的特征，大多数携带有盐和粘土。总的来说，它们帮助确认了火星曾经有一个更厚的大气层，表面上流淌过水。在 1996 年，一个科学小组发现其中一些岩石中有由于火星的原始生命造成的微结构。进一步的检测仍在继续，如果这是真的话，那将是科学史上的一个巨大发现。

321 火星呈红色因为它“锈掉了”。火星的表面呈红色是因为它的表面岩石中富含氧化铁（氧化铁呈红色）。可是火星的表层下面的岩石并不像表面那样呈红色，主要是因为表层下的铁没有与氧气接触（即没被氧化）。火星上绝大多数的铁元素也和地球中的铁元素一样沉积在地壳的内核中，并且呈熔融状态。

322 火星风一般很温柔，可有时情况也会变。火星表面的风一般是很温柔的，可是在南半球处于夏季时，太阳来的多余的热量会使情况发生很大变化。风会渐渐的变大，卷起沙漠中的沙粒到处肆虐。在最剧烈的时候，风卷起的尘埃会使整个星球处于沙尘的包围中。不过，你不用担心它会把你击倒，因为火星上的空气是很稀薄的。

323 有时火星的天空不是呈我们所熟悉的蓝色。因为火星大气很稀薄，所以科学家们认为它的天空颜色应呈暗蓝色，就像我们称高空气球时所看到的天空颜色一样。可是，“海盗船”发回来的照片显示火星天空呈褐黄色。原来是火星沙漠的沙砾被狂风带到了空中而呈现了这种颜色。当风平静时，火星天空还是会成暗蓝色的。

324 在火星失去大气的过程中太阳也扮演了重要角色。有证据表明火星曾经有浓密的大气，可是后来逐渐失去了。人们一直以为是因为火星的重力过小造成的。最近的研究表明，由于火星没有磁层的保护，太阳风长驱直入，把火星的大气吹走了。

325 最近哈勃空间望远镜发现火星的气候有变化显著。用它经过改正的镜子，哈勃望远镜让我们看到了火星最近的天气情况。与 20 年前“海盗”号飞船发回来的天气状况对比，发现火星比原来更多云，更冷，更干燥。

326 火星有两个“小伙伴”。火星有两颗卫星，“火卫一”和“火卫二”。这两颗卫星由美国天文学家 A.霍尔于 1877 年火星大冲时观测火星发现。它们是两块坑坑洼洼的大石头，属于不规则卫星。火卫一上最大的陨石坑是“斯蒂尼”陨石坑，这是为纪念鼓励霍尔从事天文研究的妻子斯蒂尼而命名的。

327 从火星表面上看，两颗“月亮”运行的方向不一样。由于火卫一在离火星只有 3500 公里的高度运行，它绕火星转一周的时间比火星的自转周期还快。这就造成了一个奇怪现象：火卫一每天西升东落，而火卫二每天东升西落。

第六章 外太阳系：巨型行星的世界

Jupiter 木星篇

328 木星是很巨大的行星。木星是太阳系中最大的行星。举例来说：如果木星是个金鱼缸，它将盛下 1200 颗地球大小的玻璃球。另一种说法是，把太阳系中的其他行星全塞到木星里，还会有剩余的空间。

329 木星和土星，天王星，海王星同属于巨行星行列。除去冥王星外，木星和土星，天王星，海王星这四颗行星与水星，金星，地球，火星有显著的区别。它们的质量更大，大气层也厚达几千公里，区别于水星等的几十公里厚大气。

330 木星上一直是多余的天气。当我们用望远镜观测木星时会发现木星上有稠密活跃的云系。各种颜色的云曾像波浪一样在激烈翻腾着。由于木星有快速的自转，因此能在它的大气中观测到与赤道平行的，明暗交替的带纹，其中的亮带是向上运动的区域，暗带是向下运动的区域。

331 从化学组成上来讲，木星更像太阳。虽然木星也和地球一样有铁核，可是它的 85% 是氢元素，其余 15% 主要是氦元素。其它元素只占 1%。这是因为木星有强重力场，它保持了太阳系刚形成时期的大气组成。而地球的较弱的重力让它失去了大多数的原初元素。

332 木星上的云五彩斑斓。和地球上只有白色的云不一样，木星上的云五颜六色。这主要是因为木星大气中复杂的化合物造成的。

333 木星上的日子过得比太阳系中的任何行星都快。尽管木星是太阳系中块头最大的一个，可这并没有阻止它成为太阳系中自转得最快的行星。一个木星日只有不到地球上的 10 个小时。像太阳一样，木星表面不是固体，在不同的纬度，木星的自转速度不一样（较差自转），一天的长短也就不同。在赤道附近，一天有 9 小时 50 分（地球时），在极地附近，一天有 9 小时 56 分（地球时）。

334 木星有“大红斑”。大红斑于 1665 年被法国的天文学家卡西尼发现。它位于南纬 23° 处，东西长 4 万公里，南北宽 1.3 万公里，可以和整个地球的大小相比。探测器发现大红斑是一团激烈上升的气流，呈褐红色。

335 木星有太阳系中最狂野的天气。由于温度太低，木星上会下氨雪。大气中会结成比整个地球还大的冰雹。在巨大的暴风雨中的闪电的能量足以把一个地球上的城市气化掉。

336 木星和地球的天气是由不同的能源驱动的。地球上的天气主要是由太阳辐射的能量驱动的，太阳照射造成大气不同地方的温差从而形成风，太阳能把海水气化形成雨。而木星天气动力的来源则在它的内部，木星大气顶端的温度为零下 150 度，在核心处温度可高达上千度，这是因为木星有内部热源。

337 木星没有固体表面。和地球不同，木星没有固体表面。从木星的大气层顶部下降到几千

公里以下的地方，你会发现一个巨大的海洋。与地球上看得到的海洋不同，这个海洋不是由水组成的，而是由可以导电的液态金属氢组成的。它是氢在相当于几百万个地球大气压下形成的液体。在这个太阳系中最奇异的海洋下是由熔融状的铁和硅酸盐组成的木星幔和木星核。

338 木星的内部能源来自于塌缩。太阳系中所有的行星都起源于 46 亿年前的一团炙热的的气体和尘埃。木星的表面能有那么高的温度，是因为它有内部能源在释放能量。科学家推测是木星的内部仍然在塌缩，在塌缩过程中，引力能转化为热能释放出来。

339 不需要太大的塌缩就会释放出足够大的能量。火星巨大质量的核每年几厘米的下沉就会释放出足够多的能量维持木星表面难以置信的高温。结果是，木星每年辐射向太空的能量相当于它从太阳接受辐射能的 2.5 倍。

340 木星会变成恒星吗？木星如果想变成一颗恒星，它的核心温度必须达到 100 万度，这才足以点燃热核反应（氢聚变成氦的反应），释放出巨大的能量。而要达到那么高的核心温度，木星的质量至少要比现在大 100 倍，而它没法从其他地方获得这么大的质量，所以它不可能成为一颗恒星。

341 木星有尘埃环围绕。过去有人猜测，在木星附近有一个尘埃层或环，一直未能得到证实。直到 1979 年 3 月，“旅行者 1 号”考察木星时拍摄到了木星环的照片。木星光环的形状像个薄圆盘，厚度约为 30 公里，宽度约为 6500 公里，离木星 12.8 万公里。它也围绕木星运行，每七小时绕木星转一周。它主要由许多黑色碎石构成，不反射太阳光，所以长久以来未被发现。

342 木星有强大的磁场。木星有铁核存在，使得那里好像有个条形磁铁埋在木星表层下。木星的磁场强度达 3~14 高斯（地磁场表面强度只有 0.3~0.8 高斯）。木星的磁场也束缚了许多太阳风中的带电粒子，形成了类似地球周围的范艾伦带的带状物。那些被束缚的粒子如果打到人身上会使人丧命，所以无人飞船仍将是今后探索木星的主力。

343 在 1994 年 7 月，木星受到重大撞击。当时电视台直播了整个撞击过程：20 多块山一样大小的彗星碎片以 13 万公里每秒的速度撞击了木星，释放出的能量相当于几百万吨的 TNT 炸药爆炸释放的能量。撞击激起的激波有整个地球大小，由激波掀起的物质所组成的暗云在空中持续了长达一年的时间。

344 在 1995 年末，木星探索进入新的篇章。在 1995 年 12 月 7 日，经过六年的长途旅行，“伽利略”号飞船到达并进入了木星的轨道（它以前的“先驱者”和“旅行者”都只是从木星旁经过）。“伽利略”将发挥至少两年的珍贵木星资料，并放出第一个人造机器人进入木星大气层探索。“伽利略”号的照片比“旅行者”有更好的地面分辨率，会提供更还待资料给我们。

345 “伽利略”发现木星上的风速比科学家预期的要大。“伽利略”放出的进入木星大气层的机器人在受到木星上高温高压环境影响前发挥了一个小时的数据。结果分析发现，木星上的风速达到了 335 公里/秒，比科学家预期的 200 公里/秒要大。

346 “伽利略”还发现木星上的化学成分很少。“伽利略”放出的机器人还发现了木星上没有科学家预言造成木星五颜六色云的多种化合物，如乙烷，磷化氢等。它还发现木星上的氢要比预想的少一些。不过，这还不足以否定科学家们以前的推测，因为这个机器人探测器只对木星大气的顶端进行了一个小时的探测，而不是全面的探测。

347 木星最大的四颗卫星由伽利略于 1610 年发现。当伽利略观测木星时，发现了木星两旁直线排列着四个亮点，连续的观测发现这四个亮点虽然会互换位置，可是它们一直在木星周围。伽利略正确的判定它们是木星的卫星，并以他的研究资助方富有麦迪斯家族的人命名这四颗卫星。可是，后人均称这四颗卫星为伽利略卫星。

348 伽利略卫星亮到我们可以用肉眼看到。这四颗卫星实际上比我们可以用肉眼看到的最暗的星要亮。可是直到望远镜发明我们才发现那四颗卫星是因为木星的光辉遮盖住了它们。

349 伽利略卫星也有希腊名。在希腊神话中，宙斯是统领众神的上帝，木星代表着宙斯。所以，人们就形象地把那四颗卫星以宙斯的仆人和情人命名：卡利斯托，甘米迪，欧罗，爱莪。

350 木星有一大群“随从”。自从伽利略发现木星的卫星以来，一共有 60 多颗卫星被发现。其中伽利略卫星是最大的四颗。它们围绕着木星以不同的方向运行，就像是一个迷你太阳系。其中有一些卫星已经被飞船近距离观测过，结果发现这些卫星之间的差异很大。最小的只有一般岩石大小，最大的比地球还大。

351 木卫四是一个“脏雪球”。木卫四直径为 3000 公里，比月球要大。它是水冰占一半以上的冰卫星，表面很暗，陨击坑累累。木卫四最让人印象深刻的地质构造是被陨石撞击的瓦尔哈拉中央区，那下面可能可以开采出清洁水。

352 木卫三是太阳系中最大的卫星。木卫三直径 5262 公里，成为太阳系中最大的卫星，比水星还大。它是由冰雪层包围着岩石核组成的。木卫三有很多陨击坑，也有“海”，高地和冰峰，暗地貌区更多。

353 木卫二有台球般的地形。从木卫三向内继续航行就到达了木卫二。木卫二有 2 千公里宽，光谱显示其表面为较纯的水冰，地质上较年轻。它就像个台球，表面异常平坦，整个卫星的表面海拔相差也超不过几十米。

354 科学家最终在木卫二上发现了他们想在火星找到的河流。木卫二的表面有纵横交错，绵延上百公里的条纹结构。这让科学家们联想起了地球上的海洋部分结成冰，然后融化过程中所形成的海洋冰的结构。所以有人相信在木卫二的表面下有海洋存在。

355 木卫二上可能有生命。由于可能存在水，木卫二也是太阳系中生命可能存在的候选天体之一。不久，飞船可能会把木卫二的一片冰带回地球进行研究。

356 木卫一看上去五彩缤纷。它以活火山和不断更新的彩色表面成为太阳系最美丽的天体。在旅行者 1 号飞船看到的 8 个火山喷发羽中，有 7 个又被四个月后的旅行者 2 号看到，像巨大的喷泉，升腾高达 300 多千米，宽达 1000 多千米。木卫 1 频繁的火山喷发可能原因是木卫一与木星和木卫二的潮汐作用。木卫一表面几乎没有陨击坑，其外壳也不存在冰。

357 “伊娥”（木卫一）的这种奇特的外貌是由一个特别的现象引起的。为什么“伊娥”看上去如此奇怪？在旅行者号传回的“伊娥”的阴暗地区的深度曝光（为了显现出星星进而确认旅行者号是朝着正确的方向前进）的图象中，科学家们找到了答案。在那里，卫星边缘升起的是来自活火山的被喷到接近 200 英里高空的熔岩物质。很快的，又找到了其它超过六座的活火山，全部都在喷发大量的熔岩状硫磺。每一座火山都有法国大小。由于“伊娥”表面经常被其喷发出来的内部物质重新覆盖，所以它没有环形山。伊娥是太阳系中活动最剧烈的地方——一个几乎要把它自己翻出来的世界。

358 “伊娥”的火山作用要归功于木星。“伊娥”离大质量的木星很近是它有那令人难以置信的火山的原因。正像月球对地球施加潮汐力一样，木星也对“伊娥”施加这种作用。但木星是十分巨大的以至于它的潮汐影响是极端强的。就如一个网球在一个有力的夹子里会持续变形一样，在轨道上“伊娥”的表面也被迫的突出和凹进去 300 英尺左右。它就跟装在一个很薄的球壳里的巨大熔化状硫磺一样，冲破外壳的洞和裂缝，内部物质全爆发到附近真空中，产生了巨大的羽毛状火山烟尘。处于不同化学状态和不同温度的硫磺构成了“伊娥”表面的种种颜色。

359 “伊娥”持续地剧烈活动。70 年代末，当旅行者号太空船在“伊娥”背面发现火山时，哈勃空间望远镜已经可以让我们持续地密切关注这个不平凡的世界。在 1995 年 7 月，一个新的黄白斑点在“伊娥”上出现了。接近 200 英里宽，几乎可以认为是另一个巨大火山的喷发物

360 “伊娥”有一个很大的铁核。在 1996 年 5 月，伽利略号空间船发现木星磁场的变化可归因于“伊娥”那大概 1000 英里宽的铁核——几乎有这个卫星它自己直径的一半。因此“伊娥”成为第一个被我们所知的有自身磁场的卫星。

361 “伊娥”是个“有点喜欢乱扔垃圾的人”。在“伊娥”围绕着木星运行并同时喷出它的硫磺烟雾时，它靠着在所过之处留下的硫分子云“弄脏”轨道。随着时间慢慢过去，这已经形成了一个完整的环绕着木星并描绘出“伊娥”整个轨道的圆环状云。

362 木星的潮汐力在它的最大的卫星们之间引起了显著的结构的不同。在我们逐渐接近木星时它四个最大的卫星的密度会依次增加，内部温度也会依次逐渐上升。“卡利斯托”（木卫四）和“盖尼米得”（木卫三）差不多是一个“脏雪球”，与此同时“欧罗巴”（木卫二）在它薄薄的冰质外壳下基本上是海的世界。“伊娥”则几乎完全是由熔融态的硫和铁构成，表面根本没有环形山和一点水和冰。类似地，“卡利斯托”的表面完全是十分古老的，事实上没有迹象显示它有内部活动。对比之下，“盖尼米得”弯曲的山脉则证明一些地质活动正在那里进行。“欧罗巴”上的交叉的冰样也许说明了甚至可能一直到现在的重复的溶化和结冰过程，还有它的薄的或半溶状的冰质外壳在过去已经湮没了许多环形山的痕迹。最后，“伊娥”，由它那些喷发的火山，正持续地让它的表面“再铺”。事实上，“伊娥”有全太阳系“最年轻的面孔”。

363 木星是导致它的大卫星们之间的主要不同的原因。简单的说，一个卫星越接近木星，它所受的潮汐力越强，潮汐能越大。因此，远一点的地方（比如说“卡利斯托”和“盖尼米得”）是冰冻的固体，同时更接近木星的则比较温暖。这说明了一个卫星是固态、液态或者是熔融态，决定了卫星最初的水是在一个地方保持结冰状态还是很久以前就蒸发跑进太空了，留下

重物质让卫星又更大的密度。

Saturn 土星

364 土星是戒指中的王者。二十年前，天文学家想知道为什么在所有行星中仅仅只有木星有环。今天，我们知道四个大行星（木星、土星、天王星、海王星）都有一些类型的环，但没有一个可以跟土星壮丽的环相比。华丽而灿烂地，土星的光环跨越了超过 200000 英里（几乎是地球到月球的距离），甚至还可以在一个小孔径的业余爱好者的天文望远镜里被看见。

365 土星的环首先是被伽利略看见的，不过那时他也不知道他看见的是什么。当伽利略通过一架天文望远镜第一次看见土星时，他注意到这个行星有些不一般。他宣称说“这第六个行星是三个”（即是说是一个三星）并且形容说“萨杜恩”（罗马神话里的一个老人）显然需要两个仆人在左右帮他在天堂之间来来去去。伽利略知道他在天文望远镜里所看到的不是像木星一样的球状物，但对他来说它看上去好像一个行星一边有一个小行星。在其它场合他也把这个物体描述成一个茶杯的把手或者是一对“耳朵”。

366 克里斯丁·惠更斯解答了第六颗行星的这个谜团。数年以后，另一个天文学家，克里斯丁·惠更斯，意识到伽利略所看到的其实是一个完全围绕这颗行星的独立的环。事实上伽利略没有成功的辨别这个环也许是由于他早期望远镜较差的光学成像质量，也有可能是由于之前从没人看到过在行星周围有环，所以伽利略的头脑无法向他解释他所看到的是什么。

367 在地球上通过望远镜观察时，土星的环是一个三层的环。从地球上，土星显现出有三个环。它们被简称为 A 环（外层）、B 环（中间）和 C 环（内层）。最宽的 B 环和 A 环被一个称为“卡西尼环缝”（来自发现它的天文学家）的缝隙所隔开。它宽得足够放下月球，并且可以在中口径的业余爱好者的望远镜里被看见。C 环由于它那纱状的、半透明的外貌，因而也被称为“纱环”。

368 当我们谈及土星环时，会有比我看见的多得多的东西。在 1980 到 1981 年间，旅行者号到达土星后，土星环更完整的结构开始展示在我们面前。在地球上看见的三个环变成了成百上千个小环。接近看，土星环像一个留声机唱片。另外，旅行者号还发现了地球上从没见过的新环，包括一个像散开的女孩头发的神秘发辫状物体。

369 虽然土星的环看上去像一条跑道或一张 CD，但它不是固体整盘。很早我们就知道这些大大小小的环不是固体的盘，而是由上百万的脏冰块构成。它们中有沙粒般大小的颗粒，还有小房子般大小的冰山。每一个物体在这暴风雪中运行就好像一个微小的行星在它自己的轨道上运行。与行星绕着太阳运转一样，离土星越近的环里的小颗粒或大石头运动速度越快。有的环绕速度可以高达 50000 英里/小时。对于我们的眼睛来说，所有的迷你卫星像风扇扇叶一样快速旋转而模糊，形成了我们所谓“环”的美丽装饰品。

370 土星的 B 环有轮辐。在土星宽广的中层环上飞行，旅行者 1 号发现显现出来的有暗的轮辐状的条纹。科学家们认为这些轮辐可能是被土星磁场俘获并被迫在自旋的同时绕着这颗行星运行的带静电的尘埃悬浮在环上面造成的。

371 环缝也是土星的卫星们激烈竞争的结果。除了 3000 英里宽的卡西尼环缝外，其它在环

内部的缝也是可见的。同时，天文学家意识到这种分离不仅仅是环系统的暂时特征，而是土星几个卫星的引力牵引的直接结果。某几个卫星间的作用力担当看不见的行动者，清理掉离土星某些距离的某些区域的环境物质，于是产生了环缝。

372 其它的几颗土星卫星扮演“牧羊犬”的角色来防止环消失。旅行者 1 号在 A 环的外侧较远处发现了一个很薄的环，科学家们对于它能存在感到十分惊奇。理论上组成它的岩石块和冰块应该在很早以前就散开，消失在太空中了。然而当太空船近距离看时竟发现了两个很小的卫星，环的一边一个。被形象地叫为“牧羊卫星”的两颗卫星扮演着牧羊犬的角色，用它们的引力把成群的开始向外逸散的环中的粒子物质拉回环中。

373 偶尔土星的环也会消失。在伽利略第一次发现土星那令人迷惑的外形后两年，他更加迷惑了，因为他发现这个行星的“仆人”或“附属物”完全消失了，在望远镜里仅留下一个圆圆的行星。今天，我们知道每过 15 到 17 年当环的边缘朝向地球时，这环看上去就像是消失了一样。这上天的魔法骗局是可能实现的，因为这个环虽然有 200000 英里宽，但是仅仅只有不到 100 英尺的厚度！在地球上试着看环的边缘就好像在 20 英里外看唱片的边缘一样！最近一次环的边缘朝向地球是在 1995 年。

374 土星环处于一个强潮汐力的区域。每一个物体都有一个假象的表面叫“洛希极限”。在这个表面内，中心物体产生的潮汐力大于其它物体自身的引力。因此，在土星的洛希极限内任何进入的物质都不可能聚集成卫星，一定只会保持独立的小块。在某些情况下，冒昧地进入洛希极限的物体甚至会被潮汐力撕成碎片的，于是环产生了。

375 土星是由极轻的原料构成，以至于如果你能找到一个能放下土星的浴缸的话，土星可以在里面浮起来。跟木星一样，土星也是一个被云覆盖的大行星，有上千英里厚的大气。同时，跟木星一样，土星几乎全是由自然界两种最轻的元素构成：氢和氦。土星也含有少量的重元素和较多的复杂化合物，但它的实际总密度还是比水小。这意味着，找一个足够大的浴缸，土星会像放在一杯热可可里的软糖一样上下沉浮。

376 虽然木星是五彩缤纷的，但土星更像一大块白色的糖果奶油布丁。从“大红斑”到它橙色和棕色的带纹，木星的大气呈现出生动的颜色的旋涡和斑点。对比之下，土星是十分柔和的。它的柔和的黄棕色云带点缀在白背景上。这种原因看上去似乎是两种因素共同作用的结果。首先，在土星大气高空有一薄雾层，它使得我们看这颗行星时好像透过起了霜的玻璃。第二，土星有更彻底的混合气候系统，所以大片的单色云很罕见。

377 旅行者号在土星上发现了奇怪的飓风。旅行者号的照相机侦察到了旋转火焰状的漩涡云，很可能是下着氨水的有亚洲大的飓风。但是这种现象与土星上每三十土星年才会发生的令人不可思议的事情相比是不算什么的。

378 土星也许有太阳系内最大的暴风雪。每次土星位于近日点时，它所接收到的更多的热会引发一个极大的上升气流。当大量的氨气飞快地上升到土星大气最高层时，它们就变成了数以万亿计的雪花。被超过 1000 英里每小时的快速的气流俘获，雪花气流很快地爆发式增长为暴风雪，能包围好几倍地球面积的一个区域。看上去像一片巨大的覆盖上百万平方英里的白云，在衰减慢下来之前，这个暴风雪持续横行了几周。

379 跟木星的“卡利斯托”和“盖尼米得”一样，土星的许多卫星也是由冰构成的。就像土星自己的环，它许多的卫星是由冰构成的。然而，在距太阳 10 亿英里的地方，冰的温度是十分低的，所以这土星卫星上的冰性质跟地球上的很不一样。事实上，完全失去了它的弹性后，土星卫星上的冰像钢铁一样坚硬但也像玻璃一样脆。

380 卫星“特提斯”（土卫三）上有一个巨大的峡谷。在“特提斯”上，有一个叫“伊萨卡峡谷”的地方，它延伸出这颗卫星三分之二周长的长度。“伊萨卡峡谷”也许是“特提斯”内部冷却、冻结而膨胀时裂开的一条裂缝（跟你向你的汽车的冷却系统中的水箱放了太少的防冻液所发生的一样）。

381 土卫一看上去像达斯·维达（星球大战里的黑暗君主）的死亡之星。小小的土卫一是一个仅仅三百英里宽的小冰球，然而它有一个突出的超过 65 英里宽的被命名为“赫歇尔”的冲击坑，在坑中心还有一个三英里高的山峰。不仅仅是这个特征让土卫一看上去像星战里的死亡之星，它还显示了在这样大一个卫星上可以有多大的陨石坑。如果狠狠砸上土卫一的物体再稍稍大一点，它就会把这颗卫星撞成碎片。

382 土卫一同样展示了刚好多么小的一个星体可以是并一直是圆形。太阳系里的比土卫一大的卫星全是跟行星一样是球形的。但比土卫一小的卫星在形状上就是典型的不规则了。土卫一大小和更大的物体有足够的质量让它们在刚形成时保持熔化状态一段时间。在熔化状态时，引力自然的把它自身塑造成一个球形。更小的卫星（比如小行星和彗星）决不会经过一个熔化阶段，所以形状不规则。

383 我们已经找到了在土星轨道上的亚瑟王的宫殿。土卫一的许多地表特征已经被天文学家根据亚瑟王的传说而稀奇古怪地命名了，包括“圭尼维娅”、“兰斯洛特”、“梅林”，当然还有亚瑟王自己。

384 “恩克拉多斯”（土卫二）是巨人的冰淇淋勺子。“恩克拉多斯”是土星的另一个有陨石坑的冰卫星。它上面也有一个又长又宽的条状区域，看上去就像是一个巨大的舌头伸出来把这部分舔干净了，除去了所有细节一样。这个区域的边缘甚至分布着一些一半完整一半消失的陨石坑。特大的地外宇宙尺度的雪可能不是假设了，科学家们认为在这里，这颗卫星的冰在过去至少溶化过一次，爆发式的涌出来冲过这片地形。热源来自哪里呢？也许是来自土星潮汐地拉扯。

385 土卫八是一个两面的世界。在太阳系里土卫八是最奇怪的地方之一。它有大约 900 英里宽的一面半球是覆盖着冰，像新下的雪一样亮；然而反面半球的很大一部分沥青还暗。天文学家推测这种很暗的物质可能是某些有机物质（就像焦油），受土卫八和土星之间的潮汐热的影响，不知何故从这卫星内部深处涌出。

386 在土卫七上，没有两天是一样的。土卫七大约有 160 英里宽，看上去像一个汉堡包和一个冰球的交叉部分。它的完全不像球形的形状可能是因为远古时的一次撞击撞掉了它一块或者更多部分，并把剩下的炸进一个蛋形轨道里。它不对称的形状和奇怪的轨道造成土卫七十分混乱的旋转速率以至于在它上面每一天的长度都在变。如果较长的天都是周六和周日，那这也许不是一个很糟的住处。

387 “泰坦”（土卫六）是笼罩在天然气里的世界。“泰坦”，土星最大的卫星，是太阳系里第二大的卫星（仅次于“盖尼米得”）。直径 3200 英里，“泰坦”比水星和冥王星大。她不仅仅是一个只有行星般大小的星体，它也有一个行星的典型特征：大气。事实上，“泰坦”大气的厚度是地球大气厚度的 2.5 倍。当旅行者号飞过“泰坦”时，科学家们希望能看到它的深藏不露的奇异外貌，但他们所能看见的只是隐藏在一层毫无特色的橙色雾里的球。有丰富的甲烷（就是我们通常所知的天然气），“泰坦”的大气受太阳光推动，制造碳氢化合物的烟雾。一些科学家推测再过几年有机化合物的雾会通过大气渗透下去，并在“泰坦”的地面聚积形成橙色的泥状堆积物。其他人则假设乙烷云会降落到液态甲烷形成的海或者湖。

388 在 1994 年，科学家们终于能看透“泰坦”的遮挡云雾了。最近，天文学家已经用哈勃空间望远镜来透过“泰坦”的遮挡烟雾看内部。在特殊的红外波段，大气变得稍微有点透明，能瞥见地表了。迄今为止，明暗特征已经描绘出来了，但对于 10 亿英里远的东西，即使是哈勃也无法把细节处理得足够好让我们能判断出我们看见的是什么。

389 下一波的土星探测将会在进入 21 世纪后不久。21 世纪早期，“卡西尼”号太空船预定将航向土星。主航空器将进入沿着巨大环的轨道。惠更斯号探测器将脱离母船，借助降落伞进入“泰坦”的神奇的大气里。然而探测器上不会携带相机（由于预算原因而减掉了），其它的仪器将会告诉我们这个不一般的卫星的更多的气候和化学组成信息。

390 在遥远的未来，“泰坦”会成为一个有趣的居住地。离太阳几乎有 10 亿英里远，“泰坦”的温度不会很温和一点也不让人奇怪。观测者和电脑模型假设地表温度读数大约在华氏零下 250 度左右。然而在过 40 到 50 亿年前事情也许完全不一样。随着我们的太阳变老，它某一天会变成红巨星，吞没并烧焦水星和金星、蒸发掉地球上的水。这种让地球不再适合生存的变化也许会促使“泰坦”变得“繁盛”。“泰坦”的组成在科学上是令人着迷的，因为“泰坦”是真正的有机化合物实验室，含有大量的科学家们坚信的地球生命开始出现时存在的分子。如果“泰坦”的温度能有效地上升，一些有趣的进化（先化学后生物）就可能发生。这样当我们古老的居住地不再适合居住时我们遥远的祖先就能在土星轨道上找到一个新家。

391 天文学家很早就知道了太阳系里土星有最多的卫星，但也许这个家族比推测的还要大。最近天文学家们利用一个特殊事件来找土星周围更多的卫星。每 15 到 17 年，地球都会指向能同时看见土星环顶部和底部的方向。然后，接下来的十五年我们能看见环的背面。但在这两段时间之间，有一个几周的时间，环是边缘指向地球的。在那段时间里，因为环很薄所以会消失。随着环明显的消失，它们眩目的太阳反射光也减弱了。这就允许天文学家去找原来没发现的微小卫星。在 1995 年的夏天，天文学家利用环平面转换的时机，用哈勃最新的锐利的眼睛去搜索出能被证明是家族新成员的物体。未来的观测被要求确定这些。

Uranus 天王星

392 天王星是望远镜发现的第一个行星。1781，天文学家威廉·赫歇尔（顺便说他不是那个半吊子音乐家）在他的望远镜里发现了天王星。跟恒星不一样，天王星有一个小的圆盘，赫歇尔起初以为他发现的是彗星。然而经过仔细记录它位置的变化，赫歇尔能绘出天王星的轨道，并且发现它不是依循彗星的长椭圆路径而是行星的近圆路径——根据这个，天王星成为继土星后又一个行星。

393 在良好的情况下，你可以用裸眼看见天王星。在最亮时，天王星的亮度实际上在干净、黑暗、无月的晚上足够被裸眼看见。毫无疑问，好几个世纪以来，很多的人都看到过，但他们没有能成功地注意到这个行星在众多恒星间一晚接着一晚的缓慢运动，所以也就没意识到它是行星。

394 如果赫歇尔坚持他自己的做法，这第七行星就不会有一个无论你怎么念都会让初中生发笑的名字了。赫歇尔，第一个正式发现一颗行星的人，觉得他应该有权利给行星命名。如果坚持他的做法，行星（由内向外）就会是“墨丘利”（水星），“维纳斯”（金星），地球，“玛尔斯”（火星），“朱庇特”（木星），“萨杜恩”（土星）和……“乔治”（天王星）。虽然是在德国出生的，但赫歇尔发现天王星时是在英国生活，并且，作为王的忠诚的子民，他认为把他的发现根据最近的君王——乔治三世——命名为“乔治王之星”是一个英明的决定。在赫歇尔的努力下，他试图成功地让这个几年前丢掉美洲殖民地的人获得了一个完整的新行星（虽然不能否认那是一个很难收税的地方）。其他的天文学家（特别是法国天文学家）不知何故反对英格兰国王得到这个行星，所以，最终这个新地方被命名为“优利纳斯”，罗马神话里“萨杜恩”的父亲。

395 天王星大概是最乏味的行星。即使在地球上最大的天文望远镜里，天王星看上去就跟一个蓝色的小点一样。其实不是这个行星真的小（实际上它的直径大约是地球的四倍），只是因为 18 亿英里的平均距离下，任何东西看上去都很小。当旅行者 2 号 1986 年靠近天王星时，科学家们希望能看见细节。但是虽然天王星在旅行者 2 号的相机里变大了，它仍然是一个毫无特色的圆盘。

396 旅行者 2 号给了我们天王星的第一眼的细节。在离天王星最近的时候，旅行者 2 号终于能看见类似于地球上的雷暴的复杂的巨大云状物体的顶部（但可能没有雷和闪电）。每一个都差不多有美国这么大。近几年，哈勃有时观察到了类似结构的云，但更多的时候，天王星在视觉仍是很平静的。土星的云上有高空雾层的存在给了它一个比木星更平静的外貌。然而在天王星的情况下，情况更极端。事实上，除了薄雾外，太阳的紫外射线在天王星云上创造了一层厚的乙烷雾，通过这个我们看不见什么细节。

397 天王星是“躺着”绕太阳转的。虽然地球转动轴的倾角有 23.5 度但天王星的轴是令人难以置信的超过了 97.9 度。这意味着这颗行星的轴几乎是躺在轨道平面上的。结果，天王星绕太阳运动时就是侧对着太阳的。许多天文学家猜测天王星奇特的倾斜性是大质量物体在太阳系早期碰撞的结果——把天王星撞得“躺”下了的碰撞。

398 天王星有奇怪的白天，奇怪的晚上和奇怪的季节。天王星的轴倾斜 97.9 度导致每 42 年指向太阳的磁极会交换。换句话说，在天王星两个磁极附近的地方，极夜和极昼会分别持续 42 年。同样的，夏季和冬季会持续等长的时间。然而，由于大气循环的急转，冬天比夏天要稍微暖和一点，虽然两个季节在云顶层温度都是很少超过华氏零下 300 度的。

399 天王星由于它大气里的甲烷气体而显蓝色。像木星和土星一样，天王星是另一个被由氢和氦组成的运所包围的世界。然而，它的大气也有微量的甲烷气体。甲烷吸收红、橙、黄光同时散射蓝光到我们眼里，因此这让这个行星显现出蓝色。

400 1977 年，围绕天王星的环在没有人真正看见的情况下被发现了。1977 年，天文学家正

在观测天王星，等它从一个遥远的恒星前通过。在这个过程中当恒星被天王星挡住后它的光会变暗，科学家可以趁机推断出一些关于天王星外部大气的结构的结论。然而，在行星和恒星成一条直线之前，恒星的光闪耀了几次。天文学家们恰当地推断出这个现象是因为围绕在行星附近的很薄很暗的环状系统引起的恒星光光的“蚀”。这个过程就像期望的一样在恒星通过行星后面时又重复了一次。从闪耀的次数和持续时间，天文学家估计天王星被九个很薄的环围绕。

401 1986 年，我们才第一次真正地看见了天王星的环。旅行者 2 号接近到足够距离去清晰地绘出天王星的环。在为了能首先看见这个的目的而特别制定的计划下，科学家们仔细地决定旅行者 2 号的位置让它能看见另一颗恒星从天王星环后面掠过。旅行者 2 号的照相机确定了蜘蛛网般的很薄的环，并且增加了地球上没发现的特别模糊的第十号环。旅行者 2 号同时也证实了一个很好的关于为什么这些环在地球上从没被真正观测到过的假设。不仅仅是因为它们很薄，而且它们全跟木炭一样黑。一个可能的假设解释说这些组成环的粒子也许涂上了一层当太阳光照射时就会变暗的甲烷冰外衣。跟木星和土星的环一样，天王星的环被束缚在行星的赤道面上，所以它们跟天王星一样，以一边绕着太阳旋转。

402 天王星有一个我们已经知道怎么摇摆的磁场。地球、木星和土星，它们的磁极非常接近行星的转动轴。但是天王星给我们证明了不是所有都是这样的。天王星的磁极与它的转动轴有 59 度的夹角，只要天王星转动下去，我们就能重复看到两个磁极。

403 对于天王星，它转动得有多快是根据你所谈论的东西而定的。像木星和土星，天王星上不同纬度的地方旋转速度不一样，所以仅仅是一天有多长就决定于你在哪里。但天王星是完全没有特色以至于科学家们经常用磁极的转动速度当它的转动速度。实际上这也从一个方面说明了这个行星的核转动得有多快，磁极也被这熔融的铁芯所束缚。然而我们不能直接看见内部的核，旅行者 2 号上叫磁力计的仪器能感应出天王星的磁场并绘出磁场图。

404 一个太空船在几天里发现了是地球上所发现的这颗行星的卫星两倍数量的卫星。1787 到 1948 年，天王星五个最大的卫星在地球上被发现了。1986 年，旅行者 2 号在这个行星的飞越点上发现了十多个以 70 到不足 20 英里的距离排列的卫星。

405 “米兰达”（距离天王星最近的天王星卫星）是一个“拼凑的棉被”般的地质奇迹。在太阳系所有的卫星之中，天王星的“米兰达”是最大的无主珍宝。然而“米兰达”直径仅仅大约 300 英里，在这个微小的地方的边界到处是悬崖、绝壁、峡谷和只能被描述为混乱的地形。科学家们相信在早期“米兰达”至少被一个质量大到可以把它撞成碎片的物体撞过一次。在碎片间的引力作用下它们有重新合在一起了，但不是依照他们原来的排列，因此产生了一个类似于三维七巧板的卫星。

406 “米兰达”的冰的悬崖不仅是地质奇迹，有一天它们也会成为一个巨大的骑车的主题公园。几乎没有地质特征能与“米兰达”上的垂直冰的悬崖相匹敌，其中最高的一个，维罗纳·鲁比，高 9 英里，并且宣称是太阳系里最峻峭的落差。如果你在山顶跨一步到太空中，你会发现这个小星球的引力是如此的小以至于你得花接近半个小时才能到达谷底。

Neptune 海王星

407 海王星被发现是因为天王星脱离了推算的轨道。在天王星发现后一个世纪里，当这个行星绕太阳运行足够远的距离后，天文学家发现它没有按他们所预计的那个轨道运行。一个叫 J·C·亚当斯的刚从剑桥大学毕业的英国天文学家，计算出这颗行星不正常的行为可以解释为在天王星更远处有另外一个行星在用它的引力牵引着天王星。亚当斯甚至算出这个未知的行星可能出现的位置，但是在英格兰没人愿意去找它。一年以后，一个叫 U·李维尔的法国天文学家独立地做了同样的计算得出了同样的结果，但是也没有一个法国天文台为他找这个行星。失望之余，李维尔把他的计算结果在 1846 年秋天带给德国柏林天文台的天文学家 J·G·加勒。加勒把他的望远镜指向那片天区，在第一晚就找到了这颗星。

408 海王星是一个深蓝色的奇观。海王星是深蓝色的，所以用海神的名字命名。像天王星一样，它的大气包含了甲烷气体，这种气体吸收太阳光谱中的红光并把其它的反射到我们这里，让海王星成为了深蓝色世界。然而，与天王星不一样的是海王星的大气不是被一层厚厚的雾挡住的，有时会显示出一种难以置信的动态排列特征。

409 1989 年，旅行者 2 号飞过了海王星并拍到了一个巨大的盯着右后方的黑蓝色“眼睛”。被称为“大黑斑”的这个东西足足有太平洋般大，并且已经确定它是一个巨大的暴风系统，在海王星顶部的云盘弄了一个很深的“井”，让我们能通过这里窥探到更下面的更暗的深蓝色云层。旅行者号单独成像的大黑斑的定式影像显示了它的流动性。实际上，随着时间的流逝，它也会改变形状，时而长时而短，时而圆时而扁，总之，看上去像一条“巨大的蛞蝓”。

410 巫师之眼和海王星风暴是海王星上更有意思的两个特征。除了大黑斑，旅行者 2 号也发现了一个被科学家们称为“小黑斑”的一个比较小的黑斑。更进一步地受海王星大气上白色的云一直聚集在这深蓝色“井”中间的启发，科学家们给这个现象取了一个“巫师之眼”的绰号。由甲烷冰晶体构成的白色的云跟地球大气上部的卷云（就是所谓的马尾云）很相似。另一个突出的白色云因为它绕着海王星跑得比其它的云都快，被取了“海王星风暴”的绰号。

411 海王星有甲烷冰风暴。旅行者号拍到了投影在深蓝色云层顶部的白色条纹。它们是可以从纽约延伸到巴黎的由甲烷冰晶体构成的巨大云层。

412 海王星上还发现了太阳系里最快的风。木星上的急流速度在每小时 300 英里以上，在土星上的则超过了每小时 1000 英里，然而海王星的喷流最高速达到了令人惊骇的每小时 1400 英里——太阳系里最快的风。如果地球上有这么强的急流，它会在仅仅两个小时内横扫美国，但商业喷气式飞机可以在更短的时间横跨两边海岸。

413 哈勃最近记录到了一个海王星天气系统值得注意的改变。1994 年，维修过的哈勃提供了自从 1989 年旅行者 2 号飞过海王星以后的第一张海王星的特写图案。这幅图显示了很多戏剧性的变化，包括海王星北半球完全消失的大黑斑和南半球突然出现的一个同等大小的黑暗风暴！一同消失的还有巫师之眼和海王星风暴。哈勃所得到的更多的最近的图片暗示海王星不知为什么可以在几周这么短的时间里经受如此猛烈的变化。

414 但是最新的图片显示海王星在变得更安静更温和。哈勃 1995 到 1996 年的照片显示所有的，大的小的暗斑全消失了，海王星大气里只有那些很亮的云还在。

415 云层可能是海王星的气候和太阳黑子周期之间的联系。当 1989 年旅行者号到达海王星发现非常活跃、有好几个黑暗风暴的大气层时，太阳正处于太阳黑子周期的极大年。到九十年代中期，海王星的大气已经没有风暴时，太阳黑子周期也正处于极小年。这之间有联系吗？接下来这几年哈勃更多的观测会告诉我们答案的。

416 伽利略事实上也许已经观测到海王星了，不过他不知道那是行星。从 1612 年 12 月开始，在伽利略的笔记本里有一幅木星和它四个最大的卫星的素描图。同样包括了一个他认为是恒星的物体。如果他更仔细地观测一下，他会发现这个物体每晚上在缓慢移动进而意识到这是一个行星。如果这一切发生了，这个太阳系第八号行星就会在第七号行星之前被发现了。

417 “特赖登”（海卫一）是处于太阳系边缘的令人吃惊的一个卫星。在海王星和它的卫星所处的离太阳 30 亿英里的没有太阳温暖刺激的地方，科学家们几乎不期望能找到有活动迹象的地方。然而，海王星和它最大的卫星“特赖登”没有让科学家们失望。旅行者 2 号和“特赖登”相遇后，喷射推进实验室的地质学家 Larry Soderblum 在记者招待会上以“太阳系尽头是多么遥远啊！”作为开场白。这个直径 1700 英里的粉红和灰白的世界有变化多样的地形。在几处有宽 300 英里的交叉过陨石坑地形的冰封谷，并且整个半球看上去是被一种像哈密瓜外皮一样的地形所覆盖。它的形成原因仍然困惑着科学家们。

418 “特赖登”也有一个不受控制的“油田”。在“特赖登”背面半球上，有一个很大的几十英里长的暗条纹群。在一些条纹内部的运动被看见以前，这些奇怪的特征一直令科学家们困惑。旅行者 2 号发现了大量的喷出 8 或者更高的氮烟雾的活动喷泉。这些烟雾被风吹着形成了很长的暗条纹外貌。

419 “特赖登”，太阳系最冷的地方，同时也是最亮的地方。在华氏零下 400 度左右，“特赖登”的表面是到现在为止太阳系里最冷的地方。表面覆盖着冰的地表也反射 90% 多的照射到这上面的微弱太阳光，使“特赖登”成了太阳系里最亮的地方。

420 科学家们再次让旅行者 2 号去获取关于海王星和“特赖登”的更多图片。当旅行者 2 号最初于 1977 年从地球发射时，它的主要目标是木星和土星。科学家们知道可以利用非常难得的行星相对位置的机会把旅行者号送到天王星和海王星那里去，但他们不相信用 60 年代末的技术在 70 年代初建造的太空船到了这些行星附近时还可以工作。然而，到 1986 年为止，当它到海王星时，旅行者号工作状态仍然良好。然而，在旅行者号从天王星传回有用的信息以前，有一个需要解决的问题：由于离太阳太遥远，在海王星上的光强仅仅是地球的 0.025 倍。为了得到效果较好的照片，必须进行长时间曝光，照相机必须要在太空船运动时对行星进行跟踪。

421 在旅行者 2 号到达海王星时奇特的照相是可靠的。当旅行者号离开地球时，它仅仅带了刚好够它这漫长旅行的燃料。但科学家们利用 170 年以上才会出现一次的巨行星罕见的位置排列和重力援助技术。重力援助是在太空船以恰当的距离和角度经过行星时起作用的，让太空船改变航线，到通往下一颗行星的航向上。

旅行者号经过木星时恰好以一个特殊的航向，可以让这颗巨行星的引力改变它的轨道，把它送上当它到土星轨道时正好遇到土星的轨道。轮到土星时，土星也扮演同样的角色，把它送到五年后几十亿英里远与天王星相遇的航道。天王星也同样如此让太空船和海王星相遇。所有这一切仅仅需要一点点的火箭助推来微微调整飞行方向就可以实现了。在电脑精确

导航的情况下根本不需要发动机来进行调整。在这样精确的设计下，天文学家看见了四颗行星和更多的卫星，而不是两颗。做到这一切的技术相当于在 22 英里长的台球桌上打台球。

Pluto 冥王星

422 冥王星发现的过程跟海王星一样。19 世纪 40 年代中期，天王星奇怪的偏离正常轨道的行为导致了海王星的发现。然而到了 20 世纪早期，天文学家们测量出海王星的轨道也偏离了正常轨道，所以大家自然就假设在海王星外还有一个行星。经过长时间系统地寻找，小小冥王星被美国亚利桑那州弗拉格斯塔夫市的罗尼尔观察站的天文学家 Clyde Tombaugh 找到。起初，Tombaugh 简单的把它叫做 X 行星。全世界的人们给它提了很多正式的名称，但国际天文联合会最后把它正式定为“普路托”（冥王星）。“普路托”事实上是英格兰的一个小女孩起的，不是来自米老鼠里那只狗的名字。但因为“普路托”是希腊神话里地狱的神，因此看上去很适合作在如此遥远如此黑暗的地方的行星的名字。

423 冥王星是最小的行星。半径仅仅略多于 1400 英里（比纽约到丹佛的距离还要短），冥王星成立太阳系里最小的行星。事实上，冥王星比月球、伊娥、欧罗巴、盖尼米得、卡利斯托、泰坦和特赖登这七颗卫星还要小。

424 到现在为止，哈勃只给了我们很少的关于冥王星的细节。冥王星实在是太远太小了，以至于在地球上最大的望远镜里看上去跟一个斑点差不多。在我们地球纷乱的大气层外的哈勃最近能分辨出冥王星地表的一些细节。在这里，地表上最大的特征也被描述为明暗的光斑。它们真正的地质特点要等某一天太空船去观测。

425 在太空船还没去访问冥王星时，科学家们认为可以从“特赖登”身上获得冥王星的概况。在 1989 年“特赖登”的大量数据开始从旅行者号传回来时，科学家很快注意到了“特赖登”和冥王星之间的一些基本的相似之处。“特赖登”直径大约 1700 英里，同时冥王星半径是 1400 英里多一点。它们的密度也十分接近（都是水的两倍）。另外，这两个天体大部分的轨道上离太阳的平均距离差不多。所有的这些导致的结论是如果有一天我们发射一个太空船到冥王星去，我们会发现一个跟“特赖登”差不多的天体。讽刺的是，当旅行者号和“特赖登”相遇后，科学家们多多少少开始认识到冥王星的不同。现在“特赖登”已经证明它自己有迷人的，多种多样的地形和活跃的地质与气候。冥王星也开始被很多人认为是潜在的更有趣的地方。几个发射小型太空船到冥王星去的计划已经提到议事日程上了。在 21 世纪前 20 年里，我们也许可以与这个遥远的天体作第一次亲密接触。

426 有时从太阳开始由远及近的说全部行星的名字需要你改换一下思维。如果你叫 70 年代入学的人一次说出全部行星的名字，他们很可能会说：“水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星和冥王星”。然而，这个答案彻底是错的。还有一种情况。冥王星的轨道是十分扁的椭圆以至于这颗小卫星会周期性的比海王星离太阳还近。从 1977 年开始，冥王星已经比海王星更接近于太阳了，直到 1999 年海王星再次处于第二远的地位。所以在 1999 年，小记忆术“My Very Educate Mother Just Send Us Nine Pizzas”将再次帮助你以正确的顺序记住九大行星的名字。（然而应该注意的一点是，海王星和冥王星的轨道并不交叉。因此，说近期它们会相碰是不可能的）

427 冥王星既不像原来认为的那样大，也不像原来认为的那样亮。70 年代以前印刷的天文

教科书都把水星列为最小的行星。但这是建立在对冥王星不正确的假设上的。天文学家假设冥王星没有卫星，所以把来自天空中那个斑点的所有光线都认为是来自冥王星的。然而在 1978 年，一颗围绕着冥王星旋转的卫星被发现了。科学家们意识到以往部分归于冥王星的光线和体积现在必须轨道它的卫星身上。冥王星“普路托”是以地狱的神来命名的，所以它的卫星当然就命名为“卡戎”一把死去的灵魂摆渡过冥河的艄公。

428 冥王星和“卡戎”看上去更像小型的双行星系统而不是一个行星和它的卫星。直径分别为 1430 和 745 英里，冥王星和“卡戎”在体积上比太阳系里其它行星和它们的卫星都接近。此外，它们间的距离只有 12000 英里，使它们看上去向一个由一个无形的轴连接着在太空里翻滚的小杠铃。

429 在冥王星外有第十行星吗？在发现冥王星后不久，一些科学家们提出疑问说冥王星的质量太小了，不足以解释天王星和海王星所有的轨道偏移。他们猜测冥王星外还有一颗第十行星。既然九号行星现在有了名字，在第十颗行星就应该被称为 X 行星，并开始搜索。几十年间，世界各地的天文学家们仔细的搜索了天空来找这个难以捉摸的物体，但都失败了。最终，在 1992 年他们知道原因了。加利福尼亚喷射推动实验室的一个科学家复查了一下旧的天王星和海王星的资料，发现它们没有被正确分析。修正这个错误后，他发现天王星、海王星和冥王星的存在恰好解释外层行星的轨道偏移。再也没有人有好的理由去找第十号行星了，因为它根本就没有存在过。

430 然而，一些科学家仍然相信在冥王星外有被冰覆盖的物体。那些物体直径不是几十就是上百英里，就像冥王星和“卡戎”一样。你可以叫它们小行星、“冰侏儒”或者其它的更带有口头语言的名字。如果它们存在，冥王星也许某一天会被看作这些太阳系里的流浪者里的最大和最近的一个而已。1996 年，一个被命名为 1996TL66 的这样的物体被发现了。它的直径 300 英里。更多的发现很可能接踵而来。

第七章 小行星、彗星、流星体以及宇宙尘

小行星

431 在我们的行星系统的队列中，存在着一个小小的空隙。在 1772 年，一位叫约翰·提丢斯的数学教授注意到，行星的位置和他们与太阳之间的距离中存在着某种特殊的数学关系。作为特例，他从 0 开始计数，然后是 3，然后让后一个数是前一个数的两倍这样继续下去。这样他就得到了 0、3、6、12、24、48、96、192 等这样的一组数据。提丢斯把刚刚得到的每一个数字都加上 4，然后再把得到的每一个数字都除以 10。然后得到了这样的一个数字的序列：0.4，0.7，1.0，1.6，2.8，5.2，10.0，19.6……有意思的是，如果你把太阳系里面远至天王星的那些行星到太阳的距离，除以地球到太阳的距离，你会得到这样的一个数列：0.4，0.7，1.0，1.5，5.2，9.5，19.2……简而言之，从水星到天王星，所有这些行星距离太阳的距离除以地球到太阳的距离以后，得到的数字都很接近提丢斯开始构造的那个数列中的数字。虽然如此，在提丢斯构造数列的方法中，可能并没有蕴含着实际的物理意义。提丢斯注意到，在他的数列中包含着数字 2.8。但是在实际的天文位置上，那儿好像并不存在任何的物体。根据提丢斯的“规律”，在火星和木星的中间应该存在着的一颗行星，不巧的是，在我们太阳系行星系统的队列中，那儿似乎是一个小小的空隙。

432 在 19 世纪的第一个晚上，这个行星的空白被填补上了。在 1801 年 1 月 1 日的夜晚，非常凑巧地，一个叫朱塞普·皮茨的意大利天文学家在他的天文望远镜中看见了一个黯淡而模糊的小物体。随着这个物体每天晚上在天空中的运行，它的轨道很快就被计算了出来：2.8 倍的地球距离太阳的距离。皮茨以古希腊神话中“丰收女神”(Ceres)来命名它，即谷神星。

433 谷神星虽然填补了提丢斯的那个空隙，但是似乎事情比不是那么完美。谷神星虽然刚好出现在火星和木星中间那个空缺的“地方”。但是人们从一开始就很清楚一点，谷神星本身并不是一颗行星。它黯淡得人的肉眼都无法看见。谷神星横跨距离只有 600 英里，这大概只有月球直径的 $1/4$ 左右。皮茨把这个最新发现的物体称作小行星，意思是“星星般闪耀的”，因为谷神星是如此的小，以至于在皮茨的望远镜里面，他能观察到的最多也就是一个闪光的点而已。直到今天，天文学家们既可以叫它们“小行星”，也可以把它们称作“二流行星”。

434 今天，我们知道谷神星并不是孤单的，它还有很多同伴。在发现了谷神星的以后几年内，其他的一些小行星陆续被人们所发现，它们被命名为：巴拉斯（智慧女神）、维斯塔（女灶神）或是秋诺（木星 Jupiter 的妻子）之类的。它们每一个都要比谷神星还要小——平均的横跨距离都不到 300 英里。到今天为止，超过 20,000 颗小行星已经被发现，而且每一年还要再新发现好几打的小行星。如果你把像冰箱那么大的也计算在内的话，小行星实际的总数差不多超过了 100,000 个。它们中的绝大部分（不是全部），都集中在火星和木星之间的带状空间内。它们并不是完全遵循着唯一的轨道来运动的。

435 在那儿存在着一定数目大的小行星，以及数目更多的小个头的小行星。只有 15 颗小行星的跨度超过了 150 英里。剩下的大部分直径都只有几英里左右，还有好些小行星差不多只有露天足球场那么大。造成这样的原因是，从我们的太阳系形成以来，在拥挤的小行星带里

面就充满了碰撞。以至于现在看来全是碎片。

436 很多小行星都有自己的名字和编号。小行星的编号显示了它们被人类发现的先后顺序。大一些小行星往往还有自己的名字。因此，首先被发现的四颗小行星被很正式地依次命名为：1 希尔维斯（谷神星）、2 巴拉斯、3 秋诺和 4 维斯塔，人们也往往会只写出名字，而很少去记住名字之前的编号。（当然同时，这四颗小行星也是目前发现的体积最大的小行星。）但是，天空中存在着如此多的小行星，以至于那些来自神化的带有异国情调的名字很快就用完了。所以在今天，人们还会把芝加哥、加利福尼亚、之类的地名，蓓莎之类的人名也用在给小行星的命名上。

437 小行星并不是行星爆炸以后的碎片。小行星是行星碎片的想法在以前的一段时间里面很流行。但是即使是在那个时候，也没有任何的名显证据或是让人比较信服的机制，以任何方式，来证明这种想法的正确性。事实上，如果你把现在已经发现的所有的小行星粘合到一起，你可以得到一个比我们的月球的质量的 $1/10$ 还要小的物体。事实是，在火星和木星之间从来没有存在过足够的物质在最初的状态下形成行星这种物体。可以说，这些小行星只是一颗从来不可能存在过的行星的碎片而已。

438 大多数小行星并不是圆的。从人类对行星的卫星的观测来看，基本上直径超过 300 英里的星体的形状都是十分接近球形的。但是那些小一点的卫星们则不是那回事，它们的形状往往离球形还差得很远。导致这样的事情发生的原因有两个。第一，当含有足够质量的物理在形成星体的初始阶段，在重力的作用之下（伴随以放射线所产生的热能），各个组成最初星体的碎片聚合到一起时所产生的热量使所有物质足以在很短的时间内熔化，从而形成一层壳一样的物质。第二个因素就是碰撞，较大的物体时常在碰撞中破碎成小块，小块的则会变为更小的碎片。

439 木星和土星之间的小行星带（以下简称为“小行星带”）就是太阳系形成过程中剩余的物质碎片。整个星系是由巨大的气体粉尘云雾团在约 4, 600, 000, 000 年前形成的。渐渐地，沙粒开始互相聚集，久而久之这些小的物质颗粒互相粘连而行成围绕着太阳旋转的残骸碎片群。其中的某些部分则持续增大，变重，进而吸引更多的其它部分与之合并。最终最大的成了行星或是行星的卫星。而那些免于或是由于木星巨大的质量形成的引力而不能被吸引的小部分则仍保持着散逸状态。这样，不可估量的碰撞在这些碎片中发生，越发彻底的使其破碎而最终形成了所谓小行星带。

440 在去木星的途中，伽利略号航空器带给我们首次近距离观察两颗--或者应该说是三颗小行星的图片。在 1991 年十月，伽利略号航空器路过了一颗名为 Gaspra951 的小行星。正如预料中的，其形状是不规则的（看上去有点像一个有凹陷的大马铃薯），大约有 12 英里长。。在 1993 年八月，伽利略号又一次发生了预料中的相遇。这次是和一个叫做 243IDA 的小行星。令人吃惊的是，仅有一英里直径的 IDA，具有一个环绕它运转的物体。尽管有些人开始试图以 Ho 命名此卫星（如“Ida.Ho”），天文学家们最终选定为 Dactyl。伽利略号与小行星和这些物体之间的相遇应该有显著的差别。因为 Gaspra 和 Ida 两者都具有不规则具有凹陷的外形。科学家们已经可以断定 Ida 的外形。反过来这则可以作为关于地球对于在表面亮度和颜色上的一个较大范围内的许多小行星的测量的一个标准。简而言之，小行星可能会涉及所有坠落地球的陨星，不论它们是石质还是铁质。而且，轨道离太阳较近的小行星可能会表现出太阳热力对其形成时产生的影响，而更遥远的行星则不能。

441 另一个小行星带的假设是从地球上的雷达得出的。这个问题针对一个通常被称为 Toutatis 4179 的物体。从返回的图像来看，这颗小行星看上去应该是两个紧贴着的物体构成。其中一个直径大约 3 英里另一个则为 1.5 英里，被一个很狭小的“颈部”所连接。简而言之，Toutatis4179 看上去有点像花生的样子。

442 一些小行星和木星公用轨道。并非所有绕太阳旋转的小行星的轨道都是在火星和木星之间，两个被称为 Trojan 小行星群事实上就在公用木星的轨道。其一在这颗巨大星球之前约 60 度，另一个则在其后 60 度处。这些点并非如此反复无常，而根据首先开创此理论的法国数学家的名字被称为 Lagrangian point（拉格朗日点）。拉格朗日点代表着木星和太阳之间中立稳定性增加的位置。

443 其他小行星群则离他们的“家园”更近。存在三个这样的“族”：the Amors（爱神族），他们的轨道可以容许他们在地球与金星之间运行；the Apollos（太阳神族），他们的轨道穿过地球的轨道；后者激发的明显不只是学术上的兴趣，直径位置还没有任何这个轨道上的物体和地球的轨道相遇过，而且这类轨道处在不断的改变之中由于许多其他星球重力所产生的牵引力的作用。最终，这一千多个被称为 Amor-Atem-Apollo（或称为 AAA）的物体中的任何一个都可能对地球造成严重的威胁。事实上，我们星球的坍塌很大程度上就是有这样的物体对地表的撞击造成的。

444 一些科学家倡导对这些物体的长期监控。近些年来，一些存在担忧的学者已经建议国会财政支援对这类地球附近的存在潜在威胁的物体进行的系统的具体的研究项目。目前，三个观察站轮流进行不间断观察，将来会有一天以电脑网络连接的天文望远镜将能够自动的监测整个夜空，追踪所有已知的物体并发现新的并计算其轨道。尽管事实上一个大体积的物体与地球相撞的机率非常之小，这种观测现在已经成为了技术上的可能。在给予足够警告之后，我们仍有可能以飞行器去影响甚至消灭可能与地球相撞的物体。（飞行器将会贴在小行星上向纤夫似的把它拖走）或者带着核武器将其炸毁。很有趣而且讽刺的是可以用来毁灭这颗星球上一切生命的力量有朝一日可能会起到保全他们的作用。

445 每多久时间小行星 Apollo 会可能撞击地球一次？平均而言，估算给出的结果是大约每一百万年以内会有三颗 Apollo 小行星撞击地球。

446 近些年已经有一些可信的行星和地球的近距离交汇（从天文学上出发）。在 1968 年，一颗名叫 Lcarus 的 Apollo 小行星和地球相距 3,750,000 英里掠过地球。在 1989 年，另一颗名为 1989FC 的小行星，距离仅为 500,000 英里。在 1991 年，第三颗小行星 BA 以 106,000 英里--少于地月距离的一半--的远近掠过我们。

447 地球附近的小行星有多大？大多数 Apollo 小行星直径都不超过 1 英里，但是其中一颗被发现具有约 6 英里的直径。

448 多大的小行星与地球相撞会产生严重的后果？在亚利桑那州 Winslow 附近的陨石坑 Barringer Meteor 大约有 4,200 英尺直径，而坠落于此的陨石直径只有 160 英尺。一个直径仅约 500 英尺的行星碎片坠地会造成的能量足以将一个主要的大都会地区夷为平地。彗星 Shoemaker-Levy9 大约有几英里的直径，当它在 1994 年撞击木星时产生的震荡波波及的范围大约有整个地球那么大。这样尺寸的小行星如果撞击地球，很可能所有的生命将会被毁灭。

449 木星其实是这里面的罪魁。木星巨大的重力场很容易改变附近小行星的运行轨道。事实上，自从太阳系形成开始，木星就一直在改变小行星（以及彗星）的运行轨迹，在多数情况下使它们向太阳系的内侧偏移。这种运动帮助产生了太阳系早期的一系列爆炸，正是这造就了月球，睡醒和火星表面的这么多陨石坑。其他改变运行方向的小行星刚好可以解释现存的令我们烦恼不堪的 Amor-Atens-Apollo 物体。

彗星

450 彗星事实上是一大团被封冻的泥。其核心部分，是一块昏暗的形状不规则的冰，岩块和粉尘混合物，看起来有点像发黑的马铃薯，其直径从几百英尺到几英里不等。这种冰块是典型的水，氨，固态二氧化碳混合解冻的产物。

451 如果你发现了一颗彗星，你可以让自己的名字永远的留在天空中。有一种古怪的传统，在天文学中如果你发现了一颗新的彗星，你可以以自己的名字去命名它。这种“寻找彗星名垂青史”的传统使得很多新手天文学家专门去观察模糊难辨的星空，试图发现本位置异常的星体。其中的一些人就是这样取得了成功而拥有许多以自己命名的彗星。有时一组人会共同发现一颗新的彗星，比如在 1994 年撞击木星的彗星 Shoemaker-Levy9，就是以共同发现者的名字命名的。完全随机发现的这颗彗星已经是 Caroline 和 Eugene Shoemaker 和 david Levy 发现的第 9 颗彗星了。

452 曾经有一个人在试图发现彗星的过程中因为一些其它原因成名。Charles Messier 是 1700 年左右的一个彗星搜寻者，随着他日复一日的观察星空，偶然间他发现了一些模糊的看上去像是彗星的东西，但它们并没有随着其他星群缓慢的移动。作为一个严谨的彗星搜索者，观察这些东西是没有意义的。在沮丧中--也是为了帮助其它一些希望发现一两颗彗星而成名的人--Messier 列出了包含 103 个此种物质的名单，希望别人不要在观测它们上面浪费时间。事实上，他的这份名单中列出的正是天文现象中最壮丽的现象：从巨大的形成新星的星云到整个银河系中亿万颗爆炸的星球所保留的残骸。直到今天，这之中的每一个都仍以字母 M（代表 Messier）加上其在那份名单中所在的位置来命名。在这本书中我们将会有机会遇到其中的一些并对它们作进一步的探讨。

453 在所有彗星中，哈雷彗星是最著名的，但是哈雷本人并没有看到过它。哈雷彗星每隔 75 或 76 年就会回到地球的星空中，他曾与 1910 年造访地球，之后在 1985 到 1986 年间再次来访。1705 年，英国天文学家爱德蒙·哈雷期限准备应用牛顿发明的新的数学模型通过追踪彗星在天空的位置画出彗星的轨道。在这项工作中，哈雷发现有一颗 1682 年被观测到的明亮彗星有一条很扁的椭圆轨道。这条轨道使它可以十分接近太阳，而后又能运行到远超出海王星轨道的地方。同时他还发现，1682 年那颗彗星实际上于 1607 年和 1531 年观测到的两颗亮彗星的轨道是重合的。他认为这三次记录的实际上是同一颗彗星。通过对它前几次记录以固定年数间隔出现的行为推断，哈雷预言这颗彗星将于 1785 年再次光临地球。哈雷没能活到那一天，不过在 1785 年平安夜，那颗彗星如约而至。为了纪念哈雷，这颗彗星被命名为哈雷彗星。在哈雷之前，天文学家一直认为一颗彗星只会出现一次。现在的观点任务为，至少有一部分彗星是可以被重复看到的（译者注——原文用了“惯犯”一词）。根据这一启示，天文学家们把对哈雷彗星的记录推溯到了公元前。

454 所有的彗星都分为三个部分。在彗星的中心是彗核，是一个冰冻的泥块。当离太阳足

够近的时候，和会被近球状的气体 and 尘埃云包裹，这就是彗发。从彗发向外流动的部分是彗星最易被识别的部分，那就是彗星的彗尾。

455 大多数彗星要在太阳系的边缘区域度过它的大部分生命时光。大多数彗星运行与远在冥王星和海王星之外的轨道上。因为有证据表明一些彗星于科伊柏带上，那是在大约 8 倍冥王星和太阳距离处的一个盘状地带；还有上百万颗彗星可能运行在一个被称为 Oort 云（奥尔特云）的辽阔的球状区域中，Oort 云可以从远在科伊柏带之外的地方延伸到最近的恒星之间。

456 如果通常处在距太阳那么遥远的地方，什么的他们能够造访太阳系的核心范围从而能被我们地球上的人类发现呢？邻近的恒星和木星那样的大质量行星起了重要作用。他们的引力足以周期性的对彗核产生摄动，恰可以把彗核送上前往太阳系核心区域的漫长旅行。当它接近内层行星的轨道时，速度加快，最终绕过太阳。这后随着轨道被改变程度的大小不同，彗星们各有不同的命运。它可能朝向星际空间的深处走上不归之路（译者注——原文“再也不能被看到”）；也可能走上一条较小的轨道，使得它可以周期性的来到太阳系的内层，称我我们地球上可以重复看到的彗星。

457 一些彗星实在太靠近太阳了。偶然地，以颗彗星会正好撞向太阳，在一次猛烈的光亮爆发中毁灭自己。

458 彗星可以有小的核，但是拖着长的彗尾。彗核通常不超过 15 英里，在天文学尺度下这是很小的一点。但这么一个微小的核，已生成一个令人叹为观止的彗星。随着彗核跌入太阳系内层，来自太阳的辐射开始加热它的冰和尘埃，然后像威力巨大的间歇泉那样把他们释放到真空空间中。这些尘埃烟雾变成彗发，它可以长达 100,000 英里。来自太阳的太阳风和辐射可以对彗发中游离的气体 and 尘埃作用，向遥远的外层空间推动彗发，形成彗星长而美丽的彗尾。一个较大的彗尾可以伸展至 100,000,000 英里。

459 一些彗星在接近太阳的过程中光度相当稳定，而另一些彗星就不那么正常。太阳的活动是彗星的彗发和彗尾生长，所以许多彗星在接近太阳的过程中逐渐变得壮丽。但是许多彗星彗核中冰和尘埃的混合物不是很均匀的。结果会造成尘埃或气体的突然爆发，进而将导致零度突然的增加或同样具有戏剧性的黯淡。出现在 1973、74 年间冬天的科胡特克彗星就是一个著名的失败的例子，她在接近太阳的过程中十分的黯淡。因为有这种情况的存在，天文学家们在预言一颗彗星是否会成为“世纪之星”时，通常都很犹豫。

460 哈雷彗星的最近一次来访为什么让大多数人失望了？哈雷彗星在它上一次现身期间为伟大的科学成就提供了有利机遇。许多人听说了它在 1910 年是如何的壮丽，而对它在这次造访中表面上毫无光彩的演出很失望。难道关于 1910 年哈雷彗星的描述是在夸张吗？也许有一点，但是还有极个别的重要因素。首先，1910 年哈雷彗星离地球更近，所以它看起来比较大。其次，1910 年哈雷彗星的最佳观测点在北半球，但 1985 到 1986 年的这次来访，南半球的观测位置更好。这是的哈雷彗星在欧洲和北美的天空中的位置很低，有更多的水蒸气使其模糊。再其次，80 年代的哈雷彗星比 1910 年时回归时小了一点。因为彗星的彗尾都来自彗核，彗星随时间推移会有品质损失。但是导致哈雷彗星在 20 世纪的两次来访中差异的最大原因无论如何不能归于彗星，而在我们地球本身。20 世纪 80 年代地球上有了更多的城市灯光。都市的灯光照亮了夜空，遮挡了亮星以外的一切。在南半球广阔的海洋上，澳大

利亚远离海岸的内陆，或在非洲大陆一望无垠的草原上，哈雷彗星在这次来访中依然是个壮丽的奇观。但在纽约、伦敦那样的都市或是靠近繁华都市的地方，哈雷彗星彻底被都市的灯光所遮蔽，在星空中不再绚丽。

461 我们总能知道彗尾指向何处。因为它是被太阳风和阳光的光压吹向星际空间的，所以彗星总是指向背离太阳的方向。当彗星接近太阳时，彗尾飘扬在核后。但是，当彗星从太阳向太阳系外层撤回去时，回味是指向彗星前进方向的。如果你认为这似乎不太寻常，不妨让我们来想象一下，一个长发的女士走在风中，在她逆风走和顺风走时，头发分别飘向身后和身前。

462 有些彗星长着两条尾巴。一个典型的彗星是由冰和尘埃组成的。有时有利的气体形成一条彗尾，而尘埃形成另一条彗尾。尘埃组成的彗尾看上去显得十分平滑。而气体彗尾可以表现出更粗糙的外表，显得更像直泻而下的瀑布。

463 有些彗星有不只一个彗核。彗核是由十分易碎的材料组成的。确实，如果一颗彗星运行的太靠近大质量天体如木星或太阳，引潮力会将彗核撕裂称两块或多块。在 1992 年，舒梅克-列维 9 号彗星飞临木星，碎成了 20 多块。后来这些碎片像一个飞行中队的飞机在列队飞行，直到 1994 年撞向木星。

464 舒梅克-列维 9 号彗星和木星一起创造了可怕的天上火花。在 1994 年超过一周的时间里，舒梅克-列维 9 号彗星的 20 多颗山体大小的碎片以超过 130,000 英里每小时的速度撞上了木星。结果在木星的上层大气造成了连续壮观的爆炸。每一次爆炸释放的能量都相当于上百万吨的 TNT 炸药爆炸，而且留下一个持续一年多的地球大小的“疤痕”（参见原书 114 至 115 页）。

465 在 1996 年春季，人们受到数年来最明亮彗星的款待。百武彗星是在 1996 年一月下旬被日本业余天文爱好者百武裕司发现的。到 3 月中旬，这颗彗星已被全世界数百万人观测到了。它明亮的彗发在都市的灯光中都看得见，而在黑暗的乡村夜空中，有些观测者甚至看到了它的彗尾伸展跨过半个天空。能使大部分人如此容易的观测到这颗彗星，是由于它在傍晚就挂在空中清晰可见。

466 专业天文学家也很关注百武彗星。科学家们用望远镜和太空飞船证实了他的主要可见物质有冻结的水、氨和甲烷，还有包括乙烷、一氧化碳和乙醇的混合物。这些物质在其他彗星上也被发现过。然而人们在百武彗星上第一次发现了来自彗星的 x 射线。x 射线是由内层彗发吵醒太阳的一个区域发射的。天文学家认为 x 射线可能是由于彗发中的离子被太阳磁场冻结，加速至发出高能辐射。百武彗星当仁不让的成为了“1999 年最著名彗星”，也成为了本世纪最著名的彗星之一。在 1997 年冬春交季时，我们看到了一颗更眩目的彗星，那就是海尔-波普彗星。

467 地球诞生以来，许多彗星都与地球发生过碰撞，在太阳系里几乎没有哪里的固体表面上没有弹痕。他们中绝大多数是彗星或陨石撞击造成的。地球也不例外，地表的侵蚀以及大陆的漂移已经抹去了我们星球上的许多伤疤，但撞击的陨坑仍可在亚利桑那的荒漠中以及澳大利亚的内陆地区找到。1908 年，在荒无人烟的西伯利亚发生了一次巨大的爆炸。据说就是由于一颗在大气中蒸发掉的彗星或流星体造成的。这种撞击时间好像应该发生在太阳系遥

远的过去，但舒梅克-列维 9 号彗星（简称 SL-9）证明了，现在这种威胁仍然存在，只不过几率较小罢了。媒体对 SL-9 的关注使一些天文学家推进望远镜网络的建设，这个网络可以系统地对天空扫描，出现任何会对地球造成威胁的目标，他都会发出警报。

468 1986 年一个由 5 艘飞船组成的舰队从哈雷彗星边飞过——这是历史上绝无仅有的机遇。当其中一艘日本飞船“翠声”在距哈雷彗星 93800 英里处充分扫描并研究陷入彗核的物质云的化学性质时，另一艘日本飞船“先驱号”，研究了挥发周围的太阳风。与此同时，苏联的两艘飞船维佳 1 号和维佳 2 号靠近哈雷彗星，到了距彗核不到 5000 英里处。这两艘飞船拍了彗星内层结构的细节图，并把图片传送给了欧洲航天局（ESA），用来为 ESA 将要独自到达彗核的飞船乔托定位。由于风暴乔托只到达距彗核不足 400 英里处。乔托揭开了彗核的神秘面纱，那是一个表面光滑的形状不规则的黑色天体，5 公里×9 公里大小，而且正不断向空间喷射出物质组成的间歇泉。

469 尽管彗星通常以每秒几英里的速度运行，但在夜空中，它们看上去就关在那里不动。不想流星，彗星不会飞奔着划过天际，但这并不意味着彗星运行的不快。在内太阳系，彗星可以以超过 150000 英里每秒的速度狂奔。它们离地球太远了，这使得彗星看上去每晚在恒星背景中只运动一点。因此，你观测一颗彗星时，他似乎是挂在天幕上不动的，而且通常连续几天甚至几周都可看到。

470 在历史进程中，彗星不仅仅分享他们应得的荣誉和骂名。有史以来，没有其他天象能像彗星这样让人敬畏、迷信、好奇、恐惧。它们曾被作为包括儒略凯撒在内的伟大领袖诞生的预兆。它们也曾被用来预言战争的胜利或失败（当然这要看你站在哪一边）。而且人类所知的一切灾难都归罪于彗星，例如瘟疫、鼠疫和饥荒。十字军圣战中，一名基督教士兵的祷文这样写道：“仁慈的主啊，请从刀剑下拯救我们，请从土耳其人手中拯救我们，请从彗星那里拯救我们吧！”如果以 20 世纪的标准来衡量这种观念显得太幼稚，那我们来看看 1910 年发生的事吧。一名天文学家直率的宣布了哈雷彗星含有的一些微量物质是有毒的，人们竟争先恐后的去购买防毒面具。还有一些奸商，在此时出售所谓的“彗星药片”获得了暴利。

471 彗星就像是罗塞塔的石块，我们从中能解读出太阳系早期的历史。在太阳系 46 亿年的历史中，地球和其他行星猛烈发展着，但随着时间推移，彗星基本没有改变。原因是大量彗星在寒冷的外太阳系地带度过了它的一生。那里温度接近绝对零度，没有化学反应发生。因此彗星提供了太阳和行星形成时很短时间内物理和化学状态的信息。

472 彗星可能导致了地球上生命的诞生，也造成周期性的灭绝。彗星富含水和有机物，这两样物质对地球上生命的发展是至关重要的。有人甚至提出不计其数的彗星撞击在地球上播下了水和有机物的种子，这在地球生命起源的最终过程中扮演了重要角色。具有讽刺意味的是，后来大的彗星或陨石的撞击可能导致了我们的行星上大量存在的物种的灭绝，包括“恐龙的灭绝”。

473 彗星是宇宙中乱丢垃圾的家伙。因为彗星又十分易碎的材料组成，而且在太空中飞行时被太阳基本吹成了砂粒，这样在彗星身后多少留下点碎片是不会令人惊讶的。实际彗星的轨道上布满了这种星际的残骸。

流星、流星体、陨石

474 空间中的残骸在地球大气中燃尽，成为天空中的焰火。地球绕日运行中，在早期彗星的遗骸中前行。彗星遗骸中的微观粒子在穿过大气时被过滤除去。但是沙粒大小或更大的碎片会因摩擦而燃烧起来，形成流星或陨石。

475 不需要太多的宇宙尘埃就可以形成一颗明亮的流星。当地球掠过彗星残骸碎片时，这些碎片会以高达 45 英里每秒的速度冲进大气层。碎片焚毁时放出的热量是巨大的。一个沙粒大小的碎片就可以创造一颗明亮的流星，晴天的话在地面就可看到。更大的碎片会生成更亮的流星，也可以叫做火流星。一些火流星比亮行星还亮，有的甚至可以与月亮相匹敌。

476 明亮的流星看上去似乎在很低的高度，但通常并非如此。人类的肉眼会混淆它和一些近距离的现象。事实上许多太空中的尘埃在地面上空 30-40 英里时就作为流星燃尽了。

477 流星会变一些有趣的戏法。一些流星的顏色会改变。不同的顏色是同一块碎片中不同化学元素组成的混合物燃烧造成的。与此类似，在他进入大气层后，溫度的改变也会造成顏色的变化。一些流星体的组成材料十分易碎，所以有些流星会在空气的高速冲击下碎成几片。有些流星还会留下烟或蒸汽，持续几秒才散去。

478 许多流星是成群到来的。虽然有些流星是随机散落的星际残骸进入大气形成的，但大多数流星是成群的。实际上，一年中地球轨道穿过了许多彗星留下的残骸轨道。当地球穿过一段接一段布满遗骸的轨道时，一系列的流星雨就诞生了。应为地球每年同过同一段轨道的日期是相同的，所以流星雨发生的日期也基本不变。

479 流星雨发生时，流星就像是从一点辐射出来的。就像是轮子的轮辐从周向外辐射。那一点成为流星雨的辐射点，那一点就是当晚地球在宇宙中运行前进的方向。这跟你在暴风雪之夜开车的效果一样。不论你向哪个方向开，雪片就像从你前方一点辐射出来的。这点恰指向你当时的前进方向。

480 夜里一个流星雨的辐射点在天空中是变化的。随着地球自转，每晚恒星和星座在天空中的位置是变化的。因此流星雨的辐射点也在移动。通常辐射点傍晚时分从东方升起，随着夜幕降临，逐渐升高。这就意味着午夜后看到的流星会比早些时候看到的更多。

481 通常每年 8 月会发生一次不错的流星雨。每年 8 月，地球从斯威夫特-图特彗星留下的遗骸中穿过，形成了一年一次的英仙座流星雨。它在 8 月 11 日（到 12 日）夜间达极大值，此时地球正从遗骸中最稠密的一段穿过。这次流星雨被叫做英仙座流星雨是因为它的辐射点出现在英仙座天区内。当然流星体并非来自英仙座。辐射点正是 8 月中旬地球在育种中前进的方向。

482 还有一个每年 12 月可见的流星雨。即双子座流星雨，在每年 12 月 11 日（到 12 日）夜间达最大值。正如你会想到的，它的辐射点出现在双子座天区内。但 是由于 8 月和 12 月的温度差异，英仙座流星雨会看得更舒服。

483 一晚上能看到多少颗流星？通常的夜晚，没有流星雨发生的话，一个人扫视全天，每

小时能看到 2-3 颗流星。英仙座流星雨或双子座流星雨发生时，这个数字平均会增长到 30 到 50 颗每小时。

484 你能看到的流星数目是由很多因素决定的。与恒星相比流星中暗的占大多数，只有少数是明亮的，所以你一天晚上能看到的流星数取决于天空的晴朗程度和黑暗程度。即使是高空的一片薄云遮挡，也能显著减少你能看到的恒星和流星的数量。天空的黑暗程度也会有很大影响。城市的灯光射向天际，被水汽和污染物散射，这些使都市的天空比乡下更亮。来自自然天体（如月亮）的光也有很大影响，只要比较一下没有月亮的夜晚和满月的夜晚你能看到的恒星数目就知道了。因此如果你希望有更大机会看到流星，那么挑一个晴朗无云、干燥没有月亮的夜晚，到尽可能远离城市灯光的地方去等待流星的出现吧。

485 大部分流星雨有极大年和极小年。即使像英仙座流星雨和双子座流星雨那样的流星雨也有大年和小年。这在一定程度上取决于月相的变化，另外也与流星群本身有关。例如，满月如果出现在 8 月 11 日到 12 日，对英仙雨来说就不能算好的年份了，因为月亮会整夜挂在天上，月光能遮蔽所有流星的光，除非流星特别亮。即便月光的影响不占主导，同一个流星雨也会有多少的差别。这是因为彗星轨道上的残骸分布通常是不均匀的。某年，地球穿越了其中特别稠密的地区，人们就会看到许多流星；当然如果穿过的是碎片分布稀疏的地区，产生的流星就会少一些。

486 很偶然地情况，流星雨会特别的壮观。在大部分年份，11 月发生的狮子座流星雨的流量只有几十颗每小时。在 1966 年美国西部的一部分观测者看到了超过 100000 颗流星每小时！据传说，1983 年狮子座流星雨在欧洲部分地区上演了同样绚丽的一幕。产生这种爆发的原因是遗骸会在彗星轨道上的很小区域内聚集。但是，因为如此集中的地带通常很小，这种超级高峰一般只持续几个小时，所以只有在特定时间特定地点（某一时区内）的观测者可以看到。而这种爆发也是难于预测的。1993 年有人预言英仙座流星雨会在欧洲上空产生爆发，但最终这个预言失败了。

487 观测流星雨不需要特别的设备。观测流星雨时你不需要望远镜或双筒。流星辐射划过很大的天区，望远镜和双筒反而会减少你能看到的流星数目，因为它们严格地限制了你的视场。观测流星雨最好的方式是找一片开阔地，躺在毯子上或靠在躺椅上。这样可以看到尽可能大的天区，而且脖子不会酸疼。

488 流星、流星体、陨石的区别是什么？流星是在空中闪耀的一道光。一小块碎片，它还在星际空间中时就是一个流星体，进入大气，流星体燃烧并产生一道光痕，这被叫做流星。但是如果流星体太大了，没能燃烧尽，落到地面，就叫做陨石。

489 陨石一般分为三类。大多数陨石被大体分为石陨石和陨铁。石陨石主要由硅酸盐组成。而陨铁，正如它的名字，含有较多的铁（通常 85%到 95%），其余的成分为镍。第三类是石-铁混和陨石，这种陨石非常稀有，它同时具有上述的两种组成成分。

490 石陨石在宇宙里更普遍，但在落到地球上的陨石中，我们发现更多的是陨铁。大部分陨石是人们看到他落下后发现的。这种情况太少见了，但是这样发现的陨石中 90%是石陨石。寻找落地已久的石陨石存在两个难题。第一，它们看起来和地球上普通的岩石一样，所以它们不会显得突出。第二，它们易受侵蚀，会在相对较短的时期内分解。陨铁尽管更稀少，

但是不会很快被侵蚀，而且看上去是带有金属光泽的光亮的黑色，一次它们更易于辨认。

491 找寻陨石最好的地点之一在南极大陆。陨石在冰雪的白色背景下会显得很突出，因此南极大陆成为找寻陨石的绝佳地点。此外，几个世纪以来冰川作用使得陨石聚集起来。冰川的作用把陨石都带到了大陆的边缘，这使得内行的搜集者更容易去挑拣。

492 我们的地球保留了陨石撞击过的痕迹。从亚里桑那荒漠到加拿大东部的林地，到澳大利亚的内陆深处，都可以找到陨石撞击做成的伤疤。亚里桑那温斯乐附近的巴林格陨石坑有 4200 英尺宽，超过 600 英尺深。在它周围，已发现了超过 30 吨的陨铁碎片。加拿大新魁北克陨石坑是 1950 年从飞机拍摄的照片上发现的，是巴林格的两倍。

493 曾经发现过那些大陨石呢？目前所知地球上发现的最大的陨石是 Hoba West 陨石，它是在南非 Grootfontein 被发现的。它有 9 立方码大小，估计有 50 多吨重。陈列在博物馆中的最大的陨石是 Aneghito 陨石，它被展出在美国纽约的自然历史博物馆中。它是 1897 年被格陵兰的艾米洛·罗伯特·E·皮尔瑞发现的，重达 34 吨。在美国发现的最大的整块陨石是被陈列在纽约海登天文馆的威廉密特陨石。它是在俄勒冈州的威廉密特河谷被发现的，并由此得名。但它很有可能落在加拿大的西部，冰河时代被冰川带到美国的。

494 全世界发现了多少陨石？据统计，已有超过 3000 颗陨石被分类纪录，陈列在全世界大大小小的博物馆里。

495 当你发现一块你认为是陨石的东西时，该怎么办呢？在一些大学和博物馆里你可以找到陨石方面的专家。他们会鉴别你那“宝物”是否真的是陨石。如果它真的来自太空，专家们说不定很有兴趣向你购买呢！

496 目前仅有一例人员受伤的记录。1954 年阿拉巴马州 Sylacallga 的 Hewlett·Hodges 夫人被一颗陨石袭击了。陨石从她的屋顶穿过，留下严重的破坏痕迹。有几个停着的车被下落的陨石击中的记录，但还没有行驶的车撞上落地的陨石的记录。

497 有一些陨石可能来自火星。从它们特有的化学组成上看，少数落到地球的陨石是来自火星的。科学家从理论上证明了一个小行星量级的天体对火星的冲击可以产生足够的能量把一些岩石碎片从一颗行星抛掷到另一颗行星上。如果这是真的，那么即使我们不发射飞船到火星，我们地球上也有火星岩石。1996 年一些课题组报告说，从不只一块这样的陨石的微观结构中发现了曾经有过生命活动的迹象。如被证实，这个发现将非常有意义。

498 另一些被称为玻璃陨石的物体也有不寻常的来源。玻璃陨石是表面粗糙的，呈球形或泪滴状的玻璃质地的物体。它们在全世界不同的地方被发现过。一些科学家认为它们是地壳中的硅酸盐受来自月面的爆炸发射物冲击产生的热量，熔合形成的。

星际尘埃

499 微粒，混乱的小不点。许多极其微小的流星体时时刻刻在与地球碰撞。之所以称之为微粒，是因为它们通常只有 0.00004 英寸大小，而且很轻，可以很轻易地在大气中飘浮。据估计地球每天要聚集 50 到 100 吨这样的物质！

500 黄道光是行星际空间的尘埃发光造成的。微粒组成了行星际空间尘埃。每个粒子都在它自己的轨道上绕日运动，就像整个太阳系一样，尘埃分布在以太阳为中心的一个薄盘上。只要知道何时何地，我们就可以看到这些尘埃，或者说阳光将它们散射（这就像我们在黑屋子里看到日光的情况）。它在西南方日落后 1-2 小时或东南方日出前 1-2 小时出现，被称作黄道光。（出现在黎明前时，也叫作假黎明。）要看到黄道光，你得找到特别晴朗黑暗的天空，但这样的地方越来越难找了。

第八章 深邃的夜空：太阳系外的世界

501 什么是恒星？ 恒星是依靠自身内部核反应产生的能量维持生命的气体天体。

502 在晚上你能看到多少恒星要视时间地点而定。 晚上用肉眼你能看到多少恒星？答案要看你观测地的天空的晴朗和黑暗的程度。在纽约或东京的市区，你能看到几十颗星就是很幸运的了；但是在乡村晴朗无月的夜晚，视力好的人凭肉眼就可以看到 3000 多颗星。

503 从新石器时代，人们就试图破解天上秩序的本质了。 第一眼看去，漫天星斗乱作一团，都慌里慌张地在天空中穿越。你的第一反应很可能是想知道天文学家如何找到星星各自的路，并把一切搞懂的。再看看，情况并非那么糟糕。你的眼睛和思想已经配合在一起，下意识地在星之间连成图案，结果就是做了一个简单的“连点成图”的智力游戏。在有文字记载以前人们就开始这么做了。今天我们根据这些图案或者说是星的分组划分了星座（constellations，来源于拉丁语的“cum”和“stella”意思分别是“在一起”和“恒星”）。

504 对许多早期居民，星座的图案都有特别的意义。 祖先们很快就注意到恒星在天空中不断运动，而且同一星座在天上的位置在每年同一时刻是不变的。因此星空成了最早的时钟和日历。它告诉可以识别星座的人何时可以播种、何时可以收获以及何时可以捕获迁徙的动物。可以不夸张地说，对我们的祖先来说天象知识关乎生死。

505 在一些文明里，具有天文知识就意味着拥有力量。 古埃及的大部分经济都依赖尼罗河每年一次的大水，以及大水退去后留下的肥沃土壤。每年，埃及的预言家们回去拜访法老，并准确地预言如此重要的洪水何时会发生。他们似乎享有神灵们妻子传达的神谕。事实上，他们不过是一些细心的天象观测者。他们注意到了天狼星在恰日出前升起那天后，尼罗河的洪水就快到了。所以他们每天严密监视拂晓前的天空。如此一来，他们使人们相信他们据有掌握国家命脉乃至超越法老的魔力。

506 现代天文学家们把天空划分成 88 个星座。 现在全天被分为 88 区域，叫做星座。很多人把星座画成以星为端点的短线组成的图案（而不是连点的图）。对天文学家而言，星座更像是国家的疆界。就好像美国分成 48 个州，任何一个城镇都可以用它所在的州描述。所以全天分为 88 星座，任何一颗星都可以用它所在的星座描述。星座本身并不包含科学知识，它们只是人为强制划出的边界。如果一个天文学家谈到他的研究对象属于某个星座，其他天文学家就可以从中获得正在谈论的天区的大概情况。

507 星座的名字并不是通常想象到的东西。 当让一个人说出个星座名称时，大勺子可能是他的首选。说出来可能会使许多人大吃一惊，不过在 88 星座中确实没有大勺子，也没有小勺子。它们都是某个星座的一部分，“大勺子”是大熊星座的一部分，而“小勺子”是小熊星座的一部分，没有勺子单独构成的星座。这些在天空中已被识别的形状叫做星群。在中国古代，天空不是划分为 88 星座的，而是分为 300 多个星群。有些事宜小组恒星，而其它是一对或单独的一颗亮星。

508 黄道星座大概是做著名的一组星座了。 在西方传统中，黄道星座是环绕天球一整圈的

一组共 12 个星座。黄道十二星座包括：双鱼座、白羊座、金牛座、双子座、巨蟹座、狮子座、处女座、天秤座、天蝎座、射手座、摩羯座和宝瓶座。英语中 Zodiac（黄道）一词来自希腊语，意思是“动物的带”。黄道十二星座中大部分为动物，但双子、室女、天秤、宝瓶都不是动物，而射手座通常也绘成半人半兽。

509 黄道十二星座对天文学家和占星学家都是很有意义的。黄道星座十分著名就是引文太阳、月球、和可见的行星都在这一区域内运行。对占星学家们这个区域之所以重要是因为他们把这些神圣的天体在某一星座的出现看作是对这一星座的影响。对于天文学家来说这个区域提供了一个了解太阳系形状和物理性质的视角。黄道星座占据了天空中相对狭窄的一条带，这提供了许多关于太阳系形状的信息。它说明太阳系一定也是比较扁平的。从另一个角度说，这意味着太阳系所有的行星轨道和月球的轨道都近似在一个平面内。事实上，除了冥王星其它行星的轨道平面的夹角都很小。换句话说。太阳系的形状就像是一个以太阳为中心的煎饼。这是由角动量守恒这一自然法则决定的结果。我们在观测其它恒星周围类似太阳系结构的形成过程中，也看到了类似的盘状结构。

510 一些星座是古代的，还有一些是现代的。一些星座如狮子座可以追溯到古埃及的法老时代。另外一些星座是 1600 年左右有两名荷兰旅行家 Pieter • Keyser 和 Frederik • de Houtman 命名的，这些星座主要分布在南半球。当时他们在作环球旅行，看到了在欧洲不曾见过的星空，然后创造了一系列极具想象力的动物的名字给这些星座命名。一个多世纪后，Nicolas de Lacaille 为了纪念一些在工业革命中发明的工具，把南天一些零散的星组成了新的星座：熔炉座、唧筒座和显微镜座。当然，很早以前南半球的土著民对自己头顶的星空也有自己想象的图案，那是他们的星座。

511 在安第斯山脉的居民中，有些星座是暗的而不是亮的。在南美洲安第斯山脉，在一定的时期银河看上去是一条跨过头顶的明亮的带，上面交错着斑斑点点的暗的洞或条，这是宇宙中暗尘埃遮挡星光造成的。安第斯山脉的居民不仅创造了由恒星连线组成的星座图案，还特别的创造了以这些黑暗区域形状想象出的暗星座。因此我们在一些地方能看到这样的“黑暗星座”：狐狸座、母鸡座。有一个叫做美洲驼的星座，它是由一块黑暗区域和两颗亮星组成的，半人马座的 α 和 β 被当作了美洲驼的两只眼睛。

512 有些时候相同的星组成的图形在不同人的眼中是不同的。非土著北美居民眼中的大勺子被英格兰人称为耕犁，而被中国人想象成有三匹马拉的四轮马车。在一些土著美洲部落，大勺子的斗被想象成一头熊，而勺柄被想象成在追逐猎物的猎人们。（视力好的人可以看出勺柄中间的那颗星实际上是两颗星，它们在天空中看起来太近了。因此这两颗模糊的星被看成一个猎人带着烹调用的罐子。）在西方人眼中，天空中那条由星组成的曲线是天蝎座，而在波利尼西亚土著居民眼中，那是被 Maui 神掷到空中的大鱼钩。Maui 神就是用这个鱼钩把土壤从深海钓起，形成了太平洋上美丽的岛屿。

513 北极星不是天空中最亮的恒星。当被问到天空中最亮的星时，许多人会回答“北极星”。这是一个普遍的概念性错误。在亮星列表中，被极星勉强能排近前 50 名。北极星有名不是因为它出奇的亮，而是由于它在天空中独特的位置。在目前这个时期，北极星是最靠近北天极的星。北天极在地轴的北极方向，因此，随着地球自转，所有恒星看上去都缓慢地绕着北天极在转动。结果就好像所有性都在绕着北极星转动，而北极星在天空中的位置基本不变，它总是指向北方的。

514 与太阳白天在天空中运行一样，恒星在夜晚穿过天空。每天太阳看上去东升西落，当然这只是现象，这实际上是地球自转造成的。当然夜晚恒星也表现为如此的运动。这种感觉就像是在一个巨大的旋转木马上，你感觉自己没有动，而是周围的东西在绕着你转。这种假象，使许多古人相信地球是不动的，这个宇宙都围绕着地球运动。

515 在夜晚恒星的视运动似乎比白天太阳的运动显得复杂。在晴朗的夜晚到户外找一颗在东方地平线附近的星。过一个小时左右你再出去看看它，那颗星已经升高了（就像早晨太阳从东方升起）。而在这一个小时里，西边的星也会落得更低了。南方的星也是从左到右穿越天际。这种独立的恒星的运动就是由地球自转造成的恒星视运动。因为地球绕过北极星附近一点的轴自转的，所以天空中所有的恒星看起来都是绕北极星转的。

516 你可以用一台简单的 35mm 相机拍下恒星每小时的视运动。你只需要一台 35mm 相机和一个三脚架就可以拍到恒星的周日视运动。你只要把相机对着天空的任何方向，但为了得到最好效果，请指向北极星。用便宜的敏感胶卷（ASA 或 ISO200 就可以），调一个晴朗无月，风也不大的夜晚。把相机固定结实，光圈调大，镜头调到最大，把快门设为“定时”，然后曝光 1 到 2 小时。洗出来后，你会看到照片上每颗星有一条曲线的痕迹。每条轨迹都是地球自转时恒星在天空中扫过的轨迹。如果你把相机指向南方或东方、西方的地平线你同样可拍到恒星是运动的照片。如果你使用的是彩色照片，你还能拍到亮星的不同颜色。

517 北极星曾经不在北天极附近，也不会永远在那里。北极星近似地在地球自转轴所指的点。随着时间的流逝，地轴也会慢慢地摆动，就象一个旋转的陀螺，这种运动叫做岁差。岁差变化很慢，一个周期要 26000 年。它是地轴在这 26000 年间在天空划一个很大的圈。目前地轴指向北极星，但是过去和将来，我们的北极星将不是现在这颗星，而是一颗在岁差圆上或其附近的星。在法老统治埃及时期，天龙座中的 Thuban 是当时的北极星。而到了公元 14000 年织女星将成为我们的北极星，它现在在夏季星空中在我们天顶附近，是一颗明亮的蓝白色恒星。

518 如果北极星是在北天极的星，那么南天极的星是那一颗呢？地轴从地心到北极延长出去指向北极星附近，向南从南极延伸出去也可以指到天空中。但你到南极去不会找到南极星，因为那个天区没有亮星或半亮的星。澳大利亚和那美洲的居民可以看到南天的许多漂亮星，可是没有南极星阿。

519 在北半球，只要有北极星和你的拳头，你就可以估算出你所在地的纬度。因为地轴几乎是知道北极星上的，所以北极星的地平高度也就是大地的地理纬度。以纽约为例，大概在 41° N 北极星也大概在北方地平线以上 41° 左右。把你的一只手伸出一臂距离，握紧的拳头在你看来宽约 10° ，因此就纽约而言，北极星大概在北边地平线以上“4 拳”高的地方。与此相比，在迈阿密，纬度为 26° N，北极星的高度只有 26° 左右，也可以说在地平线以上“两拳半”的地方。在北极点纬度为 90° N，北极星就在正天顶；在赤道，北极星位于北方地平线上；而在赤道以南，北极星在地平线以下，永远看不到。

520 相同纬度的人能看到相同的恒星。因为北极星的高度是由观测地的纬度决定的，一次在同一纬度的人不管在世界的什么地方，在同一晚相同地方时看到的星空是相同的。因此在纽约、马德里、安卡拉和北京的人（他们大体处在同一纬度上），尽管彼此间距离很远，但一年中同一晚看到的星空是相同的。

521 居住在不同纬度的人在夜晚看到的星空有很大不同。北极的圣诞老人河南籍的科学家看到的是完全不同的天空半球。举例来说，一个来自纽约的人到里约热内卢或澳大利亚度假，他就看不到大勺子和勺子及其他一些北极星附近的星座，因为这些星座总在地平线以下。但是，像南十字座那样他不曾看到过的星座会很常见。另外一些他在纽约时看到在南方的星座会颠倒地出现在北方天空。

522 从地球观测宇宙时，会有些“廉价席”。地球上观测站的效果是不同的。以北极为例，北极星一直挂在天顶，应为所有星的视运动都是绕着北极星的，所以每颗星都在自己的高度上终年可见。简而言之，在北极的天空中，星没有升起和下落。在南极也是一样，不过在南极天空中的星与北极相比是完全不同的。换句话说，在地球的两极，我们看到的都只有半个宇宙。在南极点观测到的只是全天的一半，它们就是“廉价席”。

523 观测恒星最好的位置在哪里呢？观测恒星最好的位置在赤道上。因为北极星在地平线上，两个半球分别可见的星一年中都会慢慢进入视野。在赤道只要是肉眼可见的星就一定能被看到，没有星会降到地平以下。

524 地球公转同样会影响我们看到的星。想象在屋子中间放一盏灯作为太阳，你自己绕着灯转圈，就像地球的公转。某一时刻，在任一点，你的身体将一半被照亮，另一半在阴影中。这样你就模拟了地球上总是一半在白天，一半在黑夜的状态。如果在墙上画上星，灯光很亮时，你在某一时刻只能看到一半的星，应为耀眼的灯光使你看不到它所在方向的星。同样，在夜半球冬天和夏天看到的星不同，秋天和春天的也不同。结果我们在一年的不同时间看到了不同的星座，而且通常在每年同一季节看到的星座是相同的。

525 一些星座总在天空中。因为天空中所有恒星看上去都围绕北极星运动。所以一些星会常年出现在天空中。以纽约为例，纬度为 41°N ，北极星在北方地平线以上 41° 高的地方几乎不动。因此所有距北极星 41° 以内的星绕北极星转永远到不了地平。它们在纽约全年可见，被称为拱极星 (circumpolar，来自拉丁语，意思是“围绕着极点”)。在迈阿密 26°N ，只有距北极星 26° 以内的星是拱极星。推到极限，在北极所有的星都是拱极星，而在赤道没有星总在地平之上，所有的星都有升有落。

526 天文学家也不同的方式为恒星命名。天空中许多亮星实际上都有独特的名字。这些名字有许多来自一千年前的阿拉伯，当时阿拉伯天文学家为天文学做出了巨大贡献，制出了当时最精致的星图。一些阿拉伯语的名字就被我们原封不动的沿用下来了，其他的经过几个世纪时间的洗礼也融入西方文化了。这两种情况都使得许多亮星的名字很奇怪甚至可以听出是外来语。例如，Deneb (天鹅座 α) 阿拉伯语的意思是“尾巴或尾巴上的羽毛”，它标出了天鹅身体结构的一部分。双鱼座有一颗星叫 Alrischa，在阿拉伯语中是“绳结”的意思，这指的是球极星空中把两条鱼拴在一起的绳子上的结。有些星的名字听上去还很有节奏感，从左到右猎户腰带上的三颗星都有各自动听的名字：Alnitak、Alnilan 和 Mintaka。

527 另一个星表中就没那么多外来词。专业和业余的天文学家都喜欢这个更通用的星表。规则很简单也很有逻辑性。每个星座里最亮的星用希腊字母表的第一个字母 α 表示，后面跟着是星座的拉丁文名称的形容词形式。例如：金牛座最亮的星 Aldebaran，在这个星表里名称为 $\alpha \text{ Tauri}$ (十分准确的表达了“金牛座最亮的星”)。在它边上猎户座最亮的星有一个听起来很有趣的名字 Betelgeuse，但它是猎户座最亮的星，所以它叫做 $\alpha \text{ Orionis}$ 。每个星座

里第二亮的星用希腊字母表的第二个字母 β 表示,后面也跟着星座的拉丁文名称的形容词形式。例如,明亮的猎户左脚 Rigel 也被叫做 β Orionis (意思是“猎户座的第二颗星”)。

528 很不幸,希腊字母表中只有 24 个字母,而每个星座里的星都远超过 24 颗。有时两颗以上星在天空中很近时,它们都用同一个希腊字母,但要加标注。因此天琴座的双星叫做 ϵ^1 Lyrae 和 ϵ^2 Lyrae。变星用别的字母表示,通常用常用字母表示,如 RR Lyrae。但是望远镜越造越大,我们看到了越来越多的恒星,目前的星表远远不够用了。有一个做法,就是在建立星表时只简单地给每颗星一个号码。一颗星可能叫做 HD213468,它是哈佛大学 Henry Draper 编译星表中的第 213468 号。另一颗星会在 Smithsonian 天体物理观测站星表中被叫做 SA0347981。实际中星表太多了,大部分星只有号码,而同一颗星在不同星表中会有不同的编号。这可能很不人性化,但却解决了很大的问题。

529 没有恒星被命名为珍妮史密斯或阿尔波特叔叔。最近几年,少数公司和一些研究机构利用“以人名给恒星命名”赚了很多钱。许多情况是你付了很多钱,得到一张看上去很漂亮的证书和一张“你的恒星”所在天区的照片或星图。那也许是一个不错的表示也是一个“极品礼物”,但之后天文学家会在自己的研究和学术论文中引用这个名字吗?答案是毋庸置疑否定的。一张附有你名字的纸可以被保存在瑞士银行的保险柜中,但决不会被收录到某天文台或大学科研用的目录或出版物中。如果想把你的名字留在天上,那么走出去,发现一颗彗星吧。许多业余和专业的天文学家都成功过,如果你发现一颗彗星,专业天文学联合会真的会用你的名字命名。但要是一颗恒星,你就不能仅仅购买命名了。

530 天空看起来是两维的,但实际上是四维的。当我们仰望星空时,我们会强烈感觉到星星就像是附着或是凸起在遮蔽我们头顶的一个球顶上的圆点。事实上在许多古代文化中就曾有过这种想象,而现代天文观中那种逼真的人造星空也是用这个方法的。其实,恒星到地球的距离都不相同而是分布在一个三维的空间中的。另外,星光传到地球所用的时间是有限的,对天空中观测也意味着对第四维度的观测,也就是时间。稍后我们会具体讨论这个问题,下面先让我们考虑一下……

531 在地球上,我们有时会看到现在的物品,而听到他过去发出的声音。如果你坐在露天看台上认真地观看棒球比赛,你会发现你听到击球手击球的声音是在你看到他击球之后的。同样地,你事先看到闪电然后听到雷声。这两种情况都是由于声音传播的速度远小于光速造成的。在室温下,声速是 1100 英尺每秒,而真空中的光速是 186000 英里每秒(与空气中传播的速度差不多)。这意味着你听到较远处的声音是在它发生之后的,但它一发生你就能看到它,至少在地球上如此。

532 我们对宇宙观测时,看到的是它过去存在的方式。比起我们在地球上看到的東西,宇宙中天体与我们的距离太远了,即使是光传到我们这里也要经过相当长的时间。因此我们看到的不同天体是它们在过去各个时刻的状态。举例说来,光从距我们大概四分之一百万英里的月球到地球大概要花 1.5 秒,所以,我们看到的月亮不是现在的它,而是 1.5 秒之前的月亮。在 93000000 英里处的太阳,我们看到的是它 8 分 20 秒前的状态。(如果太阳神秘失踪了,我们在地球上过了 8 分 20 秒才能知道。)不同行星在我们看来,是几分钟甚至几小时之前的状态,而我们看到的恒星是几年前的状态,星系是几百万乃至几十亿年前的状态。所以说,我们仰望星空时,也是在回顾历史!

第九章 恒星的秘密

533 计算临近恒星的距离就像你眨眼睛一样简单。恒星间距离有多远呢？这是一个简单的问题，但看上去似乎是不可能回答的。毕竟你不能用卷尺去两处恒星间的距离。为了便于理解具体做法，我们来做个实验。举起你的食指，伸直胳膊让食指在你面前大概 1 英尺处。用你的左眼和右眼交替去看它，从中你会发现你的食指在远处不动的背景中跳动。这种现象叫做视差。视差现象是由于你用左眼和右眼分别单独看食指时的视线方向有微小的不同。食指在背景中跳动的大小或者说是视差的大小是由食指到你的距离决定的。当你把食指靠近时，视差会增大；相反地，让食指远离，视差会减小。

534 天文学家把视差的概念延伸，并以此测量恒星的距离。用望远镜拍摄进出恒星在遥远天体背景中的照片。6 个月后，当地球公转到太阳另一侧时，在拍摄以此。对比两次的照片，可以看出较近的目标星在背景中的移动。目标离我们越近，移动的量也就越大。地球轨道两侧的距离比你两眼间的距离大得多了，这种方法可以用来测量许多恒星的距离。恒星间的距离太大了，所有恒星的视差都非常小。

535 即使是离得很近的恒星，视差也非常非常小。半人马座 α 是除太阳外距地球最近的恒星系统，它的视差是 0.76 角秒，大概只有满月直径的 0.004%。

536 天文学家在描述恒星距离时通常以光年为单位。你可以用英寸来度量纽约到巴黎的距离，但是用一个大一点的单位如英里似乎更实际。同样地恒星间距离是非常大的，以致英里也不再适用了。因而天文学家通常使用光年作为度量宇宙的标度。1 光年就是光走一年的距离，将近 6 万亿英里。许多肉眼可见的恒星于我们的距离在几十甚至数百光年。

537 秒差距也用来度量宇宙中的距离。除光年外，秒差距有时也用来作为宇宙中的长度单位。1 秒差距等于 3.26 光年或 20 万亿英里。

538 半人马座 α 包含了除太阳外距地球最近的恒星。它在南天的半人马座中，看起来是一颗主星，实际上是三颗相互绕转的恒星。其中有两颗星与太阳很类似，另一颗是个较小的红色恒星。这些距太阳最近的恒星与我们也有 4.3 光年，即大约 25 万亿英里。（目前哪颗星离我们最近？是那颗最小的恒星，叫做半人马座 α c，也叫半人马座 Proxima，意思是“半人马座中最近的星”。）

539 一些亮星离我们很近，还有一些离得很远。夜空中最明亮的恒星是大犬座的天狼星，它是距地球较近的一颗恒星，与我们距离 8.8 光年。大犬座旁边的猎户座中也有两颗亮星，即 Betelgeuse 和 Rigel，与天狼星形成鲜明对比，Betelgeuse 的距离为 590 光年而 Rigel 为 900 光年。这意味着从 Betelgeuse 进入你眼中的光离开它时，哥伦布还没发现美洲大陆，而 Rigel 的光发出时，欧洲刚刚脱离黑暗时代。在夏季星空中我们可以找到很明显的夏季大三角，它由牛郎星、织女星和天鹅 α （中名：天津四）组成。织女星在距我们 27 光年处，牛郎星在 16 光年远处，而天津四却又令人吃惊的 1600 光年的距离，我们看到的光早在罗马帝国覆灭之前就出发了。

540. 天文学家用测量机来测量恒星间的视差这种测量仪器由一块面积比较大的花岗岩板组成，在花岗岩板的中心有一个空洞。某一天区的图像成像在放置在空洞中的一块玻璃片上。当有光线穿过这块玻璃片时一张图像便在屏幕上形成。于是被测量视差的恒星（团）便成像于十字准丝处并被记录下来。经过一段时间后就可以得到同一天区的多块感光板并同计算机的近似计算结果相比较。测量机被放置在环境受一定控制的空间因为感光板和花岗岩板的膨胀和收缩会极大得影响观测。

通过这种方式已经有超过 6000 颗的恒星的距离得以测量。这些恒星中的大部分位于距地球几百光年的范围以内因为一旦超过这个范围，恒星的视差将变得非常小从而无法用这种方式测量到。对于超过这个范围的恒星（在天文学家看来仍然是距地球很近的），需要利用其他的方法来测量。

541. 天文学家采用星等来描述恒星的亮度古希腊人依据他们肉眼观测到的恒星的亮度把恒星分等。最亮的恒星称作一等星，肉眼能观测到的最暗的星称作五等星，其它的星位于一等到五等之间。后来，当能准确测量亮度之间差别的灵敏观测仪器发明之后，人们发现某一特定星等的恒星的亮度是比它高一个星等的恒星的 2.5 倍。同时也发现并不是那些被古希腊人分到同一等级的恒星便具有相同的亮度，因此最亮的恒星应该被重新指定为零等星甚至是具有负数的星等。

542. 用星等衡量恒星的亮度时，务必不要忘记恒星越亮星等越低了解了这一点，除了能使你正确的理解星等外，或许还能让你对天文学家是如何思考的有一些认识。

543. 今天，天文学家们相比古希腊人在两个方面都对星等的尺度进行了大的扩展。当天空中最亮的恒星—天狼星的亮度被准确测量出时，人们发现它比被古希腊人一同列入一等星的其它恒星的亮度要大得多。实际上，天狼星的亮度足以使它划入星等为-1.4 的恒星。一些行星有的时候看上去要比天狼星还要亮因此具有更低的星等。金星的星等偶然情况下会达到-4.4 等，比天狼星还要高三个星等（或者说亮度是天狼星的 $2.5 \times 2.5 \times 2.5$ 倍）。作为比较，满月的星等是-12.7 等，太阳的星等是-26.7。随着望远镜的发明，比人类肉眼所能看到的暗得多的恒星相继被发现，因此星表中也出现了比五等星还要暗的天体。实际上，今天的巨型望远镜已经记录下来暗至+30 等的恒星和星系。

544. 除了视星等外还有绝对星等的概念。显然，我们说太阳的亮度要比一些新发现的恒星和星系大数百万倍，仅仅是指在我们（在地球上）看来这些不同的天体的亮度如何而不是它们的真实亮度。考虑到这一点，天文学家用视星等来描述天体的视亮度的同时也用绝对星等来描述天体本身的真实的亮度。有一定的随意性，我们把天体如果移到距地球 10pc (32.5L.Y) 的地方所具有的视星等成为天体的绝对星等。如果太阳被放在距地球 10pc 的地方，它的星等会变为+4.84，这意味着它将几乎不能被肉眼观测到。作为对比，参宿七，位于猎户座右手偏下位置的那颗星，绝对星等为-8.1。在距我们 900 光年的距离处，它是天空中最亮的恒星之一，但若放在距我们 32.5 光年处，它将变得即使在白天的大部分时间内也可以被观测到。

545. 一般来讲，一颗特定的恒星距离我们越近，它看起来越亮。就像我们离路灯越近它看起来越亮一样，恒星也是如此。但具体是怎样变化的呢？你或许认为如果有两颗完全相同的恒星其中一颗甲到我们的距离是另一颗恒星乙的两倍，那么甲的亮度看起来会是乙的一半。而实际情况是，甲的视亮度是乙的 $1/4$ 。如果甲到我们的距离是乙的三倍，那么它的视亮度

会变为乙的 $1/9$ 。科学家们称这种关系为平方反比定律因为随着一个变量的增加（在这指恒星的距离）另一个变量是不是正比于距离下降而是正比于距离的平方下降。距离变为两倍，亮度就变为 $1/4$ 。距离变为四倍，亮度就变为 $1/16$ ，依此类推。

546. 通常情况下，恒星的温度越高看起来越亮。恒星的温度越高，从每平方米辐射出来的能量就越多。因此，在其它条件等同的情况下，恒星越热，它的温度就越高。

547. 其它条件等同，恒星的体积越大，亮度越高。恒星发光是因为有能量从它的表面辐射到外层空间。如果两颗恒星具有相同的颜色，那么它们的温度也相同，因此每秒钟从它们表面每平方公里都辐射出相同的能量。但是如果其中一颗比另一颗体积大，那么它也具有相对较大的表面积，这意味着他有更大的表面积来辐射能量。综上，如果两颗具有相同温度的但大小不一的恒星到我们的距离相同，那么体积大的那颗将会看起来更亮一些。

548. 并不是所有明亮的恒星离地球的距离都比较小。天空中最明亮的恒星—天狼星，会出现在冬季星空的南方。它属于离我们 8.8 光年的大犬座的一员，是距地球较近的恒星之一。天狼星仅比太阳大一点但却呈现出我们所看到的那样高的亮度，这是因为天狼星的温度较高同时又离地球较近的缘故。一颗与太阳具有相同亮度的恒星如果放在天狼星的位置，仅仅会呈现出天空中一颗非常普通的恒星的亮度。天狼星附近（指在天球上），在猎户星座有两颗同天狼星亮度相当的恒星。它们离我们的距离要比天狼星远得多，但是却呈现出相近的视亮度这是因为这两颗星都是巨星因此具有更大的表面积来向外层空间辐射能量。

549. 恒星的视星等还受介于我们和恒星之间的空间的“洁净”程度的影响。大部分人会把外层空间想象成为绝对真空的，即认为除了行星，月亮还有恒星，其它就什么都没有了，是这样吗？实际上不是的。在恒星之间也存在着物质—气体以及天文学家所指的星际介质。这些星际尘埃不同于人们通常在衣服表面或者床底所发现的尘土，但是实际上科学家也不能准确指出这些星际尘埃的成分究竟是什么。但无论它们是什么构成的，它们分散在银河系及其它的星系盘之间，扮演了一个阴暗夜晚的雾气的角色。我们都知道在雾天向我们驶来的汽车的头灯看起来不如正常天气下那样明亮因为雾气把头灯射向我们的一部分灯光散射掉了。同样的，星际尘埃也使穿过它的光线变得昏暗。

550. 星际尘埃也对我们所观测的恒星的产生颜色产生影响。除了“消光”之外，这些星际尘埃也使得遥远恒星的光线产生红移因为相对于红光，星际尘埃散射掉了更多的蓝光。因此位于我们跟恒星之间的星际尘埃越多，在我们看来恒星会越暗并且颜色会越偏向红色。

551. 恒星具有多种多样的颜色。我们的太阳是黄色的，但并不是所有的恒星都是如此，还存在红色，橙色，白色和蓝色的恒星。

552. 恒星的产生颜色可以告诉我们它的温度。想象一下取一根铁棍放到一个炙热的火炉里，如果你几分钟后把它取出，棍的顶端温度之高会使它看起来呈暗红色。用温度计会测出它的温度高达 5000F。重新把铁棍放回火炉几分钟后取出你会发现它的顶端会呈亮黄色，温度高达 11000F。如果将加热的时间再延长几分钟，顶端会呈白色，温度将达到 20000F。如果用—个非常炙热的火炉并且有足够长的加热时间，铁棍会呈现出像焊接时发出的那种明亮的蓝白色，温度会达到惊人的 30000F 甚至更高。同样的道理，恒星的产生颜色也反映出它的表面温度。温度最低的恒星呈红色，最高的呈蓝色，像太阳那样呈黄色的恒星温度位于两者之间。将恒

星的颜色跟一根炙热的铁棒相比较使得你即使永远不会拿一个温度计旅行到那颗恒星也可以了解它的温度。

553. 部分恒星的颜色非常明显。粗略看上去，所有的恒星几乎都呈白色，或者说成没有颜色。但是如果你仔细的观察一些比较亮的恒星，你就可能分辨出它们具有的不同的颜色。比如说，在夏季星空很低的位置，你可以看到天蝎座最亮的恒星心宿二（俗称‘大火’），因其显现出淡红色，在希腊文中名字意为“火星的对手”。同一时候的星空的高一点的位置还闪耀着明亮的蓝白色的织女星。在冬季，我们会看到猎户座大星云中的位于猎户肩膀位置的一颗呈现出鲜明的红色的亮星以及位于左脚位置的呈现出明显的蓝色的另一颗亮星——参宿七。

554. 双筒望远镜和天文望远镜可以帮助你分辨出恒星的颜色。眼睛分辨颜色取决于有多少光进入眼睛。这就是为什么在晴天颜色看起来格外明亮而阴天则略显暗弱的原因。我们用肉眼基本上能分辨出天空中那些最亮的恒星们的颜色，但是比较暗的星则看起来几乎都是白色。天文望远镜和双筒望远镜则把所有进入镜筒的聚集到眼睛里，从而使得恒星的颜色看起来更明显也明亮。比如说，天鹅星座第二亮的恒星天鹅星，肉眼看起来几乎是无色的。但若用一台适中一点的望远镜来观测，它就被分辨成了两颗星，一颗呈金黄色，另一颗呈深青色。

555. 分光器是一种具有难以致信的能力来告诉我们关于天体更多信息的工具。一个小孩儿利用两美元的材料就可以制成最简单的分光器。它由一个一面有一条狭缝内部有一块三角形的普通玻璃（叫做棱镜）的盒子构成。穿过狭缝的光射入盒中继而经过棱镜北分解成为几种构成光的独立的颜色（就像我们见到的阳光传过打碎的玻璃的情形）。经过几年的时间，科学家们发现通过对这些颜色进行详细的分析可以得到大量令人惊奇的真实的关于发光物体的信息——一切均来源于一块棱镜和一个一面有一条狭缝的盒子。有的时候大自然就是这样的。当然，用于现代天文望远镜的分光镜要比这复杂一些，但是它们工作的原理是一样的。

556. 不同颜色的恒星的光谱是不一样的。在十八世纪末十九世纪初，天文学家们开始进行大量恒星的光谱测定工作。他们很快便发现这些光谱是各不相同的。有一些恒星的光谱中含有大量的暗线，这是不同于我们的太阳的，其它有一些恒星的光谱则几乎不含什么暗线。另外，还有一些恒星的光谱则呈更多的线状以致于看起来几乎以暗带的形式混杂在一起。

557. 为了弄清光谱的机理，天文学家们开始给恒星光谱分类。科学研究中有一个非常重要的方法是当你不清楚某一现象的机理时，你可以先利用观测数据来进行分类比较，并试着找出为什么存在这些类别。简单一点说就是：当困惑的时候先给它分类，然后考虑这些类别意味着什么。天文学家就是这样作的：根据光谱的图像来分类。更进一步，天文学家们问自己是否这种图像（类别）反映恒星的某些物理性质。后来的事实证明，的确是这样的。靠近光谱类别图的顶端的恒星颜色是蓝白色，低一点的是白色，再低一些的分别是黄色，橙色和红色。因此，不同恒星的不同光谱类型是与它们的颜色更进一步是与它们的表面温度相对应的。温度高的恒星光谱跟温度低的恒星是不一样的，同时二者跟温度介于两者之间的恒星的光谱又是不一样的。

558. 天文学家们用简单的字母和数字来给不同的光谱分类。开始的时候，温度非常之高的蓝白星的光谱是用大写字母 A 来标记，其它随着恒星温度的降低，依次采用字母表中的 A 之后的字母来标记，这样一直用到字母表中间的字母就把那时天文学家所分的光谱类别命名

完了。后来，随着他们对恒星跟它们的光谱机理的认识的提高，原来被指定的一些字母的顺序被重新调整。一些字母被去掉了，就这样演变成今天我们所见到的顺序：O, B, A, F, G, K, M, R, N 和 S。表面温度最高的恒星的光谱被指定为 O 型，而位于上述顺序末尾的字母则代表表面温度最低的恒星的光谱型。

559. 记住光谱的分类顺序很容易，不过可能要让你挨一个耳光。一种记住这个古怪的顺序（O, B, A, F, G, K, M, R, N, S）的方法是记住这样一句话：Oh, Be a fine Girl, Kiss Me Right Now, Sweetheart. 有许多天文学家已经曾试过这个方法，其中有一些取得了成功，另外一些人则没有。由一个天文学教授曾经举办了一次竞赛看谁能给出一个最好的方法来记住它，结果优胜者给出的答案显示出他刚在宿舍经历了一场冲突：“Oh, Kill My Roommates Next Sunday!”

560. 科学家们将不同类型恒星的光谱线同它们的物质组成联系起来。意识到不同类型恒星的光谱和它们的表面温度之间的联系同在不同恒星看到的精确而详细的特征线的类型是两码事。但没过多久，通过在实验室中燃烧各种各样的气体，然后观察它们在不同温度下发出的特定的光谱，科学家们便能够证实不同恒星的光谱中的特征线并能推断出这些特征谱线对应的元素组成。因此，在温度极高的 O 型星和 B 型星光谱中看到的特征谱线来自于氢元素。而许多类似于我们的太阳的恒星的光谱中的特征谱线主要来源于一系列的金属元素，从铁，镁，镍到铯等。一些来自于红色恒星的带状谱被确认是由于存在众多的原子结合体，以及一些含有碳，矽和氧元素的分子。事实上，像 M, R, N 和 S 型这些恒星由于温度非常低时的分子能够存在于它们的大气中。相反，在温度高一些的恒星中，这些分子则被分解成分立的原子。

561. 光谱中的特征谱线就像一个指纹。自然界中的每一种元素都有自己的特征谱线，每一种元素的光谱就像每个人的指纹对于他的意义一样是独一无二的。在实验室中高温燃烧特定元素组成的物质并拍下它的光谱，如果在恒星光谱中也能找出同元素光谱一样的谱线，那么你也就会在那颗恒星中发现了一种元素。很简单却是一项被天文学家们公认的非常精彩和有意义的探测工作，它使科学家们仅仅坐在地球上的实验室内就能够了解到遥远的恒星的物质组成。

562. 虽然我们不能在恒星光谱中看到很多证据，但一颗恒星可能含有众多的元素组成。表面上看，或许能得出这样的结论：A 型星要比其它类型的恒星含有更多的氧元素因为在它的光谱中氧元素的特征谱线是最强的。但这个结论却被证明是错的。理解这个佯谬的答案需要对原子物理较深的理解，但很快天文学家们就发现氧的特征谱线在 A 型星中最强是因为这些星大气的温度对于这种谱线的形成起了推波助澜的作用。同样的，O 型星跟 B 型星的温度也促进了光谱中氢线的形成。一般来说，每一类型的恒星氧跟氢的含量是一样的。

563. 有的时候即使是同种类型的恒星之间也是有差别的。个别时候，天文学家们会发现同一颜色的也就是温度相同的两颗恒星的光谱确是不一样的。举例来说，有两颗星具有同我们的太阳相同的颜色，但是当其中某一颗的光谱中占有优势地位的特征线跟太阳类似的时候，另一颗相应的特征线则可能要弱一些。考虑到大部分这种特征线是源于金属原子，因此这些差别是一颗恒星具有比另一颗恒星更大的金属元素丰度所造成的。要回答为什么一些恒星比另一些恒星具有更多的金属元素含量，需要对恒星的形成有一个大致的了解，我们会在后面的章节中谈到。

564. 后来，恒星的光谱被进一步分类。在给恒星光谱分类的过程中，天文学家们很快就意识到简单的应用几个英文字母不能够提供足够的有关它们差别的信息，因此便利用数字来进一步给恒星光谱分类。通过这种方式，最亮的恒星类型被称作 B0 型恒星，比这暗一点的被称作 B1 型依次类推到 B9 型，比 B9 型还暗的恒星被称作 A1 型，比 A1 型暗一点的称作 A2 型，依次类推。

565. 恒星光谱的一些细节的差别也被观测到。很快天文学家们就发现同一光谱类型的恒星之间也不是完全相同的，因此即使是逐渐复杂化的分类体系也是不充分的。举例来说，含有相同谱线的黄色 G 型星应有相同的温度，但是它们的光谱在一个重要的方面是不同的，即光谱的宽度。一颗可能含有相当宽的谱线而另一颗的谱线可能会异常狭窄。但过了不久，人们就意识到光谱中谱线的宽度是形成光谱的气体的压力的表现。低压的气体形成的谱线较窄，而同温度下高压气体形成的谱线则宽一些。天文学家们由此推断一颗体积较小的恒星大气中的气体的压力会比大体积恒星大气的气体压力高一些，因此恒星谱线的宽度可以告诉我们关于恒星大小的信息。

566. 恒星的大小有很大的差别。从大小来看，我们的太阳是一颗直径 864000 英里的处于平均水平的恒星。有一些恒星要比这大得多，被称为巨星。如果一颗巨星突然取代我们的太阳，地球以内的行星将会完全处于恒星的内部。而被称作超巨星的恒星还要更大一些，有一些直径长达 20 亿英里。如果用它来取代太阳，那么所有土星以内的行星将被它吞噬掉！相反的，有一些叫做白矮星的恒星则要比地球还要小，中子星甚至跟一个城市差不多大小。因此，大部分的恒星要比我们的行星大得多的时候，宇宙中也存在一些非常之小的恒星。

567. 为了把恒星大小的差别也容纳进来，更多的数字被引入到恒星光谱的分类中来。利用谱线的宽度作为恒星大小的导向，天文学家们将体积较小的恒星称作矮星，体积较大的叫做巨星。矮星用罗马数字 v 表示，比这大一些的一次用 IV, III, II 和 I 来表示。III 型星的体积已经相当之大因此被称作巨星，这使得天文学家们将 I 型星称作超巨星。最后，天文学家又将 I 型星分为 I b 和 I a 型，I a 型代表最亮的超巨星。

568. 太阳的光谱类型是什么。知道太阳的大小和温度，便可得出它是一颗 G2V 型恒星。这意味着它是一颗非常小表面温度大约 11000F 的黄色恒星。宇宙中其它大部分的恒星非常类似于我们的太阳，也具有 G2V 型的光谱。

569. 通过谱线的形状还可以了解另外一个细节。光谱线的形状还决定于恒星绕自转轴旋转的速度。自转越快，谱线越弱

570. 一些恒星具有非常规则的自转。就像我们的地球，大多数的恒星都绕一条轴线旋转。但是由于恒星由气体构成，不同纬度的地方旋转的速度不一样。距离太阳极点较近的区域旋转一圈需要 31 天，而距赤道较近的低纬度地区则需要 25 天。有一些恒星自转要比太阳慢一些，但部分恒星却具有惊人的自转速度。一些恒星旋转的速度如此之快以至于它们的外层大气被抛到了外层空间。自转速度最快的恒星的荣耀被体积极其之小的中子星获得，有的中子星的自转速度高达每秒几百转。

571. 一些恒星具有内在的磁性。有些恒星的光谱线会发生分裂以至于看上去每条谱线都呈现两条。这种效应被称为塞曼效应，是由恒星内部和周围的磁场造成的。像我们所看到的一

样，我们的太阳在太阳黑子周围具有极强的磁场。但是有一些恒星的磁场强度高达太阳磁场强度的几百甚至百万倍。

572. 许多恒星拥有一张“麻子”脸。一个世纪以前，我们就已经知道太阳的表面并不具有均匀的亮度而是存在一些被天文学家称为“太阳黑子”的暗斑。在最近的几年中，新的天文望远镜技术使得天文学家们能够将一些大质量恒星分辨成细小的圆盘而不是像以前那种一个无限之小的斑点。这种情况导致的发现之一就是人们认识到其他一些恒星也有一张“麻子”脸。在有些情况下，这种“黑子”非常巨大，是地球体积的许多倍。就太阳来说，黑子又可能是因为表面各处磁场强度的不同导致的表面温度的差异而引起的。

573. 恒星的光谱还可以帮助我们确定它们的距离。一些恒星的距离可以通过对视差的测量而获得，即将要测量的恒星沿视线方向前后移动速度的快慢与更远的恒星作比较。这种技术导致了一个被称作“三角视差”概念的出现因为它利用了数学上一个称为“三角学”的分支并依赖于对恒星位查角的直接测量。三角视差的方法的结果非常可靠，但只适应于距离在几百光年以内的恒星，因为大于一定距离的恒星位差角的变化是如此之小以至于难以测量。天文学上看来，几百光年的尺度仍然是非常小的。为了得到一张给为全面的地图，天文学家们不得不利用另外一项技术来测量星际距离。通过检测恒星的光谱，天文学家很快指出光谱分析能使距离的探测尺度有较大的跨越。这种技术的基本原理非常简单，就是建立在两颗具有相同谱线的恒星是相同的恒星这一基础之上的。假设我们想知道一颗恒星的距离，但因距离太远而不能通过测量三角视差获得。我们只要照一张这颗恒星的光谱照片并且找到一颗距离较近的与其光谱类型相同的恒星，然后根据两颗恒星光谱相同则是同类型的恒星，如果我们知道较近的那颗星的亮度和距离，就能轻松得出在多远距离那颗较远的但类型与近距离恒星相同的恒星会呈现出我们所看到的亮度。这种方法被称作“分光视差”因为它利用恒星的光谱来计算它的距离。利用这种技术，天文学家可以计算出几千甚至数百万光年范围内恒星的距离。

574. 宇宙是一个庞大而又复杂的地方，但是宇宙的基本化学却非常简单。宇宙中有数百亿的恒星，但是利用分光镜，天文学家发现在整个宇宙中只有 92 种天然形成的元素。这 92 种元素同地球上存在的 92 种天然元素是一样的。固然，这 92 种元素的不同组合能够形成大量各不相同的物质。氢和氧通过简单的组合可以形成水，相反的，氢，氧，氮，碳和磷以复杂的方式组合能够形成 DNA。但是这些物质的基石却都是那 92 种元素。似乎宇宙要更复杂一些才更能令人信服，但事实却不是这样的。

第十章 恒星的一生

575. 宇宙间散落着众多受到星系母亲般呵护的恒星。恒星并不是随机的突然的在宇宙中产生的。相反的，他们是产生于被称作“星云”的巨型云中的。星云有气体跟尘埃组成，在星云里面不断产生着新的恒星。

576. 引力在恒星的形成过程中扮演了主要的角色。星云中的气体跟尘埃总是在不停的运动之中。作为这种运动的结果，星云中有一些区域周期性地具有比其它区域较高的气体和尘埃密度。在某一区域，这种密度越高则引力越强，因为引力是由于物质的存在而产生。如果一个空间区域具有较多的物质，这一区域引力的强度也就越大。

577. 当某一区域的引力达到足够的强度的时候，一颗恒星讲究诞生了。如果某一区域引力足够强，则这一区域的气体跟尘埃会不断向内部坍缩，从而吸引更多的气体和尘埃到坍缩区域（称为加速过程）。当加速过程不断进行下去，区域中心的温度会变得越来越来高。当有足够多的物质聚集使得中心温度超过 18000000F 时，热核反应就会启动一颗新的恒星就将诞生。

578. 一些星云跨越数百光年的空间尺度能够产生数以千计的恒星。许多星云包含有大量的气体跟尘埃——足够形成几百颗恒星。有的时候几颗恒星会在一个较小紧密的区域内同时形成，这样的—个紧密的恒星聚集的区域被称作星团。所有—个星团的恒星都具有相似的化学组成，一起演化，此外还经常作为—个团体在宇宙空间中运动。—段时间以后，同—个星云还会产生其它的恒星和恒星团。

579. 在冬季可以用肉眼看到一个巨大的美丽的星云。在冬季晴朗的夜空可以在猎户座腰带下方不远的地方看到—些模糊的斑点。但利用双筒望远镜和天文望远镜就可以把它展现成—个天空的奇迹：猎户座大星云。这个星云具有这么小的视面积是因为它的距离太远——离地球大约 1200 光年。实际上，猎户座大星云是—片广大的华丽的地区，内部的恒星赖以产生的气体和尘埃散发出无数色彩的光芒。

580. 猎户座大星云被内部充满的年轻的—高温恒星点燃。猎户座大星云大部分的光来源于—个微小的区域的恒星，这就是我们熟知的猎户座四边形，用—个小望远镜就可以看到。它们的强烈的蓝白色光芒不仅反映出它们是温度极高的恒星还显示出它们非常年轻，天文学上讲——很可能小于 100000 年。这意味着我们的祖先看天空中的猎户座的时候，这片星云还没有现在这样的巨大的光芒。

581. 猎户座大星云是—块巨大的三维的光与色构成的织锦。我们在地球上是从两维的角度来看猎户座大星云的，但实际上它被认为应该是一个三维的巨大洞窟，光的雕像或者称光与色的织锦——越往深处越稠密，越往外越轻薄。它的外形很明显的取决于它内部气体和尘埃的密度的变化，以及我们所观测的恒星的位置还有我们观察它的方向。

582. 猎户座大星云内部的光色织锦是由它的一些恒星织成的。即使使用—个中等口径的望远镜也能够展现出猎户座大星云的令人惊奇的美丽。它的错综的结构，有现状物，曲线环还

有不规则的颜色构成的围墙，是由恒星的光线穿越它的气体 and 尘埃组成的织状物形成的。在很多情况下，这种复杂的结构是由年轻的恒星强烈的辐射造成的。这些恒星的物质以每小时 100000 英里的速度从表面喷涌到外部。就像五彩的水流射到水池形成漩涡，它们形成了在我们眼中更像是一件艺术品而不是科研的目标这样一种奇特的现象。

583. 最近，哈勃太空望远镜拍到了令人震撼的猎户座大星云中即将诞生恒星的情景。天文学家们在很早的时候就已经认识到恒星诞生于向猎户座大星云那样的气体和尘埃中，但是真正得到恒星形成过程的图像则是另外一回事。最近他们利用哈勃太空望远镜拍到星云内部的图景发现了一些令人惊叹的细节问题。再由这些细节拼凑而成的图景中他们发现了分别处于恒星各个演化阶段的 700 多颗恒星。同“大四边形”中的恒星作对比，有些恒星的确可以被看作处于婴儿时期，只有几万年的年龄。

584. 通过深入探测星云内部，哈勃甚至发现了尚未诞生恒星时的种子。深入猎户座大星云所看到的天体繁殖的壮阔场景被证明对天文学家们更有吸引力——超过 150 颗盘状的物体，并不少于婴儿时期的恒星数，仍然被包裹在气体和尘埃形成的茧中。很快的，这些恒星的辐射压力会推开束缚在它周围的尘埃，将圆盘消散掉第一次呈现出恒星的原貌。但现在，在明亮的星云背景下，他们仍然是相对暗淡的。

585. 在猎户座大星云中的圆盘状物体或许不仅仅会形成婴儿期的恒星，有一些很可能会包含成长中的行星。在某些情况下，这些圆盘外层区域的尘埃会开始聚集成块使它们的引力足够强来继续聚集过程。如果是这样的话，这些圆盘将不仅包含形成中的恒星还会包含行星系统。简单一点说，我们可能会目击一个完全的新太阳系的形成，在它里面有一天也可能出现生命。就现在而言，天文学家们已经把这种物体称为原行星系统。一些我们已经有了相当了解的这种物体具有两到八倍的太阳系尺度，恒星母体具有大约 1/3 到 1.5 倍的太阳质量。

586. 第一个可能形成的类太阳系系统在绘架星座 β 星的轨道上被发现。利用一台装有不透明盘的红外望远镜，天文学家们便可以观测到一个盘状物体在围绕绘架星座 β 星的轨道上运动。这个圆盘的直径是太阳系的十倍（到冥王星），约有 425000000 英里厚。因为圆盘刚好侧对着地球，看上去呈一个恒星在中央的线状。在圆盘内部尺度从尘埃颗粒到巨型石头的物体在它们共同的引力作用下被拉到一起形成小行星体，最终形成完整的行星。

587. 绘架 β 星盘的化学分析使天文学家得到要形成一个太阳系所必需的物质组成。行星能够在空间自由游荡而不环绕其他恒星的方式存在吗？在最近一些有关猎户座大星云的发现中有一项是一些估计质量在 0.1 到 100 倍地球质量的昏暗的碎片被发现。这些天体的尺度横跨小行星到几倍木星质量的范围，它们有一天会最终形成行星但却不会绕一个近处的“太阳”运动。这种天体还在其他星云发现吗？目前有推测认为宇宙中可能充满着在阴冷黑暗的空间中游荡的“孤儿行星”。

590. 恒星和行星的区别是什么？恒星是一种在它一生大部分时间里不断发出通过核反应产生的光以及其他种类辐射的天体。相反地，行星或许会发出一些放射性衰变或者内部不断地爆发生成的热辐射（比如木星）。但是一颗行星不能自己发光，而恒星却能发出自己产生的光。行星发亮仅仅是因为它能反射周围的恒星的光芒。

591. 恒星通过热核反应来产生能量。热核反应听上去是一个非常奇特的名词，但它的意思

简单点说其实就是将几种原子的原子核聚集并熔合在一起。原子的原子核抵制这种作用因此经常需要很高的压强使他们聚集，很高的温度使它们熔合。恒星的内部满足高温高压的条件因此使许多热核反应发生的地方。也恰恰是这种反应放出的是恒星发光的能量阻止了使恒星继续向核心坍缩的过程。

592. 在恒星和在空间中游荡的行星之间缺少了一个联结。最近，天文学家们证实了被命名为褐矮星的天体。关于褐矮星存在的证据几经找寻了近三十年。褐矮星代表了没有足够质量形成恒星的天体和相比已知的行星质量异常巨大的天体之间的一种联结。第一个被发现的这种天体是 Gliese 229B（或缩写为 GL229B），它围绕一颗属于天兔座的距地球约 19 光年的质量较小的红色恒星 GL229 运动。它被确认表面温度约 1300F 并辐射出热量，这些热量来源于在引力作用下仍在缓慢坍缩的内核。但是褐矮星的核心温度却永远达不到能使热核反应得以发生的温度。

593. 褐矮星并不真的是褐色的。褐矮星这个名字从某种程度上来说是会误导人的，因为事实上这类天体跟大多数的恒星相比是如此之小以至于它们看起来不会呈现褐色而更像是暗红色。几年前的那次会议上这个名字的产生更像是一个笑话而不是其他的什么东西，但无论如何，就已经这样定下来了。自第一颗褐矮星被发现以来已经又有一定数量的这类天体被相继发现。

594. 一个天体要具备多大的质量才能够形成一颗恒星呢？当星云中的物质从外向内坍缩时，如果最终核心区的温度超过 18000000F——热核反应发生的温度，它便会形成一颗恒星。越多的物质参与到这一过程中去，所形成的恒星温度就越高。但是具有多大的质量才能使其能够在星云中坍缩聚集而又刚好不至于形成恒星呢也就是温度刚好不能触发热核反应呢？根据理论计算的结果，答案是太阳质量的 8% 左右。近来，天文学家利用哈勃太空望远镜刚好排到了这样一张照片——一颗微小的红色的属于另一颗恒星的伴星叫做 GL105A。GL105A 本身非常昏暗，但它的伴星却要比特还要弱 25000 倍，这被科学家们证实是所发现的最暗的几乎不能够形成恒星的恒星。

595. 天文学家们最近又探测了另一个恒星产生的区域并发现了一些非常有价值的结构。同样是利用哈勃太空望远镜，天文学家最近探测了离我们约 7000 光年的坐落在巨蛇座的鹰状星云的内部结构。在那里他们发现了复杂的手指状的高达 600 亿英里的由气体和尘埃组成的“柱子”。这种被称为像魔法城堡的尖顶以及大海蛇脖子的“创造之柱”实际上是由可见光和紫外线辐射形成的巨大的塔状物。辐射来源于周围的高温恒星而它自身的压力却逐渐减小，气体跟尘埃逐渐加入到恒星形成的过程中去。从这点来看，这种柱子有点像沙漠里孤立的土丘，当花岗岩和其他一些致密的岩石保留下来的时候，那些质地较软的石块很早以前就已经被风和水侵蚀掉了。

596. 在鹰状星云的内部有“鹰之蛋”。因为这种柱子会自己慢慢消逝掉，一些稍为致密一些的气体 and 尘埃形成的小球会逐渐显露出来。这种小球被称作“蒸发的气状球体”（英文缩写为 EGGs）。然而因为它的英文缩写是 EGGs 的缘故，也被称为“鹰之蛋”。简单一点说，他们是要形成婴儿恒星的气体 and 尘埃聚集的区域。因此当我们观测这些令人惊奇的结构时，又将会看到新的太阳新的行星或许还有新的生命诞生的过程。

597. 既有亮星云又有暗星云。恒星照亮了星云内部的气体 and 尘埃，使得它们像广漠空间中

五彩缤纷的织锦。但是如果星云物质远离恒星，它们将会变得非常昏暗。在有些地方，一些不发光的气体和尘埃刚好位于我们和会发光的天体之间，结果是天体的光把这些气体和尘埃的昏暗的轮廓呈现给我们，比如在猎户座中的马头星云。

598. 不发光的尘埃也对“天空的洞穴”的形成有影响。从地球上看去，银河系并不是非常规则的发光。相反的，它呈十字形并且有一些昏暗的斑点和碎片夹杂其中，这使得天文学家们考虑这些“天空的洞穴”是否是因为这些地区恒星稀少所造成的。但后来的结果显示，这些地区比较暗淡不是因为缺少恒星而是因为大量的不发光的尘埃将大部分的远处的恒星的星光吸收掉了。

599. 这种令人震撼的昏暗的尘埃云在北天和南天都可以看到。在温暖的夏季的傍晚，在北半球天空较高的位置可以看到三颗明亮的恒星，它们是织女星、牛郎星和天津四，一起构成了众所周知的夏季大三角。呈现弧形穿越夏季大三角的就是银河。但是在银河穿越天鹅座的时候，它的光芒几乎被暗尘埃云吸收掉了一半。这种现象如果在远离城市灯光的一个晴朗的没有月亮的夜晚会很容易被看到，我们称它为天鹅座的暗缝。

在南半球春季晚上9点的澳大利亚或新西兰，可以看到南十字座和一些南天银河泻中最令人赞叹的恒星云在头顶散发出耀眼的光芒。作为对比，在十字座附近有一个跨越 5° 的漆黑的洞窟。这个洞窟是另一片昏暗尘埃聚集的区域，我们称它为“煤袋”。

600. 星际尘埃石油非常小的微粒组成的。对星际介质光谱的研究反映出它包含有非常微小的颗粒，尺度从几千毫米到几乎两个紧挨在一起的原子的大小。尘埃怎样影响穿越他的星光取决以它的组成。对星际介质光谱的研以及通过对它以其他方式影响星光的测量显示，它包含有碳和硅原子。很明确的是，大部分的碳原子是以石墨和煤烟的形式存在的。简言之，空间的一部分像是被煤烟熏黑的。

601. 一些尘埃也像偏振太阳镜那样使星光发生偏振。光以波的形式传播可以想象为你把一根绳子的一端系在柱子上右手将另一端上下摆动形成的波一样。正常情况下，这种光波是每个传播方向都有的，就像你用手沿不同的方向摆动绳子一样。当光波没有特定的方向的时候，我们称它为非偏振的。但是考虑利用一根一端穿过尖桩篱栅另一端系在柱子上的绳子来制造波动。篱栅的开口方向只能允许你在一个平面上制造波动——就是沿开口方向的那个平面。类似的，一副偏振太阳镜也是利用只允许通过某一振动方向上的光的方式来降低光的强度。之所以能有这种效果是因为组成镜片的分子整齐的排成列状就像组成篱栅的狭板。你可以通过观察光源时在镜片前面旋转一副偏振镜片来鉴别一副特定的镜片是否是偏振镜片。如果两副都是偏振的，旋转时光的强度会发生变化。同样的方式，天文学家通过旋转望远镜内的偏振滤波器来检验是否所接收的光是偏振的。在实际实行后，他们发现穿越星际尘埃的星光是有轻微偏振的。

602. 有关星际介质具有一些偏振特性的发现告诉我们一些有关它们自身以及他们所在空间的一些信息。星际介质使穿越它们的星光发生轻微偏振的事实意味着，类似于偏振镜片的分子，组成星际尘埃的粒子一定程度上也是呈线状排列的。碳和硅的分子自身并不是这样的，但是具有金属特性的物质却可以（就像铁屑在磁场中呈现的排列一样）。有证据表明一些星际尘埃的颗粒被包上了一层冰层外衣，吸引那些游荡在空间中的铁原子，最终在其他恒星（包括我们的太阳）辐射出来的弱磁场作用下形成线性排列并扩散到整个星系。从这一角度讲，星际尘埃扮演了一副巨大的偏振太阳镜的角色。

603. 煤烟还有其他星际尘埃的成分的圆头可以追溯到红巨星。在晚年，向太阳一样的恒星会变成红巨星它们的大气的温度会降低从而使原子能够结合形成碳和硅的化合物。恒星发出的光的压力会将这些化合物推到外层空间。因此，我们所看到的星际尘埃云是无数红巨星在他们生命某一阶段“燃烧煤烟”的结果。铁和水等其他一些组成部分也在这些低温恒星的大气中被发现，因此它们也同时被释放到外层空间。

604. 那么为什么这些尘埃如此重要呢？为了新恒星和行星的形成，自然界非常频繁的需要一些能够给奇特和尘埃提供庇护场所的环境使得它们能够在引力作用下聚合并开始膨胀或者说增长，成为越来越大的“土块”。开放的空间是非常不利于这一过程发生的，因为来自于附近恒星光压力会在膨胀过程中瓦解掉。而充满尘埃的区域则可以遮蔽原恒星和原行星起到阻止这一压力瓦解的作用，因此就像是恒星和行星形成的催化剂。

605. 像这种尘埃区广泛存在于弥漫在星系中的亮星云中。众所周知的博克球状体，（巴特博克是一名研究这一领域的丹麦天文学家）这些天体一般直径约有 5 到 10 光年包含有大约 10 到 100 个太阳质量。就是在这些区域，新诞生的恒星有一天会发出它们第一缕光线。

606. 除了尘埃，在恒星之间还存在气体。大部分组成星云的物质是由气体组成的。最常见的星际气体类型是氢——宇宙中含量最丰富的元素。自 20 世纪 70 年代开始，大约有 100 多种物质在星际空间中被发现，包括水、氨、甲烷和一些复杂分子像甲醛，乙炔和乙醇等。

607. 直到 20 世纪 70 年代，天文学家才相信这些复杂分子会存在于星际空间中。以前的普遍看法人为来自于年轻的高温恒星的强烈紫外辐射会把刚形成的复杂分子就分解掉了。但是当几名天文学家首次决定探测这种分子并荣幸的找到的时候，事实就被证明不是这样的了。复杂分子的存在是由于伴随的星际尘埃保护了它们免于紫外辐射的照射，从而允许这些分子达到一个可观的数量。

608. 复杂分子在星际空间的发现或许有更深刻的意义。发现这些分子大量的分布在星际空间以及那些新的恒星和行星形成的区域是一件非常令人激动的事，因为人们确信这些分子是生命诞生的本质要素。简言之，如果建造生命大厦的分子广泛分布于宇宙空间，那么或许生命也是这样分布的。

609. 宇宙中往往某一类型的恒星数量相当巨大而另一些类型则相对较少。广漠的空间中有数以百亿计的类似于我们太阳的恒星。但事实上比太阳体积偏小颜色偏红的恒星数量更为巨大。但是相反的方向，即比太阳体积大温度高的恒星的数目则越来越少。

610. 像人类一样，恒星也有诞生、成长、老化和死亡的过程。不用多加解释，就是这么简单。

611. 试着理解恒星有些类似于理解人类。当我们抬头仰望星空的时候，我们仅得到不同种类处于生命特定阶段的恒星的一个简单印象。挑战在于要争取能够把这些证据组合起来从而使我们能够了解一颗特定的恒星的整个演化过程。这相当于你是一名外星人带着了解人类生活的任务来对地球做一个短期访问。一个精明的策略是你将飞碟停在轨道上快速的对人群拍照。回到你自己的星球后迅速检测你拍的照片，你会注意到照片中有不同种类的地球生命：小巧的细嫩有着皮肤的、大一点的皮肤也非常细腻的以及皮肤并不细嫩而且有白头发的。为

了解这些生命,你或许会试着重新组合这些图片来看是否能沿着一条非常逻辑的思路来分出类型,并最终了解某一种类型的人类是随时间演化为另一种你所看到的类型的。逐渐逼近是一种非常基本的科学研究方法。当你观测一种自己并不了解的现象时,可以先收集数据并归类,试着找出它们的类型及变化趋势,并指出这些信息究竟意味着什么。具体到恒星时,科学家们正是这样做的。

612. 恒星的寿命很大程度上取决于它形成时的质量。诞生时质量最大的恒星确实寿命最短的,相反地,出生时质量较小的恒星却非常长寿。

613. 恒星比人类的寿命要长,但是也有一些恒星的寿命却达到其它一些恒星的上百万倍。宇宙中质量最大的恒星作为一颗活跃的恒星其寿命只有不到 3000000 年,而质量最小的恒星活跃期却可以持续数百亿年——比宇宙现在的年龄还大。

614. 在早期为了试图更好的了解恒星的过程,天文学家们主要利用恒星温度和亮度的关系。自然界制造了众多不同颜色的恒星,但是却并没有让所有颜色的恒星都具有相同的亮度。而赫罗图(H-R diagram,这一用来描述恒星温度和亮度的关系)正是可以引导科学家们深入了解恒星内部的工具,通过它,人们可以更深入的了解到自然界的工作是多么的杰出,同时也包括对恒星发光的原因以及恒星寿命之间的差别的进一步的了解。

615. 赫罗图引导我们进入一个巨星和矮星的世界。赫罗图最基本的一点是它说明了自然界仅制造特定类型的恒星。就某一特定颜色的恒星来说,比如红色,我们会看到既有暗红色的恒星(在赫罗图右下角的区域)同时也有发出明亮的红色的恒星(在右上的区域)。如果两颗恒星具有同样的颜色,则意味着它们也具有相同的温度,因此,它们每秒钟从单位面积辐射出相同的能量。这种情况下如果一颗比另一颗本来就亮,那么它的体积肯定要大一些。因此我们看到在赫罗图顶部的恒星是体积较大的恒星,而在底部的恒星的体积则较小。体积较小的恒星被称为矮星,而体积较大的恒星被称为巨星,体积更大的被称为超巨星。

616. 赫罗图使我们能深入了解恒星究竟是如何生活的。赫罗图显示在宇宙中有大量的某些类型的恒星也有极少其它类型的恒星。这可能由两个原因造成:一是自然可能因为某些原因恰好不能产生出某些类型的恒星;二是在恒星生命过程中,恒星沿赫罗图运动,在那些我们今天看到众多恒星的区域停留较多的时间,而赫罗图上那些空的地方停留的时间非常之短。事实证明,这两个原因都是正确的。

617. 赫罗图上的主线被称作主序。在赫罗图上的很多位置都能找到恒星,但是绝大部分的恒星都排列在从左上角延伸到右下角的线上。天文学家称这条大部分的恒星花费它们一生中的大部分时间(从青年到中年)的区域为主序。

618. 主序代表了一个稳定的区域。稳定的恒星是指那些在很长一段时间内温度大小都保持不变的恒星。在每一颗恒星的内部都有两种力量:向里拉的引力和恒星辐射以及高温气体的产生的向外推的压力。要保持稳定,恒星必须成功的达到微妙的平衡。在恒星内的每一点,向外的和向内的力必须严格相等。一旦恒星进入主序阶段,便会停止收缩因为引力此时在每一层都与缓慢的稳定的核反应产生的压力平衡。恒星成为一颗稳定的主序星。

619. 主序星是当恒星经历第一阶段热核反应时居住的地方。恒星内的热核反应的第一种也

是最普通的类型是将自然界含量最大的元素氢转化成含量第二位的元素氦。在这个过程中，四个氢原子熔合成一个氦原子同时释放出大量的能量。天文学家称氢被烧成了氦，即使这个过程远比正常情况下燃烧要复杂的多。主序星是指那些在“氢燃烧”之下的处于能量产生的第一阶段的恒星。主序在赫罗图上呈现出明显的现状因为简单一点说，它标志着各种不同恒星因为燃烧氢转化为氦从而停止塌缩变得稳定的那条分界线。

620. 恒星从哪个位置进入主序决定于它们的初始质量。当星云内部的气体 and 尘埃塌缩形成恒星时，它们的中心温度不断升高。形成一颗恒星的气体 and 尘埃越多，中心的温度就越高，因此在它演化成为稳定的恒星之前它的表面温度也会越高。由于这一原因，从巨大的气体 and 尘埃团形成的恒星以一个巨大的质量（恒星世界中的巨头）开始它们的生命并趋向于停留在赫罗图的顶部。换句话说，他们是以白色或者蓝白巨星或超巨星开始它们的年轻时代的。而从小一些的气体 and 尘埃团形成的恒星则主要以橙色或红色矮星占据主序的末端。而质量介于两者之间的恒星则主要以中等大小、中等质量的黄色恒星居于主序的中部。

621. 从不同恒星占据主序的位置可以看出，在恒星的质量和总亮度之间有非常重要的联系。位于主序顶部的恒星是蓝巨星或者超巨星。它们具有非常高的温度和亮度以及非常大的质量。而在主序低一些位置的恒星则相对冷昏暗一些并且质量也没有巨星那样大。因此，对于主序星来说，质量越大，亮度越高。

622. 恒星最大能够有多大的质量呢？这个问题是有一些争议的。一些观测和理论计算认为一颗具有 40 到 50 倍太阳质量的恒星就不能保持稳定了。除这点外，自然界也可能在形成恒星的气体 and 尘埃团内制造不稳定性，或者是形成迅速使恒星物质抛到外层空间的强压力。然而，在南天有一颗非常特别的恒星被称作“ η ”，它的质量很可能是太阳的 100 倍之多。

623. 对于主序星来说，不需要很大的质量差别就可以形成很大的光度差别。人们已经证明在主序星质量和光度之间有非常简易的关系。天文学家们称这为质量—光度关系，它表明，一般来说，如果一颗恒星质量是另一颗的两倍，那么它的光度就是另一颗的 10 倍，但是如果质量是 10 倍，那么光度就是 3000 倍。因为主序性的质量一般在 0.08 到 50 倍的太阳质量之间，这就意味着最亮的主序星的光度是最暗的 100 亿倍。

624. 大质量主序星要比质量较小的光度大是因为它以更大的速度燃烧核燃料并且内部也要热的多。恒星在星云中形成的过程中，中心温度一直不断升高。当气体 and 尘埃的原子和分子都落入中心的时候，它们将最终形成一颗恒星，在核心的引力下，它们的速度会越落越快（就像一个球从高楼落下一样）。气体的温度其实就可作为组成它的原子、分子或离子的平均速度的衡量。速度越快，温度越高。由此那些体积质量都较大的恒星是由更多的加速气体落入核心形成的，因此它们的核心温度是主序星里最高的。

625. 我们的太阳在赫罗图中的位置告诉我们它是一颗非常普通的恒星。我们的太阳现在在赫罗图的位置大致在中部区域，是一颗黄色的稳定的主序星。同样的，它是一颗非常普通的就像你平时看到的那些的恒星。太阳绝不是什么特别的恒星，但我们应该对此感恩，因为正是这种平庸才使它的第三颗行星上出现了生命。

626. 我们的太阳现在处于青年到中年期的交界处。太阳已经在主序阶段待了大约 46 亿年，在它进入老年期前它还将主序阶段或靠近这一阶段的区域停留 50 亿年。也就是说，太阳

不是一颗非常年轻的恒星更不是一个小孩儿，而是大致位于相当于人类 30 几岁的样子。

627. 所有的恒星都是从右侧进入主序阶段。既然所有的恒星都产生于温度相对较低的气体 and 尘埃云并且在形成过程中越来越热，我们便可以推测婴儿期恒星都是从右侧或者说温度低的那一侧进入如主序的，事实上也确实是这样的。

628. 在恒星还没有完全形成之前，它们被称作为原恒星。星云中要形成恒星但还未完全形成的天体被称作原恒星。原恒星可能具有几百到几千度的表面温度，以及 15000000F 的内部温度。但是所有这些热量都是直接来源于原恒星的塌缩。

629 当一个原恒星内部聚集足够多的热量时，它将产生巨大的变化。当一个原恒星内部温度高到足以使它通过热核反应独立制造新的能量时，它就变成了一个真正的恒星。在其变化的过程中产生的压力能够抵消重力从而阻止其自身的塌缩。

630 恒星在主序上待的时间的长短还与它的质量有关。这个关系很简单，当恒星演化到主序时，它的质量越大，则内部温度越高；内部温度越高，则它的核燃料燃烧得越快；恒星核燃料消耗得越快，则它离开主序的时间就越早。

631 “内部问题”最终迫使一个恒星结束它舒适的主序生活。这基本上是一种“内部领导过多”的情况，在这里是太多的氦。当一个恒星在主序时，内部的氢燃烧从中心开始，逐渐向外扩散，形成一个被外部氢包围着的不断增长的致密的氦核。最终，氦核质量变得大到自己也支撑不住时便在重力的作用下塌缩，恒星内部的温度立刻急剧上升。多余的能量扩散到恒心的表面，把光球层向外推。恒星的体积持续增长直到重力和恒星内部向外的压力重新平衡。到这个阶段，恒星已经离开了主序，移动到了赫罗图的右部，变成了一颗红巨星。

632 从赫罗图上我们可以看出，从主序星到红巨星的转变是一个很快的过程。在主序上有很多恒星，在巨星区也有相当多的恒星，但是在这两个区域之间的地方却基本上没什么恒星。这便意味着恒星从图上的一个区域移动到另一个区域的过程必须很快地完成，因为我们只找到很少一部分恒星还待在这个变化过程中。

633 一些恒星还没有移动到赫罗图上的巨星枝上。许多低质量的红矮星燃烧氢的速度相当慢，以至于它们现在离它们的氦核塌缩的临界点还很远，所以它们还停留在主序上。这些恒星有的很年轻，但还有的却很老了。事实上，那些低质量的红矮星燃烧氢的速度太慢了，以至于它们可以平静的在主序上待上几千几万亿年，比宇宙活得还长！

634 恒星们离开主序后，不同的质量决定了它们不同的命运。恒星们离开了主序后，有许多条可能的路摆在它们面前，一些恒星将面临温和的命运，平稳的度过中老年，其他恒星则要遭受悲惨的成长的痛苦。

635 太阳和其他大部分主序星每天（夜）看起来基本上一样，但是对其他的恒星却并不是这样的。古阿拉伯的观测天象的人已经知道一些特定的恒星的表现和其他的不一样。在南天的秋季天空中有一颗恒星，有时候看起来和其他星的亮度差不多，但是在几个星期中又会从视线中消失掉，只有等一年后再回来。它们把这颗星叫 Mira（鲸鱼星座中的），意思是“令人惊奇的或惊异的”。天文学家们经过这么多年发现了许多其他的变星。

636 恒星光度的随时间的变化怎么用光变曲线表示出来。恒星的光变曲线是一颗恒星辐射出的光或亮度随时间的变化的轨迹或曲线。不同类型的变星有着特有的不同表现的光变曲线。

637 许多变星变化的原因是它们不稳定。太阳每天在天空中看起来实质上是一样，同样的颜色，同样的大小，同样的光彩照人。（这是件好事，因为太阳任何重大的变化都会对地球的气候造成破坏性的重大影响。）太阳现在这样始终相同的表现是因为它是一颗稳定的恒星。那是说，在太阳内部的任意一点，向内的重力被内部热气体的压力和自转产生的离心力完美的平衡掉了。但是在其他各种的活动的恒星中这些力并没有平衡。这样的话，那些恒星不但不是稳定的，相反，他们是不稳定的，这意味着它们会不停的变化。有时变化的周期很短，有时很长；有时变化很小，有时确实灾难性的。

638 恒星内部特定的不平衡通常会导致其外表特定的变化。如果恒星核的温度突然升高，额外产生的能量就会向外扩散，随之产生的向外的压力最终到达恒星的表面。可能的结果是恒星的光球层被向外推，使恒星的体积增大。实际上，现在恒星内部向外的压力超过了向内的重力，所以恒星要膨胀。恒星的表面被向外推，但是它也开始冷却，因为膨胀的恒星会提供供给逃逸的辐射更大的表面积来逃逸。因为以上原因恒星和以前相比会变得更大更红。

639 有时这个过程马上反转然后这个膨胀了一次的恒星开始塌缩。有的恒星一旦膨胀了并且冷却下来时，它们会持续那个状态较长的时间。换句话说，他们到达了一个新的平衡态，因为整个恒星内部的各种力又重新建立了平衡。但是其它恒星不同，显然，它们“飞过头了”，它们膨胀的太大了，结果是它们的光球层变得太薄太透明，使得恒星向空间泄漏出更多的辐射，超过了它们可以维持稳定的临界量。这使得它们的温度变得太低，不足以产生足够的向外的压力来抵消重力，于是，恒星开始塌缩。伴随着塌缩的是它的温度再次升高，再次“飞过头”。所以恒星震荡起来，变大变小，变热变凉，一次又一次。因为恒星的大小和温度决定了它的亮度和颜色，所以这些恒星看上去一会儿亮一回儿暗，伴随着颜色也跟着变化。

640 一些恒星的变化很规则。一些恒星的周期变化很规则，它们的亮度和颜色的变化规律就像时钟一样很有规律的一圈一圈地。在北天的仙王座就有这样的一颗星——仙王 δ ，用肉眼就很容易看到，在秋季星空中很适合观测。仙王 δ 每 5.37 天从比 4 等稍微亮点变到比 5 等稍微暗点，然后再变回来，月复一月，年复一年。有一批恒星有着和仙王 $-\delta$ 类似的行为。它们的变化周期长短不一，短到一天长到 50 天，变化的次数也各不相同。但是它们变化的基本原理是相同的。作为一族星，它们被称为造父变星。

641 北极星也是一颗造父变星。你可能从来没主意到北极星是一颗造父变星，它的亮度变化很小，但是确实是在像钟表一样每 3.97 天变化一周。

642 平均起来说，造父变星的变化还是很实在的。一个造父变星变小时，它的直径缩小大约 10%。这些恒星都稍微比我们的太阳大一点，所以这个 10% 大约是 250 万英里。在这个变化过程中，造父变星的平均表面温度变化范围从 $9,000^{\circ}\text{F}$ 到 $11,000^{\circ}\text{F}$ ，这样并不会引起它颜色的太大的变化。大部分造父变星基本上都是从白色变到黄色然后再变回来。**643 造父变星的亮度和大小的变化在某种程度上是不同步的。**具有讽刺意义的是，当造父变星到达它最亮的时候时，它是在它从最小大最大的途中，并不是在它最大时。类似的，它最暗的时候是在它正在变小的过程中。造成这个不同步的根本原因是因为在恒星内部发生的变化传到

表面让我们看到需要一定的时间。

644 一些其它恒星和造父变星很相似。这些恒星有着和造父变星类似的周期变化规律，变化机理也基本上是一样的，但是它们平均比经典的造父变星暗约一个半星等。这一族星移第一个被发现的这类恒星命名为室女座 W 型星。它们和造父变星分别在银河的不同部位被发现。我们的银河有一个被由恒星构成的银晕包围着的大银盘。经典的造父变星是在银盘中发现的，而室女座 W 型星是在银晕中发现的。因为这个原因，造父变星和室女座 W 型星的主要区别就是化学组成不同。银盘中恒星的金属和其它重元素丰度比银晕中恒星高，这个有时会影响恒星运转和演化。

645 还有一族很有名的变星，这族星虽然不怎么亮但是变化却很快。这族星以第一个被发现的这种星命名为——天琴座 RR 星。这种星典型的处于银晕中的巨型星团中，在一个特定的星团中的数量从几百个到零个各不相同。它们的变化周期很短，一般都不到一天，亮度的变化量也很小。

646 造父变星，室女座—W 星和天琴座—RR 星，因为一项重要的共同之处，他们已经成为了天文学家强有力的工具。上溯到 1912 年哈佛大学的一位名叫 Henrietta Leavitt 的天文学家发现了一个奇怪的现象。当她在研究一颗在我们临近星系小麦哲伦星云 (Small Magellanic Cloud----SMC) 的造父变星时，她注意到造父变星的亮度越大，则它从明到暗的变化所需的时间就越长。因为小麦哲伦星云中的造父变星离我们的距离都基本上近似相等，所以它们的视星等就和他们的实际亮度成正比，所以 Leavitt 确定它观测得到的关系是正确的。在同一时间，类似的室女座 W 星和天琴座 RR 星的“周光关系”也得到了证实。如果你测得一颗星的光变周期，那你就很自然的可以推算出它的绝对星等，那时再测出这颗星的视亮度在结合已得出的它的绝对亮度，就可以算出这颗星的距离还有他所在的星团或星系的距离。(如果你知道一束光看上去的亮度和它的真实的亮度，你就可以算出它的距离。) 天文学家手中已经掌握一个新的测量宇宙的标尺，一个可以测量几百亿光年距离的标尺。

647 天文学家用一个简单的系统来命名变星。大体上来说，对于在某个星座中发现的第一颗变星，她的名字就是在星座名的拉丁所有格前加上字母 R。例如，在猎户座(Orion)发现的第一颗变星叫做 R Orionis(猎户座 R)，在天琴座 (Lyra) 发现的第一颗变星叫做 R Lyrae(天琴座 R)。第二颗变星就在星座前加字母 S，第三个加 T，依此类推到 Z。Z 以后的下一个变星就在星座前加 RR，像 RR Lyrae(天琴座 RR)，接着的就是 RS，RT 一直到 RZ，然后是 SS 到 SZ，在一直到 ZZ。ZZ 之后，再回到 AA 到 AZ，然后是 BB 到 BZ，依此类推到 QZ (跳过字母 J，有点奇怪)。现在，如果你一直在数的话，你会知道我们已经用了 334 个字母组合，如果在这个星座还有更多的变星被发现的话，我们就简单的命名为 V335，V336 等等。(如果有人当初直接就从 V1 开始的话，是不是更方便一点！)

648 把造父变星和它的表兄妹星全加起来后，还有一类星我们称其为长周期变星。作为特点，这类变星很的变化周期长度短到三个月长到两年。Mira(意思是令人惊奇的，鲸鱼星座中的)也是这类星中的一员。这类星的特点是光度的变化很小，但仍然很明显的从肉眼就能很容易看见变化到要借助双筒甚至更大的望远镜才能看到。总体上和造父变星那类星相比，这类变星中的恒星如果光变周期越长，则对应的它的平均亮度也就越大，这只是个近似的关系，并不严密。

649 一些恒星变化不按常规变化。这些恒星的变化都是不确定的，爆发式的而且是剧烈的。由以上特点我们可以看出这些恒星的变光趋向于无规律，有时甚至会有强烈的爆发。

650 在把这些不规则变星中，我们发现一些星有一些规律或者说是半规则星，还有一些是完全不规则的。顾名思义，半规则星就是说这些恒星的行为有一些是可推测的，完全无规则星就是说这些恒星“似乎只按自己的规矩办事”。当然，它们不能违背物理规律，但是在这些情况里，我们也并没有真正了解发生了什么或者了解这些恒星的非周期性的亮度变化所表现出的现象。

651 一种叫做质量流失的现象导致了一些不规则变星的变化。北冕座 γ 就是一个这种情况的很好的例子。正常情况下在晴朗的夜晚能供看到北冕座 γ ，它会突然明显的一下变得暗到12等或者更暗（只有原来亮度的五分之一），然后再下面的几个月内，它会慢慢的，不规则的变回到它的正常亮度。在这种情况下，这颗恒星的表面上很奇怪的行为是有一个质量流失过程造成的。简单的说，北冕座 γ 是一颗大而冷的恒星，它最外层的物质正在慢慢的流失到空间中去。北冕座 γ 的温度太低了，以至于大部分它的物质都以微小的碳粒或烟状物存在。构成的烟状物会暂时包裹着整个恒星，这就会使恒星的亮度变暗，直到恒星的辐射的压力最终把烟状物推开，恒星的光又能够重新畅行无阻。

652 船底座 η 是另一颗著名的流失质量的无规律型变形。这颗星不规则变星位于南天的船底座，也叫南船座（以 Jason 和它的船员所乘的亚尔古舟的龙骨命名），叫做船底座 η 。船底座 η 在1848年是天空第二明亮的恒星，但是在1880年却暗到肉眼已经看不到的程度。这颗恒星今天也很难看到。最近，哈勃空间望远镜校准时拍下了一张不寻常的照片，图上显示了气体和尘埃构成的云被一颗超巨星向外吹开，波涛澎湃，这颗超巨星辐射的能量是我们太阳的5百万倍，是我们太阳质量的100倍。船底座 η 是银河系中质量最大的恒星之一。

653 很小的恒星有时也会搞些恶作剧。一些红矮星偶尔也会有一些重大的爆发，在它们爆发时它们被称为耀星。我们的太阳表面也会发生闪耀，但只不过是局部的，而耀星则是暂时整个表面都爆发出明亮的闪耀。耀星的闪耀机理现在还是未知的。

654 在对变星的研究中，不规则变星和长周期变星对天文学来说尤为重要，职业天文学家时常不能用常规原则来研究这些恒星。在大型专业望远镜上的观测时间是非常珍贵的。实际上，每十个申请像哈勃太空望远镜这类设备的观测时间的天文学家中，只有一个人能获得批准。因为长周期变星和不规则变星的变化是一个很长的周期，并且是难以预测的，所以很难证明大型望远镜的大量的观测时间花在它们身上是明智的。然而，了解这些恒星对我们了解整个宇宙有很大的帮助。

655 对变星的研究也是业余天文学家可以真正做出贡献的一个领域。因为业余天文学家比专业天文学家多得多，而且许多变星用业余的望远镜甚至双筒望远镜就能够做很好的观测，受过专业训练的业余天文学家可以监视几百颗变星。由此提供的数据可以填补做长周期变化的变星数据的缺口，并且可以帮助那些留心这些变星行为的专业人士发现十分不寻常的情况，从而可以申请大型望远镜或者哈勃太空望远镜（HST）来做更进一步的观测。

656 感兴趣的天文爱好者在哪可以得到用于科研的变星资料。对用心从事变星监测感兴趣的人可以联系下面的：

The American Association of Variable Star Observers

25 Birch Street Cambridge, MA 02138

你不需要一个大的望远镜（对一些星，你只需要一个双筒就够了），只需要很浓厚的兴趣和积极的投入时间。

657 爆发和大变动的变星是宇宙中真正的烟花工厂。顾名思义，这些恒星特征就是在很短变换周期内亮度最少变化好几个星等。引发它们这么变化的机理是一个频繁发生的真正意义上的猛烈事件。

658 新星，一些老了又再次变新的东西。许多古希腊的哲学家都认为布满星星天国一个平静的从来不变的地方。中国古代的观天人还好点儿，作为皇家天文学家，他们会定期把那些在以前没有星的天空区域新出现的星编入编年史。在西方的传统中，这些星被称作新星（Nova，来自拉丁语，意思是“新的”）。最终人们发现这些星根本不是新的，相反，它们实际上是一些年老的恒星突然闪耀起来，变得比以前亮得多，并且在这个过程中它们第一次被发现。今天，天文学家已经知道了新星闪耀的原因，那是因为“亲近但麻烦的关系”，更多的我们在下一章说，但是首先我们必须知道.....

659 并不是所有的恒星都过着单身生活。据我们所知，太阳时颗单星。但是大约 60%的和太阳年龄相似的恒星，都处在双星或多星系统中：两个或更多的恒星相互绕转的系统，彼此之间靠万有引力联系在一起。多那些比太阳年轻的恒星，处在双星或多星系统的恒星所占的比例更高。

660 最近天文学家才弄懂多星系统是怎么形成的。天文学家知道大多数恒星并不是单独的已经很多年了，但是他们需要靠最新的超级计算机的帮助来算出原因。这些超级计算机使得天文学家可以用数学模拟出恒星诞生的区域都发生了什么，第一次细致到能让我们真正的看到这个过程的细节。恒星形成的气体和尘埃构成的星际云中似乎很骚乱，当不同的云块和准云块相互碰撞时，就会产生一个由压缩在一起的气体构成的冲击波。但是这个细长的冲击波很快便得不稳定并且断成许多节。由原来的物质和这些断了的节构成的物质盘是最初碰撞的物质的密度的十亿倍，物质盘最后依次塌缩形成恒星。

661 这些断节和物质盘在碰撞的云中一旦形成后，几种情况更偏好双星和多星系统的形成。因为构成成恒星的气体 and 尘埃云在碰撞几乎没有正面的相碰，形成的丝状物，断节和物质盘经常是歪斜的很厉害，一头压一头。这样的话，有时邻近的断节移动速度很慢以至于在相互的万有引力作用下相互靠近形成一个双星系统。有时能够形成单独的物质盘，但是由于它的质量太大，它继续从邻近的丝状物中吸以更多的物质，但是因为丝状物是歪斜的，所以它使得物质盘越转越快，直至它分裂成两个甚至更多个盘，然后形成两个或更多的相互绕转的恒星。在任何一种情况中，我们都有自然机制最终导致形成双星或者多星系统。

662 在大部分晴朗的夜晚你可以看到一个多星系统。如果你找到北斗七星，并注意看勺柄的中间那颗星，你会看到那根本不是一颗星，而是两颗挨得很近的星。实际上古阿拉伯的观星人和一些美洲的原住民都把能不能分辨开两颗星的能力作为一个对视力的检测（一幅天空中的自然的视力表）。阿拉伯人为这对双星名的名字至今还在沿用，它们叫做 Mizar 和 Alcor，意思是“马”和“骑手”。

663 对 Mizar 和 Alcor 的进一步观测揭示了更多问题。一个拥有一双敏锐的眼睛的人能够分辨出北斗七星的勺柄的中间一颗星实际上是天上两颗靠得很近的恒星。但是即使用很小的望远镜对准这两颗恒星，你会发现两颗中亮的一颗（Mizar）自己本身就是两颗星。因而，北斗星柄上是一个三星系统：三颗星因为万有引力相互吸引，相互绕转。

664 在夏天高度较高的天空中，你可以找到一个四星。在晚夏的夜晚高高的头顶上的天空中，你很容易可以找到织女星，在它旁边是一个暗一点的有天琴座构成的平行四边形。平行四边形中离织女星最近的就是天琴座 θ 。天琴座 θ ，织女星还有另一颗星构成了一个等边三角形。仔细观察第三颗星，如果你的实力足够好的话，你会发现这颗星实际上是颗双星（用双筒望远镜应该会有帮助）。现在用望远镜看这个双星系统，你会发现，双星中的每一颗星又分别是两颗星，也就是说，你找到了一个四方星系统，或者说是双双星系统，它就是天琴座 ε 。

665 在邻近的天空中还有一些其他有趣的双星很值得去探索。在双双星不远的地方有两对以鲜明的颜色对比而出名的双星。武仙座中最亮的星叫做武仙座 α ，也叫做 Ras Algethi。在一个适当的望远镜中，你可以看到它是一对非常漂亮双星——一颗是橙色，一颗是蓝色。还有，在天鹅座我们又找到另一对。构成天鹅头部的星是天鹅 β ，也叫 Albireo，实际上是一对极好的双星——一颗是深蓝紫色，另一颗则是闪耀的金色

666 在冬季的天空中，我们找到了双子座 α 星，它的姊妹星比你一只手的指头还多。明亮双子座 α 在冬季的天空中是在双子座右边的头部。如果我们能够坐飞船去双子座 α 的话，我们会发现，我们在地球上看到的亮光实际上是六颗相互绕转的星发出的。想象一下生活在一个天空中有六个太阳的行星上！

667 有些星看起来像双星，但那只不过是错觉而已。有时候我们看起来像是近密双星的其实并不是双星，那只不过是两颗星在地球上看起来刚好差不多几乎在一条线上，所以看起来挨得很近，但是实际上却可能相距好多光年。天文学家们把这种情况叫做光学双星。

668 那么你怎么分辨出一对星到底是不是真正的双星？你要观察然后看他们怎么运动，真正的双星因为引力的相互作用，会相互绕转做曲线运动。两颗相互独立的恒星只不过看上去在一条直线上，它们的运动轨迹基本上是直线并最终分开运动。

669 恒星相互绕转和行星绕太阳运动服从相同的定律。这条定律是牛顿对科学最重要的贡献之一，并且是一条基本原理，这条定律证明了支配宇宙我们“后院”这块儿的规律同样也支配着宇宙的那头。宇宙可能曾经更复杂，但现在不是。正如开普勒的进一步说明，一颗行星或恒星距离另一颗星越近，那么它绕这颗星运动的速度就更快，如水星绕太阳运动的速度比地球快，地球绕太阳运动的速度比冥王星快，所以两颗恒星相距越近相互绕转越快。

670 天文学家能够跟踪许多双星随时间的运动。为了跟踪某些星的运动，天文学家对特定天区持续拍照几年甚至几十年。用一种叫做测量机的装置精确测量那些照片上恒星的相对位置，然后找出位置的不同，精确到万分之一英寸或更高。将这些位置输入电脑计算出恒星的视运动。几百对双星的运动就是用这种方法大量的测量出来。

671 双星相互绕转的周期是相当长的。许多双星的绕转周期都在 25 到 100 年之间，还有一些恒星的只需要不到 10 年就能绕它们的轨道转一圈。恒星在相互离的越远当然绕装一圈的周期也就越长，但是，即使天文学家们只能观测和测量出整个轨道的一小部分，他们也可以推算出剩下的部分，因为我们很好的掌握了这个物理规律。由武仙座 α 构成的双星相互绕转一周需要 3600 年，由小熊座 $\sigma 2$ 组成的双星绕转一周需要 11000 年。后者两颗星的距离是地球离太阳距离的 500 倍。

672 有一些双星因为两颗星之间的距离太近或这里我们的距离太远，即使用世界上最大的望远镜也不能把它们区分开。当然这就有一个显而易见的问题：“那我们怎么知道它们是双星呢？”这个问题的答案又是一个独具匠心的天文学中的现代探测技术。分光仪又一次出来解决了问题。就像早期人们注意到的一样，分光仪可以把发光物体发出的光分解成五颜六色光谱。通过分析这些光谱的颜色和暗纹，天文学家能够定出难以置信的大量天体的信息，包括它们的温度，它们的化学组成还有它们远离或靠近我们运动的速度。

673 分光仪出来的光谱如果交替变换就意味着这是一对双星。设想一对双星（星 A 和星 B）相互距离太近或离我们太远，在望远镜中看上去就是一颗星，我们用带有分光仪的望远镜对准这颗星，当然会生成一个光谱，但是这个光谱看上去就像是两颗独立的星的光谱结合在一起。现在描绘这样一个情景，两颗星相互绕转，起先星 A 可能是朝我们这个方向运动星 B 是远离我们运动，半个周期后星 B 会朝向我们运动而星 A 则远离我们运动。如果这个过程一遍又一遍的重复，那么天文学家在这条视线上看到这两颗星的光谱就是一个红移一个蓝移交替变换，这是由于两束星光的多普勒效应交替变换造成的（见条目 791）。交替变换的光谱线就这样不可思议的验证了那不是一颗星而是双星，同时又给出了我们它们相互绕转的速度和绕转一周所需的时间。

674 对变换的光谱的研究还可以得出有关双星质量的信息。若两颗星的质量相等，它们会绕着它们之间连线的中点运动，这个点叫做系统的质点，在质点所有的东西都平衡，就像一个巨大的指挥棒而你给棒子的两端系上两颗恒星。如果一颗恒星的质量比另一颗大得多，两颗恒星还是绕着它们的质点运动，只不过这个质点是在这个看不见的棒子上更靠近那个大质量恒星的这边。因为相互绕转，所以质量小的恒星的运动半径就更大，而质量大的恒星绕质心运动的轨道就小一些，所以质量大的恒星的光谱与它的轻量级同伴相比就表现出相对较小的多普勒效应。所以从光谱的变化情况我们可以得出两颗恒星包含的质量。

675 古阿拉伯人还关注一颗他们叫做魔鬼的恒星。除了他们叫做 Mira（鲸鱼星座中）的神奇的红色变星外，它们还知道另一颗星也能够改变它的亮度，每过几个夜晚，这颗星魔鬼般的白色光亮就会黯淡 5 个小时，然后又会再亮起来。他们把它叫做 Algo，魔鬼。今天我们知道这颗星一点也不神奇只是它看起来那样而已。而且我们还知道这颗星的亮度变化和 Mira，仙王座 δ 或天琴座 RR 的变化都不一样，它们亮度的变化是因为星体膨胀收缩。而 Algol 则是两颗星组成的——两颗亮度稳定的恒星，它们的亮度虽然不变，但是在地球上它们每几天就相互遮光发生一次遮食。

676 恒星的相互遮光揭示了更多恒星的秘密。这种星有一个合适的名字——食双星，它们可以告诉我们有关恒星大小的信息，虽然在地球上它们都是很小的光点。例如，如果食双星系统中的那颗小星开始从大星前面穿过时，两颗星的总亮度不会立刻变小，而会逐渐变化，这是因为从地球上，当小星缓慢的从大星前面穿过时，它是逐渐遮逐渐遮住大星越来越多

的部分。因为小星整个进入大星的圆盘中，所以而后一段时间这对星的总亮度保持一个常量不变。然后，小星缓慢的移动出大星的表面，我们看到的这两颗星的总亮度又开始增加。知道了小星绕大星运动的速度和它穿过大星表面所需要的时间，我们就能算出大星的实际大小。

677 通常恒星的遮食持续的时间都相对较短。这种遮食通常只能持续几小时到一天。

678 在北天，我们发现了一颗令人难以置信短遮食时间规律相违背的恒星。在仙王座离仙王座 δ 不远的地方有一颗变星——仙王座 VV，它实际上是由一颗红色的星和一颗白色的星组成的双星。白色的星每 20 年就从红色的星后面穿过一次，发生遮食时它藏在红色的星的后面长达 1.2 年。从这两颗星相互绕转的速度我们算出令人惊骇的是那颗红色星的直径是那颗白色星的二十亿倍。按那个比例，如果把这颗红色的星放在太阳这个位置，那么轨道上的水星，金星，地球，火星，木星还有土星都会被它包进去。仙王座 VV 中这颗红色的星就是颗超巨星。

679 遮食超巨星御夫座 ϵ 的神秘天体。御夫座 ϵ 是天空中奇特的天体之一，它包含一颗比我们的太阳大 1000 倍的黄白色的超巨星，而且每 27 年这颗巨人般的恒星还会被一个天体遮住，并且 714 天后这个天体才能从地球和超巨星之间穿过。这个神秘天体被认为是一个巨大的绕着一对蓝白色的星转动的气体和尘埃盘，这个盘有好几个太阳系那么大，那两颗蓝白色的星每一个都是太阳大小的好几倍。

第十一章 年老的恒星：超新星、黑洞等

680 一些恒星在天空中游移不定。天文学家发现一些恒星看上去像醉汉一样的穿过天空。它们在天空中并不是走直线，而是一会儿向后一会儿向前的迂回着穿过天空继续它们的路程。针对这个奇怪的行为，天文学家很快就提出这并不是因为酒精而是由于这些恒星在绕着其他的天体运动，由于万有引力的吸引，它们被束缚在一起一同穿过天空，而另一个天体又太暗了，不容易被看到。起初，这种天体被称为“暗星”。

681 早期寻找“看不见的同伴”导致了另一种新型恒星发现。1844年，一位叫做 F.W.Bessel 的天文学家在冬季的天空中发现有两颗亮星——天狼星和小犬座 α ——在天空运动的轨迹都不是直线，并提出它们这种行为的原因是一个看不见的伴星或“暗星”分别和它们相互绕转。最终真相是，这两颗恒星都有伴星，但并不是“暗星”，只是一些因为太暗而迷失在它们那闪亮的伴星的光辉里。第一颗是在美国西北大学给一台望远镜调试镜片时被发现的。这颗绕着天狼星运动的恒星只有它伴星亮度的四千分之一。三十三年后，小犬座 α 的伴星也最终被发现了，而且比天狼星的伴星还要暗。

682 把天狼星伴星的亮度和距离结合起来后就会得到一个惊奇的发现。我们知道天狼星是离地球最近的恒星之一，所以我们意识到，天狼星的暗淡的伴星并不只是看上去那么暗，实际上它确实非常暗。因为这颗伴星是白色的，不由令人怀疑天文学家正在对付的是一类全新的恒星。如果一颗恒星是白色的话，那意味着它有一个白而热的表面，表面温度比太阳的高得多。如果一颗温度很高但又很暗的话，那只能说明一件事——它一定很小，只有大概地球这么大。于是，天文学家发现了一种叫做白矮星的恒星，这类星只有一个行星大小。

683 当天文学家把这种小恒星的大小和它的质量一比较时，他们又一次被惊呆了。因为天狼星伴星处在双星系统中，所以天文学家可以算出它的质量。他们发现，这个只有地球大小的天体却和太阳的质量差不多。把这么大的质量装进这么小个空间内那只能意味着一件事：这个小恒星是迄今为止密度最大的东西，一茶匙这种星的物质有两吨重。

684 天文学家用一种简单的方法来区别各种双星和多星系统中的各个成员。为了区别铸成天狼星的两颗星，天文学家一开始就简单的把那颗亮星命名为天狼星 A 把那颗暗星命名为天狼星 B。然后，同样的方法被用在其它的多星系统中，无所谓有没有白矮星。像半人马座 α ——离地球最近的恒星，它是由三颗恒星组成的三星系统，三颗星分别被命名为半人马座 α A, B 和 C，而这回半人马座 α C 却恰好成了离我们最近的恒星。

685 白矮星的密度之所以这么大是因为它们上演着许多恒星生命中最后的演出。年轻的恒星们才真正的占据着赫罗图上主序的位置，而年老的恒星则离开主序移动到巨星枝上，它们除了把氢燃烧成氦外还开始燃烧氦生成碳。在这个过程中恒星继续制造更多的能量来抵抗重力，使自身保持稳定。但是，恒星的核燃料并不是无穷无尽的，最终是要消耗完的，那时，恒星不能再制造能量了，所以也就不能再产生一生中一直平衡重力以保持其稳定所需要的压力，但是重力却并没有消失还一直在那儿，于是这颗恒星别无他法只有塌缩。对于一颗和太阳质量差不多的恒星，这个过程理当然是没什么痛苦的，但是塌缩不会停止的，直到它的

直径塌缩到 8000 英里左右，那时它的密度是每立方英尺好几吨，换句话说就是一茶匙量白矮星物质放到地球上称就和一辆坐满一家人满载着露营用品的小货车差不多重。对于质量比太阳大得多的恒星，这个塌缩过程将会更壮观，其结果也会更加令人难以置信。

686 在进入老年期之前大部分恒星都要损失一些质量。根据它们在中年期时的质量和它们要损失的质量的大小，它们损失质量的方式各不相同。对于一些恒星，这是一件没什么同苦的事，但是对于其它恒星，这件事却很明显是件灾难性。

687 红巨星与白矮星之间丢失的链接就是一种美丽的叫做行星状星云的天体。在银河系中有各种各样很漂亮的天体包括那个错误命名的行星状星云，因为它们在望远镜中看起来围绕在那，就像是行星一样，实际上，那些看起来像发光的吹起来的烟圈的天体是在上演着恒星们从红巨星往白矮星进化的过程。红巨星要经过一个“烟熏熏”的过程以流失掉它外层大气的很明显一部分，慢慢的露出那些含碳的分子并且形成星际间的尘埃。一段时间后，这些尘埃形成一种环绕着恒星的晕轮，晕轮在恒星辐射压力作用下以每秒 6 英里的速度向外退。最终，恒星整个外部的氢大气层都逃移到了太空中，留下内部炙热的氦核暴露在外。来自这个白热的核的辐射制造了一股强劲的恒星风，这股恒星风以每秒 1000 英里的速度向外吹。这股星风就像一部扫雪机以这么快的速度撞上外部的尘埃晕轮，激起一阵冲击波，在我们看起来就像一个不断膨胀气光球，包围着里面的恒星核。

688 在一颗恒星的生命中，行星状星云期是很短的。在几万年内（在恒星生命中就是一眨眼的的时间），这个球就烟消云散了，星云也消失了，留下的恒星核平静下来成了一颗白矮星。尽管行星状星云的过程很短暂，但是天文学家们还是发现了许多这类恒星。总计起来，虽然很遥远天文学家还是在银河系发现了一千多个行星状星云，还有更多的被确认在其它星系。

689 行星状星云是宇宙中奇幻的油画。行星状星云中心的恒星叫做 Wolf-Rayet 星，它们的温度很高，表面温度能达到 60000 到 400000 华氏度。这么热的恒星辐射出大量的人眼看不到的紫外线，但是紫外线遇到星云中的尘埃被吸收后又辐射出可见光（就像 20 世纪 60 年代的“黑光画”，吸收了紫外线后再黑暗处又释放出肉眼可见的光）

690 在夏季星空中有一个漂亮的行星状星云用小型望远镜也能看到。织女星，也就是天琴座 α ——这个小星座中最亮的一颗星——在夏季星空靠近天顶的地方，在它旁边是一个由较暗的星构成的平行四边形，这个平行四边形组成了天琴的框架。在框架边上离织女星最远的一边有一颗美玉——指环星云，M57。实际上它看上去向一个小烟圈。用大型望远镜可以看到它中心的那颗星，但对于小望远镜来说这颗星太暗了。

691 科学家最近在离地球最近的行星状星云中得到了惊人的发现。科学家们用哈勃太空望远镜拍到了旋涡星云一个区域最细致的照片，这个旋涡星云在水瓶座，离地球 450 光年。在这张照片中，我们看到了几千个像蝌蚪一样的云块，叫做彗星结（因为它们看起来像彗星）。这种奇怪的东西和彗星相差很远，每一个的头部都有两个我们太阳系这么大，尾部尾部延伸到 1 亿英里长，也就是太阳到地球距离的 1000 倍。这些奇怪的东西是由于正在逃离恒星的高速运动的气体和大约 10000 年前离开恒星的物质碰撞造成的。

692 一个叫做卵状星云的古怪天体可能就是红巨星与白矮星之间丢失的连接。这个不寻常的天体被授予了原行星星云的名称（与之对应的是原行星盘，但是在原行星盘中的是一颗原

恒星还有可能有一个正在演化中的行星系统)。卵状星云是已经发现的几个看上去像是演化到它们更典型的球形之前的几个行星状星云中的一个。卵状星云发出 X 形状的光束,而且还展现出暗淡的同心光环,这个可能说明中心恒星有周期性的物质抛散(遮挡在尘埃带的后面)。

693 如果找到真相的话,所有的白矮星将不再是白色。因为这些恒星不能继续制造能量,所以它们别无选择只能随着时间的流逝慢慢的冷却下来,所以,它们的颜色就逐渐从白变到黄色,再到橘红色,红色,直到消失出我们的视野。最初被发现的白矮星只是因为其有白热的表面凑巧是白色的。随着时间的推移,其它颜色的温度较低的矮星野陆续被发现,但还是用这个不恰当的“白”字命名。

694 在赫罗图上白矮星有它们自己特殊的邻居。白矮星在赫罗图上主序下面的线上,虽然它们温度和主序星差不多,但是由于它们小得多,所以也就暗得多。

695 太阳有时也被称作“矮星”,这确实把事情弄混乱了。当人们开始把恒星往赫罗图上摆时,天文学家发现一些恒星比其它恒星大很多,于是他们决定把那些很大的恒星命名为巨星,把那些小的命名为矮星。在当时这个方法看上去还不错。按这个规则,我们的太阳就是一颗矮星,因为它当然不是巨星。但是天文学家随后就发现为了区别起见,他们需要适当处理天狼 B 之类的白矮星,所以太阳有时被称为主序矮星,而那些白矮星(当然也可以是和太阳差不多的黄色)则有时被称为简并矮星,并不是所有的书上都这么命名。可以理解到,这就是混乱的源头。

696 在简并矮星这个名字中用简并这个词并不是指所谓的这类星的某部分什么异常的行为。就象上面用到的,简并这个词实际上是指物质的一种特定的状态。例如,一颗类似太阳的恒星慢慢的塌缩成一个白矮星,它的原子被挤压在一起越来越近,结果便是使原子核按特定的模式排列类似于固体水晶,而电子在恒星内部巨大的“电子海洋”中自由的“游动”。塌缩还在继续,电子自身最终停止决定于恒星有多小。根据泡利不相容原理我们知道没有两个完全相同的离子,如电子以某一速度运动就要占据小于一个最小值的空间。这就意味着在那个最小空间被填满之前,这两个小家伙能相互接近的距离一定有个最小值,恒星在这时也必须停止塌缩。当到达这个点时,我们说这团气体在简并态。因为恒星就是靠这点成为白矮星,所以我们有时候称它们为简并星或简并矮星。

697 一些书试图用另一种方法来解释这个情况。用另一种方式来看这件事,把白矮星中的电子全部看作是带有负电荷的粒子,这些粒子带电量都相同彼此之间相互排斥,而且它们之间的距离越近越近斥力就越大。所以当恒星开始塌缩时,它内部的电子被挤压的距离越来越近,电子之间的斥力也就越来越大直到大到足以平衡向内的重力,此时,恒星体内向内的重力和向外的力又一次平衡了,所以恒星停止塌缩。在这种情形下,电子就像是不可压缩的刚性球。

698 一些恒星间的距离太近,以至于恒星的形状都变得扭曲了。通常恒星的形状是球体,或者由于一些恒星的自转太快而成扁球形(即旋转椭球体),就是说它们赤道之径大于两极半径。但是如果在双星系统中的两颗恒星之间的距离太近的话,在它们的重力场作用下其中一颗或两颗的形状会变得扭曲,使它们的表面上相距最近和最远的两端突起来。这些突起实际上就是潮,就像地球上的还以为月亮的吸引而产生的潮汐。

699 一些双星距离太近了，实际上它们已经挨着了。通常两颗恒星可能相互绕转，但是由于它们之间的距离足够远，它们的运行和活动都是独立的。在密近双星的一生中有一个转折点，在这点以后，上面的情况将不复存在。当其中一颗双星进入红巨星时期，它的大气层开始急剧膨胀，膨胀到某一点时，此时它的伴星可以靠自身的引力把巨星的大气吸引到自己身上。这类双星相接双星，因为它们看上去是相接的。

700 物质在这类恒星间从一颗星传输到另一颗星形成了一个漩涡盘。恒星演化的速度和类型都是由恒星的质量决定的。但是相接双星却在正常年龄打破了这条规律，因为当它们变老时的意义重大的质量变化。例如，如果两颗星的初始质量不同，那么质量大的恒星将先离开主序成为一颗红巨星，但是当它膨胀为一颗红巨星时，它的密近伴星自己会开始偷取它的大气，这就意味质量大的恒星质量会减小，质量小的则会增大。这回换过来，大质量恒星的演化速度会慢下来而低质量恒星则会加速衰老。如果你是一颗恒星你想老得慢点的话只要把你的物质给一些给别人即可。最终，许多这类系统都演化为一个红巨星的近轨道里有一颗白矮星，然后麻烦才真正开始。

701 偷取你的伴星的大气会导致一些危险的结果。像上面说的那样，一些双星会发展出“紧密但很麻烦的关系”而线面我们就看看这个麻烦。红巨星大气中的氢被它的白矮星伴星偷取了，氢在白矮星的表面累积并承受着白矮星上重力引起的巨大压力。这个堆积过程可以持续很长时间，直到氢的温度升高并且由于巨大的压力而发生爆炸，此时白矮星的外层变成了一个巨大的氢弹，并产生冲击波把它们以极大的速度推向太空。这颗微小的白矮星的亮度和以前相比立刻增加几万倍。从地球上，这颗星第一次亮到肉眼也可以看到因此看上去像一颗新产生的恒星，对古人来说这颗星确实是新出现的，但是今天我们了解的更多，但是我们还是称其为新星（nova 在拉丁语中是“新”的意思）

702 成为新星的恒星都是在密近双星系统中。上面说的物质传输看来对最终形成新星来说是必需的，所以单星或成员星距离太远的双星和多星系统永远不会形成新星。

703 许多星的会反复多次成为新星。当一颗新星被引爆时它把白矮星的外层抛射到太空中，实际上这些循着这些爆炸，望远镜经常能发现爆炸碎片形成的云块。但是白矮星的内层非常致密，它们并没有真正受。结果是，白矮星能够迅速调整继续又一次蚕食它的伴星，一段时间后，又会堆积足够的氢来爆发成为新星。

704 新星爆发的周期取决于这个双星系统联系。一些恒星系统隐藏着叫做矮新星的星体，它们会很以外无规则的每隔几周或几月变化几个星等。这里能量的释放比较小而且有可能发生在一个围绕着物质盘的白矮星体内，而不是在它的表面。其他的新星爆发更规律一些，周期都在 50 到 100 年，被称为再发新星，因为靠现代科学我们有机会能看到在同一个系统中的两次或更多次的爆发。一个完整的新星向上面描述的爆发时在一到两天内亮度能够升高大约 12 等或更高，并且能够重复爆发但比不很频繁，大约每几百到几千年一次。

705 新星的命名方式很简单。当一颗星成为新星时，我们就以他所在的星座加上我们看到它爆发的年数命名。例如，天鹅座 V1500 在 1975 年爆发成为一颗新星在相当长一段时间内打败天鹅 α 成为天鹅座中最亮的星，所以它的新名字就是新星天鹅 1975。

706 在我们银河系中爆发的新星比我们看到的多得多。我们在这个世纪记录了大约半打明亮的完全新星，但是我们知道肯定有更多的新星，它们没有被注意到是因为它们太远了并且它们的光可能被银河面上的暗云和尘埃遮挡住了。

707 有一些恒星把新星弄得像玩具枪。1572 年著名的丹麦天文学家第谷拉在仙后座看到了一颗“新”星点亮了天空，这颗星的亮度达到了-4 等可以于金星相媲美。1604 年德国天文学家开普勒在蛇夫座又目睹了类似的星象奇观，这颗星的亮度达到了-2.5。许多年以来人们一直认为这两次事件都是新星爆发。但是，最近随着望远镜的发展天文学家能够看到几百万光年以外的其他星系中的恒星闪耀，它们很快认识到那两颗第谷和开普勒发现的星并不是普通的恒星。天文学家没有机会目睹这种比普通新星更明亮爆发个剧烈的恒星爆发，代替之的，就是我们所知道的超新星。

708 所有的超新星的诞生都是不等的。不同的超新星有不同的亮度而且持续时间也不相同，因为引发起爆发的机理就像恒星类型各不相同一样，不同类型的超新星也不同。总体来说，超新星分为 Ia 型，Ib 型，Ic 型和 II 型。

709 II 型超新星：有大胃口的大恒星。一颗要成为 II 型超新星的恒星是从主序上端热情的蓝白巨星开始。这类星是全宇宙中最明亮的恒星，但是它们达到它们的亮度是靠以惊人的速度燃烧其核燃料。一颗像我们太阳一样的恒星在主序上稳当的待了 46 亿年而且还能再待 50 亿年，整个过程都是慢慢的把它的氢燃烧成氦，制造足够的压力来平衡重力以保持自身的稳定。形成对比的是，为了反抗它巨大的质量产生的重力，我们蓝白巨星不得不在短短的一千万年内烧光它的氢，此时仍然还有氢被燃烧为氦，这颗恒星还需要把它新生成的氢燃烧成碳来保证它的明亮和平衡重力。但是这颗恒星发现这个办法只能维持一百万年，此时它必须步入下一个阶段，然后开始把碳转变为镁，氦和钠来制造更多的能量。但是随着它内部温度的升高，使各种反应都能发生，同样也使这些反应的速度越来越快，氢的燃烧持续了一千万年，氦的燃烧持续了一百多万年，而恒星消耗完它的碳只要 12000 年，对于氦只要不到一个人的一生，钠不到一周。这颗恒星很快就没有了选择，而结果将是非常可怕的。

710 最为一颗挥霍的恒星，它的下场是很丑陋的。一颗蓝白巨星继续燃烧它的核燃料以抵抗它的重力，并且这个办法很有效，每次恒星内部飞速增长的温度把一种化学元素变成另一种更复杂的元素释放出能量用来保持恒星的亮度和平衡重力。一旦恒星生成了元素铁，它的命运走上了毁灭，因为下一个铁聚变的反应不释放能量，反而要消耗能量。恒星立刻就像在其内部打开了一个巨大的灭火器，向外的压力突然间消失了，然后这颗巨星的外层在几秒钟内向内部塌缩，加速至接近光速。同时，恒星的铁核自身也开始塌缩，内部的温度上升到 180 亿华氏度，然后就是爆发，冲击波把恒星的外层以每秒 6000 英里的速度推向太空。这颗恒星变成了超新星。

711 把这么一颗巨星吹成小碎块的真正罪魁祸首是中微子这种微小的东西。中微子（neutrino）这个词在意大利语中的意思是“小而没有”。它是核物理学家费米造出的词用来描述一种亚原子的粒子，这种粒子只有很小或根本没有质量，以光速或接近光速在宇宙中穿梭。它们是在恒星内发生核反应时的产物，一旦生成了中微子，它便成了最“孤僻的”一员。说它们孤僻是因为它们很少和物质有相互作用，它们能够穿过许许多多物质就像那些物质根本不存在一样。我们的太阳制造大量的中微子，它们经常跑出来穿过太阳系来到你这里并且穿过你，实际上你每一平方英尺的皮肤上每秒钟有 5 亿个太阳中微子穿过，并且不分白天黑

夜，它们在晚上的攻击的猛烈程度一点不减，因为它们来说晚上穿过整个地球从你的下面攻击你与白天从你的上面穿过你没什么区别。

712 II 型超新星确实很懂怎么制造中微子。考虑到在你读这段话时有多少颗中微子穿过你的身体，你可能会说太阳是一个很棒的中微子工厂。但是在蓝白巨星就要转变成 II 型超新星爆发的那一时刻，它所制造的中微子比太阳多得多。实际上这是由于大批中微子疯狂的从这颗恒星离去，并带走大量的能量，然后恒星将自己撕成了碎片。在巨星的生命中，因为新的核反应在恒星内部发生，所以产生了越来越多的中微子并且逃逸出去。但是在恒星爆发前的最后十秒钟，恒星能量的丢失主要是因为中微子数目大量增加带走大量能量，此时中微子带走的能量相当于这颗恒星平时向外辐射可见光，射电波，红外线，紫外线和 X 射线所有能量总和的 30000 倍！这个巨大的能量流失就象是这颗恒星灭火剂导致了恒星走向死亡的塌缩。

713 II 型超新星无疑是在巅峰。几小时内，爆发的恒星的亮度增加到相当于几百万颗恒星放在一起。在它自己发生剧烈爆炸时，这颗恒星所释放出来的能量比全宇宙其他所有天体释放出的能量的总和还要多。

714 I 型超新星有三种类别：Ia 型，Ib 型和 Ic 型。与超大质量单星的命运 II 型超新星不同，I 型超新星都发生在无论是白矮星还是一颗巨星被吹成碎片双星系统中。在 Ib 型超新星的情况中是一颗巨星爆发，具有讽刺意义的是由白矮星爆发产生的 Ia 型超新星是宇宙中最耀眼的光芒，它们在一到两天内亮度增加约 30 个星等，它暂时所发出的光亮相当于它所在星系其他十万多颗星的总和！如果这么一颗星放在距我们 32 光年的地方，它将会用相当于 500 个满月总和的亮度照亮天空！第谷和开普勒所看到的超新星可能都属于 Ia 型，可惜它们的距离太远。Ic 型超新星和 Ib 型超新星类似，都是双星中的大星爆发。在这种情况下爆发一般都发生在生命的晚期，在白矮星把它的伴星的大气几乎全部都吸过来了以后，并且这颗大星的铁核的质量增加到足以开始塌缩。

715 不同类型的超新星在星系的不同地方找到。Ib 型和 II 型超新星发生在比较年轻还没来得及徘徊到离她出生地较远的地方的恒星，因此它们被限制在星系盘中。但是 Ia 型超新星发生在很老的双星系统中，所以它们在星系盘和晕中都有分布。

716 II 型超新星的遗迹可以在秋季星空中看到。在金牛座，就在下倾的牛角尖的上面，用最先进的望远镜能够看到曾经伟大的恒星的扭曲的残迹。在 1844 年，它的卷须的形状让英国天文学家 Thomas Parsons（也被称为 Rosse 伯爵或 Rosse 王）命名它为蟹状星云，因为那些形状让他想象到甲壳纲动物的腿，这个名字一直沿用到今天。蟹状星云还是查尔斯·梅西耶在 1758 年寻找彗星时编入著名的“梅西耶星表”的第一颗星，所以它就是 M1。梅西耶的望远镜并没有好到能使他了解这颗令他困惑的科学上最具迷惑力的天体的真正面目——II 型超新星爆发后的大气和留下的核。

717 古代的观星人记录下了形成蟹状星云的超新星的爆发。在 1054 年的夏天，中国的天文学家在编年史中记录到在今天的金牛座位置出现了一颗“客星”，记录上说这颗星和满月的亮度差不多，即使是在晴朗的白天也可以看到，这颗星的亮度持续了大概一个月就逐渐暗淡下去了。奇怪的是，这耀眼的光芒在欧洲也应该能看到，但是却找不到任何有关的记录。在美国西南部的新墨西哥州和亚利桑那州境内发现了一些同时期的古代壁画，这些壁画描述了

一颗在新月旁边明亮的恒星。现代天文学家用电脑倒推时间，发现在中国看到的“客星”刚好出现是在 1054 年 7 月 4 日黎明前一小段时间。

718 现代望远镜揭示蟹状星云的惊人之处。中国和美洲土著人的观天人在将近 1000 年前看到的爆发的恒星距离我们 7000 光年，它的亮度相当于四亿个太阳。当 20 世纪的望远镜指向它时，他们惊奇的发现那些扭曲的气体 and 尘埃——曾经辉煌的恒星的大气的碎片——还在以每秒好几英里的速度向外扩散。

719 蟹状星云的扭曲的须状物可能只是一个迷人的包裹，真正有价值的东西常在它的内部。形成蟹状星云的恒星当初爆发时到底是整个被瓦解了还是留下了点什么？1942 年德国出生的美籍天文学家 Walter Baade 提出那颗质量巨大的恒星的核可能以某种方法还是完好无损，他指出星云中心处的一颗恒星就是一个可能的候选者，但是除了这颗星的位置外再也没有任何证据能够支持他的观点。然后，再后来的 20 世纪 60 年代有了一系列重大的发现，我们来到英格兰的 Merrie Olde。

1967 年一位叫做 Jocelyn Bell 的英国天文学研究生正在做她的博士论文，她用射电望远镜阵来研究宇宙中运动的尘埃粒子是如何使得天体看起来一闪一闪就像地球上的大气流动使得肉眼看上去星星一闪一闪。在 Bell 进行巡天时，她突然发现了许多天体发出神秘的脉冲信号，是很窄的射电脉冲波。天文学家发现包括太阳和木星在内的许多天体在磁干扰和雷暴中发出射电波，但是最新发现射电脉冲却是周期性的而且就像有个原子钟一样准时！据我们所知的宇宙中没有任何自然天体能够这样做，所以，有小一段时间天文学家就半开玩笑称这些天体为 LGM1, LGM2 等，LGM 就是“Little Green Men”小绿人的缩写。一个偶然的机，Jocelyn Bell 似乎发现了宇宙中一类新的天体——肯定是一种很奇怪的天体。然而就当人们猜想满天的小绿人可能并没有试图给我们发信号时，这个神秘的原子钟一般准时的周期性射电脉冲流还在那儿。观测天文学家们被绊住了，试图去解释这些给理论学家们提出了挑战。

720 射电脉冲波并没有被证实是小绿人在试图联系我们，但却是几乎令人难以相信的中子星。天文学家很清楚的知道变星没几周或几天甚至几小时就慢慢的变亮或变暗。但是 Jocelyn Bell 的观测却是另一回事，它们表现出的闪烁一明一暗周期都在几秒钟甚至不到 1 秒。很快一个理论的发展被观测所证实而支持。为了理解，我们必须回到超新星爆发的火热时期，在这一刻，恒星有一个和地球差不多大却比太阳质量大的多的纯铁核。因为中微子洪水般的向外涌并带走恒星核的大量能量，于是和开始冷却塌缩，它已经和白矮星大小差不多了但是却比白矮星质量大的多，所以在自身重力的作用下继续塌缩过了白矮星阶段，过了星体应该被体内的电子斥力支持的阶段。相反的，核继续塌缩知道它的电子和质子被挤到一起，然后整个恒星就变成了一个由中子组成的直径不到 10 英里的球，天文学家就称之为中子星。

721 为了理解中子星我们需要去一下露天棒球场。绝大多数东西都是由原子构成的，原子是由微小的质子，中子和电子构成。电子和质子一起挤在原子核中，电子绕着它们旋转。如果你在棒球场的二垒上放一小把豆子来比作原子中的质子和中子，那么电子就相当于一小群昆虫在看台那么远的距离绕着二垒飞。在白矮星中的原子挤在一起一个挨一个，就像好多露天棒球场一个挨一个摆在一起。但是我们注意到在每一个棒球场内二垒与看台之间的距离实际上是空的。（一个原子中的绝大部分是空的！）在中子星内被电子被压进原子核与质子结合形成中子再和原来的种子一起紧紧地填满了原子，这的中子就像不可压缩的刚性球一个挨一个。在我们的模型中这就意味着我们的棒球场开始基本上是空的，我们把那些昆虫压入一些

豆子中，然后再用豆子把整个棒球场填满。当一颗恒星在太空中发生着个过程将是什么结果？一个质量比太阳大的多的恒星压到直径只有 10 英里的一个球，密度必然暴涨。那么密度究竟有多大呢？一茶匙的白矮星物质拿到地球上会有两吨重，一茶匙的中子星物质拿到地球上将有 5 亿吨！

722 但是是什么使中子星发出脉冲又是什么是中子的脉冲这么快？当一颗大量恒星的核塌缩中子星时，这个核自转速度显著增长（就像一个溜冰的人在收回胳膊时旋转速度加快一样）。在核转变成中子星时（就是几秒钟的事），这个直径十英里的中子球的旋转速度会达到难以置信的每秒 12 圈甚至更多！实际上只有中子星能够自转这么快而自身不被瓦解。在这同时恒星的磁场强度也有显著的增长。中子星的磁场从爆发的大气中俘获带电粒子并拽着他们和自己一起疯狂的旋转，这些带电粒子的运动速度能够达到接近光速。这么一来，这些粒子发出两束细长从中子星表面相对的两点发出的由光和其他辐射组成的辐射流。如果刚好这颗星的方向对的话，这两束细长的能量能够快速扫过我们的视线，导致这颗星看起来就像宇宙的灯塔一样发出脉冲辐射。就像的灯塔总是亮的一样，中子星的能量束也是一直在辐射，但是只有在能量束扫过地球时才能被探测到，探测到是脉冲。中子星表现出这种脉冲行为很快又被称为脉冲星。

723 很快在蟹状星云中发现了一颗脉冲星，对他自己来说又是一个奇迹。1968 年在被 Jocelyn Bell 的发现鼓舞和理论学家建立起了脉冲星（又名中子星）模型后，观测天文学家对 Walter Baade 在 1942 指出的那颗小星又作了进一步的观测。Baade 的那颗星实际上每秒发出 30 次脉冲，但是令人惊奇的是这颗星不但在射电波段一闪一闪，而且在可见光波段也是一闪一闪就像令人亢奋的迪士高舞厅的闪光灯。人们以前没注意到的原因是它闪光的速度太快，肉眼分辨不出来，所以对肉眼来说就像照片中曝光的那样看上去“总是”亮的。

724 蟹状星云中的脉冲星是星云的能量库。质量庞大的中子星以那么快的速度旋转，它带着它强烈的磁场一块旋转，它这样就像是一个巨大的发电机。电子和其他带电粒子被磁场俘获然后再以 $1/2$ 光速的速度射出穿过星云，所释放出的能量使得星云持续膨胀（它现在已经有 600 个太阳系那么大了）并以相当于 75000 个太阳能量总和的能量使它发光！蟹状星云在射电波段是一个很显著的能量源。其实，如果我们的眼睛能够看到射电波的话，蟹状星云将会是夜晚天空中最明亮的天体。

725 最近，天文学家发现了蟹状星云中显著的飞速变化，这将为揭示出它的动态的本质。天文学家 1996 年用哈勃太空望远镜记录下了星云中生动变化，这些变化横跨几天甚至只有数小时。天文学家看到明亮的纤细的特征在以 $1/2$ 光速的速度向外传播，并且看起来就像是海边无穷无尽连续的波浪滚向岸边。这个现象的原因又一次归结到那藏在星云心中的强大的脉冲星。它疯狂的抽动着万亿个带电粒子穿出星云，这些粒子撞入向外逃逸的卷须状的气体中使得气体像霓虹灯一样发出光来。

726 蟹状星云中的脉冲星的自转正在逐渐变慢，正如我们很多人一样。这颗脉冲星是蟹状星云的能量来源，那么是什么在给脉冲星充电呢？答案是没有。每时每刻脉冲星都在实行云膨胀以及发光中失去能量。这些能量是脉冲星自转所储存的动能。这样一来，随着时间的推移，脉冲星的自转就逐渐变慢了。我们也从观测中发现了许多脉冲星的自转周期不断变慢，从而证实了这种推测。这种变化并不明显（大约每天变慢 0.0001 秒），但以现有精度还是可以测量到的。

727 并非所有的中子星都表现为脉冲星。只有当中子星的能量脉冲正好随着自传扫过地球时，我们才能探测到。由于这些能量束都很细，因而还有大量未被发现的脉冲星，他们的自传方向不凑巧，从而没有被我们观测到。

728 在过去技术年里，有许多脉冲星被发现。时至今日，我们大约共发现了500多颗，还有更多的脉冲星等待我们发现。

729 蟹状星云中的脉冲星是已知的最年轻的脉冲星。从而它的自转速度也很快。事实上，正是这样快的自转才使得我们在X射线波段，可见光波段和射电波段都能观测到它。而较老的，自转更慢的脉冲星由于耗费了太多的能量，我们只能在射电波段才能寻觅到它们的踪迹。蟹状星云中的脉冲星也会随着时间逐渐老去，从我们的视野中淡出。

730 如果说白矮星的结构像晶体，那中子星就象液滴。计算表明，白矮星内部类似于原子排列成晶体，而中子星内部密度更大。中子星内部是无摩擦的超流体。这样，除了表面的硬壳，中子星正像一个大液滴。

731 有时有些中子星会出现闪烁。这是由于其表面硬壳有时会开裂，产生的波冲击内部造成的。

732 中子星的重力极为强大。如前所述，中子星的质量很大而体积极小，这样在中子星表面的重力将比地球大300,000倍。实际上即使有人能耐高温，他在中子星上也无法逗留，在中子星的强大重力下，他阿辉被立即压成厚度只有一个原子的片状物。

733 实际上，其他超新星的遗迹在天空也可以看到。夏季星空中的天鹅座就有一个远古遗迹。天文学家叫他做面纱星云。在南天的船帆座，同样有超新星遗迹。在仙后座则有两个，其中一个时第谷超新星的遗迹。实际上，整个天空都密布着超新星的残骸，包括我们银河系在内。

734 并非所有的超新星遗迹都保存有脉冲星。Ia和Ic型超新星可能把自己的绝大部分（也可能是全部）质量都炸光，不可能有中子星保存下来。而Ib和II型超新星可能形成脉冲星，看如堕他们的自传方向不凑巧，能量束也不可能扫过地球，我们自然不可能发现他们。更有可能的是星云中的脉冲星能量耗尽，停止发射脉冲，我们也不会探测到的。

735 1987年，有一颗特殊的超新星爆发。他是自从望远镜发明以来爆发的距离地球最近，最亮的一颗。在1987年2月23日将近午夜，智利las campanas天文台的一位助理oscar duhalde在休息时发现了一颗临近鸟蛛星云的新星。然而他并没有报告。几个小时后，天文学家ian shelton在拍摄同一天区的底片时又发现了它。开始他以为这可能是底片上的污点，在肉眼炎症后它蹦到邻近的天文台并告知了duhalde和值班的其他人。两人都认为他是发现了一颗新星。但这颗星正处在大麦哲伦星云（一个绕着银河系转动的星云，据银河系约160,000光年）的天区。他们都意识到了这颗新出现的客人处于大麦哲伦星云中，这样的距离还有这么高的亮度，不可能是新星。随后距离测定的结果证实了duhalde和shelton发现了自从望远镜发明以来爆发的距离地球最近，最亮的超新星。

736 超新星的命名很直接。每当一颗超新星被发现，它就被称为“SN”（超新星的英文缩写），

然后加上爆发的年份，以及用字母代表的发现顺序。如前所述的超新星就被称为SN 1987A。

737 超新星SN 1987A 迅速引起了全球天文学家的注意。超新星确实是宇宙中的炼金术士。通过天文学家的研究，许多关于超新星爆发的理论细节得到了完善。虽然在此之前，有许多关于超新星的理论，但细节上没有太强的实验支持。其中一个很重要的发现是：由于SN 1987A距我们这么近，爆发亮度足够高，天文学家通过光谱分析，发现了特定的重元素的谱线。这种元素的半衰期大约是几个月，这样就证明了超新星爆发确实产生了重元素并把他们抛射到太空中。

738 SN 1987A 也让人们确定了关于中微子在超新星爆发中的作用的理论。有的理论认为正式恒星中产生的大量中微子引起了铁核的塌缩，从而导致超新星的爆发。科学家用特殊的中微子探测器进行研究，发现在超新星爆发的同时确实有大量中微子穿过地球，从而确定了在那刻痕性心脏中的不可见事件。这也宣布了一门新科学——河外中微子天文学的曙光。

739 有些买重行是双星系统的成员。起初人们认为超新星爆发将摧毁它的一切邻居，然而近年来的研究表明确实有相当数量的脉冲星和中子星是处于密近双星系统中。他们显著的特征并不是脉冲束，而是两颗自行之间狂暴的物质交流。在此过程zhogn，中子星不断地从另一颗自行那里吸取质量。这些物质先是沿螺旋线靠近中子星并形成物质盘，随后再吊落到中子星表面时与其壳层相撞并产生大量x射线，这种现象被称为x射线爆。

740 中子双星系统为我们提供了一个难得的机会来验证爱因斯坦的广义相对论。这个理论预言两颗互相绕转的恒星的轨道指向会以某速率不断变化。另一个预言是双星由于在绕转时发射引力波失去能量将不断靠近。这两个预言都可由测量中子双星的轨道来验证。进一步的验证可能要等到更新式的重力波探测器的出现——现有的仪器灵敏度过低。

741 最终，上述的两颗中子星将碰撞并融合在一起，这个过程中几个能会释放真正的“宇宙颤动”。计算机模拟表明，在这样两颗致密星撞击并融合的过程中会有大量的能量放出来。其中一部分以x射线或伽玛射线的形式，更大部分将以引力波的形式放出。在不久的将来，引力波探测器将能达到足够的灵敏度，从而可探测距地球7000万光年的此类事件。而中子星的碰撞频率可能比大多数人想的都大。在银河系中存在30,000对中子双星，可能每20分钟就有毅力碰撞事件发生。这样一来，未来的引力波探测器可能会忙得不可开交呢。

742 有些快速自转的中子星从他们的伴星那里重获青春。在发现时，蟹状星云脉冲星是自传最快的。但是在几年前，有一颗脉冲星被发现以0.00113秒的周期自转，也就是说，每秒钟885圈。从那时起，又有很多毫秒级脉冲星被发现。很快人们意识到他们的共同点：他们都是密近双星中的一员。以恒星演化的知识来看，这种密近双星脉冲星的年纪都是很老的，那么为什么他们还能以这么快的速度自转呢？随后人们意识到上述的脉冲星可以从伴星那里吸取物质，这样不仅加大了脉冲星的质量，也加快了脉冲星的转动速度，从而使得他们的转动比更年轻的脉冲星要快。

743 一个极端的例子出现在“黑寡妇脉冲星”里。这种情况下，一颗快速自转的脉冲星同时绕着伴星旋转，这颗伴星的直径只有太阳的2/10，质量是太阳的2%。这颗伴星曾经不可一世，然而贪婪的脉冲星吞噬了他的大部分质量——这种吞噬过程还在继续。

744 有的脉冲星具有行星系统。天文学家曾发现处女座的一颗毫秒级脉冲星具有两颗行星，每颗行星约有3倍的地球质量。起初大家认为这样的恒星不可能是类太阳系的候选星，但是上述“黑寡妇”星的发现让大家倾向于这样一个观点：这两颗行星原来可能是脉冲星的伴星，后来被这颗脉冲星蚕食到了这般境地。

745 由于很多脉冲星处于双星系统中，天文学家可以从它们的运动中计算它们的质量。吸纳有的证据表明，大多数的脉冲星具有 $1.4-2$ 个太阳质量，并且目前还没有发现3个太阳质量的脉冲星。

746 超新星是宇宙中真正的炼金术士。许多传统的炼金术士执著于把他们的材料炼成黄金。他们注定失败的原因是他们的火焰温度太低。在恒星这个大熔炉里，在高温高压的作用下，原子核被打碎，更重的元素才可能被合成。太阳可以把氢元素合成氦元素，甚至把氦元素合成为碳元素。但只有在质量更大，温度更高的恒星中，这个过程才能走得更远。大质量恒星后期可以合成直到铁的元素。然后再超新星爆发时不可想像的高温高压可以合成自然界所有的元素——所有元素周期表的元素一直到铀。

747 在他们死亡时，超新星也充当了新一代恒星和行星的催化剂。超新星爆发时，不光把自己斯城里碎片，也给未来的星系发挥了不少建设性的作用。首先，超新星爆发产生了宇宙中所有的元素；其次，超新星爆发抛出的气体和周围的星际气体混合，并增大了后者的密度；第三，超新星爆发产生的震波船边四周，挤压周围的星际介质。这样就加快了星际介质的聚集速度，使得下一代恒星和行星的诞生速度大大加快。

748 如果没有远古的超新星爆发，我们和我们的地球都不会形成。在宇宙的儿童时代，只有氢，氧和少量的锂元素存在。而今天我们的世界（以及宇宙）包含有92种元素，从氢一直到铀。这种改变就是超新星造成的，超新星产生了所有的其它元素，并把他们抛射到宇宙中。我们骨头，血液中的每个铁原子，我们呼吸的每个氧原子都是在几十亿年前的巨型恒星核心中形成并被抛射到形成太阳系的原始星云中的。可能你会觉得这是最疯狂的幻想，可这恰恰是真的：我们都来自“星尘”。

749 如果超新星爆发残留的核质量达到了3个太阳质量，他就会变成黑洞。黑洞的引力场抢到了连光也不可能逃逸出去的地步。你可以这样理解：引力只决定于物体尺度的大小和质量。质量的增大和尺度的减小会使引力增大，质量的恶减小和尺度的增大会使引力增大。黑洞的形成就是把质量压缩到及小范围内，这样大的引力，连光也逃不出去。

750 怎样把地球变成黑洞。虽然这实际上不可能，但有利于你的理解。设想你在地球上向上仍一个球，球的速度越快，他能达到的高度越高，直到速度到了7英里每秒，他就不会落回来了。虽然你不太可能有这么大力量，火箭却可以。实际上我们正是用这种原理发射卫星和太空船的，这个速度就称为地球逃逸速度。

如果你确实能把球扔到7英里每秒，可同时有个大力士把地球压缩了一点，那你会发现球仍然会回到地球。如果大力士再来压缩地球，逃逸速度就越来越大，3700英里每秒，100000英里每秒。。。直到最后地球被压缩到几英寸，逃逸速度达到186000英里每秒——光速。大力士的下一压缩使得逃逸速度比光速更大，这样地球就成了一个黑洞。

751 大质量恒星有时会变成黑洞。如果超新星爆发时留下的核心质量在 $1.4-3$ 个太阳质量之

间，由于泡利不相容原理，它会变成一个中子星。但如果核心质量大于3个太阳质量，引力就会超过维持中子星的压力，这样一来，宇宙中就没有任何力量能够阻止他继续塌缩，在一秒钟内，就形成了黑洞。

752 黑洞仅仅有两样事务组成：奇点和视界。形成黑洞的所有质量都被压缩到一个点，这个点没有任何尺寸和维度，科学家称之为奇点。奇点被一个完全黑的区域包围，这个区域和外界的分界叫视界。

753 如果你接近一个黑洞，引力会越来越强。引力遵循平方反比定律。比如：两个物体的距离减小一倍，引力上升为原来的4倍。这条定律对于黑洞也适用。这样，如果你接近一个黑洞，逃逸速度会越来越大，直到视界，这里的逃逸速度是光速，这就是世界内的区域为什么是黑色的原因。

754 黑洞的视界应该有个标志：没有希望。世界标志着逃逸速度是光速。一旦进入视界，你的速度必须达到光速才可能逃离。这是不可能的，你不能，火箭不能，光也不能。从这儿开始，没有东西能够逃出去。

755 黑洞的视界大小随着奇点的质量增大而增大。一般地，恒星塌缩形成的黑洞视界大小为英里的量级，如果奇点的质量增大，视界也增大，下面我们会看到。

756 既然黑洞是黑的，我们怎么能探测到它呢？太空和黑洞都是黑的，如何发现黑洞？答案是：我们不直接观测黑洞，而是观测他们对周围天体的作用。由于黑洞的引力场很强，它会拖住邻近的天体并从它们身上吸取物质并加热这些物质，天文学家证实这样推测黑洞的。

757 有证据表明恒星级黑洞的存在。在夏季星空的天鹅座，存在一个强X射线源，称为天鹅座X-1。天文学家在望远镜中只发现了一颗蓝超巨星揉着一个不可见的物体旋转。通过这种运动天文学家计算出位置天体的质量是4—6个太阳质量，这就是一个黑洞。他的前身是一颗恒星，与他的邻居和睦相处。但后来他塌缩为黑洞并从它的伴星上吸取物质。这些物质在流向黑洞时被加热到很高的温度，并呈螺旋状绕黑洞转动，在旋转的过程中，速度和温度都上升，于是发出了X射线，直到最后被黑洞吞噬。

758 还有其他的黑洞候选者存在。如大歼灭者，它位于半人马座，是一个强伽玛射线源。他从它的伴星上吸取物质并加热到20亿度以上，这个过程中，有反电子（与电子相同，但带正电）产生。正电子被抛出黑洞并于周围的电子湮灭，产生了伽玛射线。还有其他的位于天鹅座，独角兽座，大麦哲伦星云等。每个上述区域中都存在不可见的区域发射着X射线，并有3—10个太阳质量。

759 存在黑洞的思想始于2个世纪之前。法国数学家Pierre Laplace 在1796年出版了第一本科学意义上讨论黑洞的著作。他认为自然界没有理由来组织这种物体的存在，但他也承认，在当时的条件下，不可能发现黑洞。20世纪初，德国科学家Karl Schwarzschild进一步作了工作。黑洞这个词是美国物理学家Harold Weaver在1968年提出的。

760 引力会使光线弯曲。爱因斯坦的广义相对论预言了这种现象。这是由于黑洞的引力场弯曲了滋生周围的空间。在当时这是个没有任何观测支持的理论。而1919年的日全食提供了

一次验证的机会。爱因斯坦的理论预言日全食时，太阳周围恒星的观测位置会与平时位置发生扭曲，而观测结果与预言惊人的吻合。

761 黑洞真正的弯曲光线。黑洞的引力比太阳要强得多，光线弯曲的程度也要强的多。实际上，如果你在一个黑洞的视界里竖直的向背离奇点的方向发射一束光，光线会像在地球上仍的球一样折回光源，因为没有任何东西，包括光，能从这里逃脱。

762 实际上，黑洞也不是完全黑的。在1970年代，剑桥大学的Stephen Hawking教授用数学证明了黑洞也会泄露。这个概念基于粒子和反粒子可以随机的成对产生和湮灭。如果这个过程在视界上发生，就有可能粒子对中的一个在还没来得及湮灭时就被被黑洞吸收。如果这个过程存在，在视界外的粒子就会逃逸，也就是被黑洞“漏”出去。Hawking计算了这种过程并发现小质量的黑洞会以比吸收周围质量更快的速度发射质量，直到最后在强伽玛射线爆中结束生命。

上述种类的黑洞被称为小型黑洞。这种动更像是把一座山压缩成一个奇点。这种过程可能发生在宇宙的极早期。计算表明他们将在大概现在的时间结束生命，可是观测并未发现有符合的伽玛射线爆存在。这样天文学家的结论是可能他们并不存在。

763 冷战给了天文学从太空探测伽玛射线的机会。在1960年代，美国和苏联签订条约禁止地上核试验。为了防止对方不遵守条约，美国发射了一系列的卫星，这些卫星可以探测核爆炸产生的高能光子（伽玛射线）。1967年7月2日，其中一个卫星探测到了伽玛射线爆，其他的也陆续探测到了类似的情况。但伽玛射线爆并不来自苏联，而是来自太空。这个发现在1973年公之于众，这样伽玛射线天文学就诞生了。他研究的是电磁波谱中波长最短，能量最高的一段。真正的伽玛射线天文学始于1990年代康普顿伽玛射线天文台（CGRO）的发射。CGRO是航天飞机发射的最重的物体，他和哈勃太空望远镜共同属于NASA的大太空天文系列。

764 在伽玛射线波段的宇宙是个混乱，神秘而又不可靠的地方。最早的伽玛射线卫星给出了个大概的估计，但CGRO给出了细节的描述。它已经描绘了上百个伽玛射线源，并确定了1960年代发现的伽玛射线源的存在。这些伽玛射线爆源突然出现（在1秒前还没有），辐射了不可思议的能量，然后在几秒到几分钟之后，突然消失。他们随机出现于任何时间，任何位置，并且在任何其他波段都是不可见的。

765 也有伽玛射线重复出现的源。与上述不同的是，他们一出现就持续发射几天甚至几年。伽玛射线的源仍然处于辩论中。有的天文学家相信这些源都离我们很近，处于银河系的银晕中。其他的则认为距离我们更远。可能两方都有一部分正确。实际上，那些重复出现的源可能处于银河系中，而其他的随机源并没有表现出什么分布特征，他们可能距离我们很远，从白万光年直到几十亿光年，天文学家称之为宇宙距离。这样一来，可能的源就是中子星或碰撞中的黑洞。

766 这是个伽玛射线爆源，也是个脉冲星。在1995年12月，CGRO发现了新情报—GROJ1744-28. 这是个双系统中的中子星。它发射伽玛射线爆，也发射高能X射线脉冲。有一种解释认为这颗脉冲星的磁场不像通常那么强大。这样有些从伴星吸取来的物质（主要是氢）被拉向脉冲星并形成脉冲。但是由于弱磁场的因素，有些氢在中子星的表面累积。在积攒到足够密度之后，氢会迅速聚变成氦，并引起脉冲星表面的热核爆炸，从而产生了X射线爆。这种爆炸是强大的，GROJ1744-28在一个小时内爆发了8次，每次的能量相当于100000个太阳的辐射。

第十二章 我们的星之都市：银河系

767 我们生活在一个巨大的星星都市中。这个系统包括太阳和夜空中你能看到的全部星星，它们被引力捆绑在一起。他还包括行星和小行星，还有星际气体和尘埃。

768 为我们的星系画图是一项伟大的工程。因为我们对于银河系的是现在很多方向受到了尘埃的影响。想要给银河系画图就像要在一个小阁楼里，在黑暗而又大雾的天气里要给一个超级大都市画图一样。天文学家一点一滴地搜集着星星的距离，位置和运动情况，还包含星际介质的运动。这项工作花费了几个世纪的时间。

769 我们在晴朗的夏夜或冬夜，抬头看到的淡淡发光的横跨天空的条状物，就是我们的银河系。西方人把它叫做“牛奶路”。

770 在望远镜发明以前，银河系的本质一直是个谜。在远古的文明中，银河被赋予了神话意义。在希腊神话中，他是天神赫拉的乳汁，到了罗马人，他们认为这是丰收之神洒下的谷物。而维京人和玛亚人认为这是死后的人的灵魂通道。

在1600年代，意大利天文学家伽利略制造出第一架天文望远镜。当他把望远镜指向银河时，他发现银河是由无数的黯淡的肉眼不可见的恒星组成的，简单的一看就解决了几千年的问题。

771 银河系大概的形状可以从一个很简单的观察中得出。在夏夜或冬夜看银河，它是横跨天空的光带，两个季节的形状并不相同。这正是应该看到的，因为银河系正是一个相对来说扁平的恒星系统，把我们抱在了里面。

772 有一个很好的比喻可以让你对我们在银河系中的位置有个了解。想象你是一个大车轮辐条上的虫子。在车轮的平面上，你四处看，只看到一圈轮子，然而如果你想其它方向看，就可以看得很远。在夜空里，如果你向银河的方向看，只能看到不可穿透的无数的暗星，向和银河垂直的方向就可以看得很远。用一架双筒望远镜就可以验证这种说法。

773 直到20世纪初，大多数天文学家还认为太阳处于银河系的中心。英国天文学家赫歇尔（天王星的发现者）是第一个试图通过恒星计数来描绘银河系的人。他的银河图是个接近盘形的系统，太阳距离中心很近。

这种太阳距离银河系中心很近的想法统治了很多年。1918年，哈佛大学的天文学家沙普利对银河系中球状星团的位置作了研究。这些星团由几万颗到几十万颗恒星组成。如果太阳处于银河系的中心，这些星团就应该在天空中均匀分布，而沙普利发现大多数的球状星团在人马座附近成团。这就是说要么太阳在银河系的中心，球状星团自己有个中心；或者说太阳实际上不在银河系的中心。沙普利辩论并证明了后者是真正的原因。

774 更仔细的测量告诉我们太阳距离银河系的中心很远。从上述的球状星团里，我们发现其中包含有天琴座RR变星。测量了他们的视星等和光变周期后，就可以很容易的得出我们并不处于银河系的中心，而是距离银河系中心的距离约为3万光年。

775 即使用大型的光学望远镜，我们也无法观测真正的银河系的核心。用肉眼或者双筒望远镜我们可以看到无数的恒星，可是威力更大的光学望远镜也只能再往里穿透几千光年。原因还是上述提及的尘埃的遮挡。正是因为这样，用光学望远镜给银河系绘图几乎不可能。这就像你试图在一个雾茫茫的夜里给一个陌生的城市画图。

776 运用红外和射电波段的望远镜，天文学家可以穿透尘埃。星际尘埃以一种奇特的方式消减星光。由于尘埃的大小接近于蓝光的波长，他们对蓝光的吸收很厉害。但在远离蓝光的红外和射电波段，光可以轻松地穿过尘埃到达地球。在红外和射电天文学发展起来以后，天文学家的预言得到了证实。我们可以接收到更远距离的辐射，就像中间的尘埃不存在一样。

777 天文学家已经用红外和射电望远镜探测了我们银河系的大小和结构。用射电望远镜，我们可以探测到不受星系盘中尘埃影响的氢发射的辐射。用氢原子的轨迹绘制出的银河系图像表明银河系有一系列的旋臂围绕着核心。实际上如果你从垂直于银河系盘的方向看去，银河系就像个巨大的纸风车。

778 银河系很平坦，也很大。到底有多大？设想你以光速旅行，穿越银河系要花费约10万年的时间，换句话说，银河系有10万光年的尺度。但是如果从边上看，银河系又很薄（就像煎饼），只有在中间有个小突起。银河系的厚度只有约几千光年，中间凸起部分直径约有1万光年。

779 就目前的观测，地球处于银河系的一条分支旋臂上。银河系有数条比较完整的旋臂，也有几条不完整的旋臂。太阳和他的行星集团就处于其中一条分支旋臂上，这条旋臂成为猎户旋臂。

780 如果你看银河系的不同部分，实际上就是在看不同的旋臂。在冬天的夜空中，猎户座和周围的一些恒星都属于猎户旋臂。秋天的英仙座属于英仙旋臂，它处于远离银河系中心的方向。而半年以后你如果向 半人马座方向看，实际上就是向银河系的中心看，你看到的是半人马旋臂。他正位于我们和银河系之间。

781 天文学家用几种特殊的恒星来试着描绘银河系的结构。由于尘埃严重的吸收了星光，最亮的O和B型星自然最有可能在远处被看到。这些蓝白色的恒星的光度是太阳的几十万倍，被称作宇宙中的灯塔。天文学家就用他们来给银河系绘图。由于这些恒星演化很快，他们就可以指示现在的银河系的旋臂所在。实际上，正是这些像珍珠串一样的恒星照亮了旋臂。

782 由于尘埃的存在，你会发现在有的方向上会比其他方向上看的更远。如果你朝银河看去（也就是向银盘看），由于尘埃的阻挡，你只能看到几千光年的距离。但由于银河系很薄，尘埃大部分集中在盘上，在其他方向就可能看的很远。比如在大熊座北斗七星的方向，就可以看得很远，直到宇宙的深处。

783 为什么在北斗七星的方向上看不到更多的恒星呢？由于银河系很薄，如果你想垂直于盘的方向看，很快地就“无星可看”了。但这并不是说那里什么都没有。实际上那里有数以几十亿计的星系。向着星系盘的方向，我们只能看几千光年，然而垂直于盘的方向，我们可以看得远到几十亿光年。

784 随着射电望远镜的发展，我们可以“看”到银河系的中心。近年来，用威力强大的射电望远镜，天文学家能够穿透3万光年的尘埃，直到银河系的中心。那里有巨大的气体云疯狂地绕着银河系的中心某物转。这个物体被称为Sagittarius A^{*}，是一个大小不超过木星轨道直径的强辐射源。从气体的速度可以计算出这个源的质量是惊人的：约500万个太阳质量。这样一来，结论只能是：Sagittarius A^{*}是一个黑洞，它的辐射来源于恒星被撕碎吞噬的时候发射的能量。

785 在夏夜约10点，如果你向南方看，就会看到一颗红色的星，中文名叫大火，它标志着天蝎座的心脏。在天蝎座的尾巴再往上一点点的区域，就是银河系的中心所在。距我们约有3万光年。

786 银河系有微弱的磁场。这个磁场可能是单个恒星的磁场叠加起来的。有些中子星的磁场是地球的数百万倍。星风或者超新星爆发时抛出的带电粒子就为这个磁场指明了方向。这个磁场也使得星际尘埃稍微的极化了。

787 星座看起来总是一个样子，实际上恒星是运动的。虽然恒星在晚上随时间变化而转动，他们的相对位置是不变的，所以我们叫他们“恒”星。但实际上，所有的恒星都有着独立的3位空间运动方式。有些运动甚至可以达到每秒几英里。我们之所以没有注意到这种运动是由于恒星里我们的距离实在太远，于是他们的是运动可能要几代人才能看出来一点点。如果经过的时间足够长，星座的形状是会变化的。如果我们能快速地移动时间，我们就会发现由于恒星的运动，星座的形状确实在改变。但大多数情况下，要上万年的时间才能明显地看到这种运动。比如北斗七星，它的形状会越来越尖，斗柄会越来越斜。

788 恒星在天上的视运动称为恒星的自行。恒星的自行指的是一年中它在天上走的角度。我们用360度划分一个圆，但恒星的自行通常来说远比1度要小，于是我们把一度分为60等份，每份称为1角分，再把1角分分为60等份，每份称为1角秒。

789 自行最大的星是夏天夜空中的一个小红家伙。称为巴纳德星。这颗星的自行达到了每年10.27角秒。可以对比一下：月球的视直径是约30角分，或1800角秒。这样巴纳德星要花越175年才能在天空中运动过一个月球的直径。而大多数星的自行远比这要小。必须强调的是巴纳德星的自行大并非是因为它运动的快，而是它距离地球太近，因而看起来快。

790 恒星的自行大小可能和它真正的运动无关。比如一颗恒星以很大的速度离开我们，可看起来它的自行是0。其次，正像鸟儿飞过天空一样，较近的恒星的自行平均来说要比远的恒星大，只是由于他们距离我们近。要知道恒星真正的运动，我们还必须知道它距我们的距离和它在我们视线方向上的速度，也就是视向速度。把上述因素综合考虑，我们就能得到真正的恒星运动速度了。

791 恒星的光谱可以告诉我们他在我们视线方向上的速度。仔细的观测可以告诉我们恒星的自行——也就是他在垂直我们视线方向上的运动，但运动的快慢还取决于它距离我们的远近以及他的视向速度。但我们怎么能够得到恒星的视向速度呢？恒星的光谱可以告诉我们。但我们必须先了解一下多普勒效应的概念。

792 运动中的火车和运动中的恒星。当我们听到运动中的火车鸣笛时，如果你仔细听，就会

有发现。当火车接近我们的时候，汽笛声调会变高，远离时的声调会变低。这种效应就叫做多普勒效应。这是由于当火车接近我们的时候，汽笛发出的声波被压缩，而远离时声波被拉长了。这种声波被压缩或拉长的效果就是声调的升高或降低。光也是一种波。如果一颗星接近我们，光波就被压缩，反之光波被拉长。声波频率的变化反映在声调变化上，光波的频率变化反映在颜色上。这样通过仔细测量星光的谱线和地球上实验室的谱线，天文学家就能够计算出恒星的视向运动方向和速度。简单来说，接近我们的恒星光谱向蓝端移动，而远离我们的恒星光谱向红端移动。视向运动的速度越大，光谱的移动也越大。

793 我们可以综合上述数据得到恒星的真正移动。把恒星的自行和距离结合在一起，我们可以计算它的横向速度；再结合恒星的视向速度，我们就可以计算出他的真正运动。综合多个恒星的资料，我们可以得到一个我们周围恒星的运动情况。上述研究表明，虽然恒星有各自的运动，大规模的恒星有成规律的运动。一个大致的研究就可以说明上述“恒星流”的运动状况。

794 太阳也有一个平均速度。太阳在向武仙座（位于织女星附近）方向运动，速度约为每秒14英里。不过不要担心会撞上织女星，它也在向一个不同的方向运动。

795 所有银河系中的恒星都绕着中心转动，但转动速度不同。大致上来说，距离核心最近的恒星转的最快，但到了距离核心6000光年的时候速度开始下跌，然后从16000光年直到银盘的边缘，速度又缓慢提高。太阳约每2亿年绕银河系旋转一周。这就是说，上一次太阳和地球处于现在位置的时候，是恐龙统治着地球。

796 恒星绕银心的转动速度不同引发了一个有趣的谜团。银河系的年龄大约是100亿年，太阳约为50亿年。但由于银心附近的恒星转速太快，外围的旋臂上的恒星转速又很慢，这样一来，旋臂应该早就缠绕在一起消失了，可实际上银河系到现在还有稳定的旋臂，这是为什么？

797 在解开这个谜团的过程中，天文学家从交通堵塞中学到了不少。你注意过交通堵塞吗？起初车与车之间的距离很大，车速很快，而到了塞车的地段车距减小，速度变慢，过了塞车段后，车距又增大，车速变快。塞车的地段可能在向前缓缓地移动，但塞车地段的“图样”，也就是车距和车速及车密度是几乎不变的。这种图样叫做密度波。同样地，天文学家认为银河系中也存在密度波。旋臂中的恒星就像是堵车地段的汽车。这个区域里尘埃和气体被压缩产生了O型和B型的恒星，他们又照亮了整个旋臂。当他们变为超新星死后，新一代的恒星又继续了这种照亮旋臂的工作。但是是什么机制产生并维持了密度波还是个有争论的问题。但是观测显示在银河心中存在某种神秘的物质，他们一定对此有影响。

798 有些恒星成协。最热最亮的O和B型星是典型的疏散集团的成员。他们被称为星协。已知有几十个星协存在于银河系的旋臂中。许多猎户座的亮的蓝白星都是这个系统的成员。这个星协中的所有成员似乎都出生于同一时间和同一区域，但由于松散的引力，他们最终分道扬镳。

799 有些星协不仅仅包括蓝白星。在夏季的天蝎座中，天蝎座星协包含有很多蓝白星，但天蝎座最亮的恒星“大火”却是红色的。这说明大火的质量比较大，他已经结束了主序星的演化，进入了红超巨星的一支了。

800 许多恒星是星团的成员。双星和聚星避免了独居生活，而很多恒星是真正的社会活动者，他们聚集在一起，成为星团。典型的有疏散星团和球状星团。

801 疏散星团是星系的“珠宝匣子”。这种星团大约包括几十到上千颗恒星。它们的典型大小约到几十光年。疏散星团中的许多恒星会相对亮一些，并有不同的颜色，看起来就像是夜幕中闪闪发亮的珠宝。

疏散星团在银河系中有自己的位置。他们一般都是由年轻的恒星组成，位于银河的旋臂上。从而你可以用双筒望远镜或小型的天文望远镜就可以看到他们。

802 有一些美丽的疏散星团很容易就能发现。在冬天和春天的星空里就有很多。M35位于双子座，他的右边是五车二，在M35和五车二之间还有三个疏散星团：M36，M37，M38。最黯淡的是M37。在巨蟹座还有一个蜂巢星团。在12月夜空的正头顶上的英仙座上，还有著名的英仙座双星团。这些星团大多数直径在1—3个满月直径之间，这样适用小型的双筒望远镜观测。

803 天空中最著名的疏散星团可以用肉眼看到。在秋季星空里的金牛座，有最著名的疏散星团M45，也叫昴星团或者7姐妹星团，距地球约450光年。M45位于金牛座alpha的右边。用肉一按就能看到约6，7颗星。用双筒望远镜或极低倍数的天文望远镜就可以看到数十颗。M45也叫作“小北斗”，因为其中的几颗亮星排列很像北斗七星。

804 许多文化都很重视昴星团。由于昴星团的显著特征，许多早期文化都把它作为神秘学中的重要角色。某些北美土著认为那是7个在天上跳舞的女子；其他的土著认为那是捕猎中的勇士；希腊的神秘学认为那是大神宙斯的配偶。也有的人用它来做日历。有些印尼的农民已昴星团在天空中的位置来指导播种的时机，南美的一些土著则用它来预测霜冻的到来。

805 另一个有名的疏散星团是金牛座疏散星团。它构成了金牛座的“V”字型结构。这个星团距离我们约为150光年。星团里的恒星比昴星团中的要老，也更分散。正是由于星团里的恒星比较老，它不再包含蓝白色的恒星，也显得比较黯淡。

806 虽然疏散星团中的恒星有着物理上的联系，有些恒星还是会离家出走。疏散星团中的恒星有着各自的运动，然而由于它们是同时在一个大的星云里诞生的，他们还向一个方向一起运动。

然而有的恒星可能在某种机制下被其他恒星加速，其他恒星则减速。正像地球有逃逸速度一样，疏散星团也有逃逸速度，这样当一颗恒星的速度超过了逃逸速度后，他就会逃出家门。因而随着时间的流逝，大多数疏散星团都弥散开了。

807 星团中所有的恒星大约都是同时诞生的，因而也具有相同的年龄。似乎当太空中的一团“云”形成恒星时，形成的过程是在一个相对比较短的时间里完成的。这样，在天文学的时间尺度上。他们可以被认为是同时诞生的。

808. 不同星团的相对年龄很容易通过赫罗图来确定。20世纪初，天文学家们就发现分析比较不同疏散星团的赫罗图是确定它们相对年龄的简易方法。例如由昴星团的赫罗图可看出它里面大部分恒星都位于主序带上，而Hyades中有一部分恒星离开主序带而且已经在赫罗图的顶端朝红巨星带方向移动了；再看h和chi Persei的合并赫罗图甚至有更多的恒星进入了红巨星带了。而另一个星团——M67它主序带左上方几乎没有恒星了。根据恒星在主序带

上待的时间决定于它的初始质量，在主序带越是靠上的恒星越年轻这一简单规律，天文学家可以推测昴星团是上述星团中最年轻的，M67 是最年老的，其他的介于这二者之间。事实上现在的昴星团中也有一些恒星已经离开了主序，以后也将有更多。

809. 联合赫罗图同样也助于确定不同星团与我们的距离。由于 Hyades 星团离地球相对来说比较近，因此我们可以很容易测得它的视差，并用它的视差作为测定其它星团距离的标准。但是对于那些距离远的得不能用视差法测的星团该怎么办呢？我们只要稍稍动动手活，问题就迎刃而解。只要将待测星团的赫罗图与 Hyades 的赫罗图重叠，使两图主序带的末端的红星对齐。因为我们知道 Hyades 里这些红星的距离，因此我们可以计算出它们的绝对星等，这也即是待测星团中红星的绝对星等。另一方面这些红星的视星等可很容易的直接由观测得到，这样便可以确定这些红星所在星团的距离。用这种方法我们可以通过一个已知距离的星团推算出成十上百其它星团的距离。

810. 我们的银河系除了有一个充满恒星，气体，颗粒等星际介质的“烽火论”盘外，它里面还有一个银晕，这是我们走进它的历史的大门。我们银河系的银晕不是我们一般想象的那种围绕在圣人头上周围的光环，它其实是很多恒星围绕在银河系外为一个近似球形的区域里。因此如果你把银盘想象成一个烽火轮，那么银晕就是一大群绕它转的蜜蜂。

银晕向我们指明了一条了解银河系历史的道路。银晕里恒星的光谱显示这些恒星的大气的金属元素含量大大少于银盘上恒星的含量，譬如我们太阳。类似太阳的恒星里的金属元素是在早几代大质量的恒星内部和反应产生然后通过超新星大爆炸抛射出来的。银晕里恒星的金属含量相对很低，这就意味着这些恒星的出现在很多超新星大爆炸以前。因此我们可以推断银晕中的恒星比起银盘上最老的恒星都是非常年老的。一代恒星内部生长金属元素后通过大爆炸分散到星际中，这些星际物质又聚集起来产生新一代恒星继而形成更多的金属元素。随着时间的延续，我们的银河系金属元素的丰度将越来越大。

银晕成一个球状围绕在银盘的周围这个事实正告诉我们早期的银河系诞生时是一个球形，然后迅速的化成一个扁平的盘，不过外部那些在演化时“落后”的恒星保持了原样形成我们今天的银晕。

811. 银晕中的很多大星团的恒星非常昏暗。由于银晕中的恒星都非常的年老，我们几乎找不到蓝色的大恒星，甚至像太阳这样的黄色恒星都找不到。银晕中的恒星绝大多数都是一些小的红色恒星。很多都是巨大的球状星团的成员。用一百多个这样的星团就内帮助我们描绘出银晕。球状星团顾名思义就是它的形状是球形或近似球形，里面包含着五万到几十万恒星。这些恒星都非常典型的裹在一个直径不到 200 光年的空间里（球状星团曾经被 Harlow Shapley 用作证据证明我们并不处在银河系中心）

812. 邱庄星团中心附近的下方，恒星们都仅仅的裹在一起。世界上最大的望远镜看它们只能看到一光点发光很难将它们一一分辨出来，就连哈勃望远镜也无能为力。事实上之所以只能看到一个光点是因为它离我们非常非常远。据估计这些光点的区域恒星密度即每立方光年空间的恒星数是银河系太阳附近的 100 万倍！我们可以想象那里的夜晚会是个什么样子。

813. 虽然大多数球状星团离我们都非常之远，但也有少数一些球状星团仍然可以用肉眼或者简单的双筒望远镜观测到。球状星团围绕在银河系周围的广阔空间，绝大部分距离我们都很远很远，最近的也有 9000 光年，许多都在 50000 光年以外。不过由于球状星团内包含着如此多的恒星，一些近的球状星团往往容易成为天文学家的目标。在南半天区的 Omega

Centauri 是天空中最明亮的球状星团，很容易被肉眼发现。北半天区也有几个球状星团在夜晚可以直接被肉眼发现。最显著的就是 M13。春季和夏季星空中，在武仙座的“拱心石”的一边就可以找到它。（见 180 页图）直接用肉眼观测会显得昏暗模糊，而用双筒望远镜或者更好更大的望远镜观测，可以很容易看清一个微小的“棉花球”被无数蜜蜂团团围绕着。M13 附近就又是另一个可以用双筒望远镜清楚观测的球状星团 M92。

814. 球状星团疏散星团的赫罗图有显著差别。大多数疏散星团的赫罗图都有一个相当完整的主序带。上面对应的是从小红矮星到蓝的或蓝白恒星。而绝大多数球状星团的赫罗图明显主序带已经不完整，其左上方的那部分已经缺失。之所以这样是因为球状星团中的恒星都已经非常之老，主序带左上方的恒星都已经演化到脱离主序变成红巨星，变星甚至白矮星了。

815. 球状星团的中心是强烈的 X 射线源。X 射线卫星得到的照片显示许多球状星团的中心有强烈的 X 射线。由于 X 射线可能是黑洞存在的一个迹象，许多天文学家都认为这些球状星团的中心可能潜伏着大质量的黑洞。在这些中心区域，恒星的密度非常之高，以至于可能使大量的恒星相互碰撞结合成黑洞。这黑洞的质量可能是太阳质量的几十甚至几百倍。

816. 天文学家将银盘上的恒星和银晕上的恒星归于不同的星族。银盘上的恒星属于星族 1 而银晕上的恒星属于星族 2。星族 1 恒星的一般特征是：年轻且富含金属元素。星族 2 中的恒星则是典型的年老和缺乏金属元素。由于银河系从诞生到现在都在不断的产生新的恒星，因此没有一个严格的星族 2 恒星停止产生而星族 1 开始产生的界线。一些天文学家也会说星族 1 中的年老和年轻些的恒星，而对于缺乏金属元素的星族 2 恒星来说它们也不是一点金属元素都没有。因此天文学家又引进星族 3 来特指那些在诞生之初完全只含氢和氦的恒星。

817. 不同类型的恒星和星团属于不同星族。绝大多数主序星从我们的太阳到 O 型 B 型星和疏散星团中的恒星以及所有银盘上的恒星都属于星族 1。球状星团中的恒星属于星族 2。红矮星可能属于星族 1 也可能属于星族 2。其中一些低质量的年轻恒星，由于质量小演化非常慢，因此几十亿年后仍然在主序带附近。

818. 欣赏银河的一个非常好的方法是用一双筒望远镜或天文望远镜对准银河它那非常暗的地方。虽然世界上最大的望远镜已被用来探索我们银河的壮美复杂结构，但当你随处忽然想眺望星星，凝视银河宇宙的时候，没有什么比拿一简单的双筒望远镜和小型天文望远镜对准银河那非常暗弱的地方更好更方便了。这就是一个“少反而多，暗反而明”的例子。这是因为暗的天区背景好，凝视一阵银河无数恒星，星云，星团，整个全貌就会慢慢展现在你面前了。这是上天赏赐给每个人的美物，然而却很少人会花时间去享受。希望你能拥有这样美好的夜晚去享受它。

第十三章 宇宙岛

819. 20 世纪初的一项主要天文发现：银河系并非整个宇宙。世纪之交之时，天文学家知道银河系是一个巨大的恒星系统。问题是宇宙中所有的恒星都在银河里吗？银河就是宇宙吗？很多人的答案是肯定的。但是几个世纪的以来的观测我们发现天空中散播着一些云雾状的天体。一些像猎户座大星云和巨蛇座中的 Eagle Nebula（鹰状星云）现在都知道它们在银河系之内并且都是恒星诞生的地方。然而令人猜疑和感兴趣的是另外一些本质大不相同的星云。特别迷人的就是有一些螺旋状的星云。本世纪 20 年代初，一个美国天文学家 Edwin Hubble（哈勃太空望远镜就是以他的名字命名的）在加利福尼亚的威尔逊山上利用刚刚投入使用的 100 英寸的望远镜获得了那些螺旋星云更清晰的像。这架新投入使用的望远镜当时是世界上最大的天文望远镜，它能分辨出一些螺旋星云中的一个恒星，更重要的是它能识别出里面的一些可以用来测距里的造父变星。当哈勃测量计算这些恒星的距离也就是那些螺旋状星云的距离时他大吃一惊。就连猎户座大星云和巨蛇座的鹰状星云的距离还不到 10000 光年，而最近的螺旋星云的距离就超过 2 百万光年。事实上这些螺旋星云根本不是我们银河系中的相对较小的恒星诞生区，而是一些相当成熟的星系。因此我们马上意识到宇宙远比我们目前观测到的银河系庞大和复杂。短短的几年，哈勃的这一研究和沙普利关于球状星团的工作使我们人类不得不面对接受和理解这么一个现实：我们不是我们银河系的中心，我们的银河更不是整个宇宙。

820. 你可以用肉眼看见离我们最近的螺旋状星系。选个秋高气爽的傍晚，在东边天空找到四颗为成一方形的亮星。它们就是著名的“神马大方块”（Great Square of Pegasus）是飞马座的翅膀和部分身体。沿着大方块的东北有一串排成曲线连接飞马座和仙女座仙王座的恒星。就在这串恒星第二颗的上方，如果当时没有月光的话，可以用肉眼发现一个椭圆绒毛状的光团。当你凝视它时，你是在接收 100000 百万颗恒星共同发来的组合光，因为你看到的是仙女座星系（M31），一个离我们 200 万光年的巨大漩涡星系！（在一个宁静的夜晚你永远也不能看到永恒，但你却可以只用眼睛去目睹 200 万光年外的世界）。仙女座星系离我们如此之远以至于看它就像是把你的鼻子贴在玻璃窗上看远方的山一样，仙女座星系就如那远山而天上绝大多数星星就是玻璃上灰尘的斑点。

821. 虽然仙女座星系和我们的银河系都有非常相似的形状和相近的大小，但并非所有的漩涡星系都是这样。仙女座星系和银和一样是一个包含大量恒星，气体，尘埃，直径超过 100000 光年的螺旋状漩涡星系。它的中央也有一个凸起的核，周围也有包含大量球状星团的晕。但也有的螺旋状星系与银河和仙女星系相比只算得上沧海一粟，它们的直径仅仅只有几千光年。那些有着螺旋状“臂膀”的星系我们叫它“spirals”，用大些英文字母“S”标记。因此当天文学家谈到 S 型星系时，指的就是漩涡星系。但并非所有的漩涡星系都有完全一样的形态。一些漩涡星系的把中间的核围得很紧密，一些的悬臂稍微松散些，还有一些的悬臂就更松散了。为了区别这些不同形态的漩涡星系，天文学家又给它们依次分为 Sa, Sb 和 Sc 三种不同的亚型。我们的银河系属于 Sb 型星系。

822. 一些星系有“内置棒”。一般漩涡星系的美丽悬臂都在它的中心以外，然而也有另外一些漩涡星系，它的悬臂发源于贯穿它中心的一个“内置棒”的两个末端。因此这类星系被称为棒漩星系，以字母 SB 标记。和正常的漩涡星系一样，根据棒漩星系悬臂缠绕的松散度

我们也把它分为三小类，分别是 SBa, SBb 和 SBc。20 世纪 90 年代初，一些天文学家通过对银河系中恒星及氢气云运动的分析，认为在银河系的中央似乎已经出现了一个微小的棒。如果这样的话，某一天我们可能要对银河系从新归类。但它现在是否正从 Sb 型向 SBb 型演化，还需进一步的观测证实。目前学术界还是把银河划在 Sb 类。

823. 一些星系根本没有悬臂，看上去就像一个椭圆形的大斑。这些就是椭圆星系。它们看上去相当均匀，形态上也非常对称。从几乎完美的圆形到各种扁率的椭圆。根据它们的扁率不同将它们分成 E0 到 E7 各类。每一类占的比例都差不多。类似漩涡星系有棒漩涡星系和正常漩涡星系之分，椭圆星系中又巨型和矮型之分，巨型椭圆星系可以是矮型椭圆星系的 50 多倍大，亮度可达矮型椭圆星系的 20000 多倍。

824. 天文学家也发现 S0 和 SB0 型星系。这类星系表面上初看像是椭圆星系，但是它们又有这么一点正常漩涡星系和棒漩涡星系的特征。

825. 宇宙也存在些不规则的和一些特殊的星系。不规则星系（以字母 I 或 Irr 标记）明显没有规则的确定的形态。它们往往是一群混乱的恒星，气体和尘埃。特殊星系常常有个相当确定的形态，但总是有部分奇怪的结构，如一些古怪的螺旋丝状物，一些附属肢体等。

826. 我们的银河系有两个小伙伴。它们分别是大小麦哲伦星云。之所以叫做麦哲伦星云据说是当年麦哲伦在环球航行时发现了这两个星云，之后传到西欧大家就分别称这两个星云为大小麦哲伦星云。大麦哲伦星云（LMC）直径大概 21000 光年，离我们约 170000 光年。小麦哲伦星云（SMC）直径大约 9500 光年距离我们差不多是 190000 光年。夜里大小麦哲伦星云都是很容易用肉眼看见的。大麦最宽的区域能达到 8 度（是满月的 16 倍），是小麦哲伦星云的两倍。它们与银河系通过万有引力束缚在一起，不停的相互绕转。

827. 仙女座星系也有两个“卫星”。这两个“卫星”都是矮型的椭圆星系，一个是 M32 另一个是 NGC205。M32 是梅西耶星云星团表的第 32 号，NGC205 是 NGC 星云星团表的第 205 号。两个“卫星”的直径分别大概是 3000 和 6000 光年，一起绕着 M31 旋转。

828. 一些星系既含有年老的恒星也包含年轻的恒星，而一些星系似乎只有年老的恒星。像我们银河系，和其他漩涡星系及棒漩涡星系，在星系盘上都绝大多数是星族 1 类的年轻恒星，在星系晕中都是些属于星族 2 的年老和恒星。而对于椭圆星系它里面则几乎全是年老的星族 2 恒星。像大量的红巨星，更多的红矮星白矮星，但没有位于主序带左上段的蓝白恒星，因为 O 型和 B 型星早就演化成超新星而脱离主序了。

829. 不同类型的星系有不同的颜色。漩涡星系包括棒漩涡星系。它们发出的亮光主要来自于串在璇臂上宝石般的蓝白星，正是这些 O 型 B 型巨星和超巨星把璇臂点缀得光彩夺目。因此在望远镜上看来漩涡星系的璇臂颜色偏蓝。中心区域因为有些年老的温度较低的恒星而相对来说偏黄。由于椭圆星系中没有 O 型 B 型星，光度的来源主要是红巨星，因此颜色偏红。

830. 一些星系含有很多的气体 and 尘埃，一些星系则几乎全是一颗颗的恒星。漩涡星系和很多不规则星系中都有一些显著的暗带。这些暗带是由于尘埃的遮掩形成的，而在含有 O 型 B 型星的亮区中包含着大量的气体云，新一代的恒星正是从这里诞生的。相反，椭圆星系中气体云和尘埃等星际介质则相对非常缺乏，因此恒星形成过程在这星系中已经结束了。再看看

那暗带，它似乎把整个星系切成两半，像一个帽带把整个星系为了一圈。(Sombrero galaxy 就是一个很好的例子)。事实上这些尘埃遮挡的主要是来自它背后星系盘上几百万颗恒星的光。

831. 一些星系历经一个剧烈快速的恒星形成时期。在漩涡星系的旋臂被耀眼的年轻亮点点缀得光彩夺目时，而在另一些星系和星系的某些区域中正在经历一个大范围的被称之为“星爆”的爆炸性恒星形成过程。某些情况下离星系核较近的一些区域中的大量恒星由于某种原因会发成超新星爆炸，爆炸产生的冲击波将诱导新一代的恒星产生。另外一些情况，星爆区在不规则星系或者特殊星系中或附近。这样大尺度的扰动也暗示着其中某股强大的力量在起作用。

832. 星系有时候会发生相互碰撞。大多数恒星之间的距离明显大于它们自身的尺度（例如：太阳与半人马座 α 的距离大概是 4.2 光年，差不多是太阳直径的 7 百万倍）。正因如此，除非是互相靠得非常近的双星或是在球状星团的中央，否则相互碰撞几乎不可能。恒星之间是这样，但对于星系则是另一回事了。仙女座星系离银河 220 万光年，只有各自星系直径的 20 倍，而且很多的星系之间的距离还要近。因此星系间相互碰撞屡见不鲜。

833. 星系相互碰撞会怎样呢？首先大部分恒星之间是不会发生碰撞的，如前所述恒星之间的距离远大于它们各自的尺度（太阳和离他最近的半人马 α 之间的距离是太阳直径的 700 万倍），因此当我们的银河系与另一个星系碰撞时我们太阳的自由空间相当于减半，但这仍然还是远远大于太阳自身的尺度，碰撞仍很难发生。当两个星系互相碰撞实际主要是两星系各自强大的引力场相互较量，每个星系对对方都有强大的潮汐作用，这会对各自引力场的形状产生很大的影响。再就是星系与星系之间，各星系内部的气体云和尘埃因星系碰撞常常会发生碰撞，像超新星的冲击波一样，这将诱导新一代恒星的诞生。

834. 我们看到的很多特殊星系是星系碰撞的有力证据。搜寻太空我们可以看到一些特殊星系，它们似乎应该属于一个星系分散后各个部分。对于这种现象天文学家认为是星系碰撞中强大的潮汐作用导致的。这种解释目前通过最大的计算机的动态模拟得到支持。很多情况，通过计算机对星系碰撞的动态模拟都可以得到与观测相当接近的结果。

835. 关于环尾星系和车轮星系。各种质量各种轨道的星系碰撞可以产生各种形状稀奇古怪的星系。由于星系碰撞，乌鸦座 (Corvus) 中的 crow 似乎抛出两条长长的飘带，当然这飘带其实是气体云和尘埃，之所以发亮是因为上面已经或正在诞生着新一代恒星。由于这飘带似的希奇形状，因此被称作环尾或车轮。在另外些地方我们又发现一组有趣的星系。（看下图）这右边的小星系和左边的大点的星系发生过碰撞，而且事实上碰撞几乎是从小星系的中央穿过。结果产生强大的激波从星系中心向外辐射出去形成一个向外膨胀的环，环上的诞生的新恒星则把环点亮。这个环状星系就是著名的车轮星系。

836. 为什么会形成不同形状的星系？对于这个问题现在仍不能有个圆满的答案，但很多情况下这与星系形成前的那团“云”的初角动量有关。基本的物理知识使我们知道一个旋转相当厉害的球团云会很快的塌落扁平成一个盘，这已经用计算机模拟证实了。这个过程模型常常被我们用来解释行星系统的起源，但同样我们可以把它用到一个更大的尺度上，去解释漩涡星系的起源。因此相反的一个巨大的气体尘埃云如果它的初角动量很小甚至几乎没有，那么它就不会演变成盘状，而是成为椭圆星系或者也可能是不规则星系。椭圆星系开始立刻形

成恒星，因此现在所剩的气体和尘埃已经非常少了，而漩涡星系最初主要是花时间形成一个星系盘，恒星的形成主要是在后期，因此现在还保留着大量的气体和尘埃物质。此外，星系间的碰撞也可以产生不规则星系和特殊星系以及星爆现象。

837. 银河系和仙女座星系目前正在相互靠近。这两个星系现在正以每秒 172 公里的速度相互靠近。但是不用担心，以这种速度即使它们是头对头发生碰撞也还需 20 亿年，何况它们还不是头对头。

838. 一些特殊星系和不规则星系显示它们中心深处存在着巨大的扰动。有一些恒星的形状稀奇古怪和无规则并不是由于星系间的碰撞造成的，“凶手”是来自塔内部的一些区域，这些区域已经被一股神秘而强大的力量撕成粉碎了。要产生这么大的力量只能是大范围内的爆炸。也许是一连串的超新星在同一区域同一时间段爆炸，也许是迄今还不为人知的一种新现象，也可能是一些情况的综合结果。

839. 一些活动星系中有一个非常耀眼明亮的核心。本世纪 40 年代一个名叫卡尔·赛弗特的天文学家对漩涡星系作了系统研究，并发现其中约 1% 的星系有一个异常明亮宛如一颗恒星的核心。（我们把这种星系命名为赛弗特星系）。赛弗特星系的光谱反映由气体和尘埃正以超过每秒 6000 公里的速度绕星系中心运动。其实赛弗特星系仅仅是几种特殊星系的一种。那些特殊星系的中心物质高速运动而且从这些区域里释放出巨大的能量。一些时候在直径不到太阳和其最近恒星距离的范围内的这些区域一下放出的能量是太阳辐射能量的 1 万亿倍。这些能量不能简单的近似认为只来自恒星，因为即使是一颗星系的核心你也不能把它抽象成一个点。由于种种特殊的性质，而且它们都有一个活动性很强的核心，所以所有这些天体我们都把它归为活动星系。

840. 一些活动星系有着强大的喷流。在室女座中有一个显著天体，它就是 M87，一个巨型椭圆星系。从 M87 的中心射出一股长达 8000 光年以上的喷流，并且喷流的速度（喷流中物质离开星系的速度）高达二分之一光速。

射电望远镜在这方面给我们带来了一个个惊喜。通过射电望远镜我们发现 NGC6251 有一个长 30 万光年的喷流，**Hercules A** 则有一对喷流，每个长有 45 万光年。NGC315 的喷流更长有 7.5 亿光年，是银河系宽的 7 倍。这些喷流中的电子和其它带电粒子在星系强大的磁场下做接近于光速的螺旋运动，从而产生强烈的电磁辐射。

由于这些天体在射电波段的辐射强度远远超过可见光波段的强度，因此被称为射电星系。如果我们的眼睛不是对可见光而是对射电波敏感的话，这些星系将比现在明亮的多，而且在射电波段我们对着星系的观测得到的信息也多的多。——这是一个说明用射电望远镜天体可以获得一般光学望远镜无法获取的信息的很好例子。

841. 我们的银河系不是射电星系。我们的太阳以及许多银河系里的其它恒星（包括恒星与恒星间的气体）都能辐射射电波，因此我们的银河系作为一个整体当然也辐射射电波。但这并不等于说我们的银河系就属于射电星系，因为它在光学波段的辐射远远超过了射电波段的辐射，而且事实上射电星系往往是椭圆星系，漩涡星系和不规则星系的可能性相对较小。

842. 喷流指向我们的“天兽”——蝎虎天体可能是射电星系。这些古怪的天体都是以它们族中第一个被发现的天体来命名的，蝎虎天体的原型蝎虎 BL 最初被认为是颗变星。当用射电望远镜对准蝎虎 BL 和其他类似天体时，发现它们都有强烈的射电辐射，再用光学望远镜

对它们作进一步的光测分析后,天文学家最后才承认它们根本不是银河系里的变星而是一些遥远巨型椭圆星系的亮核心。蝎虎天体看起来似乎并没有喷流,开始天文学家也这么认为,并以为发现了某种新现象,但现在天文学家知道蝎虎天体还是有喷流的,我们之所以没有明显的观察到是因为它的喷流正对着我们的视线方向。

843. 宇宙中最强烈的辐射源——类星体。类星体最早发现是在本世纪 60 年代初,并一直困惑了天文学家长达三十年。第一个类星体是用射电望远镜发现的,当时只知道它非常的亮。之后射电天文学家将此发现告诉研究光学波段的天文学家,他们对这些特别亮的天体拍了很多照片但他们发现这些天体和稍暗些的蓝恒星基本没什么区别,因此他们就把这些天体叫做类似恒星的射电源,简称类星体。此后又发现类星体是离我们最远的天体之一,所以这么远它都能被我们看见说明它本身必须是非常亮。事实也是如此,目前发现本身最亮的天体就是类星体。一些类星体能量辐射强度可以是银河系的 1000 倍,而它本身的大小却不足一个太阳系。此外和活动星系一样很多类星体也被发现有高速的喷流。但类星体究竟是什么,这么大的能量从何而来仍然是个谜。

844. 90 年代中期,天文学家终于开始揭开类星体神秘的面纱。很多年以来类星体给我们的印象是它非常的亮却远没有星系这么大,正因为如此类星体被视为宇宙中神秘的,似乎与我们看到的其他物质不相干的天体。但马上,由于天文望远镜的迅速发展,科学家发现类星体其实是活动星系的亮核心。(在此之前的天文望远镜还不能够让天文学家在此类星体的强背景下发现类星体的周围是一个星系,而它自己就居于中间)在此同时其他天体如蝎虎天体也别发现为活动星系核。其中在类星体,赛弗特天体 和蝎虎天体之中类星体是在整个波段中辐射最强的。

845. 赛弗特星系,射电星系,蝎虎天体及类星体可能有共同的能量发生机制。它们发现时都是分开的,它们的命名和归类也因此不同。但它们都有着比太阳高 1000 亿倍,甚至更高亮度的核心,并且这些核心的亮度似乎有个几周甚至几天的变化周期,因此这些天体巨大辐射的能量似乎应有个共同的来源。这在一开始似乎很难想象解释,不过它们核心周围气体的环绕速度及这些核的密度好像暗示着赛弗特星系,射电星系,蝎虎天体,类星体都是一类天体的不同表现,并且这些天体深埋藏着巨大质量的黑洞。

846. 只有大质量的黑洞才能产生如此的能量。星系核释放出的巨大能量今天认为是物质被吸引到黑洞内或附近的直接结果。在黑洞强大的引力下,周围的气体,尘埃甚至附近恒星上的物质都回掉落在围绕黑洞的吸积盘内。即使在黑洞视界的附近,由于被引力加速变热的物质也会辐射出巨大的能量。至于一些天体中的高能喷流这是来自另一种特征的黑洞。这种黑洞本身有着强大的磁场,磁轴沿着黑洞的自转轴方向。

着强大的磁场能阻止一些吸积盘上的物质进一步调入黑洞内,它就像一个水龙头一样引导这些物质沿着磁轴方向高速喷出。

847. 目前几个星系的核心里已经发现大质量的黑洞。1994 年天文学家用哈勃天文望远镜仔细分析观测了 M87 核心周围气体云的环绕速度后得出结论在 M87 的核心里存在一个 24 亿倍太阳质量的巨大黑洞。该年的不久,射电天文学家在分析了 NGC4258 (一个旋涡星系) 核心周围其他盘的运动后也得出结论——该星系核心里隐藏着一个质量大概在 4000 万太阳质量的黑洞。1995 年天文学家又利用哈勃望远镜强有力的探查力获得了一张 NGC4261 (一个椭圆星系) 核心周围暗淡的气体尘埃盘的照片,分析后表明这个暗的气体尘埃盘的直径在 800 光年左右,围绕在一个质量大 12 亿倍太阳质量的黑洞周围,黑洞的视界甚至比太阳系还大。

1997 年初天文学家也在三个其他星系里发现了质量都在 1 亿倍太阳质量的大质量黑洞。这些后面说的星系都是正常星系，即不是活动星系。因此这就可能说明巨大质量的黑洞主要隐藏在这些正常星系里。

848. NGC4261 中的不稳定黑洞。一个意外的发现 NGC4261 中的黑洞从星系的中心向外偏移了 20 光年。一种解释是 NGC4261 星系其实是以前两个星系碰撞的产物，两星系间的引潮力使得黑洞偏离中心。另一种解释认为，黑洞两头喷流强度不一样。就像火箭一样墙喷流更大的反冲力使得黑洞向喷流弱的那方向运动。

849. 恒星级黑洞和星系级黑洞——一对双胞胎。二者没有本质的不同。它们都是同一种现象——引力坍缩，两种类型。不过星系级别的黑洞的质量和视界都远远大于恒星级别的黑洞。

850. 活动星系和非活动星系之间存在着演化联系吗？确实这是可能的。一些天文学家认为类星体肯能是非常年轻，活动性非常强的星系核心，一定的时候它们将演化为蝎虎天体和赛弗特星系，然后这些天体和星系又将演化为非活动的旋涡星系和非活动的椭圆星系。如果真是这样的话，那么很多非活动的星系包括我们的银河系中心和可能隐藏着巨大质量的黑洞。确实很多证据都显示这是很可能的。

851. 活动星系和非活动星系之间区别可能在于物质的供应。如果承认活动星系和非活动星系中心都有大质量黑洞，那么二者的不同可能就在于是否有足够的物质供应给黑洞吞食。如果有话那么星系将活动得非常剧烈而变得非常亮，如果没有星系则较“平静”。遥远的类星体我们现在看到是如此之亮（注意我们看到的是它的过去）说明那些天体在很年轻的时候（我们的宇宙当时也很年轻）拥有的“燃料”比它们今天多得多。可能很久以前我们的银河系就是一个类星体。

852. 黑洞——时间机器，将时间变慢。爱因斯坦广义相对论神奇般的预言引力场的存在将使时间的步伐变慢，并且引力越强变得越慢。需要指出的是爱因斯坦这里说的变慢并不是指“当你玩的时候时间在飞，当你在牙医室等待时时间在爬”这种时间的心理上变化，而是真正客观上不论你用什么表（沙漏，小手表，原子钟等等）测得物理时间。由于黑洞有着非常强大的引力场，因此根据爱因斯坦的理论它们对周围的时间快慢有很大的影响。恒星级黑洞和星系级黑洞都有这种“能力”，不过巨大的恒星级黑洞有天可能会被证明是时间的机器。

现在假如两个长得一样的双胞胎男孩，一个留在家里，一个坐火箭离开地球去做太空旅行绕着一个大黑洞飞一圈再返回地球。等到这对双胞胎相见后将会互相都认不出来了。留在家里面的已经老了很多，而那个做太空飞行的男孩似乎还是那么年轻。的确，如果这个太空飞行的男孩绕黑洞飞行时靠得足够近，飞得时间足够长，那他回到地球是有可能已经到了很远的将来，他的那位兄弟已经去世很久了。

853. 黑洞是能将我们延续到未来，而不是让我们跳跃到未来。黑洞不仅使机器钟，原子钟变慢，也能使我们的生物钟变慢。因此如果你去一个黑洞附近旅行后回到地球，你并不是忽然神奇般的跳跃到未来，你是延续到了未来，时间一直在走，不过你在黑洞附近时间走得慢，你老的慢而已。与其他人相比只是活得更长了。你将延续到原本不属于你的一段未来。

854. 黑洞可以让你走到未来，但不能使你回到过去。当进入时间之旅时，黑洞只是一条使时间步伐变慢的道路，它并不能改变时间的方向。因此黑洞可以让做太空旅行的人延续到原

本他们到达不了的未来，但却不能像一些科幻电影描写的那样让他们回到过去。这其实是大自然的“安全阀”。想象一下如果我们能回到过去那么我们就可以改写历史，就会发生我们的父母还不相互认识时我们就已经存在了的各种荒谬。

855. 在黑洞附近是非常危险的。掉进黑洞压碎在黑洞的奇点就不用说了，更糟的是在此之前就已经危及生命了。这危险来自于黑洞对你的引潮力产生的引力差。因为一般物体都是有限的大小，离黑洞近的一边受到的引力要大于远的那边受到的引力。地球正面（面对月球的那面）到月球的距离比背面（背对月球的那面）的距离近约 8000 公里。因此两面受到月球的引力不一样。对于引力场越强的天体，产生的这种引力差越大。地球上的人受到月球的引力差是非常小的，然而你如果离黑洞比较近，你受的这种引力差将是巨大的。你如果伸直身体脚对着黑洞接近它，产生的引力差的感觉将会像是你用一只手指掉在伦敦桥上，伦敦所有的人都挂在你的脚趾上。不知这样你会是什么感觉？

856. 黑洞越大，时间旅行就越安全。黑洞越大它的视界就越大，因此视界附近的引力差就越小。理论上你可以在星系级黑洞视界附近作愉快的时间旅行而不用担心你会被撕成碎片。不过你仍然需要做一些其它的防御措施，主要是能保证你不会突然穿越视界。只要黑洞足够大你将不用担心会被撕裂，但一旦你穿过了视界线，那你就注定没命了，因为摆脱黑洞的引力从视界中跑出来，你需要比光还大的速度，而这是根本不可能的。

857. 黑洞大概都会转动。事实上所有的天体都有自转，并且正在收缩的天体它的自转会加快（角动量守恒，就像旋转的滑冰舞蹈员将她的手臂收回一样）。由于黑洞都是严重坍缩的天体因此可以预料它们都有自转。

858. 巨大的星系级黑洞不仅仅能让我们穿越时间的界线。一些描写解释诸如《爱丽丝在仙境》时间之旅之类的方程，暗示着有另一个奇特的可能存在。对于旋转的黑洞这些方程显示另一种有别于时间的旅行是可能的。这样的黑洞存在着两个视界，两个视界在黑洞的“赤道”处相离最远。根据这些方程，如果一个宇宙飞船穿过外面的视界，而未穿过里面的视界，那么它不需要达到光速也能逃离黑洞，而且最不可思议的是这个宇宙飞船逃出来后不仅能到未来，而且还能到其他地方，可能是宇宙中的另外一个地方，也可能是另外一个宇宙。这种穿越时空的路线被称为爱因斯坦-罗森桥，也叫做“虫洞”，在近些年来的科幻小说中非常流行。

859. 目前还没有物理证据表明虫洞确实存在。必须强调以上的这些（虫洞）只是基于一组方程的想象和猜测。许多数学模型都是基于一些方程，但并不是说有了这个模型或者这个模型解释了一些特殊的现象就说这个模型是完全对的。只有这个理论模型同时被几个相互独立的观测证实后才能认为它可能就是事实的最好反映和描述。

860. 宇宙中各类星系数目不均。在我们地球几亿光年外约有 60%的星系是椭圆星系（主要以矮型椭圆星系为主），大概 20%的是旋涡星系（包括棒旋星系），剩下约 20%是特殊星系和不规则星系（其中不规则星系占主要）。

第十四章 宇宙学：从宇宙的末端到时间的开端

861. 宇宙学是天文学的一个分支，它的任务是探索一些最大最根本具有深远意义问题的答案。这些问题就是：“宇宙的整体规律是什么？” … “宇宙是如何起源的？” … “它有多大年龄了？” … “它的最终命运如何？” … “我们是如何适应这个大宇宙的？” 我们把研究这些问题的天文家成为宇宙学家。

862. 宇宙学——智慧交叉的地方。宇宙学家们大致可以分为搞观测和搞理论的。理论宇宙学家名副其实，他们只研究解决宇宙的数学物理模型。除了一些纯天文学家外，宇宙学也往往吸引一些数学家和高能粒子物理学家。这是因为早期的宇宙处在一个高能状态，如果研究的是非常遥远的早期宇宙，那么一些时候粒子加速器将比望远镜更能派上用场。

863. 宇宙和恒星，星系一样有聚拢的倾向，像星团一样也有各种不同的成员。

864. 我们的银河系是一个小组中的一名成员。我们的银河系和仙女座星系都是一个拥有 35 个星系的本星系团中的成员。其中银河系是最大的，仙女座星系第二，排第三的是 M33 大概是仙女座星系的一半大。其它成员大多是矮型椭圆星系和不规则星系。整个本星系团延伸的空间范围大约为 300 万光年。

865. 又一次我们发现我们并非宇宙的中心。哥白尼之后我们不得不放弃我们是宇宙中心的信仰；沙普利研究了球状星团的分布后我们不得不接受我们并不处在我们星系的中心这一事实，但是却还墨守我们的银河就是宇宙全部的信条，直到哈勃以后我们才知道我们并不是唯一的。现在我们发现我们处在本星系团中，而且虽然我们的星系是本星系团中最大的，但他仍然不是中心。

866. 我们的星系有一个“黑暗带”。在银河的盘附近有一个区域是黑的什么都看不见。这种异常现象是由恒星盘上的尘埃物质遮挡造成的。在我们可观测的极限内，星系似乎无规律的散布在空中。但是我们必须考虑到那些起遮挡作用的尘埃物质的影响，它们不仅使星光便黯淡，而且也见使星光红化，使我们在地球上看上去是它们比实际更远，颜色也变了。

867. 如果你能从银盘向外看得足够远，那么你看到的星系数目将比你看到的恒星数多的多。事实上沿着银盘看去，恒星的数目是多的数不过来的，再加上那些起遮挡作用的尘埃物质，这些都使我们很难看见更远处的星系。因此我们一般情况看到的恒星数是远远大于星系数的。但是如果我们有足够大的望远镜，能看见银盘以外很远很远的地方，那么我们视场里的星系数将远远超过恒星。如果我们身处在星际空间深处，那么在我们周围的星系将比我们在地球上在一个星光灿烂的夜晚看见的星星还多。

868. 星系团大概分为规则的和不规则的两类。规则的星系团，它的成员星系相对星系团中心较为集中，乘员数也很多，主要是椭圆星系和 S0 星系。规则星系团还有个特征就是在中心附近处往往有一个或两个甚至一小群巨型椭圆星系，这些也被称为超大型疏散星系。它们非常大，但比较黯淡。不规则星系团包含的星系数相对较少，且个成员星系并不相对中心集中，而是无规则的分布开，成员系中有着比较多的旋涡星系。我们所在的本星系团就是一个

不规则星系团。

869. 本星系团与它的邻居比较起来是非常弱小的。除在室女座的室女座星系团实力我们最近的一个不规则星系团，里面大约有 1000 多个星系。尽管它是个不规则星系但它里面却有三个巨型椭圆星系 M84, M86 和 M87。春天的南天区室女座星系团的视大小大约为 12 度，也就是它横跨太空 1300 万光年，离我们的距离约为 6000 万光年。离我们最近的规则星系团是 Coma berenices 星系团，就在室女座的上方。它在离我们 3 亿 2 千 500 万光年的之外的约 1600 万光年的区域里包含了 2000 多个星系。虽然它的直径只有本星系团的 5 倍，体积也只是本星系团的 25 倍，但它包含的星系数目却是本星系团的 80 倍，因此平均一下，Coma berenices 中的星系相对更为集中。

870. 星系团中央附近的巨型椭圆星系往往有个“肮脏”的过去。超级计算机的模拟显示星系团中旋涡星系间的碰撞，将剥去它们本身及它们之间的大部分物质。这些物质在星系团的中心聚集，被一个椭圆星系吞食。随着旋涡星系间碰撞的继续这个椭圆星系也越来越庞大。因此我们不知道为什么规则星系的中心附近总有这样一个椭圆星系，但我们知道这个椭圆星系为什么如此巨大，是因为他吞食了它的伙伴。

871. 星系或星系团对光的弯曲作用如此厉害，以至于在太空中可以产生星系的幻影。近些年来天文学家加偶尔发现几个星系聚的得非常近，对这几个星系进行光谱分析发现它们的光谱不只是非常相近，简直就一模一样。其实这并非几个“同胞星系”，它们其实都是同一个星系的像。这些像的产生是由于我们到这星系的视线中间刚好还存在着另一个星系或星团，这个星系或星团的引力场是来自远处星系的光弯曲，类似一个透镜的作用——叫做引力透镜。我们通过引力透镜看到的那几个光谱一模一样星系其实是更远那个星系的像。

更远处的星系与中间起引力透镜作用的星系或星团间的相互位置及各自的质量分布的不同将产生不同图案的像。有一些像的图案是几段弧，有的形成四个点或短弧围绕在那个起引力透镜作用的星系周围（如：爱因斯坦十字叉），有的甚至形成一个美丽的光环或光晕。这种引力透镜现象是爱因斯坦相对论预言引力可以弯曲光的结果。类似的还有在日全食时也可以看到太阳的引力场使来自远处恒星的光线弯曲。

872. 埃德温·哈勃和他的同事们不仅测出了许多星系的距离，同时还测出了它们的运动。就像我们用恒星光谱的红移或者蓝移来判断恒星以多大速度远离和接近我们一样，对于星系这种方法仍然适用。（这种情况光谱取作星系中最亮的，贡献最大的光谱）。在 1912-1925 这段时期哈勃和他的同事分析了 41 颗星系的光谱，发现只有本星系团中的很少一部分星系是接近我们的（光谱显示为蓝移则表明它接近我们），其它全部星系的光谱都是红移的，这意味着这些星系正在远离我们。

873. 埃德温·哈勃关于宇宙得出了一个具有划时代深远意义的结论。直到 20 世纪中期，哈勃一直用那个当时最新的 100 英寸的望远镜光测星系的同时也在观测造父变星。通过观测造父变星的光变周期，哈勃可以计算出这些星系的距离。到 1929 年哈勃已经掌握了足够多的星系距离和它们相应的红移数据。这使他得出一个结论：离我们越远的星系以越快地速度远离我们。这也就意味着：我们的宇宙再膨胀。

874. 如果总体上，所有其它的星系都远离我们而去，那是否我们就处在宇宙的中心呢？不，要知道为什么我们还是先来烤些葡萄干面包。

我们做一点“思想实验”。简单起见我们用 4 颗葡萄干（见 298 页图）和一些非常透明的面团，再叫一只耐热的小虫爬在一颗葡萄干上。这只小虫将告诉我们它与其它三颗葡萄干的距离。开始它测得离其它三颗葡萄干的距离见“图一”。现在我们把这块生面包送到烤箱里烤。不久面包膨胀，一个小时后再去问这只小虫它与其它三颗葡萄干的距离，它告诉我们的结果见“图二”。从图上我们可以看到，在一个小时内葡萄干 A 从 1 英寸移到 2 英寸外，葡萄干 B 从 2 英寸外移到 4 英寸外，葡萄干 C 从 3 英寸移到 6 英寸外。这就是说在刚才的一个小时内 A 的平均速度是 1 英寸每小时，B 的速度是 2 英寸每小时，C 的速度是 3 英寸每小时。

到现在我们已经非常清楚。这个葡萄干面包就是一个膨胀的宇宙，这些葡萄干就是宇宙中的星系，这只虫就是宇宙中的我们。即使这个“宇宙”以均匀的速率膨胀，越远的“星系”也越快的远离这只小虫。在一个小时内这只小虫的“宇宙”膨胀为原来的两倍大小，每个“星系”间的距离也扩大为原来的两倍。

现在如果我们把这只小虫放在另一个葡萄干上再重复做上面的实验，得出的结果是完全一样的，即越远的得葡萄干越快远离这只小虫，而且小虫随便放在哪颗葡萄干上的实验结果都是如此。同样在我们膨胀的宇宙中离我们越远的星系远离我们得越快，这与我们处在哪里，何时观测并没有关系。

875. 上面的实验可总结为一个宇宙学基本原理。宇宙学原理说在宇宙中的任何一点观测宇宙的结果是一样的，我们（其它任何东西也一样）并不处在宇宙中的一个特殊的位置上。这个事实最终终结了地心说。

876. 如果宇宙在膨胀为什么本星系团的一些星系会接近我们运动。整个宇宙星系都有自己的运动。由于宇宙的膨胀不会使离我们比较近的星系以很大的速度远离我们，因此离我们较近的星系相对于我们的运动主要是它自己的运动，因此就有可能朝我们的方向接近我们。但对于离我们很远的星系它们相对于我们的退行速度将远大于它们自己本身的运动。所以只有一些离我们很近的星系在自身运动和退行运动合成以后才留有一些接近我们的残余运动。

877. 在通过星系的红移测宇宙的膨胀时必须考虑到星系本身的运动。向本星系团中的星系有自身的运动一样，其它星系团也是如此，而且星系团与星系团之间也有各自的自身相互运动。因此当天文学谈到宇宙的膨胀时，他们指的是宇宙整体或更准确地说是空间的膨胀。要知道空间膨胀的具体速度我们要考虑天体的红移，但注意的是必须减去天体本身的自运动。

878. 星系的自身运动帮助我们了解宇宙中物质的分布。我们的本星系团作为一个整体它自身正朝室女座星系团方向运动（事实上它们又形成一个超团）。因此我们的本星系团似乎正朝那个方向掉落，因为那个方向的某个区域分布着更多物质质量，与此同时本星系团和室女座星系团也在朝人马星座方向运动。虽然我们的本星系团正以每秒 150 公里的速度接近室女座星系团，但宇宙的膨胀却使本星系团以每秒 750 公里的速度远离室女座星系团，因此总的结果仍然是一个膨胀的宇宙。真正的挑战是知道了这些星系和星系团的自身运动情况去计算出实在的红移速度。这有点像一辆卡车载着一车垃圾前进，一群蜜蜂（四面八方都有）向车上的垃圾拥过去，知道这些蜜蜂的运动情况去求卡车的前进速度。

879. 当天文学家谈及宇宙的膨胀，他们常用的名词是哈勃常数。哈勃通过分析一群较近的星系发现平均起来更远的星系离开我们的速度更快，到我们的距离两倍的星系其远离速度也是两倍。因此，宇宙（至少在我们附件）膨胀的快慢就可以由一定大小的速率来描述，当然是

对一定的距离而言。

具体地说，哈勃发现距离我们 3.26 亿光年的星系远离我们的速度是每秒 483 公里，而距离我们约 6.5 亿光年的星系远离我们的速度是每秒 966 公里（即两倍远对应两倍快）。哈勃常数通常采用公里每秒每百万秒差距（或 km/sec/mpc ）为单位。同理，它表征距离我们远时膨胀速度增大。根据上述观测数据，我们得出表征宇宙膨胀速率的哈勃常数约为 500 公里每秒每百万秒差距。

880 结果是，哈勃对宇宙膨胀速度的测量是错误的。哈勃所提出的宇宙膨胀的观点没有错。他所发现的星系距离我们越远，离我们远去的速度越快这一事实也没有错。他只是错误地测量了星系的距离，这意味着他得出的宇宙膨胀快慢的值是不正确的。现代公认的结果是，仙女座大星云距离我们 220 万光年。但哈勃当时测定的距离只比 85 万光年稍多一点，而他测量的更加遥远的星系的距离偏差更大。这一问题出在他没有正确地对仙女座大星云中造父变星使用周光关系。那以后，天文学家们修正了错误，测得了准确的距离。但这并不代表可以贬低哈勃的工作。所以生活在膨胀宇宙中这一发现仍旧是目前所作出的最有影响力的发现之一。

881 好的，那么哈勃常数的真实值——也就是宇宙膨胀的真正速度是什么呢？回答是：我们仍旧不能确定。在试图缩小哈勃常数的努力中，依旧存在很多问题。哈勃开辟了一项意义极其深远的工作：他指出了我们所生活的宇宙正在膨胀。但他所依赖的数据仅仅是从距离我们最近的少数星系中获取的。当天文学家们观察更为遥远的宇宙时，他们还会得出同样的膨胀速率吗？望远镜越早越大，底片灵敏度越来越高，最终 CCD 取代了传统底片。天文学家们可以去测量更远（同时更暗）的星系红移值了。但这只是工程的一半。为测得距离地球更远的地方的哈勃常数值，天文学家们还需要星系距离的数据。造父变星只在某一距离范围内有效。超过这个范围，最亮的造父变星也将因为过于暗淡而无法被观测到。所以，天文学家们要巧妙地换用其他手段来测量星系的距离。

882 为测量哈勃常数，人们想出了其他巧妙的方法，这些方法的目的都是为了确定更加遥远的星系的距离值。每种方法的基本思路是相同的。首先，找出一种可以在比造父变星极限距离更远的地方看到的天体。第二，在遥远的星系中找到这种天体，并测量它的亮度。第三，在距离已知的星系中找出同种天体。第四，根据遥远星系中这种天体比已知距离的星系中同种天体亮度的减弱情况计算出遥远星系的距离。聪明的办法。

所以，天文学家们着手于……

— 在其他星系中寻找明亮的 O、B 型星，并将它们在遥远星系中的视亮度与在距离已知的星系中的相比。

— 在其他的星系中观测新星，并将其峰值亮度与我们银河系和距离已知的星系中的新星做比较。

— 比较其他星系与距离已知的星系中最亮的球状星团的亮度。

— 寻找其他星系中的 Ia 型超新星，并将它们的峰值亮度与距离已知的星系中 Ia 型超新星相比。

— 比较自转值相同的遥远旋涡星系和距离已知星系间整体视亮度差别（事实上，旋涡星系中的恒星绕中心运动速度越快，星系本身就越亮）。

— 在不同的星系团中比较最为庞大的巨椭圆星系的视亮度（假设在不同星系团中这些最大的星系尺度、绝对亮度相同）。

……还有更多。这一观点使人们再一次利用不同手段成功测量了越来越遥远的星系的距离（正如梯子的一级级梯级一样）。O、B 型星比造父变星要明亮，因此它们可以在更远的距

离上被观测到。Ia 型超新星显然很明亮，所以它们的适用距离甚至还要远。如果假定星系的亮度与大小相同，整个星系因为是无数恒星的集合，所以在更遥远的距离上仍旧可见。依此类推。真是个聪明的办法。

883 尽管如此，还是有很多阻碍天文学家确定哈勃常数精确数值的因素。这些因素包括：

— 在不同的距离范围内有不同的天体充当量天尺。但在某些情况下，这些距离范围并不彼此重叠。

— 在这些距离范围相互交迭的区域，对同一星系采用不同的天体测量往往会得到不同的距离值。

— 考虑视线方向上的星际尘埃，天文学家们通常并不清楚要对测量结果做多少修正（记注，尘埃会使更遥远的天体发出的光变暗，因而使它们看起来更为遥远）。

— 当天文学家们的视线延伸得越来越远时，他们所观测的天体也变得越来越暗，因而得到的数据可信度会减小。

— 天文学家们观测的范围越来越远，也就是说他们在观测更早期的宇宙，而这些遥远星系的性质看上去与邻近星系有些差别。这反过来对先前的假设——不同距离上同一种要比较的天体实际亮度是相同的——提出了挑战。

884 因而，使用不同方法的不同天文学家所计算出的宇宙膨胀速率差别相当大。直到最近，计算出的哈勃常数数值低至 50 千米/秒·百万秒差距，高至千米/秒·百万秒差距。这之间有两倍的差异并没有将范围缩至足够小。这并不是很好的结果。

885 最近几年间，天文学家们在缩小宇宙膨胀速率的范围的努力中作出了几个重大的跨越。前不久，帕萨迪那卡内基天文台（Carnegie Observatory）的温迪·弗里德曼（Wendy Freedman）领导 20 名来自不同国家的天文学家使用哈勃太空望远镜作出了几项重大突破。由于哈勃望远镜的敏锐视力，这些天文学家可以监视远至 6000 万光年外室女星系团和较小的天炉座星系团中成员星系的造父变星。这样利用造父变星的方法得到了更好、质量更高的数据，同时也使该方法与其他距离测定法之间的重叠范围加大。这一小组得到的宇宙膨胀率在 68-78 千米/秒·百万秒差距之间。假如膨胀率是 75 千米/秒·百万秒差距，那么星系与我们的距离每远上 326 万光年，离我们远去的速率就增加 162000 哩/小时。这项研究目前仍在进行中，因此我们可以期待，在未来结果会有更大的改善。

886 由爱德温·哈勃先前的助手领导的另一研究小组得出了与之有一些差别的膨胀速率。1996 年，阿兰·桑德奇（Alan Sandage，也来自卡内基天文台）带领的另一研究组使用哈勃太空望远镜通过造父变星法测量了室女星系团中一个棒旋星系（NGC 4639）的距离。结果显示，该星系距离地球 7800 万光年，这个距离比目前用造父变星法测定的任何星系距离都要远。NGC 4639 如此吸引人的原因是，1990 年在该星系内发现了一颗 Ia 型超新星。因此，这给予桑德奇和他的小组使用造父变星和 Ia 型超新星两种方法确定 NGC 4639 的距离的机会。而由于 Ia 型超新星峰值亮度很高，它们的适用范围是造父变星的 1000 倍，所以就能够扩展距离尺度，并将其用到更远的星系上。但这样做使桑德奇及其研究组得出的宇宙膨胀速率仅有 57 千米/秒·百万秒差距——远比弗里德曼小组所得的范围要低。这项研究，这场争论，还有这些矛盾目前还在持续，它们指出了其中所涉及的工作的困难和精确性，以及科学的前进和人类的进步。

887 描绘更远的星系的距离也向我们展示了一幅宇宙三维地图。自 1980 年代开始，包括麻省萨塞州坎布里奇天体物理学中心的马格丽特·盖勒（Margaret Geller）、约翰·赫施拉（John Huchra）及同事在内的几个小组，开始了测绘宇宙的繁重工作。从那时起，人们获得了上万星系的红移值及其距离。大部分工作覆盖了天空中几块“馅饼边”状的区域。在北天，这些区域延伸到 6 亿光年以外；在南天，智利进行的一项巡天工作扩展的范围 3 倍于前。尽管我们已经巡视了大片星系，视野已经延伸到了很远，但已完成的宇宙地图与整个宇宙相比，还不如佛蒙特州之于地球的比例。在未来几年内，更多的“馅饼边”区域将被拼起，最终全天都将处于人类的审视之下。

888 如今的技术使如此大规模的巡天成为了可能。由于有了极其灵敏的成像设备——电荷耦合器件，也就是 CCD，以及其他技术的巧妙运用，天文学家可以在更短的时间内研究更多的天体。在爱德温·哈勃的时代，他经常要花费整个夜晚，甚至连续几天的时间去记录某个遥远星系的光谱。现在，天文学家们可以在短短几分钟的时间内拍摄一个乃至几十个星系的光谱。对于宇宙的巨大尺度来说，这无疑是件很好的事情。正如马格丽特·盖勒（Margaret Geller）所乐于说的：“那么多的星系……在那么短的时间里。”

889 如果你能完成庞大的宇宙拼图，它看起来将是什么样子的？这是那些真正的大问题之一。目前，尽管上述巡天计划仅仅将其中的几小块放到了合适的位置，我们已经可以看出一些显著的大尺度细节特征了。简要说来，在整个宇宙中，星系团和超星系团看起来是沿曲线排列的，这些曲线围绕起的区域大致呈圆形，里面只有很少的星系，被称作空穴（void）。简单地说，宇宙类似于一大片泡沫，而星系就排布在泡沫的表面。目前发现的一些空穴直径达到 3 亿光年以上，而每个占据可观测宇宙体积的不到 1%。

890 中国以长城为自豪，但星系间的长城却让它甘拜下风——这可不是几里的差别了。天体物理学的星系地图上最显著的特征可能就是被称为星系长城的庞大结构了。它高 2 亿光年，长 5 亿光年，在两个空穴之间形成了界限，里面存在着包括后发星系团在内的数千星系。

891 最近的其他研究将巡天的范围外延到更遥远的地方。最近开展的其他研究在某些方向上使绘制星系地图的巡天范围延伸到 40 亿光年以外。它们在十亿光年的尺度上确认了宇宙“泡沫和空穴”的结构。但在这个范围以外，星系的分布似乎更为均匀。

892 宇宙膨胀的观念认为，在过去的某个时刻，宇宙存在一个开端。如果宇宙正在膨胀，并且一般说来，星系间的相互距离越变越远，因而这暗示了在过去，星系之间的距离要比现在小。因而，如果我们追溯到足够远的过去，我们将到达宇宙从极端致密状态创生的那一刻。

893 宇宙的开端被称作大爆炸。当科学家们认识到宇宙在膨胀之后，他们“在头脑中回放宇宙影片”并去设想整个宇宙创始时那个密度极高、体积很小的状态就是很简单的了。他们将这一刻称为宇宙的诞生，也就是大爆炸。这个名字也许并不文雅，但迄今为止没有人能够想出一个更好的，哪怕是更上口的名字。

894 讨论大爆炸之前发生了什么已经超出了现代科学的范围。我们的宇宙，包括空间、物质、能量和时间，都是由大爆炸产生的。由于大爆炸之前时间并不存在，“大爆炸之前”这个说法是无意义的，与“北极以北是什么？”这个问题类似。

895 尽管被称做爆炸，大爆炸并不能看作是爆炸。大爆炸不是使物质乃至星系相互分开的爆炸。相反，它是空间的突然膨胀，并连带着其中的物质和能量。

896 我们不应该把大爆炸看作是在宇宙中某一特定位置发生的。这是个错误的观念，但想丢开它却往往很难。关键是，大爆炸并不是在宇宙中的某点发生的。整个宇宙就是一个点，在大爆炸时开始膨胀。因而，在今天的宇宙中并不存在中心，也没有一个点可以让你指着去说“大爆炸就在那里发生”。大爆炸发生在整个宇宙中，所以它在所有地方发生。

897 如果说宇宙在膨胀，它是向什么东西里膨胀的？这是个经常被问到的问题，但回答往往并不能让人们满意。实际上，宇宙并不向什么东西里面膨胀。天文学家所说的宇宙膨胀指的是空间本身的膨胀——所有组成宇宙的空间都在膨胀——就是你我以及所有星系所在的空间。在二维空间中，这就好象是所有星系都分布在一块橡皮膜的表面，而膜本身被拉得越来越大。星系之间的距离越来越远，但它们不是进入更远处一片虚空中。宇宙本身在膨胀，星系只是随之运动。换句话说，星系不是向什么空间中膨胀，而是跟随空间一起的。认识到这一点后，红移就可以更正确地被认为是宇宙本身的膨胀，而非单个星系的独自后退了。

898 这是不是意味着星系本身也在膨胀？当然不是。星系内所有的恒星、气体和尘埃是由引力束缚起来的，引力使星系保持自身的形态，不象周围空间那样进行膨胀。

899 第二次世界大战之后，一些科学家认为，直至今日大爆炸应该留下一个可探测的“标记”。1948 年，理论物理学家乔治·伽莫夫（George Gamow）、拉尔夫·阿尔弗（Ralph Alpher）

和罗伯特·赫尔曼（Robert Herman）发展出了一套相当正规的理论。它提出，如果宇宙诞生之初确实发生了大爆炸，这个极度高温的火球将产生辐射，从那时起，由于宇宙的膨胀，火球的辐射将随之膨胀到各处。而且他们还进一步预言，在膨胀中，原初火球的辐射将逐渐冷却，现在，辐射的对应温度大约是绝对零度以上的 3 度。这种辐射来自天空中的各个方向，因为它会充满整个宇宙，产生一种 *背景辐射*。这相当于宇宙的墙纸，我们和一切星系就存在于这上面。

900 科学家（以及世界上大部分地区）使用的温标和在美国普遍使用的那一种不同。在美国，常用温标是华氏温标。实际上，大多数人都习惯于此了，而我在整本书里大范围地使用了它。但在世界其他地区以及科学界，人们使用其他温标。在华氏温标中，水的冰点是 32°F ，沸点则是 212°F 。世界其他地区的人们大多数使用摄氏温标。在这种温标下，水在 0°C 结冰，在 100°C 沸腾。由于华氏温标中的冰点与沸点相隔 180 华氏度，而摄氏温标的冰点与沸点只差 100 度，我们说一摄氏度等于 1.8 华氏度。

901 开尔文温标简介，或说：你能达到的最低温度是多少？尽管看起来宇宙中没有温度的什么上限，温度的下限却是存在的。在科学的一个分支——低温学中，持续至今的实验使科学家们获得了物质的极低温度。理论和实验都有效证实了宇宙中存在绝对最低温度的事实——在这一温度下，物体内部原子尺度上的运动都停止了。这一温度相当于 -457°F ， -273°C 。由于这个温度是宇宙中绝对最低的温度，科学家们决定建立一套新的温标系统，其温度的“标尺”与摄氏温度相当，但零点是可能的最低温度——这一温度被恰当地称为 *绝对零度*，或 0 开尔文。

902 科学家认识到，实际上对来自太空的 3 开微波背景辐射的探测是宇宙诞生于大爆炸的证据（并且可能正值得为其颁发诺贝尔奖）。1965 年，贝尔实验室的阿诺·彭齐亚斯（Arno Penzias）和罗伯特·威尔逊（Robert Wilson）为寻找理论预言的背景辐射信号，建造了一架号角状天线。他们的天线在整个天空中探测到了一种低强度均匀微波辐射，这种辐射与太空中已知的任何物体、与天线本身和实验室环境都没有关系。微波来自每个地方，充满了整个空间，而它在不同波段（也就是说，它们有辐射谱）上的强度与一个温度在绝对零度以上 3 度的物体（实际上是 2.73 开）所发出的辐射精确吻合。伽莫夫、阿尔弗和赫尔曼所说的 3 开宇宙背景辐射被戏剧性地证实了，大爆炸理论也被证实了，而彭齐亚斯和威尔逊最终也获得了诺贝尔奖。

903 宇宙微波背景辐射所包含的能量要高于整个宇宙其余部分的能量之和。尽管辐射在绝对零度以上 2.73 度的温度上很微弱，只有非常灵敏的仪器才能探测到它，但宇宙背景辐射所包含的能量仍旧比宇宙中所有恒星和星系包含的要多。这是因为这种辐射遍及整个宇宙，覆盖了全天，在所有空间中都存在。相比而言，恒星和星系的辐射只涉及天空中很小的几点，而且恒星（以及它们所处的星系）相比而言的高温并不能弥补它们微小的视直径。

904 1990 年，一颗名叫 COBE 的卫星对宇宙背景辐射做了目前为止最详尽的观测。在它投入使用的最初 9 分钟里，COBE（宇宙背景探测器，*Cosmic Background Explorer*）获取的关于背景辐射——产生于宇宙大爆炸——的数据就超过了 1965 年以来彭齐亚斯、威尔逊以及其他一群天文学家所能做的一切。（这是初次使用卫星，尤其是用它在电磁波谱的某一未仔细研究过的部分以极高分辨率详查时常有的事。）COBE 在很高的精度上证实了整个宇宙在 2.735K 的温度上产生辐射，更重要的是，这种辐射在各个方向上的同一性很好，准确度高于 0.0004%。由于这种辐射就是大爆炸本身的遗迹，它在天空中分布的平滑性意味着大爆炸和早期宇宙中的出现辐射是平滑的。

905 今天的宇宙与平滑相去甚远，这成了一个谜题。我们今天所见的宇宙中充满了团块。行星是相互之间存在很少物质的团块。恒星是被巨大的气体尘埃云分开的团块。对于星系和星系团来说也是如此。然而宇宙背景辐射却是令人无法置信地平滑。那么，宇宙是如何从早期的极度平滑演化到今日的团块遍布呢？这是当代天文学几个 64000 美元的大问题之一，而在本章的结尾，我们将对此进行更多的讨论。

906 大爆炸发生在多久以前？这是对“宇宙年龄有多大”这一意义深远的问题的另一种问法。然而为了获取它的答案，我们需要先知道宇宙的膨胀率和宇宙中物质的总量。实际上，如果宇宙中的物质很多，物质产生的总引力作用就意味着宇宙年龄不必很大，如果星系之间的距

离正如今天所见这样的话。因而，宇宙相对来说就比较年轻。另一方面，如果宇宙中物质的总质量比较小，总的引力就会随之变小，星系从大爆炸开始到达今日所见的相互距离所需时间就更多。

907 那么，宇宙中物质的质量是多少呢？首先，这项工作看起来似乎很辛苦，但方法很简单。我们知道单颗恒星的质量。我们对于不同星系中恒星和星际气体尘埃的数量了解得很清楚。所以，如果我们能够获知宇宙中星系的总数，并将它们拥有的恒星、气体和尘埃的质量加在一起，我们就能得到答案了。天文学家们已经很精确地做过这项工作了，但他们所得的结果看起来太小了。实际上，如果我们把世界上所有望远镜在历次巡天中得知的所有物质加在一起，我们得到的只是宇宙中应有物质的 10%。至少，这是个很尴尬、很令人不舒服的境地。

908 为什么我们说宇宙中存在的物质要比我们所见的多？在 20 世纪 20 年代，荷兰天文学家简·奥尔特（Jan Oort）发现，根据位于银盘以上和以下的恒星运动方式，我们星系的盘中好象至少还存在比已知多 50% 的物质。70-80 年代，美国天文学家维拉·鲁宾（Vera Rubin）和她的同事对环绕银心和其他旋涡星系中心运动的恒星轨道速度进行了仔细研究。假设这些恒星如行星环绕太阳运动一样环绕星系中心运动。也就是说，距离星系中心最近的恒星运动速度最快，距离越来越远的恒星运动速度应该越来越慢。但实际上，距离星系中心几千光年乃至更远的大多数恒星运动速度几乎相同。这个奇怪的发现同样可以认为是因为星系的质量比我们可见的多 10 倍以上。这些质量中的一部分分布在星系盘上，但大多数还是位于环绕着星系的巨大星系晕中，并延伸至富含球状星团的星系晕以外。

909 星系团中星系的运动同样揭示了宇宙中的物质比我们可见的要多。对星系团的研究只是给我们添加了疑问，使问题变得更糟。如果天文学家们计算本星系团以及室女、后发等星系团中不同星系群内所见的物质——包括恒星、气体、尘埃——的数量，他们将得出一个很窘迫的结论：这些星系团不应该存在。这是因为总质量太小，产生的引力不足以维系住整个星系团，星系团早就应该分崩瓦解，将那些成员星系流散到星系际空间中。但显然，星系团依旧存在，这说明星系团中肯定还存在更多我们看不到的物质。有多少呢？对运动状况的研究表明，星系团中我们所见的物质不超过总量的 5%——并且有可能低至 1%！其他我们看不到的物质被天文学家称作“暗物质”，并被认为是宇宙“丢失的质量”中的主要部分。

910 在盖勒和其他人绘制的星系地图上，星系之间的巨大空穴中有没有可能存在暗物质？有的。也许这些空穴中缺乏发光的普通物质，但是仍被暗物质填满。我们发现的存在星系的区域可能正是宇宙早期暗物质恰好堆积的地方，这些区域能提供足够的引力使星系形成。假如在空穴中存在大量暗物质，它将为我们在宇宙发现的物质总量添加相当大的数目，从而弥补宇宙缺失质量中的相当一部分。

911 暗物质是当今天文学最深奥的谜题之一。需要注意的是，必然存在于宇宙中的暗物质并不是在银河系和其他星系中找到的不发光星际尘埃，而是一些本质上与之不同的物质。不管暗物质是什么，它构成了宇宙成分的大部分，尽管它的性质仍旧未知。简要说来，我们不仅不知道宇宙中大部分物质的确切位置，我们甚至连它们是什么都不清楚。

912 寻找暗物质：在这里，我们有了 MACHOs。人们提出了很多关于暗物质组成的观点。总的来说，目前暗物质的候选人分为两类，正式的名称分别是 WIMPs 和 MACHOs。MACHOs（MASSive Compact Halo Objects，大质量致密晕天体）都拥有的巨大质量。可能的 MACHOs 包括：

- 数以十亿的褐矮星，它们过于暗淡，距离遥远时在可见光和红外波段都将不可见。
- 数不清的单个黑洞，它们附近没有什么物质可以供其吞噬，因而它们无法被加热到可以看见的程度。还有：
- 无数的黑矮星（白矮星温度降低，最终变冷后留下的）。

913 在这里，我们还有 WIMPs。名称中有“大质量”字眼的 WIMPs，全称是弱相互作用大质量粒子（Weak Interaction Massive Particles）。它们可能是以下候选者之一：

- 一种或几种尚未被发现的亚原子粒子，或是：
- 已知的粒子，但质量要比目前我们所认为的更大。

第二组可能的候选者特别是指一族很小的粒子——*中微子*。长时间以来，中微子被认为是没有质量的，但如果它们被证实拥有质量，哪怕是很小的一点，总质量将是巨大的，因为宇宙中四处充斥着中微子。

然而天文学家们认为，太空中很可能充满了许多种 **WIMPs**，而且缺失的质量中大多数应该是由 **WIMPs** 中的一组或几种组成的。**WIMPs** 不仅存在于星系之内，而且还环绕着星系分布，很有可能的是，它们充填着星系之间的巨大空穴。

914 宇宙最终的命运将是三种可能性中的一种。一，宇宙将永远膨胀下去。天文学家称这样的宇宙为 *开宇宙*。二，将来某一天宇宙将停止膨胀，并转而收缩。天文学家们称其为 *闭宇宙*。第三种是，宇宙将永远膨胀下去，但膨胀的速率将越来越慢，也就是在经过无限长的时间之后，宇宙将停止膨胀——换句话说，宇宙的膨胀趋于停止，但要实际停止需花费的时间是无穷的。这第三种情况也就是天文学家所说的 *临界开宇宙*。

915 宇宙的结局将是火或者冰。如果我们的宇宙是开宇宙或临界开宇宙，在最后一颗恒星和最后一个星系熄灭之后它将依旧膨胀下去——直到宇宙中只剩下燃尽的灰烬，灰烬之间的距离将越来越大。这样的宇宙将在最终的 **严寒 (Big Chill)** 中结尾。但如果我们的宇宙是闭的，将来的某天它将开始收缩，密度越来越高，温度越来越热——最终，大挤压 (**Big Crunch**) 将会发生。在开宇宙或临界开宇宙中，时空将永远存在。在闭宇宙中，时空是有终结的。

916 大挤压能通向新一次大爆炸吗？也许吧。另一种有趣的可能性是：收缩的宇宙会变得极端的热而密，在最后足以抗拒引力的作用，导致 **大反弹 (Big Bounce)** 发生。因而，这带来了一种新的可能性：有着无限多开端的循环 *振荡宇宙*。在这样的宇宙中，学术上来说时间没有起源。时间和空间将永远存在。

917 我们究竟处在哪一种宇宙中是由宇宙中物质的多少决定的。为将这一说法形象化，让我们来设想一个“思想实验”。来自地球上各地方的一群人将在同一时刻以同样大小的力向天空中投掷小球。我们在太空中某点向地球上看。在数到 3 的时候，每个人都向天空中扔一个球，每个球上升到一定高度后停止，并落回地面。但现在，我们假设我们可以神奇地改变地球的质量并再次进行这个实验。我们将地球质量减小，仍旧是数到三。这次，球在停止上升并落回地球之前达到的高度更高，这是因为地球的质量变小了，因而它对球所提供的引力也小了。如果我们能将地球的质量减小得足够多，球就会飞向太空，不再落回地球。这与膨胀宇宙之间存在类似性。星系相当于小球，它们所带有的质量（包括暗物质的质量）会产生一定大小的引力。宇宙的总质量越大（也就是 *密度越高*），我们生活在 *闭宇宙* 中的可能性也就越大。*密度越低*，星系越有可能永远地相互分离，我们所得的也就 *开宇宙*。而某个不大不小的临界密度值将正好得到 *临界宇宙*。

918 宇宙中物质的密度同样对它的形状有影响。有质量的物体会使它附近的空间（还有时间）弯曲。这是爱因斯坦广义相对论作出的一个已经被证实的预言。由这个思想出发，爱因斯坦和其他人进一步将这一观点应用到整个宇宙。实际上，宇宙的总质量——更确切地说，是宇宙的平均密度——决定了整个宇宙中空间弯曲的程度，进而决定了宇宙的整体形状。如果宇宙的平均密度 *大于临界密度*，引力将足够强——也就是说，空间被弯曲得足够多——实际上 *自身弯曲*，将宇宙 *封闭* 起来。因而就有了 *封闭宇宙* 这一术语。这样的宇宙也可以说是会反弹的有限宇宙，但你无法到达它的边缘，因为它根本就没有边。三维情况是很难想象的，但对于二维空间我们可以找到类似的事物。设想宇宙是一个气球，星系是气球上的小点。如果我们被限制在气球表面上运动，我们可以在整个宇宙中从一个星系到达另一个星系，而且永远也走不到边。这样的宇宙同样也没有中心，因为在二维世界中生存的我们不能看到气球的中心——只能看到它的表面。（然而如果我们能够沿自己认为的直线走得足够远，我们将惊奇地发现又回到了我们出发的地方。）相反，如果宇宙密度比临界值小，它就是开宇宙。也就是说，它不会向自身弯曲，而是开放、无限的。

919 我们生活的宇宙是开放的、封闭的还是临界开放的取决于 2 个因素：宇宙中物质的总量和膨胀的速率。如果我们假定哈勃常数（宇宙膨胀的速率）是 75 千米/秒·百万秒差距，并将宇宙中可见物质加在一起，我们得到的值相当于封闭宇宙所需质量的 1%。在这样的条件下，宇宙是开放的，将永远膨胀，并终于酷寒。但我们知道，对恒星和星系运动的研究表明，我们只能看到所有物质的百分之几。如果我们再加上所有已知的暗物质，并且依旧默认哈勃常数是 75 千米/秒·百万秒差距，我们的结果仍不能使宇宙封闭，但估计接近构造介于封闭和开放之间的宇宙所需要的质量。不过，目前最好的数据仍表明我们生活在开放宇宙中。

920 根据哈勃常数的不确定性和宇宙中物质的总量，近来对宇宙年龄的最佳估计是 100-140 亿年。也就是说，现在距离大爆炸已经有 100-140 亿年了。但如果你带着这个问题去问 12 个天文学家，他们会给你 12 个答案。

921 还有测量宇宙年龄的另一种途径。试图测定宇宙年龄的另一种途径很方便，它放弃了所有的红移值、星系数目和星系距离的测量。它从另一种完全不同的角度看待这个问题，以图回答“宇宙中最老的恒星有多老？”不管怎么说，宇宙至少要比最老的恒星老一些。球状星团中含有一些最老的恒星，那么如果我们能够绘制出它们的赫罗图，并应用我们已知的关于这些恒星演化的知识，我们就能确定它们的年龄，并获得宇宙本身年龄的下限。

922 我们得到的最老恒星的年龄有点烦人。关于这个问题的结果有些不大一致，但总的来说，大多数天文学家得出星团中最古老的恒星年龄在 130-170 亿年之间。如你所见，这样获得的数值与从星系的数据推出的结果有交迭的区域——但并不大。如果哈勃常数实际上要比 75 千米/秒·百万秒差距小并且宇宙是开放的，宇宙的年龄将短于 130 亿年。由于宇宙中的恒星不能老于宇宙本身，我们有必要重新思考关于恒星演化的理论。反过来说，如果宇宙是临界开放的，而球状星团拥有年龄在 160-170 亿年范围内的恒星，哈勃常数必须低至 50 千米/秒·百万秒——这在目前认为的最准确范围之外。停下来调整调整吧（Stay tuned）。

923 今天许多理论家更倾向于临界开放宇宙。在临界密度以下的任何密度值都将带来永远膨胀的开放宇宙结果。宇宙密度比临界值高一点点，都会使宇宙封闭，在大挤压中终结。只有一个密度值对应临界开放宇宙——一个在封闭与永远开放间取得精确平衡的宇宙。一般来说，人们不会认为自然会精确地取合适的密度值，但某些科学家相信，自然就是如此精确地做了。

924 宇宙膨胀的速率并非常数。不论宇宙是开放的还是封闭的，星系（就好像是被扔到天空中的小球）今天相互分离的速度与以前的不同。因而，我们在通过测量越来越远的星系的红移确定宇宙年龄时应该注意这一点。平均说来，更远的星系离我们远去的速度是比近些的星系快吗？答案看上去是这样的，但目前所获取的数据并没有精确到能够告诉我们在距离多远的地方速度快多少。由于非常遥远的星系非常黯淡，同样存在在短时间内无法获得清晰的光谱，以及获得如此远的星系距离数据的方法有很大不确定性的问题。由于望远镜和探测器的灵敏度越来越高，这种状况将会改变。但现在，我们只能尝试着去使用其他手段获取宇宙的年龄和密度。

925 哈勃空间望远镜观测了迄今所见最遥远的星系。1996 年，天文学家利用哈勃空间望远镜去搜寻从未观测过的更遥远天区中存在的星系。这项研究被称作哈勃深空研究，覆盖的天区在北斗附近，直径只及满月的 1/13。观测发现了此前从没有被任何望远镜发现过的星系。其中的一些暗至 30 等（也就是比肉眼可见最暗的恒星还要暗 40 亿倍，比先前地基望远镜所观测到的最暗星系暗 10 倍）。

926 哈勃深空的图象也使我们可以看到更久以前星系情况。我们在太空中探查，也是在时间中回溯（实际上是在观看在宇宙中连续不断的“层”，也就是宇宙历史上连续的时代），深空研究使天文学家们可以将在宇宙早期（早至 100 亿年前，也许就在大爆炸之后不到 10 亿年）各时代中的星系与在临近的历史中星系相比较。通过比较哈勃拍摄的照片中距离不同的星系，天文学家们了解了星系是如何演化的，特别是星系从诞生那一刻直到今日它们的颜色、大小和类型的变化。简短地说，他们了解了关于宇宙自身演化的更多线索。

927 哈勃深空区的研究尽管只涉及天空的很小一块区域，但人们期待它告诉我们很多东西。尽管在几亿光年范围内的星系 3 维地图显示星系的分布有很大变化（“气泡和空穴”），对更

远的区域的巡天却显示这以外宇宙是平滑的。由于这个以及其他的原因，包括宇宙背景辐射的高度各向同性，天文学家们确信，在深空区的距离上，宇宙在各方向上看起来都应该是相同的。因而他们认为，他们可以将宇宙中这一小块区域所作的深空区研究（某种“突破口”研究）扩展到整个早期宇宙上。

928 哈勃望远镜展现给人们早期宇宙中各种令人迷惑的怪异星系类型。对深空区的研究仍在进行中，但早期结果显示，在大爆炸之后 10 亿年左右的时候，宇宙中的星系比今日所见的更多（可能多至 10 倍），而这中间不规则星系的比例比今天更大。实际上，过去比现在有更多的不规则星系。而如果过去的星系数目更多，特别是当时的星系比现在的要小，这意味着过去星系之间的距离更短。如果它们相距更近，星系之间会有更多的碰撞事件发生，因而产生了更多不规则星系。更进一步，早期频繁的碰撞也使一些星系吞噬了同类，在长时间范围内就减少了星系的总数。

929 哈勃深空研究同样帮助我们改进了对宇宙距离尺度的认识，从而改善了对哈勃常数的测量。正如我们所见，寻找宇宙膨胀速率的一个挑战是精确地测量更遥远的星系的距离。而天文学家们已经使用的一些巧妙办法需要比较类似星系的视尺度和颜色。例如，他们可以先假定如果一个巨椭圆星系看上去是另一个的一半大，他们就可以说小的那个比大的那个距离我们远 2 倍。但如果随着时间的推移，星系在逐渐改变着它们的外观（从而改变了它们的亮度），我们就必须清楚，这些变化是如何发生的，并在测量距离时要考虑这些因素。为帮助天文学家做这些，深空区研究将有很长的路要走。

930 哈勃深空研究能让我们看到足够长的时间以前吗？哈勃深空研究允许我们看到大爆炸以后 10 亿年左右的时候——在第一批星系形成之后不久。但它可以看到更久以前宇宙演化的更早期状态。实际上，我们已经这样做了。有一种辐射将我们带到了比这更早的时代，那时候星系还没有形成。这种辐射就是来自大爆炸本身的 3 开微波背景辐射。

931 观测 3 开宇宙背景辐射是在观测大爆炸发生的那一刻吗？不。宇宙背景辐射允许我们观测到的最早时间比在哈勃深空区中最遥远的星系所允许的早几亿年，但这已是 大爆炸发生几十亿年之后。我们不能再看到更早的宇宙了，因为我们的望远镜不能穿透辐射的“边缘”。在边缘以外各方向所见的象是类似均匀的浓“雾”。（我们将在以后解释为什么有这层“雾”，以及它到底是什么东西。）

932 借助其他仪器，科学家可以穿透这层辐射的帐幕，追溯创世的那一刻。颇具讽刺意味的是，尽管我们不能看到大爆炸发生后几十万年间的情况，科学家们现在相信，他们已经对大爆炸后几分之一秒内发生的事情了如指掌了。为做到这一点所使用的仪器不是什么新型超级望远镜，而是目前的超级对撞机，也就是**高速原子加速器**。在这些设备中，原子和亚原子粒子以接近光速相互碰撞，在这短短的一刻里，科学家可以模拟宇宙早期的高温。然而在我们探索宇宙创生之初那一刻之前，我们需要再了解一些关于力、物质和能量的知识。

933 宇宙中存在四种力。与 Luke 天行者和 Darth Vader 不同，支配整个宇宙的有四种——而且只有四种作用力。其中之一是**引力相互作用**，或说**引力**。所有有质量的物体都能在它们周围产生引力场，一直延伸到宇宙的边缘。引力遵循**平方反比定律**。简单说来，如果将你与某物体的距离扩大到原来的 2 倍，你所受的引力将是原来的 1/4。将距离变为原先的 3 倍，引力则只有原来的 1/9，依此类推。通常，若要产生强大的引力作用，需要很大的质量，但如果向足够小的空间中塞入足够多的物质，引力将战胜宇宙中一切的力——就象黑洞形成过程所显示的那样。

第二种力被称作**电磁力**。这是在干燥的天气中使布料相互紧贴或头发“飞起”的力。它也是磁铁产生的力。与引力不同，电磁力不仅可以使物体相互吸引，还可以产生排斥作用。但电磁力象引力那样，也遵循平方反比定律，但日常经验告诉我们，电磁力远远强于引力。（你可以用电冰箱中的一小块磁铁去吸引钉子的方法简单地演示它，钉子抗拒了整个地球的引力，向上跳起，吸在磁铁上。）

第三种力是**弱力**。这种力作用在原子核中，与**放射性衰变**（某些原子自发变成其他原子）过程有关。

第四种力叫做强^力，或核^力，它使原子核结合在一起。这是一种非常强的极短程吸引力（就如原子核的尺度一样），但在长程上变成了排斥力。

934 1800 年代，两种当时认为是不同的力被统一起来了。英国科学家詹姆斯·克拉克·麦克斯韦证明，电力和磁力实际上是一种力。用物理学的语言来说，这些力是耦合的。这时，问题出现了：宇宙中其他的力有没有可能在某条件下就耦合起来，成为一种形式的力呢？爱因斯坦在他的晚年花费了很多时间去追寻这样一种大统一理论。经历了多年的工作，他仍旧失败了，但在世界各地的很多大学中，这项工作仍在继续，而其中相当的内容仍在吸引科学家们凭借对撞机实验得到的科学数据进行着探测时间开端的“思想之旅”。

935 大爆炸之后最初 0.00001 秒内，宇宙处于纯能量的状态。直到大爆炸后的 0.00001 秒，宇宙的温度仍在数万亿度——这个温度高到使宇宙只是一片闪烁的辐射海洋。这时没有物质存在。突然，宇宙冷却到足够的温度，第一种亚原子粒子诞生了——这些粒子最终形成了原子的基本组成部分：质子、中子和电子。同时，这些粒子的反物质粒子也形成了，并在明亮的伽马射线闪光中互相湮灭。物质粒子的数目多于对应反物质粒子的数目，最终留下的物质就形成了今日所见的宇宙。

936 大爆炸后大约 3 分钟，第一个原子核形成了。这时，宇宙冷却到了几百亿度——足以让质子和中子结合形成最初的原子核了。氢和氦的同位素形成了，更复杂的锂原子也形成了。但在下 12 分钟内，宇宙的温度降到了自然发生核聚变反应的临界温度以下，因此这个过程停止了。所以，早期的宇宙只由 3 种元素组成。其余 89 种天然元素，所有的碳、氧、铁、铀和其他的一切，直到数十亿年后才在恒星的核心区域和超新星爆发的烈火中产生。

937 大爆炸后约几十万年，第一批的稳定原子形成了。到这时，宇宙的温度降低到了 3000 至 4000 度之间。先前，电子能不时地落到环绕原子核的轨道上，但周围强烈的辐射却让它们很快就离开轨道，重新回到自由状态。现在，自由电子可以一直留在稳定轨道上了，第一批原子也就形成了。由于这种情况，其他一些重要的事件也开始发生了。随着越来越多的电子从自由空间落到了绕核轨道上，辐射将不再象原来那样受限制而必须不时地改变方向，就好象辐射被自由电子所宽恕了一样。相反，辐射可以在某种程度上不受限制地从一个地方传播到另一个地方。直到现在仍由辐射占据主导的宇宙开始变得透明了。这也就是我们今天遥望宇宙时只能回溯到辐射之“雾”开始消散之时的原因。

938 大爆炸之后几十亿年，宇宙的大尺度结构形成了，类星体明亮地闪耀着，而最早的星系也诞生了。这些星系可能就是哈勃望远镜观测到的最远的星系之一。它们似乎形成于暗物质更为集中的区域附近，这里在可见物质聚集的过程中，引力发挥了催化剂的作用。这就把我们带入了先前已经讲过的时代中。

939 我们能不能回溯到大爆炸发生后 0.00001 秒之前的时候？可以。但在我们这样做之前，我们需要先了解关于科学记数法的一些东西。这是一种简化很大或很小的数字的书写方法。

由于我们在早期宇宙中遇到的数值不是很大就是很小，这样一种记数法就是顺理成章的了。科学记数法的基本写法是将数字写成它的“10 的乘幂”，也就是记录得到它需要 10 自乘多少遍。例如，100 这个数等于 10×10 ，即 10^2 ，也就是 10 的“自乘 2 次”，或说 2 次幂。类似地，1000 是 $10 \times 10 \times 10$ ，也就是 10^3 ，即是将 10 “自乘 3 次”，3 次幂。注意，10 的乘幂次数等于一般记法下 1 后面 0 的数目。到现在为止，看起来似乎直接写 100 或 1000 更为方便些。但对于 1000 兆这个数呢？我们可以把它全部书写出来，也就是 1000000000000000，或干脆写成 10^{15} ，也就是说 1 后面有 15 个 0。在宇宙中，还存在有更大的数。所以使用科学记数法可以节省更多的时间和笔墨。其他数字也可以用科学记数法表示，如 2000 可以简写为 2×10^3 。

类似地，很小的数字也可以用科学记数法表示。例如， $1/10$ 可以写作 10^{-1} ，也就是“10 的-1 次方”； $1/100$ 就是 10^{-2} ， $1/1000$ 变成了 10^{-3} ；依此类推。同样，幂次数等于 0 的个数。而 $2/1000$ 也就表示成了 2×10^{-3} 。这就是科学记数法的全部。现在，你已经掌握了它，你可以坐上终极“时光回溯机”了。

大爆炸之后 0.00001 秒，最早的亚原子粒子形成并且稳定了。为探索更早的时候，我们来到

了一个纯能量的宇宙，而四种基本作用力也逐渐丧失了自己的属性。在大爆炸后的一千亿分之一（也就是 $1/1000000000000$ ，或 0.000000000001 ）秒，宇宙的温度是 20000 兆（也就是 20000000000000000）华氏度。（使用科学记数法，这只要写成大爆炸后 10^{-11} 秒，宇宙的温度是 2×10^{16} 华氏度。）在这样的高温下，电磁力和弱力统一成了一种力。也就是说，它们之间是不可辨别的。物理学家说，它们相互耦合了，而自然界也变得更简洁，更统一了。

940 大爆炸后的 10^{-35} 秒，强（或核）力也耦合了。在这一刻，宇宙的温度达到了不可思议的 2×10^{28} 度。此时，强力与电磁力和弱力耦合。宇宙中只有两种力了。

941 为了解这时候的宇宙，你必须要有 GUTs。把我们带到宇宙极早期状态的理论叫做大统一理论（Grand Unification Theories），简称 GUTs。它之所以是复数形式，是因为在过去的几十年间提出了几种理论。其中的一些在描述早期宇宙和宇宙如何演化到今天这个状态时表现得非常好，但有些不是。

942 追溯离大爆炸更近的一刻需要终极理论（Theory of Everything）。大爆炸后 10^{-43} 秒，引力，最后一种没有被统一的力，也最终与其他力耦合了。现在，支配整个宇宙的只有一种力了——此时的宇宙比单个原子的原子核还要小，温度高于 10^{33} 度。但现在，我们的旅途必须要终止了。探索更早的时刻需要新的理论——一种解释微观世界引力本性的理论，也就是量子引力。科学家把这样的理论称作终极理论，而直到现在，人们还没有发现它。也许某一天，我们将拥有这样一个理论，那时我们将明白宇宙在大爆炸那一刻究竟发生了什么。

943 某些 GUTs 理论还帮助人们解决了 20 世纪 70 年代没有涉及过的一些丑陋的宇宙学问题。20 世纪 70 年代，当宇宙学家们尝试着去解释早期宇宙演化的时候，他们被早期大爆炸理论所不能解释的 3 个问题所困扰。第一个问题是视界问题；第二个是平坦性问题；第三个叫物质-反物质问题。视界问题（也可以叫平滑性问题）与早期平滑的宇宙如何演化成今天物质分布不均匀的宇宙有关。平坦性问题涉及早期宇宙的密度与如今相比是如何的。简单说来，如果早期宇宙的密度哪怕只偏离临界密度——对应临界开放宇宙——很小的一点，宇宙要么就在很久以前收缩，要么很快就变稀薄，而星系至今仍不会形成。物质-反物质问题是说，虽然物质和反物质都是由早期宇宙中的能量形成的，但今天的宇宙却是物质宇宙。那么，为什么自然界使其中一种粒子比另一种数量多呢？

944 也许暴涨对于经济来说是不妙的，但它似乎曾经是让宇宙恰当演化的必要条件。20 世纪 80 年代，斯坦福大学的天文学家阿兰·古斯（Alan Guth）发现，只要大爆炸后 10^{-35} 秒到 10^{-32} 秒内宇宙的膨胀速度发生了迅速的变化，当时的许多 GUTs 理论实际上包含了对上述问题的解答。如果在这段很短的暴涨期内宇宙的体积每 10^{-34} 秒就增加一倍，从一个质子大小增大到垒球那么大（在一秒的如此小部分里增加了 10^{50} 倍！），平滑性和平坦性问题都将不复存在。

平滑性问题从某种意义上说是一个信息交换问题。实际上，宇宙开始时是十分平滑的。但对于在早期宇宙的晚些时候各部分彼此交换平滑性信息来说，今天所见的宇宙似乎太大了。在暴涨过程中，早期宇宙以极快的速度膨胀，这样的信息交换将无法发生，因此“平滑性的信息”将无法在以后的演化中被传输。

暴涨理论是很有用的，因为它实质上是说，暴涨前的临界密度将在暴涨后传布到整个宇宙中去。就好象蚂蚁会认为一个 10 英尺大小的气球要比 1 英寸的气球平坦，暴涨后的宇宙要比之前的来得平坦。

945 为什么早期宇宙中物质创造得比反物质更多？在很多情况下，自然界似乎更钟情于对称。但在早期宇宙创造物质和反物质时，这看来并不正确。现在，我们生活在几乎全由物质组成的宇宙中。然而，自然界也许一开始是希望创造同样多的物质和反物质。某些 GUTs 理论如此巧妙地解决了这一问题。在最初创造物质和反物质的时候，这些粒子中的大多数都以 X 玻色子和反 X 玻色子的形式存在。但如果象某些 GUTs 理论所预计的那样，X 玻色子更加不稳定，这些粒子将在 X 玻色子和反 X 玻色子湮灭之前衰变成质子。剩下的物质粒子就最终形成了我们今天的物质宇宙。

946 尽管 COBE 的数据显示，宇宙背景辐射是很平滑的，但同样它也显示，辐射并非完全

平滑，这使宇宙学家们松了一口气。事实上，对早期对宇宙背景辐射的测量表明，它是非常平滑的——也就是说，在所有方向上的温度近乎一致——这给我们带来了一个问题，因为今天我们生活的宇宙是不均匀的。COBE 搭载的仪器灵敏度足以探测出背景辐射温度的非常非常小的差别——小至 1700 万分之一开的差别。这样的差别不大，但天文学家们对此很是欢迎，这是因为它们表示了早期宇宙中不同区域微小的密度差异——不知何故，这些差异最终演化成了今日所见大尺度结构的不均匀。天文学家正是想凭借这样小的密度差异来解释“气泡和空穴”的形成机理，以及星系和星系团在大爆炸后 10 亿年开始形成的原因。这并不是容易的事，但他们将努力去尝试。

947 小小的 WIMPs 可能在产生宇宙整体结构的过程中发挥了重要的作用。一般认为，某种形式的 WIMPs 不仅仅是星系晕和星系团中暗物质最主要的组成成分，它们指示了宇宙大尺度“气泡和空穴”结构的形成。记住，WIMPs 中的 WI 代表的是弱相互作用。这种性质说明了这些粒子如此难以寻找的原因（因为它们与空间中的普通物质和我们的探测器之间都没有什么相互作用），也表明了早期宇宙中它们与普通物质不同，和辐射之间也没有什么作用。换句话说，在这些粒子诞生后，它们的行动并没有被辐射所阻碍，它们可以带着自身分布（它们在宇宙中的密度起伏）的信息迅速地穿越整个宇宙。那时起，这些密度差异就成了宇宙的蓝图，最后它们周围聚集的普通物质形成了富含恒星的明亮星系团。

948 科学家将暗物质分成“冷”和“热”暗物质两类。WIMPs 一词中的 M 代表“大质量”，意味着这些粒子按亚原子的标准来看质量较大。宇宙学家将这种暗物质称作冷暗物质。除 WIMPs 外，其他弱相互作用的粒子也被认为是暗物质的部分或全部候选人。这些粒子（包括中微子，如果中微子被证实有质量的话）的质量比 WIMPs 的质量小得多，被称为热暗物质。冷与热只是代表了与候选粒子的平均速度，这是因为速度通常是温度的函数。

949 GUTs 理论在不同程度上包容了冷和热暗物质。在超级计算机模拟中，大多数 GUTs 理论都在使用热暗物质模仿宇宙大尺度结构的方面取得了成功，但在模拟星系或星系团形成时遇到了一些麻烦。相比而言，使用冷暗物质在模拟宇宙大尺度结构和单个星系两方面都更加成功。但没有什么模型是完美的，而冷暗物质模型取得的较大成功也并非它是正确的一个证据。前面还有观测天文学家和理论家的更多工作要做。

950 未来将是怎样的？在宇宙学的很多前沿领域，随着获取更精确的星系距离和红移数据，以及对暗物质分布、数量和组成的更仔细研究，进展还会继续。数据越精，计算结果和结论就越准确。新一代的望远镜和探测仪器将加快工作的进展速度，许多天文学家期待着在十或二十年后，我们将以低于 5% 的误差认识宇宙的年龄，而我们对宇宙终极命运的认识也会更加准确。理论家将继续致力于寻找终极理论，以帮助我们了解创世的那一刻，并构造出整个宇宙演化的大统一模型。那将是个有趣的时代。

第十五章 寻找地外文明，我们是孤独的吗？

951 **寻找地外生命，尤其是智慧生命，是人类很自然的追求。**在人们仰望天空，对着星辰沉思的时候，也许最自然的事情就是思索我们是不是宇宙中唯一这样做的生命。驱使我们的这种力量与驱使我们生活在岩洞中的祖先寻找山的那边，河的对岸，乃至海的那侧究竟有什么的力量是相同的。这是使人类成为人类的力量。对这个问题的回答将使我们前进一步，超越前人的思想所到达的领域。

952 **尝试估计地外文明存在的可能性并将它们找到的指导原则是：寻找能够让地球生命诞生的必要条件。**然后在整个宇宙中寻找这样的条件。如果这样的条件很普遍，那么生命也是很普遍的。如果这些条件很稀少，生命也可能是罕见的。

953 **当地球上诞生了最早的生命后，这颗行星就变得大不相同了。**大多数科学家认为，地球上的生命起源于海洋，起源于热带浅池塘，起源于潮湿的泥土。但那时地球大气中的氧气含量没有今天这样高。实际上，现在对人类和大多数地球生命来说所必须的氧气在当时是几乎不存在的。相反，地球最初的大气是在几百万年间从大量火山口喷发出的二氧化碳、一氧化碳、氨、甲烷和其他有毒气体的混合物。

954 **地球生命从最初的形式演化成智人的过程是漫长而又充满偶然性的。**地球上最早的“生物形式”仅仅是长串螺旋形的分子，它们不知为何可以进行自我复制。它们最初在周围的海水中发现了丰富的食物：用于复制的新分子。但我们这个星球上的食物供给终究会被耗尽，生命将在严重的饥饿中终结。但在这之前，生物发生了一些意料之外的随机变化——变异，某些生物获得了通过更丰富、更持久的来源——阳光——合成食物的能力。原始的植物诞生了。在这个光合作用的过程中，植物释放出一种叫做氧气的废料。氧气长期从海面上升起，改变了地球大气的组分，为更高级的生命产生铺平了道路。数不清的物种演化出来了。其中一些进行着有益的变异，继续进化。另一些则是因为出现了不利变异，或是由于不适应气候和食物的改变而灭绝了。6500 万年前，也许是由于地球与一颗小行星相撞，恐龙在统治地球 2 亿年后消失了。从那以后，自然才给一种看起来象是老鼠的小生物提供了进化到智人——一个最终将仰望星空，不断发问，并为回答这些问题建造工具的物种——的机会。

955 **自然会自我重复吗？**尽管存在数以百万的变异，还有让原初生命进化到人的种种机会，大多数生物学家认为自然更有可能自我重复，哪怕是在数十亿（如果不是数万亿）行星中的另一个不同的原始地球上。

956 **在我们的太阳系中，似乎只有地球适合生命存在。**一些行星适合生命存在但另一些不是。生命能够发展的必要条件可能是液态水——一种能让生命在其中自如运动，以寻找食物和同类的中性流体介质。是的，如今地球上的生命是顽强的，分布的环境从极地冰原到沸腾的温泉到富含硫磺的火山口。但生命起源于水，只是通过日后的变异适应了环境。当我们巡视太阳系的时候，我们发现目前似乎只有地球上存在生命。实际上，除了火星可能是个例外，其他行星和卫星的环境也许是一直如此恶劣的。

957 **合乎逻辑的是，在环绕其他恒星的行星上，生命也是罕见的。**有的行星可能没有足够的质量（因而没有足够强的引力）去维持大气的存在。另一些可能距离恒星太近了，上面的液体水和有机分子将无法存在。还有一些距离恒星过远，所以上面的温度太低，液体水将永远无法在上面存在。

958 但生命并不仅仅依赖于水——……其他因素也决定了行星上生命的存在与否。这些因素包括行星的自转轴倾角，以及它本身的自转速度。倾角越大，行星上的季节变化就越频繁，而大偏心率的椭圆轨道同样也会造成行星上温度和气候的巨大差异，因为这种情况下行星距离中央恒星的距离在它一年的时间里变化很大。最后，一颗自转很慢的行星——或相反的情形——将有很大的昼夜温差。所有这些因素不会完全排除生命的存在，但它们会降低生命存在的可能性。

959 我们能看到环绕其他恒星运行的行星（地外行星）吗？到现在为止，回答是否定的。问题来自两个方面。第一，恒星比环绕它运行的行星明亮得多。恒星发出的光要比行星反射的亮几百万倍。试图去发现其他恒星周围的行星就好像是在直射人眼的探照灯光束中寻找一只环绕它飞行的萤火虫。第二个问题是，尽管行星距离恒星有几百万乃至上亿千米的距离，在地球上看来它们仍旧是与恒星重叠的。

960 不过在不远的将来，我们也许真的能拍到地外行星的照片。使用光学干涉和自适应光学等技术，天文学家们希望能在不久就改善望远镜的“视力”，以真正获取地外行星的照片。另一个希望是，可以在红外线（也就是热量）波段进行搜寻。尽管恒星通常要比行星亮上几百万倍，它只比行星热几百倍。所以在红外波段观测的星光并没有完全压过行星。

961 天文学家们使用其他手段来寻找地外行星。从双星系统中的暗伴星能够使它们的同伴在天空中摇晃这一点得到启发，天文学家们着手去寻找更小的晃动，这样的晃动揭示了更小质量物体——也就是行星——的存在。从 20 世纪 60 年代到 80 年代，几座天文台报告说，他们发现了这样的小摇摆，并兴奋地宣称发现了环绕邻近的恒星（包括巴纳德星）的行星。但在所有这些事件中，其他天文台的天文学家没有发现同样的结果（在科学界这是基本的过程）。摆动是由于维护工作使望远镜的透镜或镜面发生位置的变化，以及天文台内温度变化，还有照相底片和测量元件造成的。所有这些原因可以导致图象上星象的位置发生微小改变。一段时间以后，天文学家宣称在其他恒星周围发现行星，几乎被看作与那个喊“狼来了”的孩子一样。

962 最后，在 90 年代，地外行星终于被成功找到了。这项技术依旧来自对双星的研究。通过检测恒星的光谱，天文学家可以判断出望远镜中所见的单个恒星实际上是不是双星。如果光谱由于多普勒效应而发生周期性移动。其他的恒星就是存在的。在一颗星远亮于另一颗的双星系统中，只能看到亮星的光谱。但另一颗星也可以被发现，因为它的引力作用在伴星上，使伴星光谱前后振荡。1995 年，日内瓦天文台的 2 位天文学家使用这项技术发现了环绕飞马座 51 运动的行星。这颗肉眼可见的恒星与太阳几乎相同，位于 40 光年以外。在随后一段时间中，其他天文台的天文学家也证实了这一点。这次，结果是真实的了。

963 飞马座 51 的行星让人们非常惊异。根据飞马座 51 光谱线的振荡周期和振荡幅度，天文学家可以推知行星的质量和公转周期。行星的质量与木星相当，但只需 4.22 天就环绕恒星一周，轨道半径是 4 百万哩——比水星距离太阳还要近 8 倍。

964 飞马座 51 的行星发现后不久，人们在其他恒星周围也发现了行星。不到一个月之后，一组美国的天文学家宣布在室女座 70 周围发现了一颗拥有 6.4 倍木星质量的巨大行星。该行星在距离恒星 4700 万哩（相当于日地的一半）的地方绕恒星运行。不久，环绕其他恒星的行星也被发现了，包括在只有 4 百万哩的距离上环绕黄色的 HR 5185 运行的行星，它的质量是木星的 4 倍。

965 距离恒星如此近的大质量行星需要人们重新思考一些旧有理论。直到这些发现之前，大多数天文学家认为，我们太阳系中小的类地行星距离太阳近，而巨大的类木行星距离远是很容易解释的。人们认为太阳在演化过程中发射出的热量将内行星的原始大气吹走，而留下了形成于温度更低的外围区域的外行星深层大气。但这里，巨行星距离恒星的距离比地球近得多；在某些情况下比水星还要近。显然，重新思考是有必要的。

966 这些新发现的行星是什么样的？目前我们所知道的一切是这些行星的大致质量，以及它们环绕恒星运动的轨道半径。我们还知道它们必然是高温的，因为它们的轨道离恒星是如此之近。实际上，环绕飞马座 51 和 HR 5185 的行星表面温度高达 2000 华氏度——比生命能存在的温度值高多了。

967 难道其他恒星周围只有超大质量行星吗？目前为止在其他恒星周围发现的行星质量范围在 0.5 到 6 个以上木星质量之间。那里难道没有小的类地行星吗？也许有的。只是我们用来寻找地外行星的手段更容易找到距离中心星很近的大质量行星。一般说来，行星质量越大，离恒星越近，恒星光谱中的多普勒位移也就越明显。而且，行星距离恒星的距离越近，它的轨道周期就越短，换句话说，可以供天文学家观测辨别的恒星光谱线中位移周期就越短。随着时间的推移，更多的数据会被采集，而仪器也将更为灵敏，地外类地行星的发现也是会有。最终，可能能够做到检测这些行星光谱线中氧——可能是生命存在的信号——的任何重要迹象。

968 只有某些恒星能够拥有适合生命存在的行星。当然，类太阳恒星是很好的候选人，因为……我们的存在。但很多其他类型的恒星尽管拥有行星，可能也并不适合生命的存在。例如 O、B 型星在演化 1000 万至一亿年后就离开主序，变成超新星而爆发。地球诞生后 10 亿年生命才开始出现，又过了 36 亿年才进化成我们。红矮星在主序阶段稳定燃烧的时间甚至比我们的太阳还长，但它周围的行星必须距离它非常近才能获得生命所需的足够热量。这时潮汐力会使行星的自转变慢（就象是太阳对水星的影响那样），所以行星的一面会被烤焦，而另一面将会冻结。所以，F、G 和 M 型主序星（尤其是类太阳恒星）看上去是拥有存在生命的行星的最佳选择。

969 为寻找生命，同样要排除某些类太阳恒星。双星和多重星系统中的恒星能在它们周围产生非常复杂的引力场，这样就使环绕它们的行星很难或干脆不可能有稳定的轨道。这里有两种例外情况。如果两颗或几颗星相互距离非常远，环绕其中一者运行的行星可以具有稳定轨道，受其他星的引力和辐射影响不是很大。或者双星系统中的两颗星挨得很近，行星将拥有环绕二者的稳定轨道——实际是将它们看作“一颗星”。但在这种情况下，互扰双星中奇怪的演化路径会让其中一颗星最终以新星或超新星的形式爆发。

970 然而，在我们的星系中仍旧有很多拥有存在生命的行星的恒星候选者。排除所有光谱型不合适的以及被“错误设计”的双星、多重星系统，我们的星系中还剩下 100 到 150 亿颗恒星适合生命存在。

971 最早被发现的地外行星环绕的却是一颗与候选者极其不相似的星。1992 年，射电天文学家宣称，通过研究毫秒脉冲星 PSR 1257+12 自身脉冲的多普勒位移，他们发现其周围存在有 2 颗质量约 3 倍于地球的行星。那以后，在其他 2 颗脉冲星周围也发现有行星。最初，在一颗经历了超新星爆发的星周围发现行星看起来是很奇怪的。据认为这些行星是由超新星爆发过程中被震碎的伴星残片形成的。这些被破坏的恒星可能最初在脉冲星周围先形成了一

个盘状结构，然后盘吸积成了行星。

972 了解适合生命存在的恒星种类并寻找地外行星是振奋人心的，但距离找到地外生命还是很远。最新发现的地外行星表明，太阳系的存在是很普遍的，因而某些科学家认为，地外生命也顺理成章地普遍。但是，寻找行星是一件事，寻找生命是完全不同的另一件。为证实地外生命的存在，与他们相联系是必要的。

973 目前，向其他星辰进发以寻找生命不是切实可行的。与其他恒星的距离是非常巨大的。正在离开太阳系的旅行者2号飞船飞行速度是每小时40000哩。但哪怕是以这样的速度，到达距离地球最近的恒星还是要花费67000年。以后我们可能会使速度提高，但长时间的旅行是长时间的痛苦折磨。真实的星际航行Alas不仅仅是Star Trek影片中的场景。

974 宇宙中存在着天然的速度上限。上限是光速——每秒186000哩。哪怕是使用在很远的未来才能发展出的复杂物质—反物质引擎推进，星际飞船也不能达到光速，更不要说超过光速了。在旅行开始和结束时的加速和减速时间也需要数十年之久——这并不是不能完成，而是不实际——而且，也许是不可能的。

975 为寻找某一种类的地外生命，我们还有一种更快捷，更经济的手段：通信。我们必须让人或机器实际到达某个地方，才能找到那里的非智慧生命。但如果我们的目标是寻找智慧生命，尤其是有先进技术的智慧生命，我们几乎用不到实际的接触。这种情况下，我们所需要的一切是通信。为了这一点，我们可以利用已很好地在我们地球上使用过将近一个世纪的技术。这种技术叫做无线电，这是ET与家园联系所用的手段。简短地说，无线电波带着消息可以穿过太空，让我们去寻找地外智慧生命或是让他们联系我们。

976 在与地外文明联系时，无线电波有很大的优势。首先，虽然没有飞船可以以光速飞行，无线电波却可以。其次，将信息发送到某颗恒星所需要的花费要远远小于派遣飞船。再次，在寻找生命的过程中，无线电信号可以从一个恒星系统转而发送到另一个，这也比让飞船从一个转到另一个恒星系统来得更快更便宜。

977 与电磁波的其他波段相比，无线电在通信方面也有其他的优势。包括可见光（就象现代电话系统使用光纤那样）在内的任何一种电磁波都可以传送信息。我们可以用大功率激光器向其他恒星发射摩尔斯电码，但在星际空间的距离尺度上，无线电波是更为切实的，因为比起可见光波来说，它们受星际尘埃的吸收要小得多，而且所需要的能量也要小不少。射电波段上，宇宙中自然的发射线也比较少，因而信号的干涉也会更小。

978 不经意中我们已经向太空广播了很多年了。20世纪开始后不久，马可尼成功地跨越大西洋收发了首个无线电信号，首次在北美和欧洲之间搭起了无线电的桥梁。而那些信号中的一部分穿过地球大气，散播到了宇宙空间中。它们将永远以光速运行。现在，那些信号已经距离地球将近100光年了，它们已越过了数十颗恒星。在接下来的时间里，其他所有的无线电和非有线的电视信号中的一部分也以一个不停膨胀的、以我们蓝色小星球为中心的球壳形式向外扩张——包括所有的新闻广播、商业节目、交响乐、肥皂剧和I Love Lucy这样的情节。不管我们喜不喜欢，我们早已向宇宙宣称了我们的存在，而“肮脏的洗衣店”也在其间。

979 幸运的是，对于星际空间的接收破解来说，这些广播真实内容的信号也太弱了。在星际空间的长距离上，这样的信号会变得很弱，还由于地球在太空中的运动而相互干扰。使用

先进技术的外星文明可能会再次观看 *The Gong Show*，但在窄波段上大功率、高指向性的传输更容易被探测到。类似地，我们希望在地球上能收到这样来自太空的信息。

980 我们有了用于星际无线电通信的工具。工具是射电望远镜。建造它们的本来目的是探测来自恒星、星系和星际尘埃的天然射电辐射，但将它们用来接收传递着信息的无线电信号正合适。简短地说，射电望远镜使我们能够去寻找银河系任何地方拥有类似设备的技术文明，并与之取得联系。简短地说，射电望远镜是加入银河系俱乐部的关键。

981 国际合作最早的寻找地外文明无线电信号的搜索是在 1960 年。射电天文学家弗兰克·德雷克 (Frank Drake) 在那次被他古怪地称为 OZMA 的计划中使用西弗吉尼亚州国家射电天文台的 140 英尺射电望远镜去倾听来自附近两颗类太阳恒星——鲸鱼座 tau 和波江座 epsilon——周围可能行星的可能信号。他的接收机固定在一个频率上，而倾听只持续了几个小时。结果是否定的，但通过了这次尝试，一位备受尊敬的科学家演示了通过已有手段来进行星际通信的可能性，并创造了对这种探索的合理气氛。SETI (the Search for ExtraTerrestrial Intelligence) 诞生了。

982 弗兰克·德雷克将搜寻地外生命比喻成“在宇宙的干草堆里找一根针”。由于遍布天空的数百万颗恒星和外星人可能会选择的数以十亿无线电频率，在宇宙的干草堆中搜索这根针确实是个艰巨的挑战。从 20 世纪 60 年代起，另外一些射电天线也参与了搜索。最重要的是，射电接收设备和计算机的能力提高了一百万倍。在宇宙的干草堆中，科学家们还没有能用上干草叉，但至少他们手中的设备从镊子过渡到了餐桌上的叉子。特别地，哈佛大学的物理学家保罗·霍罗威茨 (Paul Horowitz) 主持了一项称为 META (百万频段地外检测，Mega-channel ExtraTerrestrial Assay) 的计划。他和他的助手使用分别位于南北半球的一对射电望远镜系统地搜索了整个天空，在 800 万个不同频段上搜索信号。目前结果仍是否定的，但搜索还在继续。

983 科学家在寻找哪种信号？简单说来，是自然界不能自发发射的一切射电信号。在脉冲星发现之前，人们不知道宇宙中有哪种天体能够以原子钟的精度重复发射无线电脉冲，因而最初的发现吸引了人们。对脉冲星是高速旋转的天体的认识给人们上了重要的一课。但一串数学序列的脉冲，例如 1、2、4、8 这样的不会是脉冲星或其他自然现象产生的，所以可能是智慧生命存在的明显信号，而可以认为一串与 π 数学上的值相吻合的脉冲信号是来自一个使用十进制的地方，也可能有什么与其他非自然的无穷数值相符合的信号告诉我们其他的东西。

984 你将如何与外星生命交流？可能的情况是，它们并不象在电视中所见的那样精通英语。实际上，通信联系至少在初期要依赖于寰宇普适的一些东西，也就是数学和科学。那以后，我们才能获取基本的词汇，真正意义上的信息和思想交流开始了。

985 星际对话是漫长的。哪怕是我们以光的速度相联系，与距离我们最近的恒星进行一次无线电对话也要将近 9 年 (半人马 alpha 系统距离我们 4.3 光年) 所以通信的形式可能是他们向我们发送他们那里类似不列颠百科全书的东西，而我们对他们做同样的事情。星辰之间的巨大距离使实时聊天成了不可能的设想。

986 如果真的取得了联系，我们所遇的外星人可能远比我们先进。争论是很直截了当的。在地球上，仅仅是约 65 年前，我们先发展出了射电望远镜，进而就有了与外星生命联系的

手段。在宇宙的意义之上，这段时间只好象是过了一纳秒。宇宙大概已经有 100 至 140 亿年的历史了，而其中的类地行星可能在最后的 70 至 80 亿年出现。地球的诞生时间只是在 46 亿年前。因此，可以认为其他类地行星上的智慧生物在几十亿年前就发展到了我们现在的水平。所以它们现在已领先我们几十亿年。这样的可能性告诉你我们现在的位置，与我们能够用心从他们那里所得相比我们又可以告诉他们多少。

987 如果宇宙中有高度发达的文明，而我们现在已经在上百万个频段上搜寻了数十万颗恒星，我们现在还没有与地外文明取得联系呢？这是个很好的问题。实际上，一些科学家指出，这一事实正表明宇宙中的生命是很稀少的。难道一些地外生命已经知道了我们的存在，并决定在我们这个物种之间能够和平共处之前对我们不加理睬吗？那些先进的地外文明认为我们值得联系吗？是因为技术文明很少见，而浩大的时空范围成了阻碍联系的天然隔离吗？也许地外先进文明只是在很早以前就放弃了原始的无线电通信手段。也许他们并不渴望联系。也许他们象海豚或鲸鱼那样，虽然有智慧但没有制造工具、发展技术的能力。或者很多地外文明也拥有射电望远镜，但他们象我们这样，只是在聆听。那么，我们只能望着星空思索：是不是在其他的世界上也有眼睛在盯着天空并去思索。

988 大多数天文学家相信宇宙中有其他智慧生命存在吗？这只是个可能性的问题。大多数科学家对宇宙其他地方存在智慧生命的猜测是“是的”。只是宇宙中，太多的恒星分布在太多的星系中，那里这样的事件是与地球上不同的。

989 大多数天文学家相信我们已经被外星飞船访问过吗？不。正如卡尔·萨根所写，来自另一个世界的飞船来访是个非常不同寻常的事件，而宣称这已经发生也是个不同寻常的声明。这就需要不同寻常的证据来证明它。实际上，所有职业科学家的观点都是，这样的证据不存在。打个比方，如果某人能发现外星飞船的一部分，经过各地独立检测表明，它的组成材料或是其中的技术成分在地球上不存在，或是什么人遇到了不以 DNA 或碳基化合物为基础的生物体，那么职业科学家就真的受到了挑战，而地外文明的来访也就被证实了。在许多故事、电视节目、杂志和报纸的文章中描述了很多目击或接触外星生物的事件，但都没有经得起反驳的过硬证据。而好的科学必须要以强硬而被独立确认的证据为基础。

990 为与地外生命有意识地联系而进行的第一次“尝试”是在 20 世纪 70 年代。20 世纪 70 年代，人们发射了 2 对飞船——先驱者 10 号和 11 号，以及旅行者 1 号和 2 号以研究太阳系的外行星。卡尔·萨根和弗兰克·德雷克在得知它们最终要飞出太阳系之后，他们没有抗拒住诱惑，向这些“宇宙之海中的漂流瓶”中分别放入了一封“短信”——是某种形式的“来自地球的问候”。先驱者号各携带了一块小金属片，上面描绘了一个男人和一个女人以及其他符号，这些符号可以让外星生命很容易地明白飞船来自何方，又是何时发射的。旅行者号携带的“信件”更为复杂——一张唱片，里面录制有多种语言问候语和一系列天然的、人工的音响（从鲸鱼的歌声到手提钻的声音），以及挑选出的一些音乐片段（从巴赫到 Chuck Berry 所唱的 *Johnny B. Goode*），还有包括从人类降生到纪念碑谷到泰姬陵的 116 张各种照片。

991 外星生命获得这些“短信”的几率几乎为 0，但……它们仍代表了这样的目的。外太空是辽阔的，所以 Klingons 在某天撞入这些飞船的机会非常接近 0。然而，设计这些卡片和唱片的工作没有白费，因为它让我们停下来，并从“外星人的眼中”审视我们自己，也就是让我们思考什么能够真正代表我们的世界和我们的文明，如何与它交流。

992 1974 年，我们首次有意识地向群星发送了我们的无线电信号。卡尔·萨根和弗兰克·德

雷伯使用波多黎各阿雷西博天文台 1000 英尺直径的阿雷西博望远镜（也是世界上最大的）向太空发送了一段信息。那一刻，在信息发送的频率上，地球被“照亮”到比银河系中任何天体都要明亮。信息中包含了各种不同的强度，如果按正确的方式将其排列，并转换成亮暗不同的点，就能创造出一张未经修饰的图象。

993 阿雷西博的消息中包括了很多信息。一张经过精心设计的图象要胜于千言，但这里我将尽量长话短说。图中从上到下分别展现了：二进制从一到十的数字、组成 DNA 的 5 种元素的原子序数、DNA 的基本组成规则、被螺旋形 DNA 包围的人类 DNA 中碱基数目、人像（两侧分别是地球上当前人口的数目以及人的平均身高与发送信息的无线电波波长之积），对我们太阳系的粗略描述（其中的第 3 颗行星被替换成人形），最后是对阿雷西博射电望远镜及其直径的描述（同样是与发送信息的波长之积）。发送这些信息的目的只是为了说明其技术的可行性，并尝试以“科学的语言”传送消息。

994 短时间内我们不大可能得到阿雷西博信息的回复。为了吸引公众的注意，阿雷西博信息被发往一个看上去非常壮观的天体——武仙座中一个由数十万恒星组成的巨型球状星团 M13。这样我们可以同时将信息发至数十万颗恒星（它们在同一视线上），但 M13 距离地球有 24000 光年，所以我们在未来 48000 年中将不可能收到回音。而且，球状星团中含有古老的星族 II 恒星，它们的金属丰度很低；因而，许多科学家认为，在球状星团中不大可能存在类地行星。这次的信息发送仍旧只是个学术上的尝试，目标只是演示使用现有技术的可行性。

995 有一个公式可以预计银河系中我们希望联系的技术文明总数。这个公式是射电天文学家弗兰克·德雷克很多年前想出的，因此它被称作德雷克公式。其中，它的一种形式是这样的：

$$N = N^* \times f_s \times f_p \times f_r \times f_l \times f_i \times f_t \times L$$

996 德雷克公式中的 N 等于银河系中符合我们希望的文明的总数。 N^* 是银河系中恒星的数目， f_s 是恒星中能够有足够长的稳定寿命以允许生命存在的比例， f_p 是这些恒星中拥有行星的比例， f_r 是这些行星中适合生命存在的比例， f_l 是适合生命存在的行星中已拥有生命存在的比例， f_i 是这其中智慧生命存在的比例， f_t 是这些智慧生命中已经发展出技术文明，能够进行星际通信的比例。最后一个参数 L 将在下面讨论。

997 德雷克公式中的 L 是能够进行星际通信的技术文明在不再这样做或不能再这样做之前能延续的时间。某些文明可能已经进行了很长时间的信号搜索，然后他们自己放弃了（或者是他们的国会拨款被切断了）。另一些文明可能由于重大自然灾害或战争而在技术方面退步了，也许就此不复存在。后一种情况尤其有意思，这是因为射电望远镜的建造需要对原子的基本结构有所了解，而这样的知识也可以用来制造大规模杀伤性武器。实际上，作为一个物种和一个文明，其他文明可能象我们一样，已经在他们进化的某时刻几乎同时拥有了这两项能力。在将来的某天，当我们得知他们是遭遇我们自己今日所遇的挑战时会有什么情况发生后，这将是很有意思的事情。

998 那么，德雷克公式对 N 所作的预言是什么呢？现在，整个德雷克公式中我们某种意义上能确定的唯一参数就是 N^* 。至于其他参数，我们可以基于经验尝试着进行猜测，但对于 L ，我们没有任何办法。所以，不同的人得到很不相同的结果，这并不奇怪。但值得一提的

是，生物学家所得的 N 值普遍要远比天文学家的小，这是因为许多生物学家认为，智慧生命（哪怕是任何的生命）在一颗行星上出现的几率都是非常非常小的。

999 许多射电搜寻者精力都集中于 2 个特定的频率附近。在搜寻外星信号的数十亿个可能频率中，射电天文学家认为智慧生命将选择哪个？在 20 世纪 50 年代末，麻省理工学院的物理学家菲利普·莫里森（Philip Morrison）首先提出了利用无线电波进行地外通信，并指出了几个可能更适合的特定频率。他建议的频率是 1420 兆赫兹，这一频率对应的波长是 21 厘米或 8 英寸。为什么是这个频率呢？因为这个是宇宙中最为丰富的氢元素在射电波段发射的基本频率。我们知道这一点，而拥有射电望远镜的外星生命也应该懂得这一点。大多数实际的搜寻工作都遵循了这个观点，在氢的频率或其整数倍上进行聆听。

1000 其他的搜寻集中在“宇宙水坑”附近。在寻找“正确的频率”的过程中，人们同样提出了一个古怪的观点。除了氢的 1420 兆赫兹发射线外，在射电谱上还有另一个常用频率——1666 兆赫兹。OH 分子（拥有 1 个氢原子和一个氧原子）在这个频段上发出自然辐射。由于 $H + OH = H_2O$ ，也就是水，也许外星生命形式更倾向于利用这些频率进行相互通信，就好象不同种类的动物在水坑附近聚居一样。

1001 与先进的地外生命进行联络的结果又是什么？不管结果是好还是坏，它可能将是人类这个物种有史以来影响最为深远的事件。也许我们将成为一片真正的智慧财富——来自一个先进外星文明的知识和智慧结晶，或是在过去的几十亿年间由无数伟大的星系文明逐个传承的知识和智慧——的受益者。那时，我们的生活会是非常有趣的。