

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

世界科技全景百卷书 (36)

天文大发现

  
E-BOOK  
网络资料 免费下载

## 天文大发现

## 银河系在转动

银河系转动吗？为了回答这个问题，先让我们来看看两种不同的转动方式。

一种是非常常见的所谓刚体式转动，像车轮、轴承、儿童乐园里的转盘车的转动都属于这种形式。刚体式转动的特点，是任何一点绕转动轴一圈所花的时间与其他点相同，因而离转动轴越远处转动的线速度（以“米/秒”为标准单位的速度）越大，它走的路程长于离转动轴近的地方在相同时间所走的路程。请你想象一下，你和另外两个人站在大转盘的任意三个位置上不动，那么当转盘分别以快速、慢速转动时，你看另外两个人和你距离变了吗？方位差变了吗？显然都没变，这是因为，刚体式转动中的任意两点之间的相对位置不变。

另一种转动方式是较差式转动，又叫开普勒转动，太阳系的九大行星绕太阳作开普勒转动：离太阳越远的行星转动周期越长。离太阳最远的冥王星转动一周约需 248 年，在这么长的时间里离太阳最近的水星已转了近 1000 圈了。显然，这类转动中点与点之间的相对位置会因转动周期不同而发生变化。

回过头来再谈谈我们的话题银河系的转动吧。从稳定性来说，以扁平的银盘为主体的银河系应该有自转才能维持其长久的旋涡状态，所以有自转是肯定的，问题在于采取什么样的自转方式。如果银河系是刚体自转的，那么我们就看不出其他恒星绕银心的转动，因为恒星之间的相对位置因刚体式自转而无改变；如果银河系作开普勒式转动，恒星之间就应有相对运动，统计出恒星的自行就能证实这一猜测。1926 年，瑞典的林德布拉德（B.Lindblad）证明了银河系有绕人马座方向的银心普遍自转；1927 年，荷兰的奥尔特（H.Oort）利用观测资料推导出著名的银河系较差的自转的奥尔特公式。

综合分析各种观测资料，得出银河系核球部分是刚体式的自转，核球以外就是较差自转。现在还测得太阳绕银心的转速为每秒 250 千米，又知道它离银心约 3 万光年，就是说它绕银心转一圈约需 2.5 亿年。

## 银河系的中心

银河系透镜状银盘的中心微凸部分就是它的核球，呈椭球形状，长轴 4 ~ 5 万光年，厚约 4 万光年。由于光学观测受星际消光的影响——银心及附近方向尤为严重，我们得到的关于核球的资料主要来自穿透力强的射电波段、红外波段观测，专用卫星上天还获得了 X 射线， $\gamma$  射线观测资料。

关于银河系核球里的恒星是哪个星族的——是老年星还是青年星，尚未取得一致看法，但持“大爆炸”宇宙论观点的学者认为，既然银河系也在不断膨胀，那么越靠近银心也许带着越多的银河系形成的早期信息，因而研究银河系核球，也许能解答星系的起源问题。

多种波段的观测虽还不能得出核球的物理状态和辐射机制，但已有了大概的了解。

射电探测表明，离银心 3000 秒差距处有一个正在膨胀而且旋转着的氢气环，它可能是 0.3 亿年前在银核的一次爆发中被抛射出去的。

在椭圆核球中央的银核，范围大约在几个到几十个秒差距之间，而且银核内部可能还有内核，但详情我们至今仍一无所知。

银核内有银河系中最密集的恒星群，还有大量电离气体、尘埃。通过与仙女座星系的光学观测资料对比，可估计到，银核 3 秒差距范围内恒星总质量可能达千万个太阳质量，也就是说恒星密度高出太阳附近千万倍。而银核内电离气体的探测告诉我们，中央物质很密集，可能有 300 万个太阳质量。在这么小的核内存在这么多的物质，而且核又在绕银心作刚体式转动，电离气体也在高速转动，这些都表明中央物质不能以恒星这种形式存在，否则将因太密集而导致频繁的碰撞，以至无法稳定地维持下去。很有可能的是中央有一个大质量黑洞，X 射线辐射似乎也认为其中包含着不寻常的天体。

## 银盘

银盘是银河系的主要组成部分，在银河系中可探测到的物质中，有九成都在银盘范围以内。银盘外形如薄透镜，以轴对称形式分布于银心周围，其中心厚度约 1 万光年，不过这是微微凸起的核球的厚度，银盘本身的厚度只有 2000 光年，直径近 10 万光年，可见总体上说银盘非常薄。

除了 1000 秒差距范围内的银核绕银心作刚体转动外，银盘的其他部分都绕银心作较差转动，即离银心越远转得越慢。银盘中的物质主要以恒星形式存在，占银河系总质量不到 10% 的星际物质，绝大部分也散布在银盘内。星际物质中，除含有电离氢、分子氢及多种星际分子外，还有 10% 的星际尘埃，这些直径在 1 微米左右的固态微粒是造成星际消光的主要原因，它们大都集中在银道面附近。

由于太阳位于银盘内，所以我们不容易认识银盘的起初面貌。为了探明银盘的结构，根据本世纪 40 年代巴德和梅奥尔对旋涡星系 M31（仙女座大星云）旋臂的研究得出旋臂天体的主要类型，进而在银河系内普查这几类天体，发现了太阳附近的三段平行臂。由于星际消光作用，光学观测无法得出银盘的总体面貌。有证据表明，旋臂是星际气体集结的场所，因而对星际气体的探测就能显示出旋臂结构，而星际气体的 21 厘米射电谱线不受星际尘埃阻挡，几乎可达整个银河系。光学与射电观测结果都表明，银盘确实具有旋涡结构。

## 银河系的磁场

我国古代劳动人民发明的指南针早就证明了地球的磁场，而银河系广阔空间的大尺度磁场的探测，则始于 20 世纪 30 年代，40 年代证实了大尺度磁场的存在，60 年代以后能进行可靠的测量。

磁场是物质存在的一种形式，但看不见、摸不着。不过，就像往上跳能感觉到无形的重力场把我们往下拉一样，也有办法让我们感到（即证实）磁场的存在，比如用指南针。对于广阔的银河，指南针就派不上用场了，不过，来自银河系的宇宙线——主要成分是带电粒子和 粒子的各向同性，对银河系背景辐射的非热辐射性质的合理解释，许多弥漫星云具有纤维状结构而且外形呈平行于银道面的扁氏形、许多恒星光因为长条形星际尘埃的影响导致随距离而增大的微小偏振等等，都非常有力地证明了，银河系存在大尺度的

磁场，其方向可能平行于银道面。

要比较可靠地测量银河磁场的大小、方向，仅凭以上证据难以做到；不过，采取以下两种方法即可实现。

将辐射源产生的偏振辐射，通过平行于辐射方向磁场的星际介质，出来后偏振面会发生变化，叫法拉第旋转。转动的大小正比于磁场强度，因而在测定了前者的情况下就可能推出后者，即平行于辐射方向的星际物质磁场强度。这种方法叫法拉第旋转法，适用范围显而易见是星际物质。

另一种方法利用的是塞曼效应——原子能级在强磁场中的分裂导致谱线发生分裂的现象，这也是测定恒星磁场的最基本方法。如果星际空间有磁场，那么就能测出其中大量中性氢的 21 厘米谱线的分裂，由分裂的大小可算出平行于视线方向的中性氢磁场。

用这两种方法得到的比较可靠的测量结果是：银河系的磁场平均强度约为  $1 \sim 3 \times 10^{-6}$  高斯，比由宇宙线、银河背景射电、星光偏振估计出的  $1 \sim 3 \times 10^{-5}$  高斯的结果为低，而磁场的方向在旋臂区域可能沿着旋臂方向，其他区域则是紊乱的。

## 星系的发现

星系是一个宏大的天体系统，它包含了几十亿至几百亿甚至上千亿颗恒星及星际气体和尘埃，空间尺度达到几亿亿公里以上，实在是超级“庞然大物”。然而，人们直到 20 世纪初才真正发现它们。

在生活中，我们有一个常识，一个物体离我们越近，就可看得越清楚，当物体逐渐远去，它的像也就逐渐模糊，那是物体对观察者来说张角逐渐变小的缘故。到一定距离，我们就看不见它了。星系虽然那么庞大，但它们离地球实在太远，就拿最近的星系大麦哲仑星云来说，它离我们 16 万光年，光年是光在一年中所走过的路程，光每秒钟可绕地球 7 个半圈。计算得出 1 光年是 9 万多亿公里，16 万光年就约是 150 亿亿公里，因此，肉眼看上去，大麦哲仑星云就是一小片云雾状天体。

17 世纪，望远镜发明了，这种神奇的仪器可使得物体对人眼睛的张角增大，让人可以看清更遥远的物体。用望远镜来观测天空，人们又陆续观测到一些云雾状的天体，开始，以为它们都是气体云，而且和恒星一样是银河系内的天体，并称之为星云。

不过也有人对此有不同看法，18 世纪，德国的天文学家康德以及英国和瑞典的两位天文学家都猜测这些所谓星云是和银河系一样由恒星组成的天体系统，只是因为距离太远而分辨不出一颗颗的星来。如果把宇宙看作一个浩瀚的海洋，这些天体系统就犹如海中的岛屿，因而被形象地称为“宇宙岛”。

随着望远镜越造越大，人们可以看到这些星云的更进一步的细节了，正如康德他们所猜测的那样，星云在望远镜中分离成了一颗颗暗弱的星星。但是问题并没有完全解决，那就是，它们是银河系内的恒星集团，还是银河系之外的天体系统呢？

根本的问题集中到距离上来了，可它们离我们十分遥远，通常所用的三角视差测距法已经无法测出它们的距离。1917 年，美国的天文学家 G·W·里奇在威尔逊山天文台所摄的一个星云照片中发现了一颗新星，因为新星极其暗弱，他认为星云应该极其遥远，是银河系之外的天体，但是给不出准确距

离，无法让人信服。

怎么办呢？难道人们在此困难面前真是束手无策吗？正是“山重水复疑无路，柳暗花明又一村”，造父变星周光关系的发现为我们打开了新的途径，造父变星是一种脉动变星，天文学家发现它的光变周期与绝对光度有确定关系，大体上是接近于成正比的。光变周期越长，它的绝对光度就越大。测出了它的光变周期，就可以算出它的绝对光度，而我们看到星的亮度是与它离我们的距离的平方成反比的，从而由造父变星观测到的亮度和它的绝对亮度的比值就可以推算出距离来。

1924年，美国的天文学家哈勃用威尔逊山天文台的2.5米大望远镜在仙女座星云，三角座星云和星云NGC6822中发现了造父变星，并且由周光关系算出了它们的距离，推出它们是银河系之外的天体系统，并称之为河外星系。到这时，星系才算真正发现了。

### 奇怪的蝎虎座 BL 天体

1929年用光学望远镜在蝎虎座天区发现了一个光度变化不规则的呈恒星状的暗弱天体，1968年被证认为射电点源VR042·22·01的光学对应体，这就是蝎虎座BL天体。20世纪70、80年代又发现了100多个类似的天体，人们就把它们统称为蝎虎座BL天体，或BL Lac天体。

BL Lac天体的光学像与类星体一样类似于恒星，并且至今不能分辨它们的细节。它们都发出很强的红外辐射和射电辐射。并和光学辐射一样具有无规则的快速变化（光变在几天或几月之内成几倍地变化，甚至成百倍地变化，但射电光变和光学光变似乎相互独立），同样具有非热致谱（即辐射不同于黑体辐射）。其射电谱在厘米波段增强，谱线平甚至倒转。并且，所有波段都具有较其他活动天体更大的偏振度。在其具有的连续谱中找不到发射线或吸收线。

由BL Lac天体光变的时间知道其大小和太阳系尺度相当，但当天文学家设法在它的光谱中得到了一些特征谱线时，发现其红移在0.05~1.78，这样再根据哈勃的红移—距离公式可推算出它们远离银河系。现在大部分天文学家认为它们是一些活动星系核。所以这种处于剧烈活动中的微小天体竟释放着相当于整个星系的辐射能量，高达 $10^{41}$ 焦耳/秒。这甚至比人类在类星体面前遇到的困难还巨大。

### 开普勒的定律

说到伽利略为了天上那遥远的星星竟被判刑受罪。其实在那茫茫星海的探索中，蒙受同样遭遇的又何止他一个。1601年，在奥地利的布拉格一座古堡里正气息奄奄地躺着一个人，他叫第谷·布拉赫（1564~1601年），丹麦人。14岁那年，第谷正在哥本哈根大学读书。在这年，天文学家预告8月21日将有日蚀发生，果然那天他看到了这个现象。他感到很奇怪，那些天文学家何以能如此神机妙算，于是决心去观测天象，究其原因。他从小由伯父收养，老人原想让他学法律，但是任性的他根本就不听这些，每晚只睡几个小时，其余时间都在举目夜空，直到天亮。到17岁时，他已发现了许多书本上记载的行星位置有错误，便决心要绘制出一份准确的星表。腓德烈二世把

离首都不远的赫芬岛拨给他，建造起一座当时在世界上最先进的天文台供他使用。20年后新王即位，却逼迫他离开了这座辛苦经营的基地。幸好1599年奥地利国王鲁道夫收留了他，并给他在布拉格又重修了一座天文台，他才得以继续从事自己热爱的工作。第谷能言善辩，恃强好斗。年轻时他曾为一个数学问题争执与人相约决斗，被对方一剑削掉了鼻子，所以不得不装上一个金银合金的假鼻子。别看他鼻子有伤，眼睛却极好使，20多年来，他观察各行星的位置误差不超过0.67度。就是数百年后有了现代仪器的科学家也不能不惊叹他当时观察的准确。他一生的精力不是花费在观天上，就是记录星辰。但现在他却再也不能爬起来工作了，因此急忙从德国招来一个青年继承他的事业。这人叫开普勒（1571~1630年），身体瘦弱，眼睛近视又散光，观天自然很是不合适，但是他却有一个非常聪明的数学哲学头脑。第谷就是在1596年看到他出版的《宇宙的奥秘》一书后，才感到他是一个人才。

在这个古堡式的房间里，地上摆着一个巨大的半圆轨道，轨上有可移动的准尺，对准对面墙上的洞眼。屋里摆满仪器，墙上是三张天体示意图（托勒密体系、哥白尼体系和第谷体系）。第谷老人费力地睁开眼睛，对守护在他身边的开普勒说：“我这一辈子没有别的企求，就是想观察记录一千颗星，但是现在看来已不可能了，我一共才记录了750颗。这些资料就全都留给你吧，你要将它编成一张星表，以供后人使用。为了感谢支持过我们的国王，这星表就以他的名字，尊敬的鲁道夫来命名吧。”第谷一边说着喘了口气，又看着周围那陪伴了他一生的仪器，还有墙上的图表，又招了招手，让开普勒更凑近些：“不过你得答应我一件事，你看，这一百多年来人们对天体众说纷纭，各有体系。我知道你也有你的体系，这个我都不管，但是你在编制星表和著书时，必须按照我的体系。”开普勒心中突然像被什么东西敲击了一下，但他还是含着眼泪答应了这个垂危老人的请求。老人又微微转过头对守在床边的女婿滕格纳尔说：“我的遗产由你来处理，那些资料，你就全交给他吧。”说完便溘然长逝，屋里一片静默。开普勒用手擦掉挂在腮边的泪水。他从外地艰苦跋涉来拜见这位天文学伟人，才刚刚一年，却想不到老师便辞他而去，这时滕格纳尔却突然转身在那个资料箱上“卡嚓”一声上了一把锁，便走出门外。

第谷一死，开普勒本应实现自己许下的诺言，着手《星表》的编制出版，但是由于连年的战争，加之滕格纳尔又争名夺利，不肯交出全部资料，所以开普勒只好暂停《星表》的编著，转向了火星的研究。

无论是托勒密还是哥白尼，尽管体系不同，但都认为星球是作着圆周运动的。起初开普勒自然也是这样假设的。他将第谷留下的关于火星的资料，用圆周轨道来计算，直算得头昏眼花，心慌神躁，但是连算了几个月还是毫无结果。这天他的夫人走进房间，看到这些画满大小圆圈的纸片，气得上去一把抓过，揉成一团，指着他的鼻子直嚷：“你自己不准备过日子了，可是还有我们母女。自从跟上你就没过上一天舒心的日子，你每天晚上看星星，白天趴案头，我穷得只剩下最后一条裙子了，你还在梦想你的天体，我早就说过，不要到布拉格来寻找这个老头子。他这一死给你留下这个乱摊子，钱没有，人没有人，看你怎么收拾。”说着便呜咽地抹起泪来。开普勒是个天性柔弱之人，很少与人吵嘴，而且他也自觉对不住妻子。这女人本是个富有的寡妇，开普勒娶她是为能得点财产来补助研究的，不想分文没有得到，反倒拖得她也成了贫家妇女。开普勒看了看桌上墙上那乱七八糟的样子，无

可奈何地唉叹了一口气。开普勒有一个好习惯：他常常及时将自己的研究进展、喜悦、苦恼记录下来。这些可贵的记录给我们留下了追溯它思路的线索、成了科学史上难得的第一手资料。他提笔写起来：“我预备征服马尔斯（指火星），把它俘虏到我的星表中来，我已为它准备了枷锁。但是我忽然感到毫无把握。这个星空中狡黠的家伙出乎意料地扯断了我给它戴上的用方程式连成的枷锁，从星表的囚笼中冲出来，逃往自由的宇宙空间去了。”

却说，火星越是从开普勒的圆圈里溜掉，开普勒就越是不厌其烦地寻找新的圆圈。这天布拉格来了一位老头子，叫马斯特林，是开普勒的恩师、挚友。当年开普勒在图宾根神学院临毕业时，正是这位数学教师保举他到格拉茨去教数学，使他从此离开神学步入了科学领域。多年来他们一直保持着通信，一起探讨天文、数学、物理。这次他远道而来，见到开普勒屋子里这许多乱七八糟的圆圈，便奇怪地问他：“朋友，我不知道你这些年到底在干什么？”

“我想弄清行星的轨道。”

“这个问题从托勒密到第谷，不是都毫无疑问了吗？”

“不对，现在的轨道和第谷的数据还有 8 分之差。”

马斯特林摸着一头白发不禁失声叫了起来：“哎呀，8 分，这是多么小的一点啊。它只不过相当于钟盘上秒针在 0.02 秒的瞬间走过的一点角度。我的朋友，你面前是浩渺无穷的宇宙啊，难道连这一点误差也要引起愁思？难道你不怀疑第谷会记错吗？”开普勒虽然神色疲倦，但是口气却十分坚决地说：“是的。我已经查遍第谷关于火星的资料，他二十多年如一日的观察数据完全一致——火星轨道与圆周运动有 8 分之差。感谢上帝给了我这样一位精通的观测者。这 8 分决不敢忽视，我决心从这里打开缺口，改革以往所有的体系。”

“既然第谷的那许多观测都是对的，为什么他自己没有对行星轨道提出怀疑？”

“老师，我对第谷的尊敬决不亚于对您。请恕我直言一句：第谷是个富翁，但是他不懂得怎样来正确地使用这些财富。”

老师不说话了，他想，几年不见，开普勒变得固执狂妄起来了。

妻子的反对，老师和朋友们的反对，周围人的不理解，并没有使开普勒动摇。他没有像第谷那样决心要研究一千个星星，但他却相信规律只有一个，便紧紧盯住了一个火星，解剖现象，探求其规律。他不仅是一个天文工作者，而且也是一个热爱数学，又教过多年数学的人。他要用几何学来帮天文学的忙了。开普勒从那许多圆圈里找到了蛛丝马迹。古希腊的阿基米德就知道世界上不只是一个圆，还有更复杂的圆锥曲线。开普勒终于发现，火星的轨道不是圆，而是椭圆。他用这副笼头去套那匹火星烈马，终于就范了。第谷的数据天衣无缝。这件天文史上划时代的大事出现在公元 1605 年。这个发现就是后来称之为开普勒第二定律的椭圆定律。这之后，他还发现了第一定律：行星绕太阳作圆周运动在一定时间内扫过的面积相等，即等面积定律。

为什么一个看来简单的题目却拖了千百年后才由开普勒揭晓呢？尊敬的读者，大家知道。圆有一个圆心，椭圆却有两个焦点。椭圆度到底有多大全靠两个焦点距离（焦距）与椭圆的长直径（长径）来决定。即  $e = \frac{c}{a}$ ，可以看出，当两个焦点越来越接近，直到重合时， $c=0$ ，因此  $e=0$ ，椭圆就是圆。所

以圆实际上是椭圆的一种特殊形式。但是，茫茫宇宙中，行星绕太阳转的那个无形的圈  $e$  值是很小的，所以，以往的天文学家都把行星轨道当做圆来看待。这个定律的发现首先要感谢第谷那二十多年来精确的观测，以及开普勒精心的计算。更幸运的是，他又正好选中火星这个典型来解剖，而火星恰是太阳系中椭圆度最大的星，这个天机终于被他识破了。

开普勒发现了火星的椭圆轨道后，真是高兴得如癫如狂。他立即写信给他的恩师、老友马斯特林。不想马斯特林对他这一新发现置之不理，而欧洲其他有名的天文学家对他更是公开的嘲笑。这让他想起一个人来，就是意大利的伽利略。在伽利略最困难的时候，开普勒曾写信支持他说：“伽利略，鼓起勇气，站出来！我估计，欧洲重要的数学家中只有少数几个会反对我们。真理的力量无比强大。”而伽利略对他却反应很冷淡，甚至连信也不回一封，连他一再想要一架伽利略新发明的望远镜也没有得到。而这同时，伽利略却写信给科斯摩公爵，把他捧为太阳，愿去做他的宫廷数学家。后人猜测，伽利略可能是忌妒他的发现。反正，伽利略的这种沉默成了科学史上的一个谜。开普勒兴冲冲地取得这一发现，之后又冷冰冰地碰了这许多次钉子，此后便闭门不出，一人写起书来。过了些日子，一本记录着他的伟大发现的《新天文学》便完稿了。这天他将手稿装订好，放在案头，像打了一个胜仗一样高兴。虽然家境日趋贫寒，他还是连呼妻子预备一点酒菜，要自我庆祝一番。妻子见他这样，脸上也泛出一点笑意。正当全家人难得高兴一会儿时，突然有人“砰砰砰”叩了三下门。开普勒连忙起身开门，门还未完全打开，他倒暗自叫起苦来，刚才他脸上的那点喜气霎时也跑得无踪无影了。来人也不与主人寒暄，进门走到桌旁就大声喊道：“开普勒，你好大胆子，不经过我的同意，你就敢偷偷出书？”

来人正是第谷的女婿滕格纳尔。他拿出当年第谷临终时的话来要挟开普勒，并以第谷遗产继承人的身份提出：要出书可以，但得署上他的大名。开普勒气得半天说不出话来。他曾答应过第谷，以后写书用老师的观点。可是他现在的认识已比老师进步了许多，怎么能再后退回去？直到1609年夏天，双方互相作出让步，答应可以让滕格纳尔写一篇文章放在书的正文前面，这本书才算出版。在这篇文章里，这个滕格纳尔对开普勒的新体系进行了一番攻击，大喊开普勒对他岳父如何背叛。但是不管怎样，书总算出了，作为现代天文学奠基的开普勒第一、第二定律也总算得以正式问世。

开普勒在研究火星轨道问题时，心中无时不在惦念着第谷托付的《鲁道夫星行表》。然而，整个国家政局不稳，宗教斗争严重，炮火连天，哀鸿遍野。开普勒被迫离开首都布拉格，居住在多瑙河边的一个叫林茨的小城里，任数学教师。

这天早晨，他依桌傍窗而坐，望着窗外多瑙河面上粼粼水波，不觉犯起了愁思，近来他有说不出的烦躁和凄凉。他这个数学家已名存实亡。他想起1611年——那个最使他辛酸的年头。这年2月29日，他最心爱的小女儿夭折；3月24日，政变部队拥进首都，他的靠山鲁道夫皇帝也不久身亡了；7月8日，他的夫人去世……而新皇帝不喜欢他，他只好离开首都来到这个小地方。家破人亡，靠山倒台了，他的境遇更是十分艰难。恩人鲁道夫死了，但以他的名字命名的《星表》还未编成。他本想隐居此地埋头整理《星表》，但是在1618年开始了一场“三十年战争”。他的薪水总是一再欠拖。他穷得连一个助手也雇不起。现在第谷的那些资料，倒是都已在他的手中，那个总

是喜欢捣乱的滕格纳尔也家境败落了，自顾不暇，不再找他纠缠……他这样对着多瑙河想了一番心事，叹了口气，也无可奈何，于是又提起笔，对着第谷留下的那一堆数字去动脑子。

行星是在作着椭圆运动，但是它们绕太阳一周到底要多少时间，为什么有的快，有的慢呢？这茫茫宇宙是无法丈量的。聪明的开普勒却想出了一个妙法，它将人们最熟悉的地球到太阳间的距离  $R$  定为 1，而地球绕太阳的公转周期  $T$  是 1 年，以此为标准，这样再换算出其他行星的周期的距离，便得到这么几组数字：

行星	T	R	行星	T	R
水星	0.241	0.387	火星	1.881	1.542
金星	0.615	0.723	木星	11.862	5.203
地球	1.000	1.000	土星	29.457	9.539

它们之间到底有什么联系？开普勒看来看去，这些数字四散在桌子上，它们之间就像多瑙河里的鱼，桌上的蜡与天花板上的尘土一般，看不出有一点的联系。但是开普勒坚信宇宙是一个和谐的整体。他和数学家毕达哥拉斯一样，认为世间一切物体都有一定的和谐的数量关系。于是他将这一堆数字互加、互减、互乘、互降、自乘、自除，翻来倒去，想看看能否发现它们之间的规律。这样变了一阵“魔方”，但终究还是乱麻一团。

大约过了有很长一段这样的日子，他就这样一直在乱麻堆里寻求和谐。现在出入书房送茶倒水侍候他的，自然已不是先前那位跟着他吃尽苦头的贵族出身的夫人了，而是一位年龄与他相差甚大的少妇。

一天早晨，太阳照进了书房，一夜没有离开桌子的开普勒正把头埋在稿纸堆里，夫人轻轻走了进来，先吹灭桌上的蜡，又伸手去推窗户。突然开普勒霍地从椅子上弹了起来，一把拉住夫人：“啊，亲爱的，我找见了，我发现了，感谢上帝将你赐给我，我们是这样的和谐，宇宙是这样的和谐。”他说着甩开夫人，自己上去一把推开窗户，多瑙河上带有雾气的凉风吹了进来，拂动他蓬乱的头发。妻子以为他累疯了，忙喊“开普勒，亲爱的，你怎么了？”开普勒什么也不说，忙将一张纸片递给妻子，这张纸上是这样几行数字：

行星	T	R	T <sup>2</sup>	R <sup>3</sup>
水星	0.241	0.387	0.058	0.058
金星	0.615	0.732	0.378	0.378
地球	1.000	1.000	1.000	1.000
火星	1.881	1.524	3.54	3.54
木星	11.862	5.203	140.7	140.7
土星	29.457	9.539	867.7	867.7

妻子自然不懂这些数字。但是现在我们却可以看出最后两列数字一模一样。开普勒做了无数次的加减乘除之后，终于碰着了天体上的一个电钮，漆黑的宇宙在他的眼前忽然大放光彩。原来行星绕太阳运转时，其运转周期的平方等于它与太阳间平均距离的立方： $T^2=R^3$ 。这就是后来人们称的“开普勒第三定律”。这是一个天文史上极伟大的发现，开普勒的“和谐”思想找到了根据，这说明太阳与其他行星决不是一群乌合之众，而是一个极严密的系统——太阳系。

开普勒的妻子将这张纸片拿在手里正不知何意，却见开普勒不言不语，又伏在案头，奋笔写起他的笔记来：

“……这正是我十六年以前就强烈希望探求的东西。我就是为这个目的而同第谷合作……现在我终于揭示出了它的真相，认识到这一真理，这已超出我的最美好的期望。大事告成，书已写出，可能当代就会有人读它，也可能要到后世才有人读它，甚至可能要等一个世纪才有读者，就像上帝等了六千年才有信奉者一样，这我就管不着了。”

开普勒将他的“第三定律”等成果写成一本书《宇宙之和谐》于1619年出版。开普勒发现的这三条定律可真是非同小可，它使那杂乱的宇宙星空顿时在人们眼里显得井井有序，开普勒在后来也被人们誉为天空的立法者。

## 已知的特殊星系

按照当今世界上最为流行的哈勃星系分类系统，星系被分为椭圆星系、旋涡星系和不规则星系三种类型。然而，目前已经被发现的星系中，还有一些不能简单地归入哈勃系统中的另一类，有的星系还具有一般星系所没有的特殊性质，我们将它们统称为特殊星系。

到目前为止，天文学家已经发现了许许多多的特殊星系并按照这些星系的性质把它们分为不同的类型。目前已知的特殊星系主要有：类星体、塞佛特星系、N型星系、射电星系、马卡良星系、致密星系、蝎虎座BL型天体、有多重核的星系及有环的星系等。这些星系的命名，有的是根据历史情况，有的是根据星系特性，有的是根据发现者的名字而来的。这些星系之间有重叠交错的情况。例如，马卡良星系中至少有10%可归入塞佛特星系，N型星系中许多又是射电星系。这些特殊星系的特殊性质主要是由于星系核的活动或者是主伴星系之间的相互扰动所造成的。

特殊星系一般有一个很亮的致密核，有的还有伴星系。绝大多数特殊星系都有核区爆发遗留下来的痕迹。星系核周区域往往可观测到高速非圆周运动的天体。特殊星系辐射的能量的大部分是非热能的。下面我们着重介绍一下几类重要的特殊星系。

射电星系：一般正常的星系都发射射电波，但我们一般将那些具有强射电发射能力的星系称为射电星系。这类星系的射电功率比正常星系强100到10万倍，即达 $10^{37} \sim 10^{47}$  尔格/秒。有些星系所产生的射电能量甚至超过了它们所产生的可见光能量。

射电星系的形态结构多种多样。最主要的几种形态结构是：致密型、核晕结构、延展的双瓣结构、复杂源结构及头尾结构。这些星系的形态结构均可从名字的字面理解。射电星系中大多数可归入椭圆星系一类，不规则星系很少，它们往往是星系团中最亮的成员星系。

首先被发现的射电星系是天鹅座A。到目前为止，已经测定了数千个其他射电星系的位置，其中最主要的有室女座射电星系M87及半人马座A等。

塞佛特星系，这类星系因被美国天文学家塞佛特于1943年发现而得名。这类星系都有一个明亮的恒星状核，核的周围有朦胧的旋涡结构、核区是激烈活动区。塞佛特星系的光谱中有很强的发射线，这些发射线通常是在一般星系光谱中看不到的。有些塞佛特星系的可视光度以长达数月的周期发生着变化；某些塞佛特星系发射着巨大的红外辐射；有的还是强大的X射线源。尽管塞佛特星系的体积比一般星系要小得多，质量也小，但是它们以各种波长辐射的能量是大多数星系的100倍。

塞佛特星系大都是漩涡星系，这类星系占漩涡星系的 1~2%。因此，许多天文学家认为，塞佛特星系实际上不是特殊星系，它们只是漩涡星系演化所经历的一个阶段。至于何种理论正确，目前尚难定论。

N 型星系，这种类型的星系由摩根在 50 年代所发现。这类星系的主要特征是有一个恒星状亮核以及比较致密的暗弱星云包层。星系的辐射大部分由核提供，表明核区是强活动区。有些 N 型星系的周围可以看到旋臂。这类星系有的是射电星系，光谱同塞佛特星系相似，只是发射线较窄，核的宽度有变化。

马卡良星系，这类星系是因前苏联天文学家马卡良发现而得名。马卡良星系是具有反常强紫外连续谱的特殊星系。这类星系主要有两种类型。第一类为亮核型，即核是紫外源，这类星系占有所有马卡良星系中的 2/3，它们大多也是塞佛特星。另一类为弥漫型，紫外连续源分散在整个星系中，这类星系的较暗者多为不规则星系。最近发现马卡良星系多为密近而有相互作用的双重星系。

特殊星系中的蝎虎座 BL 天体及类星体是非常重要的天体，由于我们在别的篇幅中对它们已有详细的介绍，这里就不再多说了。

特殊星系按光度构成一个能量序列，类星体最大、正常星系比它们都小。这表明这些活动现象与类星体有某种联系。而类星体似乎是性质多样的天体集合。因此，研究特殊星系，对探讨星系的起源和演化具有重要意义。

## 发现海王星

在土星之外的一个行星是 1781 年偶然发现的。英国天文爱好者威廉·赫歇耳喜欢磨制反射望远镜，1781 年他用自制的望远镜巡天观测时发现了一个有视面的天体，他认为是一个彗星。当他把详细的观测资料不断送往英国皇家学会时，皇家格林尼治天文台第五任台长马斯克莱恩（1732~1811 年），感到这个天体的轨道似乎为圆形，它可能是一个行星。法国和英国的许多天文学家也纷纷向赫歇耳索取进一步的观测资料，许多人计算了它的轨道，包括拉朗德（1732~1807 年）、拉普拉斯（1749~1827 年）等著名天文学家，大家终于确认赫歇耳发现的天体是太阳系里的又一个行星。这是有史以来人们第一次发现新的行星，它的轨道半径差不多是土星的二倍，这一下子使太阳系的边界向外扩大了一倍。许多人建议将该行星命名为赫歇耳，他本人则提议起名为“乔治星”，以表示对英王乔治三世的敬意。最后，德国柏林天文台台长波德建议以希腊神话优纳那斯神来命名，这就是天王星。

到了 1821 年，有个法国人叫布瓦德，他将 1781 年以来 40 年的天王星资料进行了一番细致的推算。这一算却意外发现天王星总也进不了开普勒的轨道。他又将 1781 年以前的观察资料（当时人们是将它错当恒星记录的）再算一遍，又是另一个轨道。事情又过了 10 年即 1830 年，有人将天王星的运动轨道再算一遍，发现又是第三种样子。这下让天文学界大伤脑筋了，已平静 200 来年的天文界哗然起来，难道是哥白尼的假设、开普勒的“立法”都错了？如果没有错，那就只有一种解释，就是天王星外还有一颗未发现的新星通过引力在影响客观存在的轨道。但是经过 80 年的探索，却杳无踪影。因为，天王星距太阳约 28 亿公里，如绕太阳一周，要用 84 年，如果它的轨道外再有一颗星，找起来简直是大海捞针了。

19世纪40年代，几乎全世界的天文学家都在为找这个暗藏的星星而绞尽脑汁。原来在宇宙中，这一颗星会对附近的另一颗星的运动轨道发生影响，这叫摄动。根据开普勒等人在理论上的发现，在当时对已知星计算摄动是不成问题的。现在要反过来，靠这么一点点的摄动去推算那颗未知的新星，这里面有许多的未知数，简直无从下手。因此寻找这颗新星既像是要去抱一个金娃娃使人急不可待，又像是要去捉一只虎，令人想而生畏。一时整个天文界，整个天文体系，都让这颗星搅得心神不安。1846年9月23日，德国柏林天文台的老台长加勒正坐在自己的办公室里，侍者送进来一封信。此信是从法国寄来的，落款是一个陌生的名字：勒维烈。当他拿起信来仔细一读，不觉大吃一惊：

“尊敬的加勒台长：请你在今天晚上，将望远镜对准摩羯座星（中文垒壁阵四）之东约 $5^\circ$ 的地方，你就会发现一颗新星。它就是你日夜在寻找的那颗未知行星，它小圆面直径约3角秒，运动速度每天后退69角秒（一周天360度，1度=60角分，1角分=60角秒）……”

满头银发的加勒读完信后，不禁有点发愣。他心里又惊又喜，是谁这么大的口气，难道他已观察到这颗星了？不可能，这个未出名的小人物不可能有很好的观察设备，但是他又怎么敢预言得这样具体呢？

好不容易，加勒和助手们熬到天黑，便赶紧将望远镜对准那个星区。果然发现一个亮点，和信中所说的位置相差不到一度。他眼睛紧贴望远镜，一直看了一个小时，这颗星果然后退了3角秒。“哎呀！”这回加勒台长几乎跳了起来喊到。那个陌生人竟预言得连1角秒都不差！大海里的针终于捞到，加勒和其助手们狂呼着拥抱在一起。几天后他们向全世界宣布：又一颗新行星被发现！它的名字取做海王星。

一个月后，加勒匆匆赶到巴黎，按照地址找到了一个实验室里，急切地要见那个叫勒维烈的写信人。这时，桌边一位30岁左右的小伙子羞涩地站起来说：“如果我没有猜错。你就是从柏林来的加勒先生，我就是给你写信的勒维烈。”加勒这回更加惊诧，他万万没料到指点他发现海王星的竟是这么一个年轻人。他一下扑上去，和他紧紧地拥抱，然后迫不及待地说：“你太伟大了，太了不起了，请让我参观一下你的仪器，你的设备。”小伙子还是羞涩地笑了笑，然后从抽屉里取出一大本计算稿纸说：“我是用笔算出来的。”

“请您介绍一下您的算法。”

“其实也没有什么。我研究了一下其他行星与太阳之间的距离，木星、土星和天王星轨道的半径差不多后一个都是前一个的二倍，于是我就设未知星半径，也是天王星的两倍，再列出方程。算出的结果和观察当然还有误差，但经过修正，再算、再修正，再计算，逐步接近。”

“算了多长时间？”

“我也记不清了，大概有好几年。”

“就这样直算到误差小到1角秒？”

“嗯。”勒维烈又是羞涩地点了一下头。

“小伙子，有毅力。这颗星终于让你摘去了。”加勒仔细地审查了这一堆稿纸：共33个方程。这位老天文学家感动了。他冒着寒风在星空下观察了一辈子而不得其果，而这个未出茅庐的小伙子却用一支笔将结果精算于帷幄之中。科学的假设，科学的理论一旦建立，竟有如此伟大的神力啊！

发现海王星的消息传开后，英国皇家天文台急急忙忙查找自己的资料，

这时才发现正好也是一年前的9月里就有个叫亚当斯的青年也计算出了这颗新星的位置，并将结果转告给台长。但这位皇家台长却瞧不起这个23岁的无名小卒，根本没有做认真的观察，以至在这场重要的竞争中，使法国人和德国人捷足先登了（不过后来在科学史上倒也承认这海王星是他们两家同时发现的，勒维烈和亚当斯也成了好朋友。他们后来分别担任了巴黎天文台和剑桥大学天文台的台长）。哥白尼、开普勒的学说终因他们这一伟大的发现而站稳了脚跟。后来恩格斯论及此事时特别感叹地说：“哥白尼的太阳系学说有300年之久一直是一种假说，这个假说有百分之九十九，百分之九十九点九，百分之九十九点九九的可靠性，然而毕竟是一种假说，而当勒维烈从这个太阳系学说所提供的数据，不仅推算出一定还存在一个尚未知道的行星，并且还推算出了这个行星在太空中的位置的时候，当后来加勒确实发现了这个行星的时候，哥白尼的学说就被证实了。”

### 大气环流的奥秘

郑和七次下西洋以及地理大发现中的无数次海上远航，所使用的都是帆船，完全靠风力吹送。人们很早就发现了，地球上有些地带刮风的风向几乎是全年恒定不变的，这称之为定向风。哥伦布是第一个全面了解并充分利用了大西洋有规律风系的航海家。他在发现新大陆前，就已经有过好几次航海经验，他知道低纬度地区老是刮东风，中纬度地区则经常刮西风。所以哥伦布寻找新大陆的第一次航行，是沿着加那利群岛的纬度（约北纬 $28^{\circ}$ ）巧妙地借助东风向西驶去。但在返回西班牙时，他精明地先向北行驶到亚速尔群岛的纬度（约北纬 $39^{\circ}$ ），然后才张满风帆，乘着浩荡西风返回欧洲的。

航海家们利用的这种低纬度东风，在南北半球都有，北半球以东北风为主，南半球以东南风为主，年年如此，挺讲信用的，因此被人们称之为信风。当时的一些商人掌握了这个规律，基本都依靠信风的吹送，来往于海洋上进行贸易经商活动，因而这种风又被商人们叫做贸易风。

自从发现了新大陆以后，西欧的商人们便纷纷组织大批船队装运马匹运往美洲，因为在那儿原来没有马，运输和农耕都很不方便。然而奇怪的是，当船队沿着北纬 $30^{\circ}$ 附近的大西洋航行时，常常遇到海面上死一般的寂静，没有风，闷热异常，帆船便只好无可奈何地在原地打转，乖乖等候顺风的到来，而有时一等就是10天半月。时间长了，马匹因缺少淡水、饲料纷纷病倒、死亡，水手们一时吃不掉那么多马肉，最后不得不将死马成批抛进大海。当时人们恐惧地把这一无风地带叫做“马的死亡线”，又称“马纬度”。此外，赤道带也是个无风带。

但是如果船队跨过了马纬度，进入中纬度海域航行，在南北纬度 $40^{\circ}$ ~ $50^{\circ}$ 附近，马上又会遇到与低纬度方向相反的西风。特别在南半球，这一纬度带没有大的陆地，海域非常辽阔，西风更为猛烈而且稳定，常常在海上掀起狂涛巨澜。1488年，葡萄牙航海家迪亚斯指挥两艘小船，驶往非洲大陆最南端，当船只来到南纬 $40^{\circ}$ 附近时，一场巨大的风暴将这两叶小舟在大海上吹荡了整整16天，值得庆幸的是最终他们被吹送到一个岬角上。心有余悸的迪亚斯还将这个岬角命名为风暴角（后葡萄牙国王认为这个岬角的发现，使通往富庶东方的航路有了打通的希望，改名好望角）。南半球的西风带也因此而被人形象地称为“咆哮西风带”了。

随着航海事业的发展，人们更加急于了解，地球上为什么会有南北对称分布的定向风带及无风带，定向风为什么能这样信守自己的方向，又是什么力量掌握着定向风的方向呢？

首先发现信风的是英国天文学家哈雷，他因计算出一颗著名彗星的回归周期（76年）而享誉全球，这颗彗星后来就以他的大名命名。有人说他的伟大天才在于能将复杂的资料整理出某种头绪来。他对地学也曾有过许多贡献，他首创用图表法来说明地球自然现象的地理分布。1698~1700年他参加了为纯科学目标的第一次远航，并制成了世界上第一幅地磁变率图。1686年他在一本叫做《哲学学报》的杂志上发表他的信风理论，综述了三大洋盛行的风，并附了一张风图。文中正确地描述和刻划了热带风的基本特征——赤道无风，赤道以北盛行东北信风，以南则为东南信风。他认为信风的形成与太阳供给赤道较多的热有关。1688年，他又根据收集来的海洋上测风资料，绘出了北纬 $30^{\circ}$ ~南纬 $30^{\circ}$ 的世界上第一幅信风分布图。这种全球信风分布图，由于来自于实践，有观测资料作为基础，因此在航海中起了很大作用。当时人们都参照信风图来科学地安排航行，把从英伦三岛到澳大利亚之间的航期，由250多天缩短到150天左右。这件事激起了人们进一步研究贸易风的兴趣，积极收集资料，并作理论的探讨。

1735年，另一位英国天文学家哈得莱发表了《关于信风之起因》一文，正确地解释了信风现象，从而创立了经圈环流的理论，并修正了哈雷关于西风是因太阳向西运行所造成的错误说法，而首次考虑由于地球自转对大气环流的影响。哈得莱认为，赤道地区接受的太阳热量要比极地多得多，因而赤道地区的空气受热变轻产生上升运动，极地的空气受冷变重产生下沉运动。这样高空空气就由赤道向极地补充，低层空气则由极地流向赤道，从而形成一个沿经线方向运动的闭合的大环流圈。由于地球自转的影响，水平运动的物体都会发生偏向，在北半球向右偏，在南半球就向左偏。因此低层由极地流向赤道的气流就分别偏折成北半球的东北信风和南半球的东南信风；而高空由赤道流向极地的气流也都受到偏折，而形成高空的西风带，因下沉作用，又形成中纬度的地面西风带。他的这种环流理论，今天看来虽然相当粗糙，但在当时这个理论却成为日后气象学家研究大气环流的重要基础之一。为了纪念他的功绩，至今人们还把低纬度的经圈环流称为哈得莱环流。

哈得莱考虑到了地球自转的因素，但当时他还没有发现造成物体偏向的力，这个力是由法国数学家和物理学家科里奥利提出的。科里奥利小时候很喜欢郊游，经常跟着老师到野外观察。他发现北半球的大河，在两岸地质条件相似的情况下，总是右岸比左岸冲刷得厉害，这种奇怪现象在他幼小的心灵里便留下了难以忘却的疑问。他长大后经过反复研究，证明这是由于地球的自转，在地球表面产生了一种能使运动物体的方向发生偏斜的力，并把它叫做地球自转偏向力。后来人们为了纪念这种力的发现者，也把它叫做科里奥利力，简称科氏力。

曾经当过中学教师的美国人威廉·费雷尔，于1856年第一次把科氏力正确应用于解释大气环流，他用数学方法证明风受地球自转影响而偏向。他指出，正是由于科氏力的作用，才使北半球低纬度地面的盛行风向由北风右偏为东北风，南半球则由南风左偏为东南风。费雷尔还首次提出中纬度地区也存在一个经向环流圈，这里的近地面风向，原来是从低纬向高纬流动的，但由于科氏力的作用，北半球的南风偏转成西南风，南半球的北风偏转成西北

风，从而形成了中纬度地区的盛行西风带。由于这一环流圈的流向与哈得莱环流相反，所以人们称之为逆环流，同时也叫做费雷尔环流。

后来人们又知道，高纬度也有一个经向环流圈，称作极地环流，在近地面所形成的风带叫极地东风带。这样，在每个半球上就有三个风带。每两个风带之间是一个低气压带或高气压带。如北纬  $30^\circ$  附近就是副热带高气压带，盛行下沉气流，风力微弱，也便是过去曾闻之色变的“马纬度”。

## 宇宙流

爱好围棋的人都知道，日本著名的围棋手武宫正树的棋讲究规模的宏大，可以给人一种气势磅礴的感受，因而被称之为“宇宙流”。那么真正的天上的宇宙流是什么呢？那是描述星系的运动的，其规模，显然非武宫正树的“宇宙流”可比！

美国天文学家哈勃在研究了星系的运动之后，得出了著名的哈勃公式  $V=HR$ ，即星系运动的速度与星系的距离成正比。但是后来的观测发现这并不是完全正确的。由银河系，大、小麦哲仑云和仙女座大星云等星系组成的本星系团中一些星系与哈勃的计算值之间有每秒 600 公里的差值。1973 年，天文学家发现在按哈勃公式计算出的运动速度为每秒 3500 ~ 6500 公里的星系有一个约每秒 800 公里的速度差值，并且被后来红外线波段的观测所证实。这些与哈勃流速不一致的星系运动，称之为“宇宙流”。但天文学家并不想就此收兵，他们希望找出星系宇宙流的规律来，以更好地研究大尺度范围内物质的运动。不过遗憾得很，直到现在为止，呈现在天文学家眼前的宇宙流还是杂乱的。

没有找到规律并不表明没有规律，只要是在宇宙中运动的物质，就一定有章可循。宇宙流所遵从的规律没有找到，说明宇宙流是一种大范围、多原因的运动。一旦这个规律被发现，就必将对人类的整个宇宙观带来深刻的变革。

## 星系冕

安徒生的童话《皇帝的新装》中，皇帝穿了被骗子裁缝称之为“愚蠢和不称职的人看不见的衣服”在大街上游行，其实他什么也没穿，出尽了洋相。可宇宙中就恰恰有这样一种“帽子”，它环绕在星系之外，质量巨大，但用一般的方法却看不见，这就是星系之帽——星系冕。

既然看不见，又是怎样发现的呢？这是通过一种间接的方法发现的。1974 年初，前苏联塔尔图天文台的天文学家对 100 多个星系的运动速度随机变化进行分析，因为速度变化范围和质量有关，由速度变化范围分析结果发现星系外面尚有一个巨大的质量包层。随后，美国天文学家也证实了前苏联人的这一发现。

星系冕的尺度非常巨大，占据了几十万到上千万光年的空间。星系冕的质量与星系的质量和光度有关，若星系质量和光度越大，那么星系冕的质量就越大。我们银河系的冕的质量约是 1000 亿个太阳质量。大的星系的星系冕质量可达到银河系冕的 10 ~ 30 倍。

星系冕的发现有着极其重要的意义，它说明宇宙中物质可能绝大部分是以

我们看不见的物质形态存在，形成为可见星系或恒星的，则只是其中的一小部分。星系冕的存在，使星系的质量就比原来估计的要大，于是，自吸引力增大，物质更难跑出去，从而星系就可能更稳定。

## 第 2051 号小行星

1902 年 2 月 16 日，张钰哲出生在福建省闽侯县。他在小学和中学时代，学习成绩一直都很好。1919 年以优异的成绩考入清华学堂高等科，1923 年毕业后即去美国留学。他选择了古老而有趣的天文学作为自己学习、研究的对象，并把毕生的精力都倾注于这门学科的研究上。

1925 年张钰哲进入美国芝加哥大学天文系学习，两年后获硕士学位；接着，他一面在叶凯士天文台作小行星和彗星的照相观测工作，一面继续学习，攻读博士学位。在这期间，他通过连续的观察和计算，成功地发现了一颗新的小行星，从此结束了小行星由外国人发现的历史，为我国当时极其落后的天文事业争得了荣誉。为了表示对远隔重洋的祖国的怀念，张钰哲把他发现的小行星命名为“中华”。

1929 年，张钰哲以《有一定平面的双星轨道极轴指向空间的分布》的论文获得博士学位。学成归国时，他到威尔逊天文台、罗威耳天文台、立克天文台及加拿大维多利亚天文台进行了参观访问，以便回国后在中国创办天文台时有所参考借鉴。

1946 年，张钰哲再度赴美考察，观测中发现了一颗新变星，并在美国天文学会年会上宣读了题为《新的食变星的速度曲线》的论文，同时对许多其他问题也做了进一步的探讨和研究，为紫金山天文台的重建做好了准备工作。

南京解放后，张钰哲担任了中国科学院紫金山天文台台长，从 1949 年底开始，他全身心致力于小行星和彗星的观测研究，开展了小行星轨道测定、摄动计算和改进轨道方面的计算研究。30 年来，张钰哲和他领导的行星研究室总共获得了五六千次小行星的成功观测，陆续发现了几百颗星历表上未有编号的小行星，有的已用我国古代天文学家和省市的名字来命名。

张钰哲以毕生精力致力于祖国天文事业，他治学严谨，事必躬亲，不仅勤于观测，而且勤于理论研究和著作编译工作。

国际天文协会为了表彰他在小行星研究和其他方面的贡献，特意把 1976 年 10 月 23 日美国哈佛天文台所发现的 2051 号小行星命名为“张”，以作为永久的纪念。

## 织女难会牛郎

古代人以夜空的繁星为题材，创造出许多美好动人的神话故事，关于牛郎和织女的传说便是其中之一。据说，勤劳的牛郎是人间的普通村夫，而织女却是西天王母娘娘最宠爱的孙女儿。织女心不甘天宫寂寞，动了凡念，私自下凡与牛郎结为夫妇。此事犯了天上神仙们的法律，玉皇大帝派天兵天将把织女捉回天上。牛郎挑着担子，一边坐着女儿，一边坐着儿子，在后面飞快地追赶。眼看着牛郎就要追上织女了，王母娘娘从头上拔下碧玉簪，在牛郎和织女之间轻轻地一划，立即出现了一条波涛汹涌的天河，把一对有情人

永远地隔开了。然而，情之所钟，惊天动地。天上的神鹊非常同情织女和牛郎，每年的农历七月初七，它们飞临天河上空，架起鹊桥，让织女和牛郎相聚一宵。

古老神话那令人倾倒的巨大魅力，在现代天文知识面前显得黯然失色。今天，观测的结果告诉我们，即使在织女星和牛郎星上真有本领高强的“神仙”，他们想要每年聚首一次也是根本不可能的。织女星距地球约 26 光年，每秒走 30 万公里的光也要跑 26 年之久。牛郎星距地球 17 光年左右；织女星和牛郎星则相距 14 光年以上。换言之，以目前所知最快的宇宙速度——光速飞行，从织女星到牛郎星也要 14 年多的时间。

当然，织女星和牛郎星上也根本不存在任何生命，它们都与太阳类似，是炽热的恒星。织女星表面的温度约 9000 K，比太阳表面高 3000 K 左右；直径约 400 万公里，差不多为太阳的 3 倍；它的体积差不多是太阳的 24 倍。牛郎星表面温度有 7000 K 上下，比太阳表面也高出 1000 K 左右。

可是，织女星好像与地球上的人类结下了不解的缘份，据天文学家预测，随着天体的运动，斗转星移，特别是随着地轴倾斜角度的缓慢变化，到公元 14000 年的时候，今日的织女星，将正好位于地球北极的上空，成为新的、明媚的北极星。

## 小熊星座

星星的知名度并不和它们的亮度成正比例的关系，有些星的知名度和它所占据的位置关系密切。最典型的例子就要算是小熊星座了。

社会历史发展的特殊机缘，使北半球的文明最早兴起，并得以延续下来。至少在公元前 10 世纪之前，中国、巴比伦、埃及、希腊等地的先民就开始了各具特色的天文观测。在所有这些观测中，人们总是注意到一颗不太明亮的星，它永远处在北方天空中的固定位置上，于是给它起名为北极星。北极星，几乎在地球北极的正上方，数个世纪以来，它为航海者指示着航向。在一般的测量中，北半球的人还可以根据它的高度来确定所在地的纬度，你看到北极星时的视线和地平面间的夹角的度数，就是你所在地的地理纬度。

北极星，是小熊星座中的 星。由于北极星占据了特殊的位置，所以小熊星座几乎成了尽人皆知的著名星座。即使不太熟悉北极星的人，根据大熊星座里北斗七星中的“指极星”——斗边两颗亮星，也很容易找到它，北极星正好位于两颗指极星连线外延五倍远的地方。

关于星座的神话中，也许与大熊座和小熊座相关联的神话最扣人心弦了。在古希腊的神话中，主管山林水泽的是漂亮的嘉丽丝托女神。诸神之王朱庇特和嘉丽丝托之间产生了炽热的恋情，朱庇特担心嫉妒成性的天后朱诺会加害于嘉丽丝托，就用法力把嘉丽丝托变成一只熊，让她住在山林中。嘉丽丝托之子阿卡斯不知内情，在一次狩猎中险些射死自己的生母。朱庇特觉得长此下去终是不便，于是便断然将母子二人安置于天上：嘉丽丝托就是大熊座，阿卡斯就是小熊座，母子相依，夜夜俯视着人间。

对于业余的天文爱好者，还应该知道，北极星除占据重要的“天位”外，它还是一颗三合星——由三颗靠得很近的星组成的小天体系统，同时它又是一颗变星——它的亮度变化率为 14%，所以，不是特别留心观察，一般难以发现它是变星。

## 红巨星

一般人听说太阳的直径是地球直径的 109 倍,体积是地球的 130 万倍时,都会觉得太阳是大得惊人的天体。实际上,太阳按大小来说,只是恒星中的寻常之辈。

星际空间的巨人是一组被称做红巨星的恒星。例如,牧夫座中的大角星,直径相当于太阳直径的 24 倍,体积是太阳的 13800 多倍;御夫座的毕宿五,直径是太阳的 45 倍,体积是 9 万多倍;天蝎座的心宿二,直径是太阳的 230 倍,体积是 1200 多万倍!然而,心宿二也不是最大的恒星,至少现在天文学家知道,猎户座的参宿四,直径是心宿二的 2.39 倍,体积是心宿二的 13.67 倍。要是和太阳相比,参宿四更是大得惊人,它的直径为太阳的 550 倍,体积相当于 1 亿 6 千 6 百多万个太阳!

人们不禁要问,如此巨大的天体是怎样形成的呢?目前,天文学界认为,红巨星是比太阳更老的恒星。开始,它们也曾是靠着由氢变成氦的热核反应维持着发光、发热的个头中等的恒星。当它们的氢燃料消耗殆尽时,排斥力日益减小,引力的作用使它们发生收缩。引力收缩时产生的能量使其中心区域的温度上升到 1 亿度以上。于是,在那里产生了在地球上根本无法实现的另一种热核反应:三个氦原子核聚变成一个碳原子核。这一反应产生了极强烈的爆炸力,使星体的外壳一下子膨胀几十倍、甚至几百倍,外壳处的温度一般在 3000 到 4000 之间,呈现出明亮的红色。理论推算表明,靠氦聚变为碳的反应释放的能量来维持其庞大体积的红巨星,寿命都较短,一般仅能存在几百万年。当绝大部分的氢元素都转变成碳元素后,恒星的体积会再一次缩小,同时使其中心区的温度上升到一个新的数量级,进而引发新的向更重化学元素转化的热核反应。

如此螺旋状升级的热核反应,一次比一次更猛烈。最终会产生最强烈的大爆炸,其威力之大,使许多原属于恒星的物质,获得了脱离其引力场的巨大速度,飞向宇宙空间。在这样的突变后,红巨星就变成了另一类恒星了。

## 踪迹难寻的白矮星

几乎所有的天文学家都确信:宇宙空间中的“侏儒”比“巨人”多得多。

目前的天文学理论认为,所有的恒星都是靠热核反应来维持其能源的。毋庸置疑,恒星的核原料迟早有用完的一天,那时,这颗恒星将如何度过它的暮年时光呢?先让我们来看看多数恒星的情况吧。

天文观测表明,一些质量不太大的恒星,或者说质量小于太阳质量 1.4 倍的恒星,用完自身的核燃料后,一般都不可能再产生突发性的能量释放过程了。开始阶段,它们都是较平稳地发挥着“余热”,随着温度下降,它们的体积日渐缩小,同时也就把它所存有的引力能也无私地奉献给宇宙空间。最后,它们体积缩小到了自身的极限,密度增大到每立方厘米几百千克!这时,恒星就变成了白矮星——恒星家族的侏儒。白矮星的直径一般只有太阳的几十分之一。例如,在天空中肉眼看去最明亮的天狼星,实际上是双星,主星直径 2 倍于太阳的普通恒星。它的伴星天狼星 B,则是一颗白矮星,直径大约只有太阳的三十分之一。

白矮星体积小，亮度低，一般用肉眼都无法看到它。而冷却到不再发射可见光的白矮星，天文学家也很难用天文望远镜直接看见它们，而只能依据天体系统质量分布的大概情况去推断它们的存在。因为，冷却后的白矮星，和我们称之为行星、卫星等的天体的重大区别，就在于白矮星有大于行星、卫星几万倍或十几万倍的密度。换言之，白矮星的巨大质量，会使靠近它的可见天体的运动受到不容忽视的影响，这正是科学家寻找白矮星的重要途径，同时，也是白矮星踪迹难寻的重要原因。

天文学家期待着宇宙空间的飞船，在寻找智慧生命的同时，能早日查清距我们较近的白矮星的情况，为恒星演化的研究提供更多的事实资料。

### 密度惊人的中子星

从 1992 年年底算起，正好在四分之一世纪之前，全世界绝大多数天文学家都处于一种紧张、亢奋的状态之中。一项偶然的发现，使全世界的射电望远镜都指向了茫茫天球上的一个狭小的区域。新闻记者们捕风捉影，接收到了外星人无线电信号的消息成了全地球人的最热门的话题。事件是这样开始的：

1967 年 7 月，在英格兰的剑桥附近，一架专为研究星空“闪烁效应”的射电望远镜启用了。8 月的一天，专门负责检查自动记录图纸的贝尔小姐——爱尔兰的研究生发现了一个十分奇异的射电信号，它与以前天文学家所了解的由太阳大气所引发的“闪烁效应”根本不同，它的脉冲短促，按当时的记录速度，难以辨别它的周期。或许这是地面上电气设备的干扰信号吧？但无论如何，观测的负责人还是决定加强监测，并调快了自记纸张运行速度，以期弄清这个奇异的射电信号的周期。到 9 月份，一切都准备就绪时，神秘的射电信号却失踪了。

1967 年 11 月，该射电望远镜再次收到了来自太空的射电信号。当贝尔小姐将第一份高速记录纸带送给负责人安东尼·海威斯先生过目时，海威斯先生竟惊异得目瞪口呆：神秘的信号源发来的是间隔约 1.33 秒的短周期脉冲无线电波。在紧张的核对这一记录的过程中，科学家更加惊奇地发现，这些无线电波的历时，精度不低于百万分之一秒，是一座相当准确的天文“时钟”。

各国天文学家的共同努力，迅速排除了是智慧生物的联络信号的任何可能性。随后，很快证实了，这些无线电信号来自理论天文学家预言过的、过去还从未发现过的中子星。

20 多年过去，科学家已弄清了中子星的大略状况。那些质量为 1.5~2.0 个太阳质量的恒星，用尽核燃料后，在引力作用下收缩时，达到白矮星阶段仍不会停止，而要进一步收缩。如果说，强大的引力压力使白矮星物质的电子紧贴着原子核运行的话，那么，更大的引力高压则把电子完全压到原子核内，电子和质子合为一体了。即是说，在这类天体上，物质的原子已不再显现出电的特性，完全由挨得很近很近的中子组成，这就是中子星。

中子星的直径大约只有 8、9 公里，但它的质量却差不多和整个太阳系的质量一样。据估算，中子星的密度可以高达每立方厘米 1 亿吨以上，真是令人难以想象。

一颗巨大的恒星，在收缩成为中子星的过程中，遵守着角动量守恒定律——质量越集中，自转速度就越快。目前，已观测到的银河系的中子星，每

秒都自转 1000 周左右。恒星收缩时，还导致了其原有磁场强度的增大，一般认为中子星的磁场强度可以达到普通恒星磁场强度的 100 亿倍。

极高的密度，难以想象的飞快自转，超乎寻常的磁场强度，是中子星的基本特色，也是它能发射本文开头所提到的奇异射电信号的主要因素。理论物理学家正借此来推进他们的理论设想，射电天文学家们则希望能更多、更详细地了解中子星的秘密。

## 星际“双生子”

被阿拉伯人称为“阿尔果尔”——意为“魔鬼之星”的一颗亮星坐落在银河的繁星之间。这颗英仙座的亮星，中国人称它为大陵五，怎么得到了“魔鬼”的诨号？

一位聋哑人，英国的天文学家约翰·古德里克在 1783 年首先解释了这个问题。他发现大陵五的亮度每 2 天 22 小时变暗一次；他提出，大陵五是两颗星组成的：一颗较亮的恒星和一颗暗一点的伴星，它们互相绕转时，当伴星遮掩了主星时，我们就会看到似乎这颗星“变暗了”。就是说，大陵五看上去是亮度不断改变的星，所以阿拉伯人称之为“魔鬼之星”，而实际上它是双星——星际空间奇异的双生子。古德里克的理论为其后的天文观测所证实，人们称大陵五这类因伴星遮掩而改变亮度的双星叫食变双星。

人眼在夜空所看到的天狼星，也是一对双生子，不过它们的发育程度却有天壤之别。天狼星的主星直径相当于太阳的 2 倍，发出耀眼的蓝白色光芒，表面温度高达 40000 ~ 50000 K，属于热核反应最激烈的青壮年恒星；而它的那颗伴星，直径约为太阳的 1/30，光也暗得多。别看这对双生子的体积相差 21 万多倍，可它们的“体重”却相差无几。

星际中的巨人型双生子也不少，在紧靠大陵五的御夫座中，就有一对风采过人的双星。其中一颗，直径约为太阳的 7 倍，发出蓝色的光；另一颗的直径为太阳的 98 倍，发红色的光。它们绕着共同的重心旋转一周要用去约 2.66 年的时间，每一周期中我们可以观测到两次相互掩食的现象，一次是红星将蓝星完全遮住，另一次则是蓝色的星在红星表面上掠过；每次掩食过程从偏食开始，到食甚，到结束，共历时约 40 天！

有些双星相距很近，它们是宇宙中快节奏的“舞伴”。例如，北斗七星中勺柄上的双星，互绕一周的时间仅 0.67 天左右，两星的大气层则联成一体，看上去颇像天际的巨型哑铃。

最初，天文学家以为宇宙中双星是罕见的，茫茫天际，充其量有几千对而已。可是，80 年代末期，随着观测手段的进步，人们惊奇地发现，恒星孪生的现象，在银河系中比例高达千分之二、三。按绝对数量而言，在银河系中双星可能有 4 ~ 6 亿颗之多。

目前，已查明的河外星系约有 10 亿个，宇宙中可能有多少“双生子”，每个读者不妨自己去估算一番吧。

## 太空巨蟹

请读者记住公元 1054 年。这一年的一项天文学发现，给天文学家留下了一个 900 多年的未解之谜，也为当代最热门的宇宙起源的理论设想奠定了基

础。

宋至和元年，即 1054 年，中国天文学家记录到金牛座天关星附近的一次非同寻常的“大爆发”现象，当时的人们认为这是拜访天关星的客人，故称之为“天关客星”。日本的天文学家也观察并记录了这次异乎寻常的天象。这是人类第一次观测到的超新星爆发。这次大的星际空间爆发事件，留下了一大片形如巨蟹的发光的星云，即天文学界著名的蟹状星云。

其后的观测，越来越使天文学家关注：蟹状星云的体积在不断扩大，其膨胀的速度高达 1300 公里/秒！蟹状星云始终发射着迷人的光彩。是什么天体在空中爆发而产生了如此巨大的一片星云？它又是从哪里获得的能量，近千年来持久不衰地发光、发出射电信号、发出 X 射线和 射线？

不少天文学家都假设在蟹状星云中，一定有一颗恒星，它的巨大爆发产生了星云。可是，要证实关于遥远天际的这样一项至关重要的假说，必须有确凿的证据。

1968 年，在人类第一次观测到蟹状星云之后的第 914 年，在美国东部弗吉尼亚州的格林班克国家射电天文台终于在星云中找到了一颗脉冲星——即中子星，随后由另一天文台准确测定了它发出的射电信号的周期为 0.033 秒。科学家确信，这颗中子星，就是导致 900 多年前那场大爆发的恒星的“残骸”。

精确的时间测量，进一步揭开了围绕着蟹状星云的迷雾。它中心处的脉冲星的频率正在逐步变小，正是它损失的能量，“点亮”了蟹状星云。计算结果表明，蟹状星云脉冲星的年龄约 1000 年，恰与宋代人记录到的天关客星出现的时间相吻合。

简单地说，蟹状星云之谜初步解开，给天文学家一个明确无误的启示：宇宙中可能产生我们怎么想像都不会过分的巨大爆发事件。

## 脉冲星

脉冲星是 20 世纪 60 年代天文的四大发现之一。至今，脉冲星已被我们找到几百颗，并且已得知它们就是高速自转着的中子星。

脉冲星有个奇异的特性——短而稳的脉冲周期。所谓脉冲就是像人的脉搏一样，一下一下出现短促的无线电信号，如贝尔发现的第一颗脉冲星，每两脉冲间隔时间是 1.337 秒，其他脉冲还有短到 0.033 秒的，最长的也不过 3.745 秒。那么，这样有规则的脉冲究竟是怎样产生的呢？

天文学家已经探测、研究得出结论，脉冲的形成是由于脉冲的高速自转。那为什么自转能形成脉冲呢？原理就像我们乘坐轮船在海里航行，看到过的灯塔一样。设想一座灯塔总是亮着且在不停地有规则运动，灯塔每转一圈，由它窗口射出的灯光就射到我们的船上一次。不断旋转，在我们看来，灯塔的光就连续地一明一灭。脉冲星也是一样，当它每自转一周，我们就接收到一次它辐射的电磁波，于是就形成一断一续的脉冲。脉冲这种现象，也就叫“灯塔效应”。脉冲的周期其实就是脉冲星的自转周期。

然而灯塔的光只能从窗口射出来，是不是说脉冲星也只能从某个“窗口”射出来呢？正是这样，脉冲星就是中子星，而中子星与其他星体（如太阳）发光不一样，太阳表面到处发亮，中子星则只有两个相对着的小区域才能辐射出来，其他地方辐射是跑不出来的。即是说中子星表面只有两个亮斑，别

处都是暗的。这是什么原因呢？原来，中子星本身存在着极大的磁场，强磁场把辐射封闭起来，使中子星辐射只能沿着磁轴方向，从两个磁极区出来，这两磁极区就是中子星的“窗口”。

中子星的辐射从两个“窗口”出来后，在空中传播，形成两个圆锥形的辐射束。若地球刚好在这束辐射的方向上，我们就能接收到辐射，且每转一圈，这束辐射就扫过地球一次，也就形成我们接收到的有规则的脉冲信号。

脉冲星是高速自转的中子星，但并不是所有的中子星都是脉冲星。因为当中子星的辐射束不扫过地球时，我们就接收不到脉冲信号，此时中子星就不表现为脉冲星了。

## 暗物质

茫茫宇宙中，恒星间相互作用，做着各种各样的规则的轨道运动，而有些运动我们却找不着其作用对应的物质。因此，人们设想，在宇宙中也许存在着我们看不见的物质。

20世纪30年代，荷兰天体物理学家奥尔特指出：为了说明恒星的运动，需要假定在太阳附近存在着暗物质；同年代，茨维基从室女星系团诸星系的运动的观测中，也认为在星系团中存在着大量的暗物质；美国天文学家巴柯的理论分析也表明，在太阳附近，存在着与发光物质几乎同等数量看不见的物质。

那么，太阳附近和银道面上的暗物质是些什么东西呢？天文学家认为，它们也许是一般光学望远镜观测不到的极暗弱的褐矮星或质量为木行星30~80倍的大行星。在大视场望远镜所拍摄的天空照片上已发现了暗于14星等，不到半个太阳质量的M型矮星。由于太阳位于银河系中心平面的附近，从探测到的M型矮星的数目可推算出，它们大概能提供银河系应有失踪质量的另一半。且每一颗M型星发光，最多只能有几万年。所以人们认为银河系中一定存在着许许多多的这些小恒星“燃烧”后的“尸体”，足以提供理论计算所需的全部暗物质。

观测结果和理论分析均表明漩涡星系外围存在着大质量的暗晕。那么，暗晕中含有哪些看不见的物质呢？英国天文学家里斯认为可能有三种候选者：第一种就是上面所述的小质量恒星或大行星；第二种是很早以前由超大质量恒星坍缩而成的200万倍太阳质量左右的大质量黑洞；第三种是奇异粒子，如质量可能为20~49电子伏且与电子有联系的中微子，质量为 $10^5$ 电子伏的轴子或目前科学家所赞成的各种大统一理论所允许和需求的粒子。

欧洲核子研究中心的粒子物理学家伊里斯认为，星系晕及星系团中最佳的暗物质候选者是超对称理论所要求的S粒子。这种理论认为：每个已知粒子的基本粒子（如光子）必定存在着与其配对的粒子（如具有一定质量的光微子）。伊里斯推荐四种最佳暗物质候选者：光微子、希格斯微子、中微子和引力粒子。科学家还认为，这些粒子也是星系团之间广大宇宙空间中的冷的暗物质候选者。

到现在，已有不少天文学家认为，宇宙中90%以上的物质是以“暗物质”的方式隐藏着。但暗物质到底是些什么东西至今还是一个谜，还待于人们去进一步探索。

## 寻找黑洞

自从在理论上证明了黑洞存在的可能性以后，探索黑洞便成了最引人注目的研究。那么黑洞到底隐藏在哪里呢？

或许你想象不到，在宇宙间发现黑洞是件多么难的事情。你不可能简单地用一架望远镜仰望漆黑的天空，就此老老实实在地期望发现一个黑洞。因为黑洞不发光，使得它们极其难以捉摸。

黑洞可能有大有小，但它的类型却是有限的。黑洞的特性是指它的质量、自转和电荷。如果我们以从大质量恒星演化而来的黑洞为目标，则搜索黑洞就会容易些，因为我们对这类黑洞的起源比较了解。恒星在晚年核燃料全部耗尽，星体在其自身引力作用下开始坍缩。若其质量大于太阳质量 3 倍，则坍缩的最终结果就是产生黑洞。此类恒星级黑洞的质量一般不超过太阳的 50 倍。此外，在双星系统中，黑洞天体可以从它的伴星吸取物质并发射 X 射线，而 X 射线我们是可观测和分析的。正是对双星系统的分析，我们获得了黑洞存在的最好证据。其中天鹅座 X—1 是最强有力的黑洞候选者。

寻找不同质量黑洞也是可能的。远小于恒星质量的小黑洞可能在宇宙开始时大爆炸的引力混沌中形成，大爆炸异乎寻常的力量把一些物质挤压得极其紧密，于是形成了“原生黑洞”。其典型尺度仅相当于一个基本粒子，质量与小行星相仿。20 世纪 70 年代研究黑洞的一个引人注目的结果是小黑洞的蒸发理论。但目前尚未发现正在蒸发的小黑洞。质量比恒星大的黑洞也可能存在。星系和球状星团的中心部分恒星很密集，星体之间容易发生大规模的碰撞而产生超大质量天体的坍缩，形成质量超过太阳质量 1 亿倍的大黑洞。这些大黑洞可能为在巨大的星团中观测到的 X 射线源提供能量，它们也可能是给类星体供应能量的“发电站”。如果整个宇宙停止膨胀的话，宇宙的结局就会是一个黑洞。

然而，黑洞的存在与否，以及它的类型和性质，仍有待我们去证实与检验。黑洞就像其本身的特性一样，用它极其强大的引力吸引着我们去探测这一宇宙的杰作。

由于黑洞极其独特的性质，使对它的发现和检测变得非常困难。面对巨大的挑战，科学家们充分发挥了他们的卓越才能和智慧。

解决问题的钥匙正是问题的性质本身。所有黑洞的周围环绕着强引力场，以至于黑洞视界内的任何辐射都无法逃离黑洞。因此使我们不能直接探测到它们。然而也正因为这样，可以通过观测黑洞对周围事物的强引力作用而对它进行检测。虽然有一点是不幸的，我们永远不能直接观测到黑洞本身，而是间接发现和检测。但是我们终于摆脱了困境，找到了出路。

检测黑洞的一种可能方法牵涉到光的引力偏转现象。光线通过一个强引力场时会发生弯曲。当光线在黑洞附近通过时，则由于环绕黑洞的强引力场引起时空有很大的曲率，这种效应将显著得多。当地球、黑洞和遥远的星体排在一条直线上时，地球上的观测者将看到遥远星体的两个像，分别在黑洞两侧。而这种借助黑洞扭曲遥远的背景恒星或星系的配置就像光线通过一个玻璃透镜一样，所以称之为引力透镜，当然这种方法本身就是很困难的。因为这要求地球、黑洞和背景星体三者必须极其准确地排列成一条直线，而这种完美无缺的排列是极罕见的。

在探测黑洞这个问题上，也许观测黑洞对气体和尘埃的吸积现象比观测

引力透镜格外奏效。因为掉进黑洞的气体可能会发出在远处可以检测的辐射。由于星际空间几乎是完全真空的，星际气体的原子彼此相距如此之远，以至一个孤立的黑洞不可能吞噬这种气体快到足以产生可以检测到的辐射。我们必须改在气体供应充足的附近去探测黑洞。而双星系统是理想的候选者。当一个双星系统中有一个黑洞存在时，另一颗恒星风中的粒子经过黑洞附近时被俘获进入绕黑洞的轨道而形成吸积盘。当这些向内盘旋的气体越来越接近黑洞时，它们被摩擦加热到越来越高的温度，恰在它们最终掉进黑洞之门前产生极其强烈的 X 射线。

由于地球大气对 X 射线的吸引完全阻碍了地面观测。在此天文学家必须在地球大气之外进行观测。于是在 1970 年 12 月 12 日，美国发射了一颗名为“乌呼鲁”意即“自由”的 X 射线天文卫星。“乌呼鲁”的上天使得对黑洞的检测得以实测。一年后便发现了一个最理想的黑洞候选者——天鹅座 X—1 双星系统。此后相继发射了一系列 X 射线检测卫星，例如“爱因斯坦天文后”等等。因而接连不断地得到越来越好的 X 射线图，从而对黑洞的检测工作进展迅速。

寻找快速 X 射线闪烁的捷径在于从天空里接连不断发现的许多 X 射线源中间找到黑洞的候选者。我们说不定会立刻发现黑洞比任何人想象的要多得多。

黑洞的神奇魅力，使对它的检测成为现代天体物理学的前沿，也是整个科学和人类认识观的前沿。

## 类星体

20 世纪 50 年代后，类星体的发现，使之成为最引人注目的天体之一。由于它们看上去像恒星，因此就称它们为类星状天体，简称类星体，然而类星体与恒星有着天壤之别。那么类星体的结构是怎样的呢？

通过对类星体的大量观测和研究，使我们对类星体有了大致的了解。首先，我们知道类星体（或至少是其内部的产生能量的区域）是很小的。这个事实是通过它们的快速高度变化推导出来的。其次，类星体是极其明亮的。这个事实则根据它们的巨大红移，因而意味着它们位于离地球非常遥远的地方而推断出来的。这两个事实合在一起，使类星体成为迄今天空中所发现的最异乎寻常和捉摸不透的天体。天体物理学家面临着这样一个艰难的任务，试图去解释在仅仅比太阳系大几倍的体积内何以能产生相当于 100 个星系的能量输出？

为了解释这一难题，经过科学家的努力，在理论上构造出了类星体的一般的总体模型。

类星体中心是未知的能源——高速电子的源。外面有许多高速电子云。这些小云产生了射电和光学的继续辐射，可能还产生了其他波段的连续辐射。外面的气体纤维在高能连续辐射的作用下电离，并把这种辐射转变为发射光子，就是波长一定的一些光子。类星体的最外面可能是高速运动的云，当它们从朝着我们传播的辐射中俘获光子时，就产生了吸收线。

这就是我们在理论上所描述的类星体的基本模型。

听起来似乎我们已经对类星体了解得一清二楚了。然而，可别忘了，我们并不知道类星体的能量是从哪里来的。对类星体的演化也一无所知。为了

解决这些问题，现在已经提出几种互相竞争的理论。

一种观点认为，类星体是与星系形成相联系的现象。在原星系坍缩的过程中，早一代大质量恒星抛出的物质聚集在原星系的核心，在短暂而强烈的爆发性恒星形成中，可以达到相当的光度。类星体可能与此有相似的过程。然而由于类星体显然有正常含量的重元素。这相当于恒星已演化到一定的程度，而不可能处于演化的初期阶段，因此这一事实成为这一理论的困难。

另一种不同的观点认为，类星体代表星系演化的最后阶段。在星系的中心区域恒星的密度非常高而恒星的分布倾向于把大质量的恒星和小质量恒星分开，前者落向中心区，开始相互碰撞。恒星间的碰撞是灾变事件，有可能导致超新星的爆发。在挤紧的稠密恒星系统中，高比率的恒星爆发就可以提供类星体的能源。

一种更流行的类星体模型是，类星体是一个超重天体，是处于星系致密核心。是质量为太阳质量 1 亿倍以上的巨大黑洞。大质量的黑洞将把离黑洞过近的恒星弄碎。直至全部吞掉。当物质被吸积到黑洞中去时，它们变得非常炽热，由此产生的 X 射线辐射就可以满足类星体的能量需求。

在各种类星体理论模型中，最可能的是大质量黑洞模型这个模型很吸引人，可以想象，每个大星系的核心都可能埋藏着这样的黑洞。而且它也能很好地解释许多观测到的现象。

然而，类星体至今仍然是一个未解之谜，许多问题仍未揭晓。为了解答这些尖端问题，天体物理学家们还在继续他们的探索。

类星体是如此的莫名其妙——它是那么的小却又产生那么多的能量，以致于使它成为对天文学家最大的挑战之一。因此，对这个宇宙中最遥远、也是最明亮的天体进行观测和研究，已经成为目前最重要的课题之一。

近几年来，在大尺度范围对类星体的巡天观测有了巨大的进步。首先，巡天技术的改进丰富了寻找类星体候选体的方法。目前主要的技术有：射电源选择方法、多色方法、无缝光谱方法、X 射线源选择方法、弱变光天体选择方法等等。另外，近年来，许多国家如英、美、加拿大等国都采用了机器方法进行自动选取，主要运用于无缝光谱方法和多色方法。自动选取方法的优点是大批量进行，同时减少了选择效应。

其次，由于巡天技术的改进，天文学家储备了大量的类星体候选体等待观测。据保守估计，总共有 5 万个类星体候选体有待观测，而就算把全世界的大望远镜全调动起来，也需要 13 年以上的时间。何况，类星体候选体的数目还在成倍的增长。到目前为止，估计已经证实的类星体在 5000 颗以上。

1982 年，澳大利亚的天文学家在“意外中”发现了一颗红移量为 3.78 的类星体。打破了自 1973 年以来一直保持的红移量为 3.53 的纪录。1990 年天文学家发现了红移量达 4.75 的类星体，已经接近了宇宙学理论预言的红移量为 5 的理论极限。

最近，根据新的观测资料，不断对类星体的空间分布进行研究，已经得出了有关类星体的面密度和空间分布的较系统的数据。一种较合理的宇宙学理论认为：宇宙在演化过程中由均匀状态（微波背景）向成团状态（星系）过渡，首先形成的是类星体。因此它是研究宇宙形成和演化过程的最重要的探测体。类星体在宇宙中的分布究竟是系统性的成团结构，还是大尺度上的均匀分布，对于理解宇宙在这一阶段上的演化过程非常重要。但目前的理论分析和观测资料还不能下十分肯定的结论。

然而，随着人类对宇宙不断深入地探索和研究，类星体的真实面目终将展现在我们眼前。而通过它，人类将更深刻地了解我们世代所生活的这个神奇辽阔的宇宙空间。

### 视超光速现象

1972年，美国天文学家首先发现了赛佛特星系 3C120 的膨胀速度为光速的 4 倍。我们现在都已知道，根据著名科学家爱因斯坦的相对论理论，光速是世界上最快的速度，没有任何物质具有的速度能超过它。但是天文学家在以后的工作中又陆续发现了几个类星体（如 3C345 等）的两个射电子源的分离速度为光速的 7 倍，甚至达到 10 倍。以后的研究使天文学家认识到：这些现象反映出来的超过光速的现象只是一种视现象。实际上，上述天体的速度并没有超过光速，分析出的原因可以有几种：一、为引力透镜或是一种折射而引起的，二、为射电源的依次闪光而使人产生错觉，三、透视现象。另一些人则给出了不同的解释。他们认为这种现象的产生是由距离上的视觉错误造成的，其发射点实际不在同一距离上，对这一解释，天文学家现在已找到了观测上的一些证据。但是，具体的原因是什么，现在还不能说已经找到了答案；若依据现有理论有一点是肯定的，即光速是无法逾越的，很多天文学家都坚信这一点，并由此出发去寻找宇宙的答案。

### 宇宙中的反物质

量子理论的早期成就之一就是预言了反粒子的存在，无论是已发现的粒子还是理论上预言的粒子，都有一个共同的特点：每一种粒子都有一种相应的反粒子。粒子和反粒子的质量相同，而其他一些性质（如电荷等）却正好相反。在比原子更小的基本粒子尺度上粒子和反粒子是高度对称的，它们总是形影不离，缺一不可。然而，一旦大于这个尺度，却出现了强烈的不对称性。我们的地球、太阳系和银河系都是“正”粒子组成的“正”物质。那么反物质又在何处呢？

在银河系中，我们可以断言没有反物质构成的恒星。否则，广大的星际介质就会与反物质发生湮灭，从而产生数量远超过观测值的射线。然而在星系际空间深处可能有反物质存在，甚至可能有由反物质构成的反恒星组成的反星系。但是银河系以外的星系究竟是由物质还是反物质组成的，现在还无法判断。因为我们对遥远星系的知识完全来源于它们发出的光子，而光子的反粒子就是它本身。因此即使是反物质组成的星系，其光学性质也与我们的星系相同。

然而即使反星系存在，它们与星系之间必须由真空隔开，否则就要发生强烈的湮灭反应。现在我们知道星系际空间的许多区域被稀薄气体占据着。同这些气体的相互作用使得湮灭在反物质区域不可避免，从而产生可观测的超量射线。

可是我们并未发现这种特别现象。因此，至少目前我们推断：宇宙看来基本上是不对称的，物质大大超过反物质。

著名的物理学家温伯格等人把大爆炸宇宙理论和基本粒子大统一理论合在一起对这一问题进行了探讨。他们认为在极早期宇宙中，物质和反物质的

数量必定几乎相等。辐射场大量产生粒子——反粒子时，偶尔也有极少的质子和电子掺杂在这个炽热的环境中，每 1 亿个光子和粒子对只多出 1 个质子。但是，随着辐射的冷却和粒子对的湮灭，每个光子能量减少，过剩的物质最终变为主要的成分。结果，原子现在构成了质量密度的主体。

宇宙创生的最初一刹那，宇宙曾经是高度对称的，即正反粒子数大致相等。然而，为什么早期宇宙有这么一点儿不对称而导致在今天反物质如此之少呢？这是大爆炸宇宙学理论的未解之谜。也正因为如此，物质的我们才出现在这个世界中，这也是宇宙的奇妙之处吧。

## 对称的宇宙

人们都热爱、崇尚并且追求美好的事物，在对自然界的，尤其是在对整体宇宙的探索中更是如此。以和谐、统一和完美作为信仰的科学家们在理论上构造出了简单和对称的宇宙模型，因为人们都相信对称是完美的特征。那么，事实上是否如此呢？

随着科学技术的日新月异，天文观测手段也有了惊人的突破，从传统的光学波段遍及到整个电磁波谱的探测，使我们对宇宙大尺度结构有了长足的认识。观测表明，相对我们自己的星系，宇宙在大尺度上是各向同性的。虽然在较小的范围内物质的分布是不均匀的，有成团性。但如果把这些局部的起伏平滑地去掉，则整体上表现出均匀性。在最大望远镜所及范围内，星系的分布是非常均匀的。换句话说，从我们的星系看去，宇宙在大尺度上不存在任何优越的方向（即这个方向与众不同）。对我们来说，宇宙所表现出的是各向同性的，对称的。

然而我们并不知道其他星系的观测者观测到的宇宙是否是各向同性的，没有任何方法可以直接验证这个结果。但是我们可以作一个简单的逻辑推理。如果其他星系的观测者所看到的与我们的观测结果不符，那么，我们得到的是各向异性的情况，也就是说“上帝”在创造宇宙时，在整体结构上把地球或我们的星系放在了最优越的地位，宇宙仅对我们来说是各向同性的一——我们是宇宙的中心。

古代的人们是这样认为的，然而当代的科学彻底打破了这一神话。因为“以自我为中心”和“自以为是”思维方式被证明是错误的。而原则上，其他星系的观测者们也会发现，宇宙是如此的均匀、对称。

当然，观测结果与均匀结构一致是对于我们所能达到的宇宙范围而言，但观测并未证实情况必须如此，而更大尺度上的均匀对称性还只是天文学家们的一种美好的愿望而已。

宇宙的对称性并不仅仅包含空间分布这一事实。而作为四维时空中必不可少的时间上也是宇宙对称性的一个重要因素。现代科学理论已经否认了牛顿绝对时间的正确，因而不存在为所有观测者都接受的统一时间系统，每个观测者所测的时间是不一样的。由于考虑到宇宙整体均匀性和各向同性以及把星系联系起来的哈勃定律，可以得到一个美妙的结论，每个星系的观测者所得的时间是同步的，我们得到了一种类似牛顿的宇宙时系统。宇宙在时间也是对称的。

由于对称时空的完美组合，使我们所认为的宇宙和谐、迷人。然而对称与美毕竟只是我们的梦想，宇宙会满足我们的梦想吗？我们只刚刚开了个

头。

## 小行星的发现

自 1930 年 3 月天文学家们发现冥王星以后，我们便知道，太阳系中环绕着太阳这颗中心天体运动的，有九大行星及其卫星，同时还有许许多多的小行星、彗星、流星体和星际物质等等。

那么，小行星又是怎样发现的，它们位于太阳系宇宙空间什么地方，共有多少颗小行星，它们又是怎样形成的呢？

很多年以来，科学家们在研究太阳系里各个行星的轨道时，发现了一件有趣的事。他们发觉，行星并不是随随便便的散居在太空的，而是非常有“秩序”地按着某种规则分布在太阳的周围；它们几乎是像排过队似的，彼此之间的距离都成一定的比例。

1766 年，德国有一位中学教师提丢斯，发现当时已知的水星、金星、地球、火星、木星和土星这 6 颗行星与太阳的平均距离有一定的规律，它们可以用有趣的数列来表示，即是： $4, 4+3, 4+6, 4+12, 4+48, 4+96$ 。 $4$  即为水星距太阳之间的平均距离（约 58 百万千米）； $4+3$  为金星与太阳之间的平均距离，即 58 百万千米+58 百万千米的四分之三（43.5 百万千米），等于 101.5 百万千米； $4+6$  为地球与太阳之间的平均距离，即 58 百万千米+87 百万千米，等于 145 百万千米，以下类推。这样计算的结果，虽然这 6 颗行星与太阳之间的距离，与我们现在知道的它们与太阳之间的平均距离还有些出入，但是已相差不多了，例如，地球与太阳之间的平均距离仅差 2.67%。提丢斯的这个发现大家觉得很有意义，于是引起了人们的重视。几年后，柏林天文台长波得，对上述规律作了进一步的论述，人们就把它称为“提丢斯——波得定则”，一般简单的称为波得定则。

对上面的数列，如果我们仔细地看，每项后面的数都是前项后面数的两倍。但是第四项和第五项之间，却把这个“秩序”给打乱了，少了一项  $4+24$ ，这是什么缘故呢？当时便引起人们的注意，而根据波得的推测，在火星和木星之间应该有一颗行星。然而，天文学家怎么找也没有发现这颗行星，这使天文学家们感到非常奇怪，但大家认为，在火星和木星之间，肯定还有一颗行星存在着。如果找不到它，它一定是“躲”起来了，为了寻找这个“空缺”的行星，天文工作者和天文爱好者花费了许多时间，对火星和木星之间进行了大量的观测，直到 19 世纪初的 1801 年 1 月 1 日夜里，这个“躲”起来的行星，终于被意大利的天文学家皮亚齐在天文望远镜里“捉”到了。人们给这个行星起名为谷神星。这样，就完整的填补了波得定则。

天文学家一面感到高兴，一面也感到有些失望。因为这颗行星出奇的小，其直径只有 770 千米。还不到我们地球的卫星——月亮直径（3467 千米）的四分之一。它只算个很小的行星。大约过了一年的时间，1802 年，业余天文爱好者，德国医生奥伯斯又发现了第二颗小行星——智神星。智神星比谷神星还要小，它的直径还不到 500 千米。

当智神星被发现的时候，让当时的天文学家感到惊异。因为他们原来只想找到一颗行星，而现在却找到了一双。这时他们便猜想，既然发现了第二颗小行星，还会不会在火星和木星轨道之间存在着第三颗、第四颗、乃至更多的小行星呢？

事实也正如这些天文学家所猜想的那样，过了两年，1804年，人们又发现了第三颗小行星——婚神星。到1807年，又发现了第四颗小行星——灶神星。

后来，又大约过了40天，天文学家又发现了第五颗小行星。在发现第五颗小行星后的第二年，又发现了第六颗小行星，在整个第19世纪，天文学家们共发现的小行星有400颗以上。到了20世纪，随着科学技术的发展，不断先进的观测手段，小行星的发现便越来越多了。到目前为止，天文学家发现的小行星已经有2000个以上。那么，火星和木星这两颗大行星轨道之间，到底有多少颗小行星呢？具体数字很难确定。因为随时都可能会发现新的小行星。因此，关于小行星的数字，或者说有2000多颗，或说有成千上万颗。

由于在火星和木星轨道之间的小行星太多了。因此，我们称它们为一个小行星带。它们就像九大行星一样绕太阳公转。不过，它们的质量体积都很小。最大的直径只有1000千米；小的直径还不到1千米。有人估计，全部小行星的总质量，不会多于地球质量的万分之四。当然，这需要我们进一步考察。

至于这些小行星是怎样形成的，目前说法不一，有的人认为：在火星和木星之间本来是有一颗大行星的，但不知是什么原因，也许是跟一个什么星球相撞了，这个行星爆裂了。现在的小行星，可能就是这颗星的残体，不然的话，为什么这些小行星形状都不那么规则呢？还有人认为，在火星和木星之间，本来就有一些星际物质可以凝聚成为一个大行星的，但这些物质凝聚得不够结实，结果就分裂成大小不一样的小行星了。总之，有关小行星的成因，尚无定论，有待于科学家进一步的考察、分析、定论。

在发现这些小行星的工作中，我国天文工作者也作出了不少贡献。在已编号的2000多颗小行星中，有一颗名叫“中华”的第1125号小行星，是由我国天文学家张钰哲于1928年发现的。解放后，我国天文事业有了飞跃的发展，由于有了强有力的天文望远镜，从1954年秋天起，我国南京紫金山天文台已先后发现了400多颗小行星。其中，1977年有4颗新的小行星曾在国际上得到正式编号，分别被命名为“张衡”、“祖冲之”、“一行”和“郭守敬”，以纪念我国古代著名的天文学家。1979年下半年，又有4颗由我国发现的新小行星，被正式编号命名为：第2027号“沈括”；第2045号“北京”；第2077号“江苏”，第2078号“南京”。这4颗小行星都已经过多次观测，并计算出了它们的轨道。在这以后，紫金山天文台又连续发现了5颗小行星，被国际上正式编号为：第2058号“河南”；第2162号“安徽”；第2169号“台湾”；第2184号“福建”；第2185号“广东”。

## 日中有“黑气”

太阳，是我们地球上光和热的源泉。我们祖先善于实践，勤于观测，对太阳上的细节都进行详细描述，精确记载，见于史书。现今世界公认的最早的黑子记事，是西汉成帝河平元年（公元前28年）三月所见的太阳黑子现象，载于《汉书·五行志》：“成帝河平元年……三月己未，日出黄，有黑气大如钱，居日中央。”这一记录把黑子的位置和时间都叙述得很详尽。

事实上，在这以前，我国还有更早的黑子记载。在约成书于汉武帝建元元年（公元前140年）的《淮南子》这一著作的卷七《精神训》中，就有“日

中有踰乌”的叙述。踰乌，也就是黑子的现象。而比这稍后的，还有：汉“元帝永光元年四月，……日黑居仄，大如弹丸。”（《汉书·五行志》引京房（前77~前37）《易传》）。这表明太阳边侧有黑子成倾斜形状，大小和弹丸差不多。永光元年是公元前43年，所以这个记载也比前面的记录为早。

黑子，在太阳表面表现为发黑的区域，由于物质的激烈运动，经常处于变化之中。有的存在不到一天，有的可到一月以上，个别长达半年。这种现象，我们祖先也都精心观察，并且反映在记录上。《后汉书·五行志》有这样的记载：“中平……五年正月，日色赤黄，中有黑气如飞鹊，数月乃销。”灵帝中平五年是公元188年。《宋史·天文志》也记有宋高宗“绍兴元年二月己卯，日中有黑子，如李大，三日乃伏。六年十月壬戌，日中有黑子，如李大，至十一月丙寅始消。七年二月庚子，日中有黑子，如李大，旬日始消。四月戊申，日中有黑子，至五月乃消。”绍兴元年是公元1131年。

黑子，不但有存在时间，也有消长过程的不同形态。最初出现在太阳边缘的只是圆形黑点，随后逐渐增大，以致成为分裂开的两大黑子群，中间杂有无数小黑子。这种现象，也为古代观测者所注意到。《宋史·天文志》记有宋徽宗政和二年（公元1112年）“四月辛卯，日中有黑子，乍二乍三，如栗大。”这一记载，就是属于极大黑子群的写照。

我们祖先观测天象，全靠目力。对于太阳只有利用日赤无光、烟幕蔽日之际，或太阳近于地平、蒙气朦胧之中，以及利用“盆油观日”方法。始可观望记录。从汉代到明代共1600多年间，黑子记载超过100次。

上述史书所载的黑子“如钱”、“如栗”、“如飞鹊”、……都是表示黑子的形状；至于“数月乃销”等等，是表明黑子的消长过程的。因为黑子大小相间，此生彼灭，存在时间长短不一，在望远镜未发明之前，史书所载的一定是大而易见的，所以至多不过二三枚，存在几天或几月而灭，这是和近代精密观测结果相符合的。至于“日赤无光”、“昼昏日晡”等等，乃是描写观测时候的情景。这些都是合乎科学的。对于前人精察天象的实践，外国学者也多有赞扬。美国天文学家海耳（1868~1938年）就曾经指出：“中国古人测天的精勤，十分惊人。黑子的观测，远在西人之前大约2000年。历史记载不绝，而且相传颇确实，自然是可征信的。”

欧洲发现太阳黑子，时间比较晚。他们最早的黑子记事是公元807年8月19日。这已经是公元9世纪了：但是还被误认为是水星凌日。太阳黑子的发现是伽利略（1564~1642年）使用望远镜完成的天文学进展之一；他在公元1610年才看到黑子，直到1613年才把结果公开发表。

黑子的消长，有它的盛衰周期。平均周期11年这个数字是1843年德国业余天文学家施瓦贝（1789~1875年）首先得到的。但是，如果引用我国古代太阳黑子的记录加以分析，也完全能够得到相同的结果。

1975年，我国云南天文台编集我国从公元前43年到公元1638年的黑子记录，共106条，进行计算，得出周期是 $10.6 \pm 0.43$ 年；同时还存在62年和250年的长周期。这一重要结果，是研究我国古代黑子记录、探索它的规律的良好收获。

历代古代记录已经表明：黑子出现最多的年月，也是极光出现频繁的时期。黑子和极光互有关系。1977年7月，云南天文台又利用我国黑子和极光古记录，同时进行分析得出：极光和黑子都存在约11年的周期，并且得出结论：太阳活动和极光的约11年周期，并不是近300年才有的暂时现象。这对

于研究地球物理学和天文学的一系列问题，将是很有益的启示。这同时也说明我国古代黑子资料是相当宝贵的。

## 彗星记事

我国很古就有彗星记事，并给彗星以孛星、长星、蓬星等名称。古书《竹书纪年》上就有“周昭王十九年春，有星孛于紫微”的记载。但是因为这本书真实年代有待考证，对这件事暂且存疑。最可靠的记录，开始见于《春秋》：“鲁文公十四年秋七月，有星孛入于北斗。”鲁文公十四年是公元前613年，这是世界上最早的一次哈雷彗星记录。《史记·六国表》载：“秦厉共公十年彗星见。”秦厉共公十年就是周贞定王二年，也就是公元前467年。这是哈雷彗星的又一出现，不过《史记》没有记载它出现的时间。

哈雷彗星绕太阳运行平均周期是76年，出现的时候形态庞然，明亮易见。从春秋战国时期到清末的2000多年，共出现并记录的有31次。其中以《汉书·五行志》汉成帝元延元年（公元前12年）记载的最详细。

“元延元年七月辛未，有星孛于东井，践五诸侯，出河戌北，率行轩辕、太微，后日六度有余，晨出东方。十三日，夕见西方，……锋炎再贯紫宫中。……南逝度犯大角、摄提。至天市按节徐行，炎入市中，旬而后西去；五十六日与苍龙俱伏。”

这样生动而又简洁的语言，把气势雄壮的彗星运行路线、视行快慢以及出现时间，描绘得栩栩如生。其他的每次哈雷彗星出现的记录，也相当明析精确，分见于历代天文志等史书。在西洋关于哈雷彗星记载，一般书籍认为最早是在公元66年，但是还可上溯到公元前11年，欧洲已有哈雷彗星的观测记载。不过，也还比我国《春秋》可靠记载晚了几百年。

我国古代的彗星记事，并不限于哈雷彗星。据初步统计，从古代到公元1910年，记录不少于500次，这充分证明古人观测的辛勤。

哈雷彗星的来临，姿态固然十分雄伟，但是其他彗星的出现，气势也相当壮观。《新唐书·天文志》：“上元……三年七月丁亥，有彗星于东井，指北河，长三尺余，东北行，光芒益盛，长三丈，扫中台，指文昌。”唐高宗上元三年是公元676年。这种记录，不但形象描绘逼真，而且位置准确，所经过的亮星都加注记，这正是我国古代天象记录的优点。

在古代，我们祖先不仅观测彗星的形态和位置，对彗星的成因也有见解。《晋书·天文志》载有：“彗体无光，傅日而为光，故夕见则东指，晨见则西指。在日南北皆随日光而指，顿挫其芒，或长或短。”这种解释也是正确的。《晋书》修于唐太宗贞观十八年到二十年，就是公元644年到646年。而在欧洲直到公元1532年才有类似的认识。

在我国古代，还记录到彗星分裂现象。《新唐书·天文志》就有：“乾宁……三年十月，有客星三，一大二小，在虚、危间，乍合乍离，相随东行，状如门，经三日而二小星没，其大星后没。”唐昭宗乾宁三年是公元896年。像这样的观测记录是很细致的。在这里所说的客星，指的是已经分裂的彗星。

我们祖先重视彗孛，有些虽然不免泥于占卜，但是观测勤劳，记录不断，使后人得以查询。欧洲学者常常借助我国典籍来推算彗星的行径和周期，以探索它们的回归等问题。哈雷彗星就是明显一例。

20世纪初，英国的克罗梅林（1865~1939年）和考威耳（1870~1949

年)曾利用我国古代哈雷彗星记录,跟计算所得的每次过近日点时间和周期相比较,最古记录上推到公元前240年。对照结果都比较符合,足证古代记录的可靠。前人辛劳记录的功绩未可泯灭!

近年来美国学者勃勒德,研究从1682年到20世纪的哈雷彗星的运动,曾经引用我国有关古代记录,来探索1986年哈雷彗星的回归,并且研究太阳系中是否还存在第10颗大行星在对哈雷彗星的运动施加影响。在爱尔兰天文台工作的中国天文学家江涛,也研究哈雷彗星运动,并且在1971年发表《哈雷彗星的从前轨道》一文。1977年,我国天文学家张钰哲(1902~1986年),利用我国古代的哈雷彗星记录,上推到公元前1057年,通过电子计算机进行运算,发表《哈雷彗星的轨道演变趋势和它的古代历史》一文,所得结果,比较理想。他解决了我国历史界关于“武王伐纣”的准确年代的疑问;初步得出这日期是公元前1057年,丰富了史学上年代学的论证内容。可见我国古代的彗星记录到现代仍然焕发出它的光辉!

法国人巴耳代在本世纪50年代研究1428颗的《彗星轨道总表》之后断定说:“彗星记载最好的(除极少数例外),当推中国的记载。”这种评语,无疑是公允的!

## 陨星如雨

流星雨的发现和记载,也是我国最早,《竹书纪年》中就有“夏帝癸十五年,夜中星陨如雨”的记载,最详细的记录见于《左传》:“鲁庄公七年夏四月辛卯夜,恒星不见,夜中星陨如雨。”鲁庄公七年是公元前687年,这是世界上天琴座流星雨的最早记录。

我国古代关于流星雨的记录,大约有180次之多。其中天琴座流星雨记录大约有9次,英仙座流星雨大约12次,狮子座流星雨记录有7次。这些记录,对于研究流星群轨道的演变,也将是重要的资料。

流星雨的出现,场面相当动人。我国古记录也很精彩。试举天琴座流星雨的一次记录作例:

南北朝时期刘宋孝武帝“大明五年……三月,月掩轩辕。……有流星数千万,或长或短,或大或小,并西行,至晓而止。”(《宋书·天文志》)这是在公元461年。当然,这里的所谓“数千万”并非确数,而是“为数极多”的泛称。

而英仙座流星雨出现时的情景,从古记录上看来,也令人难以忘怀。请看:

唐玄宗“开元二年五月乙卯晦,有星西北流,或如瓮,或如斗,贯北极,小者不可胜数,天星尽摇,至曙乃止。”(《新唐书·天文志》)开元二年是公元714年。

流星体坠落到地面便成为陨石或陨铁,这一事实,我国也有记载。《史记·天官书》中就有“星陨至地,则石也”的解释。到了北宋,沈括更发现陨石中有以铁为主要成分的。他在《梦溪笔谈》卷二十里就写着:“治平元年,常州日禺时,天有大声如雷,乃一大星,几如月,见于东南。少时而又震一声,移著西南。又一震而坠在宜兴县民许氏园中,远近皆见,火光赫然照天,……视地中只有一窍如杯大,极深。下视之,星在其中,荧荧然,良久渐暗,尚热不可近。又久之,发其窍,深三尺余,乃得一圆石,犹热,其

大如拳，一头微锐，色如铁，重亦如之。”宋英宗治平元年是公元 1064 年。沈括已经注意到陨石的成分了。

在欧洲直到 1803 年以后，人们才认识到陨石是流星体坠落到地面的残留部分。

在我国现在保存的最古年代的陨铁是四川隆川陨铁，大约是在明代陨落的，清康熙五十五年（公元 1716 年）掘出，重 58.5 千克。现在保存在成都地质学院。

## “客星见于房”

有些星原来很暗弱，多数是人目所看不见的。但是在某个时候它的亮度突然增强几千到几百万倍（叫做新星），有的增强到一亿到几亿倍（叫做超新星），以后慢慢减弱，在几年或十几年后才恢复原来亮度，好像是在星空作客似的，因此给予“客星”的名字。在我国古代，彗星也偶尔列为客星；但是对“客星”记录进行分析整理之后，凡称“客星”的，绝大多数是指新星和超新星。

我国殷代甲骨文中，就有新星的记载。见于典籍的系统记录是从汉代才开始的。《汉书·天文志》中就有：“元光元年六月，客星见于房。”房就是二十八宿里面的房宿，相当于现在天蝎座头部。汉武帝元光元年是公元前 134 年，这是中外历史上都有记录的第一颗新星。但是西洋没有记载月日，也没有注明方位，远不如《汉书》详细。在上世纪，法国的比奥编《新星汇编》，就把《汉书》这颗新星列为第一颗。

自殷代到公元 1700 年为止，我国共记录了大约 90 颗新星和超新星。

其中最引人注意的是宋仁宗至和元年（公元 1054 年）出现在金牛座星（天关星）附近的超新星，两年以后（嘉祐元年，公元 1056 年）变暗。《宋会要》这部史书中就这样写着：“嘉祐元年三月，司天监言客星没，客去之兆也。初，至和元年五月，晨出东方，守天关，昼见如太白，芒角四出，色赤白，凡见二十三日。”

18 世纪末，有人通过望远镜观测，在天关星附近，发现一块外形像螃蟹的星云，取名叫蟹状星云。1921 年发现这星云在不断向外膨胀，根据膨胀速度可以反向推算出，这个星云物质大约是在 900 年前形成的，是超新星爆发的产物。这星云既有光学脉冲，也有射电脉冲。同时又发射 X 射线和 γ 射线。这些辐射都有一个周期极短（大约是千分之三十三秒）的稳定脉冲。对这现象进行多方面研究之后，人们普遍认为：它的来源就是过去理论上所预言的一种超新星爆发后的残留核心，也就是中子星。这已经是恒星演化到晚期的阶段了。这颗超新星就是我国《宋会要》所记载的公元 1054 年的“客星”。

明穆宗隆庆六年（公元 1572 年）出现在仙后座的超新星，最亮的时候在当时的中午肉眼都可以看见。《明实录》载有：“隆庆六年十月初三日丙辰，客星见东北方，如弹丸，……历十九日壬申夜，其星赤黄色，大如盏，光芒四出，……十月以来，客星当日而见。”我国的记录，比当时丹麦天文学家第谷还早发现 3 天，而且多观测了约两个月。

至于明神宗万历三十二年（公元 1604 年）的超新星，出现的时候亮度不比金星逊色。《明史·天文志》记载：“万历……三十二年九月乙丑，尾分有星如弹丸，色赤黄，见西南方，至十月而隐；十二月辛酉，转出东南方，

仍尾分。明年二月渐暗，八月丁卯始灭。”

现代由于射电天文学的飞跃发展，世界上有关学者都以极大兴趣研究我国古代的新星和超新星记录，他们的目的在于寻找银河系里射电源和超新星的对应关系。我国天文工作者在 50 年代以后，先后把我国古代新星记录整理发表，在国际上获得好评。其中分析我国古代 12 个超新星记录中，有八九个对应于射电源。这应该看成是我国古代在恒星观测上的一项重大成就，同时也是对现代天文学问题的探索的一项卓越贡献。

岁月推移，天象更迭。我们祖先辛勤劳动，留下宝贵的天象记录，无一不反映出先人孜孜不倦、勤于观测的严谨态度，无一不闪烁着我们民族智慧的光辉。这些，是我国古代丰富的文化宝库中的一份珍贵遗产。

观测唯勤，探微唯精；前人记实，后人求真。在今后更深刻的认识宇宙、探索规律的过程中，我国古代天象记录将起到应有的作用。

## 火星的特征

按距离太阳的次序，火星排名第四，它也是距离地球最近的一颗外行星。外行星的视运动与火星、金星两颗内行星有很大的不同。内行星与太阳的角距不能超过某一固定值，如水星是  $28^\circ$ ，金星是  $48^\circ$ ，但是外行星与太阳的角距却无限制，最大时可达  $180^\circ$ ，这时称为外行星的冲日，冲日时外行星与地球最近，是进行观测和研究的大好时机。

用肉眼看去，火星是一颗引人注目的红色星，它同地球的距离在不同时间差别很大，因此我们看到火星的亮度变化也很大，最暗时仅为 +1.5 等，但在火星大冲时，亮度可达 -2.9 等，成为全天仅次于金星的明星。

火星距离太阳平均为 1.524 天文单位，公转轨道偏心率为 0.093，是一颗轨道较扁的大行星。当年，开普勒就是通过对火星视运动的研究，得出行星的轨道是椭圆这一结论的。火星的公转周期是 687 天，在轨道上的运行速度是 24 公里/秒；它的自转周期是 24 小时 37 分，和地球非常接近；自转轴倾角为  $23^\circ 59'$ ，比地球只大  $32'$ 。另外，它的外层还有一层薄薄的大气，因此火星不仅有明显的季节之分，还可以和地球一样，把表面分成五带（即热带，南、北温带和南、北寒带）。火星的赤道半径为 3395 公里，约相当于地球的一半，体积为地球的 15%，质量为地球的 11%。目前，已发现火星有两颗天然卫星——火卫 1 和火卫 2。

在大冲时用望远镜观测火星，容易看到火星的两极被一层白皑皑的物质覆盖着，就像给火星戴上了一顶帽子，这称为火星的极冠。极冠的范围会随火星上季节的改变而变化。北半球的夏天，北极冠缩小，而南极冠变大；同样，南半球的夏天，南极冠缩小，北极冠变大。现在已经知道，火星的极冠是由冰和固态的二氧化碳（干冰）组成的。极冠的温度在  $-70 \sim -139$  之间，极冠大小的变化主要是由于二氧化碳随温度的变化不断凝结和汽化造成的。

和地球相似，火星也存在大气。不过由于火星的质量小，无法束缚住过多的气体分子，所以，火星大气要比地球大气稀薄得多。它表面的大气密度仅与地球上 30~40 公里的高空相当。火星大气的主要成分是二氧化碳，占 95%，其次是氮，占 3%，其他成分含量较少。

由于火星离太阳比地球远，所以火星上的温度比地球要低得多。在赤道上，中午气温也只能升到  $10^\circ$  左右，晚上又降到  $-50^\circ$  以下；在两极，夏季

气温只有-70℃，冬天可下降到-110℃以下。根据探测器发回的照片，火星表面大致被一个倾斜于赤道30°的大圆分成了外观截然不同的两个半球。南半球崎岖不平而且密布着环形山，某些地区环形山的密度可和月球相比，其中最大的环形山直径达到了1000多公里。北半球比较平整，只是稀稀疏疏的点缀着一些环形山和死火山。火星的表面还有一些大的峡谷，其中最大的是“水手谷”，长4000多公里，宽200公里，深约6~7公里，比地球上最大的峡谷还要壮观得多。

## 火星的颜色

在地球上观测火星是非常容易的，每年都有大半年的时间火星是远离太阳的。用肉眼看去，火星荧荧如火，发出暗红色的光芒。它的位置，亮度也经常有很大的变化，使人感到难以琢磨，故而我国古代称它为“荧惑”。在欧洲，人们认为火星那暗红的色调象征着铁和血，因此，把罗马神话中战神马尔斯的名字赋与了火星。

为什么火星会是红色的呢？这是与火星表面丰富的铁元素分不开的。火星表面大部分区域不仅被红色的硅酸盐和赤铁矿组成的沙漠覆盖着，而且土壤中还包含着铁的各种化合物。由于长期的氧化和太阳紫外线的照射，便形成了一层红色的铁氧化物，这样它反射出来的太阳光也就变成红色的了。因此我们可以说，火星表面是一个“长满了铁锈”的世界。

## 火星上的运河

1877年，一位意大利天文学家乔·斯基帕雷利观测了火星大冲，他利用一架当时十分优异的望远镜极为耐心地测量了火星，并绘制了一份火星图。在他的火星图上，火星表面有着大片大片的暗区，中间被一些又细又长的黑线连了起来，斯基帕雷利用意大利语给这些黑线起名叫Canali，即“水道”。他总共看见了大约40条这样的“水道”。稍后，“水道”一词在译成英语时被误译为Canals，即“运河”。“火星上有运河”，这一消息不胫而走，很快就在公众中成了“爆炸新闻”，轰动了世界。后来，又有人进一步指出，火星上明亮的区域是干燥的沙漠，而黑暗的部分是大片的植被，“运河”是智慧的“火星人”开凿的。他们通过“运河”引来水流维持着自己种族的生存，甚至还有人在“运河”的交汇处看到了一个个的小圆斑，认为这是沙漠中的绿洲。一时间，“火星人”成了全球性的热门话题。就在斯基帕雷利发现火星“运河”的同年8月，美国天文学家霍耳发现了火星的两颗卫星，它的体积都很小，而且轨道都离火星表面很近。因此，就又有人宣布说，这是火星人发射的“人造卫星”。以讹传讹，这样使得存在“火星人”的说法更加神乎其神了。20世纪初期，“火星人”已经风靡全球、深入人心了。

其实，早在火星“运河”刚被发现时，就有许多冷静的科学家对此表示怀疑。他们的理由是，由于火星的质量稍小了一点，难以束缚住足以孕育和保护生命的大气。而且火星离太阳比地球远50%，表面温度一定很低，所以存在高级生命的可能性是非常小的。但是，由于缺乏直接的证据，他们很难彻底战胜“运河”说。到了20世纪60年代，空间科学的发展帮助人们解开了火星“运河”之谜。根据飞到火星身边的探测器发回的照片，人们知道了

所谓的火星。“运河”是根本不存在的，那不过是人类出于美好的愿望而引起的错觉和幻想。斯基帕雷利等人所看到的，不过是一些偶然排成一线的大大小小的环形山罢了。

有趣的是，科学家在分析“海盗1号”和“海盗2号”探测器1976年拍摄的火星高清晰度照片时，发现了火星上存在着数千条干涸的“河床”。它们确实有明显的被液体冲刷过的痕迹。不过这些河床都很细，在地面上用再好的望远镜也不可能看到。关于这些河床的成因问题，至今还在探索之中。

## 火星上的生命之谜

由于探测器的近距离观测证明了火星“运河”实际上并不存在，加上火星上的自然条件对生命活动来说确实太严酷了一点，所以从20世纪60年代中期以来，“火星热”开始慢慢地降温了。各种空间探测器发回的大量资料都显示了火星表面一片荒凉、毫无生气的景象。因此，很多科学家深信，火星上是不会存在高等的、复杂的生命现象的。否定之后，人们不禁还要问：火星上会不会有像病毒、细菌这样的简单的生命现象呢？要回答这个问题，最好的办法是能亲自到火星上去考察一番。

这一想法终于在1976年变成了现实。美国发射的两个空间探测器“海盗1号”和“海盗2号”分别在火星上的两个不同的地点实现了软着陆。这两个着陆地点被认为都是水份较多、因而生命存在的可能较大的位置。每个探测器都做了3个项目的在于检测火星土壤中的微生物的实验，不过这3个实验都有一个前提，那就是活的微生物会改变自己的环境，它们是要吃、要呼吸、要排泄废物的。这3项实验，都是把一些火星土壤样品放入一个密闭容器中，必要时加一些水或营养液，然后观察容器内发生的变化。实验结果表明，火星土壤样品在实验中确实发生了一些变化，不过遗憾的是科学家无法肯定这些变化是生物学过程引起的，还是单纯的化学反应引起的。总的来说，“海盗号”的实验结果减小了火星上存在生命的可能性，带给人们的不是希望而是失望。

尽管如此，许多执着的科学家目前仍对火星存在生命抱乐观态度。他们认为“海盗号”之所以没能发现生命，可能仅仅由于选择的实验不合适。火星上的生物体也许会和地球上的生物存在着一些本质的区别，所以用地球上的标准来定义火星生物自然就不恰当了。还有的科学家建议我们应该把眼光放在火星的两极，因为那里有着充足的水份。无独有偶，最近，在地球气候最恶劣、最近似于火星环境，并且被认为不可能有生命存在的位于南极的一个山谷中，人们找到了一些微小的植物——地衣和水藻。这一新发现，又为寻找火星生命带来了一线曙光。

最近，美国宇航局已经制定了一整套详细的载人空间飞行计划。按照这一计划，人类将在2018年登上火星。如果这一计划能够顺利实施的话，可以说，揭开火星生命之谜的日子已经为期不远了。

## 火星的卫星

火星有两颗天然卫星，它们是美国天文学家霍耳在1877年发现的。由于它们跟随战神马尔斯（火星）形影不离，所以取名为福波斯（火卫一）和德

莫斯（火卫二），在古希腊诗人荷马的史诗中，福波斯和德莫斯都是战神之子。

火星的两个“月亮”有很多共同之处，它们都很小，而且形状都很不规则，表面上还有大大小小的洞穴，就像两个被虫蛙鼠咬过的土豆。有人猜测，它们可能是被火星俘获的小行星。

火卫一的体积只相当于月亮的三百八十万分之一，火卫二更小，只有月亮的二千万分之一；质量分别是月亮的六百四十万分之一和六千七百万分之一。由于质量这样小，它们上面的重力也就微乎其微了，一个在地球上重 70 千克的人，到了火卫一上体重只有 44 克，在火卫二上，体重只有 25 克。它们上面的逃逸速度也很低，人只要轻轻一跳，就可能再也不会落到它们上边了。

火星的两个小“月亮”，差不多是在火星的赤道平面上形成了一个微型太阳系。近年来，科学家发现木星向外辐射的能量是它接收的太阳能量的 2.5 倍，再加上木星主要是由氢组成的，就越发引起了科学家们的兴趣，有人认为木星可能是一颗尚未点燃的恒星。

根据上面的介绍，将木星尊之为行星家族的“老大哥”，想必是顺理成章、当之无愧的了。

## 木星的特征

到目前为止，美国宇航局已向木星发射了 5 个探测器。其中 4 个已经迢迢千万里，越过火星轨道和小行星带，然后与木星擦身而过，利用接近木星的机会，为我们发回了大量宝贵的资料。这 4 个探测器是“先驱者 10 号”、“先驱者 11 号”及“旅行者 1 号”和“旅行者 2 号”；第 5 个探测器——“伽利略号”也已经发射，正在日夜兼程，奔向木星。

现在，先介绍一下两艘“先驱者”。“先驱者 10 号”发射于 1972 年 3 月 2 日，次年 12 月 3 日与木星会合，沿着木星赤道作了探测。“先驱者 11 号”于 1973 年 4 月 6 日发射，次年 12 月 5 日到达木星附近，在 4.2 万公里处从木星的北极上空掠过。这两艘探测器共发回了 300 多张彩色照片，并按计划做了一系列的测量和试验。

“先驱者”发现木星的磁场十分强大，强度达 3~14 高斯，约是地球的 10 倍。木星的磁极指向与地球相反，如果将地球上的指南针搬到木星上，它就变成“指北针”了。木星的磁场与太阳风相互作用，形成了木星的磁层。木星的磁层要比地球的磁层大 100 倍，而且十分“松软”，它的大小随太阳风的强弱频繁地变化着。木星的磁层转动也非常迅速，巨大的离心力将磁层中的带电粒子约束在木星磁赤道附近薄薄的一片区域上，这一薄片称为电流片。

“先驱者”还细致地考察了木星大气，探知木星的大气主要由氢和氦组成，它们分别占 82% 和 17%，其他较重的元素约占 1%，主要存在于木星云中。木星大气中有许多条纹，它们是木星大气环流被高速自转拉长形成的，其中亮带是高压区，而暗纹则是低压区。“先驱者”对大红斑的观测证实了它实际上是一个大气旋，在沿逆时针方向转动。同时，“先驱者”还观测到木星上的若干小红斑，它们的尺度只相当于一个地球的大小，寿命比大红斑短得多，一般只能维持 1~2 年。

根据“先驱者”对木星引力场的探测，科学家建立了新的木星结构模型：在厚达 1000 公里的大气下面，是一片蒸腾着的液态分子氢的海洋，液氢海洋的深度为 25000 公里。它的下面是一层能够像金属一样导电的金属氢，再下面可能是一个不太大的固体核。

继“先驱者”之后，美国于 1977 年 8 月 20 日和 9 月 5 日，又分别发射了两艘“旅行者”探测器，它们的设备更加精良，有许多激动人心的发现。

在“旅行者”到达木星之前，人们只知道土星和天王星有光环（海王星环的发现是 1989 年），而从“旅行者”发回的木星照片上，人们惊奇地发现原来木星也有光环，只是比起土星光环来，要逊色得多。木星环的宽度约 6500 公里，厚度不足 30 公里，其外边缘到木星中心约 129000 公里，木星环主要由一些细小的尘粒组成。这些尘粒可能来自木星的卫星——木卫一。

“旅行者”在木星的极区发现一条长 3 万公里的极光，并探测到了强大的极光辐射。这是人类首次在地球外发现了极光，极光的存在意味着木星也像地球一样，正遭受到许多高能粒子的轰击。“旅行者”还发回了许多木星大气和大红斑的清晰照片，照片显示出木星大气具有非常复杂的结构，但是对于大红斑的成因，仍没有给出合理的解释。

这四个探测器在考察木星的同时，还对木星的卫星进行了一系列的“侦察”，也获得了许多前所未有的重要情报。

最后，我们介绍一下“伽利略号”木星探测器。它是到目前为止人类发射的最复杂、设备最先进的行星探测器。于 1989 年 10 月由航天飞机“亚特兰蒂斯”号送上天空，目前正在漫长的旅途中奔波着，并将沿路拜访金星和两颗小行星，预计 1995 年 12 月抵达木星，它的任务主要是深入木星大气内部对大气进行详细考察。同时，还将测量木星本体的磁层和四颗“伽利略卫星”，并拍摄高清晰度的木星及木卫照片。

## 木星的卫星

如果你用一架小望远镜观测木星，不但可以看到木星上面的条条云带，还可以看到木星被四颗小星簇拥着，它们在木星两侧一字排开，并且不断地变换着位置，它们就是木星的四颗最大的卫星。由于它们是伽利略在 1610 年首先发现的，因此又称为“伽利略卫星”。木星的周围还有众多较小的卫星，现在发现的木星卫星的总数已达 18 个，其中 16 个的数据较为准确，它们除了有自己的大名外，一般都用“木卫”后面再加上一个编号来称呼它们，比如四颗“伽利略卫星”就分别称为“木卫一”、“木卫二”、“木卫三”和“木卫四”。

木星的卫星按照到木星的距离可以被分成 3 群。首先是最靠近木星的一群，由 4 颗“伽利略卫星”以及木卫五、木卫十四、木卫十五、木卫十六组成。它们在木星的赤道面上沿着近似圆形的轨道绕木星运动着，都是规则卫星。除这一群外，剩下的木卫都是不规则卫星。离木星稍远的一群由木卫六、木卫七、木卫十和木卫十三组成。这一群的特点是卫星轨道面与木星赤道面的交角较大，为  $24^{\circ} \sim 29^{\circ}$ ，卫星顺行，轨道偏心率也较大，在  $0.13 \sim 0.21$  之间。最后是离木星最远的一群，由木卫八、木卫九、木卫十一和木卫十二组成。它们的轨道都很扁，而且都是逆行卫星，因此有人认为它们是被木星俘获的小行星。

空间探测器在考察木星的过程中，也对木星的一些卫星进行了观测，并得到了许多重要的发现。这里仅介绍几例。

在木卫一上，人类第一次见到了地球以外的火山喷发。它上面的火山活动异常激烈，爆发时喷出熔岩和气体的速度超过 400 米/秒，喷射高度达 450 公里。此外，木卫一也和火星一样有极冠，不过它的极冠不是白色而是红色的。

木卫二是一个明亮的球体，表面被冰覆盖着，所以它的反照率很高。木卫二上还有很多黑色的条纹，这可能是冰层的裂缝，并且它上面的环形山不多。

木卫三是太阳系最大的卫星，直径超过了水星。它的密度较低，反照率也不高，所以表面可能由脏冰和岩石构成。木卫三的表面上还发现有一些山脊和峡谷及稀疏的环形山。

木卫四表面有一些由同心环围绕着的盆地，地势较平坦，局部被冰层覆盖。木卫四的环形山明显多于其他几颗卫星，这说明它的地质年龄较长。

## 土星的特征

土星按太阳系离太阳由近及远的次序在九大行星中排行第六。在 1781 年天王星发现前，它还被认为是太阳系中最外侧的行星。在我国古代认为土星每 28 年运行一周天，正好每年“坐镇”28 宿之一，所以称土星为“镇星”或“填星”。在西方，人们用罗马神农萨都恩来命名土星。

土星在很多方面都类似于木星，它与木星同属于巨行星。土星的赤道半径约为 6 万公里，体积是地球的 745 倍，质量是地球的 95.18 倍，它的体积和质量在九大行星中仅次于木星，排行第二。土星没有固体的表面，组成土星的主要物质是氢和氦。土星的密度是大行星中最小的，每立方厘米的平均质量只有 0.7 克，比水还轻，如果把九大行星都放在一个大水盆里，只有土星会浮在水面上。

土星距太阳的平均距离为 9.6 天文单位，在轨道上的公转速度是 9.64 公里/秒，绕太阳一周要 29.5 年。土星还有一颗高速自转的行星，由于它具有液态的表面，所以它的自转角速度随纬度不同而变化，赤道附近自转最快，周期只有 10 小时 14 分，随着纬度的增高，自转速度逐渐减慢，到了纬度 60° 处，转一周要用 10 小时 40 分。高速的自转使土星变得很扁，它的扁率比木星还要大。

由于土星距太阳很远，所以它表面的温度应该很低。理论计算的结果为 -197℃，而实际测量值为 -168℃，这说明土星与木星一样，也存在自己的内部热源。

“先驱者”11 号探测土星时，在距它 128 万公里处发现了土星的磁场，并且绘制了磁场图。土星的磁场比地球要强得多。

土星最引人入胜的是它那美丽的光环。在地面上即使用一架小天文望远镜也不难领略到土星光环迷人的风采。由于土星光环的平面与土星轨道面不重合，而且光环平面在绕日运动中方向保持不变，所以从地球上看来，光环的视面并不固定，有时看起来像一个正圆环，有时看起来像一个宽边草帽，有时干脆根本看不见。由于土星光环很薄，厚度只有约 50 米，所以当视线正好与光环平面重合时，光环便会从我们眼里“消失”。光环大约每隔 15 年“消

失”一次。由于光环的面积不断变化，引起了土星的视亮度的变化，最亮时与最暗时可相差 3 倍。

由于土星离我们较远，所以目前我们对土星的了解还很不够。美国宇航局和欧洲空间局正酝酿向土星发射一个新的探测器——“卡西尼”号，如该计划执行顺利，预计于 2002 年到达土星，对土星进行为期 4 年的详细观测。

### 土星的彩色“腰带”

1610 年，伽利略用他的望远镜观测土星时，发现在土星的球状本体旁边有一个附属物。由于望远镜成像质量太差，他没能确定出这个附属物的真实形状。到了 1659 年，荷兰物理学家惠更斯经过仔细地观测才认识到这个附属物原来是离开土星本体的光环。以后，随着望远镜的改进。人们观察到了土星光环越来越多的细节，并发现它是由几个较小的光环组成的，而不同的光环之间还留有空隙。但在当时，人们一直认为土星环是由几个扁平的固体物质盘组成的。直到 1856 年，经典电动力学的奠基人麦克斯韦才从理论上证明了土星环“应该由许多独立的粒子组成，它们以不同的速度在围绕土星旋转”。

土星环有着极其复杂的结构，共由 A、B、C、D、E、F、G 7 个环组成，它们都位于土星的赤道面上。最靠近土星的 D 环离土星表面还不到 7000 公里，只相当于土星半径的 1/9。D 环向外依次为 C 环、B 环、A 环、F 环、E 环和 G 环。G 环的外边缘离土星表面约 5~8 万公里。在土星的 7 个环中，A、B、C 3 个环较亮，称为主环，其余的 4 个环较暗。主环中以 B 环最为引人注目，它宽达 22000 公里，而且内部的物质最稠密，亮度也最大。在 A 环和 B 环之间是著名的卡西尼环缝，它宽约 4800 公里。A 环内还有宽度仅 320 公里的恩克缝。在 A 环外侧和 C、B 环之间还分别有宽度为 3520 公里和 4200 公里的先驱者缝和法兰西缝。

以上只是土星环的一些大致结构，它实际上还要复杂得多。“旅行者 1 号”和“旅行者 2 号”在探访土星时，就发现土星环实际上是由成百上千条细环组成的，就像唱片上的纹路一样密集。卡西尼缝和恩克缝内也并不是空洞无物的，它们的内部也有一些细的环带。

土星光环是由无数大小不等的颗粒构成的。这些颗粒的直径从几微米到几米，它们有的是一些微不足道的灰尘，有的是大块的岩石和冰块。它们在太阳光的照射下形成各种各样的颜色，由于光环不同部分物质的密度不均匀，所以光环的颜色也就有深有浅。

关于光环的成因，多数科学家认为土星光环是一颗卫星被土星巨大的潮汐力瓦解后形成的。但也有人认为土星环是由太阳系形成时剩余的原始物质形成的。

### 土星的卫星

在探测器到达土星之前，人们只发现了 10 颗土星卫星。根据“先驱者 11 号”、“旅行者 1 号”和“旅行者 2 号”发回的资料分析，有案可稽的就有几十个新的土卫候选天体。现在已经被确认的土星卫星达 23 个之多，其卫星数量超过了木星，居太阳系诸行星之首。

土卫系统中有很多有趣的现象，比如有时一些卫星占用同一条轨道绕土星运动，而且在轨道上的角距很稳定，一般接近  $60^\circ$ ，这样它们和土星就构成了稳定的天空正三角形。在土卫 3 前、后  $60^\circ$  附近就各有一颗小卫星——土卫 13 和土卫 14，这三颗卫星和土星组成了两个大正三角形。另外，有一些土卫实际上是位于土星光环之中的，它们对光环的作用是形成光环复杂结构的重要原因。

在土星的众多卫星中，最为引人注目的是土卫 6、土卫 8 和土卫 9。

土卫 6 又名提坦，直径 4828 公里，是土星最大的卫星。过去一直认为它也是太阳系中最大的卫星，但精确测量得知它比木卫 3 小了 112 公里。土卫 6 最独特的地方是它浓密的大气，厚度可达地球大气的 10 倍，而且要稠密得多。和地球一样，土卫 6 大气主要也是由氮组成的，但含量高于地球，约为 98%，另外还有少量的甲烷、乙烷、乙烯等气体。以前，科学家曾经对于在土卫 6 上发现生命寄予厚望。遗憾的是，接近探测并没有发现任何生命的痕迹，但是在土卫 6 云层的顶端发现了一种可以孕育生命的有机分子。

土卫 8 的表面状况非常引人注目，它的一个半球非常明亮，另一个半球却很暗，亮暗半球的边界是模糊不清的。土卫 8 还像月球一样，表面有大量的陨石坑——环形山。科学家对于土卫 8 表面亮度问题有两种解释：一种认为土卫 8 曾与一块大陨星相撞，撞击造成了土卫 8 上强烈的火山喷发，喷出的物质覆盖住原来的冰外壳，形成黑暗面。另一种解释认为黑色物质是土卫 8 轨道外侧的土卫 9 发出的，它们降落在土卫 8 位于公转轨道前方的半球上，这与观测是相符的。

土卫 9 是离土星最远的卫星。它与土星的其他卫星有很多不同。土星的其他卫星基本上是由冰组成的，而土卫 9 则是由岩石组成的。土卫 9 还是土星唯一的一颗非同步卫星和逆行卫星。据此，科学家认为土卫 9 不是同土星的其他卫星一起由土星周围的星云物质形成的，而是一颗被土星俘获的小行星。

## “旅行者 2 号”对天王星的发现

1986 年，对美国的航天事业来说，是灾难性的一年，包括“挑战者号”航天飞机在内的许多航天器的发射均告失败，给人类太空事业的未来蒙上了一层久久不能消散的阴云，然而，“旅行者 2 号”对天王星的探测获得的巨大成功，却与前面的失败形成了鲜明的对比。人类对自然界的探索正是在失败的悲痛与成功的喜悦中勇敢地往前走。

20 世纪 70 年代末，美国宇航局利用一次几百年一遇的罕见的行星排列机会“二箭四雕”，发射了“旅行者 1 号”、“旅行者 2 号”两颗外行星探测器。“旅行者 1 号”在飞过木星和土星后，完成了自己的绝大部分使命。而“旅行者 2 号”，则利用土星的引力，改变航向并加速飞往天王星，然后再飞往海王星。为此，设在南加州的帕萨迪纳美国宇航局喷气推进实验室的科学家，克服了许多困难。可以说，科学家们通过遥控技术，重新“组装”了一台探测器，调整了包括摄像机、动力系统和控制计算机，还有通信装置在内的大部分机载设备，并启动了设在美国、西班牙、澳大利亚的射电望远镜收发信号，这本身就是一个奇迹。1986 年 1 月，“旅行者 2 号”飞到了天王星，在会合的 24 小时内探测器收集的资料，是自天王星发现以来人类获得

的有关天王星的资料的好几倍。在此之前，我们仅知道，它是太阳系的第 7 颗行星，距太阳 29 亿公里，直径 48000 公里，主要由气体组成，自转轴倾倒于公转轨道面上，并且有 6 颗卫星。1977 年发现了围绕天王星的几个光环。而现在，我们发现了天王星的 10 颗新卫星，新的环带和其他许许多多令我们惊奇的东西。首先，旅行者对天王星的近距离观测，显示天王星与地面观测相同，是淡蓝色的，这与木星和其他许许多多令我们惊奇的观测相同，是淡蓝色的，这与木星和土星是非常不同的，只是在其南极区略红一些，这是由于天王星大气的光化学烟雾效应造成的。另外，发现在天王星大气中各处的温度大致相同，为零下 208 ，而在纬度 30° 的地方有一个神秘的冷圈，这使科学家们大为迷惑，他们原以为天王星的赤道应比极区冷 8 。因为，决定其气象过程的温度梯度应与“直立”行星相反。有关天王星大气的照片，经过电子处理，科学家们找到了 4 块云，并考察了它的流动速度，云的跟踪表明，天王星上的风全都沿着行星旋转方向流动，风速为 161 公里/小时，这明显违反大气中的一个基本定律——热风方程。

当行星的极区比赤道冷时，与行星旋转方向相通的正向风随高度的增加而加快。在天王星上，极区应比赤道热，风应当是反向即风的流速应比行星的旋转速度低，而这种情况并未发生，天王星上各处温度又几乎相同，所以，科学家们不得不重新构造天王星的大气模型。天王星的磁场观测显示，磁轴的取向与其自转有很大的夹角，大约为 60 左右，这与太阳系中人类已经探测过的行星是不同的。科学家们猜想，可能是天王星的卫星和磁层的相互作用导致了天王星磁轴“奇怪”的取向。磁场非常重要，因为要想了解掩藏在天王星云雾之下的天王星非气体部分的情况，磁场是唯一可以利用的信息。科学家们测定了天王星的自转周期，大约为 17.3 小时。

另外，对天王星卫星的探测也取得了许多重要的数据。最初收到的信号清楚地显示出了许多火山口。从天卫四往内，卫星离天王星越近，地质活动就越强烈；天卫三上有一条长长的沟槽；天卫一上则有很多仿佛刚结霜的浅色带状区域；而在天卫五上有奇特的明亮特征，形状与火山相似。只有在天卫二上没有地质活动的迹象，它一直保持着漆黑和呆滞的样子。后来，在发回的卫星拼图中，科学家们得以更仔细地研究天王星的卫星。天卫五好像流行歌曲的精华集，而不是专集，它集中了几乎太阳系中所有的地质特征！长长峡谷仿佛火星表面的大峡谷，一排排沟槽与木卫三表面相似，下陷的岩石又像水星压力断层，但最突出的 3 种特征以前从未见过，在卫星的边缘上有一系列的暗线，看起来仿佛是从侧面观看一堆薄饼，在其右侧有一个山形结构，它被狭长曲折的同心裂缝包围。更往右边，接近卫星的日照一侧的边缘，有一系列互相平行的沟槽，在一端一起垂直地拐弯，仿佛长方形赛马场。沿赛马场的一侧，有一个深深的狭谷，显露出高达数公里的一排悬崖峭壁。实际上，“旅行者 2 号”对天卫五提出的问题比其揭示的问题要多得多。有关天王星环的探测也获得了重大的收获。

## 天王星的环

1973 年英国天文学家高登·泰勒预报 1977 年 3 月 10 日有个恒星 SA0158687 将被天王星掩食。天文学家本想用此罕见相会观测天王星的大气和测定它的直径，但出乎意料地发现该恒星的亮度有几次下降。经过分析，

证认出这是天王星的环系造成的。起初定出 5 个环，后又具体定出 1 个主环，4 个小环。主环是 100 公里宽的椭圆环，另外 4 个小环、 、 、 环为宽约 10 公里的圆环。它们距天王星 44800 公里至 81000 公里，与土星环类似，天王星环带都位于天王星的洛希极限内，在天王星赤道面附近绕天王星旋转。1978 年，用红外光拍摄到了天王星环的照片。天王星环的发现对天王星起源和演化的研究有着重要意义。1986 年 1 月，“旅行者”2 号掠过天王星时，又给我们带来了天王星环带的新的发现。它发现了一个新的窄带环和 100 个从地球上看不到的几乎可以穿透的带。还看到了几部分环弧，其中的颗粒直径从十几厘米至几米。在环之前发现了尘埃带，颗粒约为 0.02 毫米。这些环不都是圆形的，而且随着远离天王星环变得宽且透明。组成环的颗粒是极其黑暗和缺乏色彩的。提出的问题是，天王星环的成因是什么？为什么尘埃带可以存在？那几段环弧是怎么来的等。科学家们认为，天王星的窄环可能是在卫星受到彗星或流星“灾变破坏期间”同时或分别形成的。这些环中的大多数都只含有相当于半径为 1~2 公里的天体的质量。“旅行者 2 号”所看到的部分弧可能是在类似于小行星带的一个小卫星带中一些较小的迄今尚未发现的成员受冲击期间释放出的碎片所形成的短暂聚集带。随着这类碎屑弧的扩张，它们可能变成对称的几乎是透明的碎屑带，能够最终导致上述相互作用的潜在天体系统可以是由成千上万甚至几百颗小卫星组成。它们的大小从几百到几千公里。这些小卫星可能是“旅行者 2 号”已经探测过的所有 3 个大行星系统中看到的较多较小的卫星的向内延伸的部分。小卫星簇可能在环和大卫星间提供了一个缺失环带。在靠近洛希极限处发现了这类小卫星簇并不是偶然的。洛希极限是这样一个区域，在这个区域内的行星潮汐力能够阻止大卫星的生长。科学家们推测紧缩的天王星环系统可能有一个猛烈的和混沌的过去。现在的天王星系统是由十个窄带，许多尘埃带，一些窄环弧和一群小卫星组成的。这可能是它以前的构成者本身留下的一部分，而且是正在进行的形成和丢失过程中的一个仅有的较为短暂阶段。从这一过程中将出现的天王星未来的一些环可以看出，木星、土星、海王星的环系统可能也具有类似的历史。的确环和卫星系统的某些方面如同地球上目前已知的正在漂移的大陆一样，是逐渐消失的而且是不断变化的大陆的一部分。

## 地球自转

1851 年的一天，法国物理学家付科和他的两个助手一同走进巴黎大教堂。人们去教堂这本是正常事，没什么大惊小怪的。然而让人奇怪的是，他们并没有做礼拜或忏悔。只是东走走，西看看，后来在大教堂中间止步，仰望一阵子屋顶后就出去了。

教堂看管觉得这几个人行迹可疑，于是很快就向主教作了汇报。主教说，要提防他们，一防他们行窃，二防他们搞破坏。

第二天，付科等三人果真又进了大教堂，看管闪身躲在暗处，紧紧盯住他们的一切行踪。这时，只见其中的一个年轻人腰系一根长绳，向屋脊下的一根大梁攀登。啊！登上去了莫非要盗窃古物？看管人员这样想。但是那个人将绳子的一端在大梁上系紧后就下来了，这才使那个教堂看管松了一口气。

真是“一波未平，一波又起”。站在下面的那个年轻人又开始忙乎了，他将一个黑色的圆铁球悬吊在绳子的末端，接着又在地板上沿南北方向画了一道白线，然后沿白线方向使劲把铁球推向前去，一松手，大铁球就沿着白线方向来回摆动起来。

教堂看管暗想：他们想干什么？是不是想搞定时炸弹？那个圆家伙很可能是以摆动次数来计时的定时炸弹……想到这里，他便从隐蔽处迅速冲上前去，并大喝一声：“住手！你们想搞破坏！”随即用双手稳住了大铁球。

付科说：“请你不要激动，撒开手，让我们做完实验，然后再跟你解释。”

“做什么实验？”看管员问。

“证明地球在自转的实验。”付科严肃地回答。

“地球在自转？真能骗人！我怎么看不见地球在转动呢？”看管员说道。

“那就请看我们的实验吧！”付科说完又让助手推动大铁球沿白线方向摆动。

过了几个小时之后，铁球仍在摆动，但是摆动的方向逐渐从东向西偏转了，这时已和在地板上画的南北的直线形成了较大的角度。付科指着这种现象便对教堂看管说：“看见了吧！这就证明地球在自转。”

“这种角度怎么能证明地球在转动呢？”教堂看管越发莫明其妙了……

亲爱的读者，或许你也会问，是大铁球在摆动过程中自行变更了方位吗？其实不然，大铁球靠自身的惯性始终保持着原来摆动的方向。那么这是怎么回事呢？

原来我们脚下的地球就好像个巨大的陀螺，当用绳绕上然后拉或用鞭抽打时，可以在地上旋转一样，它也在分秒不停地自西向东旋转，每自转一圈就是一昼夜。因为地球是向东转动，而大铁球的惯性却始终是保持原来南北的摆动方向，这就产生了大铁球摆动而向西偏转的现象，因而和地板上的线段有了较大的夹角。如果在地球南北两极做这个实验，设法使大铁球连续摆动 24 小时，这时人们将会看到，大铁球的摆动平面刚好旋转了  $360^\circ$ 。

这件事发生在 100 多年前，当时科学还不很发达，很多自然奥秘尚未被揭示出来，人们根本不相信人类居住的地球在自转。当人们在巴黎大教堂亲眼目睹过付科的实验，并听到他的解释后，就改变了看法，相信地球在自转的人就会多起来。为了表彰付科的功绩，后人便把这种铁球大摆命名为“付科摆”。今天，包括北京西郊动物园斜对面的北京天文馆在内的世界各地的许多天文馆大厅里，都悬挂着又长又大的“付科摆”，因为它能向人们揭示地球在自转的秘密。

## 哈雷与彗星

1682 年，惊慌和恐怖的气氛正笼罩着伦敦。

夜晚，天空中挂着一根银光闪闪的木棒，或者说是一把寒气逼人的利剑，它使满天星斗为之失色。它扰乱了天空的正常秩序，同时也扰乱了尘世间人们的心灵。在伦敦街头，人们惶恐不安地望着天空，有的人跪在地上，在向上帝做祷告。

“天啊，这是什么怪物啊！”

“连月亮也被它淹没了！”

教堂里的牧师说，这是灾祸的预兆，是上帝发怒时所派遣的可怕的使者。

牧师要人们向上帝祷告忏悔自己的罪过：“只有信仰上帝，信仰耶稣，才能得救。”

在伦敦东南近郊的格林威治天文台。天文学家佛兰姆斯第德正对着天文望远镜，观测着这个怪物，记下它所在的位置，及它在天空中所占面积的大小，查对它位置的移动和大小的变化。

“这真是少见的大彗星！”他赞叹地说。在天文学家的眼里，在望远镜里，彗星是经常见到的，并不足怪。然而这样巨大的光亮的彗星，他过去却从没见过。

佛兰姆斯第德刚刚写完一段记录，就有人告诉他：哈雷先生来了。

哈雷是一个青年科学工作者，只有26岁。由于他对南半球星座的研究，和对一次水星凌日现象所作的观测记录，使他成为英国皇家学会最年轻的成员，天文学界的人都知道他。佛兰姆斯第德快步走进会客室，和他亲热地握手。

“亲爱的佛兰姆斯第德先生，你看到那个大怪物没有？”

“当然看到了。哈雷先生，我知道你说的是彗星。我已经注意它半个多月了。”

“对呀！”哈雷说，“佛兰姆斯第德先生，你知道不知道，它在社会上引起多大的骚乱！它让愚昧和迷信统治着人们的头脑！你们天文台，有责任解释它的存在，用科学扫除愚昧和迷信！”

佛兰姆斯第德抱歉地赔笑道：“你说得对，我们有责任。可是，我们现在还不知道这怪物是从哪里来的啊。”

哈雷在天文台的望远镜里观察了这颗彗星。它横贯半边天空，光芒四射。它的一端比较浓，像是一团浓雾。

佛兰姆斯第德在旁解释说：“你看那浓雾似的一头，叫做彗头。那彗头的中心有个明亮的光点。看见了吗？我最初看见它时，它就只有那么个光点，和普通星星一样。后来，我才看见这团浓雾似的光斑。再过几天，它靠近太阳，就伸出那个长长的尾巴，而且一天比一天长。”

哈雷看着长长的彗尾，是一条或明或暗的光带，很淡薄，很模糊。这光带是如此淡薄，以致哈雷还能透过它，看到它后面的某些恒星闪烁发光。

佛兰姆斯第德说：“彗星越靠近太阳，尾巴越长，然而当它过分逼近太阳的时候，它就隐没在太阳的光辉里，最终看不见。像这一颗彗星，过些日子也会被太阳的光辉淹没。几天以后，它又会带着长长的尾巴出来。出来以后，它的尾巴慢慢变短，最后只剩下一个光点，渐渐消失在天空，连望远镜也看不见了。”

佛兰姆斯第德取出一大叠资料给哈雷看，这是天文台历年来观测到的许多彗星的记录。哈雷非常感兴趣地翻看着。他一面看资料，一面自言自语地说：“彗星怪是怪，但是也有运行的规律，不是胡来乱闯的嘛！”

两年以后，哈雷到剑桥大学去，访问大名鼎鼎的天文学家牛顿，他同时也是数学家和物理学家。

牛顿房间的墙上，挂着一幅《太阳系图》，图的中间是太阳，四周画的水星、金星、地球、火星、木星、土星六大行星，以及它们绕着太阳公转的轨道。有的行星旁边还画着卫星。这就是当时已知的太阳系全体成员了。

哈雷一走进房间，牛顿就热情地欢迎道：“啊，哈雷先生，年轻的天文学家！我很高兴见到您。我正有个困惑的问题要向您求教呢。”

“啊哟！”哈雷吃了一惊：鼎鼎大名的牛顿竟会向我求教！他恭敬地站着说道：“尊敬的牛顿先生，我是因彗星的问题来向您求教的。我怎么能解答您感到困惑的问题？”

“你在研究彗星？很好。不过我们还是先谈谈行星吧。我们已经知道，行星都是围绕太阳公转的。”他指着墙上的《太阳系图》说，“我们不了解的是，为什么行星不会脱离太阳，飞往更遥远的空间呢？”

哈雷想，这问题不难。他说：“这恐怕用得着您著名的苹果故事了。”

苹果故事便是牛顿自己的故事。“你是说，太阳具有强大的引力，吸引行星不离开它，对吗？”

哈雷含笑点点头。

“那么，”牛顿又说，“太阳为什么不把行星吸引到自己身上，也像地球吸引苹果一样呢？”

哈雷沉思了一会，摇摇头说：“这个我说不清楚。”

“我是这样想的，”牛顿拿出一张图说，“您看，这行星P本要向 $P_1$ 的方向前进的，然而它被太阳吸引，而向 $P_2$ 方向前进。但是到了 $P_2$ 以后，它也并不是沿着 $PP_2$ 的方向前进，因为受了太阳引力的影响，它到了 $P_3$ 。同样的道理，行星又转向 $P_4$ 。总之，由于各种力量的平衡，行星就以椭圆形（接近正圆）的轨道环绕太阳运行。您说对吗？”

“可是，”牛顿又说，“这却只是一种设想。要证明这种设想，就必须把这几种力量的大小计算出来，看是否与设想相符合。”

“我知道了！”哈雷抢着说，“我们如果算出太阳的质量多大，行星的质量多大，便能算出它们相互的引力有多大。不过，如果相隔距离太远，那么相互间的引力就会要小些吧？”

“对极了！”牛顿说。

“行星运行速度越大，它所造成的离心力也就越大，这也会抵销太阳的引力，正像您刚才所阐述的那样。是吗？”

牛顿听了非常高兴。他说：“您讲得完全正确。”关于行星运行的轨道问题，他们已经在互相讨论中取得了一致的看法。现在牛顿把话题拉回到哈雷所提出的问题上，他说，“哈雷先生，请您再想一想，您所要研究的彗星，不也是太阳引来的吗？可是它并不会跌到太阳上面去，而也有它自己的轨道。我们能不能算出它的轨道呢？”

牛顿的话虽然没有直接解答哈雷提出的问题，但是给了哈雷很大的启发。从此以后，哈雷便全身心地投入到引力问题的研究之中，他进行了种种复杂的计算。后来他的研究，对牛顿也有所启发和帮助。

1687年，牛顿关于万有引力的著作出版了。根据万有引力的理论，一切物体都是互相吸引的，引力的大小和物体的质量成正比，和物体之间距离的平方成反比。牛顿还计算了物体运动的速度和引力的关系、他用精密的计算，论证了一切天体都要受万有引力理论的支配。

就行星的运行而论，牛顿计算了太阳和各个行星的质量以及相互之间的距离，他还计算了行星运动的轨道和速度，对行星绕太阳公转作出了明确有据的解释。

对于这怪异彗星，牛顿同样也提出了研究它的轨道的方法。彗星出现的一段时间，它在天空星座之间运行的路线是可以观测记录的。分析这些记录，

可以算出它的轨道和速度，可以算出它和太阳相互吸引的作用力，从而取得很多数据。于是，通过这已知的数据，再运用万有引力的理论，就能算出彗星整个轨道的情形，包括它出现以前以及隐没以后在茫茫天空运行的情形。

哈雷按照牛顿提出的方法，计算了 1682 年大彗星的轨道。但是由于当时天文观测资料不够精确，似乎这轨道是一条抛物线，也就是从一端来，绕过太阳到另一端去，永远不回来了。然而经过仔细分析，发现这轨道又像是一个偏心率很大的椭圆。如果是一个偏心率很大的椭圆，那么彗星在离开太阳亿万公里以后，又会折回头，向太阳前进，重复出现在人类的眼前。

这轰动人类、扰乱天空的彗星，究竟是太阳系的常住户，还是天外飞来的过客？哈雷为此又去格林威治天文台，查阅历来观测彗星时留下的记录。他耗费了巨大的精力，进行无数次复杂的计算，发现 1607 年的那颗彗星和 1682 年的那颗彗星，有着相同的轨道。接着又发现 1531 年的彗星也和 1682 年的那颗轨道相同。同时人们描述见到的这三颗彗星的形状大小也相像。

“这三颗彗星实际上是同一颗彗星出现了三次！”哈雷想。

$$1682-1607=75 \quad 1607-1531=76$$

这三次出现，每两次之间相隔 75 年或 76 年，这就是这颗彗星出现的周期吗？

哈雷从 1531 年再向前推 75 年，则是 1456 年，但没有天文台观测资料，然而历史书上记载着，1456 年，出现过彗星。再由此往上推，1380 年和 1305 年也都出现了彗星，它们之间也是相隔 75 年或 76 年。

哈雷越来越坚定地相信，自己的推测是正确的。

哈雷运用万有引力定律，经过精密的计算以后，便断言：1682 年的彗星是太阳系的一员。它以椭圆形轨道绕太阳旋转，但是轨道的偏心率非常大；近日点靠近太阳，远日点则很远，比近日点要远百倍。它绕太阳一周时间需要 75 年或 76 年。他断定下一次出现是 1758 年。

1758 年到了。但这时哈雷已经去世了。然而爱好科学的人们却没有忘记哈雷的预言。他们期待着 1682 年的彗星再度出现。他们把期待着的那颗彗星称为哈雷彗星。

满天星斗，像平常一样，没有出现什么异常现象。天文台的望远镜对准彗星将要出现的空间，也不见彗星的踪影。为什么彗星没有出现呢？难道万有引力的理论不灵吗？

对于万有引力的理论和计算，人们是找不出什么毛病来的。但是有些迷信保守的人，却仍然认为彗星是上帝发怒的信息。他们责备天文学家竟然欢迎一颗“灾星”。半年过去了，有些人用轻蔑的口气说哈雷的预言不过是胡说罢了。他们冷眼看着那些焦躁不安、不知所措的天文学家们，说：

“你们的希望已经成了泡影！”

“万有引力理论只是一种幻想的假说！”

这时候，法国数学家、天文学家克来罗站出来说话了。他通过精密的计算，算出：土星的引力使哈雷彗星迟到了若干天，而木星的引力又使它迟到若干天。因此，哈雷彗星的迟到，并不证明万有引力理论是幻想，恰恰相反，这证明万有引力理论是非常正确的！

克来罗还断言：哈雷彗星在 1758 年是不会出现了，它将于 1759 年春天来到，大家热烈地欢迎吧！克来罗还算出，彗星将于 1759 年 4 月 13 日通过近日点。

1759年2月的一天，人们注意到天空出现了一颗新星。

“哈雷彗星！”人们仔细地观察着这颗新星，而且希望它就是哈雷彗星。天文学家一天接一天地追踪它。

果然是哈雷彗星！它的尾巴一天比一天长，终于又像一把寒气逼人的利剑，辉煌地照耀了半个天空。

科学胜利了！

万有引力的理论胜利了！

当时感觉美中不足的是，克来罗关于哈雷彗星将于1759年4月13日就通过了近日点的预言，不够准确。实际上，哈雷彗星3月12日就通过近日点，比他的预言要早一个月左右。这是什么原因引起的呢？

在22年以后，天文学家发现了新的大行星——天王星。后来又发现天王星的轨道有一些不规则，根据万有引力的理论来分析，在天王星轨道外还有一颗大行星在吸引它，影响它的运行。1846年，人们根据万有引力理论而进行精密计算之后，天文台把望远镜对准计算到的小块空间，果然发现了肉眼不能见的大行星——海王星。这以后才知道，天王星和海王星曾在1759年拉动过哈雷彗星，促使它提早走向太阳。这样一来，克来罗计算的误差就得到了合理的解释。但这时候，克来罗本人也已经去世了。

### 赫歇耳发现天王星

直到200多年前，人类还一直把土星看做是太阳系的边疆。那时，人们都只知道天空中有6颗大行星：水星、金星、火星、木星、土星和我们人类的故乡地球。

水星、金星、火星、木星和土星合称为五大行星，人们用肉眼就能看见，所以我们的祖先很早就认识了它们，并且把它们与太阳、月球一起称为“七曜(yào)””。意思是说，它们是天上七颗有光芒的、能够照耀人间的天体。

就在1781年3月13日这一天，发现了太阳系的一个新成员，从而扩大了太阳系的边疆。那是英国天文学家威廉·赫歇耳，用自己制造的望远镜所观测到的在土星之外那一颗蓝色的天体。

威廉·赫歇耳于1738年11月15日出生在德国汉诺威城。父亲是一位穷苦的乐师，在父亲的熏陶下，赫歇耳从小就表现出很好的音乐才能，以后还在吹奏乐方面有很高的造诣。18岁那年，因战争流亡到英国，独自一人远离家乡，全靠以音乐谋生，收入十分微薄，只能勉强糊口度日。

赫歇耳从小就酷爱读书，如今他虽然是一位宫廷里的双簧管吹奏者，但仍然抓紧业余时间如饥似渴地读书，从不荒废点滴时间。他读的书很多，尤其喜爱数学、物理学和天文学。渐渐地对天文学抱有特殊的兴趣，不久便成为一名天文爱好者。

赫歇耳正式成为一名业余天文工作者时，他已35岁了，各方面都已比较成熟。他深知天文学是一门观测的科学，因此，所制定的业余天文工作的第一步计划，便是自己动手，磨制天文望远镜。

要动手制造望远镜，谈何容易。他已经把全部的业余时间都用来搜集有关光学理论的参考资料，购置必要的制作工具和材料，再要安排时间磨制镜面实在困难。于是，他便写信把妹妹卡罗琳·赫歇耳和弟弟阿历山大·赫歇耳两人从家乡接来，帮助他进行望远镜的研制工作。就这样，在1774年的夏

天，赫歇耳和他的妹妹、弟弟三人，组成了家庭望远镜制作“工厂”。

客厅变成了木工车间，卧室当成磨制反射镜车间……三个人劲头十足，锯木声、磨镜声响成一片，分工合作，热闹非凡。

那时的反射镜一般都是采用铜做镜面。单纯的铜面容易被氧化而失去光泽。经过大量的试验，赫歇耳确定采用两份铜与一份锡的合金做镜面。他用手工操作，一点一点地把整个镜面磨成准确的凹面。他在宫廷演奏后，一回到家，便马上换上工作服进行他的镜面磨制工作。他不分寒暑地磨制镜面，时常磨到饥肠辘辘，也不肯放手，就让妹妹给他喂饭吃，疲倦了，就让妹妹在一旁为他朗读小说。他就是以这种“十年磨一箭”的精神来磨制镜面的。

1776年5月1日，一架2米长的反射望远镜，在他们三人的苦战中诞生了。

有了自己磨制的望远镜，赫歇耳便请了一些帮手立即把它安装起来，使望远镜轻巧、灵活地指向天空，开始他的第二步计划——巡天观测。他珍惜每一个可以进行观测的晴夜，常常是整夜的观测，第二天还得拖着疲惫的身子到宫廷去演奏，以便换来日常生活费用；晚上不管回来多晚，只要是好天，他总是要打开望远镜，继续进行观测。妹妹始终跟在哥哥身边做观测记录，白天便进行整理归算。弟弟在哥哥指点下继续做磨制更大的镜面的准备工作。

就在他们进行巡天观测的第五个年头，即1781年3月13日，那天晚上10时许，当赫歇耳把望远镜指向双子座时，一颗从来没有看见过的新星在望远镜里出现了。

开始，赫歇耳使用的是能够放大270倍的目镜镜面，接着更换成能够放大460倍的，最后又使用了能够放大930倍的目镜镜面。更换目镜镜面是判断恒星还是行星或彗星的一种观测方法。在更换目镜镜面后，星体如果变大，则该星体属于行星或彗星；星体如果不变，则该星体是属于恒星。

赫歇耳更换目镜镜面后，发现星体增大，这说明他所观测到的那颗星是属于行星或彗星。但是，自从天文望远镜发明以来，虽然发现许多新星，而行星却从未增加过一颗，所以当时不论哪位天文学家，都认为在太阳系里围绕太阳转动的只有水星、金星、火星、木星、土星和地球等六大行星而已。传统的偏见，使赫歇耳不敢相信这是太阳系里的另一个新成员——行星，于是，赫歇耳便似是而非地把它当成一颗遥远的彗星。

卡罗琳的观测记录簿上连续记录着：

3月19日，彗星东移。

3月25日，彗星速度加快，星体逐渐增大……

3月28日，彗星星体再增大，逐渐接近地球。

4月6日，使用放大278倍的目镜镜面观测，彗星边缘清晰可见，但是，未见周围的雾状云以及彗星尾……

一般彗星都有彗尾，即使没有彗尾的，周围也要有雾状云，对此，赫歇耳认为：“既不见彗尾，又没有雾状云，恐怕不是一颗普通的彗星。”

为了弄清这颗新星的真实身份，赫歇耳迫切要求助于整个天文学界的帮助，希望各国天文学家都来进行对这颗新星的观测。因此，他在1781年4月26日向英国皇家学会提交了一篇名叫《一颗彗星的报告》的论文，阐明了他发现的这颗新星的位置和特点，并希望各国天文学家对它进行观测。

赫歇耳的报告，引起了天文学界的极大震动，许多天文学家纷纷将天文

望远镜对准这颗“不平凡”的“彗星”，进行跟踪观测。可是，根据“彗星”运行轨道的计算结果表明，它不像其他彗星那样走着一条拉长了的道路而是十分近似其他行星所走的圆形轨道。“这难道是一颗新行星吗？”人们经过很长一段时间怀疑，最终才不得不承认它的确是太阳系里的第七颗行星。

当时，赫歇尔以英国国王乔治三世的名字，给这颗新行星命名为“乔治星”。但是，忠于神话传统的英国人，把这颗太阳系的新成员，用希腊神话中的天神“伏拉纳斯”的名字来命名它，翻译成中文就叫“天王星”。

天王星的发现，突破了千百年来传统观念，第一次扩大了太阳系疆界的范围，这无疑是在人们探索宇宙的道路上，迈出的十分了不起的一步，它对于进一步认识太阳系起着意义重大的解放思想的作用。天王星的发现，犹如在平静的池塘中投了一块石子，人们相继又发现了第八颗行星海王星、第九颗行星冥王星，乃至今天人们仍在努力寻找着第十颗行星。

### 冥王星的发现

与海王星比较起来，冥王星的发现则显得更加曲折些。因为它是比海王星还要远的一颗行星，它的运行更慢，而且在海王星上看太阳，已不见太阳的圆面，仅呈现一个光亮的点。那么再落到冥王星上的太阳光就更少了，经它反射到达地球的光就更加微乎其微。现在我们所看到的冥王星，只像一个15等暗星。为了发现冥王星，不少人曾仿效勒维烈和亚当斯的方法，想从天王星和海王星所受的摄动反推它的位置。但是冥王星并不像预计中的那么大，它对天王星、海王星的摄动太小了，很难得到确定的结果。它又比较暗，行动又太慢，要在黄道带上一个一个地检测15等的暗星，并发现它们是否移动，即使预告了位置也是不容易做到的，要知道15等星的数目比9等星至少要多300倍。

本世纪初，美国天文学家皮克林（1858~1938年）主张用照相的方法去搜寻这颗遥远的行星，只要隔几天就对同一天区拍照，如有移动位置的天体就会从前后两张底片上找出来。由于预报的未知行星位置很不可靠，所以只能沿黄道带有计划地系统拍照。这个任务交给了年仅23岁的汤博，汤博发现每一张底片上总有几万甚至几十万个星点，要将这些星点逐个核实简直不可能。正巧，这时德国有一家仪器公司发明了“闪视比较仪”，它有两个置片台，放置待比较的两张底片，左右两张底片不能同时在镜头里看到，而是自动控制着按一定频率轮流进入视场。如果在两张底片上没有移动位置的星，两张底片上的星象全同。由于视觉暂留现象，视场里的星象会是稳定的，只要有一个星移动位置，在视场里看就会来回跳动。

汤博利用了这一仪器，他耐心地坐在内视仪前，将底片逐张进行观察。由于一张底片上星象很多，必须分成若干区，每一次只能校核十几个星点，在确认每一个星点都不跳动后才能通过，因为任何微小的疏忽都可能前功尽弃，使后来的工作变为徒劳。有时他确实发现了跳动太快，就可能是小行星。这项工作既要有耐心，还要有清醒的头脑。直到1930年1月，他完成了金牛座40万颗星的检核工作，仍一无所获。下一个天区是双子座，这里靠近银河，暗星密聚，工作更是异常繁重，他日复一日不间断地工作。1930年2月28日下午4时，他发现双子座星东有一个跳动的15等小星，在相隔六天拍摄的两张底片上只移动了3毫米~4毫米，同预计中的新行星又暗又慢的特点

相符合。他欣喜若狂，但没有立即宣布这个发现。在以后的几个星期里又连续对该天区拍照，确认这是一个新行星后，才于3月13日公布于世。这一年他才24岁！

冥王星到太阳的距离约40天文单位，公转一周需要247年，轨道偏心率也较大。从发现到现在的50多年里，它才完成公转一周的1/5。在1989年冥王星过近日点时，人们在比较近的地方观测到了它。

