

学校的理想装备

电子图书·学校专集

校园网上的最佳资源

金苹果文库宇宙风采



主编的话

强烈的好奇心和求知欲，是人类极宝贵的天性。

我们的祖先很早就开始关心：天有多高？石头往上扔为什么还会掉下来？为了回答这些问题，人类就从当时已经明白的道理来推测未知的原因。例如，闪电很可怕，它像一把猛然投掷而来的利器。于是古人推测，必定存在能够使用这类超级武器的神。这样，在神话中，闪电就成了雷公的锤，或是众神之王宙斯的矛。

后来，人类不再满足于神话的臆想，而是开始思考：也许宇宙就像一台由固定的“法则”控制的机器，人类则应该努力发现自然界的法则究竟是什么。这样做的时候，必须运用合乎逻辑的步骤进行推理。这主要包括三个方面：首先，收集对大自然的观察资料。其次，把观察资料整理好，使它们变得有条有理。最后，从这些资料中概括、发掘出客观规律。

从16世纪开始，除了观察以外，人类又学会了研究自然规律的一种新方法——实验。在这方面，贡献最突出的是意大利科学家伽利略。人们常称颂他为现代实验科学的创始人。

科学的发展，是一代又一代富有献身精神的人不断努力、不断拼搏的结果。伽利略逝世的那一年，牛顿诞生了。

人们经常惊叹，牛顿在科学研究方面怎么能够取得如此辉煌的成就。对此，牛顿有一句广泛流传的名言：“如果我比别人看得远些，那是因为我站在巨人们的肩上。”他还说过：“我觉得自己好像一个在海边游戏的孩子，不时地为比别人捡到一块更光滑的卵石或一只更美丽的贝壳而感到高兴，而我面前浩瀚的真理海洋，却还完全是个谜。”

从牛顿时代至今的三个世纪中，科学发展得越来越迅速，也越来越复杂了。所以，科学家、科学教育家们就有义务尽可能通俗地向社会公众、特别是向青少年们更多地宣传普及科学知识、科学思想和科学精神。这也正是我们主编这套《金苹果文库》的宗旨。

《金苹果文库》首先是为青少年朋友编写的，具有初中文化水平基本上就可以看懂。我们希望，这些“苹果”能适合大家的“口味”，帮助大家不断激发求知欲和创造欲，建立爱好科学的终身志趣。我们也期望，它们会受到同样渴求加深对科学技术的了解的中老年读者的青睐。作者们尽了很大努力，展现科学的内在魅力。《金苹果文库》将使您再次体验到，阅读科学书籍实在是一种妙不可言的美的享受。

《金苹果文库》于1997年推出第1辑10种，并拟于2000年出至50种。为使首批图书尽快与读者见面，考虑到便于组稿，我们先在京、沪两地约请作者。同时，我们热切欢迎全国各地的优秀科普作家主动与我们联系，使“金苹果”因为增添了您的佳作而变得色彩更绚丽、滋味更甜美。

最后，我们恳切地请读者朋友将阅读《金苹果文库》的印象及时告诉我们，让我们共同将整套图书出得更好。

卞毓麟 赵所生
1997年9月19日

作者题词

洞察宇宙的身世是人类智慧的骄傲

卞毓麟，1943年7月生，1965年南京大学天文系毕业。现为中国科学院北京天文台教授，中国天文学会常务理事，天文学名词审定委员会主任，中国科普作家协会会员。著译图书《星星离我们多远》等20种，发表科研论文60余篇，科普和科学文化作品300余篇。作品曾多次获奖，《月亮——地球的妻子？姐妹？还是女儿？》一文被收入全国统编初中《语文》课本。1990年以来，先后被中国科普作协表彰为“建国以来，特别是科普作协成立以来成绩突出的科普作家”，北京天文学会评选为“先进天文普及工作者”，中国天文学会表彰为“优秀天文科普工作者”，国家科委和中国科协表彰为“全国先进科普工作者”，北京市表彰为“北京市先进科普工作者”。

宇宙分采（金苹果文库）

我与科学世界

经常写作的人往往都有自己的“笔名”，我也有一个笔名叫“梦天”。不少朋友都说这个笔名真好，因为它很富有诗意。其实，我最初想到用这个笔名，只是出于一个很简单的理由：因为我从小就梦想成为一名天文学家。

宇宙中蕴藏着无穷的奥秘。古往今来，不知有多少人，从幼小的童年时代开始，就爱上了满天的星星，爱上了繁星密布的天穹。研究星星和宇宙的科学就是天文学，而天文学家就是专门探索和揭示宇宙奥秘的人。

人们往往很难说出：自己是从哪一本书上第一次学会了认字。与此相仿，我并不清楚自己从哪一本书上第一次学到了最初的天文知识。不过，我依稀记得，还在上小学以前，父母亲给我买了许多好看的书，它们都是《幼童文库》的成员。对于《幼童文库》的作者和出版社，我没能留下确切的记忆。但是，我至今还保留着这样的印象：《文库》中的每本书都很薄，但每张纸倒是厚厚的，彩色的图画很美丽，书中的字不多，好些字我都认识。我记得，其中有一本书说到了地球绕着太阳转，月亮绕着地球转，还说到了水星、金星、火星、木星等等，它们也像地球一样，都是绕着太阳转圈子的行星。总之，这是一本幼儿爱看的介绍太阳系的书。

我的小学阶段，主要是在20世纪50年代初度过的。当时，朝气蓬勃的新中国对孩子们的教育取得了巨大的成功，“三好”、“五爱”铭记在我们这些“红领巾”的心头。在我们幼小的心灵中，“祖国”、“人民”、“科学”……，这些词儿有着无与伦比的巨大吸引力。

1956年，正当我上初中二年级的时候，祖国的大地上响彻了“向科学进军”的嘹亮号声。国家制订了《1956—1967年科学技术发展远景规划纲要(草案)》，科学家们日以继夜地工作，中华全国科学普及协会与中华全国总工会还联合召开了全国第一次职工科学技术普及工作积极分子大会。科普书刊比以前更多了。我看了不少天文通俗读物，它们是多么迷人啊。于是，我开始学习认星星了。这并不很难，但是要持之以恒。许多年以后，我为少年朋友们写了一本书，名字就叫《星星是我们的好朋友》，在这本书的代前言“星星朋友在召唤”中，我写道：

“夜幕降临，仰望长空，一颗颗明亮晶莹的星星就像镶嵌在天穹上的明珠。

“你再仔细看看，它们好像正在淘气地向你眨着眼睛——也许，它们是在亲切地和你打招呼吧？看来，它们还挺想和你交朋友呢。

“和星星交朋友？这可是个好主意。其实，这挺容易的。古代人在几千年以前就认识星星了——那时候的科学还那么落后呢，难道你生活在今天还不能吗？

“肯定能。很快地，你就能叫出许多星星的名字了，就像呼唤你们班上的同学那样方便。……”

当时，我们这些初中生已经有了自己的憧憬：“我想当飞行员”，“我想当作家”，“我想当老师”……当我说自己“想当一名天文学家”时，老师是那么认真地注视着我。我不知道这目光是赞许，是怀疑，或者还有别的什么含义。但是，我猜想，其中一定包含着深情的期待。

时间过得很快，我成了一名高中生——在上海市卢湾中学。我至今清楚地记得，母校的老师们对于教书育人是那样地投入，几乎每一门课都讲得那

么精彩。这使学生们的求知欲明显地更旺盛了。那时，我对古典文学、历史人物等都很感兴趣，而更喜爱的则是科学知识，尤其是数学令我入迷。我提前自修完高中数学，并津津有味地钻研起高等数学来。那时，有一位数学老师——他的名字叫翁琪倩，课讲得很好而身体却很差，曾几次临时因病未能上班，我还代他讲了几堂课。当时，我是在班主任陆德裕老师的亲切鼓励下，在全班同学友好而信任的气氛中，顺利地完成任务的。

那时，也和今天一样，有许多课外小组。我参加的是数学小组。中学毕业，高考来临之际，我填报的第一志愿是南京大学数学天文系，结果被录取了。1960年8月，赴南京大学报到前，一位曾参加校外天文小组的同学送给我一幅星图，至今我还妥善地保存着。

后来，数学天文系分成了数学、天文两个系，我在天文系学习。大学时代的生活很清苦，但心情相当愉快。南京大学不仅有许多遐迩闻名的系科和教师，而且有读之不尽的各门各类的藏书。天天有好书可读，常有精彩的课外讲演可听，其乐趣是很难用笔墨形容的。虽然这篇短文不可能详述大学时代的生活，但我必须提到我们的系主任戴文赛教授。那时他50来岁，待人和善，深受全系师生尊敬。他很博学，讲课时逻辑严谨，条理分明。尤其使我感动的是，他数十年如一日热心于普及科学知识。1979年3月，戴先生病危之际，还在即将出版的《戴文赛科普创作选集》前言中写下了这样的话：“我是一个科学工作者。我一直认为，科学工作者既要做好科研工作，又要做好科学普及工作，这两者都是人民的需要，都是很重要的工作。党中央发出了‘提高整个中华民族的科学文化水平’的号召，科普工作就有着更重要的意义。我们科学工作者，应该拿起笔来，勤奋写作，共同努力，使我们中华民族以一个高度科学文化水平的民族出现在世界上。”一个多月后，戴先生与世长辞。

1965年，我大学毕业，分配到中国科学院北京天文台工作，也成了一名专业天文工作者，至今已经32年。我在从事科研工作的同时，也一直笔耕不辍，创作和翻译了大量科普作品。我非常赞成戴文赛先生的上述那一番话，我认为，它正是4个世纪以前提出“知识就是力量”的著名英国哲学家弗兰西斯·培根的另一段至理名言在今日的回音：“知识的力量不仅取决于其本身的价值大小，更取决于它是否被传播以及被传播的深度和广度。”

前面已经说过我最初使用笔名“梦天”的缘由。如今，这个笔名则有了一层新的涵义，那就是——

我国古代天文学取得了举世瞩目的成就，但从明朝末年以来却日渐落后于西方发达国家。我有时在梦中也会想到：中华民族的天文事业何时能在世界上重振雄风，再显辉煌！

最后，我还乐意顺便告诉大家：曾经有不少人问我，“你是怎样治学和写作的？”我用16个字作了回答，现抄录如下，愿与青年朋友们共勉——

“分秒必争，一丝不苟；博览精思，厚积薄发。”

卞毓麟 1996年12月
北京市朝阳区科学园南里

宇宙十警

天上的街市

1980年，我为当时的青少年朋友写了一本书，名叫《星星离我们多远》。这本书出版后很受读者欢迎。还有不少人告诉我，它的“序曲”写得很精彩。我不知道它是不是真的那么好，但我自己确实也挺喜欢它的。现在，我对“序曲”作了一些修改，在这里奉献给你们——亲爱的青少年朋友们。

朋友，您吟诵过这样一首诗吗——

远远的街灯明了，
好像是闪着无数的明星。
天上的明星现了，
好像是点着无数的街灯。

我想那缥缈的空中，
定然有美丽的街市。
街市上陈列的一些物品，
定然是世上没有的珍奇。

你看那浅浅的天河，
定然是不甚宽广。
我想那隔河的牛女，
定能够骑着牛儿来往。

我想他们此刻，
定然在天街闲游。
不信，请看那朵流星，
是他们提着灯笼在走。

这首白话诗，作于1921年。其高远的意境，丰富的想象，纯朴的语言，浪漫的比喻，冲破了日益衰颓的旧文化的桎梏，体现出一代新风。它的题目叫《天上的街市》，它的作者当时还不满30岁。他才气横溢，风华正茂。不多年间，他的大名便传遍了海北天南。他，就叫郭沫若。

古往今来，夜空清澈，群星争辉。多少人为之浮想联翩，多少人为之向往入迷啊！我们要谈的，正是这天上的星星。《天上的街市》写到了天河，写到了脍炙人口的牛郎（郎）（织）女的故事。那么，就让我们从这儿谈起吧。

初秋晴夜，银河高悬，斜贯长空。银河，有许多别名。在西方，它叫“乳白色的道路”；在我国古代，它又叫银汉、高寒、星河、明河、天河……。天河两岸，很容易找到“牛郎”和“织女”，它们是两颗很亮的星。牛郎在河东，又名牵牛星，也叫“河鼓二”。它的两旁，各有一颗稍暗的星。三星相连，形如扁担。牛郎居中，两端宛如一副箩筐。所以它们又合称为“扁担

星”。据说，每年旧历七月初七，牛郎就将他的两个娃娃放在箩筐里，挑起扁担，去和织女“鹊桥相会”啦！织女在河西，与牛郎以及自己的孩子遥遥相望。她的近旁有四颗星构成了一个平行四边形，恰如织女用的梭子，它正是织女的劳动工具。另外还有一种传说：在牛郎星附近有几颗小星连贯起来组成了一个菱形，很像一个织布的梭子。它是织女为了表达自己的思念而抛给牛郎的，因此民间便称它为“梭子星”了。天河之中，牛郎织女之间，有6颗亮星组成一个巨大的“十”字。请看图2吧，如果我们将它们想象为神话中的“鹊桥”，那岂不是既自然又很有趣吗？

世界上各个古老民族，都以长了翅膀的丰富想象力，驰骋在天上人间。他们对同样的星空孕育产生了大不相同、却又9同样妙趣横生的神话传说。上面说到的那个大“十”字，古代欧洲人将它想象成一只展翅翱翔的天鹅。因此，它所在的那个星座就被叫做“天鹅座”。

那么什么是星座呢？简而言之，古人为了辨认星空的方便，就用种种想象中虚拟的线条将天上较亮的那些星星分群分组地连接起来，这些星群就称为“星座”。人们还以更加丰富的想象力让每一群星都与某个神奇的故事联系在一起。因此，许多星座的名称通常都源于古老的神话传说。

世界上最早划分星群的，也许是苏美尔人。他们生活在美索不达米亚平原两河流域的下游，如今属于伊拉克的地方。大概在公元前4000年，他们在辨认星空时已经将群星“分而治之”了。在后来的漫长岁月中，星座的划分有了极大的发展。演变到公元2世纪，经过古希腊天文学家的详细描述，北部天空40个星座的雏形便大体确定下来。至于南天星座，那是17世纪后通过航海家和天文学家们的系统观测才逐渐定型的。由于近代科学的启蒙和发展，南天星座中就夹杂着一些用科学仪器命名的名称，例如显微镜座、六分仪座、罗盘座、望远镜座等；而北天星座的名称则依然充满着古老神话的色彩：仙女座、仙后座、武仙座、飞马座、天鹅座……

现代对星座的划分就更精确了。国际上统一地将整个天空划分成大小不等的88个区域，每个区域就是一个星座，它们有如地球上大大小小的许多国家。每个星座中都有许多星星，恰似一个国家中有许多城市和乡镇一般。牛郎星是“天鹰座”中最亮的星，按国际统一称呼，它就叫“天鹰座”。是希腊语中的第一个字母，读作“阿尔法”。织女星是“天琴座”中最亮的星，所以称为“天琴座”。同样，天鹅座中最亮的星就叫“天鹅座”，它就在那只大天鹅的尾巴上，所以阿拉伯人又叫它“戴耐布”（Deneb），意为“天鹅之尾”。我国人民自古以来一直叫它“天津四”。图1中还标出了另一些星星的名字：天鹅座中的、等。它们分别用希腊文中的第2至第7个字母表示。

一个星座中的星星很多，而希腊字母只有24个，每颗星用掉一个字母，用完了怎么办呢？不要紧，可以接着用拉丁字母；拉丁字母用完后，还可以给星星编上号，例如图1中的天鹅座61就是这样；或者，给星星专门列出一份“花名册”——星表，在星表中给每一颗星指定一个号码，这也就是它的名字了。比如，天鹅座61星，它实际上是一个双星系统——由两颗互相绕转的恒星组成，它们分别叫“天鹅座61A”和“天鹅座61B”；因为它们在一份名叫HD的星表中编号分别为201091和201092，故又称HD201091和HD201092。

中国古代经常使用“星官”和“星宿”这些名称。“二十八宿”更是古典小说中时时跃然纸上的话题。其实，它们和星座并没有什么本质上的差别。我们不妨说，“星官”和“星宿”就是历史上流传下来、具有浓郁民族特色的中国古代星座。

好，有了这些知识，我们就可以到宇宙中做一次有趣的旅行了。

地球和行星

我们的地球

古代世界曾有一些庞大的帝国，例如在公元前 500 年，从波斯帝国国境的一端到另一端就有 5000 千米远。国王的军队很清楚横越自己的国土需要行军多久。但是无论他们走多远，却永远见不到世界的尽头。那么，大地难道真是永无止境地伸展开去的吗？

不。有许多迹象表明，大地并不是平的。例如，船只出海时，岸上的人可以看到船底首先消失，船身仿佛渐渐降到海平面以下，而船帆却依然清晰可见，好像船只正逐渐消失于一座小山之后一般。倘若地面是弯曲的，就应该出现这样的情景。无论船只往什么方向航行，它们都是这样消失的。看来，大地在所有方向上弯曲的程度都相等。

又如，往南远行的旅行家也可以看到类似的情景。他们会发现某些星星消失于北方的地平线下，另一些先前未曾见过的新的星星则出现于南方的地平线上。而当人们朝北走时，情景恰好相反。倘若大地的表面是平的，就不会发生这种情况。

月食时，地球的影子落到月亮上。人们发现，无论地影的投射方向如何，它的边缘总是圆形的。因此地球必然是一个真正的球。

事实上，从古希腊的亚里士多德时代以来，博学的人们便接受了大地是一个球体的观念。只是因为这个球体非常大，它的表面弯曲非常小，所以平时很不容易察觉。可是，这个球究竟有多大呢？

早在公元前 240 年前后，古希腊地理学家埃拉托色尼就巧妙地测量了地球的大小。他知道，6 月 21 日那天正午，在他生活的亚历山大城观测，太阳在天空中大约离天顶（即正对头顶上的那一点） 7.5° ，而在亚历山大城以南 800 千米的塞恩（今阿斯旺）城，太阳却正好位于天顶（图 3）。

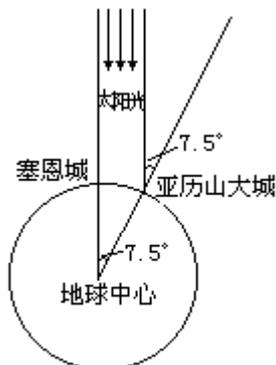


图3 埃拉托色尼测量地球周长的方法

埃拉托色尼断定，所以会出现这样的情况，乃是由于地面的弯曲。他根

据上面所说的测量得知，在塞恩城到亚历山大城这 800 千米的距离上地面已经弯曲了 7.5° ，并由此算出地球的周长大约是 40000 千米，直径约 12800 千米。

如今的测量技术不知比古希腊时代高明了多少倍。然而，近代的精密测量却令人惊讶地表明，埃拉托色尼那些粗陋的测算，结果居然相当准确。

月亮的距离

夜复一夜地观星的人，必然会发现群星组成固定不变的图案。整个天空仿佛每 24 小时绕地球旋转一周，每颗星星仿佛各自固定在天穹的某一特定位置上，因此人们称它们为“恒星”。

但是，有 5 颗较亮的星（水星，金星，火星，木星，土星）似乎确实在群星间游荡，它们被称为“行星”。月亮和太阳也在不断改变着自身相对于群星的位置。所以，古希腊人认为行星一共有 7 颗。他们看到月亮在群星之间的移动比其他任何行星都快，便认为在所有的天体中月亮一定距离地球最近。这是很正确的。于是，在确定地球的大小以后，下一项任务就是测量地球到月亮的距离。

大约在公元前 150 年，古希腊天文学家伊巴谷完成了这一任务。地影伸展到离地球越来越远的地方时，它就会逐渐缩小成一个点。伊巴谷根据地影达于月亮时所收缩的程度，算出了月亮离地球大约有 38 万千米。这个数字也相当准确，它差不多正好是地球直径的 30 倍。

太阳系的尺度

要测量比月亮更远的天体的距离，古希腊人那些简陋的仪器便无能为力了。尤其糟糕的是，几乎所有的古希腊天文学家都误以为地球位于宇宙的中心，行星和恒星都绕着它转动。宇宙观念的不正确给他们的研究工作带来了不少困难。

1543 年，波兰天文学家尼古拉·哥白尼终于提出一种全新的见解。他宣称：太阳（而不是地球）位于宇宙的中心，行星都绕着它运行；地球也绕着太阳运转，它也是一颗行星；月亮则围绕地球运行，它是地球的“卫星”。太阳与它的这些“随从”一起构成了太阳系。

半个世纪以后，德国天文学家开普勒进一步指出：如果行星绕太阳运动的轨道是椭圆而不是正圆，那么行星运动的观测资料便能得到更妥帖的解释。太阳总是位于行星轨道椭圆的一个焦点上。与此相似，地球则位于月亮绕它运行的椭圆轨道的一个焦点上（图 4）。

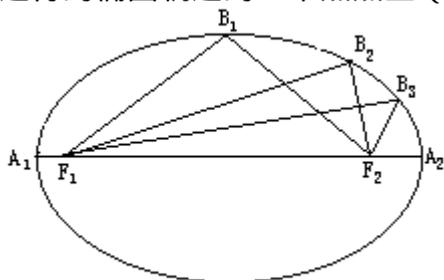


图 4 椭圆及其焦点。椭圆长轴 A_1A_2 上有两个特殊的点 F_1 和 F_2 ，称为焦

点。椭圆上任何一点到两个焦点的距离之和，都等于长轴的长度，即 $B_1F_1+B_1F_2=B_2F_1+B_2F_2=B_3F_1+B_3F_2=\dots=A_1A_2$

按照开普勒的行星运动理论，可以建立起高度精确的太阳系模型。有了这一模型，只要定出某一颗行星的距离，便能算出太阳系内其他各种距离了。

为了确定行星的距离，人们从相距几百千米、甚至几千千米的两个天文台同时进行测量。一个天文台将会看到某一行星很靠近某一颗恒星；另一个天文台则可能观测到该行星离那颗恒星稍稍远了些。从不同地点观察同一目标时发生的这种位置变化，叫做“视差”（图 5）。根据视差的大小就可以推算出这颗行星的距离。

1671 年，法国天文学家卡西尼首先测量了火星的视差。在同一个夜晚，他在巴黎天文台，另一位天文学家则在南美洲北海岸的卡宴城，同时测量火星的位置。卡西尼比较了两地的测量结果，便得到火星在那个特定时刻的距离，再利用开普勒的行星运动理论，又可推算出太阳系其他各个天体之间的距离。例如，他确定太阳与地球相距 139000000 千米。今天更好的测量结果则为 149600000 千米。

在所有的行星中，水星离太阳最近，然后依次是金星、地球、火星和木星。古人所知的最远行星是土星，它离太阳远达 1418000000 千米，几乎为日地距离的 10 倍！

某些行星的大小与地球相比也很惊人。土星的直径约为 120000 千米，木星则约为 142000 千米。11 个地球排成一线才有木星的直径那么长。

土星还不是太阳系的边界。1781 年，英国天文学家威廉·赫歇尔破天荒第一次发现了一颗新的行星——天王星，它与太阳的距离有土星到太阳的两倍那么远。此后，人们又于 1846 年发现了海王星，并于 1930 年发现了冥王星。

迄今为止，冥王星是太阳系中已知的最远行星。它到太阳的平均距离是 5874000000 千米，约为土星到太阳距离的 4 倍，地球到太阳距离的 40 倍！倘若姑且将冥王星的轨道当作太阳系的边界，那么就可以说，从太阳系的一端到另一端差不多有 120 亿千米（图 6）。

恒星和银河

视差和自行

太阳系是不是就等于整个宇宙呢？当然不是。在最遥远的行星外面，还有闪耀着的群星。

古人曾以为所有的恒星都位于相同的距离上。如果真是这样，它们就不会出现视差。为了测量恒星的视差，天文学家们不只是从相距数千千米的两个天文台进行观测，而是先在春天，然后再在秋天观测同一颗选定的恒星。在此期间，地球已经绕太阳转了半圈，所以两次观测实际上是在太空中相距 3 亿千米（地球公转轨道的直径）的两个位置上进行的（图 7）。可是，并没有发现任何恒星的视差。

那么能不能由此肯定所有的恒星都处在相同的距离上呢？

不。另一些现象引起了天文学家的深思。1718年，英国天文学家哈雷十分惊讶地发现至少有三颗亮星（天狼星、南河三和大角星）相对于其他恒星的位置，已经与古希腊天文学家的记载有了明显的差异。也就是说，这些恒星已经移动了！它们显示出了“自行”。

但是，为什么并不是所有的恒星都各奔东西，而是只有极少数恒星才呈现出“自行”呢？

视位置的变化取决于距离。当一只鸟儿从你眼前擦身飞过时，你必须很快转过头来才能盯住它。同一只鸟，如果在天空中飞得很高，那就需要飞很久才能越出你的视线。

恒星可能极其遥远，以至于即使它们在飞快地运动着，人们还是看不出它们的位置有什么变化。也许，只有对那些最近的恒星观测多年之后，才能察觉它们有了稍许移动。而对于那些委实遥远的恒星，哪怕观测上几百年，也未必会有任何可察觉的变化。

问题是：近处的恒星为什么没有呈现出视差呢？

恒星有多远

如果恒星极其遥远，但还能被我们看见，那么它们本身就一定极其明亮。它们的实际亮度，或者说“光度”，一定可以与我们的太阳媲美。自行的发现使人们认为，恒星仿佛是一些距离十分遥远、在太空中急速穿驰、并且彼此分离得很开的“太阳”。我们自己的太阳不过是又一颗恒星罢了——只是它离我们特别近而已。

恒星确实太遥远了，一代又一代的天文学家测量恒星视差的尝试均以失败而告终。然而，仪器在不断地改进。到了19世纪30年代，情况终于发生了根本的变化。在南非，苏格兰天文学家亨德森对半人马座星连续测量了好几个月。那是全天的第三亮星。亨德森猜想，它之所以显得那么亮，大概是因为距离近，那么就应该比较容易发现它的视差。在俄国西部，德裔天文学家斯特鲁维则密切注视着另一颗明星——织女星。

在德国东部，天文学家贝塞耳选择了一颗暗星——天鹅座61。它虽暗，却具有很大的自行。贝塞耳认为，自行比亮度更好地标志着距离的远近。

他们都取得了成功。贝塞耳在1838年首先报道了他的成果。随后，亨德森于1839年、斯特鲁维于1840年也分别报告了测量结果。

亨德森挑选的对象——半人马座星确实是最接近的恒星。它与我们的距离是41000000000000000千米。这么巨大的数字读、写和记忆都很不方便。天文学家们为此采用了一种新的距离单位：光年，它等于以每秒300000千米的速度行进的光在一年之中走过的距离（约95000000000000千米），或者说，大致等于10万亿千米。这样我们就可以更方便地说：“半人马座星和我们的距离是4.3光年。”这几乎是冥王星到太阳距离的7000倍。比半人马座星远得多的恒星还多的是。

恒星的距离一经确定，便容易算出它的真实亮度了。半人马座星的光度与太阳相仿。但是，不同恒星的光度彼此间的差异也可以相当悬殊：许多恒星的光度是太阳光度的成千上万倍，太阳光度又是另一些恒星光度的成千上万倍。

我们的太阳刚好是一颗“中等”的恒星：它不太大又不太小，不太亮也不太暗。

淡淡的光带

全年无月光的黑夜用肉眼所能看见的恒星，总数仅 6000 颗左右。使用望远镜可以看见许多暗星，这是因为天文望远镜的巨大透镜比我们小小的眼睛所能收集的光多得多。

1610 年，意大利科学家伽利略第一次将望远镜指向了那条横贯天穹的光带——银河，发现它是由不计其数的暗淡恒星密密麻麻地聚集在一起而组成的。如果在任何方向上都有无穷无尽的恒星，那么无论把望远镜指向何方，就都会看到大片大片的恒星，整个天空就都应该有像银河那样的微弱光辉。而实际情况却不是这样。看来，也许只是在银河方向上群星才展布得很远吧？

1784 年，天王星的发现者赫歇尔开始在望远镜中一颗颗地计数恒星，并考察在计数越来越暗的恒星时其数目增长的方式。计数的结果使他认为，群星构成一个透镜状的庞大结构，其中大约拥有 3 亿颗恒星，约为肉眼可见星数的 5 万倍。后人将这个恒星集团称作“银河系”，因为正是银河首先暗示了这个“透镜”的存在。

如果太阳位于这个“透镜”的中心某处，那么我们沿着“透镜”厚的部分往外看，就会看到无数的星星形成了围绕天空的银河光带；如果沿着较薄的部分向外看，那就只能看到较近较亮较少的恒星（图 8）。由于整个银河的亮度相当均匀，所以人们很容易想到：太阳也许正是在这个“透镜”的中央吧？

20 世纪初，荷兰天文学家卡普坦用照相方法再次计数恒星。结果也表明存在一个透镜状的恒星集团，太阳在其中心附近。但是他估计的银河系大小要比赫歇尔估计的大得多：跨度为 55000 光年，厚度为 11000 光年。

麦哲伦云和银河系

造父变星

赫歇尔和卡普坦描绘的图景并不完善。人们从“球状星团”在天空中分布得极不均衡发现了问题。

恒星往往集结成群或者成团。在武仙座中有一个天体，用小望远镜看像一颗毛绒绒的星；用大望远镜则可以看出来它是很密集的一大群恒星构成的巨大“星团”。人们称它为“武仙座大星团”，其中包含的星数也许接近 100 万颗。由于这些恒星密集为球状，所以称为“球状星团”。

银河系中球状星团的总数也许多达数百个。奇怪的是，已发现的球状星团几乎都挤在天空中的一小块地方，其中有 1/3 集中在人马座这一个星座中。要是太阳位于银河系中心附近的话，那么为什么在银河系的一边会有如此众多的球状星团，而另一边却那么稀少呢？

问题的解决应归功于对一类“变星”的研究。仙王座中的第四亮星（仙王座星）是一颗著名的变星。它的亮度变化极有规律：增亮—变暗—增亮—变暗……从一次最亮到下一次最亮历时 5.37 天，这就是它的“光变周期”。

变化的模式也是恒定的：急剧增亮，慢慢变暗。后来就把变化模式与仙王座星相似的变星统称为“造父变星”——在中国古星名中仙王座星叫“造父一”。

再说在南半球的天空中有的一大一小两块云雾状的光斑，1521年，麦哲伦环球航行的水手们首先记录了它们的外貌，并在回到欧洲后宣布了这一发现。因此，人们称它们为“大麦哲伦云”和“小麦哲伦云”，简称“大麦云”和“小麦云”。实际上，大小麦云也像我们的银河系一样，是大量恒星的集合体。

1912年，美国女天文学家莱维特研究了小麦云中的造父变星，发现越亮的造父变星光变周期就越长。由于小麦云本身的尺度与它到我们的距离相比是很小的，所以可以认为小麦云中所有的恒星离我们的远近大致都相同。因此其中任何恒星凡是看起来比较亮的，实际上必定也真的比较亮，也就是说，它们的光度比较大。

莱维特得出结论：光变周期相同的造父变星都具有相同的光度。而且，对于光变周期不同的造父变星，还可以根据光变周期的差异推算出它们的光度相差多少。这样，你只要知道任何一颗造父变星的距离，就很容易计算出所有其他造父变星的距离了。

每个球状星团中都包含许多造父变星。美国天文学家沙普利利用莱维特的上述发现计算了它们的距离。结果发现，球状星团似乎分布在一个中心点位于人马座方向上的庞大球体中。

但是，那个中心点又是什么呢？它会不会就是银河系的真正中心？

光谱露真情

所有的造父变星都远得无法用测量视差的方法来确定它们的距离。但是，天文学家们还有别的办法。

1666年，牛顿让太阳光通过一块三棱镜，结果普通的白光展开成了一条包含各种颜色的彩带。这就是“光谱”。它的一端是红色，然后依次是橙、黄、绿、蓝和紫色。1800年，威廉·赫歇尔发现光谱红端外侧还有某种看不见的辐射能使温度计的读数上升，那就是“红外线”。1801年，德国物理学家里特发现，在紫色以外也有另一种看不见的辐射能引起化学反应，那就是“紫外线”。

当太阳光通过冷气体时，冷气体就会吸收掉一部分光，结果光谱中就会出现一些暗线，它们表明某些光被吸收了。太阳外围较冷的大气也会吸收太阳本体发出的光，于是太阳光谱中就有了许多吸收线。其他恒星也是如此。那些吸收线在光谱中具有极其精确的固定位置，天文学家们都很清楚这一点。

但是，如果光源正在迅速地远离观测者而去，那些暗线就会朝光谱的红端位移，这叫做“红移”。如果光源朝向观测者飞奔而来，吸收线就会朝紫端位移，这叫做“紫移”。测出这种位移的大小，就能反过来推算出光源运动的速度。

1868年，英国天文学家哈金斯首先用这种方法测出了天狼星光谱中吸收线的微小红移，它表明天狼星正以每秒数十千米的速度远离我们而去。

银河系的中心

每颗恒星在太空中的运动都可以分为两部分：一是横越我们视线的运动，即“横向运动”，它可以由恒星的“自行”计算出来；一是朝向或离开我们的运动，称为“视向运动”。它可以根据光谱线的位移确定。对于不同的恒星，这两种运动的组合情况当然会有所不同。但是，如果你观测大量的恒星，那就可以认为它们的平均视向运动大致等于其平均的横向运动。

1913年，丹麦天文学家赫兹普隆研究了某一星团中不同造父变星的光谱，测定了它们的视向运动速度，然后求出其平均值。他又观测了这个星团中恒星的微小“自行”，并且假定造成这些“自行”的平均横向速度就等于平均视向速度。于是就可以计算出星团中的恒星必须离我们多远才会呈现出如此微小的“平均自行”。

就这样，赫兹普隆确定了某些造父变星的距离。于是如前所述，所有其他造父变星的距离也都能测定出来。沙普利将这种测量体系应用于球状星团，在1920年得出结论：这些球状星团集中在一个中心点周围。

这个中心点正是银河系的中心。20世纪30年代，人们确定银河系的跨度达100000光年，由数以千亿计的恒星组成。太阳不是处于银河系的中心，而是在它的外围。球状星团在天空中的分布之所以看起来偏于一边，乃是由于我们自己在银河系中偏于一边的缘故（图9）。因此，当我们朝人马座方向看去时，我们的视线要穿过77000光年的一厚层恒星，而在相反的方向上，则仅穿过23000光年厚的恒星。但倘若果真如此的话，银河各处又为什么几乎都一样亮呢？

原来，在群星之间存在着许多气体和尘埃。它们像雾一样吸收着光线，使人们看不见它们背后的恒星。这种气体-尘埃云散布在整个银河系内。它们使我们无法看见银河系的中心，当然也更无法看见银河系中心彼侧的那些部分。事实上，我们看见的仅是银河系中邻近我们的某个范围，而我们自己又正好位于这个范围的中央。这便是银河在各个方向上看起来几乎都一样亮的原因。多亏了球状星团，才使我们即使看不见，也还能推知整个银河系的巨大范围。今天的测量精度比20世纪30年代又有了很大的进步，现在我们知道：银河系的直径约为85000光年，太阳差不多正好位于银河系的对称平面上，与银河系中心相距约27000光年。

星云和新星

仙女座大星云

银河系并不等于整个宇宙。利用造父变星可以定出大麦云的距离是160000光年，小麦云则是190000光年。它们都位于银河系以外。

不仅如此，用肉眼还可以看到在仙女座方向上有一个云雾状的光斑，天文学家们起初猜想它大概是一块巨大而发光的气体-尘埃云，因此把它叫做“仙女座大星云”。

但是，德国哲学家康德早在1755年就提出过另一种想法：仙女座大星云可能是一个巨大的恒星集团。它看起来像一个昏暗的光斑，表明其距离极其遥远。康德把它和另一些这样的天体称作“岛宇宙”。

研究天体的光谱，有助于在上述两种观点中决定取舍。因为发光气体产

生的光谱是在黑暗背景上分布着许多不同颜色的亮线，而恒星产生的光谱则是在明亮的彩虹状背景上分布着众多的暗线。

1899年，天文学家拍摄了仙女座大星云的光谱——它由明亮背景上的暗线组成，也就是说它是由星光构成的。然而，即使用当时最强大的天文望远镜观察仙女座大星云，也还是连一颗恒星都看不到。这究竟是怎么一回事？它的恒星究竟在哪儿呢？是不是正如康德所说，它们实在太遥远了，因此无法看见？

大星云的距离

天空中有时会忽然出现一颗“新”的恒星，一颗原先在那个位置上看不见的星星。它们称为“新星”。

有史以来最壮观的新星是1054年6月出现在金牛座中的那一颗。那时欧洲社会深深地陷入黑暗时代，因而没有一个欧洲天文学家观测过它。幸而中国天文学家对此作了详细的记载：这颗新的恒星变得越来越亮，直到比金星还亮，光芒四射，在白昼都可以看见，然后慢慢变暗，直到再度消失不见，前后历时达两年之久。实际上，像这样变得极端明亮的新星应该称为“超新星”。

用望远镜观测使人们改变了对新星的看法：它们并不是真正的新的恒星。实际上它们是一些平时暗得无法用肉眼看见的恒星，由于某种原因突然增亮了，然后又重新变暗到只是在望远镜里才依稀可辨。

人们用望远镜找到许多很暗因而通常不易察觉的新星，并由此计算出在银河系内每年大约都会出现二三十颗新星，但其中只有少数处于地球上能看见的位置。

1901年，在英仙座内出现了一颗新星。它离我们近得足以用视差方法来测量。结果得知它的距离是100光年。

美国天文学家柯蒂斯系统地搜寻仙女座大星云中的新星。及至1918年，他在那里发现的新星已经多得无法认为它们只是碰巧和仙女座大星云处于同一视线方向上。换句话说，它们势必处在仙女座大星云自身内部。更重要的是，如果有那么多新星出现在这个小小的光斑中，那么这个光斑势必从一开始就包含着无数的恒星。

柯蒂斯认识到，如果这些新星的光度都和英仙座新星相同的话，那么仙女座大星云必须远在几十万光年之外——远远地处在银河系以外，其新星才会显得如此暗淡。他相信，仙女座大星云确实是如康德所说的一个“岛宇宙”。

与此同时，在美国加利福尼亚州的威尔逊山上，当时世界上最大的天文望远镜启用了，其反射镜的直径是整整100英寸（254厘米）。美国天文学家哈勃把它指向了仙女座大星云，证明大星云的外围部分确由大量极暗的恒星组成。及至1923年，哈勃已辨认出其中有一些恒星是造父变星，并由此求出仙女座大星云离我们远达800000光年。

事实上，它确实是又一个像银河系一样的“星系”。于是，人们重新将它命名为“仙女座星系”（图10），旧的名称“仙女座大星云”则渐渐地过时了。后来，人们又进一步知道：仙女座星系与我们的距离其实是220万光年——这几乎相当于哈勃当初得出的距离数值的3倍。

旋涡星系

在 19 世纪前期，人们已经发现好几千个与仙女座大星云类似的“星云”，它们看起来更暗，因此可能更加遥远。爱尔兰天文学家罗斯发现有些“星云”似乎具有明显的旋涡结构，仙女座大星云也是如此。起初天文学家们称它们为“旋涡星云”，但是一旦明白这种“星云”的本质和距离之后，就改称它们为“旋涡星系”了。

这种星系的中央部分密集着一大团恒星，它们宛如一个特大的球状星团。这就是“星系核球”。外围呈旋涡状的一串串恒星则构成了“旋臂”（图 11）。

除旋涡星系外，还有一种呈球状或椭球状的星系，它们没有旋臂，称为“椭圆星系”。约有不足 5% 的星系没有清晰的外形，称为“不规则星系”，大小麦云便是它们的范例。

目前用天文望远镜观测到的星系总数须以 10 亿来计算。因此，不仅太阳只是银河系内千百亿颗恒星中的普通一员，而且这个庞大的银河系本身也只是多少亿个同类天体中的普通一员而已。

太阳的年龄

年龄的矛盾

宇宙不仅伸展的空间十分遥远，而且绵延的时间极其久长。难道我们不该问一下：宇宙的年龄有多大、它将来还能活多久吗？

在古代，对这些问题的回答只是猜想而已。例如，按照《圣经》上的说法推算，宇宙似乎只是在大约 6000 年前才创造出来的。

1785 年，苏格兰地质学家赫顿第一次尝试从科学上回答这类问题。他在《地球理论》一书中估算了地球表面缓慢变化——山脉的形成，河岸的冲蚀，等等——的速率，断定这类变化已经延续了千百万年。

1847 年，德国物理学家亥姆霍兹率先提出“能量守恒定律”：能量既不能无中生有，也不会凭空消失，它只能从一种形式转化为另一种形式。那么，太阳的能量是从哪儿来的呢？

假定太阳是一大堆普通的火，而它完全由碳和氧组成，那么为了维持它目前的发光速率，这堆巨大的混合物只消几千年就会焚烧殆尽。

另一种可能是陨星撞击太阳时的动能转化成热和光。亥姆霍兹算出，倘若情况果真如此，那么由于陨星的积累，30 万年后太阳的质量就会增加 1%。这样它的引力就会逐渐增强，地球的公转就会因此而变快，地球上每一年时间的长度就会比前一年缩短两秒钟。可是实际上并没有发生这样的情况。

1853 年，亥姆霍兹又设想太阳本身的物质在向中心沉落，因此太阳在不断收缩。向中心运动的能量将转化为热和光，而且太阳的质量并不改变，也不会影响地球年的长度。亥姆霍兹算出，假定开始时太阳的物质布满了地球轨道以内的整个空间，那么经过 1800 万年，它就会缩成目前的大小。于是他断定，地球一定在 1800 万年之前就从当时那个“胖”太阳的表层物质中形成

了。

然而，地质学上的许多证据却表明，某些地质变化经历的时间远远超过1800万年。这又是怎么回事呢？

太阳的燃料

1896年，法国物理学家贝克勒尔发现了“放射性”，它与原子核的变化有关。不同的原子核拥有不同数量的质子和中子。由一种原子核变成另一种原子核的过程叫做“核反应”，由此产生的能量就是核能。

1905年，德国物理学家爱因斯坦提出了“狭义相对论”。它有一个结论：质量乃是极端集中的能量形式，很少的质量就能转化为巨大的能量。

假如太阳的能量源自某种核反应，那么为了确保它像现在这样发光，就必须在每一秒钟内将4600000吨物质转化为能量。这个数字听起来好像很大，但是与太阳本身的巨大质量相比却微不足道。因此太阳有生以来差不多一直就像今天一般大。

放射性还可以用来测定地球的年龄。例如任何数量的铀都要经历45亿年才会有有一半（在释放辐射的过程中）衰变为铅，因此测定一块含铀岩石中有多少铅，就可以推算出组成该岩石的那些铀原子的衰变过程已经持续了多久。

现在看来固态地壳大概已经存在了46亿年。在此以前，地球可能是一大堆正在缓缓凝聚的物质，也可能以熔岩的形式存在。

可以理所当然地认为，太阳的年龄至少也得像地球一般大，或者还要更老一些。核能是否能在这么长的时间内始终维持太阳的光和热呢？倘若能够的话，它的核燃料又是什么？是铀的放射性衰变吗？

这涉及到太阳的化学组成。由于每种不同类型的原子都会产生自己特有的光谱线，所以天文学家们研究太阳的光谱线就可以确定太阳外层大气中含有哪些化学元素。

在太阳上，大约有71%是氢，27%是氦，所有其他元素的含量都微乎其微。因此，太阳的能量来源必定涉及氢与氦的变化，其他任何元素的含量都太少，都不足以满足这方面的要求。

氢原子核就是一个质子。氦原子核由2个质子和2个中子组成。4个氢核可以通过“核聚变”而合成一个氦核（当然，这时就会有2个质子转变成中子）。氢弹的能源正是这种聚变过程。如果它也是太阳的能源，那么我们就可以把太阳看成一个硕大无朋而永远在爆炸着的氢弹。不过，它自身的强大引力使它不至于被炸得粉身碎骨。

如果太阳在一开始时是纯氢的，那么它大约要花200亿年的时间才能形成目前这么多的氦。不过，天体物理学家们已经证明，太阳在一开始就含有相当数量的氦，由此推算出它的年龄是50亿岁左右。

太阳的温度

物理学家们发现，只有在好几百万度的高温下才能发生氢原子核转化为氦原子核的聚变。那么，太阳有那么热吗？

1893年，德国物理学家维恩指出：任何发光物质光谱的性质都部分地取决于它的温度。例如，为了获得黄色光占优势的光谱，发光体的温度必须达到5500。太阳光谱正是如此，因此太阳表面的温度应该是5500左右。这当然不足以使氢发生聚变。但是太阳表面不断向太空中散发着热量，它并没有冷下来，因此一定有能量从太阳的内部升涌到太阳表层。

另一方面，太阳巨大的重力将它自身的物质紧紧地挤压在一起，而它的结构却并没有因此被压垮。这显然是太阳内部的巨热造成了某种膨胀趋势，它抵消了重力造成的压缩趋势。1926年，英国天文学家爱丁顿由此断定：太阳中心的温度至少有15000000。所以，在太阳中心完全可以发生核聚变。现在人们普遍认为，太阳的结构大致如图12所示。

恒星的一生

恒星的诞生

恒星是怎样诞生、成长，又是怎样衰老、死亡的？揭开这个“恒星演化”之谜，是20世纪自然科学的一大成就。它的线索，最初来自对恒星光谱的研究。

不同恒星的光谱互有差异，这主要是由恒星表面温度不同造成的。恒星光谱可以分为许多类型，按温度从高到低依次递降排列，最主要的7个光谱型是O、B、A、F、G、K和M。每个光谱型又细分为10个次型，以数字0~9标记。例如，太阳是一颗G2型的恒星。相继两个次型——例如A9和F0的差异是很小的，这表明一个次型和下一个次型的恒星表面温度差得不多。

20世纪初期，赫茨普隆和美国天文学家罗素创立了恒星的“光谱—光度图”，图中恒星的光谱型沿水平方向排列，光度则沿垂直方向排列。于是，呈蓝白色而且非常亮的O型星和B型星便位于图的左上方；暗弱而呈红色的K型星和M型星则在图的右下方。通常这种图又按创立者的名字而简称为“赫罗图”（图13）。

在赫罗图上，绝大多数恒星位于从左上端延伸到右下端的一条斜带内。这条斜带叫做“主星序”，位于主星序中的恒星叫“主序星”。在主星序的右上方另有一条较松散的横带，其中散布的是“巨星”——它们的光度要比同样光谱型的主序星高得多。主星序的左下方分布着一些温度高，因而呈白色，但光度却很小的恒星，它们叫“白矮星”。

恒星是怎样形成的呢？原来，太空中存在着许多由气体-尘埃构成的巨大“分子云”。云中密度较大的部分，其自身的万有引力也较强，物质就会聚集得更密，同时温度升高。密度增大后，引力又进一步增强，从而促使物质聚集得更快，温度也上升得更快。这一过程逐渐加剧，当某一区域的中心温度上升到约1000万度时，就会引发热核反应，发出大量的光和热。于是，一颗恒星就诞生了，它在赫罗图上就占据了一个位置。质量比太阳小的恒星进驻到主星序的下部，它们的光度较小、温度也较低；质量比太阳大的恒星进驻主星序的上部，它们的光度大、温度高；质量和太阳相近的恒星则进驻主星序的中部，它们的光度和温度都适中。

从“中年”到“老年”

处于主序星阶段的恒星，内部由高温造成的往外的压力和外层物质往里重力势均力敌，所以恒星处于既不收缩也不膨胀的平衡状态。这是恒星的“青年期”和“壮年期”，也是恒星一生中最长的阶段。

质量越大的恒星引力就越强，与这种引力相平衡的内部温度必定也越高。也就是说，大质量恒星内部的热核反应进行得非常猛烈，核燃料很快就“烧完”了，因此它们的青壮年时期很短暂。小质量恒星内部的热核反应进行得比较平缓，核燃料消耗得很慢，它们的青壮年时期就非常长。太阳逗留在主序星阶段的时间大约是 100 亿年，现在刚好度过了一半，即 50 亿年，因此它是一颗正当中年的恒星。质量比太阳大 15 倍的恒星，逗留在主序星阶段的时间只有 1000 万年；质量仅为太阳 1/5 的小质量恒星，在主序星阶段逗留的时间却可长达 1 万亿年。

此后，恒星内部会发生一些剧烈的变化，驱使它的外层物质迅速地膨胀。恒星膨胀时，它的表面温度下降，因而颜色变红。同时，恒星发光表面的面积剧增，整个恒星发出的光大大增加，因而大为增亮。这种又红又亮的恒星称为“红巨星”。有些红巨星体积非常庞大，例如“心宿二”（天蝎座）的直径约达太阳直径的 500 倍，如果把它放到太阳的位置上，那么就连火星的轨道都会被“吞”进它的肚子里。一颗恒星从主序星阶段向红巨星过渡，它在赫罗图上的位置就从主星序逐渐移向图的右上方。

一颗恒星演变成红巨星，就进入了它的老年期。红巨星获得充分发展时，在它的内部，不仅氢原子核几乎全部聚变成了氦原子核，而且氦核又进一步聚变成比它更复杂的碳原子核，然后还会依次聚变为氧、硅等元素的原子核，直到合成最稳定的元素铁为止。上述的每一个步骤，都会产生一定的能量——虽然不如氢聚变为氦产生的能量那么多，却足以维持恒星发光发热的生命。然而，从铁核中就不可能再获得能量了，无论使它们进一步聚合，还是使它们分裂都不行。至此，恒星就开始走向生命的尽头了。

恒星的归宿

红巨星内部的情况很复杂，它们不像主序星那样稳定。假如一颗红巨星的内部变得太热了，它往外的压力就会胜过自身的引力而使星体膨胀。热物质膨胀时有变冷的趋势，所以恒星膨胀时也会变冷。这样，它往外的压力就逐渐减小。到了引力迫使膨胀停止下来的时候，温度已经变得太低，以至于反而出现了收缩的趋势。这时恒星重新开始收缩、变热，直至内部的热量多到顶住了收缩，并且再度膨胀起来。造父变星正是这种周而复始地膨胀又收缩，再膨胀再收缩的“脉动变星”。

有些恒星内部，温度因某种原因上升得太快太高，随之而来的膨胀就会变成一场大规模的爆发。这使它的亮度突然猛增成千上万倍，从而成为一颗新星。超新星增亮的程度比普通的新星还要大得多，它在鼎盛时期几乎有整个星系那么亮。超新星很罕见，平均说来一个星系中每 1000 年大概才出现二三颗超新星。

恒星内部核燃料耗尽时发生的超新星爆发，可以将整个星体炸得粉碎，或者只剩下一个残骸。恒星爆发时抛出的物质进入广袤的星际空间，又成为

产生新一代恒星的原料。

恒星在爆发中丧失了巨额能量，致使其残留物质在引力作用下发生非常猛烈的收缩——这称为“坍缩”。坍缩后的恒星体积变得很小，因而物质密度变得极其巨大。恒星坍缩的具体结果，则随它们的质量差异而各不相同。

爆发前的质量小于 8 倍太阳质量的恒星，最后将坍缩成一颗白矮星。一颗质量和太阳相当的白矮星，体积不过地球那么大。所以，像火柴盒那么大的一块白矮星物质，差不多就有地球上的一辆卡车那么重（图 14）。产生这样高的密度的

原因，是白矮星自身强大的万有引力把组成星体的原子都压碎了：电子被挤到原子外面，原子核和原子核相互挤在一起。处于这种状态下的物质称为“简并物质”，它们会产生一种很特殊的“简并压力”。在白矮星中，正是由于电子的简并压力顶住了星体的引力，才使剧烈的坍缩最终停顿下来。

一颗恒星质量越大，引力就越强，它爆发后留下的物质也聚集得越紧密。爆发前的初始质量为 8 倍 ~ 50 倍太阳质量的恒星，经历超新星爆发后留下的残骸可以一直坍缩到这样的程度：在星体内部，组成原子的全部粒子统统紧挨在一起，质子和电子互相结合而转化成为中子，整个星体几乎全部由中子组成。这类恒星就叫做“中子星”。在中子星内部，中子的简并压力与星体的引力相抗衡，最终制止了进一步的坍缩。一颗中子星的直径仅约一二十千米，但它的质量却可以达到太阳的二三倍，因此它的密度竟可高达每立方厘米 1 亿吨！

然而，还有比中子星更令人吃惊的情况：质量特别巨大的恒星最终坍缩时，它的物质将会聚集得如此紧密，以至于任何物质都将被压得粉身碎骨。这时再也没有什么力量能够阻止进一步的坍缩，星体变得越来越小，引力则变得越来越强，以至于任何东西一旦被它吸进去，就再也休想出来。它仿佛是一个深不可测的“无底洞”，就连光线都无法脱离它。所以，它仿佛是绝对黑暗的，我们无论如何也不可能直接看到它。于是科学家就给它起了一个很有趣的名字：“黑洞”（图 15）。

白矮星、中子星和黑洞，是不同质量的恒星的三种最终归宿。超新星爆发抛出的气体，经过几百万年的膨胀，终于稀薄得和原先已经存在的星际气体混而为一了。从这些被超新星爆发“污染”了的星际气体中又会形成“第二代恒星”，我们的太阳便是其中的一例。它现在已经 50 亿岁，这大体上也就代表了整个太阳系的年龄。

膨胀的宇宙

远去的星系

如果说太阳系的年龄是 50 亿岁，那么整个宇宙的年龄又该是多大呢？

从 1912 年开始的一系列研究作为回答这一问题打下了基础。那一年，美国天文学家斯莱弗发现，仙女座大星云的光谱线稍稍移向红端。这表明它正在奔向我们而来。及至 1917 年，斯莱弗一共研究了 15 个星系的光谱线，结果发现有 13 个星系都在离开我们，而且它们退行的速度很快：平均每秒 600 多千米。

后来的研究表明，几乎所有的星系都在离开我们。1928年，美国天文学家赫马森发现星系 NGC7619 的退行速度高达每秒 3800 千米。1936年，他测到了高达每秒 40000 千米的退行速度。

在此期间，哈勃于 1929 年取得了一项极其重要的研究结果。那就是：一个星系越远，它就退行得越快。如果一个星系与我们的距离是另一个星系的 2 倍，那么这第一个星系就在以 2 倍于第二个星系的速率远离我们而去。这就是著名的“哈勃定律”。

问题是：为什么这些星系都在退行？又为什么是离开我们而退行呢？我们自己的银河系到底有什么特别的地方，使得所有其他的星系都离开它呢？而且，为什么越远的星系就退行得越快呢？

爱因斯坦于 1916 年提出的广义相对论，为此提供了一种可能的答案。1917 年，荷兰天文学家德西特证明：由广义相对论可以得出一项推论，即宇宙的某种基本结构可能正在以某一恒定的速率膨胀。

如果宇宙像一个膨胀着的气球，而且所有的星系被这种膨胀带着走，那么它们当然就会分道扬镳彼此远离（图 16）。这时，从任何一个星系来看其他所有的星系，就会看到它们统

统都在退着离去，而且越远的星系退行得越快。因此，我们的银河系并没有什么特别的地方。

然而，也有极少数星系正在接近我们，这又是为什么呢？

星系团

只有在全部星系彼此独立互不影响时，宇宙的膨胀才会使所有的星系都彼此远离。然而星系有成团的倾向。两个两个地成对出现的称为“双重星系”。三个一堆、几个一群地聚集在一起的称为“三重星系”或“多重星系”。十几个、几十个以至成千上万个星系聚集在一起，就组成了大大小小的星系群和星系团。宇宙膨胀确实使星系团彼此远离了，但是星系团内的各个星系则由引力维系在一起，并且在这种引力影响下运动着。一个星系团内的两个星系既可以互相远离，也可以互相靠拢。

例如，我们的银河系和仙女座星系乃是由几十个星系构成的某个星系群（它叫“本星系群”）中的两个最大成员。它们就在本星系群内互相靠拢着。有些星系团极其庞大，例如后发座星系团中大约就包含了 10000 个星系。

有些星系团的退行速度非常巨大，根据哈勃定律可以推断，它们的距离必定极其遥远。例如，长蛇座星系团正在以每秒 6 万千米的速度远离我们而去，它与银河系的距离超过 10 亿光年。

大爆炸

既然星系一直在彼此远离，那么回溯过去，它们必然就靠得比现在近。往过去回溯得越久远，全部星系就靠得越近。最后，如果回溯得足够古远，那么可以想象，所有的星系都会集中到一个地方。也许那就是宇宙的开端吧？

本世纪 20 年代末，比利时天文学家勒梅特首先描绘了这样一幅宇宙开端图景，它把当初那个包含宇宙中全部物质的原始天体称作“宇宙蛋”。宇宙

蛋是不稳定的，它在一场无与伦比的爆发中爆炸了。爆炸形成的无数碎片，以后成了千千万万个星系；碎片内的物质，最后凝聚成为一颗颗的恒星，从而使星系具有我们所见到的形态。直到今天，这些星系还在向四面八方飞散开去。宇宙的膨胀，星系和星系团彼此匆匆分离，乃是“宇宙蛋”爆发的直接结果。

1948年，美籍俄国物理学家盖莫夫继承并发展了这种想法。他推算了那次爆炸的温度，计算了温度应该下降多快，计算了应该有多少能量转化成各种基本粒子，后来又怎样变成了各种原子等等。以后，人们就把最初那次爆发性的开端称为“大爆炸”，关于宇宙起源的这种理论则称为“大爆炸宇宙论”。细致的分析和理论计算表明，大爆炸发生在150亿~200亿年以前。

大爆炸以前的情况又如何呢？“宇宙蛋”是从哪里来的？

也许，宇宙开始时是散布于极大体积中的极端稀薄的气体。气体在自身引力作用下慢慢地收缩并聚集成团，逐渐形成了今天所知的这类星系。这些星系继续在引力作用下彼此靠拢，直至所有的物质都紧缩成为一个极端致密的宇宙蛋。按照爱因斯坦的广义相对论，这也是可能的。它是一个“收缩宇宙”。当宇宙蛋猝然爆发，并将所有的碎块猛抛出去时，便形成一个“膨胀宇宙”。今天我们就生活在一个还在继续往外扩张的膨胀宇宙中。这种“收缩进来又膨胀出去的宇宙”称为“双曲型宇宙”。

也许，那次爆发往外的冲力最终会被不断起作用的引力相抵消。也许，引力将使往外运动的星系逐渐慢下来，甚至迫使它们重新聚拢起来。这样星系就会在一个新的收缩宇宙中重新聚集。最后，所有的能量和物质全都集中到一起，仿佛又成了一个新的宇宙蛋。这个宇宙蛋再次爆发，又形成一个与我们现在这个宇宙相似的新的膨胀宇宙。也有可能宇宙从来就没有什么开端，它的物质一直就在反复聚拢而又分开，聚拢分开永无止境。我们也许只是生活在前后相继的无数个膨胀宇宙中的一个宇宙里。这样一幅图景称为“振荡宇宙”（图17）。

宇宙究竟是怎样的呢？这还有待于未来的天文学家作出确切的回答。

天文观测的新波段

“X射线星”

光是一种电磁辐射，或者说是电磁波。在任何可见的颜色中，红光具有最长的波长和最低的能量，紫光具有最短的波长和最高的能量。红外线的波长比红光更长，无线电波的波长又比红外线更长。紫外线的波长比紫光更短，X射线的波长比紫外线更短，因而能量更高； γ 射线的波长又比X射线更短，其能量也比X射线更高。

地球大气只允许很有限的几种电磁辐射透过。大部分红外辐射、远紫外辐射、X射线和 γ 射线都不能穿透大气层。人们在高空气球上拍摄了太阳光谱，发现它扩展到很远很远的紫外区。

1949年，天文学家们又探测到了太阳发出的X射线。它的能量极高，在太阳表面，区区5500K的温度下决不可能产生这样的辐射。结果查明，这些X射线不是来自太阳表面，而是来自“日冕”——从太阳本体往四面八方伸

展达数百万千米的极其稀薄的高层大气(图 18)。日冕包含的总热量并不很多,但是那儿的原子总数相对说来也很少,因此每个原子分摊到的热量相当可观,于是温度就很高:可高达 1000 000 以上。

1962 年,人们用高空火箭探测到银河中某些特殊的点正在发出 X 射线。1963 年,人们在整个天空中一共确认了 20 多个这样的点。它们被称为“X 射线星”。问题是:天上究竟发生了什么情况,竟使它们能以 X 射线这种极端集中的形式释放能量呢?那儿想必存在着某种非常极端的東西吧?

最强的 X 射线来自天鹅座中的某一点,它叫“天鹅座 X—1”。它所在之处我们看不到任何东西,但是却有一颗大约 5 倍于太阳质量的普通恒星在绕着它转动。这颗恒星的运行方式表明,发出 X 射线的那个东西必须具有 10 倍于太阳的质量。一个天体如此之重,又不发光,那就非常可能是一个黑洞了。确实,落向一个黑洞的物质将沿着越转越紧的螺旋线往里掉,并在即将掉进黑洞前的一段时间内释放出 X 射线。天鹅座 X—1 很可能正是人类认识的第一个黑洞。

射电天文学

某些波长特别短的无线电波——“微波”,能像普通光一样穿透大气层。因此,天文学家们可以在地面天文台研究天体发来的微波。

来自太空的无线电波最初是美国无线电工程师央斯基于 1931 年偶然间发现的。1937 年,另一位美国无线电工程师雷伯在自己的后院里建造了一台规模可观的设备,用它搜集并聚焦这种从太空中来的电波。这种装置就是“射电望远镜”(图 19)。用射电望远镜观测天空的不同部分,就能确定无线电波来自天空中的哪些处所。这便是“射电天文学”的开端。

第二次世界大战期间,雷达投入使用了。它向四面八方发出微波,目的是让这些微波从各种障碍物上反射回来,根据反射波的特点,可以推断反射障碍物的方向、距离和性质。天文学家们作出了巨大的努力,以改进探测设备,使它能接收到极微量的反射微波,其目的则是将雷达技术应用于射电天文学。

例如,金星永远覆盖着浓密的云层,因此用普通的光学望远镜无法看见它的表面。但是人们可以向金星发出微波。它能像贯穿地球大气一样穿透金星大气。根据金星表面反射微波的方式,天文学家们知道了这颗行星自转的速率极其缓慢,而且自转方向与地球相反,并且还知道了金星上山脉起伏的情况。

实际上,许多天体本身就在辐射微波,太阳便是一例。央斯基首先注意到的天外无线电波,是从银河系中心发出的。虽然银河系中心数以 10 亿计的恒星发来的可见光被尘埃云挡住了,但是微波却未被挡掉。这乃是射电天文学的用武之地。

天空各处还存在一些很小的区域,它们发出的微波数量特别多。起初人们称它们为“射电星”,后又改称为“射电源”。它们大多不能用普通望远镜所能见到的任何东西来识别。但是有一些却是可以认证的,例如著名的蟹状星云,就是位于太阳系以外的一个强射电源。1844 年,英国天文学家罗斯用他自制的大型望远镜观测到这个星云具有复杂的纤维状结构,形如一只螃

蟹，“蟹状星云”一名即因此而得（图 20）。它是前面曾提到的 1054 年超新星爆发事件的产物：爆发时抛出的大量气体迅速地往四面八方膨胀，体积变得越来越大，今天它的宽度已经达到 12 光年。在蟹状星云的中心有一颗中子星，它就是 1054 年超新星爆发留下的残骸。

最亮的射电源在仙后座中，名叫“仙后座 A”。它大约离我们 10000 光年，在光学望远镜中看来是一片纤维状的气体云。那些气体极其灼热，并处于剧烈的运动中。它也是一次超新星爆发留下的遗迹。也许所有的超新星都是射电源，但并非所有的射电源都是超新星。像太阳这样的正常恒星也在往外发射微波——虽然发出的微波数量要比超新星少得多。

众星之间的星际气体也会发射微波。这些气体主要由氢构成，而且它们冷得不能发出可见光。因此用普通的光探测不到这种冷氢。

但是，早在 1944 年，荷兰天文学家范·德·胡斯特就对冷氢原子进行了理论计算。他断定，氢原子可能以某两种形式之一而存在。而且一个氢原子偶尔会从一种形式突然跃变为另一种形式。当跃变时，它会发出一个极其微弱的波长为 21 厘米的微波脉冲。群星之间的氢原子多得不可胜数，因此随时都会有许多氢原子发生这种跃变，随时都应该能探测到这种独特形式的微波。1951 年，人们终于搜索到了来自太空的这种微波。通过研究这类微波辐射，人们探明了银河系的旋臂，证实了我们的银河系是一个旋涡星系。只是由于有尘埃云的遮挡，人们才无法用可见光直接察看银河系的结构。

太空中除了氢以外，也还有别的物质，最普遍的是氦、氧、碳、氖、氮以及硫等。有时在太空中游荡的两个原子邂逅相撞，并结合成某种分子。1963 年，天文学家们探测到了羟基（一个氢原子与一个氧原子的组合）发射的两种无线电波。1968 年，又认出了水分子（由一个氧原子和两个氢原子组成）和氨分子（由一个氮原子和三个氢原子组成）发出的无线电波。于是一门崭新的学科——天体化学，即研究星际分子的化学便诞生了。

后来，又探测到包含 5 个、6 个甚至十几个原子的星际有机分子。问题是，在很难发生多个原子相互碰撞的空荡荡的宇宙空间，何以会形成如此复杂的分子呢？

目前天文学家还在继续寻找这个问题的确切答案。

脉冲星

1968 年，英国天文学家休伊什和他的研究生乔丝琳·贝尔正在研究来自天空的无线电波。他们发现，从天空中某一点发来的无线电波强度大约每隔 1.3 秒就迅速地突发一次。这些脉冲式的突发极有规律，时间可以精确到一亿分之一秒。在别处也发现了类似的现象。在蟹状星云中，存在着每隔 1/30 秒发来一次的无线电波脉冲。人们把发出这类脉冲的天体称作“脉冲星”。

天文学家们推测，产生这类快速脉冲的天体一定正在非常迅速而有规律地运动着。它可能以极快的速度自转着，也可能正在迅速地收缩和膨胀。而要能如此，这个天体就必须极小极密。即使是白矮星也还嫌不够小不够密。那么，脉冲星会不会是正在自转着的中子星呢？

中子星的直径只有一二十千米，只要几秒钟或更短的时间就可以绕轴自转一周。它具有极强的磁场。当中子星的电子从两个磁极逃逸出去时，它们

就会以无线电波的形式失去能量。在中子星自转时，逸出的无线电波束很像
一个草坪旋转喷水器喷出的水，地球以一种极有规律的节奏（每秒一次或几
次）接受这种无线电波的喷扫。看来，天文学家们推测脉冲星就是中子星，
确实是很有道理的。

中子星由于发射无线电波而不断失去能量。它的自转速率将会变慢，射
电脉冲也会越来越慢。这意味着脉冲星的周期越短，就应该越年轻。例如，
蟹状星云中心的脉冲星就很年轻，它的年龄还不到 1000 岁。因此，它自转得
很快——每秒 33 周。而与此同时，它的自转也在渐渐地变慢：自转周期每天
加长一亿分之三点四六八秒。

脉冲星既然是自转着的中子星，它就应该能发出各种各样的电磁波。所
以，人们应该能找到很有规律地发出可见光脉冲的“光学脉冲星”。果然，
早在 1969 年 1 月天文学家已经发现，蟹状星云中心的脉冲星正是一颗这样的
光学脉冲星。

脉冲星是当代天文学中最重要的发现之一。为此，休伊什荣获了 1974
年度的诺贝尔物理学奖。

星系和类星体

星系的碰撞

有许多射电源看来与银河系内的天体无关。但是，如果微波来自其他星
系，那么要使这些微波到达地球而仍能被我们探测到，这些星系输出的微波
就必须远较我们银河系发出的多得多。尽管如此，人们还是认为这完全可能，
并早在 1950 年就开始提出“射电星系”这个概念了，它包括发出巨额微波的
所有星系。

这里，第一个真正的突破与强射电源“天鹅座 A”有关。美国天文学家
巴德用 1948 年在加利福尼亚州帕洛马山天文台落成的 200 英寸（508 厘米）
望远镜（图 21）研究这个区域，发现一个形状奇特的星系，它距离我们远达
7 亿光年。更精细的研究表明，它是彼此十分靠近的两个星系，它们似乎正
在碰撞。这并不会使两个星系中的恒星彼此相撞（因为恒星彼此间是相距很
远的），但是一个星系中大量的尘埃云可以穿过另一个星系中同样大量的尘
埃云。

这种碰撞遍及成千上万光年的巨大范围，它将发出比一个普通星系多
100 万倍的微波，以至于天鹅座 A 虽然离我们那么远，但还是很容易就被我
们探测到了。

于是天文学家们开始搜索天空中的“特殊星系”了，这些星系异样的形
状或结构可能标志着某种不寻常的事件。结果发现确实有不少射电星系相当
特殊。例如星系 NGC5128 看起来像一个明亮的圆，有一条又浓又暗的尘埃带
撞到了它的中部。这很像是一个旋涡星系切入了一个椭圆星系。会不会是那
个旋涡星系以侧边朝着我们，使我们只能看出它边缘上暗黑的尘埃带呢？

爆发的星系

但是星系的碰撞毕竟不会那么频繁；在许多情况下，即使是星系碰撞产生的能量也还是不够多；再说，某些星系即使孤身独处也还是发射出极其大量的微波。这促使天文学家们开始研究一个星系由于内部原因而变成强射电源的方式。

一个星系，或者它的一部分可能会爆发。试想，一次超新星爆发就会发出大量的微波辐射，更何况一个星系呢！也许，爆发发生于星系的核心，然后往外发展，使气体扩展到星系的大部分地方，有如一个超巨型的蟹状星云。有时爆发会猛推出一股物质，成为一道明亮的“喷流”，星系 M87 就是如此。

前面提到的星系 NGC5128（它有一个中央尘埃带）有 4 个区域成为强射电源。特别强的两个出现在中心尘埃带的两侧，较弱的一对往外伸展得更远，它们一边一个，已全然处于该星系以外。如果这标志着一次爆发的话，那么这条将星系平分为二的尘埃带会不会是星系内部一场巨大爆发的产物呢？

天文学家们当然想找到用普通光就能看见的爆发证据，而不只是由微波来判断。1961 年，美国天文学家林兹发现射电源 3C231 的位置与星系 M82 相吻合。早年的照片已经显示出它的尘埃特别多，并且在其主体上方和下方都有一些微弱的气体或尘埃纤维。美国天文学家桑德奇使用帕洛马山的 5.08 米望远镜，并配上一种特制的红色滤光器（以便让热氢产生的特种光通过），拍摄并分析了 M82 的高分辨率照片。他断定，如果该星系中心正在发生抛掷事件的话，那么被抛出的物质必定主要是氢。照片上显示出一些从星系核发出的长达 1000 光年的气体氢喷流。喷出的氢至少相当于 500 万颗普通恒星。可以推算出这场爆发已经持续了 150 万年。然而它仍然处于早期阶段，因为该射电源仍集中在星系的中心。

有什么东西能造成这样的爆发星系呢？

也许，一次星系爆发是许多超新星接连不断地爆发构成的。不过在许多情况下，超新星很难提供一个爆发星系所发出的全部能量。

有些天文学家认为，如果有足够大的质量在向内坍缩，那么就可以提供一个爆发星系所需要的全部能量。可以设想一个星系中心的恒星非常密集，引力使它们渐渐靠拢；它们靠得越近，引力效应就越强，靠拢得也就更快。最后，那些恒星都猛冲到一起，粉碎而聚集成一个巨大的黑洞。按照这种“爆聚”图景，只需要 1 亿颗恒星就足够供应像天鹅座 A 这样强大的射电源发出的全部能量了。

类星体之谜

1960 年，桑德奇首次证认出，有一个射电源不在像蟹状星云那样一团剧烈动荡的气体内，它不像 M82 那样的遥远的爆发星系，而像一颗普通的恒星。它仿佛是真正的“射电星”的第一例。

然而，进一步的研究表明，这类射电源尽管貌似恒星，却毕竟不是真正的恒星。于是天文学家便称它们为“类星体”。令人吃惊的是，类星体的光谱线（那是一些明亮的发射线）非常奇特。有三年之久，任何人都无法识别它们。直到 1963 年，美国天文学家施米特终于认定，类星体 3C273 光谱中的 4 条亮线假如是在紫外区而不是位于可见光区，那么它们就会是氢线。现在它们既然出现在可见光区，那必定是巨大的红移把它们推到了目前所处的位置上（图 22）。而且，只要承认存在这样的红移，光谱中其他所有的谱线也

就都可以证认了。

施米特是正确的。迄今已发现的好几千个类星体绝大部分都呈现出巨大的红移。因此，它们必定是以创纪录的速度在退行着。有些类星体的退行速度高达光速的 90% 以上。按照哈勃定律，一个天体退行得越快，它一定就越遥远。由于类星体离我们远去的速度比其他任何已知的天体都快，所以它们必定也比其他任何已知的天体都远——有的类星体几乎远得快到可观测宇宙的边缘了。

类星体如此遥远，居然还能被我们用巨大的望远镜看见，足见它们一定是极其明亮的——可以有成百上千个普通星系那么亮。然而，它们却是很小的，某些类星体发出的光和微波在闪烁变化可以证实这一点。在由许多变化着的恒星组成的普通星系中，有些恒星会变暗，同时另一些恒星会变亮，平均来看却是老样子，但是比星系亮得多的类星体却仿佛整个儿地发生着瞬息间的明暗变化。由此，以及根据许多其他理由，可以推断一个像类星体那样迅速闪烁的天体的跨度不会超过 1 光年。可是，这么小的天体怎么能比我们这个跨度达 85000 光年的银河系还亮上几百倍呢？

于是，有些天文学家猜想：类星体也许并不那么遥远吧？它们很近，看上去当然就比较亮。而只要它们未必真的亮得出奇，那么尺度很小也就不足为奇了。然而，要是这样的话，为什么它们又全都具有如此巨大的红移呢？

这个类星体“红移之谜”至今尚未完全解开。

类星体和脉冲星、星际有机分子、微波背景辐射并称为 20 世纪 60 年代射电天文学的四大发现。微波背景辐射的发现，也像其他几项发现一样，有着许多动人的故事。简单说来，它是这样的——

大爆炸宇宙学说有一项推论，那就是大爆炸必定使宇宙充满了极强的高能辐射。但是，随着宇宙的不断膨胀，这种辐射已经大大冷却了。如今它的温度已降到 -270 以下，能量也转化到了微波波段。1965 年，美国科学家彭齐亚斯和威尔逊果然探测到一种从四面八方来自太空的“微波背景辐射”，它恰好与大爆炸理论预期的状况相符。科学家们断定，它正是 100 多亿年前那次无与伦比的爆炸留下的遥远而微弱的余音。

微波背景辐射的发现，是对大爆炸理论的有力支持。彭齐亚斯和威尔逊两人也因此荣获了 1978 年的诺贝尔物理学奖。在瑞典皇家科学院向他们颁奖时，主持人指出：“这是一项带有根本意义的发现，它使我们能够获得很久很久以前，在宇宙开创时期所发生的宇宙过程的信息。”

人类在数千年间，凭借宇宙间最奇妙、最强有力的仪器——人类自身的大脑，对宇宙有了非常深刻的了解。我们生活在小小的地球上，看见了远在 100 亿光年——也就是 100 000 000 000 000 000 000 000 千米以外的天体，人类的目光似乎已在向可观测宇宙的尽头逼近。

然而，我们千万不要以为事情就到此为止了。天文学正在越来越迅速地向前发展。例如，自从 1957 年第一颗人造卫星上天以来的 40 年中，人们学到的天文学知识要比先前整个人类有史以来所积累的全部东西还多。那么，在往后的 40 年中，等待着我们的又将是什么呢？如果说过去这 40 年曾经是那么激动人心的话，那么在我们前面又该有多少更加激动人心的事情啊！

星空巡礼

哪颗星星更明亮

明星——“天狼”

夜里，正常人的眼睛可以看见的恒星共有 6000 多颗。其中的头等明星就是“天狼星”。

我国古代，常将天狼星视为异族侵略者的象征，故对其颇含敌意，历代诗文词赋中亦多有“射天狼”一类的语句。当然，实际上它与世间人事是毫不相干的。“弧矢”是我国古人给离“天狼”不远的九颗星所取的名字，它们都比天狼暗得多。九星相聚，确实酷似指向天狼的一副弓箭（图 24）。

冬夜观天，不必费什么功夫，你就会不由自主地被美丽的“猎户座”吸引住（图 23）。勇敢的猎户由七颗很亮的星组成，中间三星相联（参宿三星），形成猎户的“腰带”。“腰带”向上延伸，正好指向狂奔而来的“金牛”的眼睛——毕宿五（图 25）；将“腰带”往相反方向延长时，遇到的恰恰又是这颗全天最亮的头等明星——天狼。

那么，“亮度冠军”天狼星究竟有多亮呢？

看起来的亮度

公元前 2 世纪，希腊天文学家伊巴谷将肉眼可见的全天恒星分成 6 个等级，称为“星等”：1 等星最亮，大约有 20 颗左右；其次是 2 等星；再暗的是 3、4、5 等，在无月的晴夜勉强能看见的是 6 等星。1 等星的平均亮度是 6 等星的 100 倍左右。

现代计算恒星亮度的方法已大为改进。为了能准确表示出恒星的亮度，星等往往要用小数来表示。在大望远镜中可以看到许许多多比 6 等更暗的星，就将它们依次称为 7 等、8 等、9 等……另一方面，比 1 等星还亮的，则称为 0 等、-1 等、-2 等……

计算星等的规则是很简单的，只有一句话：每个星等的亮度都是次一等星的 2.512 倍。

我们已知太阳是 -26.7 等，天狼星是 -1.4 等，它们的星等差是 25.3 等，由此可以推算出太阳要比天狼星亮 $(2.512)^{25.3}$ 130 亿倍！

整个星空有多亮

我们来估计一下，肉眼所见晴夜的全部恒星总共有多少亮。

现代的统计表明，半个天空最亮的恒星大致是 10 颗，它们的平均亮度恰

好是 1 等左右；而且下一等星的数目又大致为前一等星的 3 倍。据此，我们不难算出肉眼所见天上恒星的总亮度大致相当于 100 颗 1 等星，或者说和 1 颗-4 等星一样亮。这还不如金星最亮时的光辉。

我们直接看到的恒星亮度叫做“视亮度”。它的星等叫这颗恒星的“视星等”。视亮度和视星等并不反映恒星真正的发光本领。因为星有远有近，太阳比天狼星近得多，所以才如此耀眼。如果将太阳移到与天狼星一样远，它还能比天狼星亮多少呢？

星星的真实亮度

一盏灯，移到原先位置的 2 倍那么远，它的亮度只有原来的 $1/4$ ；移远 10 倍时，亮度就只有 $1/100$ 。这是因为光源的视亮度与它到观测者的距离平方成反比。

为了比较恒星真正的发光本领，就须将它们放在同样远的某个标准距离处。在天文学中，将这个标准距离取作 32.6 光年，即大约为 300 万亿千米。恒星移到这么远时的视星等，叫做它的“绝对星等”。显然，绝对星等反映了恒星的实际发光能力。

今天，人们已经有许多办法可以测出极其遥远的天体的距离。测量结果告诉我们：太阳离地球 14960 万千米，而天狼星却远达 83 万亿千米，比太阳远 55 万倍。将太阳移到天狼星那么远时，视亮度便只有原来的三千亿分之一左右。因此，现在看起来比天狼星亮 130 亿倍的太阳，实际上发光能力却只有天狼星的 $1/25$ 左右。事实上，太阳和天狼星的绝对星等分别是：太阳为 4.8 等，天狼星为 1.3 等。

群星争辉

一秒钟之内，恒星从它的整个表面发射出来的总光量，叫做恒星的“光度”。绝对星等就表征了恒星光度的大小。

现在让我们来看看，哪颗星的光度大，也就是说，若将所有的恒星都移得一样远，哪颗星星更明亮。

太阳，已经讲了，绝对星等是 4.8；天狼，绝对星等 1.3，光度比太阳大 25 倍；织女星（天琴座），绝对星等 0.5，比太阳亮 52 倍；角宿一（室女座），绝对星等是 -3.1，比太阳亮了大约 1500 倍；参宿四（猎户座），绝对星等 -5.9，亮度为太阳的 19000 倍；参宿七（猎户座），绝对星等 -7.0，它的光度已达太阳的 52000 倍！

还有更亮的：剑鱼座 S 星的绝对星等是 -8.9，30 万个太阳才和它一样亮；天蝎座 γ 星，绝对星等 -9.4，这可是 48 万个太阳的亮度啊！

光度大的恒星叫“巨星”，光度小的恒星叫“矮星”。难道如此明亮的太阳在天空众星中反而是最“矮”的吗？不！

请看，天鹅座 61 星的绝对星等是 7.5，太阳比它亮 12 倍；拉朗德 21185 星，绝对星等是 10.5，它的光度仅为太阳的 $1/190$ ；巴纳德星的绝对星等是 13.2，所以它差不多只有太阳的 $1/2300$ 那么亮；半人马座中的比邻星是离太阳最近的一颗恒星，距离我们 4.22 光年。它虽然如此之近，肉眼却还是无法看到，它的视星等为 10.7，绝对星等是 15.1，太阳比它亮 13000 倍。但是

BD+4° 4048 的伴星还要暗，绝对星等为 19.2，因此，它的光度就只有太阳的 1/570 000 了。

所以说，太阳正好是一颗中等亮度的恒星。亮的星，亮到它的 50 万倍；暗的，又只及它的 1/500 000。你看，多有意思啊！

变星、新星和超新星

大多数星星，像我们的太阳，其亮度看上去始终这样，没有什么变化。但星空中也有一部分星星，它的亮度会突然发生变化。那些在不太长的时间内光度就有较明显变化的星星称为“变星”。有些变星亮度极大时要比最暗时亮十几倍、几十倍，甚至更多。但是大多数变星的光变幅度却要小得多。

人们还曾记录到许多这样的星：它们本是一些矮星，可是一爆发，亮度就会在一天到几百天之内突增几万倍乃至几百万倍，就像出现了一颗新的星星一样。然后，又慢慢地暗淡下来。这就是“新星”。例如，1975 年 8 月，天鹅座出现了一颗新星，它增亮了 18 个星等，也就是亮了 1000 多万倍！

超新星爆发的规模比新星还要大得多，光度变化可达 1 亿倍以上，光极大时的绝对星等可达 -19 等左右。这时，它竟有几十亿个太阳那么亮。

最著名的一颗超新星曾记载在我国古书《宋会要》上：公元 1054 年 6 月，一颗新“客星”（超新星）出现在天关星（即金牛座，见图 25）附近，白天也能看到，像金星那样，光芒四射，颜色红而发白，观测了 23 天。以后，它虽然暗了下来，但在两年左右的时间内都还能看到。直到 1056 年 4 月才隐没。司天监的报告认为这是“客人”离去的征兆。

然而，“客人”并没有走。当初它爆发时，曾以每秒钟 1000 千米的速度向外抛射出一个巨大的气体壳层，气壳又一直膨胀到现在，终于成了“蟹状星云”（图 20）。

研究恒星的光度及其变化，对了解恒星的内部构造、能量来源以及恒星的生长老死（即演化），都至关重要。所以每一位天文爱好者都应该关心这个非常基本的问题：“哪颗星星更明亮？”

珍惜这宝贵的时机

日食从开始到复圆的全过程，可以拖上两三个小时，而日全食的时间短的只有几分钟，甚至几秒钟，最长的也只有 7 分钟。

为了这仅仅几分钟的观测，科学家们常常不远万里，漂洋过海，翻山越岭，奔波十天半个月，按时赶到日全食的地区。科学家们十分珍视这宝贵的时机，因为在过去的岁月里，通过观测日食，人们有过不少新的发现，揭开过不少自然之谜……

那么，日全食究竟告诉了我们什么？

宝贵的几十秒钟

太阳的表面部分，叫做“光球层”。太阳的绝大部分光和热都是从那儿发出的。光球层之上是包围着它的色球层，那儿的物质十分稀薄，因此发出的光远远不如光球层那么强，我们平时看不见它。这种情形和白天看不见星

星的道理是一样的。只有在日全食刚刚开始或者行将结束的一瞬间，人们才能一睹它的风采。

为了知道色球层的各种物理情况，我们就要研究它的光谱。在平常的日子，光球层的强烈光辉吞没了色球层的光彩。只有在日全食的时候，月亮挡住了光球层，才能用光谱仪拍摄色球层的光谱。分析这些光谱，使我们知道了很多事情，其中最有趣的也许是：在色球层中，高度越高的地方温度也越高。在它的顶部，温度高达摄氏 100 万度；而在它的底部，温度反倒只有摄氏 4000 多度。

每次日全食，可以用来拍摄色球光谱的时间，至多也不过几十秒钟。难怪天文学家们如此珍惜这个宝贵的时机。

太阳元素的发现

在日全食的时候，常常可以发现一股股巨大的火焰从色球层升腾而起，有时候可以上升到 100 万千米那么高。这就是“日珥”（r）（见图 26）。

1860 年 7 月 16 日，在西班牙发生日全食，许多天文学家画下了自己看到的日珥形象，但是大家并不明白日珥中有些什么东西。

1868 年 8 月 18 日，在印度又发生了日全食。法国天文学家让桑带着分光镜赶赴现场。他从分光镜里看见日珥光谱中有一条陌生的黄色谱线。这条黄线非常明亮，当时的化学家和物理学家都没有见过，也不了解它。

第二天，日珥早就淹没在灼眼的太阳光中。让桑又把分光镜对准了太阳边缘上昨天看见日珥的地方。果然，这条明亮的黄线再次出现了。他立即向法国科学院报告自己的发现。但是信在路上走了两个多月，10 月 26 日才到达巴黎。

就在收到让桑来信的同一天，法国科学院还收到了英国天文学家洛克耶 10 月 20 日写的一封信。原来他在英国也发现了日珥光谱中有这样一条明亮而陌生的黄线。

这条黄线跟当时已知的所有化学元素的谱线都不相同，因此它必定是由一种人类还没有发现的元素发出的。洛克耶把它命名为“氦”，意思就是“太阳元素”，因为它首先是在太阳上发现的。

直到 27 年之后，人们才第一次在地球上找到了氦。再回想一下当初观测日珥的故事，难道不该说日全食帮助科学家发现了氦吗？

这一次，科学家猜错了

从色球层再往上，便是太阳大气的最外层——“日冕”（图 18）。日冕仿佛是太阳戴着的一顶美丽的皇冠。它那银白色的光辉比色球层还要暗淡得多，但是范围很广大，从色球层的顶部开始，一直延伸到好几个太阳半径那么远的地方。日冕的形状经常变化，有时候非常漂亮，就像让桑所说的，“像一朵大丽花的花瓣那样”。

早在 1869 年，就有一位天文学家发现在日冕的光谱中有一条陌生的绿色亮线。和氦的故事很相似，人们又猜想这条绿线是日冕中某一种未知的化学元素发出的，并把这种元素命名为“ ”。然而，这一次科学家们却猜错了。

70年后，瑞典光谱专家埃德伦解开了“ ”这个谜。那条绿线其实是最普通的元素铁产生的。只因为这些铁原子在极高的温度下失去了许多电子，所以它的光谱线就跟平时大不相同了。

日冕光谱中出现这样的光谱线，说明它有着极高的温度。事实上，日冕的温度高达摄氏100万度以上。目前对日冕高温的原因还没有彻底弄清，这更使天文学家觉得，应该不放过每一次日食的机会去仔细地研究它。

光线弯曲了

平时人们常说：光是沿直线传播的。但是，本世纪最伟大的物理学家爱因斯坦告诉我们：光线从一个引力很强的物体旁边经过，它是会微微弯曲的。这是他于1916年创立的“广义相对论”的一个重要推论，这个推论究竟对不对呢？

光线因受引力影响而发生弯曲的角度是非常小的，从太阳近旁掠过的光线，仅仅偏转1.75角秒。怎样才能把这么微小的方向变化测量出来呢？

天文学家们想了一个巧妙的办法：利用日全食。在日全食的时候拍下太阳周围星空的照片，从照片上可以十分准确地定出太阳旁边那些星星的位置，从而确定星光射来的方向。半年以后，这些星星在半夜里出现在空中，它们的光已避开了太阳引力场，再次拍摄这些恒星的图片，确定它们在天空中的准确位置，定出星光射来的方向。如果爱因斯坦的广义相对论是正确的，那么这两次测量的结果就应该有一定的差异。1919年日全食期间，天文学家们首次作了这样的观测，结果，星光果然偏过了1.79角秒，与爱因斯坦的预言几乎完全相同（图27）。这真是广义相对论的巨大胜利啊！

这样精细的测量当然十分困难。以后历次日全食，天文学家们又多次重复了这样的观测，每次的结果虽然都有些差异，但是总的说来，测量结果仍然表明广义相对论是正确的。目前，这个问题还在继续研究之中。

水内行星和近日彗星

在太阳系的九大行星中，水星离太阳最近。一百多年来，有不少天文学家猜想，也许还有一颗离太阳比水星更近的行星尚未露面。这颗猜测中的行星在水星的轨道以内，因此叫“水内行星”。

水内行星即使果真存在，要找到它也是很困难的。它离太阳实在太近了，从地球上看起来，它几乎总是与太阳同时升起或者同时落下，所以总是淹没在强烈的太阳光中。人们只好利用短暂的日全食的时机在太阳近旁搜索它。

尽管天文学家已经尽了极大努力，水内行星依然无影无踪。它是不是根本就不存在呢？但是也可能历次日全食的时候，它恰好都处在难以观测的位置上，比如说正好在太阳的背后，因而被太阳挡住了，或者正好跑到了太阳的前方，又被月亮遮住了等等，这样当然就看不见它了。

和寻找水内行星相类似的，是寻找“近日彗星”。彗星的运动轨道通常都是拉得极长极长的椭圆。有些彗星远离太阳的时候，可以跑到冥王星的轨道以外，接近太阳的时候可以一直跑到水星的轨道以内。彗星跑到太阳跟前，

在强烈灼热的阳光照射下，究竟会烤成个什么样子呢？还有，是不是有什么彗星已经悄悄地溜到了太阳的近旁，隐匿在太阳威力无穷的光焰之中，因而始终未被天文学家们看见呢？日全食当然又为寻找和观测这些彗星提供了很大的方便。

因此，搜索水内行星和近日彗星也成了每次日全食必不可少的观测项目。

五花八门的研究课题

利用日食的机会进行科学考察的项目，真可以说是五花八门，种类繁多，上面介绍的只是其中的一部分。气象工作者们研究日食时天气有些什么变化？例如，有人发现在全食带内很容易出现“日食风”，它是怎样形成的呢？有人发现，一到日全食来临，便可以看见一种明条暗纹相间的“飞影”迅速掠过全食带内的大地，据说它可能是由于空气的颤动造成的。这究竟是怎么一回事呢？动物学家们发现，有些动物在日全食行将到来之前，仿佛提早就开始焦躁不安了，它们有什么预感呢？……

大自然之谜真是太多了，勤劳勇敢的科学志士则永远珍惜探索大自然的每一次好时机！

不平静的太阳

太阳，宛如一个以固定的速率燃烧着的巨大火球，始终是那样光辉灿烂，均匀地发出巨量辐射，给大地以光明，给人间以温暖。所以天文学家通常都说太阳是一颗稳定的恒星。

然而，随着对太阳的研究日渐深入，人们终于认识到，就在这貌若宁静的太阳上，却经常会发生一些存在时间很短的“事件”：那成群结队的黑子，猛烈爆发的耀斑，太阳边缘上奔腾起伏、可以向外延伸上百万千米的日珥，以及光斑、谱斑、日冕凝聚和各种各样的射电爆发等等，这些极其复杂的现象，天文学家称之为“太阳活动”，它揭示了在看来稳定而又宁静的太阳上，其实并不平静。

太阳黑子的消长

太阳活动的形式和内容都十分丰富，黑子则是其中最显著而又长寿的一种，它们通常是日面活动区的核心。出现在太阳上的黑子，宛如水面上激起的漩涡，又仿佛是太阳的脸庞上出现的雀斑。在英语中“太阳黑子”与“雀斑”就是同一个词 sunspot。

太阳表面的温度高达 5500 ，黑子的温度则是 4000 多度。正由于黑子的温度比周围环境低 1000 余度，所以才显得暗一些，“黑”一些。其实，黑子本身还是很亮的，即使整个太阳表面全部布满了黑子，它的亮度也还有目前太阳亮度的 1/3 左右。

太阳黑子是一个古老的研究对象。人类注意到黑子现象，至少已有 2000 年以上的历史。例如，我国古籍《汉书·五行志》记载了“成帝河平元年三月己未，日出，黄，有黑气大如钱，居日中央”，便是闻名于世的公元前 28

年 5 月 10 日的大黑子记录。古代欧洲人由于受到“天体完美无瑕亘古不变”这种哲学思想的束缚，所以在漫长的世代中未能确认黑子的真实存在。

自从意大利科学家伽利略于 1609 年造出人类历史上第一架天文望远镜之后，情况就大为改观了。研究太阳黑子第一个关键性的进展是 19 世纪中叶取得的。当时德国有位名叫施瓦布的药剂师，从 1826 年起用小型天文望远镜观测太阳，每天记录黑子数目，整整 43 年没有间断。他连续观测 17 年之后，发现黑子数目的变化具有 10 年左右的周期。这一发现，直到 1851 年才得到科学界的承认。今天我们已经知道，太阳黑子消长的比较准确的周期值是 11 年左右，这就叫一个太阳黑子周。在每个周期中黑子极盛的年头，日面上不断涌现出成群结队的黑子，这时称为“黑子极大”；而在衰落期间，太阳上又会几天乃至几十天连一颗黑子都不出现，这时叫做“黑子极小”。

根据国际上统一规定，从 1755 年开始的那个 11 年周期算作第一周，往后顺次排出每个周期的序号。通常也将黑子周的极大年份称为“太阳活动的峰年”。

黑子经常成群地出现，称为“黑子群”（图 28）。一个大黑子群内，前后各有一个较大的主黑子，靠西边的叫“前导黑子”，东边的叫“后随黑子”，还有众多的小黑子散布于两者之间。日面上黑子群的多寡，每个群内黑子的分布情况以及结构的复杂程度，直接反映了太阳活动的水平。所以，人们也常将黑子周叫做“太阳活动周”。

日界胜景

我们平时所见发出强烈光芒的太阳表面叫做“太阳光球”，它的厚度约为 300 千米左右。光球层之下是对流层，我们无法直接看见它，但是根据光球层的现象可以推断对流层中有着无数巨大的气团在上下翻腾。它们升腾到太阳表面便形成了明暗相间的“米粒组织”。每个“米粒”的大小大致为 1000 千米，米粒的平均寿命约 8 分钟。它们布满整个日面，在同一瞬间的米粒总数达 200 万颗左右。气团与米粒的情形与沸腾着的水面很是相象。

除了黑子和米粒组织外，人们还经常可以在黑子附近看见一些比四周环境更亮的斑块，它们叫“光斑”。黑子、米粒和光斑都是光球层中的现象。

光球层上方是色球层，它的厚度很不均匀，从几千千米到 1 万多千米。色球层的温度随着高度的增加而迅速上升。它的底部只有 4000 多度，顶部却达到 100 万度左右。不过，色球层中的物质非常稀薄，所以它发出的光远不如光球那么强，因此我们平时看不到它。日全食时月亮挡住了光球，人们便可以目睹太阳边缘那一圈粉红色的色球了。色彩动人正是“色球”这一名词的由来。

整个色球层宛如一片燃烧着的火海，那儿不时有玫瑰色的火舌状气体升腾而起，它们叫做日珥。有些日珥像喷泉一般抛射到数万千米的高处，宛如一朵云彩那样静静地悬于日面上空；另一类日珥仅出现于黑子附近，它们的上升速度可达每秒 250 千米以上，高度可达数十万千米甚至上百万千米。

在没有日全食的时候，可以用“色球望远镜”来观测色球和日珥。由于日珥比整个色球背景要暗，所以在色球照片上经常可以看到许多暗黑的长条，它们便是日珥在日轮上的投影。另外，在色球层中还有一些较亮的区域，

称为“谱斑”，它们的形态酷似光斑，位置也和光斑相符。显然，这两者之间必然存在着具有物理本质的联系，磁场便是这种联系的纽带。

谱斑区中经常会发生突然的增亮，这就是著名的“耀斑”现象。大多数耀斑均发生于黑子群上空及其附近，它们是太阳大气中高度集中的爆发性能量释放过程，因此又叫“色球爆发”。一个大耀斑往往在几分钟到一二小时之中便释放出相当于上百亿颗百万吨级氢弹的能量。

色球层再往上，就是太阳的最外层大气——“日冕”。日冕银白色的光辉十分动人，可惜它比色球还要暗弱得多，所以通常只有在日全食的食甚阶段才能一睹它的风貌。日冕延伸得很广，可以从色球顶部一直伸展到好几个太阳半径以外。在太阳南北极附近的日冕区内，有一些带电微粒构成的热气流，称为“日冕射线”。它们沿着太阳磁场中弯曲的磁力线往外发散，其中的带电微粒（主要是质子和电子）则不断地“吹”向行星际空间，形成所谓的“太阳风”。日冕中还有一些特别明亮的区域，叫做“日冕凝聚区”，它们是光球与色球的局部活动区向日冕的延伸，也是日冕中活动水平比较高的地方。

总之，当太阳活动的峰年来临时，所有的太阳活动现象均趋频繁，而在太阳活动极小时，一切又都复归平静。

太阳活动预报

那么，太阳活动究竟同人类的生活有什么关系呢？太阳活动与地球上的许多现象都有关。例如，地球磁场的扰动和磁暴的年变化是与黑子数同步涨落的。在太阳活动剧烈的年份，耀斑经常引起磁暴，这时在高纬度地区产生的感应电流就会严重地干扰和损害高压供电系统。另外磁暴往往还会干扰地球物理勘探工作。又如，地球上某些地区的旱涝灾害随着太阳活动的升降而变迁；还有许多河流的流量或海港的水位也与黑子数密切相关。

在所有的太阳活动现象中，对地球影响最大的是耀斑。耀斑爆发时，发射出大量的高能粒子，主要是质子，其次是电子、 α 粒子（氦原子核）和其他重元素的原子核；同时，耀斑还发射出大量电磁辐射，从波长很长的射电辐射直到波长很短的X光都有，有些大耀斑还会辐射波长更短的 γ 射线。其他太阳活动现象对地球的影响虽不如耀斑剧烈，但往往会产生长期积累的效应。总之，当太阳活动增强时，来自活动区的高能粒子流和各种电磁辐射就会引起各种各样的地球物理效应。就像天气预报和地震预报一样，对太阳活动和相关的地球物理效应作出预报也是十分重要的。

例如，通讯部门就需要多种类型的太阳活动预报。大耀斑发出的强大X光辐射到达地球时，会使地球大气电离层D层的电离度急剧增加，造成短波无线电通讯的衰退甚至中断，这叫做电离层突然骚扰。准确地预报这些情况，对于调整通讯计划、确保通讯畅通，无疑是很重要的。

又如航天部门，也很需要太阳活动预报。大耀斑发出的质子流会严重危及宇宙飞船和人造卫星内的仪器和宇航员的生命安全。因此必须作出这类“质子事件”的短期（提前几天）和长期（提前几个月甚至一年以上）预报，以便选择好发射时机或者及时采取相应的对策。此外，太阳的紫外辐射强度对地球高层大气的密度分布也很有影响，而后者又直接影响着人造卫星的寿命。所以，估计人造卫星寿命也需要太阳活动的长期预报。

此外，太阳活动对气象、水文、地震等各个方面也都有不同程度的直接或间接的影响，因此人们对太阳活动及其预报关注的程度正在与日俱增。可靠的太阳活动预报必须依靠完整的太阳和地球物理资料，由于观测太阳受到地理位置、天气条件以及仪器设备的限制，所以就需要进行国际性的太阳联合观测。

我国自 1954 年起就建立了全国性的黑子联合发布系统。目前，国际上已有多个专门发播太阳活动和地球电离层状况短期预报的中心。美国国家航天局还专门发射了研究太阳活动的卫星。我国天文学家的太阳活动预报工作在国际上也屡获好评。人们对太阳活动规律的认识也如太阳活动本身一样，始终以其特有的节律，一浪推一浪地不断前进。

天外来客——陨石

什么是陨石？

人们常说：“陨石是天上掉下来的石头。”（图 29）

这话对，但是不完全对。从“天上掉下来”是对的，不少陨石是“石头”也是对的，但是也有一些陨石并不是石头，实际上是一块铁。科学家是这样说的：陨石是从宇宙空间穿过地球大气层落到地面上来的天然物体。

加上“天然”两个字，是因为有些宇宙飞船的碎片也会从太空中落到地面上来，而它们是人造物体，不能算是陨石。

陨石主要有三种，它们好像三兄弟。它们的名字叫：石陨石、铁陨石和石铁陨石。

石陨石是最普通的陨石。模样确实像一块石头，化学成分也和地球上的石头差不多。

铁陨石的主要成分是铁，所以又叫“陨铁”。例如，1958 年在我国新疆青河县境内发现了一块巨大的铁陨石，它含有 88.7% 的铁，9.3% 的镍，另外还有少量的钴、磷、硅、铜等元素。

石铁陨石是石头和铁的混合物，它们包含的石物质和铁镍物质差不多各占一半。

在落到地面上来的全部陨石中，石陨石大约占 92%，铁陨石约占 6%，石铁陨石只占 2%。

我国人民很早就对陨石有了一定的认识。我国古书中有 700 多次关于陨石降落的记载，这是全世界研究古代陨石的最丰富、最宝贵的资料。在我国的一些古墓中，多次发现了一些铁制的武器和器具，经过天文学家鉴定，它们是用铁陨石制成的。它们中最早的已经有 3000 年的历史，这说明我国是世界上最早用铁陨石制作武器和其他器具的国家。

从流星体到陨石雨

陨石是从哪里来的呢？

在我国古老的传说里，认为地上的每一个人都和天上的某一颗星相对应。如果这个人死了，他的那颗相应的星就会落到地上来。比如在小说《三

国演义》里，诸葛亮看到天上出现了一颗流星，就知道赵云去世了。历史上有许多封建帝王，由于怕死，让天文官专门观看天象，记载流星，预报吉凶。

当然，今天的读者不会相信这种说法了。

原来，在浩瀚的太阳系中，有无数的尘埃和固体碎块，纷纷沿着椭圆形轨道绕太阳转动。它们被称作“流星体”。大多数流星体都很小。当它们偶然地闯入地球大气层时，由于速度达到每秒钟十几千米甚至七八十千米，和大气发生剧烈的摩擦，温度升高到几千度甚至上万度，于是燃烧发光，这时我们就看到，天空中出现了一颗流星。小小的流星体在地面上空好几十千米的地方就烧完了，而一些大的流星体却可以把一大片天空照得通亮，这叫“火流星”。最后，没有烧尽的流星体落到地面上，成为陨石。

有些大陨石，在落到地面以前就爆炸了，爆裂的碎块像下雨一样洒向地面。这就是著名的“陨石雨”。

1976年3月8日，我国吉林省吉林地区上空出现了一个大火球。顷刻间，这个大火球又分成许多小火球，一齐由东向西飞去，然后落在地面。陨石雨散布地区东西长72千米，南北宽8.5千米。事后，一共找到100多块陨石样品，总重量达2700多千克！其中最大的一块就是“吉林1号”陨石，重1770千克，这是目前世界上最大的石陨石（图30）。

陨石告诉我们什么

关于陨石，还有许多有趣的问题需要进一步研究。例如，在陨石大家庭中，除了前面说过的“三兄弟”以外，还有微陨石、陨冰和玻璃陨石。微陨石是飘落到地球上的宇宙尘埃。它们小极了，直径还不到1毫米，很难发现。陨冰是自太空落到地球上的冰块。这种现象极为罕见，而且冰落到地面上很快就融化了，所以人们难得有机会研究它。玻璃陨石是从宇宙空间掉到地球上的天然玻璃物质。一般有几厘米大小，深褐色或黑色，不透明。我国广东省的雷州半岛和海南岛就发现过不少。我国古代人民把它称作“雷公墨”，认为这是雷公在制造雷霆时，不小心掉下来的。这种说法当然不科学，但是玻璃在宇宙中是怎样形成的，至今还是一个谜。

又如，在遥远的古代，地球上曾经生活着一种巨大的爬行动物——恐龙。可是到了距今6500万年以前，恐龙突然全部消失了。这究竟是什么原因？生物学家、地质学家们作了许多推测，可是到目前为止，还没有一种说法受到公认。美国物理学家阿尔瓦雷斯曾经提出一种有趣的想法：

在6500万年以前，有一颗直径大约是10千米的小行星撞到地球上，成为一颗空前巨大的陨石。它引起一场巨大的爆炸，无数的碎石、土屑和灰尘扩散开来，包围了整个地球。阳光被挡住了，植物枯死了，要吃大量植物才能生存的恐龙由于找不到足够的食物，终于悲惨地饿死了。另外还有不少动植物，同样成了这块特大陨石的牺牲品……尽管这个说法十分新奇，却因为合情合理而受到了不少科学家的支持！

再如，在茫茫宇宙中，除了地球以外，还有哪里存在着生命呢？这是人们非常感兴趣的一个问题。有一类石陨石可能与此密切相关，它们叫做“碳质球粒陨石”。天文学家在这类陨石中发现了60多种有机化合物，其中包含

多种氨基酸。任何生命都离不开蛋白质，而蛋白质就是由氨基酸组成的。因此研究陨石也许能为了解宇宙中生命的起源提供重要线索。

陨石还具有许多科学价值。人们根据陨石中放射性物质的含量，证明太阳系中的固态物质是在 46 亿年前形成的。研究陨石高速进入大气层的情况，可以为宇宙飞船返回地面提供科学数据。有的地质学家认为，某些金刚石是在陨石撞击地球时产生的高压中形成的，所以研究陨石还可能对寻找地下矿藏有所帮助。

海王星的发现与启示

天文学与力学攀了亲

自从波兰天文学家哥白尼于四百多年前提出“日心地动”学说，17 世纪初德国天文学家开普勒总结出了行星运动定律以后，人们对于行星如何围绕太阳运行这个问题，可以说已经知道得相当清楚了。

又过了差不多半个世纪，英国大科学家牛顿进一步探讨了行星为什么始终绕着太阳打转，而不会无限制地跑向远方的原因。他猜测这必定是由于它们受到了太阳的吸引。那么，这种引力有什么特征呢？还有，月亮绕地球运动的方式显然与地球绕太阳的运动方式十分相似，那么，地球是不是也在吸引着月亮呢？沿着这条线索，牛顿终于在 1687 年作出了自己的伟大发现，这就是在物理学和其他自然科学中至关重要的万有引力定律。

万有引力定律原是从研究天文学中的行星运动问题逐步确立的，它第一次使天文学与力学攀上了亲。然后，人们又反过来广泛地运用牛顿运动定律和万有引力定律来研究天体的运动，这就在天文学中诞生了一个崭新的分支——天体力学。利用天体力学，人们不仅可以从天文观测资料来追溯行星以往的运动，而且还可以预报它们日后的动向。

在太阳系中，假如每颗行星都只受到太阳引力的作用，那么它们就会严格地沿着椭圆轨道围绕太阳运行。但是，所有的行星彼此之间也在互相吸引着，而且它们也都反过来吸引着太阳。因此，这里遇到的情况非常错综复杂。不过，由于太阳的质量远大于所有的行星，因此它的引力仍然始终占着主导地位。行星彼此之间的引力则产生了所谓的“摄动”，它使得行星的轨道或多或少地偏离了理想的椭圆。也许可以这样说吧，天体力学主要就是和各种各样的摄动打交道。

向万有引力定律挑战

到了 19 世纪初，人们对摄动已经研究得相当深入，因此天文学家们能够准确地预告行星在未来时刻的位置。

法国天文学家布瓦尔受法国经度局委托，计算了木星、土星和天王星的“星历表”（它是载明一颗或一批星将于每天的什么时刻处于天穹上什么位置的表，通常表中都列出一系列相继时刻的有关数据）。对于木星和土星，计算结果与实际观测十分相符。唯独对于当时所知的最远行星天王星的结果总是不能令人满意：布瓦尔的表是 1821 年刊布的，仅仅过了 9 年，表中的数据已经和观测结果差了 20'，而到了 1845 年，这个差值便超过 2° 了。

这种情况确实使人费解。究竟是万有引力定律和天体力学方法失灵了，还是在天王星轨道以外还有着一颗未曾露面的行星用自己的万有引力拖住了天王星的后腿呢？如果属于后一种情况，那么它为什么不影响木星和土星的运动呢？这个问题倒不难回答：未知行星离木星和土星太远，由于两物体间的万有引力与它们之间距离的平方成反比，所以它对木星和土星的摄动微乎其微。

天王星运动的“越轨”行为，对万有引力定律提出了严重的挑战。怀疑牛顿理论的人是少数，认为存在一颗未知行星的人较多。然而，重要的不是辩论，而是行动：请把这颗不肯露面的行星找出来吧！

两位年轻人奋起应战

问题难就难在现在必须把牛顿的理论和方法颠倒过来运用：人们并不是先看见了一颗行星然后来计算它的轨道，并算出它对其他行星的摄动效果，而是要根据天王星古怪行径（也就是未知行星产生的摄动效果）反过来推测这颗未知行星的运动轨道，并且要告诉观测者：你应该在什么时候到天空中的什么地方找到它。

这是一个极其困难的问题，很多天文学家都不敢把自己的时间和精力奉献给这项也许自己完成不了的任务。

然而，时代提出的迫切问题是不会长久无人问津的。两位年轻人不约而同地奋起应战了。他们都精通天体力学，都有高超的数学本领。他们依据的天文观测资料是一百多年来天王星在运动上的偏差。

亚当斯（1819—1892）当时是英国剑桥大学的学生（图 31）。1843 年末他才 24 岁的时候，就找到了解决这一问题的途径。1845 年 9 月，他根据对天王星“运动失常”的研究推算出该假设行星的轨道、质量和当时的位置。他想和当时的皇家天文学家艾里讨论这些结果，但是未能切实约定时间。再加上艾里对亚当斯这样的“小人物”兴趣不大，所以亚当斯虽然三访格林尼治皇家天文台，却仍未见到这位皇家天文学家。他失望地留下一份有关计算结果的简短声明便回剑桥了。几天后艾里复信给亚当斯表示感谢，但又问他是否真能解释天王星的运动。亚当斯觉得艾里纯属敷衍，而且当时又忙于进一步改进自己的计算，因此未再回信。他先前的计算结果便长期搁置在艾里的办公桌抽屉里。1846 年 9 月，亚当斯再次致函艾里，报告改进后的最终计算结果。

法国天文学家勒维烈（1811—1877）比亚当斯年长 8 岁（图 32）。他丝毫不知道亚当斯的工作，但是他却在巴黎钻研这同一个难题。他将自己的研究结果写了几份总结报告。艾里也收到了勒维烈于 1846 年 6 月发表的论文副本。他发现勒维烈的结果几乎与亚当斯完全一致，两人预言的未知行星位置在天空中相差还不到 1° 。这使艾里觉得形势逼人了。他请剑桥天文台台长查理斯用望远镜进行详细的搜索。可是查理斯缺乏好的星图，他决定亲自观测、编制一份包括这部分天空中 3000 余颗恒星的准确位置的新星图，以便为找到未知行星做好准备。然而，别人却比他快了一步。

“拖后腿”的行星果然存在

勒维烈的最后一篇报告是 1846 年 8 月 31 日发表的，题为“论使天王星运动失常的行星，它的质量、轨道和当前位置的确定”。

他写信给欧洲一些重要的天文台，请他们按他指出的位置——宝瓶星座中黄道经度 326° 的地方，在望远镜中寻找这颗未知行星，它当时的亮度估计比肉眼所见的最暗星星还要暗 10 倍左右。

1846 年 9 月 23 日，柏林天文台年轻的天文学家加勒（1812—1910）收到了勒维烈的信。他的助手达雷斯特告诉他正好有一份前几天刚出版的新的星图，包括了需要进行搜索的那一部分天空。

于是，他们当天晚上便把当时柏林天文台最好的望远镜——一架口径为 23 厘米的折射望远镜，指向了宝瓶星座的方向。加勒从望远镜中读出一颗颗星的位置，达雷斯特则拿着星图在旁一一核对。他们果然发现有一颗 8 等星是星图上所没有的，它和勒维烈预言的位置偏离还不到 1° （图 33）。第二天晚上，他们又核实了一次，新的行星已经在天空中退行了 $70''$ ，这又和勒维烈的预言恰好完全一致。加勒等人真是喜出望外。

几天后，勒维烈收到了这样一封信：“先生，您给我们指出了位置的那颗行星是真实存在的。”发信的时间是 9 月 25 日，发信人就是加勒。

英法两国科学家曾经为发现新行星的优先权问题激烈争论。巴黎天文台台长阿拉果称赞勒维烈“为祖国争得了光辉，为子孙赢来了荣誉”。他想将新行星命名为“勒维烈”，以表彰

比较。在 1846 年的时候，它们正好彼此非常靠近。这位预告者的功勋。英国科学家们则强调指出亚当斯比勒维烈早一年多就算出了新行星的位置。无疑，加勒等人及时而准确的观测工作也应受到表扬，只有艾里由于对不知名的青年人亚当斯态度傲慢，从而满不在乎地耽误了新行星的搜索而广遭谴责；查理斯也因工作松懈成了反面教员：他在 1846 年 7 月到 9 月的观测中，已在加勒之前两次记下了新行星的位置，但是他不及时整理资料，所以不知道新行星已经落入了自己手中。

牛顿力学的光辉胜利

勒维烈非常谦虚，他不同意用自己的名字命名新行星。他建议遵守天文界的老传统，用神话人物命名新的行星。于是，人们就用大海之神的名字纳普丘（Neptune）来称呼它，译成中文就是“海王星”。

亚当斯也很有教养，他不愿为自己去争夺优先权。他和勒维烈由于从事共同的事业并且作出了同样的贡献而成了亲密的朋友。

海王星的发现是科学史上的一件大事。当初建议勒维烈从事这项研究工作的阿拉果说道：“天文学家们有时偶而遇见一个运动的光点，在望远镜里发现一颗行星，可是勒维烈先生发现这个新的天体却没有朝天一瞥，他是在笔尖上看见这颗行星的。只靠计算的力量，他就确定了我们所知的这个行星系统边界外的一个天体的位置与大小。”

海王星的发现证实了牛顿力学和万有引力定律的可靠性。这一惊人的成

就是牛顿力学的光辉胜利，并使之赢得了至高无上的荣誉。这时，只有“水星轨道近日点的反常运动”仍然是漂浮在牛顿力学体系上空的一朵乌云，它确实最终暴露了万有引力定律也还有缺陷。直到20世纪初爱因斯坦建立了广义相对论才最终解决了这个问题，不过这已经超出了本文谈论的范围。

朦胧的世界——冥王星

冥王星发现于1930年，人们曾欢呼它为20世纪最重大的发现之一。在美联社评选的1930年世界十大新闻中，“发现第九颗大行星”亦跻身其列。可是人们至今对这个朦胧的世界依然知之甚少……

序曲

1846年，德国天文学家加勒根据法国天文学家勒维烈的预言，在天空中找到了造成天王星运动反常的那颗新行星——海王星。此后不久，勒维烈就说过：

“对这颗新行星（海王星）观测三四十年以后，我们又将能利用它来发现就离太阳远近而言紧随其后的那颗行星。”

19世纪后期，有些天文学家开始着手寻找“海外行星”了。例如，1877年，美国海军天文台的天文学家戴维·佩克·托德分析天王星轨道运动的残差后预言，离太阳52天文单位（1天文单位是地球公转椭圆轨道的半长径，即地球与太阳的平均距离，约为1.496亿千米）处应该还有一颗直径80000千米的行星。他用该台的66厘米望远镜目视搜索这颗行星，但结果一无所获。

将近20年后，又有两位美国天文学家为搜索海外行星作出了新的努力。他们是珀西瓦尔·洛厄尔和威廉·亨利·皮克林。洛厄尔以热衷于观测和研究火星“运河”而著称。1894年，他在亚利桑那州弗拉格斯塔夫附近兴建了一座私家天文台——洛厄尔天文台。此后，他就在那里潜心研究火星“运河”和搜索“海外行星”——洛厄尔称这颗行星为“行星X”，直至与世长辞。皮克林对于海外行星作出的预言比任何天文学家都多。洛厄尔天文台开张时，他曾帮助洛厄尔实施火星观测计划，但后来却成了洛厄尔关于火星智慧生物理论的批评者，而且又是寻找第九颗行星的竞争者。

搜索

洛厄尔及其天文台的工作人员于1905年开始对行星X进行第一轮搜索。他们用一架口径12.7厘米的折射望远镜拍摄天空照片，记录了成千上万颗暗星的位置。洛厄尔把照相底片稍稍偏置地上下重叠，并手持放大镜寻找相对于背景恒星显示出微小位移的天体。他一直干到1907年。可惜在这两年之中，冥王星位于其轨道上离地球较远的部分，照相星等为16等，这已达当时照相底片的极限。因此，这轮搜索没能作出什么发现。

1908年岁尾，洛厄尔听了皮克林的一次讲演。后者描述了如何分析天王星运动的残差，以预言海外行星的位置。皮克林希望洛厄尔帮助搜索，但是遭到谢绝。1909年5月，洛厄尔对行星X作出了自己的预言：距离太阳47.5天文单位，轨道周期为327年，星等小于13，质量为海王星的2/5。但他并未公布这些结果。皮克林则公开发表了自己的预言：该行星离太阳51.9天文

单位，轨道周期为 373.5 年，其质量约为地球的 2 倍。他估计该行星圆面的直径应近似地为 0.8 角秒，星等在 11.5 到 13 之间。

1910 年 7 月，洛厄尔的班底开始对行星 X 进行第二轮搜索。这次他们使用了闪视比较仪。这种仪器有一个快门，可用于极其迅速地交替取景，以至于眼睛几乎不能察觉视场从一张底片到另一张底片的快速转移。如果一个天体在不同的底片上有了位移，那么在快速变换视场时，该天体就会相对于恒星背景来回地闪动。这一轮搜索还是毫无建树。1915 年 9 月，洛厄尔作出结论：这个天体暗于 13 等，用于搜索它的望远镜也许是太小了。1916 年 11 月 12 日，洛厄尔告别人世。直到 13 年以后，才有人重新以饱满的热情投入搜索行星 X 的工作中。

发现

克莱德·威廉·汤博生于 1906 年，他少时家贫，无力上大学念书。然而，他酷爱天文学，并用散落在父亲农场里的机器部件自制一架望远镜，从事天文观测。

汤博于 1929 年 1 月到达洛厄尔天文台。4 个月后，他开始了对行星 X 的第三轮搜索。起初，他仅仅负责照相工作。闪视比较仪的工作则由更富有经验的人——台长维斯托·M.斯莱弗和他的兄弟、天文学家厄尔·C.斯莱弗去做。该台还为此安装了一架新的望远镜——33 厘米的反射式天体照相机。他们决定首先考察双子座中两个天区的底片，每张底片上各有几乎多达 300 000 颗恒星的星像。要找出一个相对于它们有微小位移的星像，实在是一件令人望而生畏的事情。斯莱弗台长的信心减退了，他虽指导汤博继续在双子座以东沿黄道带照相，但实际上却未作足够的闪视比较。此项任务后来移交给汤博独立进行。日后汤博回忆道：“冥王星就在那些底片上。”

1930 年 1 月 23 日和 29 日夜，汤博再次拍摄了双子座 星附近的 天区。2 月份，他开始对这些底片作闪视比较。2 月 18 日下午 4 点钟，他看见有一个恒星状的东西正在闪视比较仪的视场中来回闪动。“我为此不胜惊骇，”后来汤博写道，“哦，我好好看了一下表，记下了时间。这应该是一项历史性的发现……接下来的 45 分钟光景，我处于有生以来从未有过的兴奋状态之中”；“我尽力控制自己，尽量若无其事地走进他（斯莱弗）的办公室……‘斯莱弗博士，我已经发现了您的行星 X……我将向您出示证据’”；“他立即冲向闪视比较仪室……”

斯莱弗决定对该天体作进一步的观测证实。最后，在 1930 年 3 月 13 日，终于正式宣布发现了一颗海外行星。这天正好是洛厄尔的 75 岁诞辰，又是威廉·赫歇尔发现天王星的 149 周年纪念日。接着，为该行星命名的建议便如潮水般地涌向了洛厄尔天文台。1930 年 5 月 1 日，斯莱弗台长决定将它命名为普鲁托（Pluto）——罗马神话中冥神的名字。这一名字最初由英国剑桥一位 11 岁的女学生维尼夏·伯尼提出。她觉得这很适合于一颗如此幽暗的行星。在汉语里，行星普鲁托的名字意译为“冥王星”。

汤博发现冥王星后，才获得了堪萨斯大学的奖学金，最终圆了他的大学梦。1936 年他获得学士学位，1939 年获硕士学位。

特征

冥王星是离太阳最远的一颗大行星，它和太阳的平均距离是 39.44 天文单位，即约 59 亿千米。它在轨道上运行的速度是每秒 4.74 千米，约 248 年绕太阳公转一周。它的公转轨道的椭圆偏心率高达 0.248，居九大行星之首。这使冥王星在轨道近日点附近时与太阳的距离比海王星到太阳的距离还近。它最近一次过近日点是在 1989 年，直到 1999 年它都比海王星离太阳更近。冥王星的公转轨道平面对地球公转轨道平面（即黄道面）的倾角达 17° 以上，这在九大行星中也是独占鳌头的。

冥王星是太阳系中最小的一颗大行星，其直径约 2 300 千米，比月球的直径（3 476 千米）还小。其质量仅约为月球质量的 $2/11$ ，或地球质量的 $11/5000$ 。由于远离太阳，冥王星的温度始终在 -220 以下。1976 年，在夏威夷莫纳克亚山顶进行的分光观测揭示了冥王星表面存在甲烷雾，因此它具有相当高的反照率。冥王星的密度约为水的 2 倍，在九大行星中，水星、金星、地球和火星的密度都比它大，木星、土星、天王星和海王星的密度则比它小。冥王星的自转周期是 6.387 天。其自转轴与公转轨道面颇为贴近，这与天王星的情况有些相似。

冥王星被发现后将近半个世纪，直到 1978 年人们一直以为它没有卫星。

冥卫

为了尽可能精确地测定冥王星的位置，美国海军天文台于 1978 年开始，用位于弗拉格斯塔夫的 1.55 米天体测量反射望远镜对冥王星进行常规观测，在尽可能好的条件下拍摄新的照相底片。

1978 年 6 月 22 日，天文学家詹姆斯·克里斯蒂发现每张底片上的冥王星像都不对称地拉长了。然而它附近的恒星像却未拉长。他开始猜想该行星也许有一颗卫星，或者有一个很不寻常的表面特征（图 34）。接着，他又找到 5 张 1970 年

的底片，它们是在一个星期内拍摄的。这些照片表明拉长部分以大约 6 天的周期绕着冥王星转动，这与冥王星的自转周期相当。克里斯蒂的同事罗伯特·哈林顿计算了这颗假想卫星的可能轨道，结果与该伸长物的位置变化几乎完全相符。为可靠起见，海军天文台请位于智利的托洛洛山美洲天文台使用其性能优良的 4 米望远镜再作观测检验。同年 7 月 6 日，4 米望远镜拍摄的底片证实了上述发现。7 月 8 日，国际天文学联合会正式宣布：冥王星有一颗卫星。20 世纪 90 年代初，哈勃空间望远镜的观测更确切地证实了这一点。

根据克里斯蒂的提议，这颗卫星被命名为卡戎（Charon）——希腊神话中的一名艄公，他将亡灵渡过冥河送往地狱。在汉语中，这颗卫星称为“冥卫一”，或简称“冥卫”。它是 1846 年发现海卫一之后所发现的最大卫星，其质量约为冥王星的 $1/10$ ，直径则达冥王星直径的一半以上（1200 千米）。正因为与太阳系中的其他行星—卫星相比，这两个天体的大小是太接近了，所以人们常将它们视为“双行星”。这两个天体间的距离约为 19 000 千米，仅相当于月地距离的 $1/20$ 。

冥卫绕冥王星公转的周期是 6.387 天，与冥王星的自转周期完全相同。

它是太阳系中唯一的天然“同步卫星”，始终固定在冥王星赤道上空的某一点。而且，冥卫的自转周期又和它的公转周期一样长，所以它始终以同一面朝着冥王星。冥王星的自转周期、冥卫的自转周期和公转周期三者完全相同的“三重同步”现象，使冥王星和冥卫就像两个人手拉着手、面对着面跳舞一样，谁也见不到谁的背面。这在太阳系中又属独一无二。

起源

冥王星轨道与海王星轨道相交错，它的物理特征又和其他大行星不一样，这使一些天文学家怀疑：它究竟是不是一颗名副其实的行星？

例如，早在 20 世纪 30 年代就有人提出：冥王星原是海王星的一颗大卫星，它与海卫一的引力相互作用改变了两者的运动状况，结果冥王星脱离海王星而成为一颗独立的行星，海卫一则因受到反向的冲力而成为一颗逆向公转的反常卫星。

克里斯蒂等人在发现冥卫后不久提出，曾有一个质量比地球大三四倍的未知天体途经海王星的卫星系统，强烈的引力作用将冥王星抛了出来，并从冥王星上拉出一大块物质形成了冥卫，闯来的那个天体则跑到了离太阳很远的地方。但是，冥王星明显地要比冥卫红，而且冥卫上有水雾，却没有证据表明它也像冥王星那样有甲烷雾，因此它们也许有着不同的起源。

汤博认为，冥王星有一颗卫星这一事实本身就说明它是一颗地地道道的大行星，而不是海王星的什么卫星。

总之，关于冥王星和冥卫的起源，目前依然是个谜。

展望

冥王星的发现是长期精心地系统搜索的结果。它由洛厄尔激励和发起，由斯莱弗规划实施，由汤博不惮辛劳地贯彻执行。然而几十年过去了，与其他大行星的了解相比，人们对这个遥远而朦胧的世界毕竟还是知道得太少了。为了详细考察冥王星的大气和结构，必须派宇宙飞船前往。然而，估计至少还要过二三十年，才有可能专门发射飞往冥王星的飞船。

为此，有人考虑了一种在冥王星离地球较近的时候，以费用低廉、节省燃料的方式将飞船送往冥王星的办法，那就是：发射一个冥王星探测器，让它搭乘在一艘更大的、用于研究太阳的宇宙飞船上。这艘飞船应于 2001 年发射，于 2003 年奔向木星，并在木星附近分成两部分。其中太阳探测器将于 2007 年飞越太阳，冥王星探测器则沿其自己的轨道继续前进，并于 2014 年飞越冥王星—冥卫系统（图 35）。

发射时间应在 2001 年，那是因为当时木星的位置将最有利于给前往冥王星的飞船以必要的引力加速。在此后 200 年中，再也不会有这么好的机会了。

行星环今昔

土星和围绕着它的光环，是天文爱好者在望远镜中所见到的最美丽的天体。形态稳定、比例恰

当，真是一件完美的艺术品。老练的观测家虽然千百次看见土星进入望远镜的视场，却仍会像从前那样发出赞美的声音。

——C. 弗拉马利翁

法国天文学家、科普作家兼诗人弗拉马利翁对土星光环的这番赞颂，历时虽逾百载，却依然脍炙人口。不过，“土星是太阳系中唯一带环的行星”这一观念，却在最近十几年中被彻底否定了。如今，在九大行星中，确知有环者已达 4 个：土星、木星、天王星和海王星。

土星光环小史

17 世纪初，伽利略发明天文望远镜之后，人们察觉到土星本体外侧似乎有着某种“附属物”。伽利略本人曾以为那是土星的两颗卫星，另一些天文学家则在自己描绘的土星图上为土星添上了两个“把柄”。这些“附属物”时隐时现，竟然在 40 年内无人能识其真面目。1656 年，荷兰科学家惠更斯用他那远胜于前人的望远镜初步揭开了土星“附属物”之谜。他用如下的隐语宣告自己已有所发现：

Aaaaaa ccccc d eeeee g h iiii iiii llll mmnnnnnnnnn oooo pp q rr
s ttttt uuuuu

这种做法既可确保作为发现者的优先权，又可继续从容地进行检验以免忙中有错。三年后，惠更斯确信自己的结论正确无误，才正式公布了这则字谜的谜底。它应该重新排列成这样一句拉丁文：

Annulo cingitur tenui ,plano ,nusquan ,cohaer- ente ,ad eclipticam
inclinato

意即

“有环围绕，既薄且平，不和土星接触，而与黄道斜交。”

这就是著名的土星光环（图 36）。惠更斯还正确解释了光环

形状不断变化的原因：地球和土星环绕太阳运行时，彼此的相对位置随时都在变化，所以土星光环常以不同的角度朝向我们。在惠更斯之后，天文学家便能精确预告土星光环的形状变化了。

1675 年，法国天文学家卡西尼发现土星光环中有一道缝隙，后称“卡西尼环缝”，其宽度约 5 000 千米。此后，人们始终认为土星光环是一个扁平固体盘，或由环缝隔开的一系列扁平固体盘。直到 1856 年，英国学者麦克斯韦才从数学上证明，光环“由许许多多不相接的物质颗粒组成”，为此，他还获得了 1857 年度的亚当斯奖金。

1895 年，美国天文学家基勒通过分析土星光环反射的太阳光谱，断定光环中最内侧的物质颗粒的运动速度要比最外侧的快上百分之几十，从而在观测上决定性地证实了土星光环不是整块的固体盘，而是沿独立轨道按开普勒定律绕土星运行的大群固态颗粒。

20 世纪 70 年代末以来，“先驱者 11 号”、“旅行者 1 号”和“旅行者 2 号”三艘宇宙飞船先后从土星近旁飞过，对于土星本体、土卫和土星光环有了许多新的发现。“旅行者号”的近距离照片揭示出土星光环的结构非常精

细。原先以为连成一片的几个主环实际上是密集在一起、为数以千计的大群细环；原先以为空无一物的环缝中亦含有许多小环，仅卡西尼环缝中也许就有上百个环。但总的说来，我们仍可将整个土星光环分为几大部分：即非常接近土星本体且非常暗弱的 D 环；从 1.23Rs (Rs 代表土星半径，约为 6 万千米) 到约 1.53Rs 处的 C 环，它也很暗，但比 D 环亮，宽约 1.9 万千米；C 环外面是最明亮的 B 环，从 1.53Rs 到 1.93Rs，宽约 2.5 万千米；B 环外是卡西尼环缝，然后是宽约 1.55 万千米的 A 环，它位于 2.03Rs 到 2.27Rs 处，亮度远胜于 C 环而仅逊于 B 环。A 环以外，在 2.34Rs 处有一个宽度不足 800 千米的 F 环，再往外还有一个由非常稀疏的颗粒构成，所以很难看见，然而却至少延伸到 8Rs 处的 E 环。那么，如此绚丽而复杂的土星光环究竟是怎样形成的呢？

洛希极限和环的形成

前苏联天文学家沃隆佐夫-维里扬米诺夫在其著名的通俗作品《宇宙概说》一书中写道：“可能在某个时候，曾有一个离土星最近的卫星企图向它再靠近一些，结果它就因自己的傲慢无礼而受到惩罚，变成了陨星似的环。”这便是行星环的第一种可能成因，亦即卫星进入行星的“洛希极限”，为行星的潮汐力所瓦解，由此产生的无数碎屑逐渐扩散为围绕行星的一个圈，从而形成光环。

所谓洛希极限，是法国天文学家洛希于 19 世纪中叶推算出的一种距离。在此距离上，行星对其邻近物体所施加的潮汐力开始胜过该物体自身的引力。于是，在洛希极限内的任何一处，一个流体卫星便不能长时间地保持完整，而会被行星的潮汐力撕得粉碎。具体地说，若绕行物体与行星本身两者的物质密度相去不远，则相应的洛希极限便大致为行星半径的 2.5 倍。土星光环的主要部分正好符合这些要求。

行星环的第二种可能成因是，环物质乃是太阳系演化初期残剩的原始成分，它们因位于洛希极限内而无法凝聚成大的物体。更有一种理论认为，环物质起源于洛希极限内的一个或多个较大的天体，后者因遭流星轰击而瓦解为许多碎片，并扩散成为光环。

目前，还不能最终确定上述几种可能起因究竟孰是孰非，抑或诸种起因并行不悖。况且，如土星 E 环之类的光环外缘部分，已远远超出了洛希极限的范围，它们的成因也有待于作出言之成理的解释。

窄环与守护卫星

为了不让羊群走散，牧人常用牧羊犬来帮助监督。若有一头羊欲离群出走，牧羊犬便会将它赶回队中。有趣的是，在行星光环中居然也存在类似的现象。土星的 F 环周长 88 万千米，宽度仅 800 千米，相比之下，它的外形真是细若一线。不计其数的光环颗粒，为什么能被约束在如此细长的“跑道”上而不横向扩散开来呢？这是因为在它的里外两侧各有一颗“守护卫星”在进行“监督”。

1970 年，天文学家戈尔德里奇和特里梅因阐明了守护卫星约束狭窄光环的原理：外侧的卫星比光环颗粒运动得慢，它以万有引力对企图朝外运动的

光环颗粒施加一个轻微的阻力，使后者失去能量，而降落到比较靠近行星的轨道上。反之，里侧的卫星比光环粒子跑得快，它的引力会给附近的颗粒添加能量，从而把后者送入离行星较远的轨道。其最终结果便是两者一起把光环颗粒赶入一个狭窄的环中。

土星 F 环的两颗守护卫星是“旅行者 1 号”飞船飞临土星时发现的，现编号为土卫 13 和土卫 14，它们的直径皆仅百余千米。同为“旅行者 1 号”发现的土卫 15 则紧贴在 A 环外侧起守护作用，其直径仅约 80 千米。

守护卫星可造成偏心或椭圆形的狭窄光环，所以能观测到偏心环也是光环中可能存在较大物体的一种证据。在土星的 C 环、在卡西尼环缝、也许还在 F 环中，都有一个偏心的小环，它们都可以用戈尔德里奇-特里梅因的守护理论来解释。

天王星环和木星环

“唯土星拥有光环”的垄断局面在 1977 年被偶然地打破了。导致这项发现的是一次“行星掩恒星”事件——当我们从地球上看去时，一颗行星恰好从一颗遥远的恒星前面经过，从而挡住了这颗恒星。

那年 3 月 10 日晚，天王星将掩一颗名叫 SA0158687 的恒星，这是间接研究天王星大气的良好时机。如果天王星没有大气，那么当它掩星时，来自被掩恒星的星光就会被陡然挡住。但实际上天王星是有大气的，所以在天王星本体切实遮掩这颗恒星之前，它的大气就会逐渐掩蔽此星，因而星光是逐渐减弱的。另一方面，在天王星本体掩星已毕、被掩恒星重新露头之际，天王星的大气依然会挡掉该星的部分星光，所以要再推迟一段时间，被掩恒星的光辉才会完全复原。据此，便可推知天王星大气的具体情况。

然而出乎意料的是，早在天王星本体掩星之前几十分钟，人们便观测到了另一些始料未及的“掩”；在天王星本体掩星之后几十分钟，又再次探测到另一组与此雷同的“掩”。精细的分析表明，造成这些“掩”的正是围绕着天王星的一组环。随后的几年中，人们证认出共有 9 个环分布在与天王星相距 1.60 倍 ~ 1.95 倍天王星半径（即 4.2 万千米 ~ 5.16 万千米）的范围内，并按距离天王星由近及远的次序分别将它们命名为 6、5、4、3、2、1 环。它们大多很窄，宽度不过 10 千米，只有 1 环宽约 100 千米。

人们还意外地发现，至少有 6 个环并不很圆，宽度也有所变化。例如，1 环与天王星的距离变化约 800 千米，该环体最宽处近百千米，最窄处仅二三十千米。所有这些现象都可用前述戈尔德里奇-特里梅因理论来解释，所需守护卫星的直径为 10 千米左右。

天王星环曾被誉为自 1930 年发现冥王星以来地面天文观测对太阳系天文学作出的首要发现。不过，由于天王星环狭窄、离天王星本体甚近、反照率极低（仅 0.03 左右）、距离地球遥远，所以难以在地球上直接观测到它。

1986 年 1 月 24 日，“旅行者 2 号”宇宙飞船与天王星相会时，又发现了两个新的环。所以，目前人们所知的天王星环总数是 11 个。它们主要由大量暗色的小颗粒物质构成。与此同时，“旅行者 2 号”还发现了天王星的 10 颗新的小卫星，它们的直径从 40 千米到 70 千米不等。其中有两颗的轨道恰好位于 1 环的内外两侧，成为 1 环的守护卫星。

1979 年 3 月，“旅行者 1 号”飞船在穿越木星的赤道面时，探测到一个

暗淡的物质盘，它从 $1.81R_J$ (R_J 代表木星半径，约 7.14 万千米) 处向里延伸。同年 7 月，“旅行者 2 号”辨别出木星光环主要由三大部分组成：主环带从 $1.81R_J$ 处开始，往木星本体延伸约 6 000 千米，到 $1.72R_J$ 处结束，其外观远比天王星环和土星环光滑，亮度也相当均匀，只在 $1.79R_J$ 处有一个宽约 600 千米的较亮区域；从主环带往里是粒子更为稀少的一个次环，它从主环渗出，平滑地延伸到木星的高层大气；在 $3.5R_J$ 到 $5R_J$ 的区域还有另一个稀薄的次环。

如前所述，各行星的环系既可能具有相同的起源，又可能具有某些相似的特征，如都由做开普勒运动的大群粒子构成，各有一些窄环和守护卫星等。不过，与行星本身相比，环系又表现出相当鲜明的个性。例如，宽阔明亮的土星光环由无数的“冰球”组成，窄小的天王星环似乎由冰冻的岩块构成，稀疏的木星环则可能由一些看不见的小卫星不断产生新的粒子来维持，等等。

海王星环及其他

在太阳系中，木星、土星、天王星和海王星有许多相似之处，它们常被统称为“类木行星”。木星环发现之后，人们立即联想到海王星是否也有环。海王星比另外 3 颗类木行星远得多，所以即使它当真有环，也很难指望在地球上直接用望远镜看见它。

“掩星”再次帮了天文学家的忙。1984 年 7 月 22 日，位于智利的两个天文台各有一组天文学家在观测海王星掩恒星，他们同时发现了一次历时仅 1 秒钟的短暂掩食，它是距离海王星大约 7.6 万千米的一个弧状物遮掩恒星造成的。有些天文学家认为这个“海王星之弧”实际上是一段不完整的环，其宽度仅约一二十千米，正在距离海王星大约 76 400 千米的轨道上环绕海王星运行。

1985 年 8 月 20 日又发生了一次海王星掩恒星，智利的欧洲南天天文台在 2.2 微米处的红外波段检测到两次减光，这可以理解为存在一个半透明的物质环。位于夏威夷的天文台也记录到了类似的现象。

1989 年 8 月，“旅行者 2 号”与海王星会合，发现了 6 颗新的海王星卫星和 5 个很暗淡的光环。“旅行者 2 号”的发现表明，早先已知的“海王星之弧”实际上仍是完整的环，只是由于环上的物质分布不均匀，看起来才仿佛是间断的。这样，就最终肯定了带有光环确实是 4 颗类木行星的共同特征。

另一方面，海王星那颗硕大的卫星——海卫一，与海王星的距离仅为海王星半径的 14 倍。由于海王星潮汐力的影响，海卫一的公转轨道正在日渐缩小，也就是说它正在向海王星靠拢。如果长此以往，则 1 亿年之后海卫一便会进入海王星的洛希极限，届时它或许将被海王星的潮汐力所粉碎，从而形成一个新的环系。

此外，火星那两颗小小的卫星也与火星很靠近，特别是火卫一与火星的距离仅为火星半径的 2.76 倍，它也因受火星的潮汐作用而日益逼近火星。估计也是在 1 亿年后，它将落入火星的洛希极限，并瓦解而产生一个（或一组）非常暗弱的火星光环。

如果月亮不断地向地球靠拢，那么它有朝一日也会落入地球的洛希极

限，并被地球的潮汐力撕得粉碎。有些天文学家根据地月系统潮汐演化的趋势推测，上述事件或许将发生在 50 亿年之后。那时，人们也许就不能再见到皎洁的明月了。然而，谁又能说，由此形成的地球光环就不比今日的月亮更加壮美动人呢？

漫话太阳系空间探测

“洒向太空”的金钱

1962 年，春寒料峭。在纽约市百老汇大街上，400 万市民夹道欢呼，3 444 吨彩色纸条从两旁摩天大楼蜂窝般的窗口徐徐飘下。这是在欢迎一位总统还是一位皇后？一位球王还是一位影星？

不。凯旋的是一位普通美国公民：小约翰·赫谢尔·格伦中校。他于 1962 年 2 月 20 日驾驶“友谊 7 号”飞船环绕地球飞行 3 圈，从而成了第一位实现环球轨道飞行的美国宇航员，一位美国人心目中真正的英雄。

那时，美国政府有一项雄心勃勃的计划：到 20 世纪 60 年代末，一定要把人送上月球。肯尼迪总统曾在 1961 年询问他的空间事务科学顾问、权威的火箭专家冯·布劳恩，实现这样的计划究竟有无可能？布劳恩的回答是一个加重语气的“能”。格伦的凯旋则是朝此目标迈出的第一步。

于是，美国人开始了他们的“阿波罗计划”。1968 年 12 月 21 日，“阿波罗 8 号”飞船载着 3 名宇航员起飞。他们在太空中度过了圣诞节，在离月球不足 70 英里（112 千米）的高度上绕月球转了 10 周，最后于 12 月 27 日安全返回地球。

1969 年 7 月 21 日，“阿波罗 11 号”飞船的登月舱把 2 名宇航员送到了月球上（图 37）。破天荒第一次，人类来到了地

球之外的又一个星球。在月球上踩下第一个足印的美国宇航员尼尔·阿姆斯特朗曾满怀激情地评论自己从登月舱的最后一级舷梯踏上月面的伟大意义：“这对我个人来说只是跨出了一小步，但它却是人类跨出的一大步。”此后，又有 10 位宇航员先后分 5 次登上了月球。整个“阿波罗计划”耗资超过 250 亿美元——同样一笔款子在当时要比现在值钱得多。

此后，又有许多宇宙飞船奔向更遥远的目标。它们飞往金星和水星，飞往火星、木星、土星、天王星和海王星，甚至飞出了太阳系（图 38）。黎民百姓难免要问：为什么要把那么多的钱扔到太空中去？这对人类究竟有什么好处？

这当然有政治上和军事上的动机。不过，我们在这儿只谈科学问题。科学家在许多方面比一般人看得更远，他们深邃的目光注视着太空，脑海中规划着人类的未来。下面列举的，只不过是空间探测为人类造福的片鳞只羽，但已足可看出，巨资决非付诸东流。

人类不能在“地狱”中生活

金星，在西方语言中叫做“维纳斯”，那是爱与美的女神的芳名。宁静的夜晚，金星晶莹柔和的光辉，浑若维纳斯温柔多情的目光。然而，一艘艘

金星探测器却传来了骇人的消息：那里的情况十分可怕，简直就像地狱一般。火热的大地上笼罩着饱含硫酸的大气；稠密的云层几乎挡掉了 99% 的阳光，只剩大约 1% 能抵达金星的表面。然而，这厚厚的大气又像一床硕大无朋的棉被，阻止着金星本体的热量散入太空，金星大气防止散热的效果胜过它妨碍阳光进入的效果，这就使金星表面的温度高达 450 以上。

空间探测业已查明，金星大气的 97% 都是二氧化碳，它们对红外线是不透明的。金星表面和大气层吸收的太阳光，很大一部分转变成含热丰富的红外线，它们不能穿透浓密的二氧化碳大气，这就是造成金星酷热的根本原因。这种状况和培育瓜果蔬菜的“温室”非常相似，所以此类现象就称为“温室效应”。

目前，地球大气中的二氧化碳含量甚微，这才使人类有一个舒适的生活环境。然而，溶解在海洋中的二氧化碳却不在少数，煤、石油和石灰岩中也包含着大量二氧化碳。倘若地球变得更热，这些潜伏的二氧化碳就会有一小部分散入大气。于是，“温室效应”将使我们的地球变得更热，这又使更多的二氧化碳从海洋和岩石中逸入大气，其后果则是使地球变得愈来愈热……如果我们无法控制这种情况，那么也许有朝一日地球也会变成像金星那样的“地狱”。谁愿意听凭这样的大祸临头呢？

这绝不是耸人听闻。据悉，只要地球吸收的阳光增加百分之一二十，经过几个世纪就足以使地球变成又一个金星。要是大地或云层的色泽变得更暗一些，那么地球大气中的二氧化碳也会慢慢积累起来。当地球年复一年地微微变暖的时候，人们就得警惕了。

“温室效应”的恶性发展将如何威胁人类的生存？研究这样的问题，不能拿真正的地球来做大规模的实验。但是，金星为我们提供了现成的“模特”。研究金星大气，对于预防人类生存环境的恶化有重大的意义，这无疑将为人们带来巨大的效益。

他山之石可以攻玉

自古以来，人类就对生命起源问题深感兴趣，但要揭开这个谜却极不容易。这好比一位侦探在案发后数百年、甚至数十亿年才赶到现场，这现场早已被彻底破坏，而我们的侦探却试图原原本本地复述案情发展的全过程，这真是谈何容易！

地球上所有的生命，本质上都属于同一种类型：它们全都由同一类型的复杂分子、经历同一类型的化学反应而形成。当你研究一个细菌、一头大象、一棵柳树或者一个人体的生物分子时，你将会发现它们彼此之间的差异相当微小。

成功地探索火星生命，极可能成为理解生命现象的一把钥匙。1976 年，两艘“海盗号”宇宙飞船在火星表面软着陆，它们发回的信息表明着陆点附近不存在任何形式的生命。然而人们并未止步，更宏伟的火星全球探测计划目前正在酝酿之中。

地球上所有的生命都有共同的祖先，它们都是远房的“堂表兄弟”。要是能在火星上发现生命，那么它们就有可能与地球上的生命截然不同。这将使我们所知的生命形式从一增加到二，从而使我们对生命的普遍了解陡然增加，并从根本上加深对于人类自己这种生命形式的理解。为此，即使在火星

上仅仅找到相当于地球上的细菌那么简单的生命，那也是非常巨大的收获。

另一方面，如果我们发现构成火星生命的化合物与构成地球生命的化合物并无二致，那么这可能意味着生命的基本形式就只有这唯一的一种。这同样也是很大的收获。即使退一步讲，要是火星上当真不存在生命，那么人类为此耗费的心血和钱财是否就白费了呢？不，在地球上，从无生命物质演化出生命是一个极其漫长的过程。即使火星上确实未能形成生命，这一过程也有可能已经起步，却又半途夭折了。也许，火星上某些地区的土壤中，包含着一些在通往生命之途上半路夭折的分子。它们或许能告诉我们，地球上生命形成以前的“化学演化”阶段应该是什么模样。

再退一步讲，如果火星上根本不存在任何与生命有关的东西，那么人类所作的研究是不是就成了无的放矢？不，那还是有用的。火星和地球有那么多的相似之处，但这两个世界发展的结果却刚好相反：地球上充满着生命，火星上则全无生命可言。仔细研究这种差异也将有助于更深刻地认识地球本身的生命。

归根到底，对地球外生命的探索将帮助我们解开生命起源的疑团，帮助我们加深对生命现象的理解，其最终结果则是使整个人类生活得更加美满。

珍视我们的“保护伞”

人类真正认清水星的面目还是二三十年以前的事。1973年11月3日，美国发射了“水手10号”飞船。它于次年3月29日、9月21日以及1975年3月16日3次与水星相会。它一共送回5000多幅水星全景、近景和特写电视图像，并发现水星外貌酷似月球，没有大气，却出人意料地存在一个全球性的磁场。

通常认为，行星的整体磁场起源于行星内部导电液体自转时产生的对流电流。木星和地球的磁场就是这样形成的。火星和月球太小了，其内部的温度远不如地球内部那么高，所以没有熔融的核心。它们的内部不存在导电液体，所以理应没有磁场。金星的自转太慢，其内部不能有效地形成对流电流，所以也不该存在磁场。实地探测这些天体的结果告诉我们，情况正如科学家之所料。

水星比火星还小，而且自转又慢，每58.7天才自转一周。它为什么会有磁场呢？虽然水星磁场的强度只及地球表面磁场的1%，但是它的存在本身就是对现行行星磁场起源理论的挑战。看来，我们很可能尚未真正查明行星磁场（包括地球磁场）的起因。

地球磁场与人类的关系极为密切。用罗盘和指南针为水手和旅行家指示方向的正是地球磁场。不仅如此，地球磁场还是一把巨大的“保护伞”，使人类免遭来自太空的高能带电粒子轰击之害。值得警惕的是，地球磁场目前有一种减弱的趋势。如果这种趋势不发生逆转，那么大约2000年以后它的强度就会减弱到零。那时，人们也许早就不用指南针了，但是我们的后代却不能听凭那些高能粒子来灭绝自己。这种情况究竟会不会发生？届时又怎样对付这种危险的处境？很明显，人类必须彻底弄清地球的磁场是怎么回事。探测和研究水星以及其他行星的磁场，则会不断地给我们新的启示。

改造地球的气候

在太阳系中，再也没有哪颗行星的气候比地球更复杂了。风霜雨雪，旱涝沙雹，严寒酷暑，都是地球上复杂的气象条件造成的。人们很难弄清海洋、陆地、大气等因素对气候的影响如何相互交织和彼此消长。要是能找到一些比较简单的全球性气象系统，例如只有陆地没有海洋，或者只有海洋没有陆地，或者整个大气的温度恒定不变，那就比较容易弄清海洋、陆地、大气各自对全球气候的影响，再研究复杂的地球气候就会方便得多。

大自然果然为我们提供了这样的方便。整个木星的表面完全是液态的氢，金星则几乎被恒温的灼热大气所包围，火星有一层稀薄的大气，而且自转一周的时间也和地球相近，约为 24 小时。但是，地球有海洋，火星却没有，其结果可能导致了地球上和火星上风模式互不相同。研究这种差异将有助于我们更透彻地了解地球上的大气循环，进而又将帮助我们更好地掌握地球上的气候和天气。

美国天文学家、当代一流的科普作家卡尔·萨根曾经说过：“我们的行星可能处在不稳定的平衡状态中。小小的触动就可能激起不稳定，使地球朝火星或金星的恶劣环境转化。既然人类的活动会无意识地改变地球的气候，人类就急需了解气候变迁的原因和医治的办法。研究其他行星的气候，乃是了解我们自己这个星球气候的极好办法。”

确实，我们为什么不先好好研究一下这些行星的气候呢？

再谈登月

现在，让我们再把话题引回到月球上。“阿波罗”计划带回了月球土壤和岩石的样品。地球上未经沧桑变化的最古老的岩石仅 30 亿岁左右，月岩的年龄却在 40 亿年以上，月壤的年龄几乎达 46 亿年。它们能使人类更好地了解太阳系形成之初 5 亿年的情况。

讲求“实际”的人更感兴趣的是，为登月而发展的无数精巧的仪器，已广泛地应用于各行各业。例如，在医学方面，远距离监视设备的应用，使一名护士能精心检查和护理好几十位病人；自动控制技术的应用使瘫痪病人能靠转动眼球来关闭门窗或操纵轮椅；有的公司还把测量飞船冲力用的换能器组合成了制造人工假肢精密零件的设备。

化学家们为飞船和火箭研制的许多新材料，如今已在耐酸、耐高温、耐低温、抗腐蚀、防辐射等方面获得广泛的应用。制作宇航服的材料可以做成特种消防服，带上呼吸装置，消防队员就能直接进入熊熊烈火之中。随同“阿波罗计划”发展起来的高级侦察技术，早已用于军事目的，以及用来调查自然资源。利用飞船的远距离摄影、遥测和遥感技术，人们拍摄了无数的地球图像，它们可用于识别可开发地区和已污染地区，调查水源，寻找矿藏，探索海洋资源，进行气象预报……

用于制造飞船和火箭的新技术、新工艺推广到了各种工业领域。例如，适应特殊环境的密封包装技术，利用计算机监控生产过程等。大批特种新产品应运而生，例如，一种微型滚珠轴承几乎具备了人类关节的功能。这些成就又进一步改善了美国的军用飞机、导弹和火箭。

富于幻想的人也许对此还不满意。那么他应该看到，人类开发月球已是势在必行。月球上富有可供受控热核反应使用的珍贵原料氦 3，它可为人类提供高效而长久的能源；月球上可以建立大规模的太阳能电站，并利用微波

束将电能输往地球；月球还是一个非常理想的天文观测基地，它将在 21 世纪成为天文望远镜的新“家”；月球的引力很小，从月球上发射宇宙飞船要比从地球上发射更容易，因此月球可以作为飞向更遥远的行星际空间的“跳板”；人们将在月球上建立采矿区，作为未来“空间城”的材料基地，一个“空间城”里可以生活几万、乃至几千万人。也许一个或几个世纪以后，人类的家园便会扩展到月球附近的大片空间，而“阿波罗”登月则是值得纪念的先驱。

“知识就是我们的命运”

当年约翰·格伦中校凯旋后，曾应邀在美国国会两院特别联席会议上演说——通常只有作为国宾的外国元首才能享有这种荣誉。他极幽默地回答了“空间飞行有什么用”这一问题。他说，19 世纪时，英国首相迪斯累里有一次参观著名科学家法拉第的实验室，也问过那些电学实验有什么用。当时法拉第的回答是：“一个初生的婴儿又有什么用呢？”

为了这些，人们付出了用辛勤劳动创造的财富。但是，他们“买”来了无价之宝——知识。在任何领域内获得的真正的知识，在其他领域内都会非常有用，关键则在于如何聪明而理智地使用它。

出生在波兰、移居英国的科学家和作家布洛诺夫斯基，因在书籍和电视节目中向外行人阐述科学知识而名闻遐迩。他曾说过：“我们生活在一个科学昌明的世界中，这就意味着知识和知识的完整性在这个世界中起着决定作用。科学在拉丁语中就是知识的意思……知识就是我们的命运。”

是啊，难道您不愿意更好地掌握自己的命运吗？

太空城——未来的空间居住点

“地球是人类的摇篮，但是，人类不能永远生活在摇篮里，他们不断地争取着生存世界和空间，起初小心翼翼地穿出大气层，然后就是征服整个太阳系。”

这段话，是俄罗斯航天事业之父齐奥尔科夫斯基的名言。这位科学家本人早已离开了人间，但他的梦想却正在逐渐变成现实。请看——

1957 年 10 月 4 日 世界上第一颗人造卫星上天。

1961 年 4 月 12 日 前苏联宇航员尤里·加加林乘坐宇宙飞船环绕地球飞行一周，人类首次进入了太空。

1969 年 7 月 21 日 美国宇航员尼尔·阿姆斯特朗在月球上踩下了人类的第一个脚印。

1976 年 7 月 20 日 美国“海盗 1 号”宇宙飞船成功地登上火星，自动完成了多项科学实验。

1983 年 6 月 13 日 美国“先驱者 10 号”宇宙飞船越过海王星轨道（当时海王星比冥王星离太阳更远），成为第一个飞出太阳系的人造天体。

上述“海盗 1 号”和“先驱者 10 号”都是不载人的宇宙飞船。也就是说，迄今为止人类访问过的最远的地方是月球。

然而，人类是富有预见力的。如今，人们所考虑的已经不只是发射更多的人造卫星、重新登上月球、载人火星飞行、以及更大规模的行星际探索，

而是如何让人类自身移居太空。

不少人曾经设想是否可以到太空中去兴建一些居住点。其中，率先考虑具体实施方案的，是美国普林斯顿大学的物理学教授奥尼尔。他在 1969 年举办了一个独特的讲习班。这个班由 6 名到 8 名聪颖而富有进取精神的学生组成。奥尼尔与他们每周聚会一次，要求他们借助科学技术，提出解决若干世界性问题的办法，其中的第一个题目就是：

对于不断扩展着的技术文明来说，一颗行星的表面是否算得上真正的用武之地？

这是什么意思呢？人类是拥有现代技术的文明种族，它正在向地球上所有的角落不断地扩展。在未来的岁月里，作为人类的活动舞台，地球这颗行星的表面就会显得太狭小了。人类真正的用武之地在哪里呢？如果其他行星上也有高度发达的文明社会，那么它一定也会面临同样的问题。

地球上陆地的面积很有限，向其他星球上移居又存在着这样那样的问题。于是，奥尼尔的学生们便开始研究，可否向太空发射一种人造的巨大容器，供许多人在那里正常地生活。这种容器的内部保持大气，并由旋转造成的离心作用提供人造重力。该容器的直径应该有好几千米。

他们把这个设想中的容器称为“贝尔纳星球”，以表达对英国科学家贝尔纳的敬意。这是因为贝尔纳早在 1929 年就已经预言人类将大规模地生活在环绕太阳运行的人造星球上。

贝尔纳星球可以居住 5 万人。在住人的中央圆球两旁，各有一个环形结构，里面是农业区，可以为空间居民提供良好的食物。圆球外面有许多反射镜，将阳光反射到居住区内。

后来，人们又提出了移居空间的许多新设想。它们都需要解决某些共同的问题。第一个问题是：这样的空间居住点究竟应该建造在哪里呢？

有两个很合适的地方。它们都处在月球环绕地球运行的轨道上，其中一个在月球前方，另一个落在月球的后边。每个点都与地球、月球一起构成一个等边三角形，也就是说，它们到地球和月球的距离都是 384 400 千米。

位于这两个点上的物体所受到的地球引力和月球引力结合起来，恰好能使它们处于稳定的平衡状态。这就是说，如果该物体的位置有了一点偏离，那么地球与月球的引力就会联合起来把它拉回到这两个点上。所以，在这两个点附近建造的空间居住点，可以成为地球-月球这个系统的永久性成员。

这样的空间居住点内部究竟应该建造成什么模样？生活在其中的人究竟会有什么感受呢？

人们设想，空间居住点可以做成圆柱形的、球形的或者轮胎状的环形物（图 39）。它们可以容纳 1 万人~1000 万人。实际上，它很像一艘庞大的宇宙飞船，在自己的轨道上长久地运行着。

在地面上，地球的重力使每个静止的物体都保持固定的位置；在普通的宇宙飞船中，由于失去了重力，宇航员就不得不常常在空中飘荡。但是，在空间居住点中是不能容忍人和其他物体都在空中乱飘的——否则的话，一切都会乱成一团。如何解决这一矛盾呢？人们设想让空间居住点不停地转动，由此产生的离心作用能使位于其内壁的人和物体保持在内表面上，仿佛经受着某种人造的重力那样。

空间居住点的内表面可以覆盖泥土，供农牧业使用，也可以兴建工厂和

大厦。居住点的外壳由金属与玻璃制成。居住点外面的一大圈反射镜能把太阳光送进来，阳光的强弱可以利用百叶窗来调节和控制，从而使居住点内部保持适宜的温度。以太阳光作为能源，既便于控制，又没有污染。

建造一个空间居住点需要成百万吨甚至成亿吨的原料。这些原料从哪里来呢？月球恰好提供了方便。月球的引力只有地球引力的 $1/6$ ，所以从那里运走东西要比从地球上运走东西容易得多。利用月球上的物质可以提炼出铁、钛、铝等重要金属，还可以生产玻璃、混凝土等重要建筑材料，居住点内铺设的土壤也可以从月球上运去。

空间居住点可能会遇到一些危险。例如与陨星相撞。但是，这种可能性实际上远小于地球上发生地震或火山爆发。居住点厚厚的外壳可以挡住大量杀伤力很强的宇宙射线，从而确保内部的安全。从宇航员们在太空中的生活经验来看，重力在一定范围内的变化不会对人体产生严重的影响。可见，人们要在空间居住点中生活，并没有不可克服的困难。

建造空间居住点需要花很多的钱。但是，它的意义十分深远，所以很值得投资。

那么，人们建造空间居住点的动机究竟是什么呢？动机之一是应付未来石油等能源的枯竭。人们实在很难找到一种既安全又能长期维持的能源。兴建空间太阳能站则是解决这一问题的好办法。在地球上，由于大气层的阻挡使很大一部分太阳能不能抵达地面。而在太空中因为不再有大气层的影响，所以能更加充分地利用太阳能。大批环绕地球的空间太阳能站可以长久地满足人类对能量的需求，而在建造这些太阳能站的过程中，就需要有空间居住点。同时，它们也可供在月球上从事采矿工作的人们居住和生活。

除了空间太阳能站外，人们还要建立空间天文台、空间工厂和空间实验室。多少年来，由于地球大气作祟——吸收、散射与闪烁，天文学家们一直无法非常清晰地观测他们所研究的天体。空间天文台则可以使天文学家们彻底摆脱地球大气的纠缠。

空间工厂可以利用太空中真空和失重的特殊条件进行生产，整个生产过程全部由事先安排好的精巧程序进行自动控制。地球本身则因为大量的工业活动移往太空而不再显得那么嘈杂。地球上的环境将会得到明显改善，绿化面积将大为增加。

目前地球上的人口每年增加将近 1 亿。我们这颗行星的确变得越来越拥挤不堪了。随着空间居住点的增多，人口压力可以大为缓和。乐观的人们估计，一个世纪以后，空间居住点上的移民为数将以亿计；两个世纪以后，移居空间的人有可能比留在地球上的人还要多！

“外星人”六题

从“嫦娥”到“阿波罗”

茫茫太空中，哪里还有像人类这样的智慧生物？它们的形体是否和人类大不相同？它们是否也具有像人类的大脑那样聪明的思维器官，在不懈地探索宇宙的奥秘？也许，它们甚至比人类更聪明、更先进？尽管它们并不是“人”，但许多朋友却都喜欢称它们为“外星人”——尤其是在科幻小说中。现在我们就来简单介绍一下，科学家们是怎样寻找“外星人”的——更准确地，应该说怎样寻找“地球外的智慧生物”。

月亮是离地球最近的星球。月球和地球有不少相似的地方，例如，它们都是自身不发光的球体，都在太阳光的照射下形成昼夜的交替。古人用肉眼就已发现，月亮上有一些大小不等的斑块，宛如地球上颜色深暗的海洋。在望远镜中我们又可以看到，月亮上有许多环形山，它们活像是地球上的火山口……既然地球上有多多种多样的花草树木、飞禽走兽，还有万物之王——我们的人类，那么月球上会不会也有鲜花怒放、鸟儿歌唱，甚至还有智慧的生物窥视着我们的地球呢？

其实，古人早就在想，月亮上可能也有生命。我国古老的神话“嫦娥奔月”说：嫦娥生活在月亮上的“广寒宫”里，还有一只玉兔陪伴着她。不过，就算真有嫦娥和玉兔，那也只能算是月亮上的地球侨民，因为她们毕竟都是从地球上飞去的呀。

国外也有类似的神话。中世纪的欧洲人认为，有一个“月中人”带着一条狗在那里采集柴禾，满月时月面上的阴影就是他们的身影。

17世纪初，德国天文学家开普勒写了一个名叫《梦游记》的科学幻想故事，故事中的主人公在睡梦中到了月球。开普勒在书中融入了当时人们所知有关月球的真实科学知识，而以前却没有一部幻想作品做到过这一点。例如，他描述了月球上的昼夜各有地球上的14天那么长。

《梦游记》正式出版时（1633年），开普勒已经去世3年。差不多又过了整整两个世纪，美国出现了举世闻名的“月亮骗局”（这次骗局在英语中有一个专门名称——the Moon Hoax）。1835年，新创办的《纽约太阳报》急于打开局面争取读者，聘请英国作家理查德·亚当斯·洛克为之撰稿。这位作家决定写一些科学幻想故事，但是又虚虚实实，不确切说明所写的东西究竟是真是假。

恰好在不久之前，英国天文学家约翰·赫歇尔带了精良的望远镜到非洲南部的开普敦去观测南天极附近的星空。由于当时所有的天文学家和天文台都在北半球，所以社会公众对赫歇尔的南下普遍投以好奇的目光。洛克觉得这正是大做文章的好机会。

1835年8月25日，《纽约太阳报》绘声绘色地描述了赫歇尔如何在南半球作出了种种（实际上毫无可能性的）发现。洛克写道：赫歇尔的望远镜放大倍率极高，竟能分辨月面上仅有18英寸（45厘米）大小的物体。

第二天，洛克描述了赫歇尔看见月亮上有罂粟似的鲜花，有紫松和枞树

般的树木，有碧波荡漾的湖泊，还有形如鬃犁（z ngf ng）和一角的巨大动物。

最后，洛克还描述了月亮上长着翅膀的人形动物。他说道：“它们的姿势，尤其是手和臂的动作，看上去热情而有力，因此，我们推论它们是有理性的生物”（图40）。

无数人盲目地相信了这一谎言，他们渴望知道尽可能多的细节。尽管这个“月亮骗局”很快就被拆穿了，但是在一个短时期内，《纽约太阳报》却成了世界上销路最好的报纸。

没有一位天文学家不是一眼就识破了这类故事的荒唐无稽。无论是当时还是今天的天文学家都没有、也不可能拥有能够分辨月面上45厘米细节的光学望远镜。要达到这么高的分辨本领，望远镜的口径至少就得有570米！

开普勒以为月球上有空气，也有水。确实，对于人类和其他生物来说，空气和水是太重要了。但是，后来天文学家渐渐弄清了：月球上其实既没有空气，也没有水。那么，在一个没有空气和水的星球上，究竟会不会出现生命呢？

地球上没有一种生物能够离开水。在地球上，生命最初就是在海洋中形成的。今天，有些动物可能从来不喝水，但是它们必须从所吃的食物液汁中取得水分。有些细菌的孢子在无水的情况下也能活上一段时间，这是因为孢子壁阻止了它内部液体的流失。一旦真正失去了水分，细菌同样会像其他生物那样死去。

也许你会想：地球上的生命固然是在海洋中诞生、发展的，但是，在一个没有水的星球上，会不会产生一种不需要水的生命进化过程呢？比如，各种各样的固体分子紧紧挤在一起，经过千百万年之后，它们能不能通过各种化学反应产生出某种生命呢？

不能。因为，在液体中各种分子可以很自由地游荡，它们可以很方便地相遇，所以容易发生各种化学反应。在固体中，每个分子的位置大致是固定的，它们不能自由地运动、相遇和结合，所以化学反应进行得极其缓慢。要想通过这样缓慢的化学反应，形成生命所需的各种又大又复杂的分子，是毫无指望的。可以说，一个没有水、也没有可以代替水的其他液体的星球，就是一个没有生命的世界。

那么，月亮究竟是不是这样一个死寂的世界呢？

这个问题，今天已经有了正确的回答。1969年7月21日，美国的2名宇航员乘坐“阿波罗11号”宇宙飞船首次登上了月球。后来“阿波罗12号”、“阿波罗14号”、“阿波罗15号”、“阿波罗16号”和“阿波罗17号”五艘飞船又先后将另外10名宇航员送上月球。宇航员们在月面上考察，做实验，并且将许多月面物质样品——月球上的岩石和土壤带回地球。前苏联的“月球号”无人驾驶飞船也先后几次在月球上着陆和采集样品。所有的分析结果全都表明：月球十分干燥，毫无水的痕迹。人们不再怀疑，月球确实是一个没有生命的世界。

从“火星侵略军”到“海盗号”

1938年10月30日，星期天。美国的一家广播公司正在播送“记者菲利普斯从一个农场发回的现场报道”：

“落下的显然不是陨石……这是巨大的圆筒状金属物体……从圆筒顶部的洞中爬出的怪物在向我们窥望，它们像蛇那样爬行……手中拿着奇特的魔镜，镜中发出的光线击中人群立即化成火焰……汽车油箱被光线击中起火……怪物正在向四周推进，它们离我们只有 20 米了——”

实况转播突然中止，菲利普斯遇害了。在纽约市的播音室里，响起了另一位播音员的声音：

“现场广播已无法进行……至少 40 人尸体烧焦……我们不能不认为今晚降落的是火星侵略军的先遣队……我军完全溃败……铁路被切断……沼泽地里渗出毒气……我们的炮兵和空军全完了……我已经看到敌人的身影……五台巨大的机器放出黑烟……我们的广播大厦已被黑烟包围——”

广播中断，播音员显然已被毒气杀死……

这些报道，实际上是一位 23 岁的年轻人、日后成为著名电影艺术家的奥森·威尔斯编写的一个无线电广播剧。节目一开始就宣布：故事纯属虚构。遗憾的是，许多人并没有从头听起，便在惊恐中仓皇逃命。有一位高中女生后来回忆道：“我和两个女朋友互相拥抱着大哭，想到死亡越来越临近了。”那些一头钻进汽车盲目地疲于奔命的人，根本没有认真想一想：究竟是不是真有火星？

长期以来人们曾经猜想，火星很可能像地球一样，也是一个“生命的乐园”。这 2 颗行星的相似之处太多了，火星每 24.66 小时自转一周，所以火星上一天的长度只比地球上的一天长 40 分钟。地球的自转轴与它的公转轨道平面不相垂直，而是倾斜了 $23^{\circ}27'$ ，这造成了地球上春夏秋冬的四季变迁。火星自转轴的倾斜角度则为 $25^{\circ}11'$ ，这意味着火星上的季节变迁方式也和地球相同。只是火星到太阳的平均距离约为日地平均距离的一倍半，所以火星上的每个季节都比地球上的相同季节寒冷。火星的半径是 3393 千米，约为地球半径的 53%，其体积约为地球的 15%，质量则约为地球的 10.7%。在千差万别的无数天体中，火星与地球的这点小小差异简直是微不足道。火星的南北极也像地球那样，覆盖着白色的极冠——它们或许就是冰。有冰就应该有水，那正是生命的源泉。后来，人们又发现火星还有一层稀薄的大气。

更富有戏剧性的是火星“运河”。1877 年，意大利天文学家斯基帕雷利用一架很好的望远镜观测发现，火星上似乎有许多细长的暗线，把一些宽广的暗区连了起来。他用意大利语称这些暗线为“水道”，不料在译成英语时却被误译成了“运河”。这些“运河”是谁挖的呢？想必是火星上聪明能干的智慧生物喽！有人甚至进一步推测：火星是一个古老的世界，那里的生物具有高度的智慧和文明，后来火星渐渐干涸了，他们不得不竭尽全力修建庞大的运河网，让水流经大片沙漠而抵达目的地。他们虽然濒临死亡，却决不屈服，那是多么感人、多么悲壮啊！

绝大多数天文学家并不相信火星上真有运河。例如，视力敏锐的美国天文学家巴纳德坚持说，无论他用多么好的望远镜多么仔细地观测火星，却从未看见什么运河。他认为那纯粹是一种视觉错误：当人的眼睛竭力注视那些目力难以分辨的物体时，常常会把许多不规则的小暗斑错看作连成了一条条的直线。1913 年，英国天文学家蒙德做了一个实验：他在一些圆内画了一些不规则的模糊斑点，然后让一群小学生站到远处，使他们刚能隐约看出圆内有一些东西。他要求学生画出所见的形象，结果他们画的全是一条条直线，就好像是一些火星运河图。

20世纪50年代末空间时代的来临，为获得有关火星“运河”的可靠证据带来了新的契机。1964年11月，美国首次成功地发射了一艘火星探测器——“水手4号”。它飞越火星时拍摄的21张照片，显示出火星上拥有众多的环形山，其情景酷似月球。1969年到1971年，“水手”6号、7号和9号又相继飞往火星。它们拍摄的照片清楚地表明：火星上没有运河。

1975年，美国发射了两艘新的火星探测器——“海盗1号”和“海盗2号”（图41）。1976年夏季，它们的着陆器先后降落到火星表面。每个着陆器的尺度仅约1.5米，却满载着一整套精密的仪器。飞船本体释放着陆器后，仍在火星上空拍摄照片，并用红外方法探测火星大气和表面的温度。

上述两个着陆器在火星上彼此离得很远，它们所见的火星风光却大同小异，都是一派荒漠，点缀着各种大小的岩石。着陆器分析了火星的土壤成分，它们和地球土壤一样，主要由硅酸盐组成，只是含铁量比地球土壤高得多。

科学家们从地球上发出指令，让着陆器伸出3米长的“取样臂”，臂的末端是一只勺子，用它挖一点火星土壤，然后缩回着陆器中进行处理分析。着陆器做了三种互不相同的实验，以检验与生命有关的种种活动。实验结果表明，试验样品中

并不存在可与地球上的生命相类比的东西。

此外，着陆器还将火星土壤样品自动加热到500℃的高温，然后分析它们析出的气体，目的是探测是否存在有机化合物。但结果是在两个着陆地点都未找到任何有机分子。

人们还想到：是不是太阳的紫外辐射破坏了火星上的有机化合物？于是，“海盗号”着陆器用它的勺子推开一块小石头，从下面采集一些土壤。有岩石遮蔽的土壤，可免遭太阳紫外线的杀伤。结果，仍未找到有机化合物。火星土壤中既然连有机化合物都不存在，怎么还会有生命呢？

进一步探索火星上是否存在生命，必须把火星样品带回地球上的实验室。美国拟于21世纪初发射能把火星岩石样品送回地球的宇宙飞船。俄罗斯和日本也各自制订了探测火星的计划。

更先进的火星探测器将深深地钻入火星的土壤，看看在太阳高能辐射势不能及的地方发生了什么情况。机动能力更强的“火星车”还将到火星的极冠和峡谷中采集许多岩层的样品……最后，人类将会像登上月球那样亲临火星实地考察。这一切都与彻底揭开火星生命之谜紧密相关——很可能就在今后几十年间。

银河系中的生命之家

在太阳系九大行星中，除地球和火星外，水星白昼太热夜间太冷，金星太热，冥王星太冷，都不适宜生命存在。木星、土星、天王星、海王星的大气太冷，那里也不会有生命；但是我们仍不能排除，这几颗行星上由液态氢、氨和甲烷构成的“海洋”中，或许会存在着某种生命——尽管可能性并不大。在太阳系的几十颗卫星中，只有土卫六、木卫二等少数大卫星有可能栖息着某种生命，但是希望也很渺茫。小行星和彗星的质量太小，不能保持大气，也不能维持生命。所以，地球很可能是太阳系中唯一的生命之家。

但是，在茫茫宇宙中，太阳系只不过是沧海中的一粟。太阳系以外有没有生命呢？

太阳和许许多多恒星一起组成了银河系。银河系中究竟有多少恒星？目前我们掌握得还不很确切。但是我们知道，这个数字至少是 1500 亿，最多不超过 3000 亿。所以，我们不妨近似地写下第一个数据：

银河系中恒星的总数=3000 亿颗。

恒星的温度很高。太阳表面的温度大约是 5500 ；最冷的恒星表面温度也高达二三千度。恒星内部的温度比这还要高得多。所以，在恒星上生命是无法生存的。

如果一颗恒星周围有一些行星绕着它转动，那么某些行星上或许就会出现生命。例如，太阳周围有 9 颗行星，其中的第 3 颗行星——地球上出现了生命。那么，银河系中有多少恒星拥有行星系统呢？

目前天文观测还很难直接探测太阳系外的行星系统。但是天文学家们想出各种巧妙的办法回答了这个问题：带有行星系统的恒星可能要占全部恒星总数的 93%。当然，应该记住，这只是个约数。实际情况既可能比它更大些，也可能比它更小些。后面谈到的每个数据，情况也都与此相仿。3000 亿的 93% 差不多是 2800 亿，所以我们又有了第二个数据：

银河系中行星系统的数目=2800 亿个。

太阳的光和热孕育了地球上的生命。其他行星系统中的生命也要靠它们自己的恒星来孕育。但是，是不是所有的恒星都能完成这项任务呢？

不是。天文学家告诉我们：太大和太小的恒星都不行。一颗恒星的质量如果超过太阳的 1.4 倍，或者不足太阳的 1/3，就不能在它的行星上孕育出生命。在所有的恒星中，大约只有 1/4 既不是太大，也不是太小，人们把它们叫做“太阳型恒星”。这样，我们就得到第三个数据：

银河系中太阳型恒星周围的行星系统总数=750 亿个。在这些行星系统中是不是当真都能出现生命？

不是！一颗行星如果离恒星太近，它就会太热；离恒星太远，它就会太冷。在这两种情况下，都不可能出现生命。所以在了一颗恒星周围，只有在离它既不太近又不太远的一定范围内才有希望出现生命。这个范围叫做这颗恒星的“生态圈”。地球就处在太阳的生态圈中。但是，多数恒星都是成双、甚至成团地出现的，它们在万有引力作用下互相绕转着。这些恒星彼此影响，致使它们的生态圈中并不能真正出现生命。它们对于生命来说实际上并没有什么用。

那么，有多少恒星的生态圈是有用的呢？这就是我们的第四个数据：

在银河系中，生态圈有用的太阳型恒星总数=520 亿颗。

生命的起源不但需要适当的温度，而且必须具备碳、氢、氧、氮、硫这样一些最重要的原料。在宇宙中，氢从一开始就是最丰富的化学元素。其他较重的元素都是在恒星内部以氢为原料通过各种原子核反应逐步形成的。经过漫长的岁月，这些恒星衰老了，死亡了，瓦解了，它们产生的重元素被抛入太空，和太空中的气体、尘埃混合在一起。

又经过许多年，混入了重元素的气体、尘埃重新聚集起来，形成新的恒星和行星系统。这些新的恒星叫做“第二代恒星”。它们和它们的行星系统从一开始形成就含有生命所必需的碳、氧、氮、硫……

因此，我们应该到第二代恒星的行星系统中去寻找生命。在第一代恒星（它们是第二代恒星的前辈）的行星系统中，因为缺乏生命所必需的重元素，所以肯定不会有生命。

现在，我们应该写下第五个数据了：

在银河系中，生态圈有用的第二代太阳型恒星总数=52 亿颗。

恒星的生态圈里必须存在行星，才有可能出现生命。据推测，每两颗恒星的生态圈中大约只有一个拥有一颗行星。

再说，行星即使恰好位于生态圈内，也不一定就是生命的乐园。如果这颗行星太小——例如像月亮或者水星那么大小，那么它的引力就会小得不能保住大气，也不能保住液态水，因而不宜于生命生存。人们把位于生态圈内，而且质量比较合适（不小于地球质量的 40%）的行星称为“地球型行星”。显然，只有地球型行星才有可能真正成为生命之家。我们的第六个数据就是：

在银河系中，在有用的生态圈里有一颗地球型行星在转动的第二代太阳型恒星的总数=13 亿颗。

即使一颗行星的结构和温度都是地球型的，它也可能因为别的原因而不能维持生命。

例如，如果一颗行星的公转轨道不是很圆，而是很扁很长，那么，即使这颗行星与太阳的平均距离正好在生态圈的中间，它的轨道两端还是会远远越出生态圈的边界。这样的行星夏季将会极其酷热，海洋都会沸腾；冬季却冷得使生命不能忍受。很难想象在那里会出现生命。

还有，如果一颗行星的大气层太厚，它就会挡掉过多的“阳光”（实际上是那颗行星所属的恒星发出的光）；大气层太薄，挡掉的紫外线（它们会杀伤生命）就太少。火山活动或地震过于频繁，陨星轰击过于剧烈，都会对生命构成极大的威胁。

地球在各方面都恰到好处。如果一颗地球型行星确实在一切重要方面都像地球，那么它就很适合于生命栖居。这样的行星叫做“可居住行星”。说得更准确些，可居住行星必须符合三个条件，那就是：（1）它必须是一颗第二代太阳型恒星的行星；（2）它必须位于有用的生态圈里；（3）它必须在所有的重要方面都和地球相似。

据推测，大概每两颗地球型行星中有一颗是可居住的。所以，我们把第六个数据除以 2，就得到第七个数据：

银河系中可居住行星的总数=6.5 亿颗。

换句话说：在银河系内每 460 颗恒星中只有一颗拥有一个可居住的行星。但是，6.5 亿这个数目毕竟还是很大的（有些科学家估算的结果甚至比这更大，例如是 10 亿），在这么多的可居住行星上，是否当真都居住着生命呢？

银河系中的文明世界

上面说到，银河系内有 6.5 亿颗可居住的行星。但是，这些行星上真有生命栖居吗？要回答这个问题，先要弄清楚生命是怎样出现的。

19 世纪中叶，英国生物学家查理·达尔文阐明了：在漫长的岁月中，所有的生物都会发生变化，从老的物种进化出更能适应环境条件的新物种。如果回溯到非常久远的古代，那就会看到地球上所有的生物都有着共同的祖先和起源。这种学说就是著名的“进化论”。

进化论告诉我们，只要地球上出现了最简单的原始生命，在经历漫长的进化过程之后，就可以形成五花八门的生物物种。我们知道，地球的年龄是

46 亿岁。20 世纪 60 年代以来，人们在一些 32 亿年高龄的化石中找到了微小生命的残迹。这就是说，地球诞生后 10 多亿年，已经存在可以辨别的生命了。

那么，原始的生命是从哪里来的呢？出现生命之前的原始地球与今天的地球有很大的不同。那时，地球大气中的主要成分不是氮和氧，而是含量丰富的氢。有些氢与碳化合，形成甲烷；有的与氮化合形成氨；有的与氧结合成水。太阳的紫外线使水分子分裂，释放出氧；氧又与氨和甲烷反应，产生由氮、二氧化碳和水蒸气组成的大气。这些物质的分子在太阳紫外线作用下，又结合成更加复杂的化合物，最终形成最简单的生命。

原始地球上拥有丰富的紫外线和大量的二氧化碳，却没有吞食复杂化合物的生物，所以按部就班地形成生命的过程进展得很顺利。今天的地球上已经不再存在这些有利条件，所以也不会重现原始地球上发生的那些过程了。

为了证实这些推断，在 1952 年，年轻的美国化学家米勒做了一项很有趣的实验。他把无生命的水、氨、甲烷和氢的混合物放在一个密闭的容器中，代表地球的原始大气和原始海洋，并用电弧放电模拟微型的太阳来提供能量。一个星期以后，容器里有六分之一的甲烷变成了比较复杂的分子，其中还包括甘氨酸和丙氨酸——构成蛋白质的两种最简单的氨基酸。

许多类似的实验都表明，所有的化学反应都朝着形成生命的方向前进。在原始地球上形成生命，可以说是必不可少的事情。

地球上的生命起初进化得非常缓慢，直到地球 30 亿岁的时候，才出现了第一批有细胞核的细胞。7 亿多年前，才出现了多细胞生物。

然而，我们更关心智慧生命的出现。智慧生物必须具有发达的脑，这就首先得进化出类似于人手那样的操纵器官和各种精细的感觉器官。海洋虽然适宜于孕育生命，却不利于发展智力。因为，在水下视觉受到很大的限制，而且，要在水中迅速运动，身体就必须呈流线形。所以，大多数海洋生物能操纵的只是嘴、尾巴，或者整个身体，它们不可能发展成为像人那样的智慧生物。

陆地生物和海洋生物不一样。它们能够充分利用视觉摄取丰富的信息，能够演化出像手那样的操纵器官，能够驯服火，并且发展各种类型的技术。大约 37000 万年前，第一批植物登上了陆地。又过了几千万年，陆地上出现了动物，最初是比较低等的无脊椎动物，大约 27500 万年前，出现了原始的爬行动物。

陆地生命并不一定有智慧，不过，它们在不断地进化，越变越聪明。在地球上，18000 万年前出现了最早的哺乳动物，7000 万年前，出现了最早的灵长目动物。大约在 3500 万年前，灵长目动物分化成两支。一支是脑容量较少、体型较小的猴和狐猴；另一支是脑容量较大、体型较高的类人猿。人类正是从这后一支进化而来的。大约 5000 多年前，人类发明了文字。在某些地方，例如埃及和中国，文明开始萌芽、发展起来了。

文明一旦出现，发展速度就会越来越快。从发明文字到开创近代科学，经历了 5000 年；再经过二百年，开始了工业革命；100 多年前，人类开始大规模使用电能；大约 40 年前，第一颗人造卫星上天，从此开始了空间时代。

在地球以外，正如前面所说，还有 6.5 亿颗可居住的行星散布在银河系中。在这些行星上，迟早也会像在地球上一样出现生命。但是，有些行星还太年轻，生命还来不及在那里诞生。这类行星的数目大约只占可居住行星总数的 8%，也就是 5000 万颗左右。从 6.5 亿中减去这 5000 万，我们就得到

了第八个有趣的数据：

银河系中有生命的行星数目=6 亿颗。

如果其他有生命栖息的可居住行星上，生命进化的历程也和地球上类似的话，那么还可以估算出第九个有趣的数据：

银河系中拥有丰富多彩的陆地生命的行星数目=416000000 颗。

当然，其他行星上的生命也会进化出它们自己的文明，这些文明也会加速地发展。它们也会进入空间时代，也会像人类一样执著地探索：太空中有没有其他智慧生物？要确切地回答，银河系中目前有多少行星上存在着文明，这是非常困难的。因为，一个文明既可能长久地存在下去，也可能因种种灾难而毁于一旦。另一方面，一个文明因故灭绝之后，经过多少亿年，在同一颗可居住行星上也还有可能孕育出新一代的文明。尽管情况如此复杂，科学家们还是估算出了这第十个有趣的数据：

银河系中目前存在着技术文明的行星数目大约是：100 万颗！

与“外星人”互通消息

上面说到，银河系中目前可能存在着 100 万个文明世界。它们之中既会有比人类落后的，也会有比人类更先进的。它们也会思索：茫茫太空中，除我们自身以外，还有没有其他智慧生物和文明世界？

我们能不能和这些远处的文明种族交个朋友？能不能和这些“外星人”互相学习，互相帮助，共同创造更美好的未来？

银河系中栖居着文明种族的行星彼此相距非常遥远。它们之间的平均距离远达好几百光年，要想乘坐宇宙飞船互相拜访那是极其困难的。各个行星上的文明世界应该利用某种信号互相传递消息，就像船舰在茫茫大海中利用灯光发送信号、联络对话一般。

但是，其他行星上的智慧生物能明白我们发出的信号是什么意思吗？它们能“听懂”我们的说话吗？我们又能不能理解它们的信号和“语言”？银河系中众多的文明世界，究竟使用什么“语言”进行联系，才能达到互相了解的目的？

至少有一种“语言”，是任何文明种族都应该理解的，那就是数学。不懂数学的种族，决不可能发展起高度的文明。所以，早在 100 多年前，著名德国数学家高斯就曾经建议：在中亚辽阔的原野上植树造林，使它们构成一个巨大的直角三角形。然后在这个三角形的每一条边上各往外作一个正方形，并在三角形和正方形的内部都种上谷物，以便使它们带上均匀的色彩。这样，火星上如果也有文明种族的话，它们也许就会发现这种有规律的图案，并且立刻就会明白：地球上一定存在着懂得勾股定理的智慧生物。

向其他行星系统中的智慧生物发送信号有两种办法。一种办法是将实物信息抛入太空；另一种办法是利用无线电波进行通讯联络。事实上，人类已经发出了 4 个这样的实物信号。“先驱者 10 号”和“先驱者 11 号”两艘宇宙飞船各携带了一块宽 15 厘米、长 22.5 厘米的镀金铝质标志版，版上画了一幅小型的太阳系行星图，画了“先驱者 10 号”宇宙飞船本身的象征性图案，以及它飞出太阳系的路径；还画了一个男人和一个女人，那位男人正在招手致意（图 42）。人们希望接收到这块信息版的“外星人”能够懂得这种姿势

是表示和平与友谊。“旅行者 1 号”和“旅行者 2 号”两艘宇宙飞船则各携带一套镀金铜质声像片和一枚金刚石唱针，即使经历 10 亿年，它们仍能放出声像。声像片共包含 116 幅画面，其中有中国人午餐的场面和长城的雄姿，包含 55 种不同语言的问候用语和地球上各种类型的声响，还包含 27 首著称于世的乐曲，其中有中国的古典乐曲“流水”。此外还提供了如何使用这套声像片的指南。一旦外星文明截获了这些信息，它们就有可能对人类这种生物的发祥地和现状有所了解。

如今，这几艘宇宙飞船都已经飞出太阳系。然而人们却无法知道，究竟到什么时候这些信息版才会遇上“知音”。也许，它们会在太空中漂泊几万年、几百万年、几千万年……

利用无线电波进行通讯，也许比前一种方法更有效。但是，这需要解决接收问题。正如电视台或广播电台那样，虽然它们可能总在播送节目，可是你必须要有电视机或收音机，才能接收到。

接收地外文明发出的信号非常困难。因为你并不知道这些太空“电台”究竟在什么地方，不知道它们用什么“频道”发送信号，不知道它们发送信号的时间，也不知道它们用的是什么“密码”。假如我们漫无目的地接收，那几乎可以肯定将会一无所获。

科学家们作了仔细的分析，认为遥远星球上的文明，如果向其他星球发送信号，多半会利用 1420 兆赫（波长 21 厘米）、1667 兆赫（波长 17 厘米）、22000 兆赫（波长 1.4 厘米）附近的频率。这是因为：

1420 兆赫是氢原子发出的很重要的辐射频率；而氢原子又是宇宙中最丰富的元素。任何文明种族都会对这种辐射产生特殊的兴趣。

1667 兆赫是羟（qi ng）基（由一个氢原子和一个氧原子结合而成的原子团）发出的辐射频率；羟基本身是宇宙间很有特色、数量也相当丰富的一种原子团。

22000 兆赫是水分子发出的辐射频率；水正好是氢和羟基结合而成的。更重要的是，水对于生命来说，是至关紧要的物质。

来自遥远星球的无线电信号，抵达地球已经变得十分微弱，用普通天线当然接收不到。不过天文学家拥有巨大的射电望远镜，完全可以探测到这些信号。他们确实也已经做了尝试。

1960 年，美国天文学家首先着手搜索地外文明发出的信号。这项工作称为“奥兹玛”计划。奥兹原是一部著名儿童系列冒险故事中的地名，它在遥远的天上，奥兹玛则是那里的一位公主。天文学家使用这个名称，是想说明他们正在寻找这样的证据：宇宙间有一些文明种族栖息的地方，甚至比奥兹更加遥远。

这些天文学家开动巨大的射电望远镜（图 43），在 3 个月内断断续续地一共“监听”了 150 个小时。可是，他们一无所获。后来，又有一些国家的天文学家，利用世界上那些最大的射电望远镜进行搜索，也都没有获得肯定的结论。

问题出在哪儿呢？归根到底，还是因为人类不知道这些文明种族向太空中发送无线电信号的时间、地点和方式。为了克服这些困难，必须制造出更高级的仪器，制订更巧妙的“监听”计划。早在 1971 年，美国一个科学家小组就提出过一项建议：建造一个庞大的射电望远镜阵列，它由 1026 架直径 100 米的射电望远镜组成，它们由电子计算机控制，可以步调完全一致地调

节到所需要的频率。它可以探测到至少远达

1000 光年的其他文明种族发来的无线电信号。

用现代科学的方法探索地外文明，还仅仅是开始，虽然没有取得鼓舞人心的结果，却为明天的成功打下了新的基础。而且，科学家们还研究了一个更加引人入胜的问题：

一个文明种族，能不能移居到太空中的其他行星系统中去？

期待在太空相遇

在银河系中，有文明种族栖居的行星彼此离得十分遥远。如果一个文明种族居住在离太阳系 100 光年的某个行星上，那么我们即使乘坐每秒钟飞行 1000 千米的宇宙飞船，也要花费 3 万年才能到达那里。所以，各个行星的文明种族是很难互相拜访的。

但是，一个文明种族也并不是只能永远禁闭在一颗行星上，它可以把生存空间扩展到自身所在的星球以外去。

在“太空城——未来的空间居住点”一文中，我们已经介绍了“贝尔纳星球”和人类移居太空的其他设想。

当然，建造太空城需要许多钱，不过，这样的钱值得花。其实，它比许多国家的军费开支要小，甚至还赶不上人类用于化妆品的消费。随着太空城的日益增多，人类的文化将会变得更加丰富多彩。许多代人以后，每一座太空城中的文学、艺术、家庭、教育、烹饪、服饰等都会形成自己的特殊风格。在那里，还会有在地球上永远享受不到的娱乐活动。例如，在大型太空城中，当登山者越爬越高时，由太空城自转产生的离心作用随之变得越来越弱。所以，在那里爬山就会越爬越轻快。在山顶上，离心作用特别小，于是人们就可以装上骨架很轻的塑料翅膀，依仗自身肌肉的力量，在浓密的空气中自由地翱翔。

不同空间城中的居民将互相拜访交往、旅游观光。在他们看来，空间旅行是很平常的事，简直就像我们今天乘坐飞机和火车一般。对于飞往遥远的星球，他们不会像今天的地球居民那样存在巨大的心理障碍。

从长远来说，空间移居者们还要寻找更新、更广阔的生存空间。火星将是很合适的目标。人类将在火星上建立基地，并逐步完成火星的全球性改造。此后，空间移居者们将会继续前往小行星带，利用无数的小行星作为建筑材料基地。

有人推测，21 世纪很可能是月球轨道上的居住点兴旺繁荣的时期；22 世纪，空间移居者将把小行星带作为自己的乐园；到 23 世纪，人类可能已经在太阳系中合适的地方布满各种各样的居住点。

空间移居者们离太阳越远，就越会感到不必永远绕着太阳打转了。他们可以利用原子核能提供推力，离开太阳系，带着他们的“太空城”——他们的家，包括那里的土壤、水、空气、植物、动物，飞向未知的远方。在长途飞行中，可以关掉太空城的推进器，完全依赖惯性滑翔。人们把这样的居住点叫做“自由的世界”。

经过许许多多代人之后，某个自由世界可能会飞进另一个行星系统，并且利用那里的小行星作为原料，兴建一个个新的空间居住点。最后，这些新的空间居住点又会成为新一代的自由世界不断地向外飞去……那时，人类就

不只是一种地球生物了，她将属于整个银河系、属于整个宇宙。

其他行星系统中的智慧生命也可以用同样的方法——从太空城到自由的世界——进行太空旅行。也许有朝一日，人类的自由世界会在不知什么地方遇上那些来自其他文明世界的太空旅行家……

史海拾贝

漫话中华天文学

中国是世界上历史最悠久的文明古国之一，也是天文学发展最早的国家之一。几千年来，我们中华儿女积累了大量珍贵的天文实测资料，取得了丰硕的研究成果，在天文观测、宇宙理论、天文仪器和历法等方面，都对世界天文学的发展作出了重要贡献。

中国天文学的历程，大致可以分成以下六个阶段：

萌芽时期：从远古到西周末（公元前 770 年以前）；

体系形成时期：从春秋到秦汉（公元前 770 ~ 公元 220）；

繁荣发展时期：从三国到五代（220 ~ 960）；

由鼎盛到衰落：从宋初到明末（960 ~ 1600）；

中西天文学的融合：从明末到鸦片战争（1600 ~ 1840）；

近现代天文学的发展：从鸦片战争到现在（1840 年至今）。

我国古代天文学萌芽于原始社会，到战国秦汉时期已形成以历法和天象观测为中心的完整体系。历法是中国古代天文学的主要部分，它不仅是计算月亮的朔望、确定月份的大小和闰月的安置、推算节气的时间间隔等编制日历的工作，而且还包括预告日月食和计算行星的位置等许多内容，与编算现代的天文年历很相似。

天象观测是我国古代天文学的又一项主要内容，它包括天象观测的仪器、方法和记录。我国古代的主要天文观测仪器是“浑仪”。记录观测数据使用的度数，在明末以前一直是将整个圆周分为 365 又 1/4 度，这与受古代巴比伦影响的各国都采用 360° 制有所不同。2000 多年来，我国保存下来的有关日食、月食、月掩星、太阳黑子、流星、彗星、新星等的丰富记录，至今还在现代天文学研究中起着重要的作用。

从春秋时代开始，我国已有相当完整的日食记录，其中载入正史的就 916 条。古代日食记录很可能保存着古人发现太阳外层大气的宝贵信息，由此又可以推测当时太阳活动的盛衰。古代日食记录，还可以用于探讨地球自转的不均匀性，以及推断某些古代历史事件发生的确切年代等。

今天举世公认最早的太阳黑子纪事也在中国。例如，《汉书·五行志》中记载了公元前 28 年的某一天，“日出黄，有黑气，大如钱，居日中央”，把这个大黑子出现的时间和位置说得清清楚楚。从汉代到明代的 1600 多年间，我国关于黑子的记录多达 100 余次。相比之下，欧洲人最早的黑子纪事是在公元 807 年，而且当时还被误认为是水星凌日。直到 1609 年意大利科学家伽利略发明天文望远镜以后，欧洲人才正式确认太阳上面有黑子。因此，要研究早先太阳活动的情况，必须依据我国古代的资料。

我国古代的彗星记录，至今依然焕发着夺目的光辉。例如，《春秋》记录了鲁文公十四年（公元前 613 年）“秋七月，有星孛入于北斗”，就是关于哈雷彗星的最早记录。从那以后，哈雷彗星每次出现，我国都有详细记载。我国历代的各种彗星记载，至清末共达 500 次以上。有一位法国天文学家在

20 世纪 50 年代经过广泛的研究，最后断定：“彗星记载最好的，当推中国。”

我国古代还有好几百次流星观测记录。例如，《春秋》记载鲁庄公七年（公元前 687 年）“夏四月辛卯，夜，恒星不见。夜中，星陨如雨”，说的是那天半夜，陨落的流星多得就像下雨一样。这正是关于天琴座流星雨的最早记录。有的记载非常详细，包括流星的数目、颜色、亮度、声响、出现和消失的时刻和方位、持续的时间等。它们为研究流星群的周期和轨道变化、查明流星群和彗星的关系等问题提供了宝贵的线索。

我国从商代到 17 世纪末，史书上共记载了 30 颗左右的新星和超新星，其中约有 12 颗是超新星。这在世界上又堪称绝无仅有。其中最著名的是公元 1054 年出现在金牛座 星附近的那颗超新星 20 世纪的天文学家证实了蟹状星云就是那颗超新星爆发的遗迹。各国天文学家为了探讨银河系中的射电源和历史上的超新星的关系，详细研究了我国古代的新星和超新星记录。结果表明，上述 12 次超新星记录中，至少有 7 次与今天观测到的射电源有关，从而再次显示了中国古代天象记录的巨大价值。

我国古代的天文仪器也曾在世界上独领风骚。例如，最简单、最古老的一种仪器叫“圭表”，它包括两个部分：直立在地上的标柱称为“表”，沿南北方向平放的尺称为“圭”。根据表影的长度及其变化，可以确定一年之中包含的天数，还可以用来校正时间等。古人创制圭表的年代已难查考，但可以肯定，早在战国以前人们已经懂得用铅垂线来校正表的垂直。如今，位于南京市的紫金山天文台还陈列着一具明清时期钦天监（即皇家天文台）使用的圭表。

我国古代最主要的天文观测仪器是浑仪。它的历史也很悠久，何时发明亦难断定。但是可以肯定，西汉天文学家落下闳（hóng）就已经制造过浑仪。后世的浑仪不断改进，造型也越来越精美。目前，紫金山天文台还陈列着一具明朝正统二年（1437 年）仿照元代制造的浑仪。

座落在河南省登封市告城镇北的古观星台，是我国现存最早的天文台建筑，也是世界上的重要天文古迹（图 45）。它创建于元朝初年，是一座具有观星、测影、记时等多种功能的天文台。它经历了 700 多年的风风雨雨，台上原有的仪器已荡然无存，台身上甚至还有日军侵华时炮击的伤痕。然而，它至今依旧巍然屹立。中华人民共和国成立后，对观星台台体和有关文物进行了加固维修，1961 年，国务院确定登封古观星台为全国重点文物保护单位。

位于北京市建国门立交桥西南角的北京古观象台，是明清两朝的国家天文台，也是一座举世闻名的古天文建筑。它建于明代正统七年（公元 1442 年），是世界上现存最早的天文台之一，比建于 1675 年的英国格林尼治天文台还早 233 年。从 1442 年到 1929 年，它连续从事天文观测长达 487 年，取得了很有科学价值的观测资料。例如，北京古观象台观测到著名的“第谷新星”（1572 年出现在仙后座的一颗超新星）实际上比丹麦天文学家第谷本人还要早 3 天。这座观象台建筑整齐端庄，台上安放 8 件保存完好的大型铜铸天文仪器。考察这些仪器不仅可以使我们了解古代天文学家的工作情况，而且还可以看出我国冶金、铸造的传统工艺水平。这些仪器是清代康熙和乾隆年间，由在我国任职的西方传教士奉旨设计建造。它们的造型、花饰、工艺都具有鲜明的中国传统特色，刻度、游表、结构等方面又反映了欧洲文艺

复兴时代以后制造天文仪器的进展和水平。因此，它们又是东西方文化交流的历史见证。1982年2月，北京古观象台被国务院列为全国重点文物保护单位。

元朝初年，天文学家郭守敬等人编成当时在世界上遥遥领先的新历法“授时历”，标志着我国古代天文学发展到了最高峰。在明代，经过差不多两百年的停滞，到了万历年间（1573~1620），随着资本主义的萌芽，社会对天文学又产生了新的要求。就在这时，欧洲的一些耶稣会传教士来到中国。他们迎合了这种要求，开始向中国人传播不破坏其宗教信条的欧洲科学技术知识。从此，中国天文学日渐与西方天文学融合。到了1859年，李善兰和传教士伟烈亚力合作翻译了英国天文学家约翰·赫歇尔的名著《谈天》（原名《天文学纲要》），终于使中国人首次看到了西方近代天文学的全貌。

然而，当时的中国已沦为半封建半殖民地社会，中华民族的天文事业也陷入了奄奄一息的境地。这种状况一直到中华人民共和国成立后，才发生了根本转变。如今，我国的专业天文机构已有：北京天文台，上海天文台，紫金山天文台，云南天文台，陕西天文台，南京天文仪器研制中心，中国科学技术大学天体物理中心，高能物理研究所高能天体物理实验室，自然科学史研究所数学天文学史研究室，武昌时辰站，乌鲁木齐天文站，长春人造卫星观测站，广州人造卫星观测站（以上均属中国科学院），南京大学天文系，北京师范大学天文系，北京大学地球物理系天体物理专业，以及北京天文馆等单位。与此同时，我国众多的中小学、科技馆和青少年宫的天文教育和普及宣传，也在不断地向新的深度和广度进军，并得到了社会各界越来越广泛的支持和关注。

20世纪80年代以来，我国已建成一批新的大中型天文观测设备。其中包括2.16米反射望远镜——它不仅是目前我国最大的、而且至今仍为远东最大的光学天文望远镜，1.56米天体测量望远镜，1.26米红外望远镜，米波综合孔径射电望远镜，天线口径为25米的甚长基线干涉仪站，口径13.7米的毫米波射电望远镜，以及已居世界领先水平的太阳多通道望远镜等。

我国的天文学家素有不畏辛劳、自强不息的优良传统。如今，他们又在为中华民族天文事业的重振雄风、再显辉煌和21世纪全面跨入世界先进行列而团结奋斗、顽强拼搏……

郭守敬和第谷的故事

1622年，有一位名叫汤若望的耶稣会传教士从欧洲来华。他知识渊博，在中国生活了44年，直至去世，向当时的中国人传播了许多西方的科学技术成就。当他在中国知道了郭守敬取得的伟大天文成就时，便情不自禁地称赞郭守敬是“中国的第谷”。

对于当时的欧洲人来说，这真是一种至美的赞誉。第谷确实是很令人钦佩的，他于1546年诞生在丹麦的一个贵族家庭中，从小热爱观察星辰，13岁就进哥本哈根大学学习法律和哲学，16岁又进入莱比锡大学。他17岁时开始了第一项天文研究——木星合土星，26岁在仙后座中发现了著名的“第谷新星”。30岁时，第谷受丹麦国王的资助，在汶岛建起规模宏大的“天文堡”。他研制的许多大型天文仪器，在望远镜时代到来之前可以说已经达到了顶峰。他在汶岛从事天文观测达20余年之久，观测的精度超过以往的任何

纪录，并作出了多项重要发现。第谷 51 岁时，因与新国王不和而被迫离开了丹麦。53 岁时，他在布拉格成为德国国王鲁道夫二世的御前天文学家。

1601 年，55 岁的第谷病危，此时他叹息道：“唉，我是多么希望自己的一生没有虚度啊。”幸运的是，他的这一愿望果然没有落空：他在逝世前一年发现了德国青年开普勒才华超群，并在临终前把毕生观测的天文资料全部赠予这位助手。开普勒殚（dān）精竭虑地分析这些资料，终于揭示出行星运动的基本规律——著名的“开普勒三大定律”，从而向世人昭示了第谷天文观测的巨大价值。另一方面，第谷的一生又有不少可笑的地方。他骄傲自大，目中无人。19 岁时竟为争论某个数学问题而在一次决斗中失去了鼻子，后来，他只好装上金属假鼻度日。他念念不忘自己的贵族身份，甚至在进行天文观测时还要故意穿上朝服。

郭守敬是我国元代杰出的科学家，字若思，邢台（今河北省邢台市）人。他诞生于 1231 年，生活在比第谷早三个多世纪的时代。他的祖父郭荣通晓中国古代文化历史，还擅长数学、天文、水利等多种学科，郭守敬从小深受他的影响。

郭守敬很早就显示出了科学才能。他十五六岁就独立制成了工艺已经失传的计时仪器“莲花漏”。20 岁率领众人修复了家乡的石桥，填补了堤堰的决口。31 岁时首次见到忽必烈汗（日后的元世祖）就提出 6 条水利工程建议，此后又领导完成了修浚（jùn）西夏古河渠等多项重要任务。在大地测量方面，郭守敬在世界上首创了相当于今天所说的“海拔”的概念。他还根据实际测量的结果，编制了黄河流域内一定范围的地形图。

郭守敬 45 岁开始全力投入天文事业。他创制的大批天文仪器构思巧妙、精密可靠，大大超越了前人。一位名叫约翰逊的现代英国科学家曾评论道：元代的天文仪器“比希腊和伊斯兰地区……的做法优越得多”，希腊和伊斯兰地区“没有一件仪器能像郭守敬的简仪那样完善、有效而又简单”。世界著名的科学史专家、英国的李约瑟博士也说过：“对于非常广泛地应用于现代天文望远镜的赤道装置而言，郭守敬（的简仪所采用）的装置乃是当之无愧的先驱”。300 年后，第谷才在欧洲率先采用了同样的装置。郭守敬制造的用水力推动的机械时钟，拥有相当先进的传动装置，这也走在了 14 世纪诞生的欧洲机械时钟的前头。

郭守敬在阳城（今河南省登封市告城镇）建造的观星台，是我国现存最早的天文台建筑，也是重要的世界天文古迹。他主持的“四海测验”，是中世纪世界上规模空前的一次大范围地理纬度测量。他编制的星表所含的实测星数，不仅突破了历史记录，而且在往后 300 年间也无人能超越——包括第谷在内。他测定的黄赤交角数值非常精确，直到 18 世纪欧洲天文学家还用它来证明“黄赤交角随时间而变化”。

郭守敬有一位好朋友名叫王恂（xún），是当时著名的数学家。他们遵照元世祖忽必烈的命令，领导制定了在当时的世界上遥遥领先的新历法“授时历”。这种历法规定一年（更准确地说是 1“回归年”）的平均长度为 365.2425 天，这比 1 年的实际长度多了 0.0003 天！欧洲人从古罗马时代开始，始终把 1 回归年的长度当作 365.25 天。直到公元 1582 年，罗马教皇格里高利十三世改革历法，所采用的年长才和“授时历”相同，而它的时间却比郭守敬晚了 302 年。这种“格里历”沿用至今，成了世界通用的公历。王恂、郭守

敬等人在编算授时历的过程中，独创了一套几何学方法，称为“弧矢割圆术”，大体上相当于西方人的球面三角学。他们还发明了“三差内插”法，大约400年后欧洲才出现类似的数学方法。此外，郭守敬还撰写了大量的天文、历法著作。

1291年，60岁的郭守敬再度受命领导水利工作。两年后，从大都（今北京）到通州（今北京郊区通县）的运河——通惠河在他主持下竣工通航。如今从密云水库直通北京市的“京密引水渠”，从昌平经过昆明湖到达紫竹院的这一段，大体上还是沿着郭守敬当初规划的路线。他主持的水利工程，对农业生产、水路交通和大都城的繁荣都作出了历史性的贡献。1316年，郭守敬与世长辞，终年85岁。

郭守敬是他那个时代世界上为数不多的伟大科学家之一。他为祖国的科学事业与社会繁荣奉献了一生，也为世界科学的发展谱写了新的篇章。七百多年来，人们对他的赞誉可谓众口一词。在当代世界，人们又用许多新的形式表达了对他的敬意。例如，在中国历史博物馆中，陈设着郭守敬的胸像，介绍了他的事迹。我国邮电部于1962年发行了编号为“纪92”的一组8枚“中国古代科学家”邮票，其中有一枚就是郭守敬的半身像，另有一枚的画面是郭守敬创制的“简仪”。1970年，国际天文学联合会将月球背面的一座环形山正式命名为郭守敬。1978年，又将中国科学院紫金山天文台在1964年发现的、正式编号为2012号的那颗小行星命名为郭守敬。1981年，中国科学技术史学会、北京天文学会等联合在北京召开大会，纪念郭守敬诞辰750周年和“授时历”颁行700周年。1984年，郭守敬的故乡邢台市决定为他塑造铜像和建造纪念馆。1986年，占地50多亩的“郭守敬纪念馆”正式对外开放。周培源教授曾为该馆题词：“观象先驱，世代敬仰”；卢嘉锡教授也题词赞扬郭守敬：“治水业绩江河长在，观天成就日月同辉”。

邢台的郭守敬铜像全高4.1米，重3.5吨。人们但见郭公昂首阔视，气度非凡。此情此景不禁令人遐想：当初汤若望或别的欧洲人要是先知道了郭公，后来才知晓第谷，那么，他们会不会又反过来把第谷比作“欧洲的郭守敬”呢？这乃是更加令人陡生敬意的褒扬。

聋哑青年古德利克和“魔星”

1786年，在英国约克郡的汉兴古尔下葬了一位年仅22岁的聋哑青年、天文学家约翰·古德利克。他的安息地上甚至连墓碑也没有，而后世天文学家却对他十分敬仰。这位英国奇才在18世纪后期的一些发现和思想，奠定了恒星天文学中的一个重要分支——变星研究的第一块基石。他的早夭令人痛惜，然而浓缩在他短短一生中的科学成就，已足以使他在科学史上赢得永久的一席。

古德利克于1764年9月17日出生在荷兰的格罗宁根。关于他的孩提时代，由于缺乏文字材料，人们只知道幼年的一场重病使他变得又聋又哑。他8岁被送到英国的爱丁堡，在一所聋哑学校接受教育。他14岁进入当时英国北部著名的沃林顿学院。古德利克令人惊异地战胜了聋哑残疾带来的重重困难，成了一位相当不错的古典学者兼数学家，同时又对天文学发生了兴趣。

人们不知道他离开沃林顿学院的确切时间，但是他本人的《天文观测录》表明，至迟在1781年11月他已经到了约克。这些珍贵的笔录忠实地向我们

叙述了这位青年天文学家的发现。

自古以来，人们一直以为恒星是永不变化的。直到 1596 年，才有一位名叫法布里修斯的德国天文学家发现鲸鱼座中有一颗 3 等星在那年 10 月隐没不见了。后来它重又增亮，当它再度被人们发现的时候，就获得了鲸鱼座“怪星”的称号。

在此之前，阿拉伯人可能已觉察到另一颗星的亮度会发生显著的变化，他们以为这是某种神奇的魔力造成的，因此把它称作“魔星”。我国古人历来把这颗星叫做“大陵五”，国际上通用的名字叫做“英仙座”。虽然在 1670 年和 1733 年都曾经有人注意到这颗星的亮度变化，却没有一个人系统地观测和研究它。

1782 年 11 月 12 日，古德利克写下了一段具有历史意义的文字：

“今晚我观察英仙座，非常惊奇地发现了它的亮度变化”，“我兢兢业业地观测了大约一个小时——几乎不能相信它的亮度正在变化，因为我从未听说过任何一颗恒星的亮度竟会变化得如此迅速。我想这可能是某种光学上的疵瑕造成的，例如眼睛的缺陷，或者是不良的大气条件；但是继续观测的结果表明，它的亮度变化是真实的，我并没有犯错误。”

古德利克发现，“魔星”大陵五逐渐暗淡下去，直到亮度降到正常情况的 $\frac{1}{3}$ ，然后又重新亮起来，一直恢复到原先的亮度。夜复一夜的观测使他肯定：大陵五的亮度变化具有严格的周期性，并且求出了极准确的周期数值：2 天 20 小时 49 分 9 秒。

1783 年 5 月 25 日，英国皇家学会宣读了古德利克的论文，公布了这一发现。这在天文学界引起了很大的兴趣，并使这位 19 岁的青年人荣获了该年度两枚科普利奖章中的一枚。

尤其重要的是，古德利克本人当时就提出了造成大陵五亮度变化的原因：有一颗我们看不见的暗星，和大陵五在一起互相绕转，它周期性地遮掩大陵五，情况跟发生日食十分相似。两星遮掩时我们看到的光就减少，于是亮度下降。因此后世天文学家把大陵五那样一类变星称作“食变星”，或者就叫做“大陵型变星”。

在科学史上，对一项重大的新发现迅即作出的第一个猜测性的解释就完全正确的事例，本来就是凤毛麟角；一位不满 20 岁的青年敢于如此大胆地打破传统观念，提出那么新颖的见解，自然就分外难能可贵了。遗憾的是，跟古德利克同时代的天文学家都无法理解和接受他的思想，就连“恒星天文学之父”、伟大的威廉·赫歇尔也不例外。直到几代人之后，在 1889 年才有人用分光方法证实了古德利克关于大陵五是食变星的天才预见。大陵五果然是由两颗星组成的，它们彼此仅仅相距 1100 万千米，还不及地球到太阳距离的 $\frac{1}{10}$ 。其中我们看不见的那颗“伴星”，半径是太阳的 3.8 倍，亮的那颗“主星”略小些，半径是太阳的 3.6 倍。但是主星的质量达太阳的 5.2 倍，伴星的质量仅和太阳相当。

在剩下来的短暂生命中，古德利克又发现了另外两颗肉眼就可以看出的变星：天琴座（中名渐台二）和仙王座（中名造父一）。它们分别是另外两类重要变星的样板：前者是典型的“密近双星”，后者是典型的“脉动变星”——星体不断地一胀一缩，所以称作“脉动”，情状犹如一个人在喘着粗气一般。

然而，古德利克的健康状况迅速恶化。1786年2月24日，他写下了自己的最后一次观测记录。同年4月，英国皇家学会选举他为会员。可是仅仅两个星期之后，他就在约克郡无声无息地死去了。导致死亡的直接原因现已无从稽查，人们只知道他的忌辰是1786年4月20日。

古德利克究竟怎样在自幼聋哑的逆境中使自己成了一名杰出的天文学家？这依然是科学史上一个饶有兴味的谜。但是他那无声的一生却再次向世人雄辩地证明了：有志者事竟成！

月球——天文望远镜的新家

天文学已经有6 000年的历史了。

在这6 000年中，天文学先后经历了三次伟大的变革，那就是：从肉眼观测到用望远镜观测，从人眼可以看见的光学观测到其他波段（包括无线电波、红外线、紫外线、X射线和γ射线）的天文观测，以及从地面观测到利用人造卫星和宇宙飞船的空间观测。

但是，天文学家并不满足于这些伟大的成就。如今他们正在认真地筹划如何到月球上去进行天文观测。也就是说，在月球上建造天文台，安装各种各样的望远镜，使月球成为天文学的一个基地。于是，在当代科学的词典中就出现了一个崭新的词汇——月基天文学。

这有什么好处呢？

在地面上进行天文观测会受到地球大气的严重影响：大气对光的吸收、散射、抖动都会使星象变得模糊，使天体的细节分辨不清；若遇上多云阴雨天气，那就根本无法看见星星了。大气污染、人工光源也都是天文观测的大敌。于是，人们便想把望远镜放到人造卫星上送入太空，在大气层以外进行天文观测。这样，情况确实就会好多了，但是却要付出很大的代价。人造卫星的体积和寿命都有限，人又不会总是呆在卫星上，所以人造卫星上的自动控制系统极为复杂，一旦出了故障也很难维修。诸如此类的问题促使人们尽力为未来的天文望远镜寻找一个比人造卫星更舒适的“家”。天文学家已经阐明，这个新的“家”应该是月球，因为它的优点很多。例如：

第一，月球上没有大气的干扰。

第二，月球为天文望远镜提供了一个巨大、稳定而又极其坚固的“观测平台”，因而可以像在地球上一样安装各种各样的望远镜。

第三，月球上的“月震”活动只有地球上地震活动的一亿分之一，所以那里既安全又可靠。

第四，月球表面的重力只有地面重力的1/6，而且绝对没有风，所以任何巨大笨重的仪器和建筑——包括望远镜本身和观测室，在月球上建造起来都要比在地球上建造更方便，也更便宜。

第五，在未来的岁月里，人们总是要大规模地开发月球——它仿佛是人类发现的又一块新大陆。这时，月球将会逐步为我们提供取之不尽的原料。

第六，与空间天文仪器相比，月球上的望远镜很容易由技术人员到现场进行维修、保养，所以那儿的望远镜可以造得很大、很复杂。

第七，尽管月球比近地人造卫星要远上1000倍，但是从地球到达月球表面所需要的能量只是发射近地卫星的2倍。所以，到月球上去安置天文望远镜其实比发射空间望远镜难不了多少，而在那儿进行观测又能取得天文卫星

难以得到的丰硕成果。

第八，地球的自转造成了天体的东升西落。地球每 24 小时自转一周，所以一般情况下人们很难长时间地跟踪观测同一个天体。在月球上就大不相同了。月球大约每 27 天才自转一周，在月球上每个白天或黑夜都差不多有地球上的两个星期那么长，所以对于天空中某些重要的观测目标，天文望远镜可以牢牢地盯住它——不间断地观测 300 多个小时。

当然，月基天文学的优点还不止这些。问题是，人们怎样才能实现这项计划呢？

科学家们有两种不同的意见。第一种是被动的“搭载”。也就是说，在人类大规模开发月球的时候，天文仪器作为繁忙的月球飞行的“乘客”，而逐渐运往月球基地。在一般情况下，天文学家本人可以在地球上遥控月球望远镜进行观测，并分析处理所获得的结果。当然，在必要的时候也可以亲自前往月球。

第二种意见是主动的“促进”。也就是说，天文学家应该理直气壮地声明：“我们是大力开发月球的促进者，应该积极参与这项事业的全面规划；天文学为人类认识、利用和改造自然作出的巨大贡献是有目共睹的。而且，有许多极重要的天文学问题必须由安置在月球上的天文仪器来探索回答。所以，在开发月球的费用中，有一部分应该花在天文学研究上。”

亲爱的青少年朋友们，你赞同哪一种观点呢？也许，在 21 世纪，当你成为一名天文学家时，安装在月球上的第一批望远镜就会向你发出这样的盛情邀请：“欢迎光临，祝您观测成功！”

天文学和人类

上古的游牧民族在辽阔的原野上放牧、迁徙，那时既没有地图又没有指南针，他们怎样辨别方向呢？靠的是观察天空中的星星。上古的农业民族从事耕作，他们怎样确定播种和收获的季节和时令？靠的是观察群星出没时间的变化。古代的渔民和水手在汪洋大海中前进，他们怎样为自己导航？靠的是辨认星空。他们又怎样知道潮水涨落的时间？靠的是观察月亮的盈亏圆缺……于是，大约在 6000 年前，天文学就悄然萌芽、诞生了。它是自然科学中最古老的学科之一，也是人类文明进步的象征。

天文学是一门基础科学，它使人类了解自然、认识宇宙。天文学中提出的各种问题，促进了其他许多学科的发展。例如，行星为什么环绕太阳旋转，它们为什么既不会掉到太阳上，又不会跑到别的地方去？三百多年前，伟大的英国科学家牛顿对这些问题进行了深入的研究，发现了著名的万有引力定律，并建立了他的整个力学体系。如今，交通、建筑、水利、采矿、军事、科研，什么地方离得了力学计算呢？

又例如，天文学和数学也总是形影不离。数学中最基本的概念“角度”，首先就是在上古的天文观测中渐渐形成的。随着天文学的发展，它所需要的数学也越来越深奥、越来越复杂，这样就促进了数学的发展。请看，历史上一些最著名的科学家，如祖冲之、郭守敬、牛顿、高斯、拉普拉斯等，不也就是数学家又是天文学家吗？

天文学研究宇宙中的一切天体，它们的种类形形色色，它们的情况变化万千。例如，有的天体温度高达几千万度，有的密度比水银还高 10 万亿倍，

有的磁场强得惊人，有的还会发生规模极大的爆发……这些特殊的环境和条件，在地球上的实验室里都无法实现，所以宇宙间的各种天体和宇宙空间本身，仿佛为人类提供了一个无与伦比的实验室。大自然本身在这个“宇宙实验室”里演示着种种实验——各种自然现象，它们给人类以巨大的启示，使人类懂得了物质在各种极特殊的条件下如何运动变化的规律。

例如，在 20 世纪 30 年代，天文学家懂得了在恒星内部上千万度的高温下，进行着氢原子核聚变为氦原子核的“热核反应”，它是太阳和其他恒星的能量来源，是太阳千百年来不断发光发热却依然那么明亮的原因。这使人们想到：热核反应能不能在地球上用人工方法实现？如果能做到这一点，那么人类就再也不用为缺乏能源而发愁了。后来，人类果真在地球上实现了氢的热核反应——造出了威力空前的氢弹。但是，氢弹的破坏力只能在世间造成灾难，而不会给人类带来幸福。那么，能不能利用威力巨大的热核反应为和平与建设服务，为人类创造更美好的未来呢？是的，科学家们还在研究这个难题：怎样控制热核反应，使它产生的能量按人类的要求徐徐释放出来，而不是像氢弹那样猝然爆炸。这就是人们平时常说的“受控热核反应”。

在现代社会的各个方面，天文学有着非常广泛的应用。例如，提供准确的时间、编制年历和星表，都是天文学的重要任务，人们的日常生活、工农业生产、大地测量、军事活动、航天飞行等都少不了它。又如，太阳上的激烈活动会引起地球磁场和电离层的变化，甚至会使短波无线电通讯中断；太阳活动时还会发出大量的高能粒子和 X 射线，这对宇宙飞船和人造卫星上的宇航员和仪器设备都是很大的威胁。从这些方面来看，天文学家提供的太阳活动预报所起的作用，并不亚于地球上的天气预报。再如，发射人造卫星和宇宙飞船的费用十分昂贵，为了做到以最小的代价取得最多最重要的资料，就得用天文学的方法精心设计它们的轨道……天文学的知识是那么引人入胜，天文学的用途又是那么广泛，难怪人们常说：谁要是现代天文学一无所知，他就不能算接受了完满的教育。

抚今思昔，回顾几千年来天文学的发展，我们可以看到，起初人们认识宇宙的进程相当缓慢。直到 16 世纪，哥白尼确立了日心学说，人们才正确地认识到地球并不在宇宙的中心，而是围绕太阳运行的一颗行星。17 世纪初，伽利略发明了天文望远镜，人类的目光才开始投向更加遥远的太空深处。

从那以后，天文学发展的速度就越来越快了。到了 19 世纪末，人们已经发现 8 颗大行星和许许多多的小行星，并且掌握了天体运动的力学规律。人们已经测量出一些恒星的距离，查明了离太阳最近的恒星也远在好几光年之外。人们弄清了太阳只不过是恒星世界中的普通一员，它也像其他恒星一样，在银河系中不停地运动着。人们还建造了越来越大的天文望远镜，用它们发现了许多新天象和新天体，同时也提出了许多既重要又有趣的新问题：月球究竟是怎样诞生的？火星上究竟有没有生命？旋涡星云究竟是什么东西？……

20 世纪的天文学家不但很好地回答了这些问题，而且还作出了一系列意义更加重大的发现。请看这些激动人心的例子吧。

人们造出了口径巨达 10 米的光学天文望远镜。它们配上极灵敏的接受器，足以探测到像几万千米以外的一支小蜡烛那么微弱的光。它们使人类的目光触及到了 100 亿光年以外的遥远天体。

人们发现无数的河外星系正在以巨大的速度四散远离，发现我们的宇宙

正处在一种宏伟的整体膨胀之中。这使人类懂得了不仅每个天体都在运动变化，而且就连整个宇宙本身也不是静止不变的。

人们弄清了恒星的能源是热核聚变反应，弄清了恒星是怎样演化的。因此，天文学家可以娓娓动听地讲述一个长长的故事，告诉你一颗恒星怎样诞生和成长，又怎样衰老、直至走向死亡。

人们发明了射电望远镜，开创了射电天文学。从此，天文学家除了原来那只“光学眼睛”外，又增添了一只新的“射电眼睛”，它专门负责观测来自宇宙和天体的无线电波。人类用这只“射电眼睛”发现了太阳的射电辐射，探明了银河系的旋臂结构，发现了类星体、脉冲星、星际有机分子、宇宙微波背景辐射……

人们突破了地球大气层的封锁和包围，把望远镜送上了天——不仅是光学望远镜，而且还有红外望远镜、紫外望远镜、X射线望远镜以及射线望远镜。它们摆脱了大气的干扰，使人类看到的宇宙更加清晰、深入和全面。

人类破天荒第一次派出自己的使者——6批12名宇航员，踏上了地球以外的另一个星球——月亮。无人驾驶的宇宙飞船访遍了除冥王星外的全部大行星和它们的许多卫星。从此天文学就不只是单纯进行远距离的观测了，它随着空间时代的来临，迈入了近距离探测、甚至实地考察的新阶段。

如今，20世纪已近尾声，新的世纪即将来临。天文学家们正在建造更加先进的天文望远镜，正在计划重返月球，建造空间城，实现载人火星飞行，派遣更多的宇宙飞船更彻底地考察太阳系，并且正在更仔细地监测可能由其他星球上的智慧生物发来的微波信号……

20世纪的天文学取得了极其辉煌的胜利。可以预期，21世纪的天文学家——其中很可能就包括了你——必将会作出远比今天更加伟大的贡献！

