

欢姆社学习漫画

漫画宇宙

(日) 川端洁 / 监修
(日) 石川宪二 / 著
(日) 柊ゆたか / 漫画绘制
(日) VERTE / 漫画制作
陈刚 / 译



科学出版社

www.sciencep.com

(P-1994.0101)

责任编辑：张丽娜 赵丽艳

责任制作：董立颖 魏 谨

封面制作：许思麒

用漫画这种形式讲数学、物理和统计学，十分有利于在广大青少年中普及科学知识。

周恩来、邓颖超秘书，周恩来邓颖超纪念馆顾问
中日友好协会理事，《数理天地》顾问，全国政协原副秘书长

用漫画和说故事的形式讲数学，使面貌冷峻的数学变得亲切、生动、有趣，使学习数学变得容易，这对于提高全民的数学水平无疑是功德无量的事。

《数理天地》杂志社 社长 总编
“希望杯”全国数学邀请赛组委会 命题委员会主任

用漫画的形式，讲解日常生活中的数学、物理知识，更能让大家感受到数学殿堂的奥妙与乐趣。

《光明日报》原副总编辑
中华炎黄文化研究会 常务副会长

科学漫画是帮助学习文科的人们用形象思维的方式掌握自然科学的金钥匙。

中国人民大学外语学院日语专业 主任
大学日语教学研究会 会长

在日本留学的时候，我在电车上几乎每次都能看到很多年轻的白领看这套图书，经济实惠、图文并茂、浅显易懂，相信这套图书的中文版也一定会成为白领们的手中爱物。

大连理工大学 能源与动力学院 博士 副教授

我非常希望能够在书店里看到这样的书：有人物形象、有卡通图、有故事情节，当然最重要的还有深厚的理工科底蕴。我想这样的书一定可以大大提升孩子们的学习兴趣，降低他们对于高深的理工科知识的恐惧感。

北京启明星培训学校 校长

书中的数学知识浅显实用，漫画故事的形式使知识贴近生活，概念更容易理解。

北京大学 数学科学学院 博士

上架建议：科普/漫画

ISBN 978-7-03-027170-9



9 787030 271709 >

定价：32.00元

科学出版社 东方科龙

http://www.okbook.com.cn
zhaoliyan@mail.sciencep.com

欧姆社学习漫画

漫画宇宙

〔日〕川端洁 监修

〔日〕石川宪二 著

〔日〕柊ゆたか 漫画绘制

〔日〕VERTE 漫画制作

陈刚 译



科学出版社

北京

图字：01-2010-1277号

内 容 简 介

本书以轻松有趣、通俗易懂的漫画方式讲解了宇宙知识，从远古时期宇宙的形成开始，直到最新的宇宙研究成果，本书都有详细介绍，特别是对大家都非常感兴趣的外太空是否真的存在人类与UFO的知识，本书也有专门讲解。

本书适合那些以宇宙知识感兴趣的读者阅读，无专业限制，趣味性与科学性都很强。有趣故事情节、时尚的漫画人物造型、细致的内容讲解定能让你留下深刻的印象，让你看过忘不了。

图书在版编目(CIP)数据

漫画宇宙/(日)川端洁 监修,(日)石川宪二 著,(日)柊ゆたか 漫画绘制,(日)VERTE 漫画制作,陈刚 译.—北京:科学出版社,2010.4

(欧姆社学习漫画)

ISBN978-7-03-027170-9

I.漫… II.①川…②石…③柊…④V…⑤陈… III.①宇宙-普及读物 IV.①P159-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第060138号

责任编辑:张丽娜 赵丽艳 / 责任制作:董立颖 魏 谨
责任印制:赵德静 / 封面制作:许思麒

北京东方科龙图文有限公司 制作
<http://www.okbook.com.cn>

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京天时彩色印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010年5月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2010年5月第一次印刷 印张:15 1/2 插页2

印数:1—5 000 字数:248 000

定价:32.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

❀ 前 言 ❀

在编写本书的过程中，与我交往甚密的一位摄影师有一天突然对我说道：“最近，我也在思考有关宇宙的问题，感觉挺有意思的。”

我不知道他为什么会突然提起这个话题。问他原因，他回答到：

“每每想到自己是被未知的宇宙包围着，感觉脑子和平常工作时的运转方式都不一样了，非常有趣。”

原来他指的是这个呀。确实如此，工作中为了避免错误，我们整日里不得不绷紧神经，处处小心，结果搞得身心俱疲。就像让我们一直重复同一个动作一样，只有被用到的那部分肌肉才会感到酸痛。此外，应试教育制度下的学习过程也是如此。

在思考宇宙问题时，我们的思维模式异于常态。可以简单地比作“轻微地运动运动，从而缓解肌肉的疲劳”。

“宇宙是什么样的啊？”这就是促进人的大脑运动的诱因。我的摄影师朋友所说的，应该就是这个意思。

我也喜欢思考宇宙问题，很多关于宇宙的知识都让我好奇不已，我对摄影师说了几个问题：

“宇宙是运动变化的，空间也在不断膨胀。所以用坐标等来表示特定的场所其实是不可能的。”

“到现在，人们还不清楚所有构成银河系的物质、能量都有哪些。”

“在我们的宇宙外，可能还有另外的宇宙存在。”

……

这些理论都还很模糊，与其说它们是科学知识，不如说是一种猜想。摄影师也兴致勃勃的，我们不禁仰望天空……我们交谈的时间虽不长，但回忆起来，我觉得我们的谈话却非常愉快。

宇宙为什么这么有趣呢？

也许就在于无论你怎么思考，还是不能得出答案吧。

当然，人类已经积累了丰富的有关宇宙的知识。不仅如此，人们还发现了物质诞生之谜的大爆炸理论、宇宙空间的大规模构造等，可以说这些宝贵的知识让我们离“宇宙全貌”越来越近了。

然而，当我们不断宣布自己有新的发现时，随之而来的却是更多的未解之谜。就如同我们想要知道山的那边是什么，于是努力攀登，结果发现山的那边还有许多的山……

这个比喻向我们形象地展示了宇宙研究的历史进程。

作为一个例子，让我们来看看对月球的研究吧。

很长时间以来，人们就围绕月球上有没有水存在而争论不休。如果有大量的水，那么就可以把水分解而得到氧气，而且饮用水也可以得到解决。那样在月球上建立基地的希望就会大大增加。虽然这个问题看似简单，但对于人类来说，却不是那么容易解答，论战过程一波三折。

因为构成月球的物质与地球相似，所以可以简单地认为月球上最初是有水的。但是，由于月球几乎没有大气，水分蒸发后就飘散于宇宙空间，留下的仅仅是像沙漠那样的地貌。这就是长期以来人们对月球的认识。但人们发现在月球的两极（北极和南极）附近有一些陨坑后，人们就推测“是不是水变成了冰被储存起来了呢？”……结果又如何呢？我们接着来看。

如今，日本发射的人造绕月观测卫星“辉映姬公主”发回的最新数据显示，并未在南极附近发现水或者冰的存在。至于水深埋于土壤中的可能性，专家指出“即使有水或冰，也是极少量的”。这就是到目前为止最新的结论。但是随着今后人们对月球地表情况的深入调查，答案或许还会被不断刷新吧。

离我们最近的天体——月球都有如此多的未解之谜，更何况太阳系、银河系、银河群了。那么，让我们在向努力追求真理、揭开宇宙面纱的前辈们表示敬意的同时，也发挥自己的想象，展开推理吧！这不仅是思维的“体操”，还有可能在这个过程中取得新的发现，而获得诺贝尔奖呢。

本书的主人公是三个高中生：茨娜、格罗里娅、娅玛妮。她们开始时对宇宙并不了解，但是随着知识的丰富，她们被宇宙的魅力深深吸引了。本书结尾处，我们也通过主人公向大家展示了天文学、宇宙物理学的最前沿知识，虽然这些知识还谈不上全面和系统。

为了让大家跟随三位主人公一起享受宇宙的神奇魅力，我们尽量避免在漫画和解说中涉及艰涩的知识，我自己本身也是个一看见数学方程式就犯怵的人，所以就绕过了那些复杂的东西。有的地方必须列出算式的，即使跳过算式也不会影响阅读。

我们都生活在同一片蓝天下。我们自身就是宇宙的一部分，即使我们不是科学家，我们也能自由地驰骋在我们对宇宙的无限畅想中。

如果读者在读过本书后，能赞同我的想法：“思考宇宙是件快乐的事”，那么我就觉得很满足了。

石川宪二

✿ 目 录 ✿

序 章 从月球开始的故事	1
辉映姬公主的故事	10
辉映姬公主的故事是宇宙观察的结果!?	18
第 1 章 地球是宇宙的中心吗	23
✿ 1-1 奇怪的光线	24
✿ 1-2 太阳绕地球旋转吗	34
✿ 1-3 2300 年前就存在的地动说	40
✿ 1-4 从天动说到地动说	50
✿ 1-5 宇宙的距离感	56
专题 到地平线的距离是多少	66
专题 测量宇宙大小的方法 1 到月球的距离是多少	67
“天动说 VS 地动说” 谁将胜出	70
“开普勒定律”的讲解	75
第 2 章 从太阳系到银河系	81
✿ 2-1 如果辉映姬公主是太阳系中的行星来的呢	82
· 太阳系中的辉映姬公主	84
✿ 2-2 天河、Milky Way、银河	100
✿ 2-3 银河系的大小是太阳系的多少倍	106
✿ 2-4 银河系的中心有什么	108
专题 银河系的五大未解之谜	110
✿ 2-5 银河系还有若干个银河	112
宇宙的“扩容”	118
专题 测量宇宙大小的方法 2 利用宇宙空间的三角测量技术	126

专题 宇宙就在身边，却有如此多未解之谜 太阳系的大小	128
第 3 章 宇宙的诞生——大爆炸	129
✧ 3-1 悬浮于宇宙之“海”的“岛屿”——银河	130
专题 “宇宙的大规模构造”之谜	140
✧ 3-2 哈勃的伟大发现	142
✧ 3-3 如果宇宙在膨胀……	151
✧ 3-4 一切始于大爆炸	161
专题 哈勃的宇宙膨胀说并不完善!?	162
专题 大爆炸被接受的三大理由	166
有没有外星人	180
专题 测量宇宙大小的方法 3 如果知道了星体的性质，就能知道距离?	186
第 4 章 宇宙的明天会怎样	189
✧ 4-1 向宇宙进发	190
✧ 4-2 最近的类地行星是什么	201
✧ 辉映姬公主号之旅 六	204
✧ 4-3 来到宇宙的尽头	206
终 章 宇宙只有一个吗	211
专题 多元宇宙论	217
宇宙的尽头、宇宙的诞生、宇宙的未来……	218
专题 宇宙空间与高斯曲率	220
专题 爱因斯坦的失败	225
编辑寄语	231
参考文献	233
照片提供	237
译者跋	239



序 章

从月球开始的故事

光辉县立高中

戏剧部

会员招募!!

噢，罗密欧……

为什么是你来演罗密欧？

没人演啊!!

连合适的会员都没有……

没几天就是文化节了……

文化节倒计时
20天!!

文化节倒计时
20天!!

怎么办啊？



我谢绝了各个运动协会的邀请，投身舞台，没想到结果却是……

是不是最近人们对文化活动不感兴趣了……



真让人惋惜啊!!

还是运动部更适合你吧……

可是……



这次文化节不能出节目的话……

撤销协会

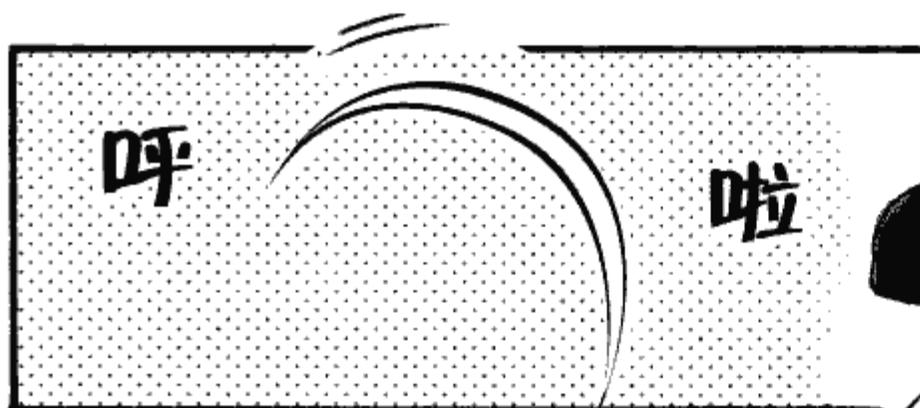
节倒计时
20天



啊——

不要……







变身

啪

怎么样！

你们在干什么！！

哇！和服！！

没，没……

月亮

看啦，今晚的月亮……

咦？

我要用我的泪水把月亮掩盖！！

她是个日本迷哦！

她好像学了不少关于漫画、动画、文学的知识。

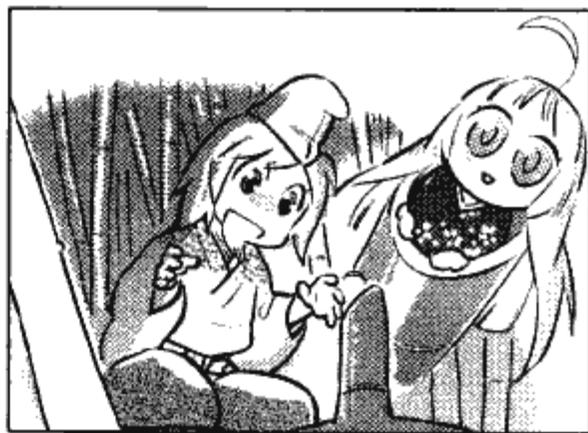
就算是那样，也没几个知道“金色夜叉”的啊！





☆☆☆ 辉映姬公主的故事 ☆☆☆

很久很久以前，有个老爷爷靠砍竹子做手编用品为生。一天，他在竹林里发现了一棵竹子根部隐隐发光。他非常好奇，砍开竹子一看，发现竹子里有一个很小的女孩儿，小得手掌上就能放得下。老爷爷想：“这一定是上天可怜我没有孩子，才赐给我的吧”。于是，他把小女孩带了回去，和老奶奶一起抚养。



此后，老爷爷再去竹林里砍竹子时，常常在竹子里发现金子，他们的生活也渐渐地富裕起来。女孩也渐渐长大了，三个月左右就长成了一个大姑娘。



长得真快啊！

得了得了，这是故事嘛

.....



他们给女孩儿起了个名字，叫辉映姬。辉映姬美貌出众，甚至传到了皇帝那里。许多男子都来向她求婚，但是她对他们一点儿兴趣都没有。

但即使如此，依然有五个人不死心，总是纠缠不放。

于是，辉映姬向他们提出了条件，要他们拿到稀世珍宝。当然，结果他们谁都没有做到。



什么珍宝啊？

龙嘴里能发出五彩光芒的珠子之类的。



这些人中，有的仗着家里有钱有势，但平时都没有经历过困难，他们一听说这么难的条件，就自动放弃了；也有的为了拿到宝物，自己划着船去找，途中遇到暴风雨，历尽艰险……其实，故事里这样描写人性的情节是很有意思的，但这次先跳过吧。



又过了三年，辉映姬一看见月亮，就变得无比哀伤，随着秋天月圆的日子的临近，她哭得更加厉害了。老爷爷关切地询问原因，她回答到：“我不属于这里，我是从月亮上来的，十五月圆日的时候就要回去了”。

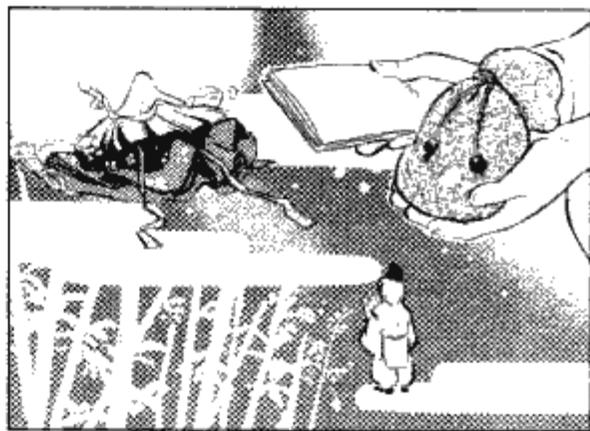


月圆日是什么时候啊？

阴历的8月15日，相当于现在公历9月左右满月的时候。



到了那天，为了留住辉映姬，皇帝派了很多士兵把辉映姬的家围了起来。可是他们根本拦不住从月亮来的使者，辉映姬被看不见的力量吸引着飞出了家门。



辉映姬也抵挡不住这股力量，只好把写给皇帝的信和长生不老药交给了老奶奶，穿上了使者带来的天女羽衣。于是她之前的记忆全消失了，向月球飞去。

皇帝读过信后，叹息到“既然再也不能见到她了，吃了长生不老药也没什么意义了”，于是就把长生不老药拿到离月球最近的地方，日本最高的山上烧了。因为在那里烧了不死药，那座山后来就被人们称为富士山（译者注：日语中，“不死”和“富士”发音一样）。



故事就是这样的……

那时候就有这么浪漫的科幻小说(SF)啊……

真好玩儿!!

没什么啦——

用不着这样嘛……

故事说的又不是你。

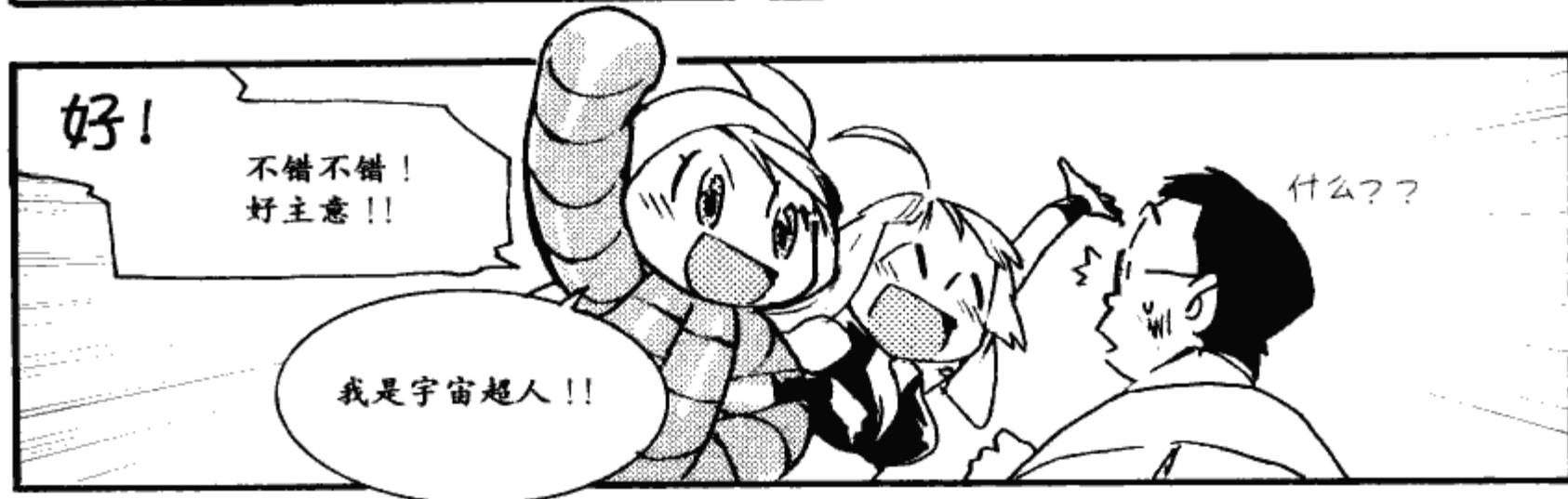
想想也是，辉映姬公主算是从月球来的外星人……真是一部科幻小说。

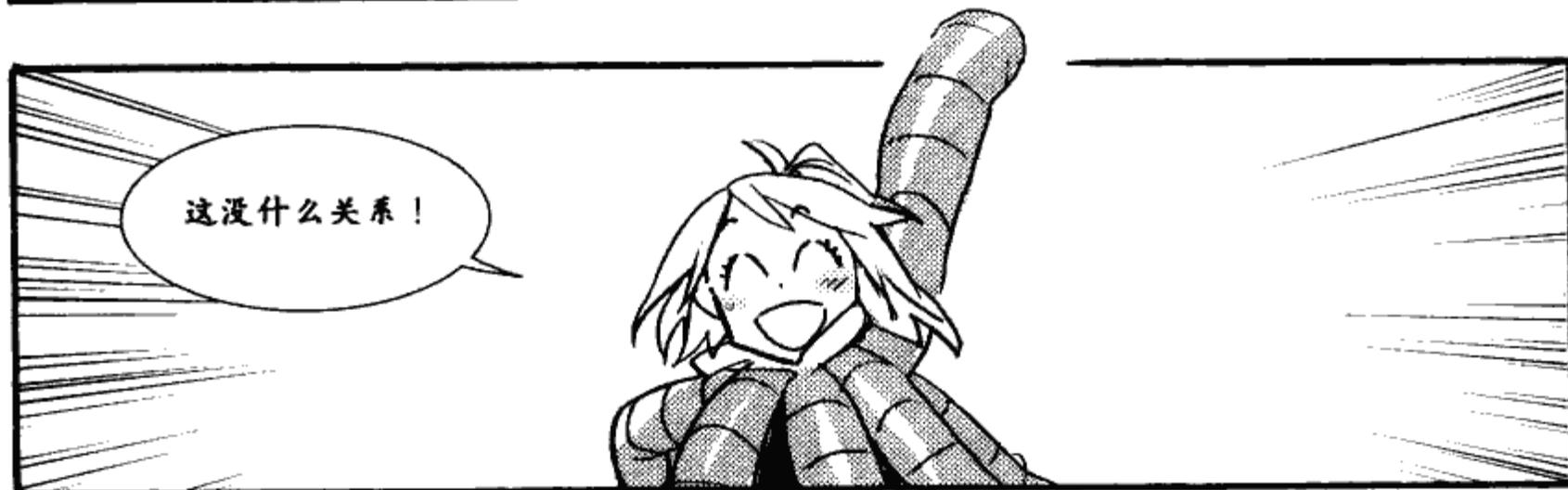
亚洲其他国家也有很多相似的传说。

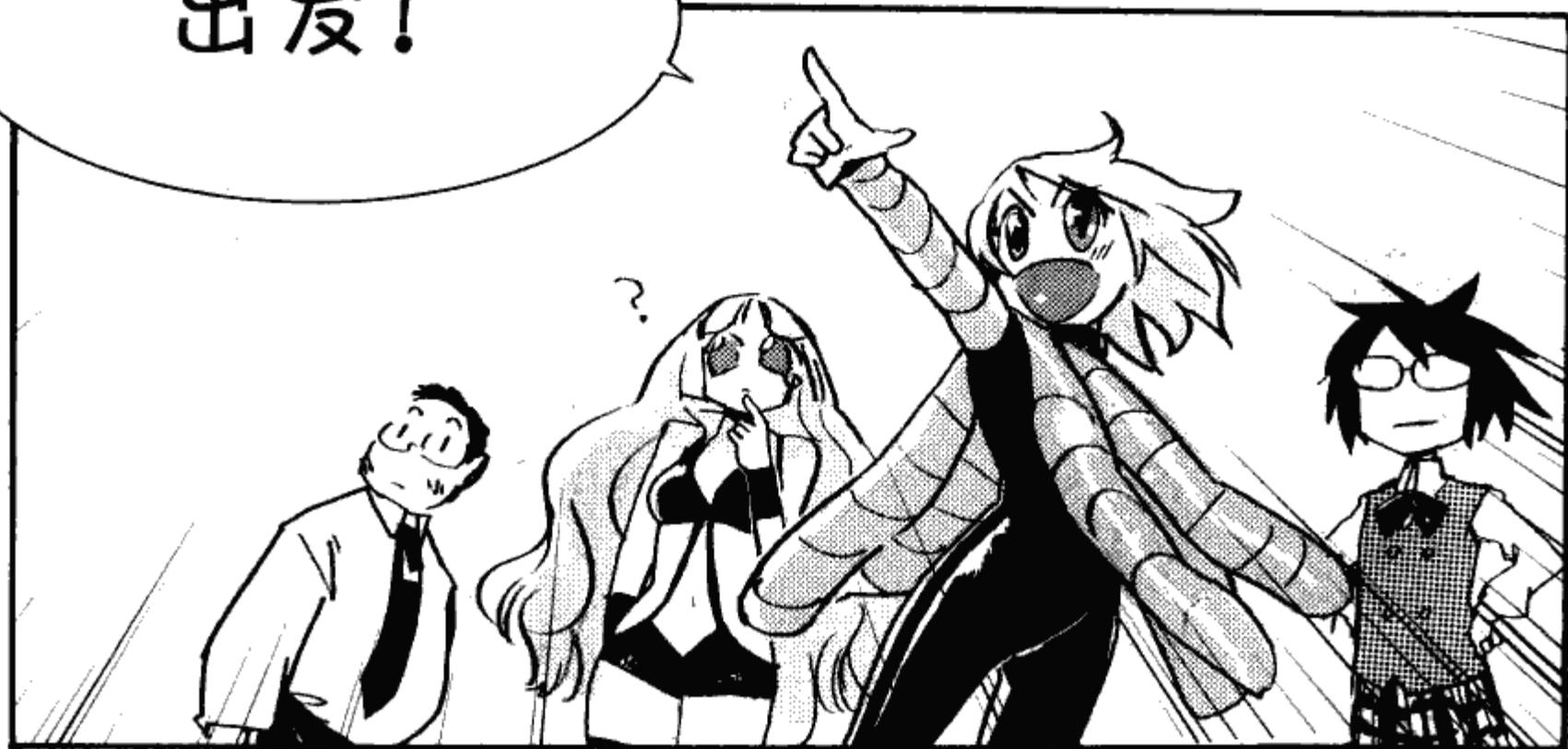
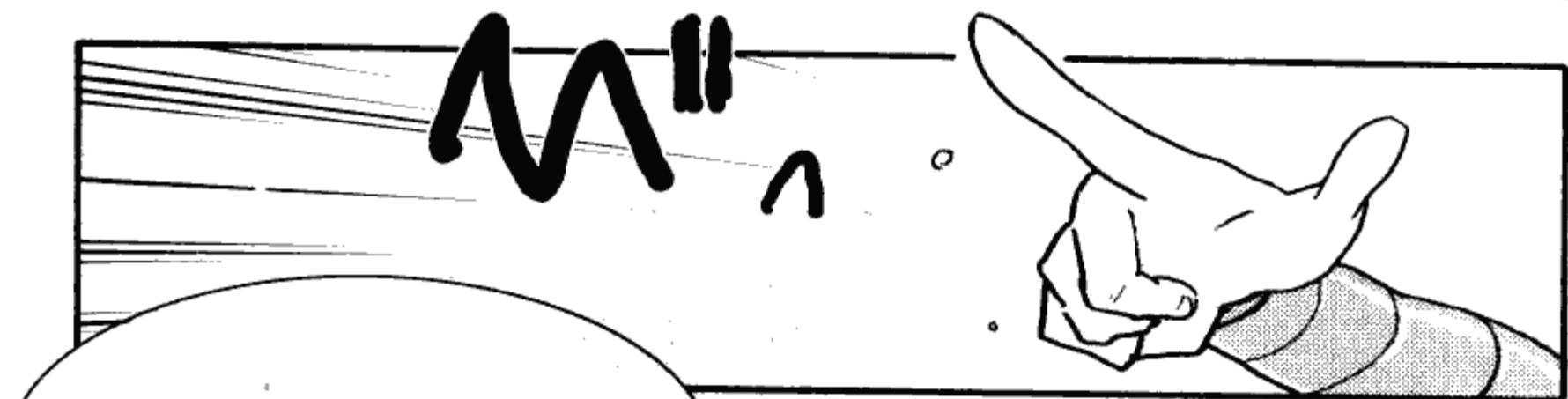
但只有在日本的传说中，主人公是从月球来的。

一边赏月，一边想着这个传说，挺有意思的……









宇宙之旅！！



快回去，
快回去吧。

拜拜



一会儿在我家集合！

☆辉映姬公主的故事是宇宙观察的结果☆

★为什么古时候的日本人认为月球是天体呢？

竹子里长出来的辉映姬公主后来回到了月球，这在日本是妇孺皆知的故事。大约一千年前的《源氏物语》中就对这个故事有过介绍，可以说这是个非常古老的传说。但是，至今我们也不明白的是，为什么我们的祖先会认为“月球上有人居住”？

很久以来，人类对宇宙的认识仅局限于“就是包围自己所居住生活的世界的空间”。从古代人们画的关于宇宙的图案就能看出，太阳、月亮、星星等天体就如同贴在大地（地球）的表壳上的小小的东西似的。而日本人却产生了月球上住着辉映姬公主的想法，这一点却是比较特别的。

★古代印度的宇宙观

在盘着的巨蛇身上有一只乌龟，乌龟上面有三头大象支撑着半球状的地球。太阳围绕大地中心的高山（须弥山，有人说是喜马拉雅山）转，月亮是山里守夜人的灯笼，随着守夜人的走动出现圆缺。



古代印度的宇宙观

★古代埃及的宇宙观

大气之神苏（Shu）支撑着天空女神奴特（Nut）。奴特象征着尼罗河，太阳神拉（Ra）每天划着船往来，于是产生了白天和黑夜。月亮和星星就是挂在奴特身上的饰物。



古代埃及的宇宙观

★古代巴比伦（美索不达米亚）的宇宙观

希纳尔人认为地球是称作天球的巨大的圆形物体，天井、月亮、星星都是贴在天球上的。天球被阿勒山支撑着，太阳在里面从东向西移动。



古代巴比伦的宇宙观

★有着发达的天文学的中国

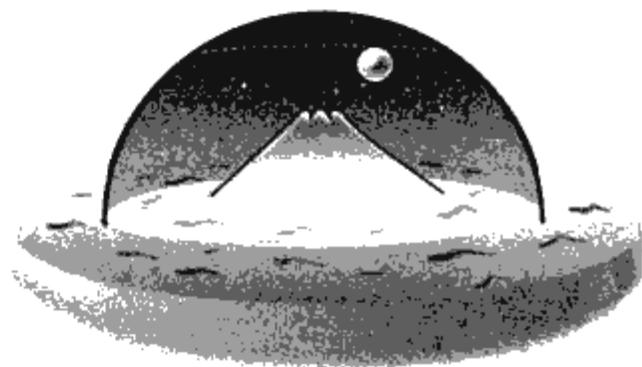
与以上“想象中的宇宙”不同的是，古代中国和希腊科学地思考着宇宙模型。

中国在距今大约 2400 ~ 2000 年前，根据观测结果产生了几种宇宙观点。其中最具代表性的是盖天说和浑天说。

盖天说认为，宇宙（天）像盖一样盖着被水（海）包围着的半球状的地球，北极为中心，自东向西每天转一周。太阳在天上做圆周运动，其大小因季节而异。

浑天说的浑天，意思是“天是最大的”，这种学说更加先进，更能正确地反映天体的运动。它认为天球不是盖子而是像蛋壳那样，所有的物质都包含在里面，天的北极也不在正上方而是有所偏离，所以能解释星座的季节性变化等现象。

但是，对于地球是球体还是漂浮在水中的一块大地，却有好几种说法，没有明确定论。



盖天说



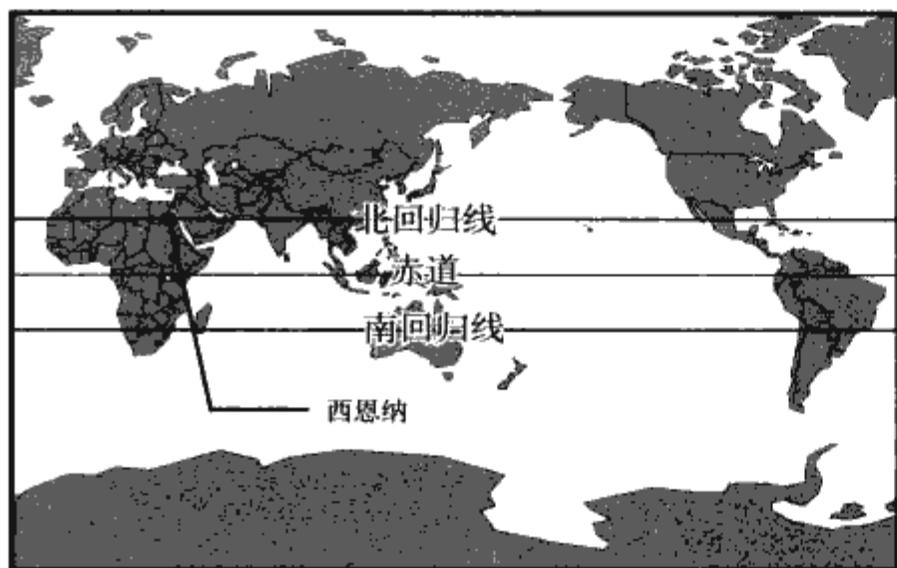
浑天说

★古希腊人计算出了地球的大小

而古代希腊人采用了类似现代数学和物理的理论思考来探索宇宙的真面目。他们所取得的最大成果之一，就是得出了地球是悬浮于宇宙之中的球形天体的结论。

古希腊时活跃于埃及的希腊学者埃拉托色尼（Eratosthenes, 公元前 275~ 前 194）采用了下面的方法，对地球的大小进行了计算。

★埃拉托色尼的计算方法



回归线与赤道

埃拉托色尼在古人所写的文献里，发现了如下内容的记载：在埃及南部的一个叫西恩纳（Syene, 今天的阿斯旺）的地方，当夏至正午时，垂直树立的木棍，没有影子。这意味着，太阳在正上方（天顶），这种现象只能在北回归线以南才能实现。

埃拉托色尼非常惊奇，他想，要是在埃及北部的亚历山大，情况又会怎么样呢？于是他很快做了试验，结果是木棍的影子并没有消失。

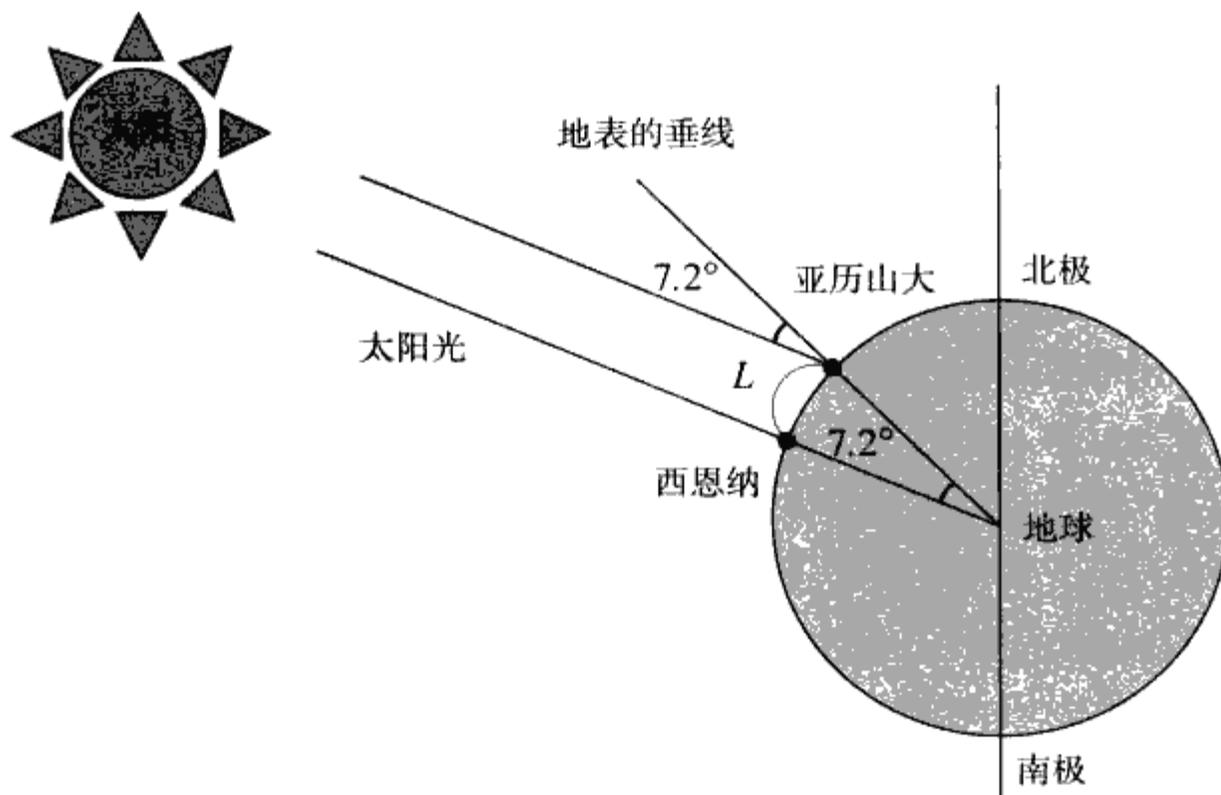
当时一些学者就在讨论地球可能是一个球体。而通过这个试验，埃拉托色尼确信了这一说法。接下来，他决定测定一下地球的大小。

他首先测量的是木棍影子的长度。这样一来，他得出，在亚历山大，同一天同一时刻，太阳光从与垂直方向成 7.2 度的方向射来。

接下来，他让人从亚历山大走到西恩纳，通过所走的路程，得出两地之间的距离是 5000 斯塔迪昂（Stadion）（当时的长度单位），大约相当于现在的 925 千米。然后通过下面的公式求出地球的周长。

$$925 \text{ 千米} \times \frac{360 \text{ 度}}{7.2 \text{ 度}} = 46250 \text{ 千米}$$

现在，我们已经知道地球的周长是 4 万千米。我们不得不感叹，在那个年代，埃拉托色尼得出的数字和现代测量得出的数字是如此的接近（此外还有些其他版本的说法，比如有人说埃拉托色尼不是通过观察木棍的影子，而是看到太阳光照射到井里而想到的。此外，关于计算结果，有的人也说是大约 4 万千米，基本与现在的测量结果吻合等）。



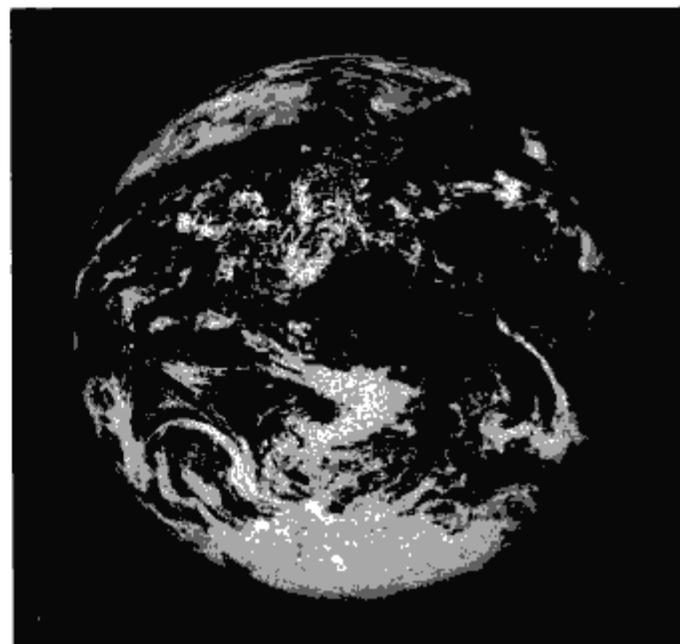
埃拉托色尼的计算方法

★如果地球是圆的，那么月球也应该是圆的

不仅是埃拉托色尼那样的学者注意到地球是圆的，像生活在海边的人们也注意到了这一点，对于他们来说，沿着地平线看不见尽头，或者远方驶来的船只总是船帆先出现在视野里等现象早已司空见惯，而这些现象在“平面的情况下是不可能存在的”。

埃拉托色尼时代的古希腊就是地中海上的海洋国家。或许就是因为这个地理原因，很多人才有了“地球会不会是圆的”的感觉吧。

而对于月球，只要是视力正常的人进行正确观察，也很容易发现其不是平面，而是一个球面。就像看放大的照片一样，我们可以发现月球表面有的地方明有的地方暗，如果它是平面的话，这种现象也就不会存在了。



地 球

让我们再回到辉映姬公主的传说吧。

日本是一个四面环海的国家，人们在日常生活中就能注意到地平线，也正是出于这一原因，人们才想到了“地球可能是圆的”。16世纪，欧洲传教士来到日本，他们向日本传授先进的科学知识。他们向织田信长等（译者注：日本战国时期的官职）展示了地球仪，而日本人并没有对此表示出太多惊奇。

在日本，自古以来，人们就对月球有着天生的亲近之感，比如关于月宫里的兔子的传说等就是很好的例子。人们喜爱月亮，经常眺望它。像望月那样的传统

节日好像是从中国传过来的，但是爱月的习惯据说可以追溯到绳文时代（约16500年前到约3000年前），如果是这样的话，发现月球是球体也是情理之中的事了。

既然地球和月球都一样，都是漂浮在宇宙中的球体，那么人们认为这两者上都居住着人类也是再自然不过了。也许这就是对辉映姬公主的故事的产生缘由的推理。



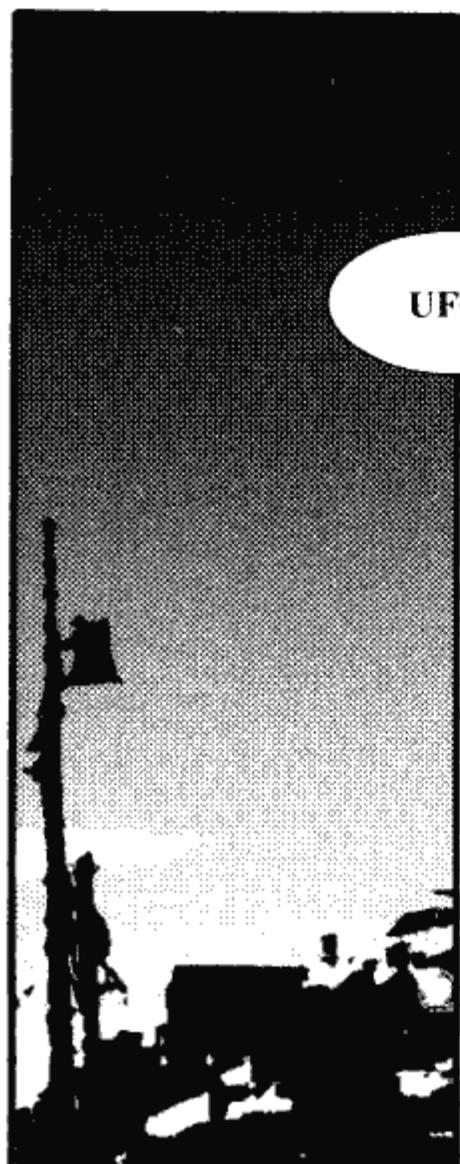
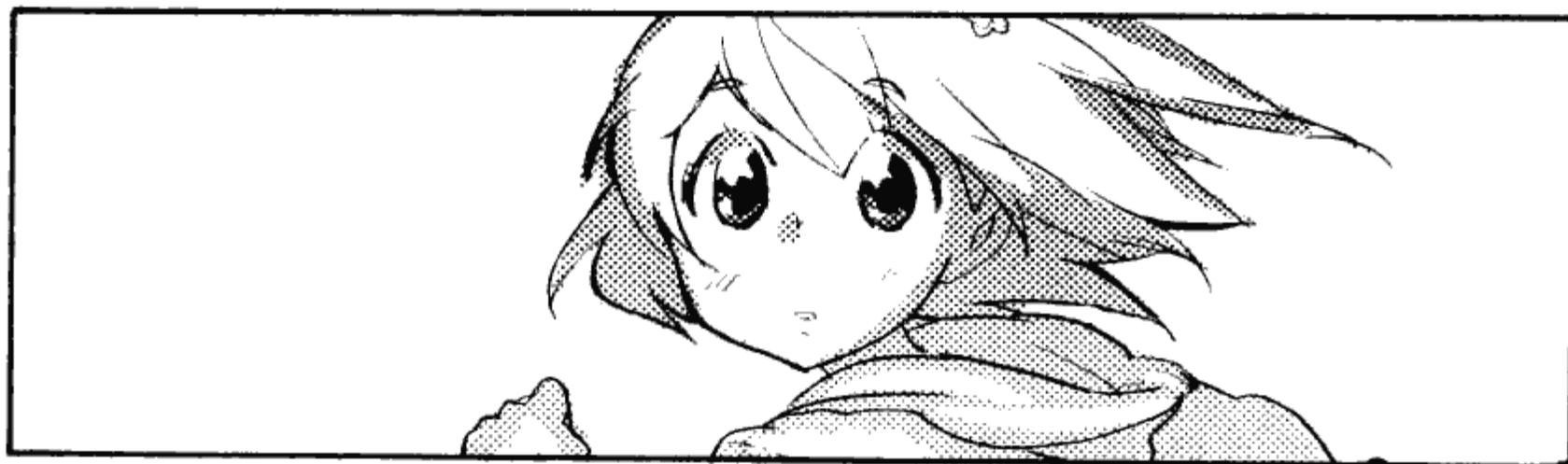
古代日本人热爱月亮



第1章

地球是宇宙的中心吗

★ 1-1 奇怪的光线 ★



UFO?



嗒嗒嗒...



啊？

安娜！！？



她是外国人，觉得去日本人家做客很有趣，可是……

嘻嘻
哈哈

对了，玟娜说的“一会儿就知道了”指的是什么呢？

一会儿就知道

还是去看看吧。

唉！

喂！

嗒嗒嗒

玟娜！这么晚你上哪儿去了啊？

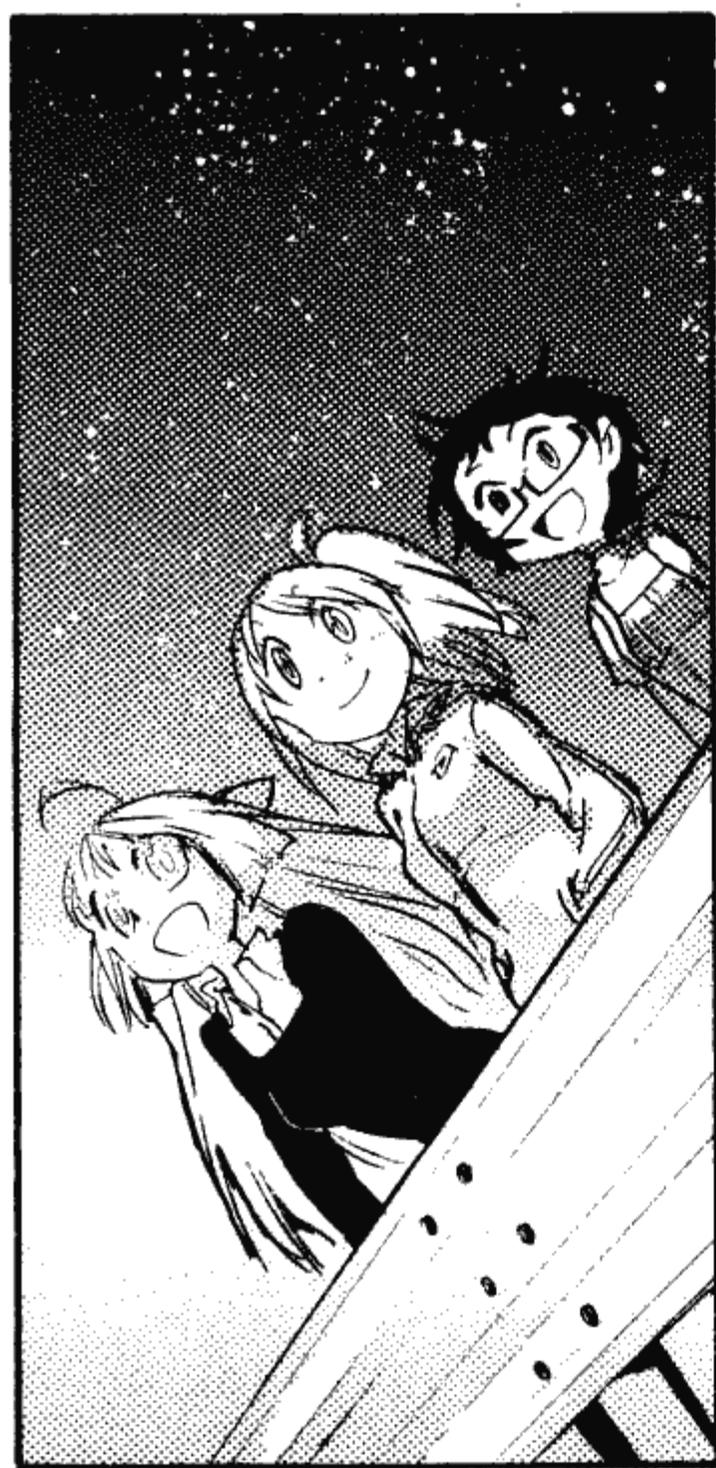
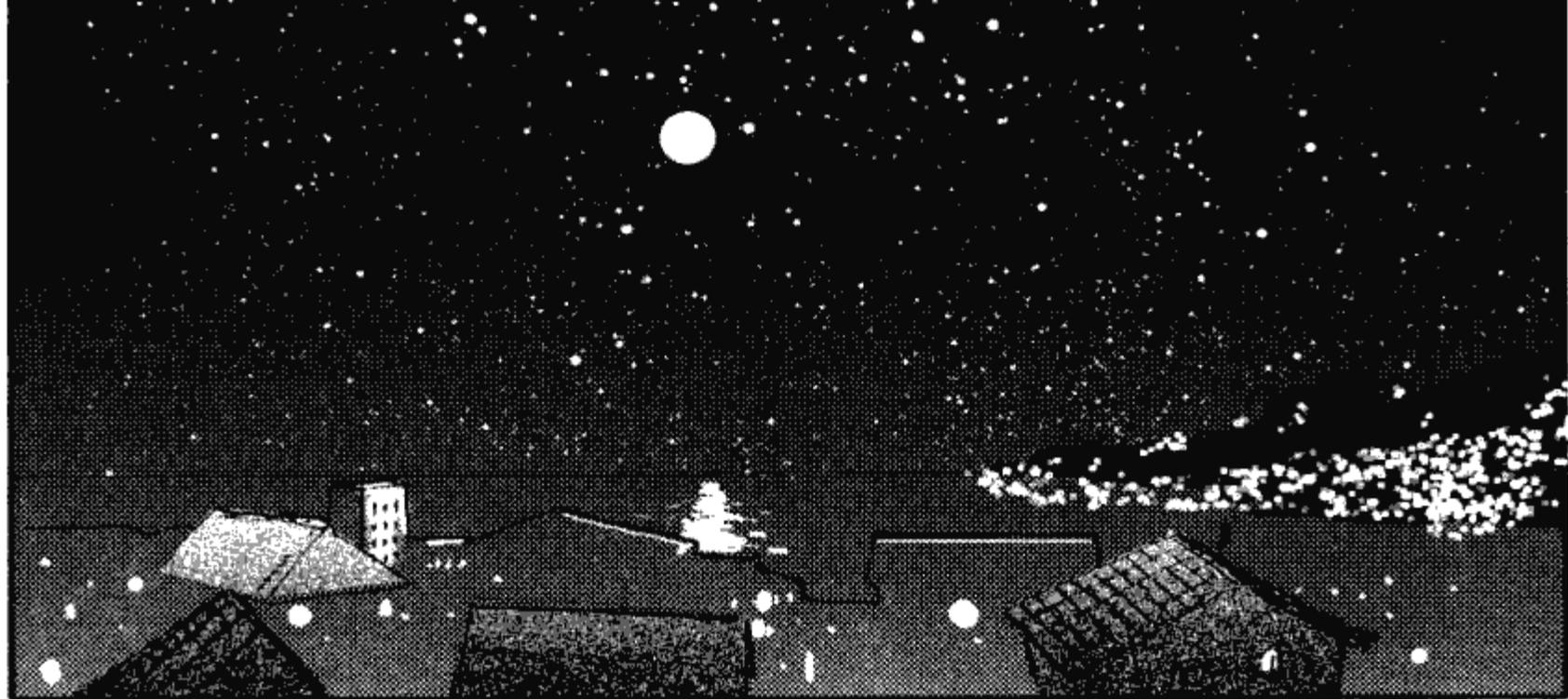
很晚了吗？

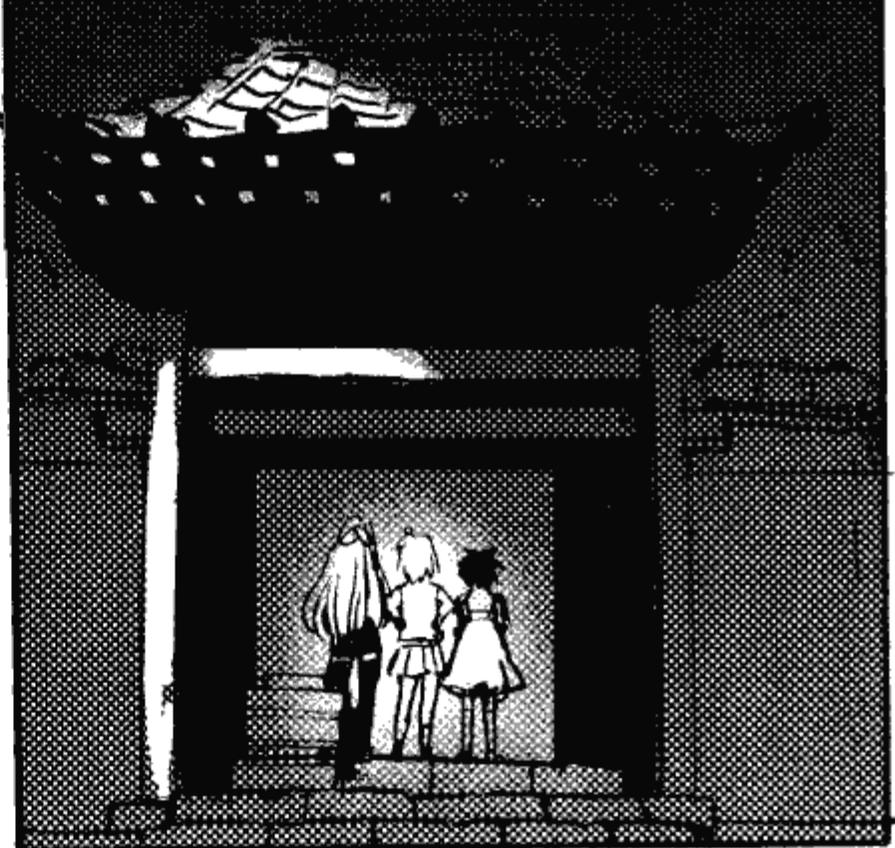
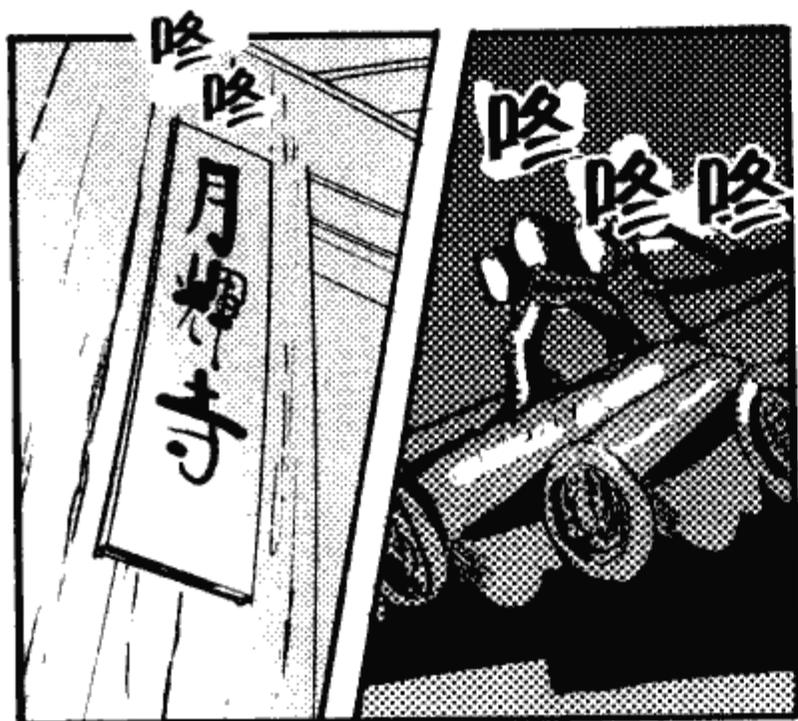
啊——啊！！

呼——

呼——







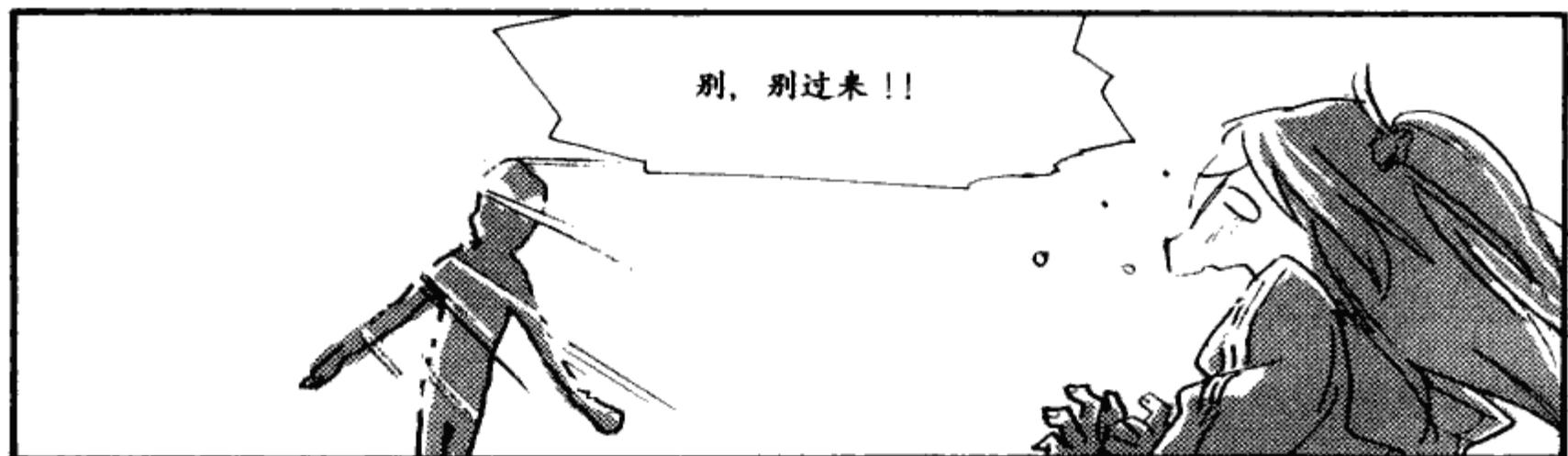


外星人!!



是，是刚才的 UFO
上的人!!

不会吧!!



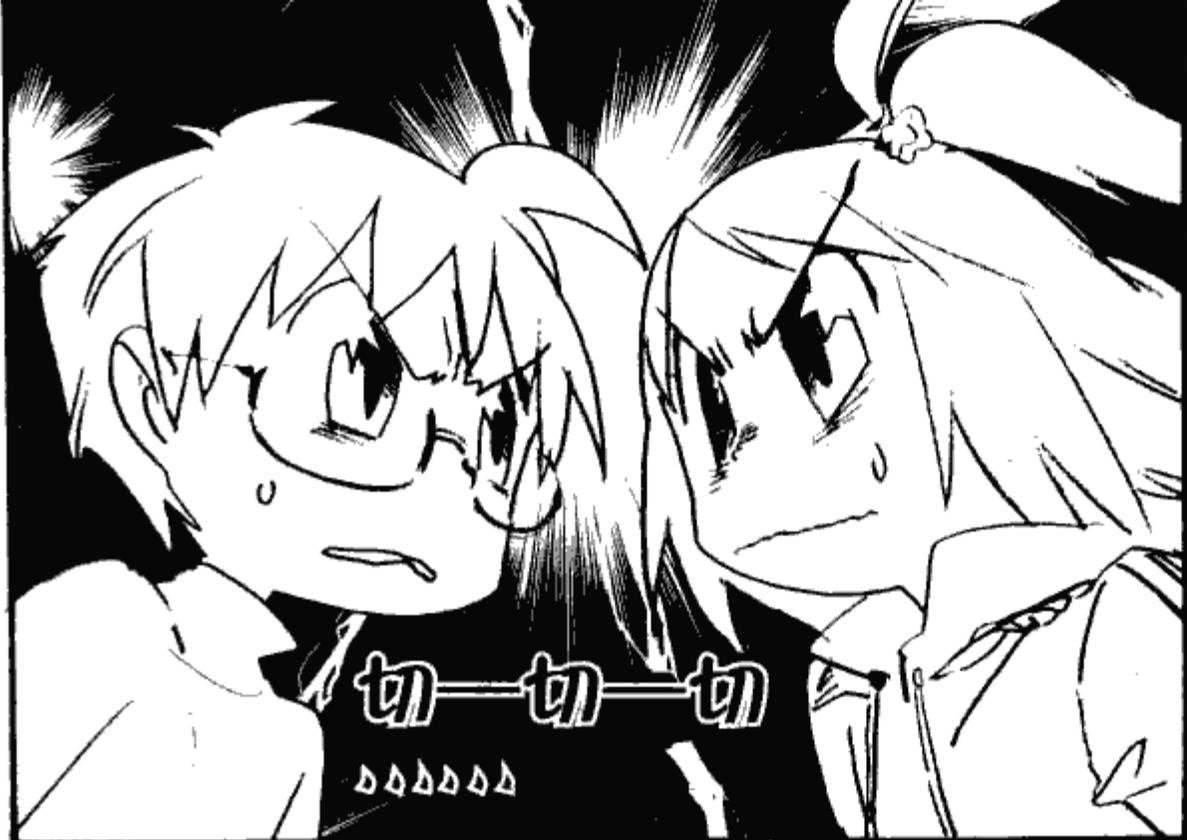
别，别过来!!



喂!

干嘛呢!! ——





切——切——切

△△△△△△



啊？



这是茨娜的弟弟吗？

惊讶

呼



他是我哥哥，就是长得有点儿矮……

哈哈

这样啊

是大学生噢！！



贯太大学读的可是天文学专业哦！

吵死了啦！
吵死了！

是吗？



原来是这样啊，有问题我们可以向贯太请教啦！

那——那——

那好吧，只要我知道，就告诉你们！





A. 傍晚 5 点半左右，西边天空，较低的位置，出现了一道光。



我们称 A 是观察结果，而 B 是由此得出的推断。

B. 那是外星人乘坐的 UFO。



有可能是这样，但也有可能不是。

下面我们来研究一下吧！



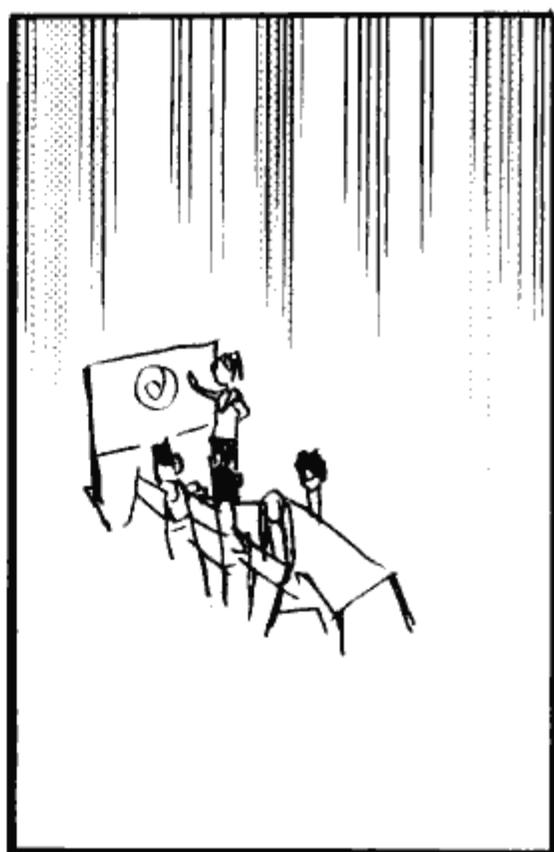
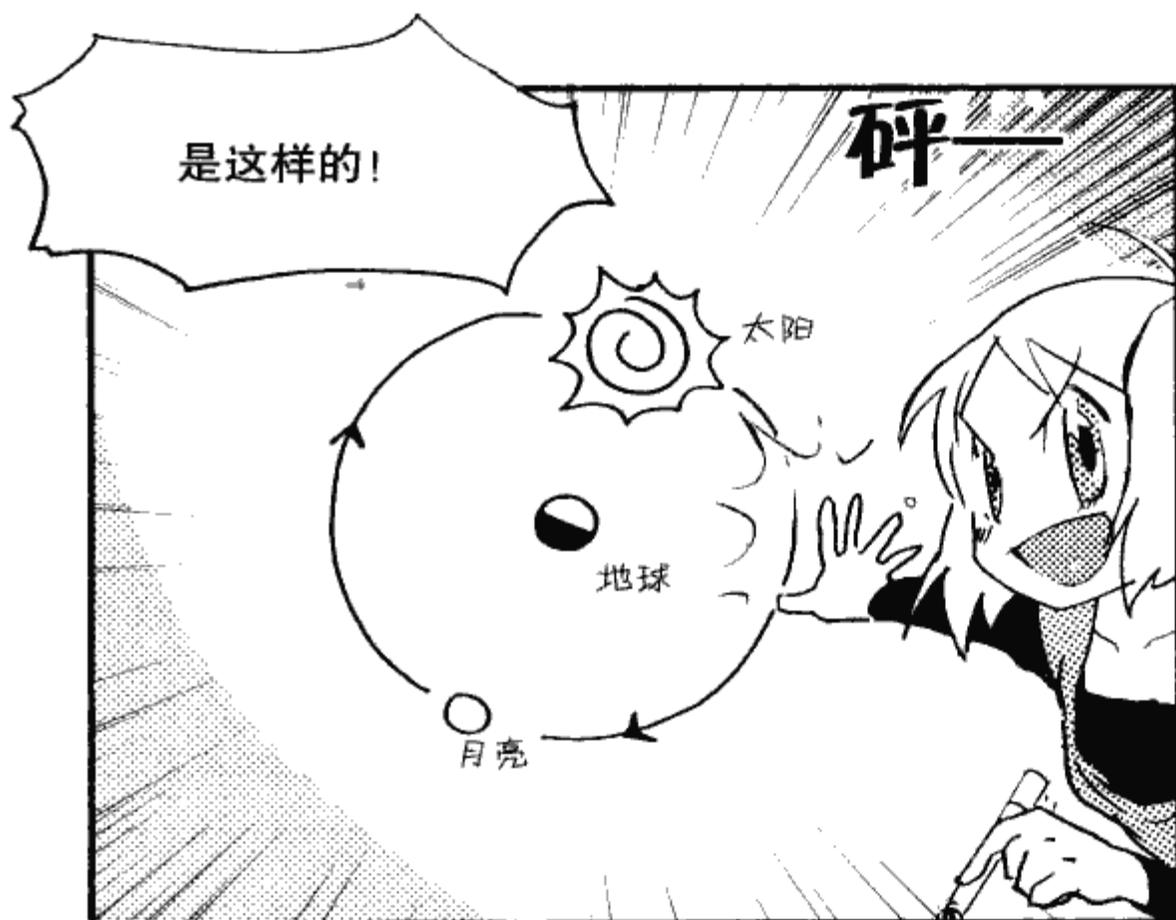
这老师真有耐心啊！

茨娜，你先来说说。

你知道太阳、地球、月亮三者是什么样的关系吗？

好啊！





切——

没有研究就乱说一气！



是吧，老师。

哈哈！



其实，

我也觉得月亮和太阳是绕着地球转。

真的哦！



什——么!?

怎么会呢？



老师，您可是天文学家啊！

您可是我的导师……

可感觉真的就是那样啊，有什么办法呢？

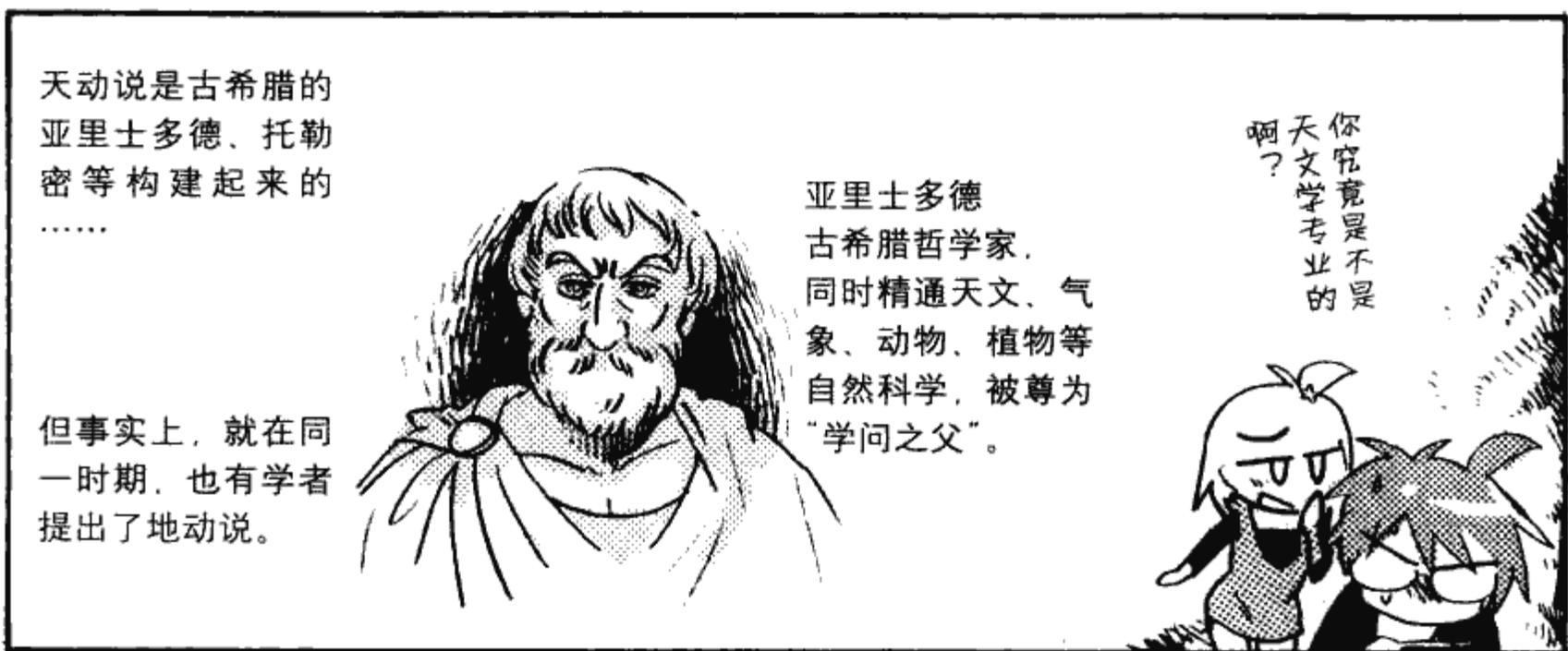


老师，

我明白了，看起来是那样但并不等于就是那样……

是吧，是吧！





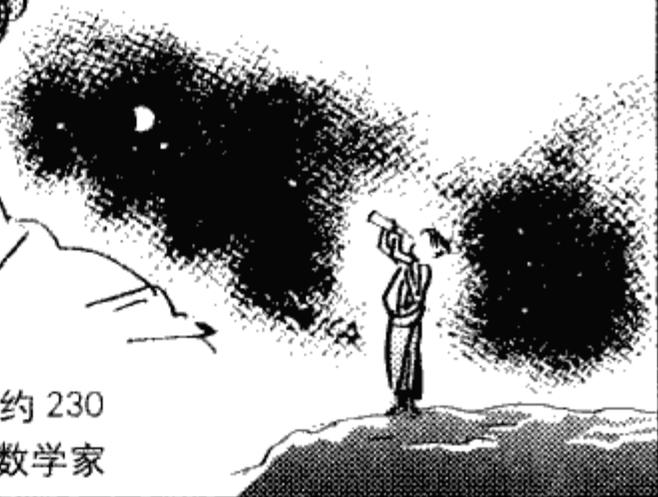
★ 1-3 2300年前就存在的地动说 ★

公元前3世纪，有一个比亚里士多德稍晚时代的学者阿里斯塔克斯，刚开始时，他想用天动说来阐释宇宙的面貌



阿里斯塔克斯
公元前约310 ~ 前约230
古希腊天文学家、数学家

但是随着观测的进行，他产生了一个疑问。



他觉得月亮的圆缺是太阳光的照射角度变化引起的。



怎么回事啊？

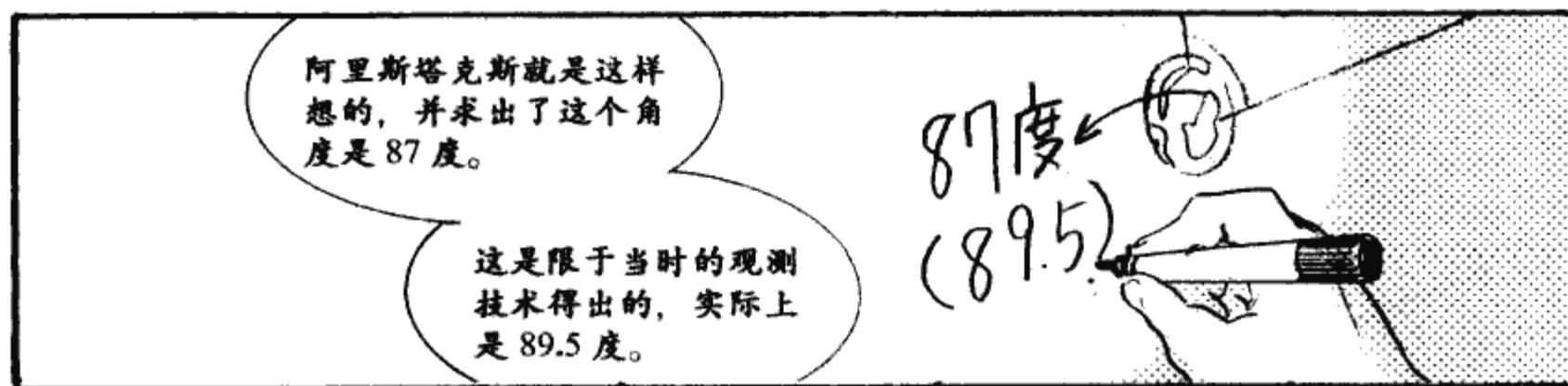
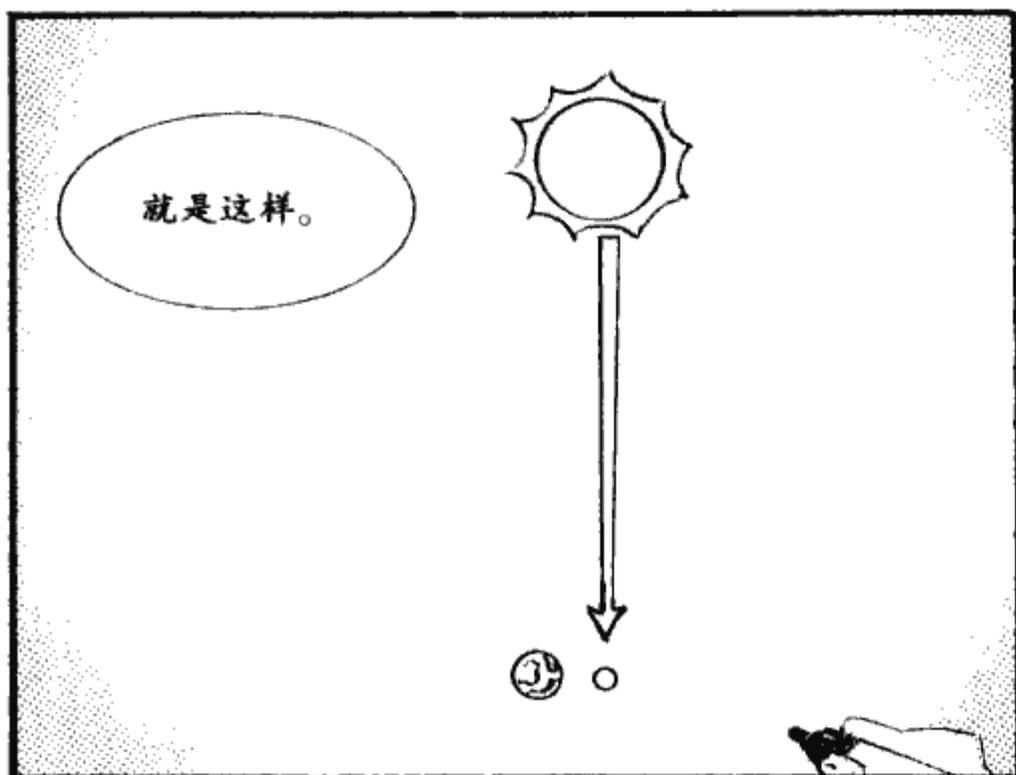
就是这样！

哇
啊
啊



打个比方吧，
半月的时候太阳是这样横着照的，

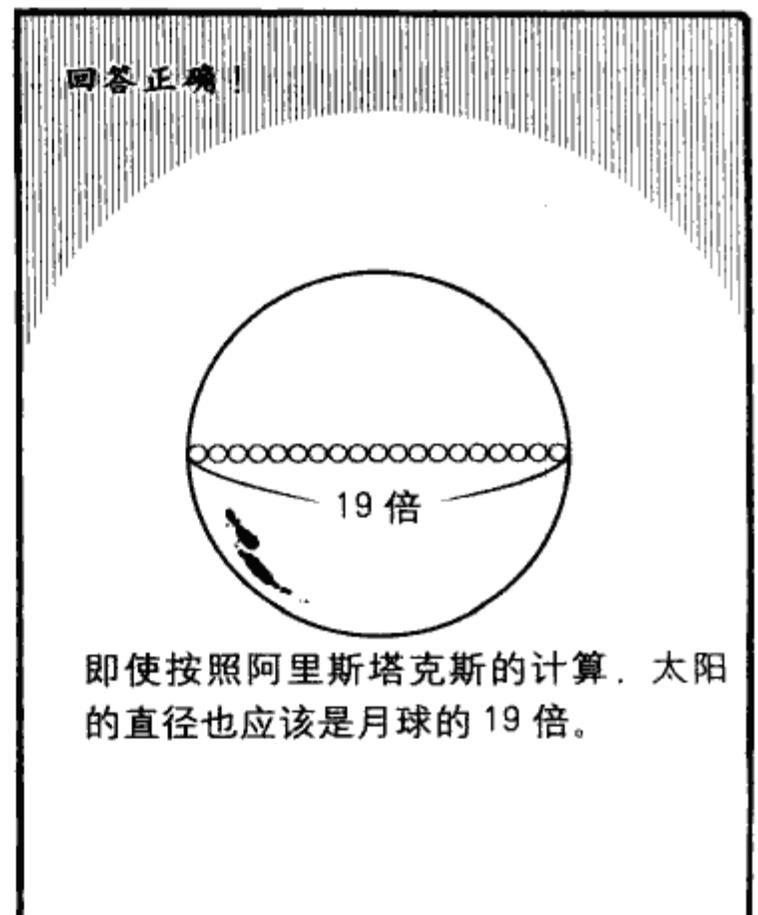
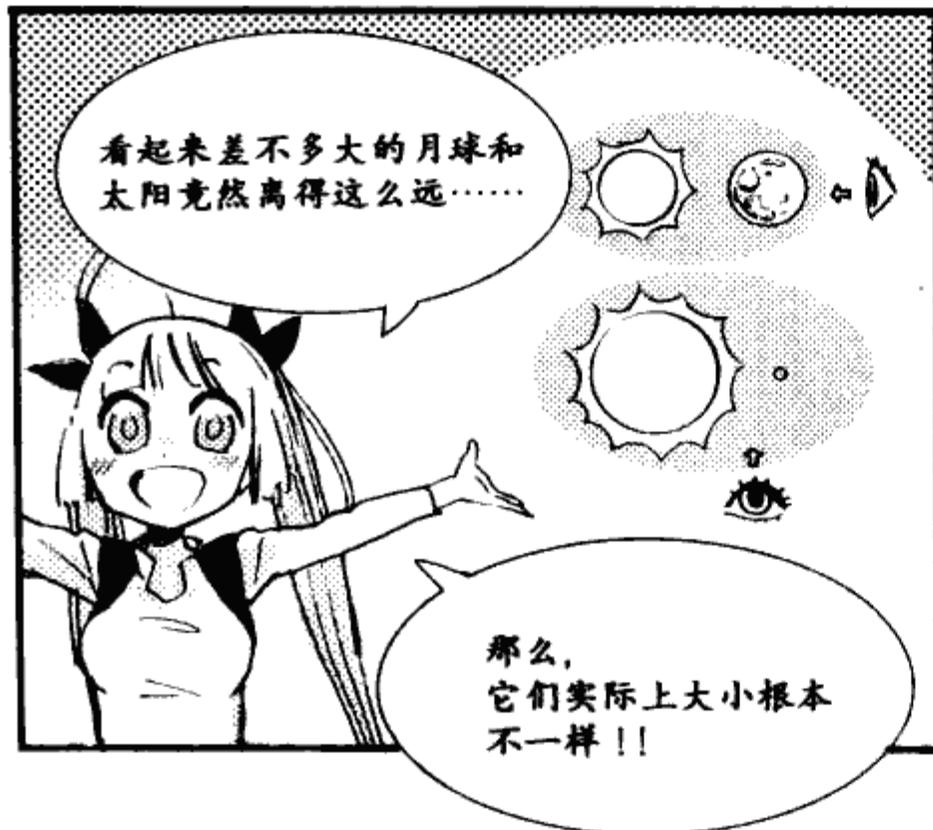
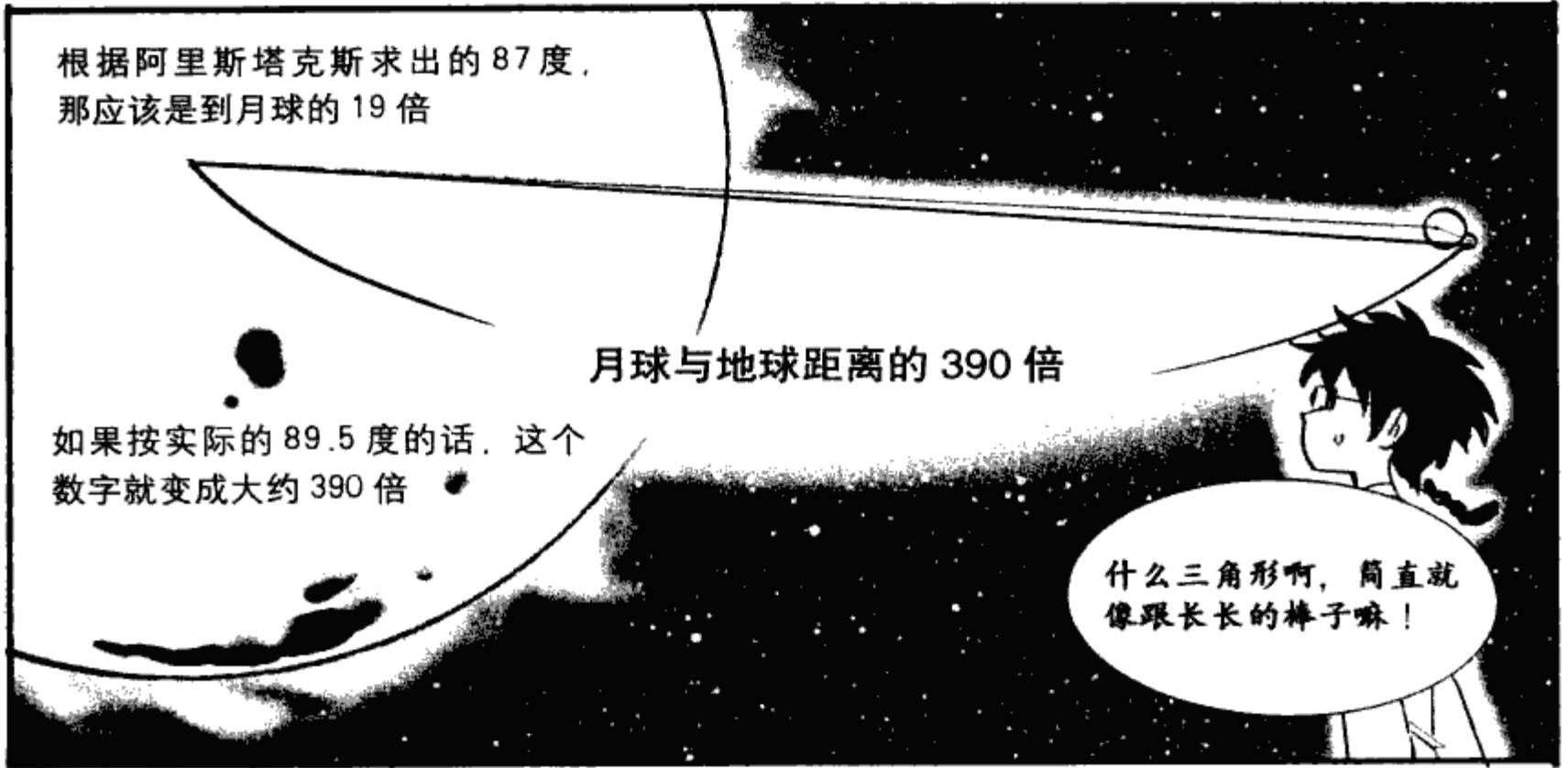




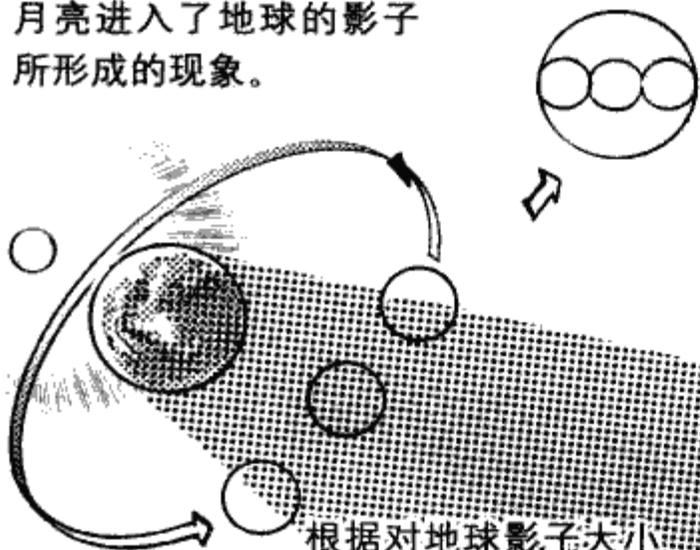








另外他还发现，月食是月亮进入了地球的影子所形成的现象。



根据对地球影子大小的分析，他认为月球的直径大概是地球的三分之一。

这么一来，太阳的直径就是地球的6倍以上。

如果都是同样的物质构成的话，那么它们的重量又有多大的差异呢？

求体积是立方关系……

$$6^3 = 216$$

约 200 倍？

实际上是33万倍

地球 ×

33万

就算是 200 倍，也相当大了！

如果天动说是正确的话，如此大的太阳每天绕地球一周是不可能的。

1 DAY

咕——
不可能吧！

阿里斯塔克斯的疑问就是这样产生的。

确实不太可能啊……

可是人们知道太阳那么大的后，为什么还是继续相信天动说呢？

阿里斯塔克斯也并非产生了疑问就能确立和推广地动说的。



怎样才能让人们接受呢？

而且在人们看来确实是太阳、月亮围绕着地球转

要颠覆人们的想法并没有那么简单！

哈哈

哈哈



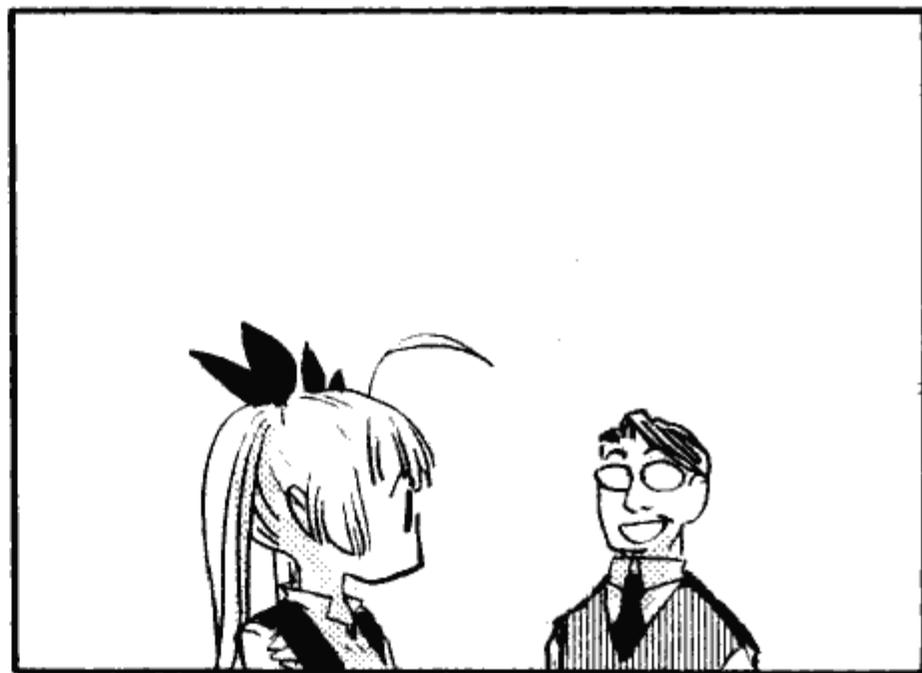
有那么好笑吗？



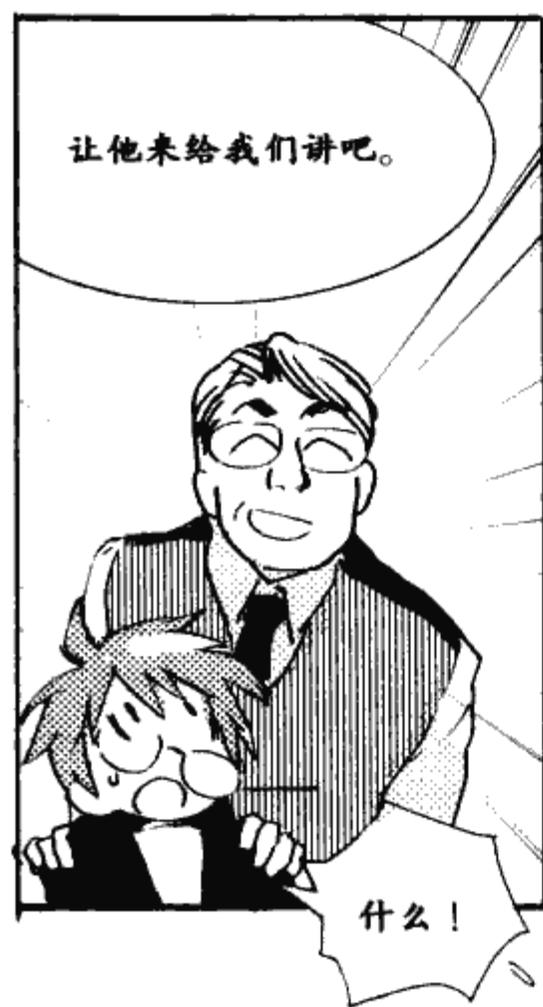
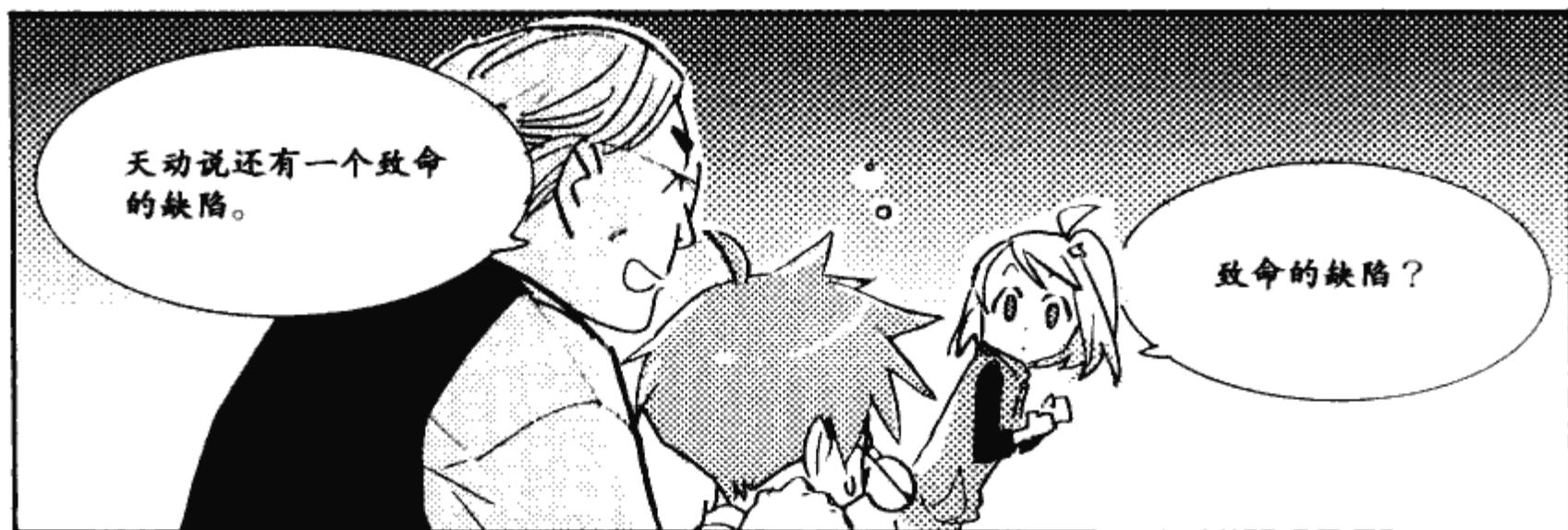
不能让人们接受的学说，不管它有多正确，还是难以推广的！

非常正确……

嗯嗯







★ 1-4 从天动说到地动说 ★



行星在希腊语中被叫做“惑星”。就如同它的名字一样，古往今来，行星的运转留给人们很多的疑团。其他的星星，也就是恒星，保持着相同的天体位置关系而运动，行星却和它们不同，不断变换着位置。



我以前在天文馆听过讲解。

天文馆 (planetarium) 这个名字也是从行星 (planet) 得来的，它是为了研究和再现行星复杂的运动而建立的。



你知道的真多啊！

我在学英语时学到的。



英语？几级啊？

不说了，否则你要取笑我了。



如果按刚才老师最初画的天动说模型来解释的话，那么行星这样的现象就无法解释了。如果不是做太阳、月亮那样的运动，就显得很奇怪。



那天动说应该“投降”了吧。



不是的。下面要出场的就是我们刚才提到过的托勒密。



谁啊？什么时候的人啊？



啊……



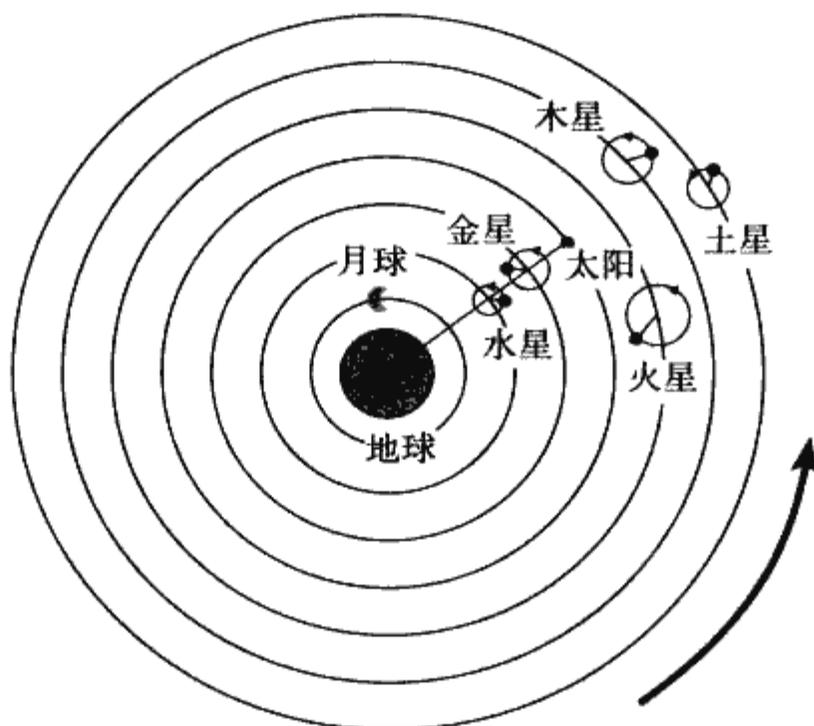
他的生卒年不详，是2世纪左右，古罗马时代希腊的著名天文和地理学者。他所绘的世界地图据说一直被人们沿用到中世纪。就是他，想出了天动说中解释行星运动的方法。



克罗狄斯·托勒密

公元约90 - 约168

古罗马时代希腊天文学家、地理学家。他在《地理学》一书中所绘的“世界地图”是世界上第一幅使用经纬度的地图，并且其确立的“北方朝上”的画法一直沿用到现在。



托勒密构想的天动说模型



对，对。上一页的下面画的就是他构想的“天动说”



托勒密的“天动说”和古希腊人构想的“天动说”一样，太阳、月亮以及其他行星等都围绕着地球转。其他人提出的“天动说”无法解释行星有时逆行的现象，托勒密的“天动说”认为除了太阳和月亮以外，其他星星还以其轨道上的点为中心公转，这样就能说明行星的逆行现象了。



这样啊，想法还不错。



那为什么水星和金星跟太阳在一条直线上呢？



这是为了说明为什么水星和金星看起来离太阳那么近。



哦，因为和太阳一起围绕地球转，所以看起来总是在太阳附近啊？



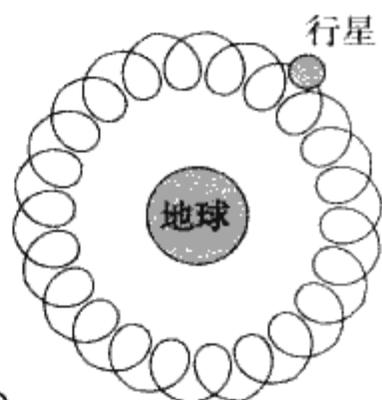
可是……

怎么了？





你们不觉得这张图画得有些牵强吗？



天动说中行星的转动方式



是啊，有点费解啊。要是这样的话，行星转的圈真麻烦啊，就像弹簧卷一样。

是啊，和最初的天动说相比，这给人感觉好像是被主观地修正的。



嗯，我们都有点儿不能接受。

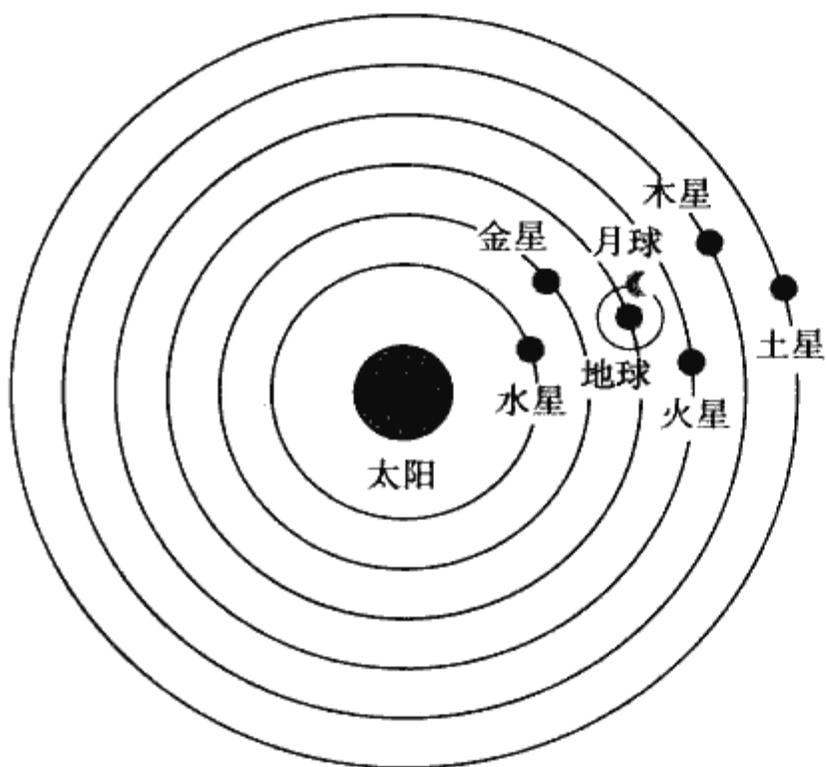
是吗？即使如此，这也是费了很多心思才想出来的……



先不要发表感慨了，把它和哥白尼的地动说模型比较一下吧！

好的。托勒密的天动说宇宙图被人们信奉了近 1400 年，直到后来，就是刚才提到的哥白尼，对此提出了不同的看法。1543 年，哥白尼在《天体运行论》一书中，以地动说为基础，提出了行星轨道的计算方法。详细说明请阅读本书第 70 页的内容。





很清晰!



能看明白噢!



我个人还是觉得，天动说中为了解释行星的运动而进行的构想真的很了不起……



哥哥，你为什么这么向着天动说啊。看看这图就知道地动说是对的啊!



哦? 你刚才不是还相信天动说吗?



我们要对流行敏感才对。



如果人们都像你这样，那恐怕伽利略就不会进宗教裁判所了。



伽利略·伽利雷

1564-1642

意大利物理学家、天文学家、哲学家。



哈哈，话又说回来，虽说地动说是对的，但也不是说它就是绝对的正确，只是比起天动说来更加真实和准确。天动说不也能解释观测到的行星的运动吗？



这么说天动说也对？那究竟哪个对啊？



你们知道“奥卡姆剃刀”吗？



说的是“如果存在多个能说明同一事物的理论时，最简单的那个就是最正确的”，对吗，老师？



对。用这个理论来衡量天动说和地动说，那么“在解释行星的运动时，地动说比天动说简单，所以它是正确的”，从这个角度来看，我们说地动说是正确的，是出于这方面的考虑。



确实是哥白尼的图要清晰易懂一些……



Simple is best !

★ 1-5 宇宙的距离感 ★





既然宗教法官都已经否定地动说了，可为什么后来地动说又成了主流了呢？

就在伽利略生活的时代，人们发明了望远镜。

※ 这是牛顿望远镜

人们能更加清晰地观测天体，也发现越来越多的与天动说相矛盾的事实。



伽利略也用自己制作的望远镜，取得了两个重大的发现。

伽利略发现1： 木星有4颗卫星

发现了地球以外的行星也有卫星，回应了天动说的问难“为什么只有地球才有卫星（月球）”。

伽利略发现2： 我们的眼中金星的大小在变化

这一点用肉眼不易发现，但是用望远镜观测，就能看到金星的大小在变化。天动说认为地球与金星的距离是一定的（即使是螺旋状的轨道，那也是一定的），但这与观测事实完全不符。

1619年，
约翰尼斯·开普勒
提出了行星的运动
法则，地动说又增
加了有力的支持者。



开普勒

1571 - 1630

德国天文学家。用物理学理论解释了天体运动（开普勒法则）。

正是因为天体运动
也能通过物理学来
解释，大家才开始
接受地动说。



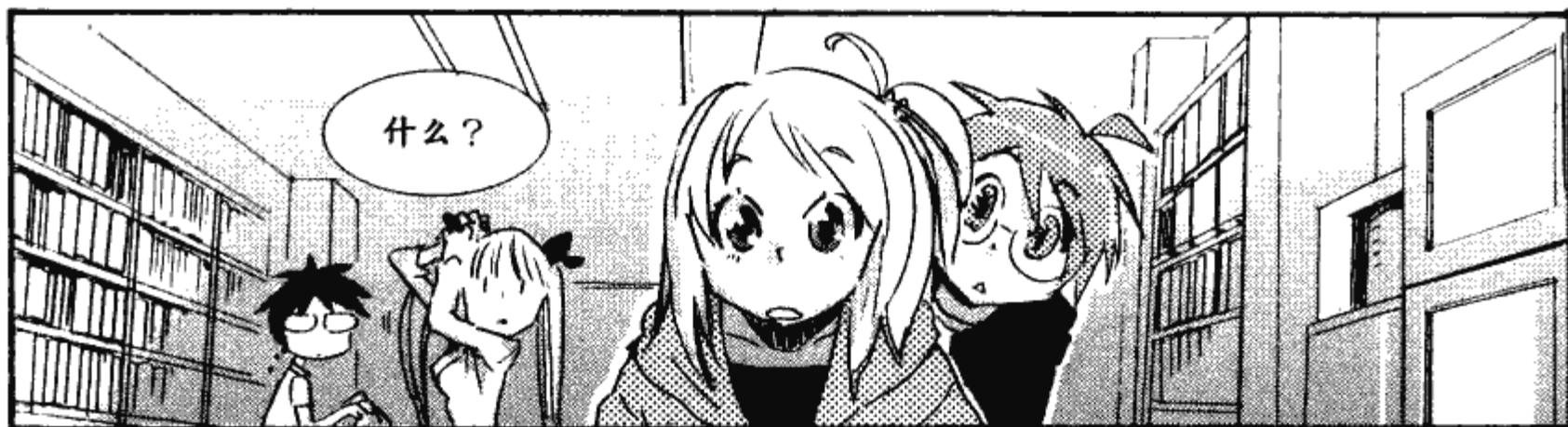
这就是观测、考察、
建立理论这一科学进
步的基本模式。

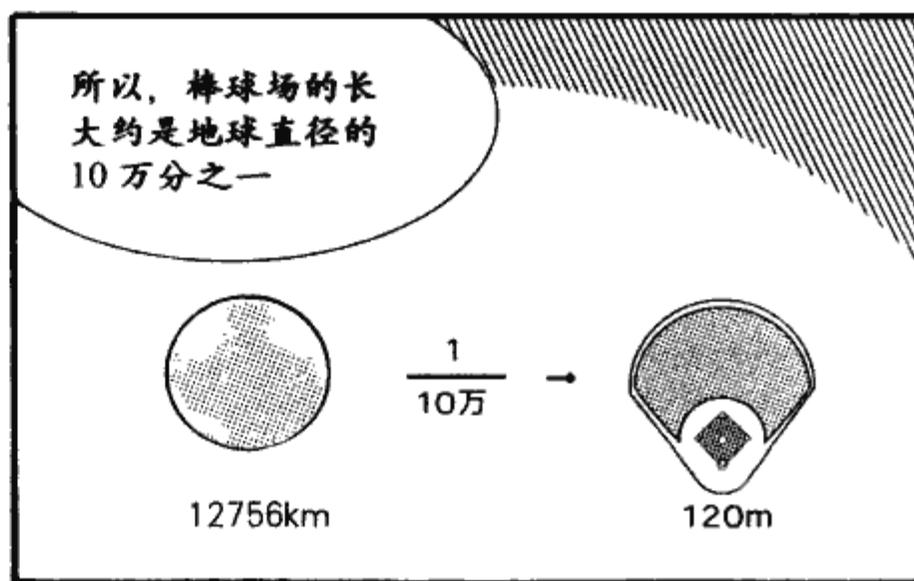
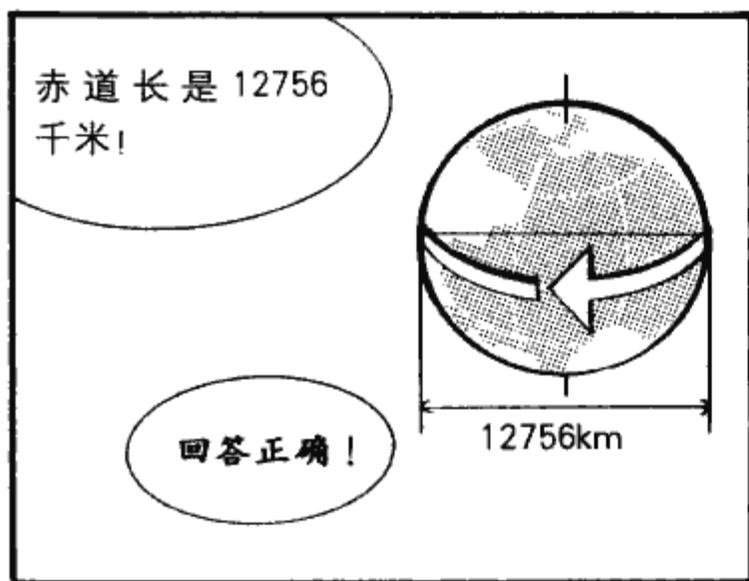
继开普勒法则之后，再
加上牛顿力学，学术领
域有了新跨越，宇宙知
识体系也建立起来了。



老师！

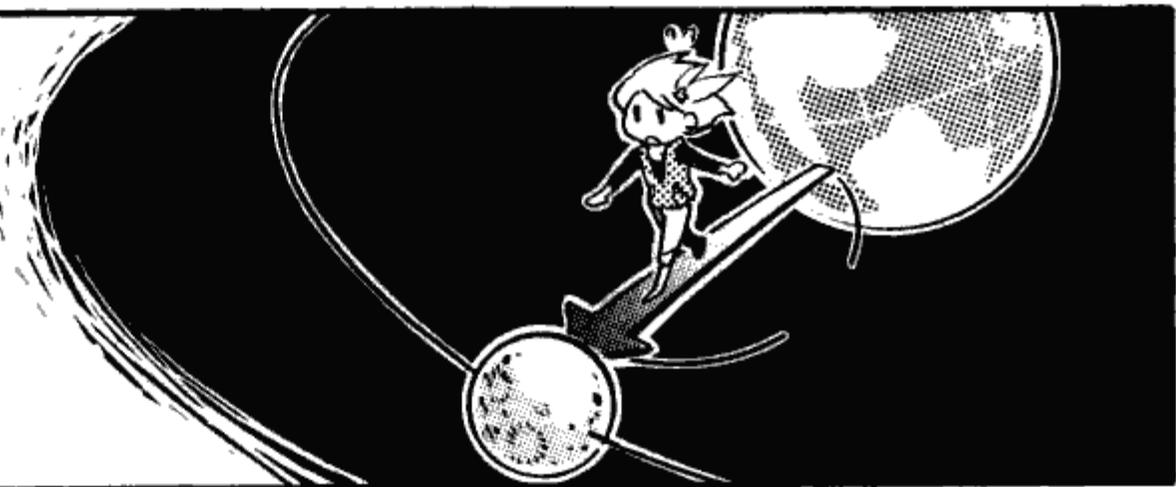
可是我的UFO呢？







月球的轨道半径平均为384400千米，按这个比例缩小后，就是大约4千米。



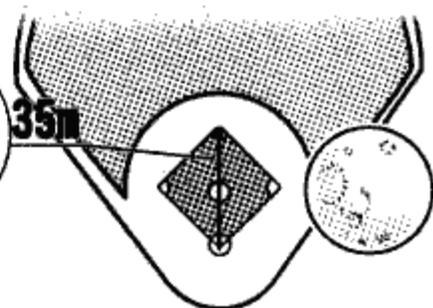
阿波罗计划真伟大啊！



月球的大小又是多少呢？



赤道直径是3475千米，那么十万分之一就是大约35米。



相当于棒球场的内场？

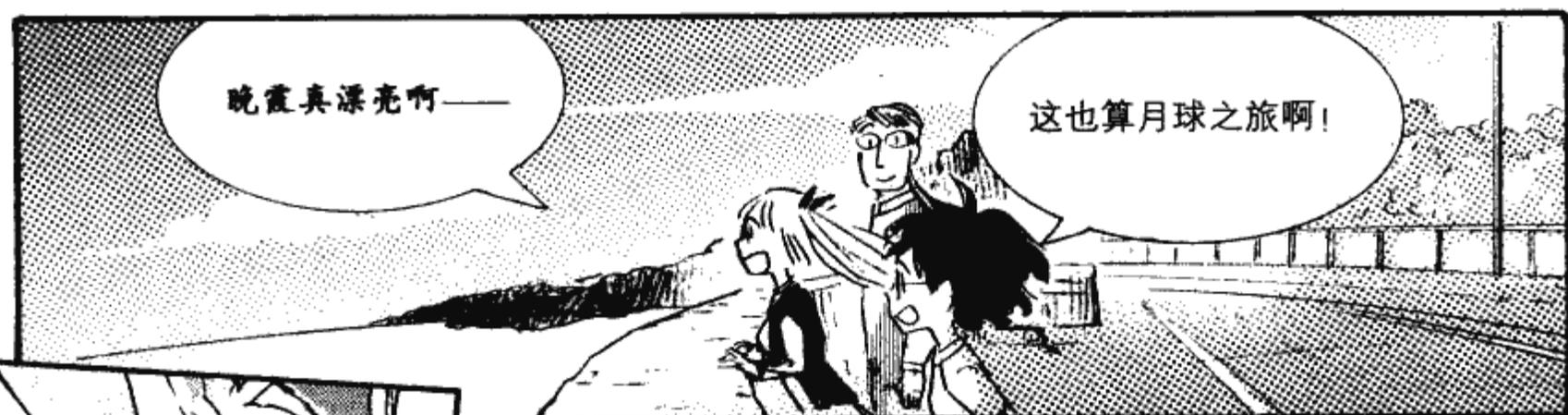


到了。





到月球啦!!



晚霞真漂亮啊——

这也算月球之旅啊!



唔

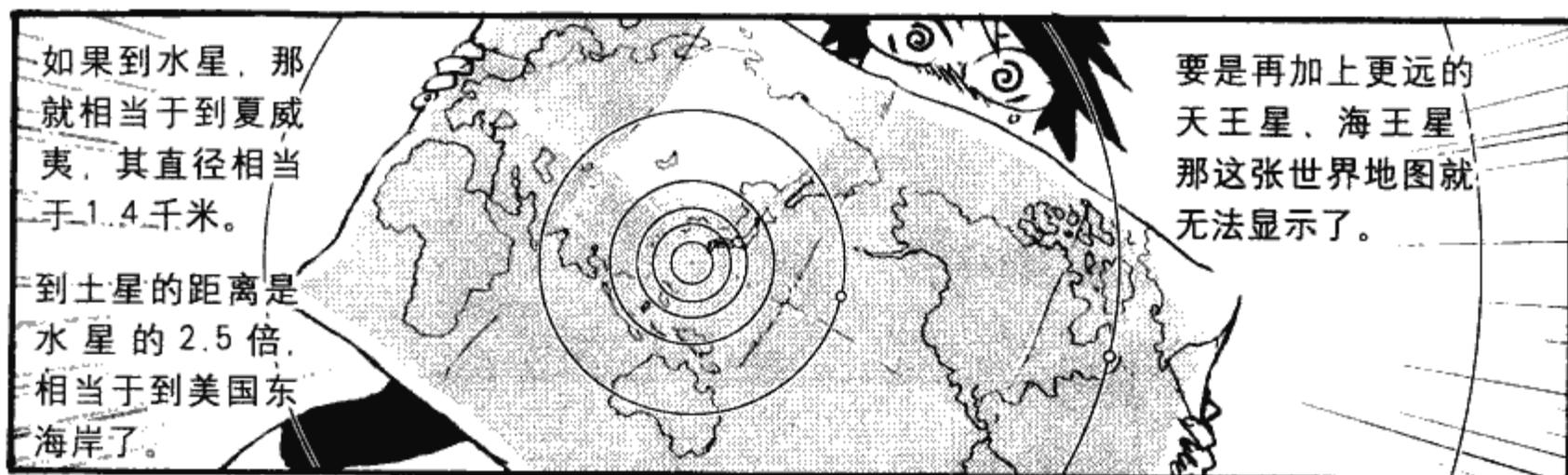
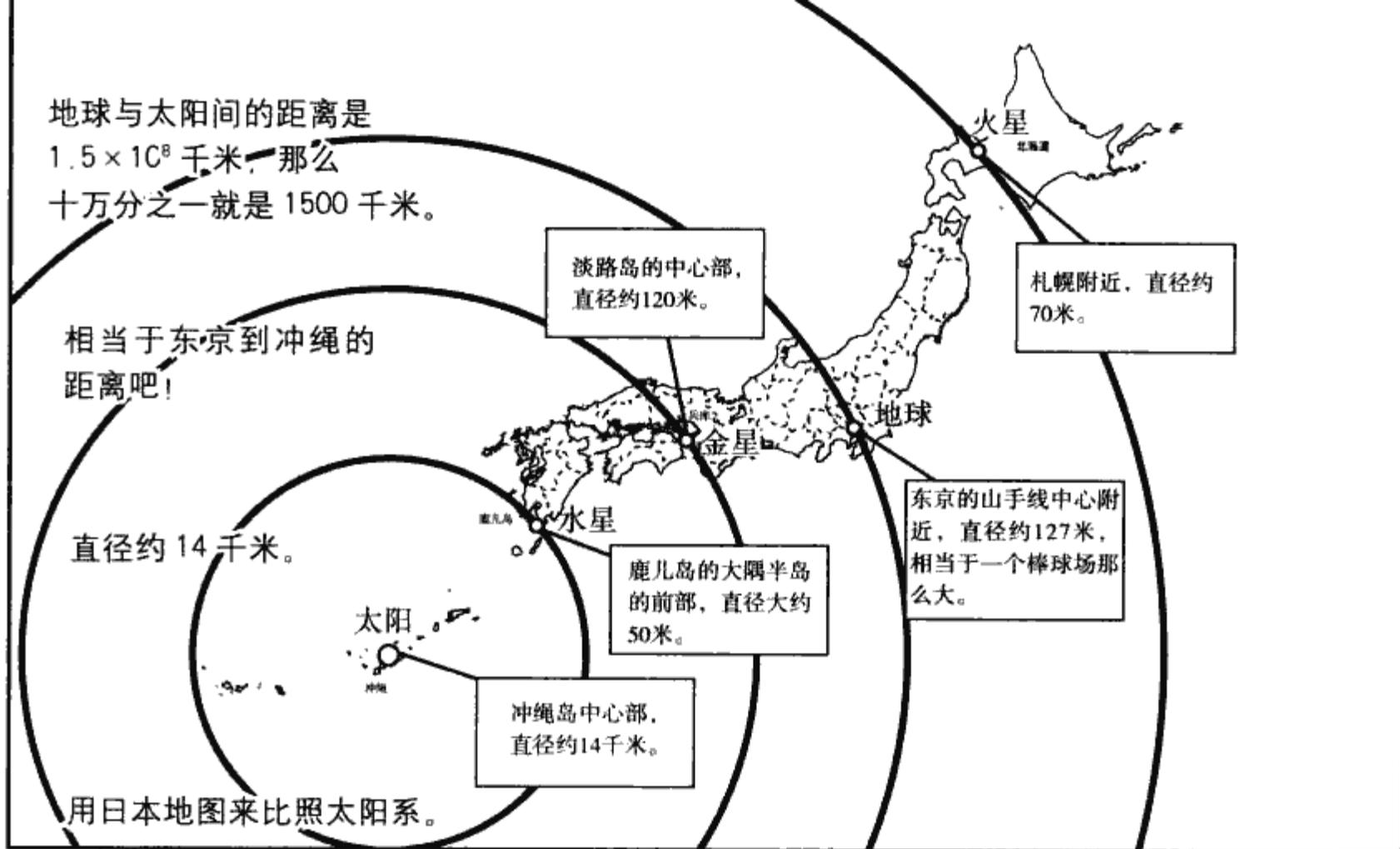


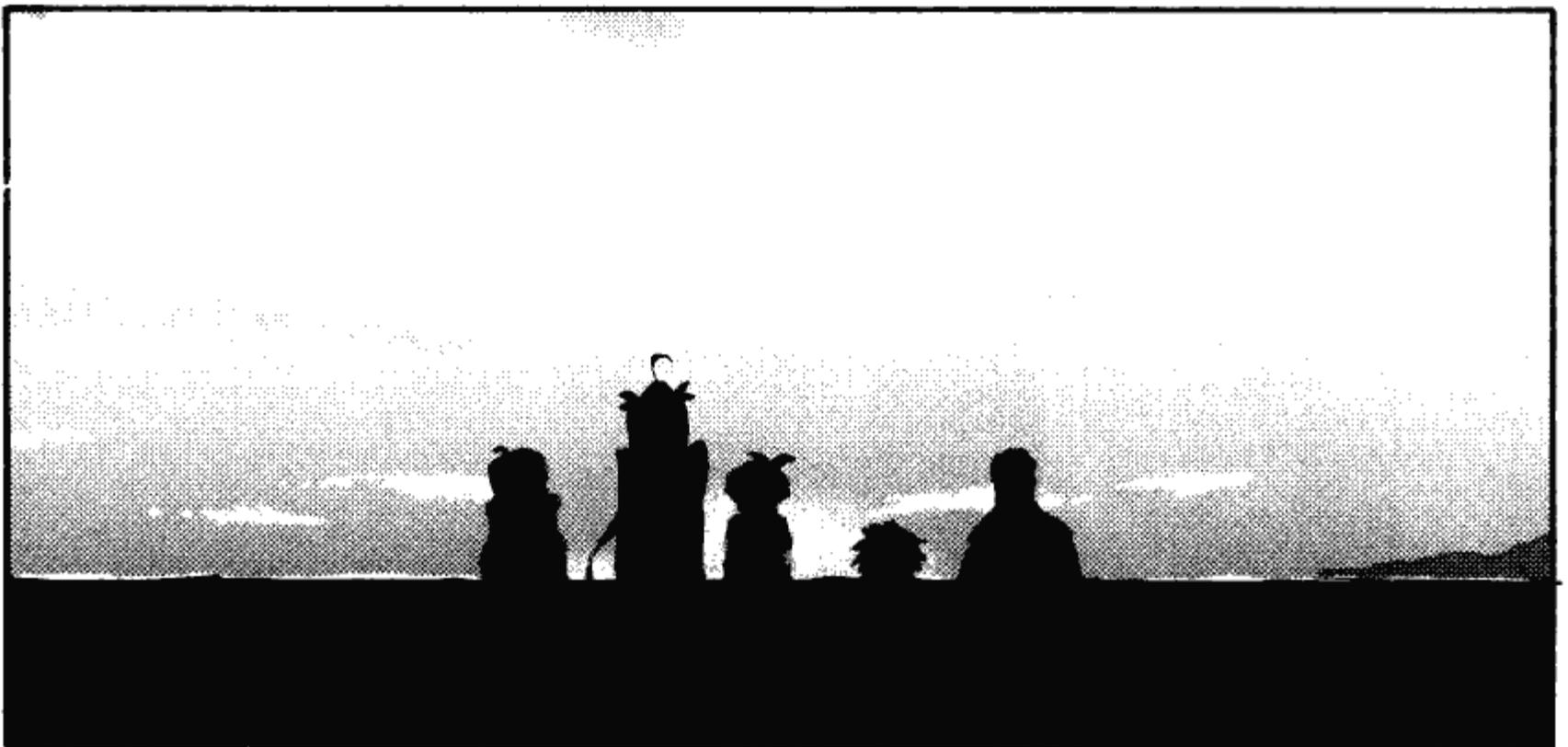
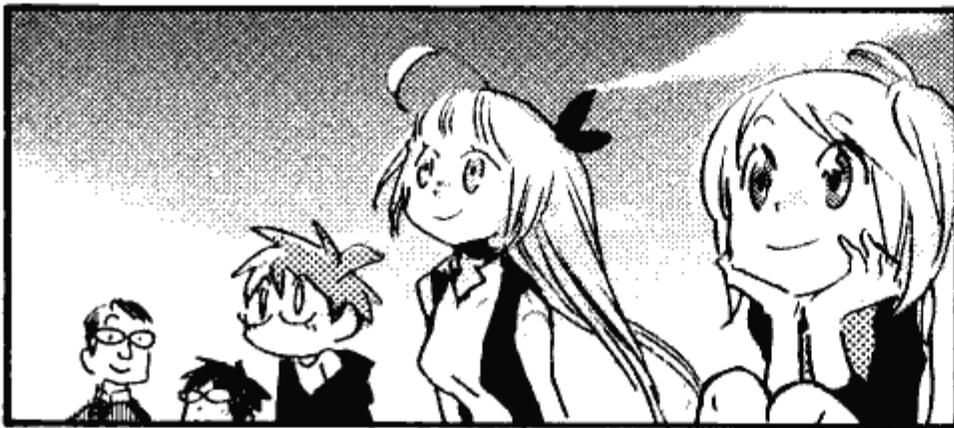
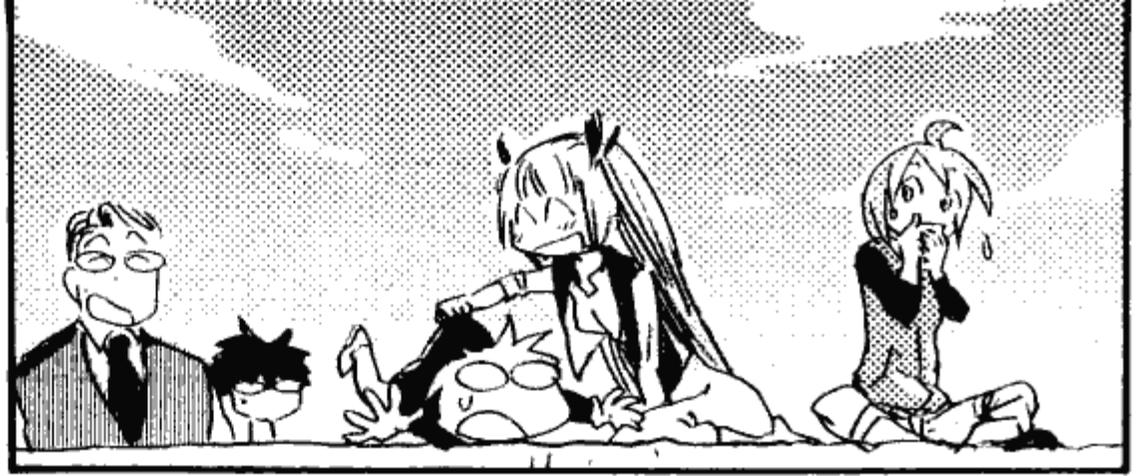
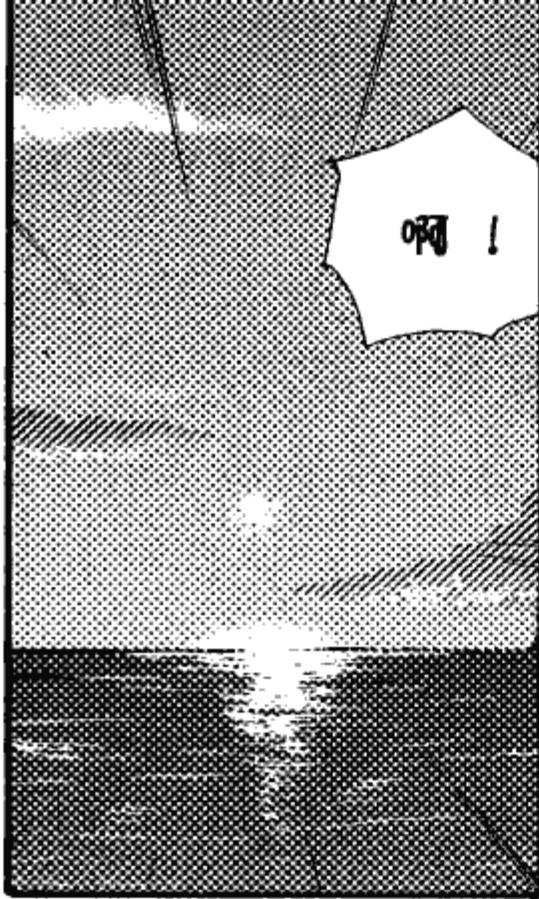
阿波罗获娜号着陆!

小心! 危险,
获娜!!



如果这儿是月球的话,
那太阳有多远呢?







专题 到地平线的距离是多少

如果地球是平面的话，只要空气清新，那么理论上讲我们就能看到无限远。通过图能更直观地看出来。

地平线的存在，这就是地球是球体的证据。

那么，到地平线的距离是多少呢？

假设地球的半径是 r ，视点的高度是 h ，那么距离 L 通过下面的三角函数就能得出。

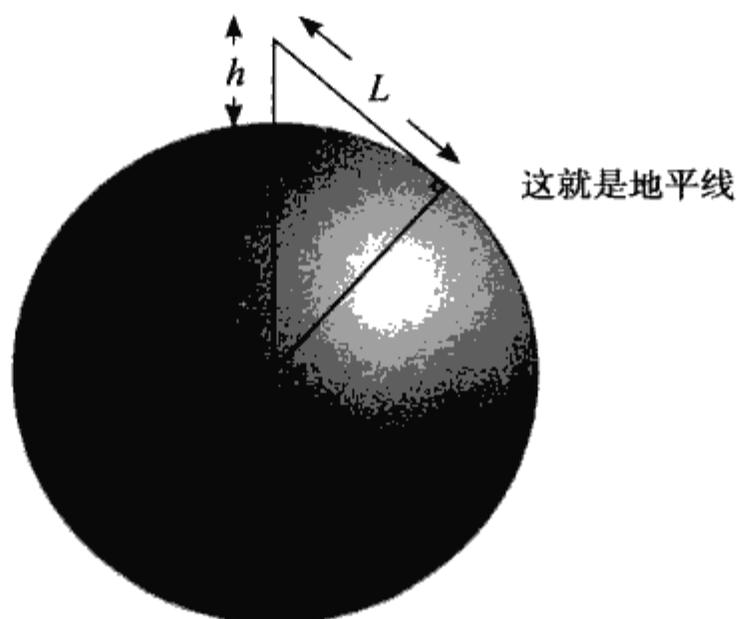
$$(r+h)^2=r^2+L^2$$

那么

$$\begin{aligned} L &= \sqrt{(r+h)^2-r^2} \\ &= \sqrt{2rh+h^2} \end{aligned}$$

地球的半径 r 大约是 6400 千米， h 是普通人眼睛到地面的高度 1.5 米（0.0015 千米）， L 大约是 4.4 千米。这就是说，我们从海边眺望，也只能看到大约 4 千米远的地方。

同时，即使是飞行在 10000 米（10 千米）高空的飞机，也只能看到 360 千米远。也就相当于从东京到京都的距离，就算爬那么高，也还是看不到外国啊。



到地平线的距离

专题 测量宇宙大小的方法1 到月球的距离是多少

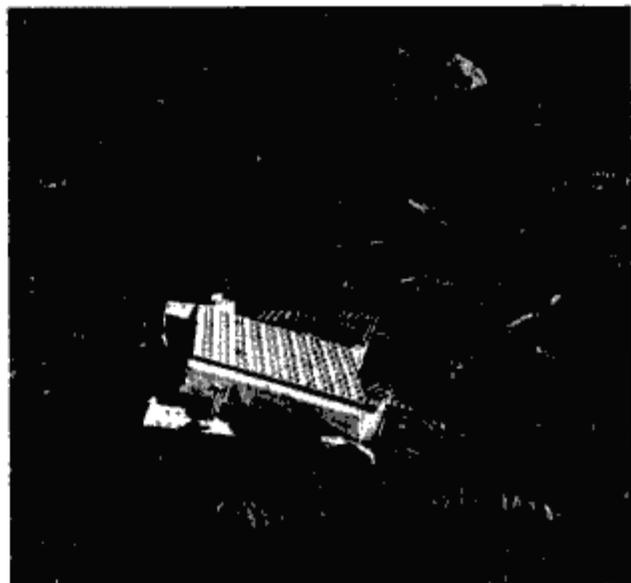


●精确到厘米的到月球的距离

据说，现在月球正在以每年大约 3.8 厘米的速度远离地球。既然平均距离约 385000 千米，那么，“约 1 亿年距离才能扩大 1%”，这点儿距离算不了什么。而另一方面，能用厘米单位来测量天体的距离，的确是一件很了不起的事。

1969 年以后发射升空的阿波罗宇宙飞船使人们得以将测量精度精确到厘米。阿波罗 11 号、14 号、15 号，在月球放置了能反射从地球发射的激光的“镜子”。这种镜子不同于普通的镜子，它能把任何一个方向射来的光反射回去，是多角度反射镜。

这么一来，通过研究光反射回来所花的时间，就能测定出准确的距离。光的速度基本是不变的，即每秒 299793 千米，是测定距离的最佳“尺子”。

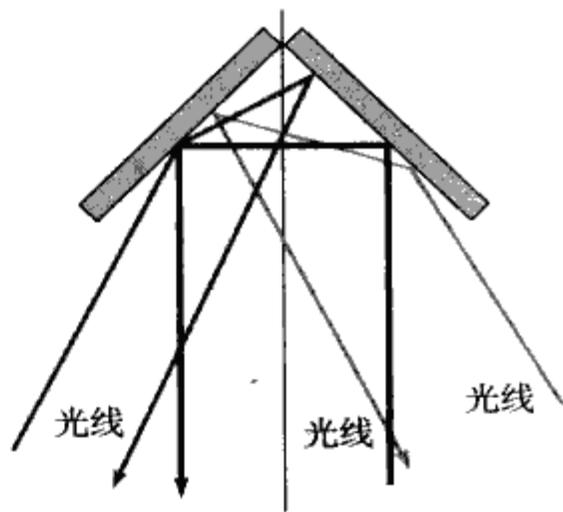


月球表面安置的测定距离用的镜子

●多角度反射镜的构造

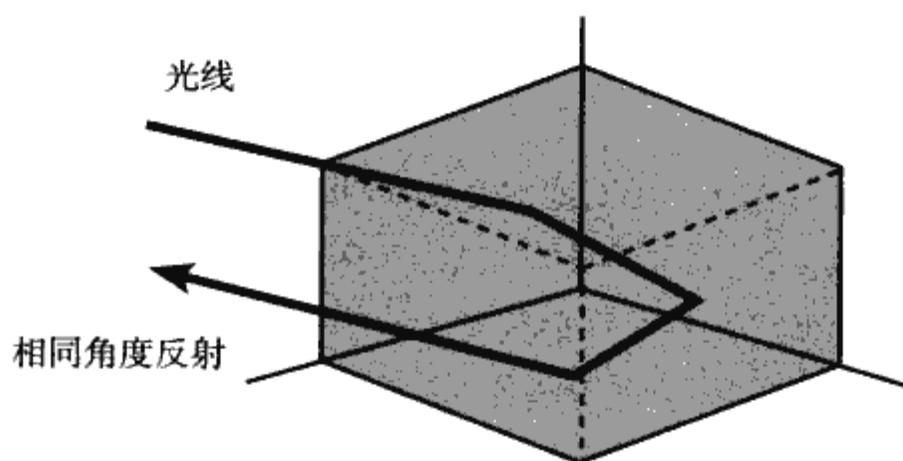
为了便于理解，我们给大家介绍二次反射的模型。如右图所示，两块镜子形成直角，那么光射到镜子里就能按入射角相同的角度反射回去。三次反射的构造也是一样的。

多角度反射镜本身并不是什么罕见的东西，在自行车、路标等的反射板上都有使用。



多角度反射镜（二次反光）

阿波罗宇宙飞船带到月球的镜子就采用了这样的构造，是用棱镜做成的，是精确的棱镜多角度反射镜。

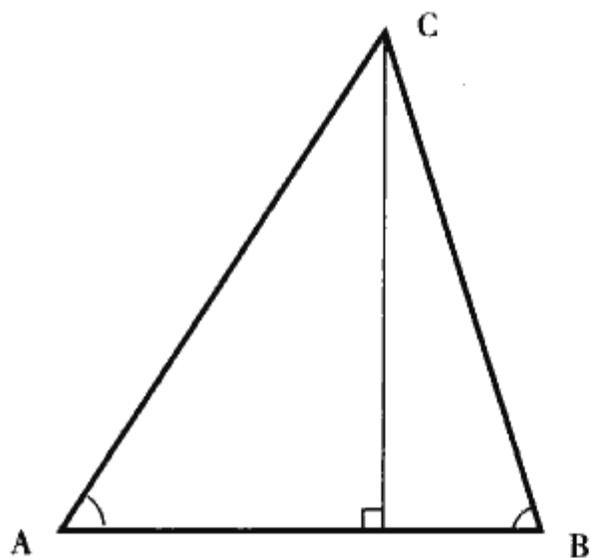


多角度反射镜（三次反射）

●阿波罗号之前的 2000 年里所用的方法

那么，在阿波罗宇宙飞船到达月球前，人们是怎样测量到月球的距离的呢？

在测量不能到达的地方的距离时，最常用的就是三角测量法。从知道准确长度的线 AB（基线）的两端观测“被测物体”，通过视线的角度，就能用三角函数来求出距离。公元前 3000 年左右，古代埃及人就已经掌握这一技术了。2500~2000 年前，是以希腊为中心，科学得到不断发展和进步的时代，这一技术也被广泛地运用于地理学、天文学等领域。其中，我们在 20 页介绍的埃拉托色尼（公元前 275~前 194）测量地球的大小就是一个典型事例。

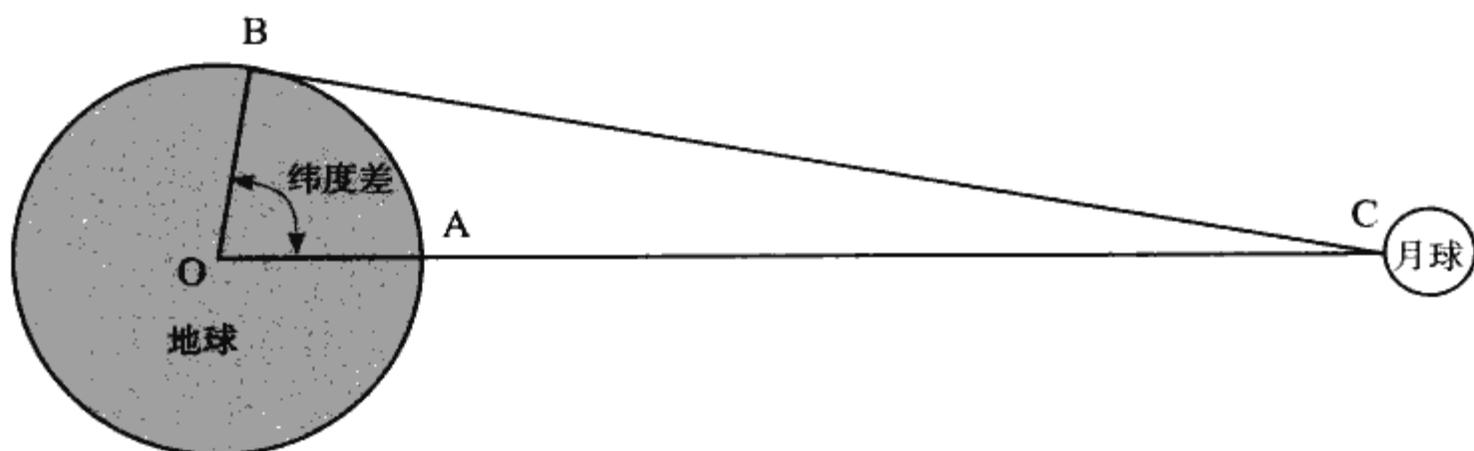


如果知道了AB的长度，通过测量 $\angle BAC$ 和 $\angle ABC$ ，就能求出AC、BC等的长度。

测量到月球距离的是希腊天文学家喜帕恰斯 (Hipparchos) (公元前约 190 ~ 前约 120), 他活跃于埃拉托色尼之后的一个时代。遗憾的是, 人们并没有记载他是用怎样的方法来测量的。基本上是采用已知距离的两点, 同时测出看见月球的角度来计算的。但是当时并没有钟表, 怎么样做到“同时”是人们所疑惑的, 有人推测, 也许是利用了日食或月食吧。

他得出的结果是“地球到月球的距离是地球半径的 59~72.3 倍”, 实际上是大约 60 倍, 可以说他得出的结果精度相当高了。

到阿波罗在月面安装反射镜为止, 人们测量到月球的距离的方法和古代希腊的方法基本上一样。最简单的就是, 在相同时刻月面上的中心点在天顶的地方 A, 找一个同样水平的(水平线或地平线重合的地方)能看见月球的地方 B。如果 AB 在同一经度, 那么纬度差就是 $\angle BOC$, 然后再用地球的半径 BO, $BO \times \tan(\text{纬度差})$, 就能求出到月球的距离 BC 了。此处要求 O 是地球的中心。



测量地球到月球距离的方法

☆ “天动说VS地动说” 谁将胜出 ☆

★ 谁将胜出，战火已燃！

我们肉眼所见的并非全是真实的，这一点我们在生活中就常常能体会到。镜子就是最好的例子。我们来到镜子前，会发现里面有一个和自己一模一样的人，但现在，没人会为此而大惊失色了。

对于镜子，只需看看后面就知道里面根本没有人，即使不知道“光的反射”这一物理现象也能想象出是自己映在了里面，可对象换成宇宙，人们就很难逃出“视觉陷阱”了，往往会觉得看到的就是真实的。

天动说的宇宙模型的产生过程就是这样，当我们看太阳、月亮以及夜空里的闪闪繁星时，确实让人觉得它们是在围绕地球转。

也许人们还在想，如果是地球在转动，那我们怎么还能站在大地上呢？应该早就被甩出去，飞到宇宙里才对啊！在物理学取得发展之前，要想解答这个问题可不是那么容易。

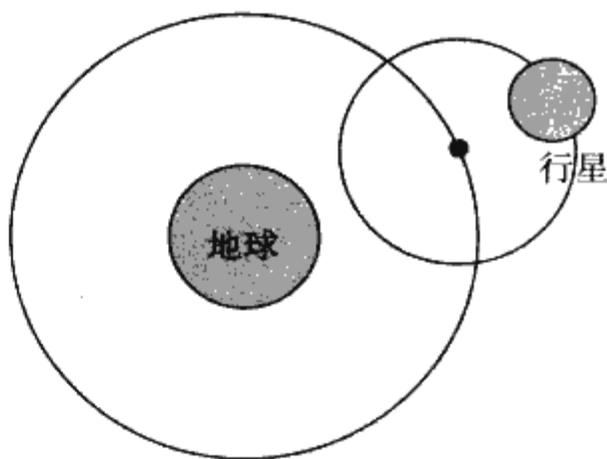
就像我们先前介绍的那样，除古代希腊之外，没有人思索过地动说的可能性，可以说，在尼古拉·哥白尼（1473~1543）登场之前，天动说学派一直在唱独角戏。

★ 天动说是怎样描述行星的？

天动说之所以能长期占据主流宇宙模型的角色，原因之一是，即使有人发现了与之相反的事实，它也能巧妙地找出理由，或是牵强附会的解释，从而化解矛盾。托勒密所构想的用来解释行星位置和光线变化的宇宙图，就是代表之一。

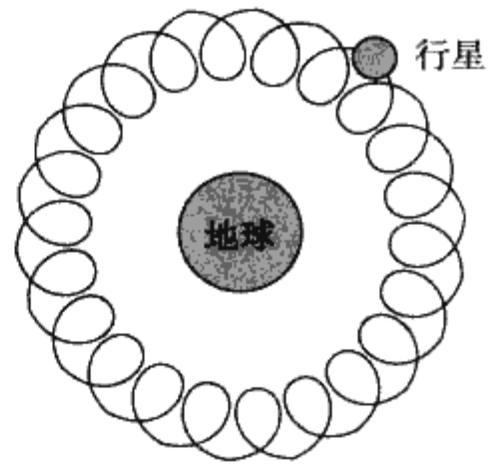
右边的这个图就是托勒密宇宙图的一部分，看起来仿佛事实还真是这样，具有一定的“说服力”。

但是，如果按照这个图把行星的运动展开的话，就会发现它的奇怪之处。如71页右上角的图所示，行星的轨道就像拉伸的弹簧一样。既然月球的轨道是圆的，那么为什么行星在宇宙中是这样运动的呢？现在想来，设计这个图真是让人费解。



天动说中行星的运动1

可是，当时的人们仿佛就是认定了天动说，即使是发现了很多新的符合地动说的观测结果，可是人们还是不愿意改变自己的信念。

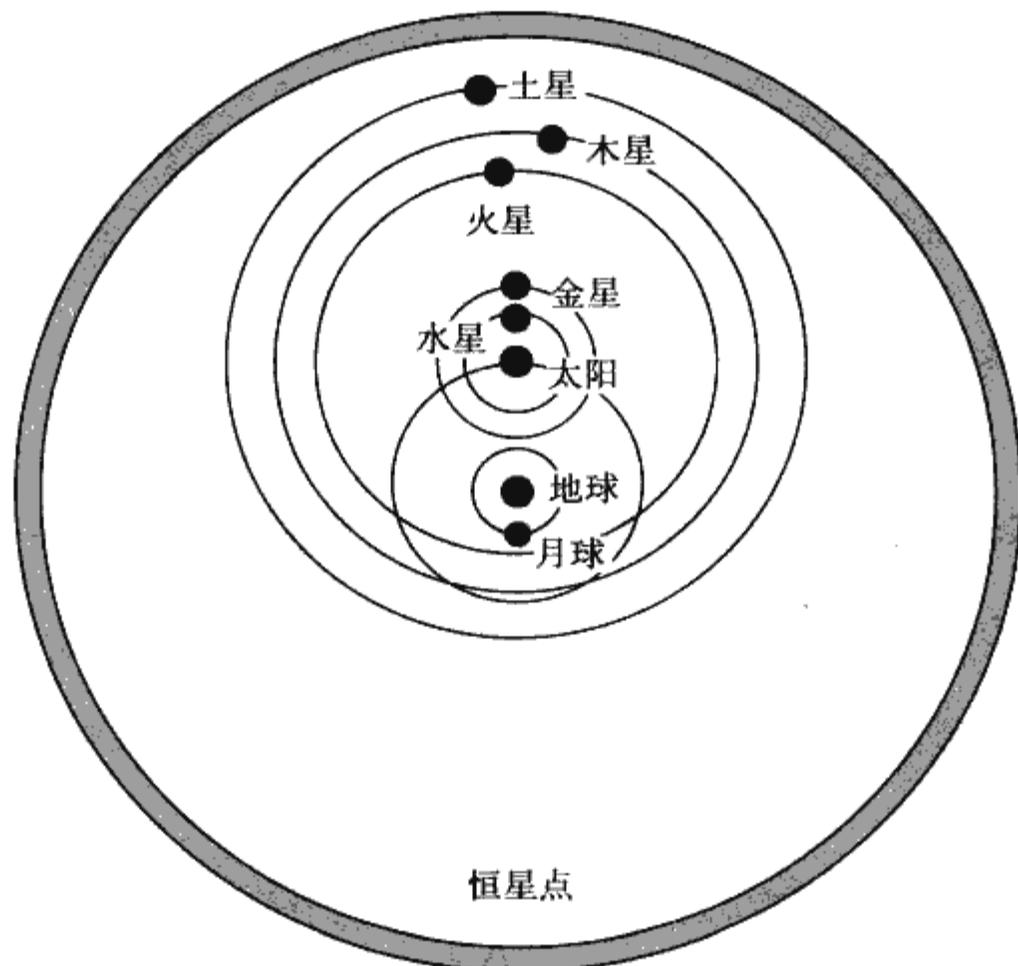


天动说中行星的运动2

★ 布拉赫宇宙图

这是天动说所做的最后挣扎。第谷·布拉尼（1549~1601）的天文图可以说是天动说学派所做的最后努力。

第谷·布拉尼是丹麦天文学家，比伽利略（1564~1642）出生得稍早一些。他构想出了一个宇宙模型，这是介于天动说和地动说之间的一个模型。令人颇感疑惑的是，单看它的上半部分，基本上就是地动说，可他巧妙地把地球作为了中心，给人的感觉是“太阳带领着其他星星绕地球旋转，无论如何也不想让地球动”，构思这个天文图可谓费尽心机。



布拉尼的天文图

★哥白尼的“进步”

而另一方面，地动说也并非一开始就占据着有利的地位。

我们在之前提到的哥白尼，他最终引起了宇宙论的革命，“哥白尼式回转 = 对事物的看法有了 180 度的转变”这个欧美词语就是因此而来，而至于他本人是多么开明的一个学者，人们还是持有怀疑态度的。

哥白尼对地动说的支持，见于在他逝世的那一年里出版的著作《天体运行论》一书中。哥白尼自己并没有因此遭到宗教惩罚，还有一点就是，他的地动说不完善，甚至有人认为那根本不能算作研究对象。

举个例子来说吧，哥白尼认为行星的轨道全都是规则的圆形。而实际上它们的轨道基本上都是椭圆的（因为受到了其他行星的影响），但是他拒绝承认这一点，所以对彗星的运动等他只字未提。同时，反复修正的天动说到了后期，根据其宇宙模型，达到了“除彗星以外，所有能够观测到的天体的运动都能够解释”的水平，而哥白尼的地动说根本没有进行过完善。

此外，哥白尼的宇宙模型，就是把天动说的“地球”换成了太阳，因此，最近很多学者都提出，准确地讲，他的学术不能算做地动说，而只能算是“太阳中心说”。

★开普勒完成了地动说

使不完善的地动说取代天动说，成为宇宙模型的主流，真正意义上实现“哥白尼式回转”的，是德国天文学家约翰尼斯·开普勒（1571~1630），他提出行星的运动轨道是偏圆或椭圆，并最终确立了下面 3 个法则（开普勒定律）。从此，地动说取代了天动说，它是合理并正确的，而且是“清晰明了、易懂”的学说。

第一定律：所有行星绕太阳运动的轨道都是椭圆的，太阳处在椭圆的一个焦点上。

第二定律：对于任何一个行星来说，它与太阳的连线在相等的时间扫过的面积相等。

第三定律：所有的行星的轨道的半长轴的三次方跟公转周期的二次方的比值都相等。

此外，至于为什么开普勒能够用简单的法则总结出人们都认为复杂的行星运动来，有人说他是我们之前提到过的第谷·布拉尼的助手，他是利用了老师留给他的庞大的观测数据才总结出来的。据说布拉尼是一个非常严谨认真的人，他的观测记录是“望远镜被发明出来之

前最准确和精度最高的”。在他去世后不久,被称为伽利略式望远镜的折叠望远镜被发明出来,如果早一点,有这个望远镜的话,也许布拉尼就是地动说的先驱了(在75页,还有对开普勒定律的较详细的解释)。

★伽利略的贡献

人们一般认为,说到地动说,比开普勒更有名的是伽利略。

有趣的是,他的全名是伽利略·伽利雷(Galileo Galilei),姓伽利雷,本来应该是“伽利雷(Galilei)先生”,但好像现在人们都称他为“伽利略(Galileo)先生”,他的名字和姓为什么这么相似呢?

据说,他出生于意大利托斯卡纳,那里的人姓氏有单复数之分。长子的名字中,姓要单数化。说到名字的单数复数可能不太好懂,打个比方就是“代表张家一家人的那个”,所以,“伽利略=伽利雷家的长子”。

伽利略被宗教裁判所当作地动说学派的代表抓了起来,但他也和哥白尼一样,认为行星的轨道是圆形的,所以其理论并不完善。开普勒法则发表后(开普勒与伽利略几乎是同一时代的人),他依然坚决否定“行星不可能做椭圆运动”,可见他是个相当顽固的人。也许就是因为他个性太强了,才和教会产生了对立吧。

除此之外,他还涉猎了医学、数学、天文学、物理学等多个科学领域,还制作了观测天体用的望远镜,可以说他是一个天才。最值得一提的是“将试验结果通过数学分析后建立理论”这一如今科学研究中的基本方法论,就是他确立起来的,他被称为科学之父可以说是当之无愧。

★地动说的伟大意义

人们认为,天动说与地动说的争论,在科学史上,结束于开普勒第三定律发表的1619年(第一和第二定律发表于1609年)。但实际上,直到今天,很多人依然没有理解地动说的真正意义。其例子之一就是经常出现在科幻小说呀、电影呀里面的时光机器。

我们姑且不论时光机器是否合理,那些人乘坐着时光机器,进行穿越时空的旅行,但是他们的位置并没有变化,却总能出现在不同的时代的同一个地方。

然而,在宇宙空间中,存在不同时间的“相同地方”吗?

地球一边自转,一边绕太阳公转,我们在以后的章节中还会讲到,太阳系在银河系中运转着,而银河系也并不是静止在某个地方的。也就是说,宇宙的任何一个单位都不是静止的。

所以,要表示宇宙空间中特定的场所是不可能的。因为它们全都在动,没有地方可供参照,甚至连几秒钟后地球的位置也都不可能确定。

这么说来,地动说可以算是现代宇宙论——“宇宙是不断变化的”理论的出发点,这才是哥白尼回转的意义所在吧(尽管哥白尼主张的是“太阳中心说”)。

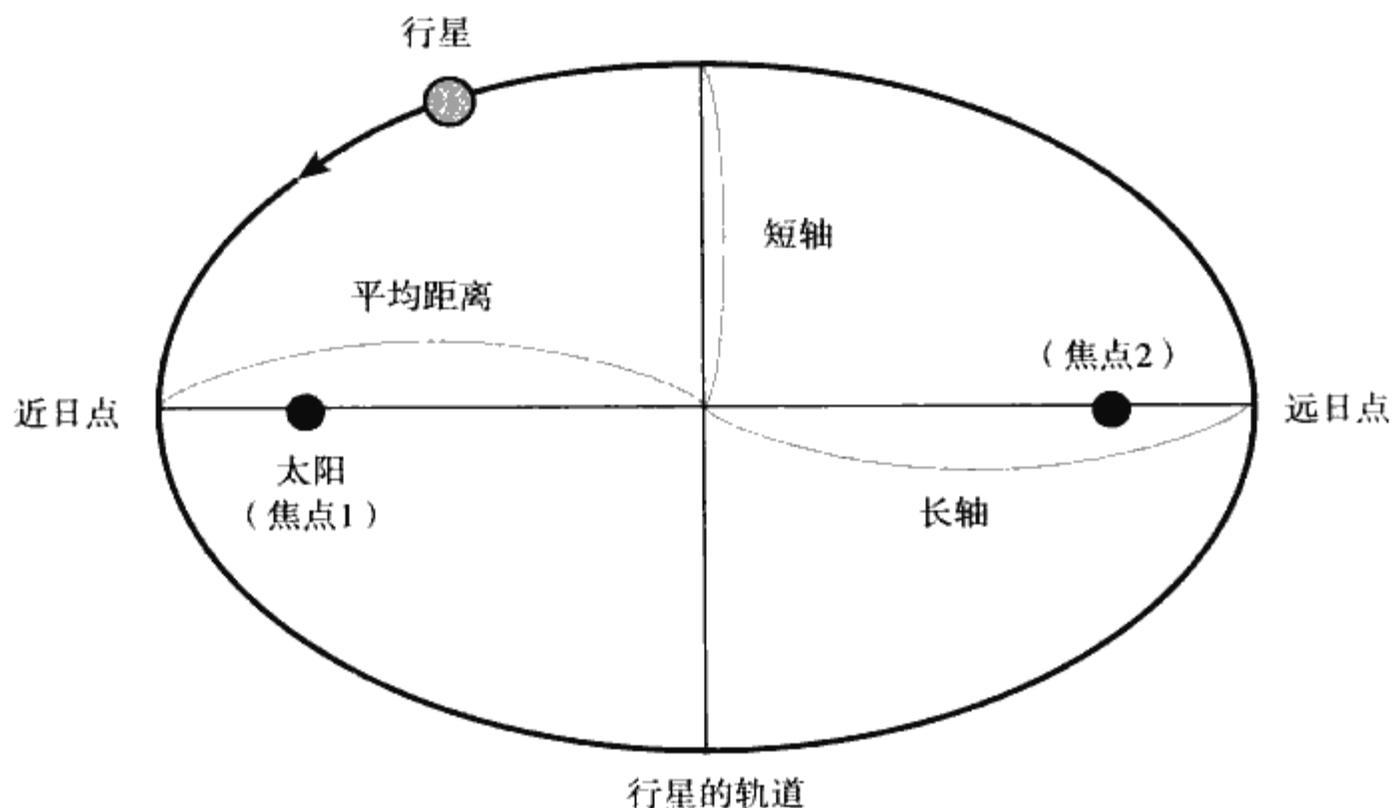
我们还应该认识到的是,地球也好,太阳也好,都不是宇宙的中心,而且任何物体都是变动的,在不断变化,这听起来似乎还有些哲学的味道。

☆“开普勒定律”的讲解☆

我们来学习一下开普勒定律的意义。

第一定律：所有行星绕太阳运动的轨道都是椭圆的，太阳处在椭圆的一个焦点上。

开普勒在这个定律里明确了行星的轨道不是正圆，而是椭圆。而且，太阳的位置并不是椭圆的中心，而是位于两个焦点之一。各关系可以参考下图。



行星的轨道
开普勒第一定律 行星的轨道

地球的公转轨道接近正圆，相比之下，火星的轨道要扁一些，是个椭圆。正因为如此，认定“行星轨道都是圆形”的哥白尼，无法正确解释对火星的观测结果。也正是因为这样，开普勒把这条定律放在第一的位置是非常必要的。

此外，表示“椭圆扁的程度”的是离心率，沿用上一页的图来说明：

$$\text{离心率} = \frac{\text{焦点间的距离}}{\text{长轴}}$$

※ 长轴指的是椭圆的径中最长的那一条，也就是前一页图中近日点到远日点的那条线。

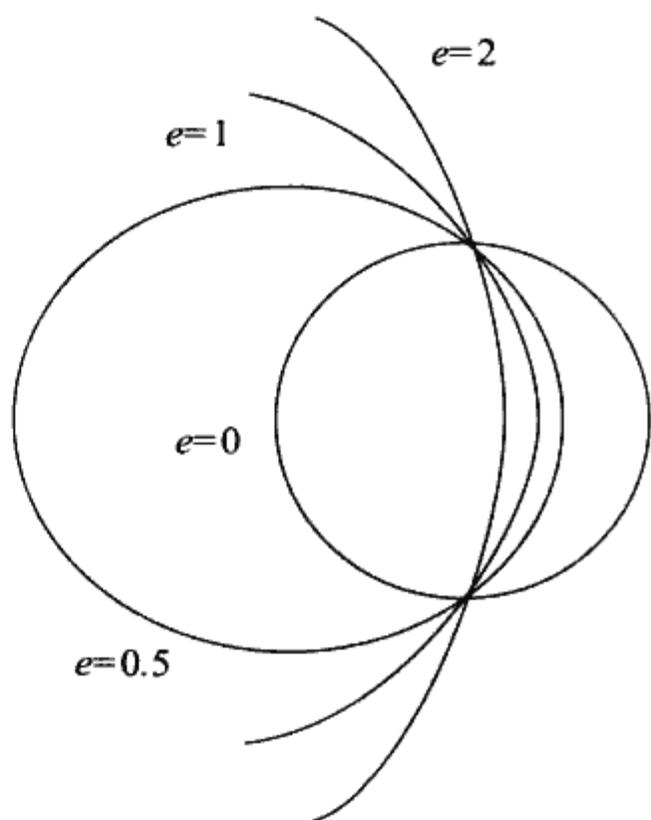
如果是正圆，那么焦点就只有一个（也就是圆心），离心率就是0。太阳系各行星的轨道离心率总结如下。

太阳系各行星的轨道离心率

行星	水星	金星	地球	火星	木星	土星	天王星	海王星
离心率	0.2056	0.0068	0.0167	0.0934	0.0485	0.0555	0.0463	0.0090

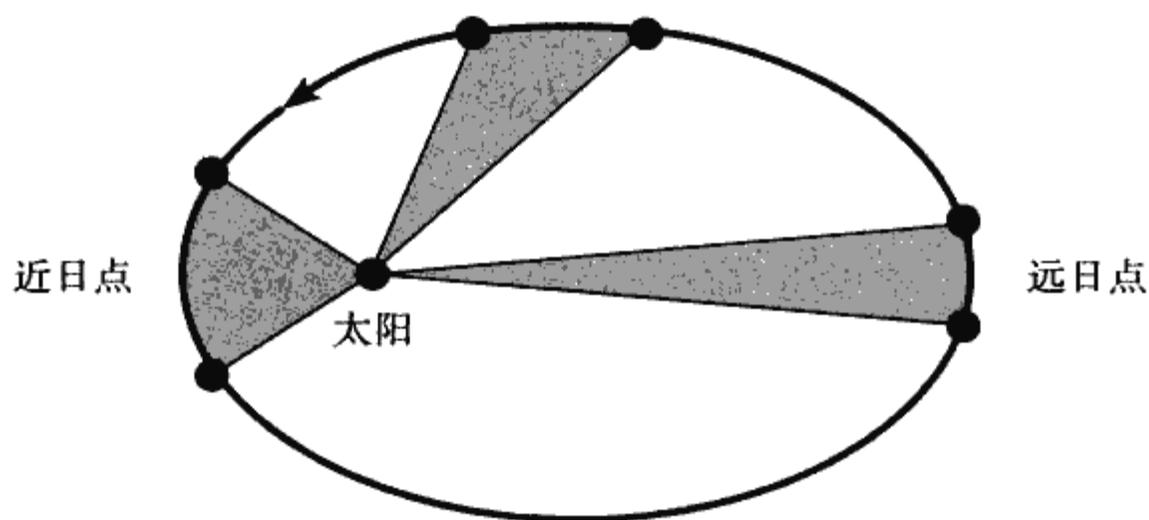
顺便说一下，数学上的离心率并非只用来表示“椭圆的扁的程度”。正圆以及椭圆的离心率（通常用 e 表示）的范围是 $[0, 1]$ ，此范围之外的值，就成了抛物线或者双曲线了。

离心率 $(e) = 0$ 正圆
 $0 < \text{离心率} (e) < 1$ 椭圆
 离心率 $(e) = 1$ 抛物线
 $1 < \text{离心率} (e)$ 双曲线



第二定律：对于任何一个行星来说，它与太阳的连线在相等的时间扫过的面积相等

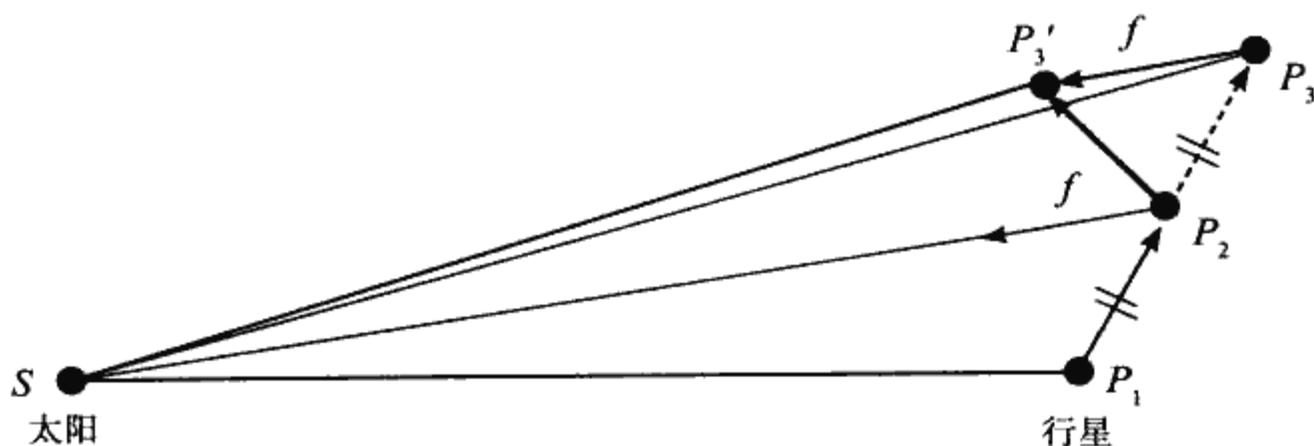
简单地说，这条定律的意思就是，沿椭圆形轨道运动的行星，在离太阳近时速度快，离太阳远时速度慢。在下图中，阴影部分的面积是相同的。



开普勒第二定律 行星的轨道1

这与牛顿力学中的角动量守恒定律是一样的，数学证明有些麻烦，感觉上和花样滑冰中的旋转有些相似。伸开两手开始旋转后，如果收回胳膊的话，旋转速度会加快。

另外，还可以用带子拴上重物甩圈来进行说明。如果带子长，要将重物甩起，就会费劲一些，转动的速度就会较慢。



开普勒第二定律 行星的轨道2

从概念上讲，也许下面的解释要容易理解一些。

物体不受外力时，根据角动量守恒定律，物体将一直做匀速直线运动，请参照前一页下面的图，应该是 $P_1 \rightarrow P_2 \rightarrow P_3$ ， P_1 到 P_2 、 P_2 到 P_3 的长度是相同的。

但是，行星由于受到 S 点处太阳的引力，所以不能做直线运动，实际上应该做圆运动，为了便于理解，我们假设 P_2 到 P_3 是连续的、行星被太阳吸引而运动，那么，引力 f 就使得行星向左，到了 P_3' 的位置（引力 f 与保持匀速直线运动的力的合成）。因为运动量不变，所以 P_2P_3 和 P_2P_3' 的长度相等。

那么，比较一下它们所围成的三角形， $\triangle SP_1P_2$ 与 $\triangle SP_2P_3$ ，根据匀速直线运动，有

$$P_1P_2 = P_2P_3$$

那么，底边长度相同，高相同的三角形，面积也相等。

接下来， $\triangle SP_2P_3$ 与 $\triangle SP_2P_3'$ 因为有相同的底边 SP_2 ，高也相同（ f 是 P_2 的引力，合成的箭头也和 SP_2 平行），所以面积也相等。即

$$\triangle SP_2P_3 = \triangle SP_2P_3'$$

无论太阳和行星在什么位置这一关系都成立，所以行星和太阳形成的直线单位时间里扫过的面积是一定的。

第三定律：所有行星的轨道的半长轴的三次方跟公转周期的二次方的比值都相等。

这是一个比较难懂的定律，简单说来就是公转周期的长短只取决于椭圆轨道的长半轴，而不受椭圆轨道的离心率的影响。只要长半轴相同，那么不管是圆运动还是椭圆运动，周期都是一样的。

这里说的长半轴指的是第一法则里的长轴的一半。换言之，就是行星和太阳的平均距离。

在开普勒之前，人们根据观测，也发现了“轨道越大的行星，转一周所需的时间（公转周期）越长”，但是人们不知道周期与轨道的长半轴的数学关系。我们不得不感慨开普勒头脑的灵活，尽然能发现这么个定律。

公转周期为 P 年，长半轴 = 与太阳的平均距离 a ，用天文单位（Astronomical Unit, AU，地球到太阳的距离 = 1AU）来表示，因为地球是 1AU，所以：

$$\frac{[a(\text{AU})]^3}{[P(\text{年})]^2} = 1$$

太阳系的其他行星的情况见次页的表，它们证明第三定律是正确的。

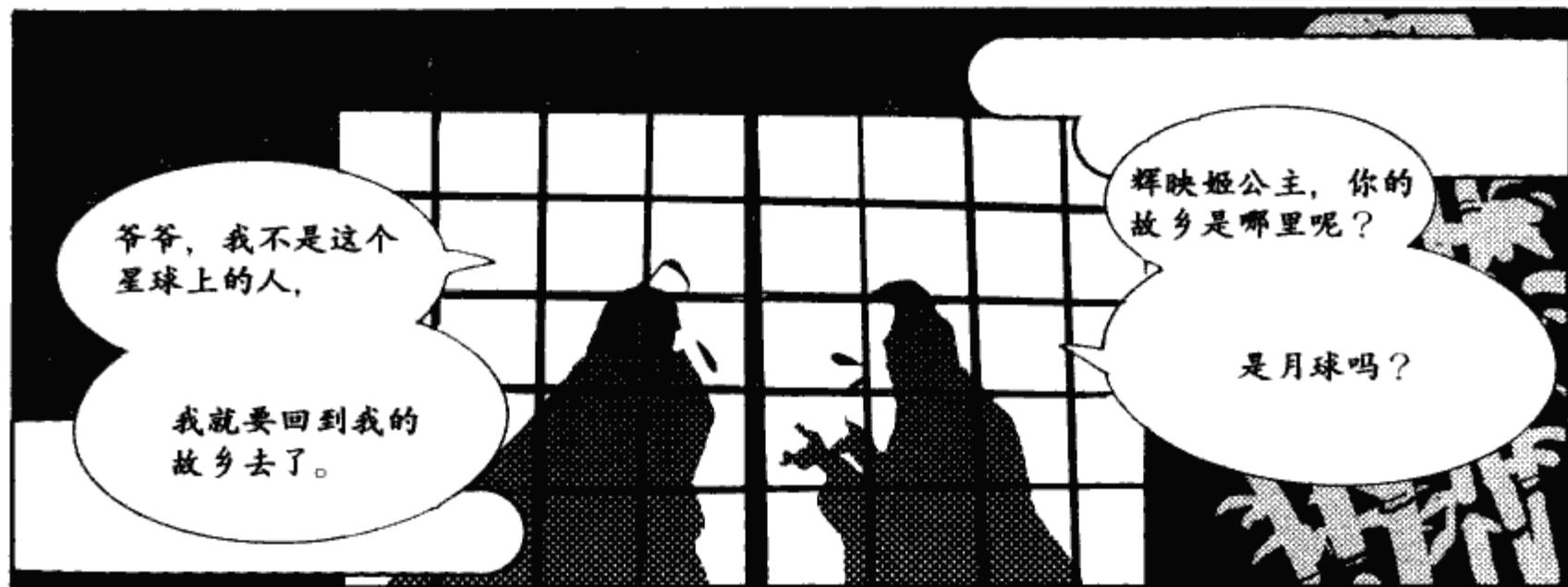
行星的轨道长半径和公转周期

行星	轨道长半轴 a (天文单位AU)	a^3	对恒星公转周期 P (太阳年)	P^2	$\frac{a^3}{P^2}$
水星	0.3871	0.05800555	0.2409	0.05803281	0.9995
金星	0.7233	0.37840372	0.6152	0.37847104	0.9998
地球	1.0000	1	1.0000	1	1.0000
火星	1.5237	3.53751592	1.8809	3.53778481	0.9999
木星	5.2026	140.819017	11.8620	140.707044	1.0008
土星	9.5549	872.32524	29.4580	867.773764	1.0052
天王星	19.2184	7098.25644	84.0220	7059.69648	1.0055
海王星	30.1104	27299.1783	164.7740	27150.4711	1.0055



第 2 章

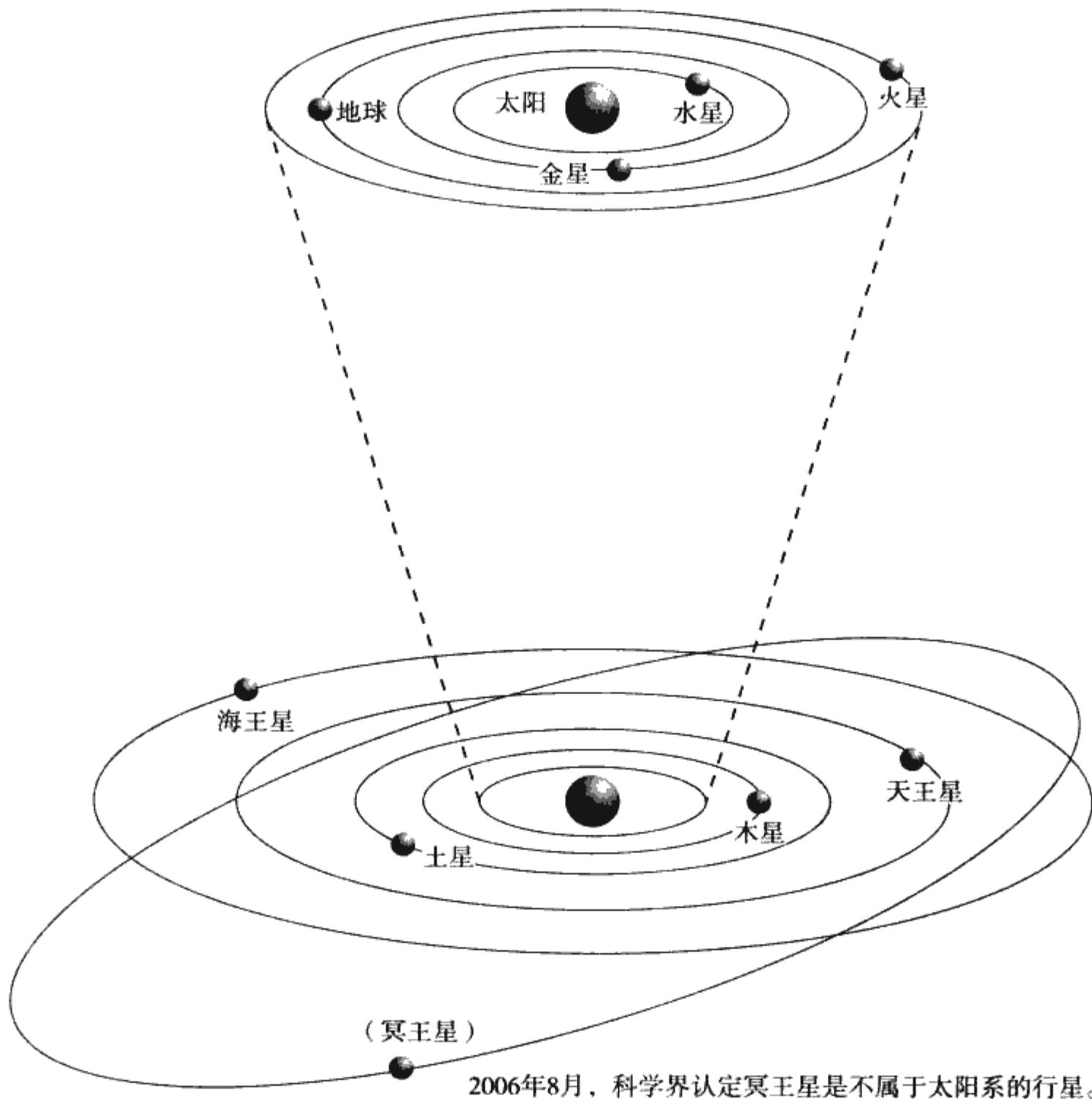
从太阳系到银河系





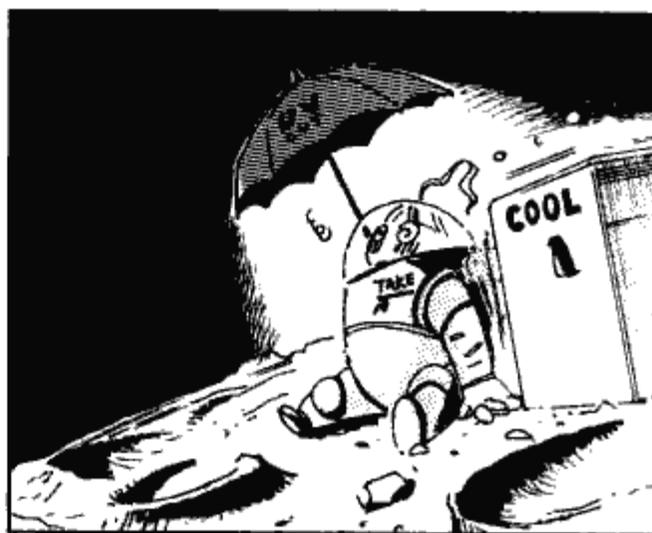
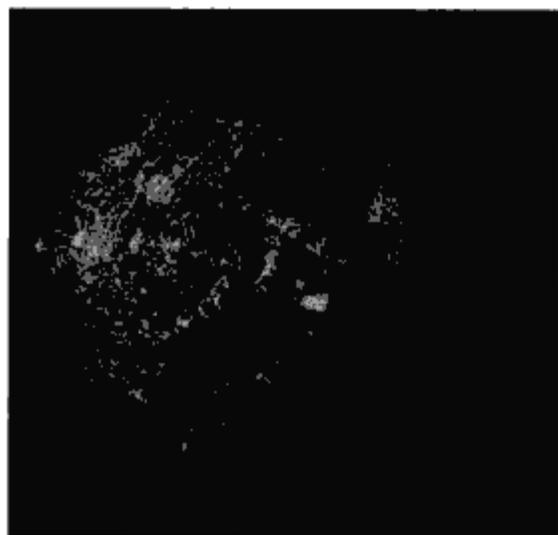
★ 太阳系中的辉映姬公主 ★

下面我们来看看太阳系的行星中，哪一个适合做辉映姬公主的故乡。为了让大家更容易理解它们的大小和重量，我们在比较时，以地球的数值作为基准。那么，在太阳系里，我们能找得到辉映姬公主的故乡吗？



太阳系的构成

●● 水星 ●●



大小：约为地球的 0.38 倍（赤道半径 2440 千米）

重量：约为地球的 0.055 倍

重力：约为地球的 0.38 倍

卫星：0 颗

与太阳的平均距离 (AU)：约为地球的 0.39 倍（约 0.39AU）

公转周期：约 88 天

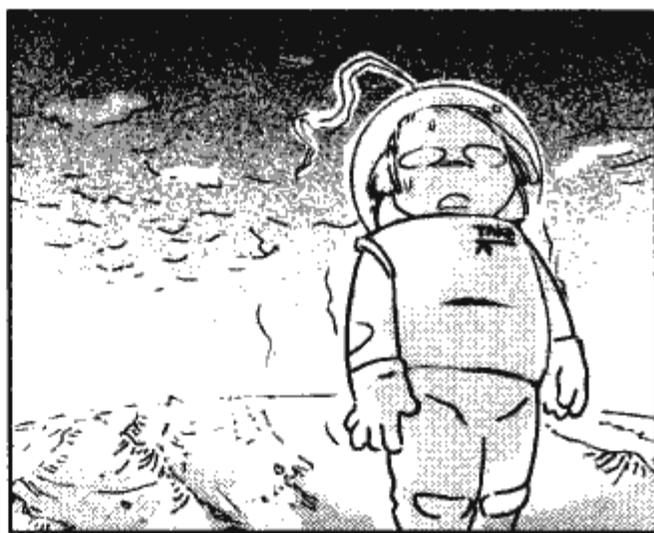
自转周期：约 59 天

【情形描述】

在太阳系的各行星中，它的轨道离太阳最近，因此，它单位面积接收的太阳能量大约是地球的 6.7 倍，因此水星上的阳光非常强烈。而且除了紫外线强烈外，水星表面最高温度可达 427°C ，酷热无比。它的重力很小，所以基本上没有大气，接近真空状态。如果没有穿高能冷却装置的全密封宇航服，那么人一到那里瞬间就会被烤焦。有科学家推测其北极部分有冰状水存在，但那里很有可能是在零下 180°C 左右。

除了温度和大气条件恶劣之外，水星的地表状况也不理想，是类似于月球那样的“沙漠和陨坑”。这里对于辉映姬公主来说，可不是个好待的地方啊！

●● 金星 ●●



大小：约为地球的 0.95 倍（赤道半径 6052 千米）

重量：约为地球的 0.82 倍

重力：约为地球的 0.91 倍

卫星：0 颗

与太阳的平均距离（AU）：约为地球的 0.72 倍（约 0.72AU）

公转周期：约 225 天

自转周期：约 243 天

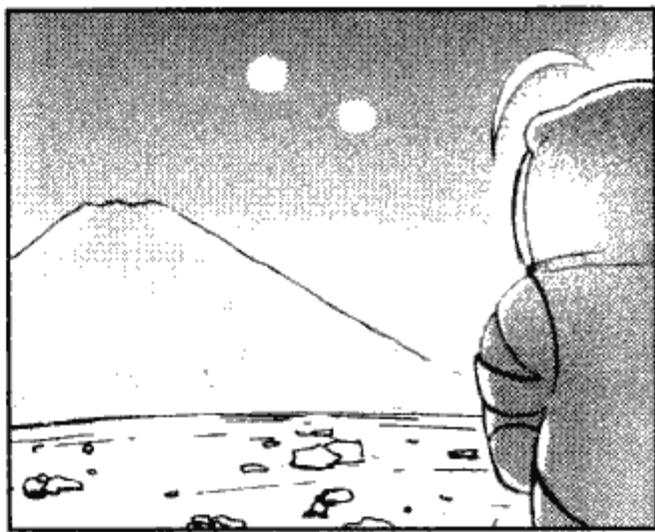
【情形描述】

金星是离地球最近的行星，它不但有大气，而且火山活动频繁，还不断产生着硫化氢气体、氮气、亚硫酸气体等，与地球的相似之处比较多。重力也和地球差不多，这些倒是让人心里踏实不少。

可是，浓硫酸等形成厚厚的云层覆盖着大地，大气的主要成分（约 96%）都是二氧化碳，严重的温室效应也就不在话下。而且无论白天还是黑夜，它的地表温度都在 400~500°C，地表气压也是地球的 90 倍左右。

还有一点，由于金星的自转方向与地球相反，所以在那里，太阳可是西升东落啊！

●● 火 星 ●●



大小：约为地球的 0.53 倍（赤道半径 3396 千米）

重量：约为地球的 0.11 倍

重力：约为地球的 0.38 倍

卫星：2 颗

与太阳的平均距离（AU）：约为地球的 1.52 倍（约 1.52AU）

公转周期：约 687 天

自转周期：约 1 天

【情形描述】

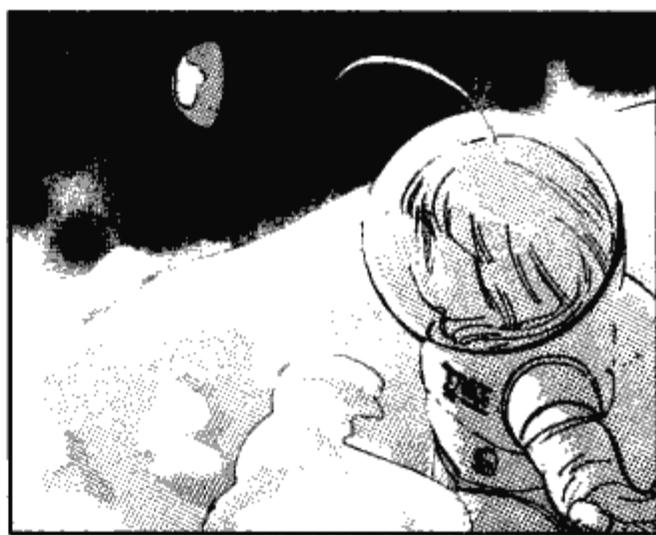
火星是一个有稀薄的二氧化碳为大气，表面覆盖着沙漠的行星。科学家已经确定了火星上有水存在，它是太阳系所有行星中，环境与地球最为接近的。温度最高 20°C 左右，只要穿上阿波罗型宇航服，无论是人类还是辉映姬公主，活下去并不是没有可能的。

情况大致与地球相似，1 天的长短也和地球差不多，所以生活节奏不至于被打乱。不过它的两个卫星中的福波斯卫星比火星的自转速度要快，所以有时一晚会看到两次“月亮起落”。

此外，火星上还有一座名为奥林匹斯的山脉，据说它是太阳系中最高的山脉，高度约 25000 米，约是喜马拉雅山的 3 倍！除此之外，据说火星上还有太阳系中最大的峡谷。它的地形起伏多姿。

火星地表有时还会刮卷状的旋风，美国发射的火星探测器就拍摄到了旋风的模样。

●● 木星 ●●



大小：约为地球的 11.2 倍（赤道半径 71492 千米）

重量：约为地球的 318 倍

重力：约为地球的 2.37 倍

卫星：49 颗以上

与太阳的平均距离（AU）：约为地球的 5.20 倍（约 5.20AU）

公转周期：约 12 年

自转周期：约 9 小时 50 分

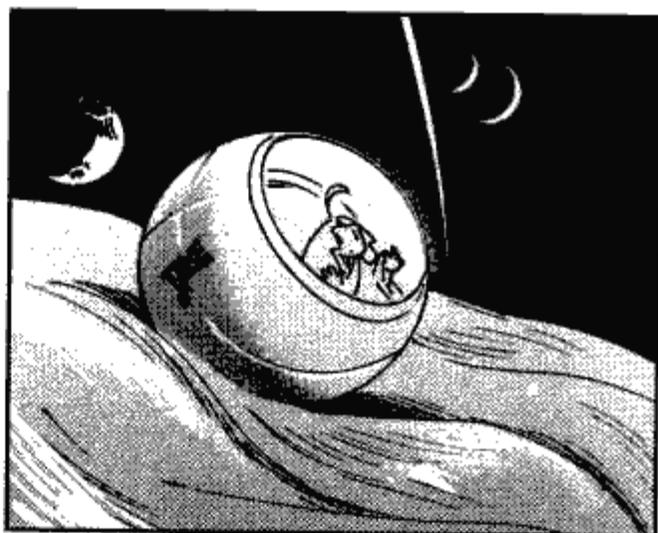
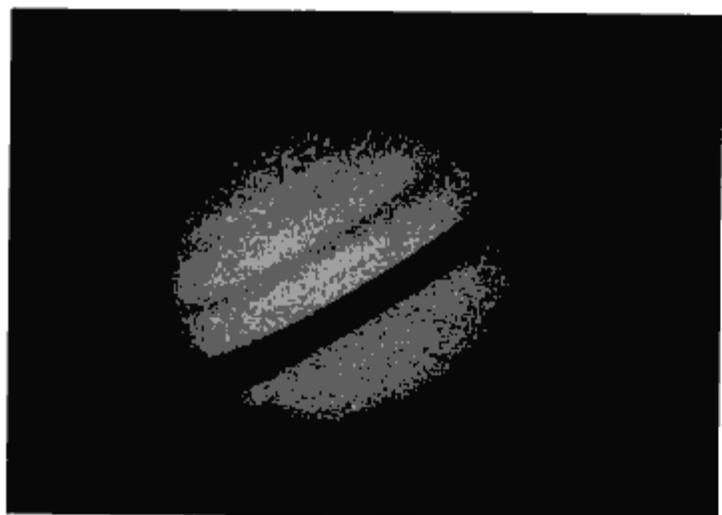
【情形描述】

从水星到火星的这些行星，基本上都是由岩石、金属等组成的，被人们称为“地球型行星”，与此相对，木星和土星的主要成分则是气体，人们称它们为“木星型行星”。实际上，木星的密度只有地球的四分之一，由氢分子、氦为主要成分的气体构成，所以并不存在地球这样的“地面”。虽然在中心部（其半径的十一分之一左右）有岩石状的核，但余下就是气体、液体状物质的聚合体。可以说，它和我们平时所想的“行星”的印象完全是两码事。如果到了那里，或许就是处在云里的感觉吧。因此，也有科学家认为，那里可能有些身体由气体构成的浮游生物。

此外，由于木星的重量大，是地球的 300 倍以上，所以尽管它密度不大，它的重力却是地球的两倍多。也就是相当于提着跟自己重量差不多的东西走路，生活相当得困难。

不过，据说在它的卫星中，欧罗巴等和地球的环境接近，不排除生命存在的可能性。

●● 土 星 ●●



大小：约为地球的 9.45 倍（赤道半径 60268 千米）

重量：约为地球的 95.2 倍

重力：约为地球的 0.94 倍（还需考虑自转产生的离心力）

卫星：52 颗以上

与太阳的平均距离（AU）：约为地球的 9.55 倍（约 9.55AU）

公转周期：约 29.5 年

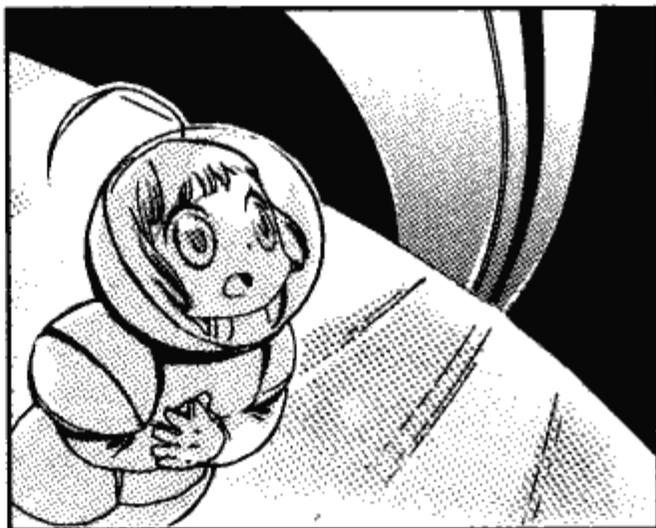
自转周期：约 10 小时 34 分

【情形描述】

土星也是由氢分子、氦为主要成分的气体构成的木星型行星，没有地面。密度是 0.69，比水还要轻，体积是地球的 800 倍以上，但重力与地球差不多。如果做一个浮游基地，或许能供人类生活吧。

因为和太阳的距离较远，所以在土星看太阳，太阳的大小只有从地球上看到的十分之一左右。它的温度很低，平均为零下 130°C 左右。据说它的“两极”的温度最高，如果住在极地的话，看土星特有的环的时候，那么环就不是在“空中”，而是在“脚下”了。它是太阳系行星中卫星最多的行星，如果喜欢赏月的话可以赏个够，只不过因为一天只有 10 个半小时，夜晚也不长啊！

●● 天王星 ●●



大小：约为地球的 4.01 倍（赤道半径 25559 千米）

重量：约为地球的 14.5 倍

重力：约为地球的 0.89 倍（还需考虑自转产生的离心力）

卫星：27 颗以上

与太阳的平均距离（AU）：约为地球的 19.2 倍（约 19.2AU）

公转周期：约 84 年

自转周期：约 17 小时 17 分

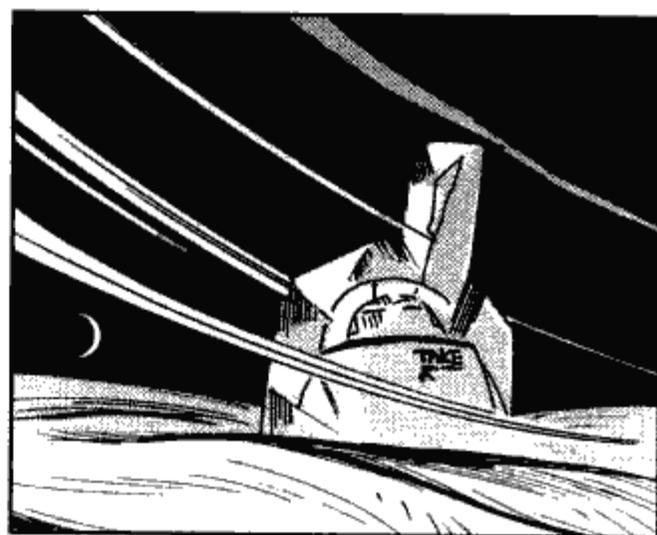
【情形描述】

以前，人们根据天王星的大小和位置，曾把它归为木星型行星（气体行星），但后来人们发现，它是由水、甲烷、氨气凝固成的冰为主体构成的一种新的行星类型，因此，它和海王星被归为“天王星型行星（巨型冰行星）”。从外面看上去，它呈现出通透的蓝色，它的表面也许和南极相似。只不过表面的温度在零下 200°C 以下，是个极其寒冷的行星。

天王星也有一个土星那样的“环”，只不过要比土星的淡一些，如果仰望天空，或许能看见两条银河吧。此外，它的 27 颗之多的卫星，也一定比较壮观吧。

天王星与其他行星最大的不同就是它的自转。它的自转轴与黄道（公转轨道面）相当的倾斜。所以，根据季节变换，有的地方一天中全是白天而有的地方一天中全是黑夜。

●● 海王星 ●●



大小：约为地球的 3.88 倍（赤道半径 24764 千米）

重量：约为地球的 17.2 倍

重力：约为地球的 1.11 倍（还需考虑自转产生的离心力）

卫星：13 颗以上

与太阳的平均距离（AU）：约为地球的 30.1 倍（约 30.1AU）

公转周期：约 165 年

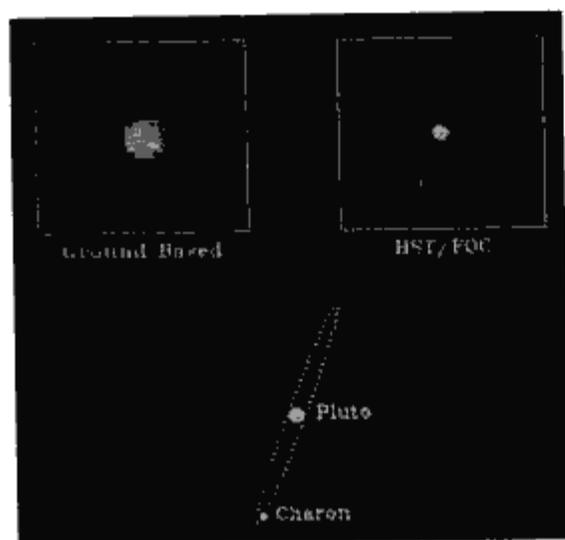
自转周期：约 16 小时

【情形描述】

海王星的轨道长半轴大约是地球的 30 倍，所以它接受到的来自于太阳的能量大概只有地球的五十分之一。其温度在零下 220°C 以下，因此基本上所用的东西都是被冻住的。

海王星有着以氢气为主的较厚的大气层，但人们认为那里常常是像台风过境那样的暴风肆虐天气……即使是它转到了离地球最近的时候，也依然有地球到太阳距离的 29 倍那么远，所以对于海王星，我们知之甚少。

●● 附录1: 冥王星 ●●



大小：约为地球的 0.18 倍（赤道半径 1197 千米）

重量：约为地球的 0.0023 倍

重力：约为地球的 0.07 倍

卫星：3 颗以上

与太阳的平均距离（AU）：因为它的椭圆轨道离心率大，所以数值范围大，30~50 倍

公转周期：约 248 年

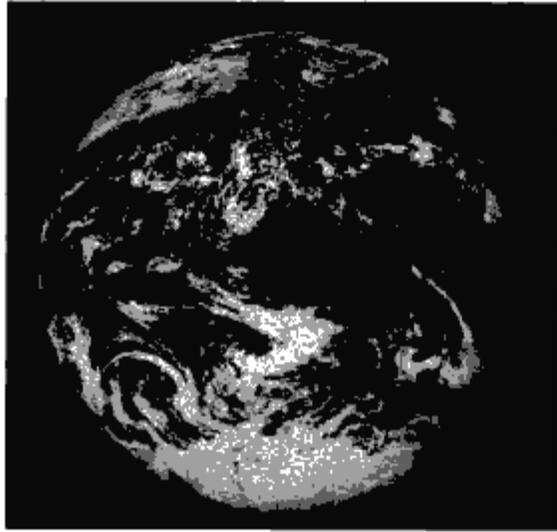
自转周期：约 6.4 天

【情形描述】

冥王星曾经被人们认为是太阳系的第九大行星，但在 2006 年国际天文学联合（IAU）总会上，它因“不符合行星的定义”，而被排除在太阳系行星之外。实际上，冥王星的轨道与其他行星差别很大，构造、大小也和天王星、海王星有着很大的不同，所以，支持这个决定的天文学家不在少数，“早就该把它划出去了”。

冥王星表面的状况基本和海王星差不多，可是它极端寒冷（据研究，比海王星还要冷 10°C ），也没有大气，对于生命来说，这是个极端残酷的地方。

●● 附录2：地球 ●●

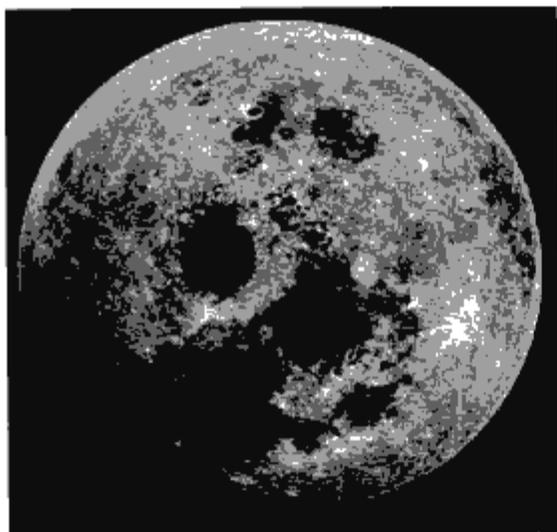


人们把地球称为“地球母亲”、“生命之源”，而在46亿年前，也就是它刚诞生的时候，也绝非是一个适合生物生存的地方。那时它的表面覆盖着熔化的岩浆，没有液态水，水以气体（水蒸气）的形态存在着，气压是现在的300倍左右。要是和那个时候的地球相比，现在的火星应该比它更适合生存吧。

据推测，直到约5.5亿年前，地球的环境才变得适合人类生存。古生代的开始差不多就是那个时候吧（从那时开始，生物种类迅速增多）。纵观地球的历史，生命的出现也可以说“只不过就在刚才”。

●● 参考记录1: 月球 ●●

月球是地球的“孩子”？



大小：约为地球的 0.27 倍（赤道半径 1738 千米）

重量：约为地球的 0.012 倍

重力：约为地球的 0.17 倍

公转周期：约 27.3 天

自转周期：约 27.3 天

●月球是地球的孩子吗？

地球与其卫星月球，就如同父子关系。以前，有人认为月球是地球因自转的离心力而分裂出去的一部分，并举出“太平洋可能就是月球被甩出去后留下的痕迹……”

确实，月球的组成物质和地球内部的地幔极其相似，所以这也有一定的说服力。不过，“父子论”存在着值得争议的问题。要产生那么大的离心力，按照现在的自转速度来推算，是不可能的。地球既然能保持大气（空气），应该旋转得比较“慢”才对，那么，为什么月球那么大的一部分物质却被甩了出去呢？此外，也没有证据证明地球在自转的过程中会突然减速。所以，慢慢地，父子说淡出了人们的视野。

●这个孩子太大了

其实说起来，地球月球“父子说”最致命的缺陷就是“月球太大了”。

月球的直径（赤道部分，下同）大约 3474 千米，大概是地球的四分之一。这个大小远远超出了通常意义的卫星的大小。有的天文学家甚至还因此主张“月球并非是地球的卫星，而是和地球一起，构成二重行星”。

太阳系最大的卫星是甘尼美，它的直径是其母天体——木星的约二十七分之一。土星最大的卫星泰坦也只有二十五分之一。相比之下，月球可谓是大得有些过头了。这么大的天体产生于自转的离心力，仿佛有些不太可能。

如果不是父子的话……人们想出了“兄弟说”。人们推测，地球是在太阳系形成的时候，由一些微小的天体碰撞结合而成，月球也是在那时这样形成的，但后来慢慢地成为了卫星。这种说法能够解释两个天体构成物质相似的现象，然而，人们又问，既然是诞生过程相似的两个天体，为什么后来“一个围绕着另一个转呢？”由于找不到合适的物理解答，所以这种说法也缺乏有力的说服力。

还有一种说法认为，月球是“一个偶然靠近地球的天体，被地球的重力吸引住了”（捕获说），而随着美国的阿波罗计划等众多探月工程的开展，地球与月球构成物质的类似性展现在人们面前，人们觉得“两个天体之间的关系并非那么简单”。于是又出现了巨大冲撞说。

●大撞击

地球诞生是在距今 46 亿年前，但诞生不久就遭遇了一次与一个大天体的撞击。从撞击的能量来推断，估计那个天体和火星大小差不多（直径大约是地球的一半）。那可以说是一次巨大的撞击。

这么大的两个物体相撞，自然是“损伤惨重”，地球的许多物质被撞到了宇宙空间中，那个天体也分裂了。后来这些物质就形成了月球。这就是大撞击说。

这个假设倒是能够解释月球和地球构成物质相似、月球比普通卫星大，以及能够围绕地球转等现象，而且，针对月球上挥发性元素少这一问题，说成是冲撞时失去的还是能说得通。

因此，现在，巨大撞击说比较能站得住脚根，虽然还没有发现能证明它的有力证据。

日本发射的绕月卫星“辉映姬公主”探测的目标之一就是找出月球诞生的秘密，让我们期待着结果吧。

●月球太大并非坏事

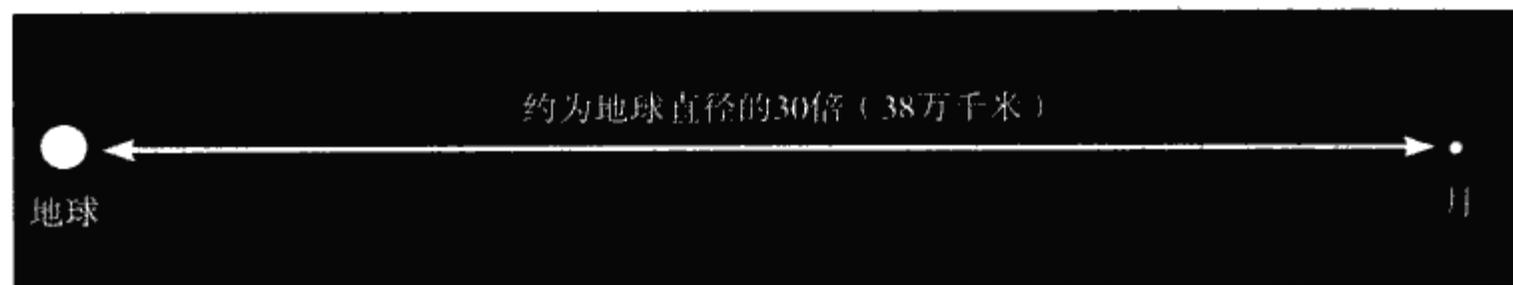
大撞击存在与否还有待今后的勘察结果，最后，让我们来探讨一下月球这个超大卫星给地球带来的影响。

首先，我们能够欣赏月亮的柔美，它的大就是原因之一。包括甘尼美在内的太阳系的卫星，从母天体观察，视觉尺寸的大小，几乎在月球的一半以下。

此外，涨潮退潮现象也是因为月球这颗超大卫星引起的。地球与月球之间的距离约 38 万千米，大约是地球直径的 30 倍，用图来表示，则如同下面那样。这也许比许多人的印象中还要“远”，但这么远还能引起地球的潮汐，足以见得月球的大了吧。

潮汐主要是月球的重力影响产生的。潮汐的存在，使得海洋生物形成了相应的周期性生活循环规律，人类也利用了这一点，开发出了先进的捕捞技术，干汐捕鱼法就是代表之一。

潮汐现象还是给我们带来了美丽壮观的自然景观。如果月球真是大撞击的结果的话，我们是不是应该感谢这一撞呢？



月球与地球距离比例图

●● 参考记录2：太阳 ●●

陌生的太阳



大小：约为地球的 109 倍（赤道半径 696000 千米）

重量：约为地球的 332946 倍

重力：约为地球的 28.01 倍

行星：8 颗

●太阳是个巨大的天体

对我们来说，太阳每天在空中放着光芒，是我们最能感到其存在的天体，但是它的大小有多大呢？

我们首先来看它的质量。它的质量占太阳系全部质量的 99.9%。也就是说，把地球、木星等行星以及这些行星的卫星、其他各种小天体都加在一起，也只不过太阳质量的一千分之一，可见太阳的确是一个“巨无霸”。

我们把它和地球做一个比较：

太阳的直径约是地球的 109 倍（约 140 万千米）

体积约是地球的 130 万倍

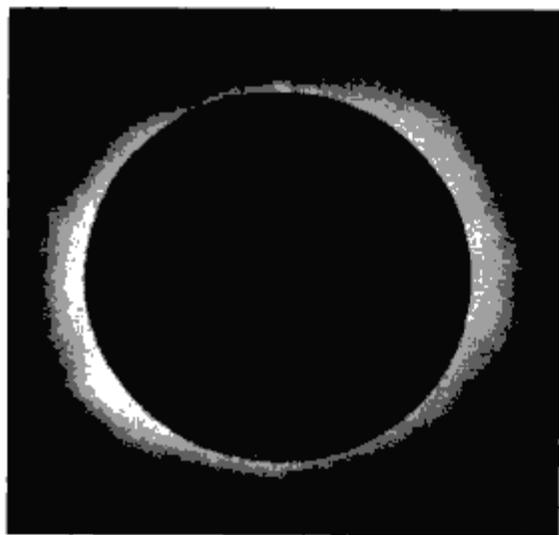
质量约是地球的 33 万倍

地球离太阳的距离约 1.5×10^8 千米。最高时速约 28000 千米的航天飞机全速前进，

7个月多点儿才能从地球到达太阳，如果是普通的喷气客机的话，得花20年左右的时间（当然普通喷气式飞机是不能在宇宙空间中飞行的）。通过这些数字，我们能感觉到它的遥远了吧。

话又说回来，如果不是这么远的话估计日子又不好过了。到太阳的距离只有地球——太阳距离的约五分之二的水星就是个很好的例子，白天温度大约 400°C 或更高。根据国家博物馆的网站的数据，从太阳到达如此远的地球的能量有200兆千瓦，相当于2亿座100万千瓦级的核电站的发电量，大家从这一点上也能体会到太阳有多大了吧。

●以氢为燃料不断燃烧的太阳



太阳的日冕

刚才我们提到过太阳的“直径”，其实太阳和地球型行星等是不一样的，它没有明显的地表面。它是一种气态天体，所以赤道上的自转周期大约为27天，而两极附近则与之有所差异，周期约32天。

它的构造是中心部分是核，在那里，33万倍于地球质量的物质产生巨大的重力，使得压力达到2000亿~2500亿气压的高压。氢就在这里发生着向氦原子核聚变的反应。

这个反应就是4个氢原子结合成一个氦原子，

同时释放出大量的能量。这就是“含到达地球的相当于2亿座核电站在内”能量的来源。

释放射出来的能量在核的周围形成放射层，与上面的气体构成对流层。这就是太阳的大致的内部构造。

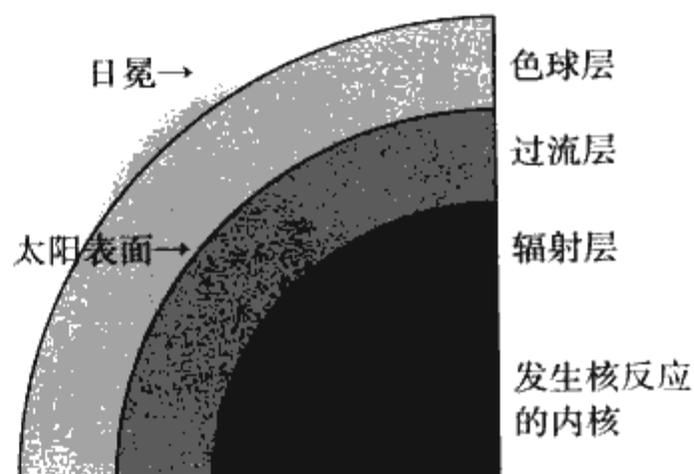
通常我们看到的太阳是被称之为“光球”的不透明的部分，它是覆盖在对流层表面的薄薄的一层，温度大约是6000开[尔文]（缩写为“K”， $\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273.15$ ）。黑子等就在这一层。

在其周围，还有着低温层、色球层、日冕等。



太阳的日珥

太阳既然是以氢为“燃料”燃烧的，那么它什么时候会燃尽呢？根据理论计算，太阳的寿命大约是100亿年。到现在为止，它已经46亿“岁”了（与地球年龄差不多相同），那就是说还能燃烧50多亿年。



太阳的内部构造

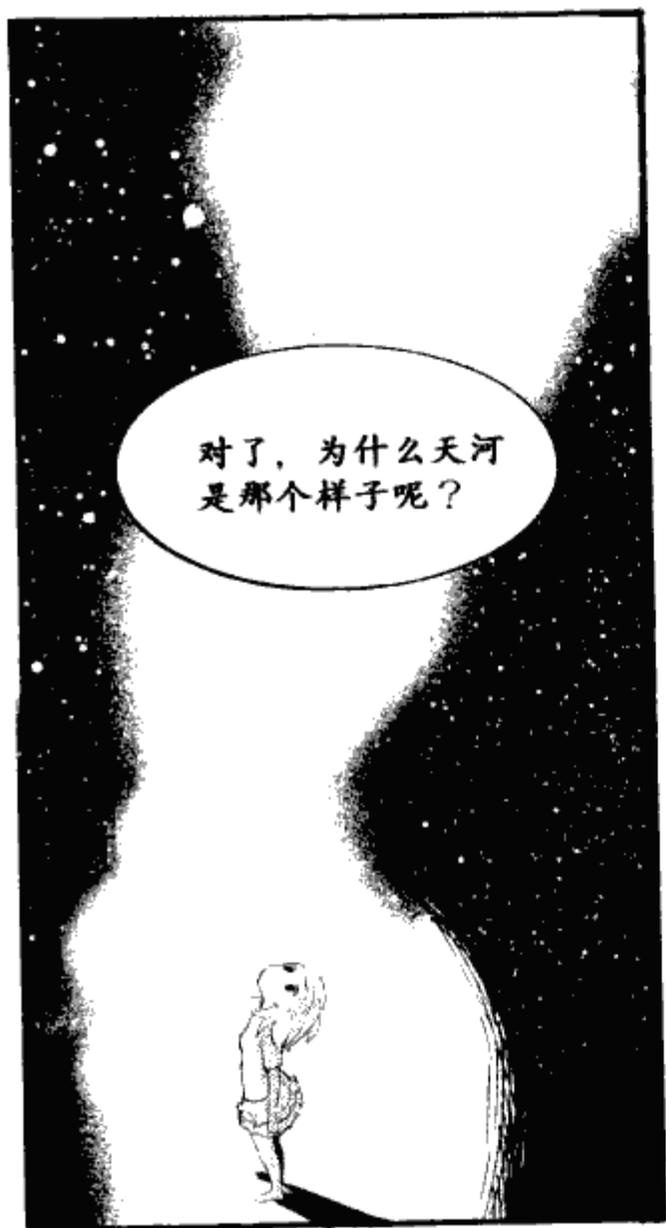
●太阳是恒星的再利用？

科学家认为像太阳这样的恒星的产生过程是，在宇宙空间中“有的地方的物质密度比周围的物质密度高一些”，于是分子云开始向这里聚集，之后“由于重力作用开始收缩→温度上升→放热→核聚变发光”。宇宙诞生的时候，分子云由氢和氦组成，这两者成为恒星的构成物质是没有问题的，但是在分析太阳光谱的时候，人们还发现了铁、金、铀等重元素，这又是为什么呢？

科学家认为这些重元素是在比太阳更大的恒星内部，因为发生元素的合成而产生的。这就意味着，太阳会不会是“高密度恒星最后产生的超新星爆炸而飞散出的星际物质组成的”呢，也就是恒星的再利用。

地球里也存在很多铁，这也是因为在太阳系的形成期，这里有很多的星际物质而引起的。这么想来，太阳是恒星的回收再利用的说法也说得过去。或许，许多恒星事实上都是经过这个过程而诞生的吧。







星球集合体
天河的别名又叫“银河”，
也叫银河系。

我们所在的太阳系就在
银河系中，它的形状就
像一个圆盘。

所以，我们看到的
圆盘部分的星星更
密集。

这就是
“Milky Way”。

天河英语叫
“Milky Way”啊！

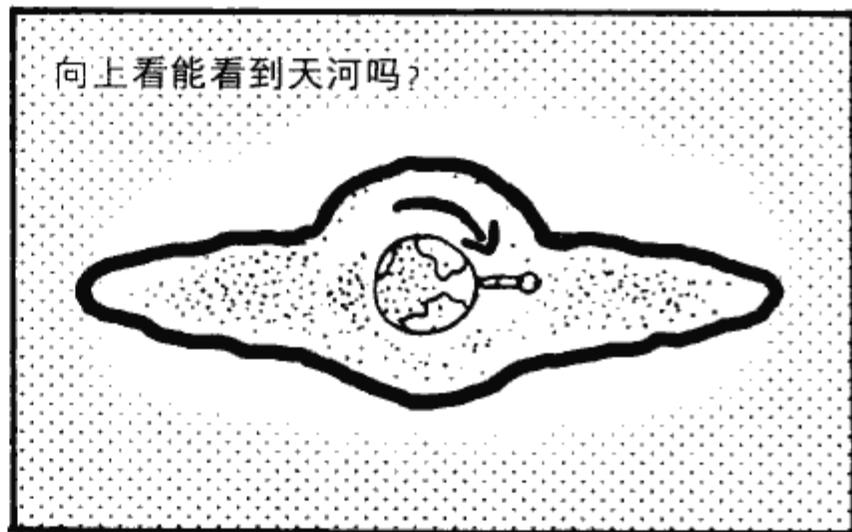
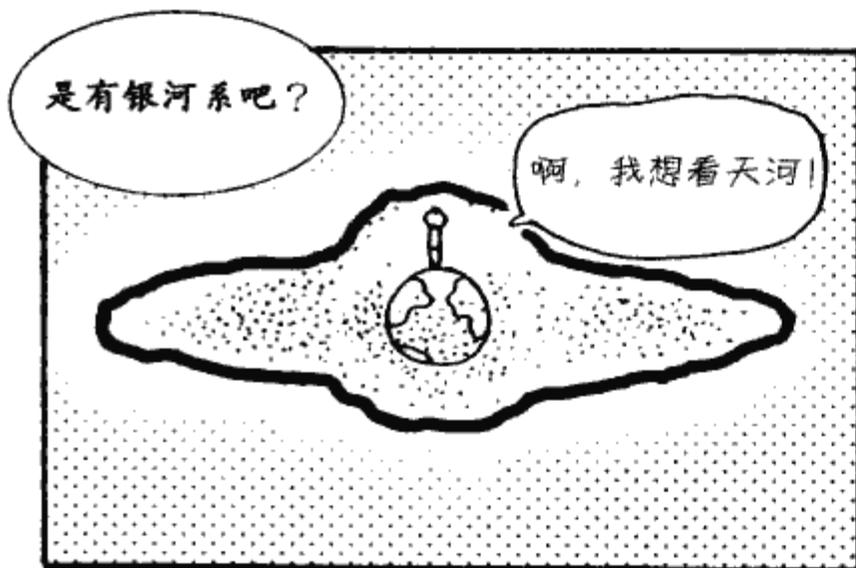
听起来好像
味道不错。

就知道吃，星星
你也吃啊？

怎么着吧！！
你还想和我吵架
不成吗？

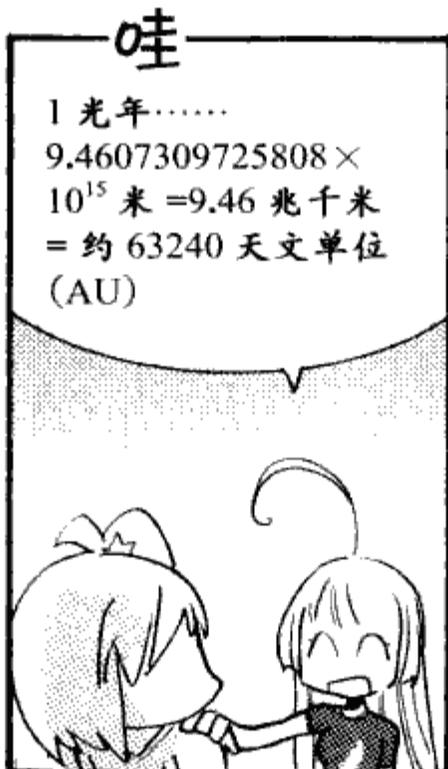
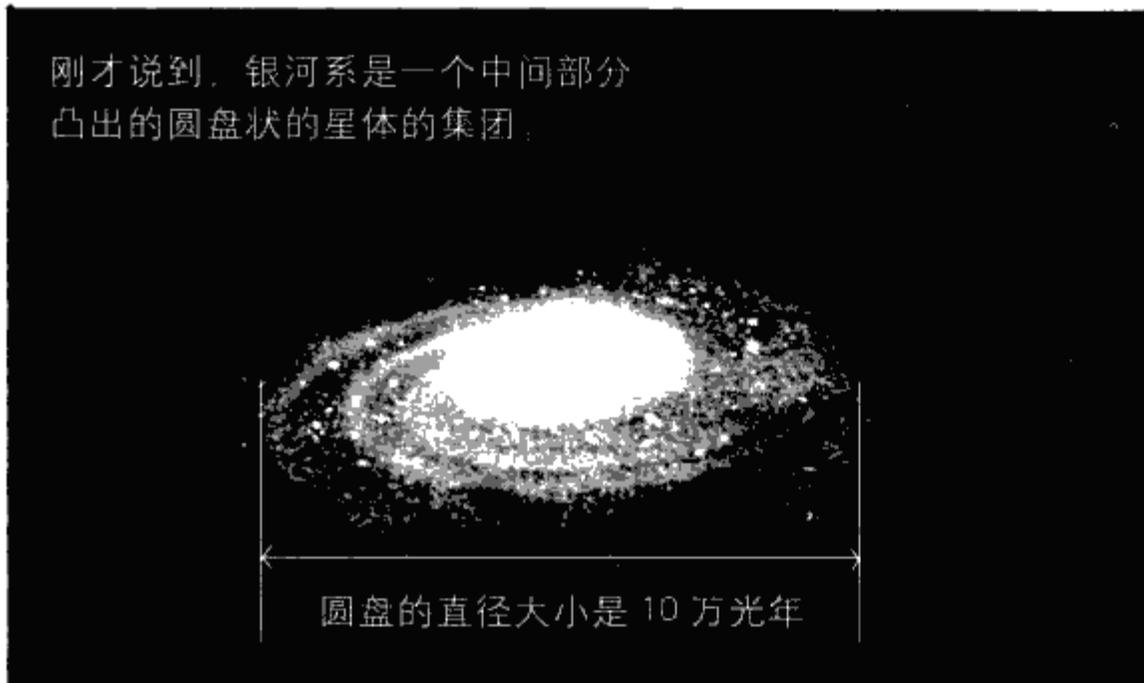
难道她真的那么
能吃吗！？

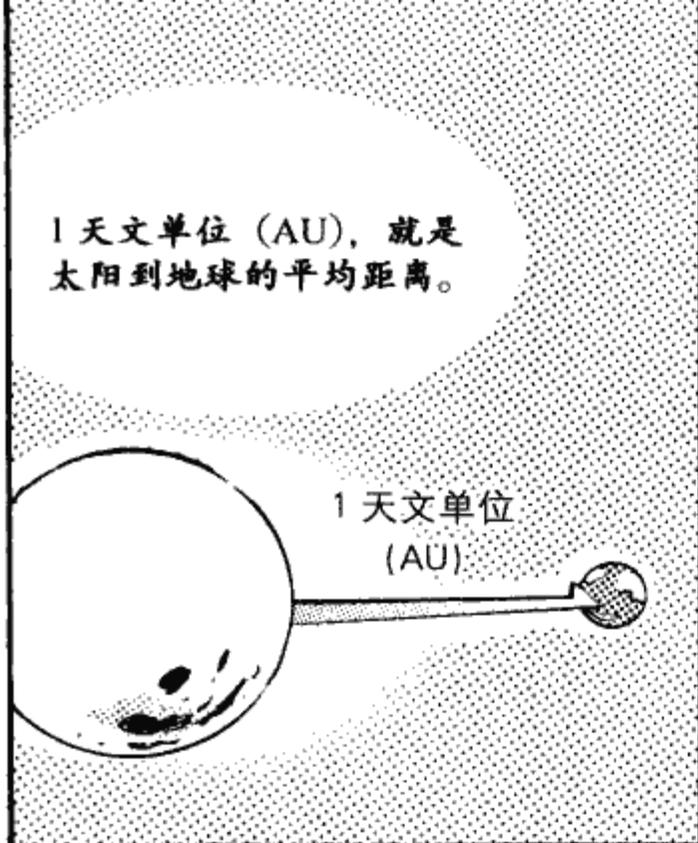
我的巧克力派！！



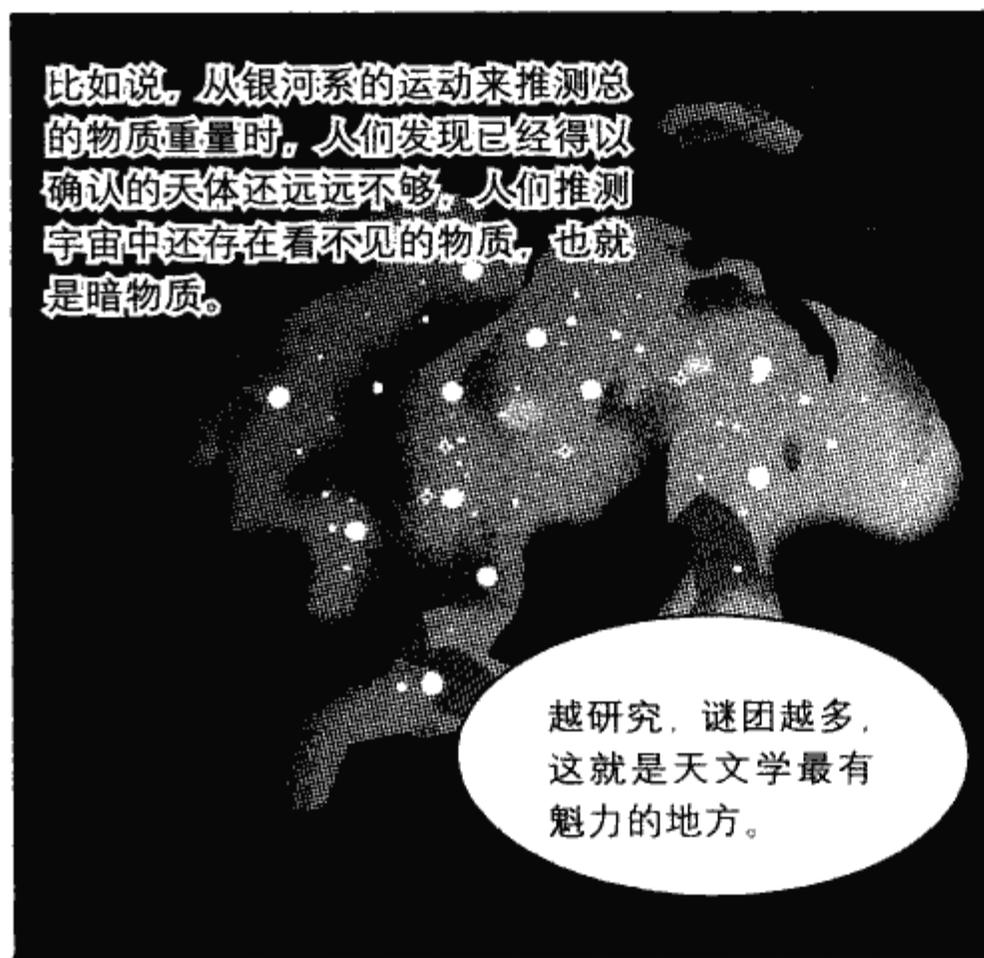


★ 2-3 银河系的大小是太阳系的多少倍 ★







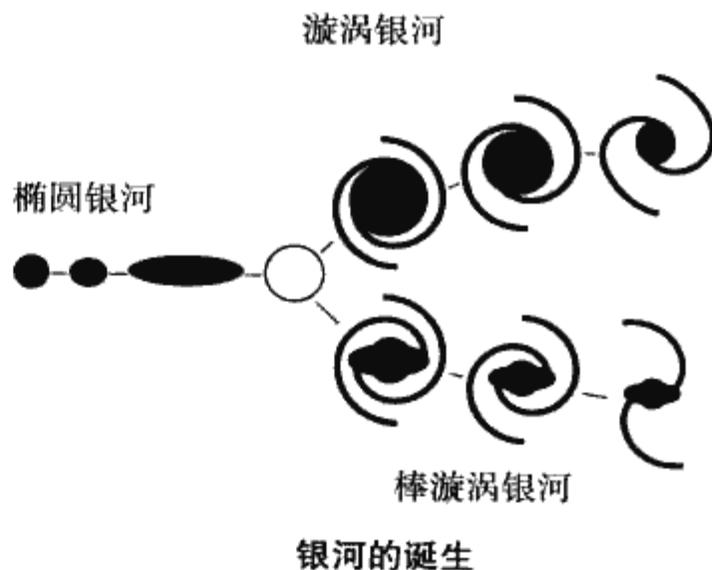




专题 银河系的五大未解之谜

●形状之谜

以前人们一直认为银河系是漩涡状的，但美国天文学家分析了2003年NASA发射的史匹哲太空望远镜（Spitzer Space Telescope, SST）所取得的观测数据后，得出“银河系中心部存在着长27000光年的棒状结构”，使得棒漩涡状银河说呈现在人们眼前。而漩涡状银河与棒漩涡状银河是怎么形成的，依然是个未解之谜。



●银河的中心有黑洞?

说太阳系，人们容易理解，它是由太阳这颗恒星的重力而形成的天体集合，那么银河系呢？银河系的中心有什么呢？它为什么能把这么多的天体聚集在一起呢？这个谜团也还没有解开。银河系的质量是太阳的3000亿到3兆倍，要聚集这么多的天体，通常的“星球”是“不可能做到的”，它应该“非常重，而且小”，如果是这样的话，如今人们能想到的只有黑洞了。

所谓黑洞，就是重力太强了，连光线都被吸引住，无法“逃脱”的地方。人们认为，银河系的中心就应有一个超级巨大的黑洞。

●巨型黑洞是怎样产生的——未解之谜

黑洞有大有小，有的黑洞的质量和一般的恒星差不多，属于“小型黑洞”，而有的则非常巨大，就如同银河系中心的那样，是太阳质量的数百万倍甚至数亿倍。这种巨大的黑洞是怎样产生的呢？这也是一个未解之谜。

对于和恒星质量大小一样的“小型黑洞”，科学家认为它原本是普通天体（恒星），只是当它燃烧尽时变化而来。当太阳质量 20 倍以上的恒星燃尽，发生超新星爆炸后，由于重力崩溃，核物质不断收缩，最终可能就形成了这样的黑洞。

从顺序上想来，这样的小型黑洞之间，以及与其他的天体结合，倒是可能形成大的黑洞。只不过由于还没有发现这种“处于成长期的中型黑洞”，所以黑洞形成的机理还有待明确。只不过最近，通过 X 射线卫星的观测，人们渐渐地发现了一些中型黑洞，或许离弄清楚巨型黑洞的形成原理的日子也不会太遥远了吧。

● 银河系构成物质的 90% 依然未知

通过运动解析方法等，科学家推测出银河系的质量有 6000 亿到 1 兆个太阳那么多，但是人们把用望远镜（包括射电望远镜）等能够观测到的天体全部加起来，也只不过不到这个质量的 10%。其他的银河、银河团也是如此。结果，天文学家认为“宇宙构成物质的 90% 以上是不能观测到的暗物质（dark matter）”。

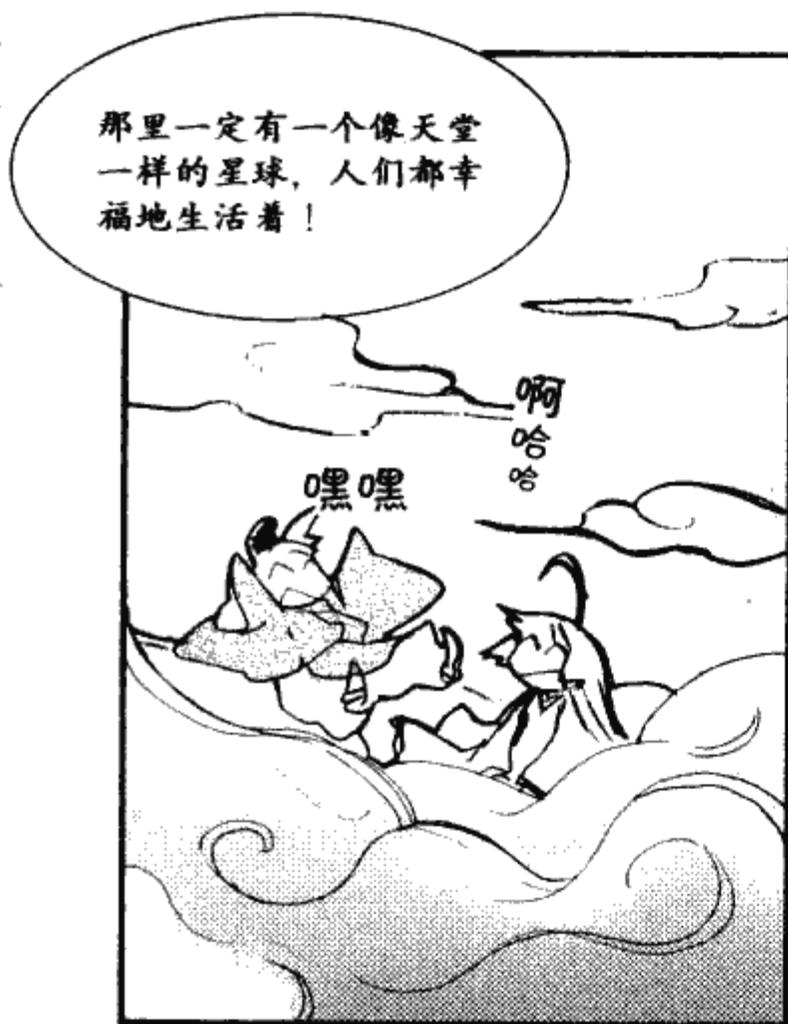
既不发光也不反光的暗物质究竟是什么呢？是未知的粒子吗？还是牛顿粒子（微观粒子的一种）？或者是黑洞？现在还没有定论。如果谁能够解答这一问题，获得诺贝尔奖将不在话下。

与此相似的是，宇宙中存在的能量的 70% 以上还不为人类所知，这些能量被称为“暗能”。

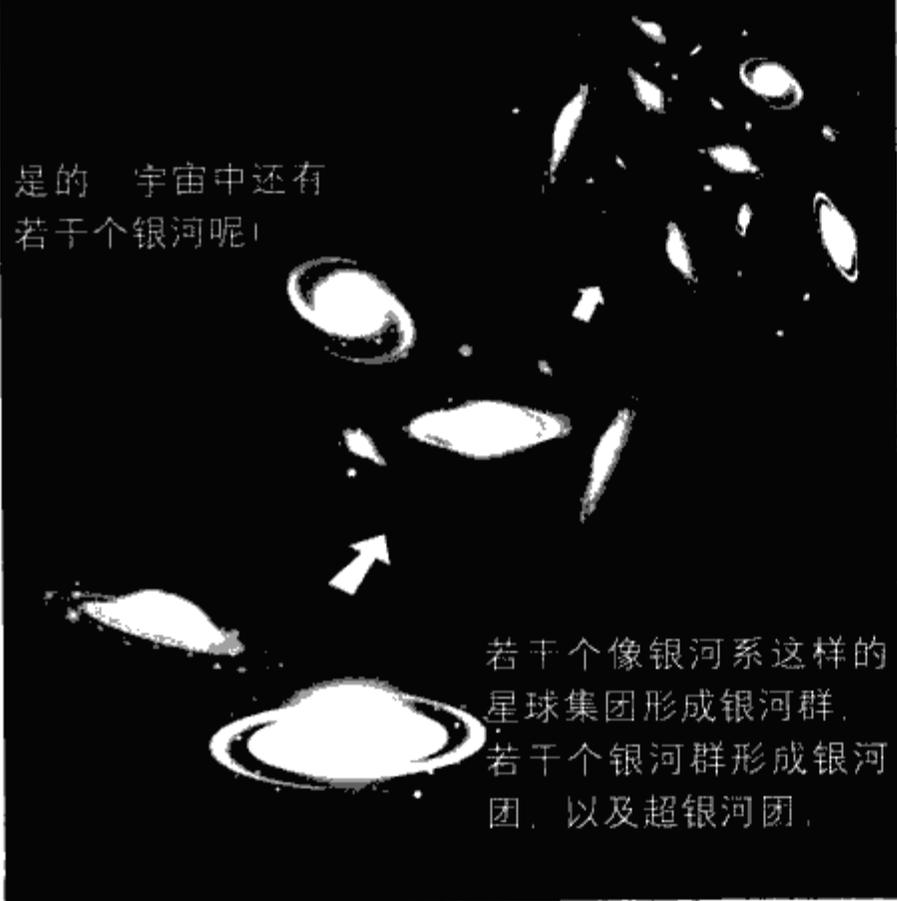
● 70 亿年后仙女座大撞击

天文学家发现，离我们银河系“不远”的另一个银河（小宇宙）——“仙女座银河”，正以每秒 100 千米的速度向我们靠近。现在的距离是大约 252 万光年，这么算来，70 亿 ~80 亿年后，两者就会发生相撞。那时会是个什么样子呢？这也是一个未解之谜。

人们预测，由于银河中的天体与天体之间都隔得比较远，恒星之间发生撞击的可能性似乎不大，但可能“合体形成新的银河”或是“撞击会引起重力增大”等，众说纷纭。



是的，宇宙中还有
若干个银河呢！



若干个像银河系这样的
星球集团形成银河群，
若干个银河群形成银河
团，以及超银河团。

什么，什么!?



就好像打过一关，
还有更强的 Boss
在前面啊！



那最后的 Boss 是谁啊！
我要打败它！！

你们刚才在说什么啊！！



你有没有认真听啊！！



我是在给你说宇宙
的知识啊！！

我还是在编剧本呢！



是你在那里打岔，
还说我！？

切！
什么老爷爷去宇宙，
辉映姬公主……
你那也算编剧本！？



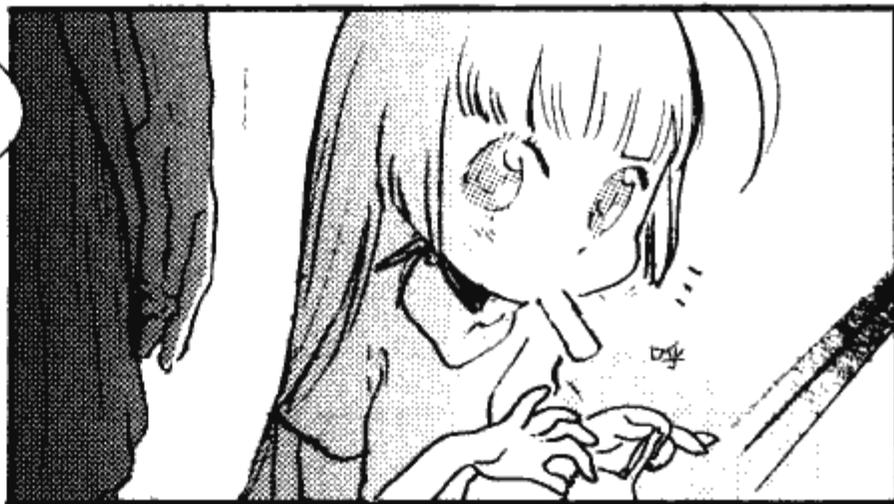
这是故事，你
懂不懂！？

他们俩好像在
各说各的啊！

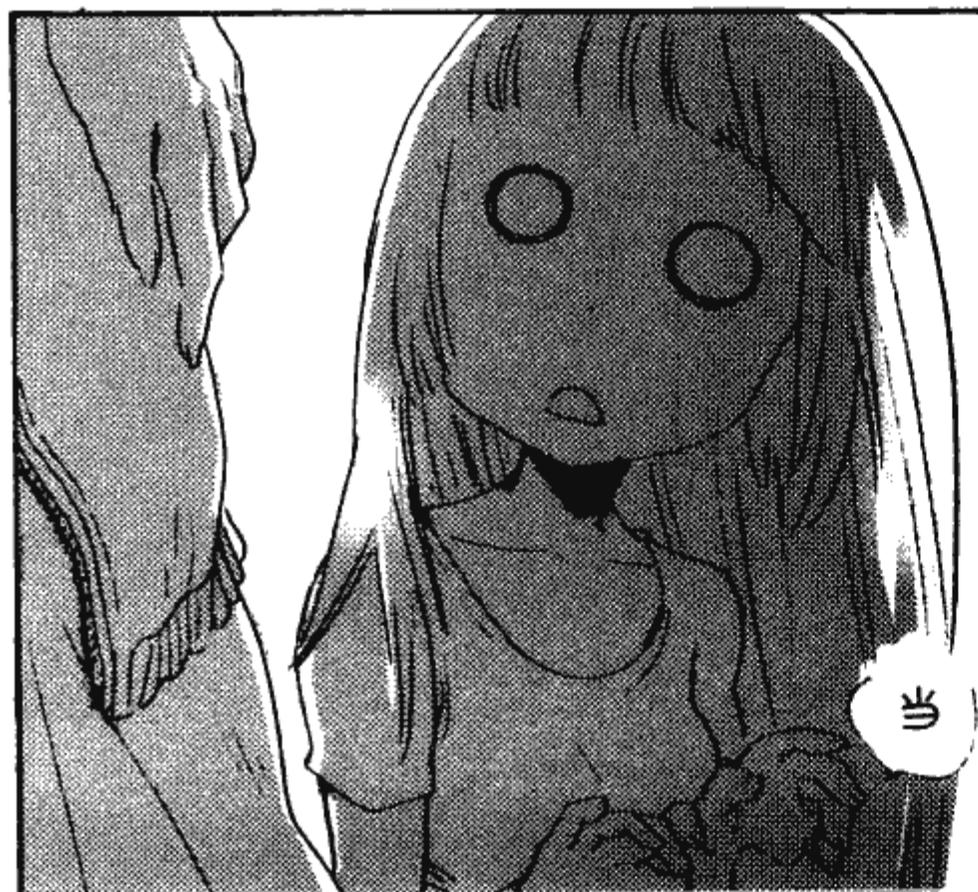
要吵到什么
时候啊！



啪 味 呀
啪



呼



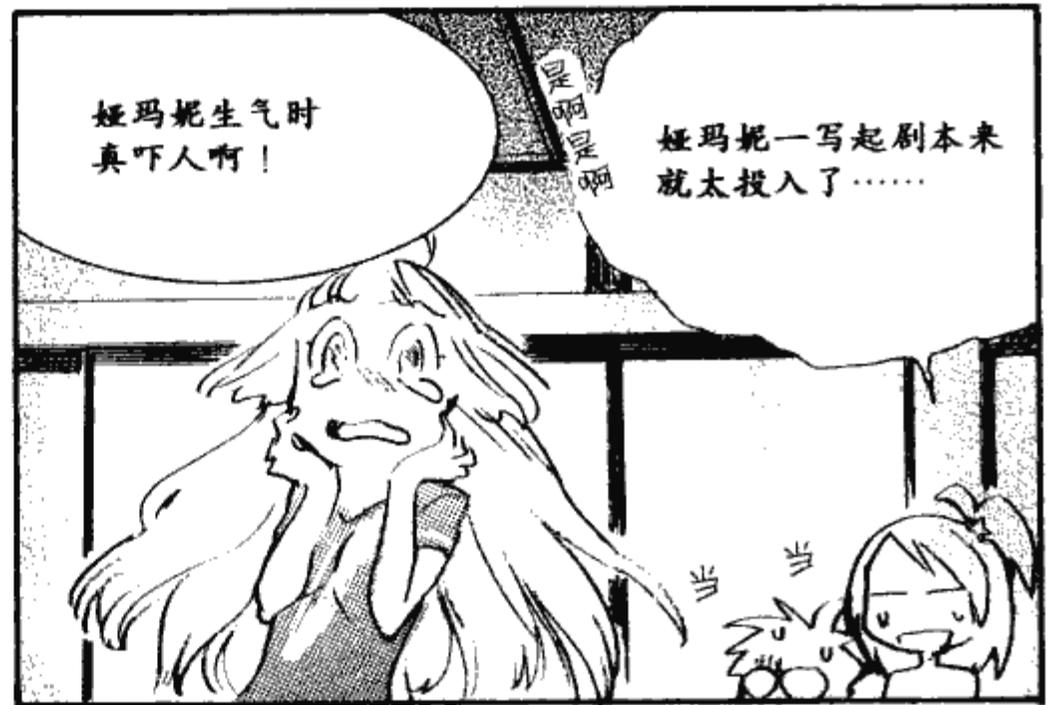
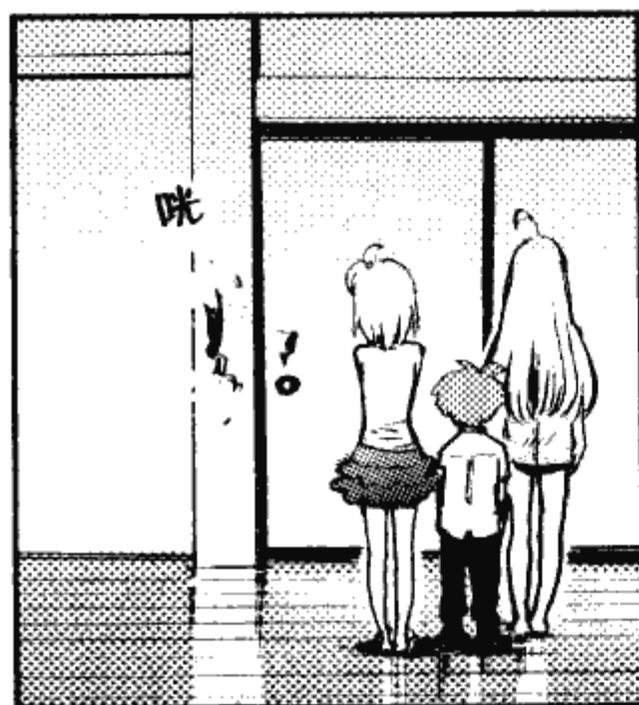
当

你们两个？

干嘛？

干什么？









★天河是由什么构成的？



天 河

不管是天动说还是哥白尼当初的地动说，对于16世纪的人们来说，宇宙只不过就是“地球、月球、太阳、（太阳系）行星以及其他部分”，在空中独立运动的就是行星，其他的众多星球构成的星座就如同附在天穹上一样。不动的星星都是恒星！

直到后来，伽利略对这种宇宙观产生了怀疑。他使用自己制作的望远镜，不间断地观察夜空，1609年，他提出了他的发现结果，那就是天河是无数星星的集合。

在没有望远镜的时代，人们认为天河是漂在天穹的云或是一种可以流动的什么东西。所以才有牛郎织女被天河阻隔的说法。

事实上，据说在古代希腊，哲学家德谟克利特（Democritus，约公元前460~约前370）就提出过“天河是遥远的地方的星星的集合”。我们不知道他是经过逻辑思考得到的这个结论还是因为“视力很好”自己看到的，不过他的说法的确是有道理的。如果天河是气体状的云或者是像河流那样的话，那么随着时间的变化，它的位置和形状也会发生改变。而天河呈现在人们面前的却是和其他星座那样，在天空中基本没有变化。

当然，在德谟克利特的年代，这是难以证明的，直到之后大约1200年，伽利略的科学发现才证实了这一说法。

★天河为什么看起来像河

既然天河是无数星星的集合，那么接下来，科学家要回答的问题就是“它们是因为什么聚集成那个样子的？怎么聚集在一起的呢？”遗憾的是伽利略、开普勒都忙于地动说，对于这个问题基本没有涉及。

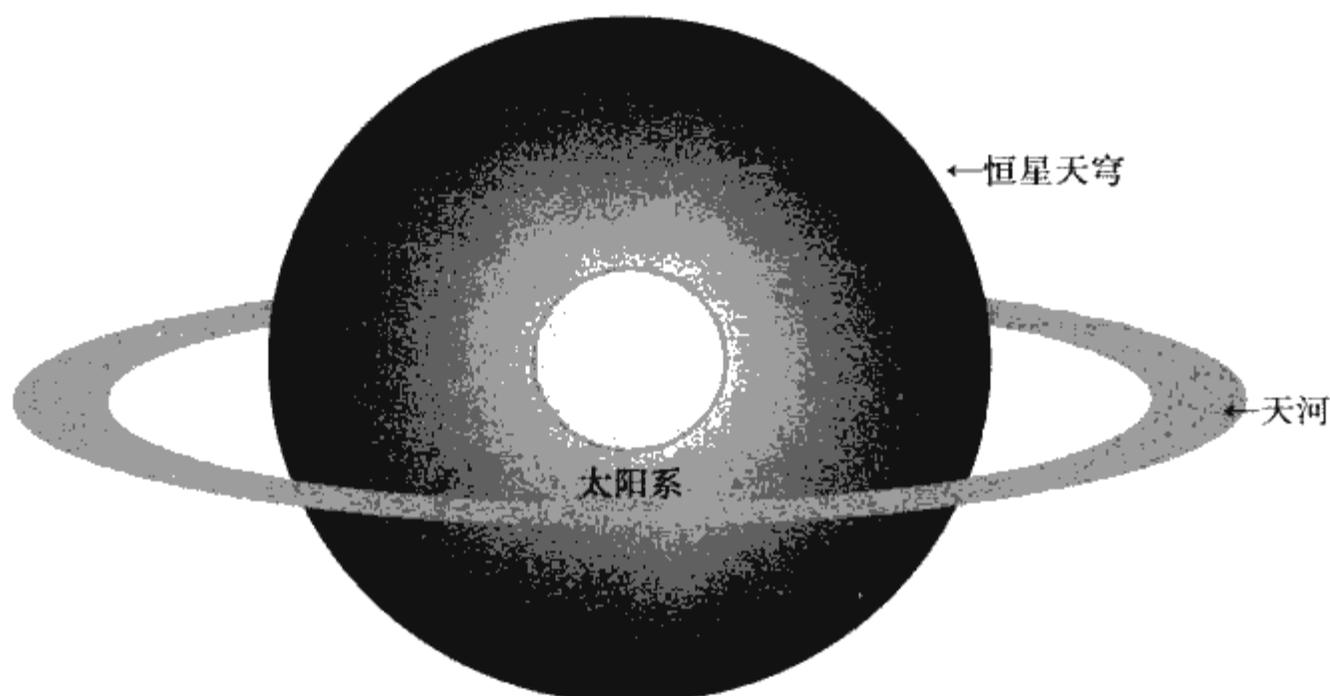
那就让我们来试着思考一下吧。

既然天河是无数星星的集合，而且这些星星发的光看起来非常微弱，给人漂浮着的云的感觉。那么，天河要么就是比其他的能从地球上看到的恒星小，要么就是更远。

其实这一说法很容易反驳，如果说是在某个特定的地方聚集那么多的小星星，那几乎是不太可能的。那样的话，空中出现的天河就不止一条了。

所以，还是“构成天河的星星比其他的恒星还要远”比较可信。那么，我们能想到的就是如下的构造。

我们把太阳系比做包子的馅，那包在周围的（包子皮）就是恒星天穹（恒星就像贴在天穹上），再外面像一条带子似的就是天河。这和我们看到的夜空的样子差不多。也类似于我们肉眼就能观测到的“带着环的土星”。



天河的形状

★ 圆盘状银河系的模型比较容易理解

对于天河，或许伽利略时代就有人思考过这样的模型，但是，如果仔细眺望天河，还会构想出更好的模型来。

上一页的模型有个最大的缺陷，那就是恒星天穹和天河离得很远，可既然都是星星，为什么距离上会有那么大的差距呢？所以这个问题难以解释。

那么，把恒星天穹和天河结合到一起会怎么样呢……

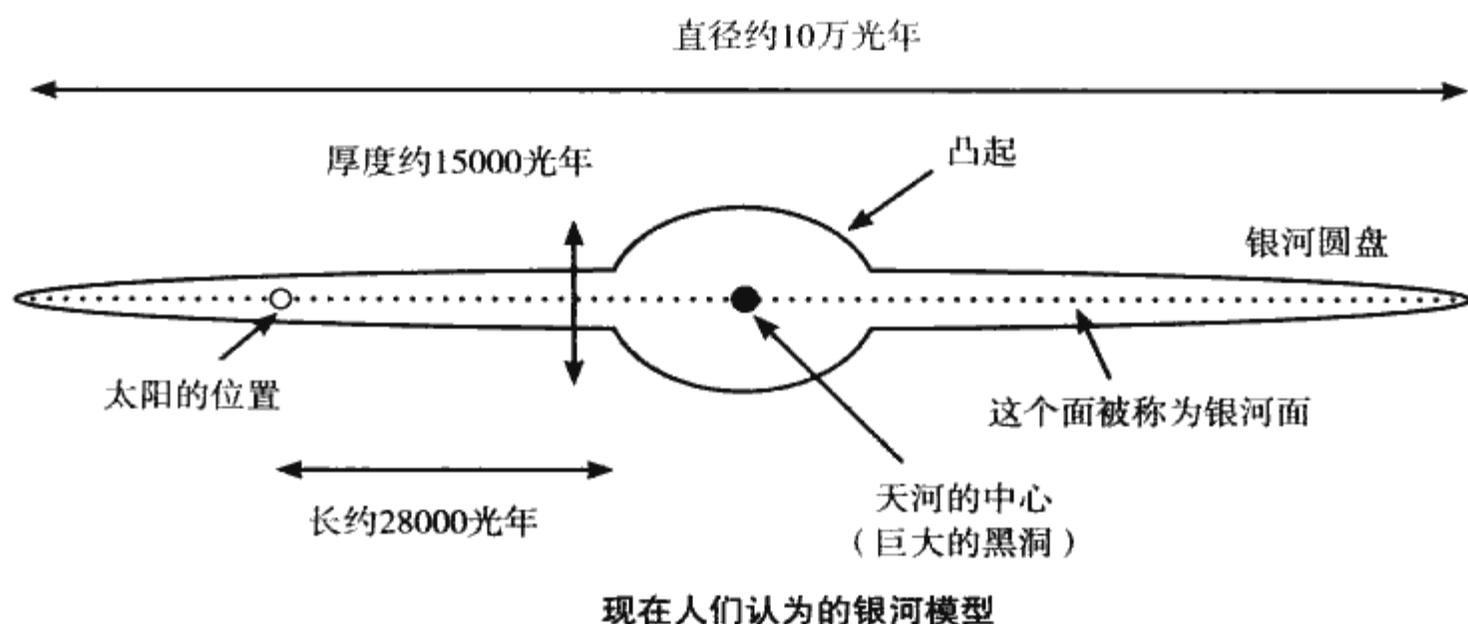
事实上，把恒星天穹和天河结合在一起，形成圆盘状的构造，我们同样能让看起来像带子一样的天河出现在天穹里，其实这就是如今银河系的模型。

下图是银河系的构造图示，这种图示明确提出，我们之后会提到，是在 19 世纪至 20 世纪，也就是伽利略之后大约 200 年。

“既然地球、太阳系在旋转，那么会不会宇宙也在旋转呢……”

“既然是旋转，那分散的物质呈圆盘状的可能性很大。”

这种假说理解起来比较容易，这就类似于在旋转的台子上摊皮萨饼。



★ 科学观测结果支持圆盘状宇宙模型

以上我们介绍了 17~19 世纪时人们推想的“银河系宇宙的样子”，而用观测结果来证明对银河系（当时人们所认为的宇宙的全部）的这个推想的，是出生于德国、后来活跃于英国的天文学家弗里德里希·威廉·赫歇尔（Frederick William Herschel, 1738~1822）。

他的证明方法并不复杂。

他从能够观测到的整个天空范围进行取样观察，大体上按满月的四分之一大小的面积，从天空取了 683 个样，用望远镜观察各个取样的区域的星星数量。虽然所取样区域的面积加起来也只有整个天空的 0.1%，但在统计学上是可以信赖的。

说起来虽然简单，但我们肉眼可见的比六等星明亮的恒星就有约 8600 颗。没有人知道赫歇尔一共数了多少颗星星，但 1 万颗以上肯定是有的。这是个非常庞大的工作量。

他为什么这么做呢？赫歇尔提出了如下的假说。

1. 天河，是星星聚集在一起的集团。

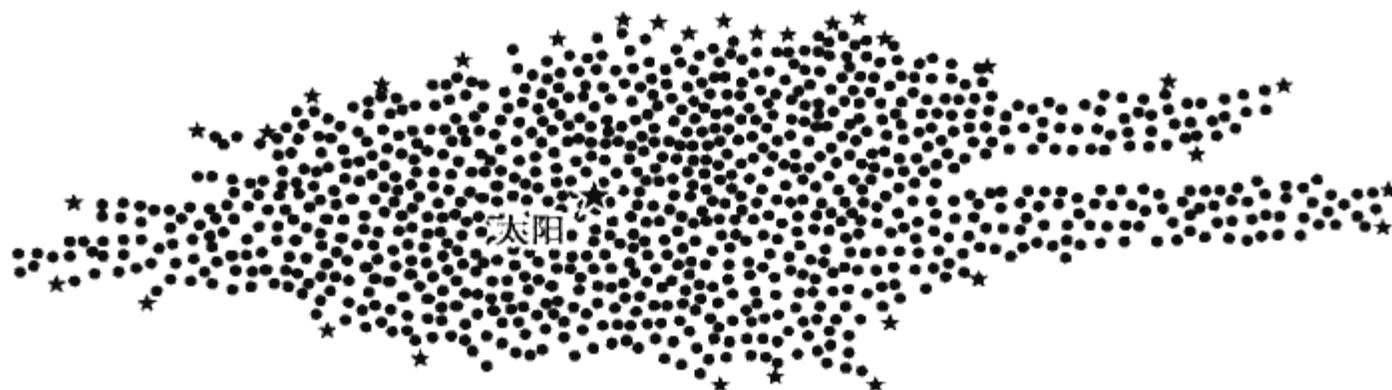
2. 自然界的物质集团中，构成物基本上都是均匀分散的。那么星星的集团也应该如此，并非挤在某处，而是几乎以相同的密度分散着。

3. 天穹上星星越多的区域，该集团就延伸的越大。

也许第 2 点，有些不太容易理解，我们可以用烟雾的扩散作为例子。宇宙整体是一个有“形”的集团，但它的内部的烟雾粒子都是在均匀地扩散着的（向着使浓淡均匀的情形运动），这就容易理解了。

最终，赫歇尔得出了如下的宇宙模型图。

实际上，由于暗物质、星际尘埃等的影响，宇宙中很多部分肉眼是看不到的，他得出的形状模型也有些奇怪，大小是银河系实际大小的十分之一不到，尽管有些“缩水”，但圆盘状模型终于呈现在人们面前。他对宇宙论的进步有着巨大的贡献。



赫歇尔得出的宇宙模型

★ 哲学家康德的构想使得宇宙迅速扩大

赫歇尔的努力使得人们认识到了银河系的样子（虽然有些不准确的地方）。但他无端地认为太阳系就是银河系的中心，而且认为从地球观测到的星星（= 银河系）就是整个宇宙，结果，他没有能够拓展开“宇宙的范围”。

只不过，当时的天文学家都是那么想的，所以也不能说是赫歇尔的错吧。

然而，就在同一时代，有一人用了和科学家不同的眼光来思考宇宙问题，其结果几乎接近宇宙的真相。他就是德国的著名哲学家伊曼努尔·康德（Immanuel Kant, 1724~1804）。

当时，在哲学界，经验论者认为“人类的知识和概念全都是根据经验而得来的”，针对这种情况，他提出“人类的思考方式是，通过经验，把对事物的认识进行知识性处理，再获得概念、知识”。他带来了认识论的大革命（被称为合理主义和经验论的统合）。他还用自己的思考方式，对宇宙进行了探讨。

他早就注意到了圆盘状银河系模型，他在著作中写到，“恒星的体系有许多，天河或许就是一个大的系统”。据说赫歇尔就是读了这本著作后，为了用科学来证实康德的想法，才开始数星星的（也有的说不是这样）。

康德对于宇宙论的最大贡献是，提出了“就如同海上有无数的岛屿一样，宇宙中恒星体系（集合）而形成的岛宇宙（Island Universe）也有很多”。他还指出，人类目前所看到的星星，只不过是一个叫银河系的岛宇宙之一，除此之外，类似的岛宇宙还有无数个，这些岛宇宙构成了大宇宙。

在康德所活跃的 18 世纪后期，随着观测技术的进步，人们发现，在宇宙中，除了星星以外，还有许多的天体。形状像云一样，发着昏暗的光，被称为“星云”的天体就是那时被发现的。

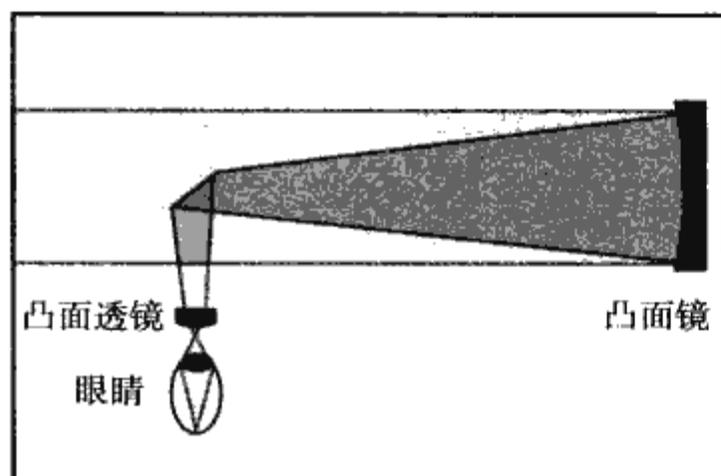
如今被归类为“银河”的仙女座星云、麦哲伦星云肉眼可见，古代就有记录，随着后来望远镜的出现，被认为是“宇宙的云”的东西，结果被证明是无数的星星的集合……

就如同天河被证明是无数星星的集合一样，星云后来被证明也是无数星星的集合。康德的说法也得到了相应的验证。

★宇宙观测技术是怎样发展的？

随着根据经验得出的认识以及思考而获得的知识和概念的积累，人类对宇宙的了解在不断扩大。在赫歇尔之后的19~20世纪，天文学取得了丰富的成果，关于这一点我们将会在第三章进行介绍。现在，我们来看看对宇宙的观测和取得的经验性认识。

17世纪初，人们发明了望远镜。伽利略用自己制作的望远镜取得了很多的发现，这一点我们之前已经讲过了。就当时的性能来说，能发现天河是星星的集团就已经是极限了。1612年，德国天文学家西蒙·马瑞斯观测到与我们银河系相邻的仙女座银河（当时叫星云），就没能把它看做是星星。如果那时他能发现“仙女座也是如同天河一样的构造”

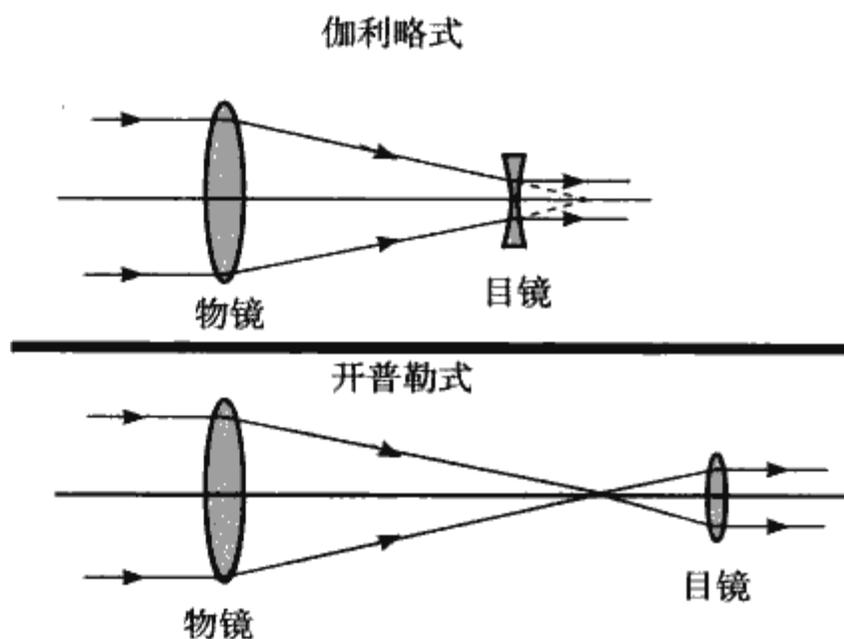


牛顿式望远镜

的话，那么人们或许能够更早解开宇宙的构造之谜了。

与伽利略同时代的开普勒也发明了一个有别于其他望远镜的望远镜，并使用它进行了观测。两种望远镜相比较，伽利略式望远镜得到的是正像，但倍率难以提高，开普勒式得到的是倒像（像和实物上下颠倒），但能得到较高倍率的影像而且视野也不会变小，成为了天体望远镜的主流（伽利略式望远镜更适合地上普通观测用）。好像因为这个差异，导致了两人在地动说上也有些不一样的看法。

但不管是哪种望远镜，限于当时的技术，人们无法做出大的镜头来，所以无法提高分辨率。所谓的分辨率，指的是“多远还能分得清两个点？”这是天体望远镜最重要的性能之一。简单地说，望远镜的口径（粗细）越大，就能收集到更多的光，进而能提高分辨率，只不过，如果镜头的工作精度要是跟不上的话，口径再粗也是没有意义的。此外，要提高镜头的倍数，镜片就会变厚，而分光也就难以避免。



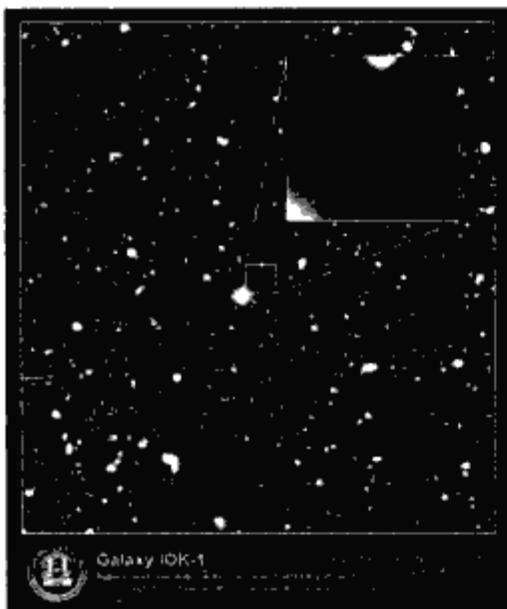
两种望远镜的构造

后来以牛顿式望远镜为代表的反射式望远镜使用了凸面镜。发射式望远镜于 1688 年发明出来后,经过了一些改良,今天人们所使用的天体望远镜(光学)就是按那样的原理来制作的。

★历史上著名的望远镜

我们下面来介绍一些宇宙发现史上著名的望远镜。

★威尔逊山天文台 100 英寸(2.54 米)胡克望远镜



第 3 章将要出场的哈勃对银河之谜、宇宙的诞生等取得大发现所使用的望远镜。它完成于 1917 年,占据世界最大望远镜的地位长达 30 年,哈勃法则的发现就是用这个望远镜实现的。

★帕洛马山天文台 200 英寸(5.08 米)海尔望远镜

1948 年制成后,取代威尔逊山天文台望远镜,获得了“世界最大望远镜”的称号,这一桂冠保持了 27 年。它发现了 100 颗以上的小行星,以其高性能引领了 20 世纪天文学。

1.288 × 10¹⁰光年之远的银河

★哈勃天空望远镜

1990 年它由航天飞机发射升空,位于地球上空约 600 千米的轨道上的人造卫星型望远镜。口径 2.4 米,是帕洛马山天文台望远镜的一半不到,但不受大气及天气情况的影响,能够实现高精度的天体观测。通过它,人类首次证明了太阳系以外行星的存在,以及银河系暗物质的存在等,可谓硕果累累。

★日本国家天文台夏威夷观察所昴宿星团望远镜

日本国家天文台 1999 年制成了世界最大的光学红外线望远镜,其主反射镜的直径达 8.2 米!本来这个尺寸的镜子,由于其自身的重量就会发生歪斜,不过日本采用了修正技术,使这种望远镜的制作成为可能。



昴宿星团望远镜

它发现了天体观测史上最远的 1.288×10^{10} 光年之远的银河等天体，取得了惊人的成果。其分辨率之高令人叹为观止，举个例子，通过它站在东京能看清楚富士山顶上的一个网球。

★用射电望远镜观测什么？

除了光学望远镜，宇宙观测中还会用到的一种工具就是射电望远镜，相信大家都听说这个名字。那么，用“射电”来观测的是什么呢？

电波和光一样（可见光线、紫外线等），是电磁波的一种，因为它的波长长，所以不会像光那样，很难被所经过的路径上的物体所阻挡。在光线照不进来的屋子里，手机还能照样使用应用的就是这个原理。

宇宙空间中有着各种各样的物质。中间存在着暗黑星云那样的天体，能够把光吸收掉，那么在它的后面是什么，我们用光学望远镜就无法观测了，此时，就要用到射电望远镜了。

射电望远镜开发于 20 世纪中期，它给天文学带来了很大的进步。比方说，我们将在第 3 章中提到的被认为是大爆炸的证据的事物的发现，就是其成果之一。

日本最具代表性的射电望远镜是国家天文台野边山的“45 米射电望远镜”。这里所说的 45 米，指的是天线部分的直径，“相当于 15 层高的大楼那么高……”大家可以想象其大小吧。

根据国家天文台的网站信息，1982 年制作这个射电望远镜时，耗资 50 亿日元，如果含配套的电波干涉仪等在内，大约花费了 100 亿日元，相当于日本人每人花 100 日元。用这个射电望远镜，观测到了离地球 100 亿光年以上的银河，可以说，它“为世界射电望远镜开发历史书写了新的篇章”，值得称道。



45米射电望远镜

专题 测量宇宙大小的方法2 利用宇宙空间的三角测量技术

●惊讶于 2300 年前的测量技术

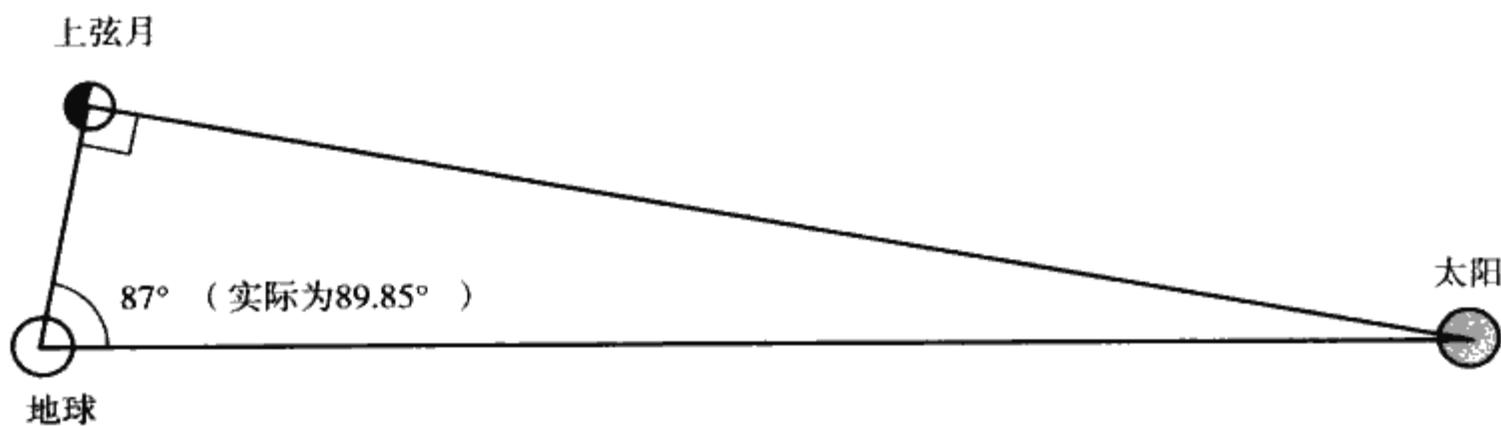
人们通过在地球上设定基线，采用三角形测量法，测得了到月球的距离（请参照本书 68 页）。可是“到太阳的距离呢？”好像这个方法就不奏效了，因为地球到太阳的距离实在太大了。

我们先把答案公布给大家吧，地球到太阳的平均距离是 1.5×10^8 千米。这大约是地球直径的 12000 倍。这不仅要考虑测量误差，而且地球上基线的长度是有限的。

地球的赤道半径 6378 千米（直径是 12756 千米）

地球到太阳的平均距离 1.5×10^8 千米

大家还记得第一章里提到过的阿里斯塔克斯吧。我们再把他的求月球和太阳的距离差时的考虑方法画出来。



地球到太阳距离的计算

大家可能看出来了，这是一个以“地球 - 月球”为基线的三角形测量。

遗憾的是，由于当时的测量技术欠缺，得到的月球与太阳的角度是 87 度，照此计算，结果地球到太阳的距离只有地球到月球的 20 倍，如果按现在的技术，则是大约 390 倍，和实际距离数值相近。但即使如此，我们对于 2300 年以前就想出这个测量方法的阿里斯塔克斯，还是得表示由衷的钦佩。

●三角形测量法能得出到太阳系外恒星的距离

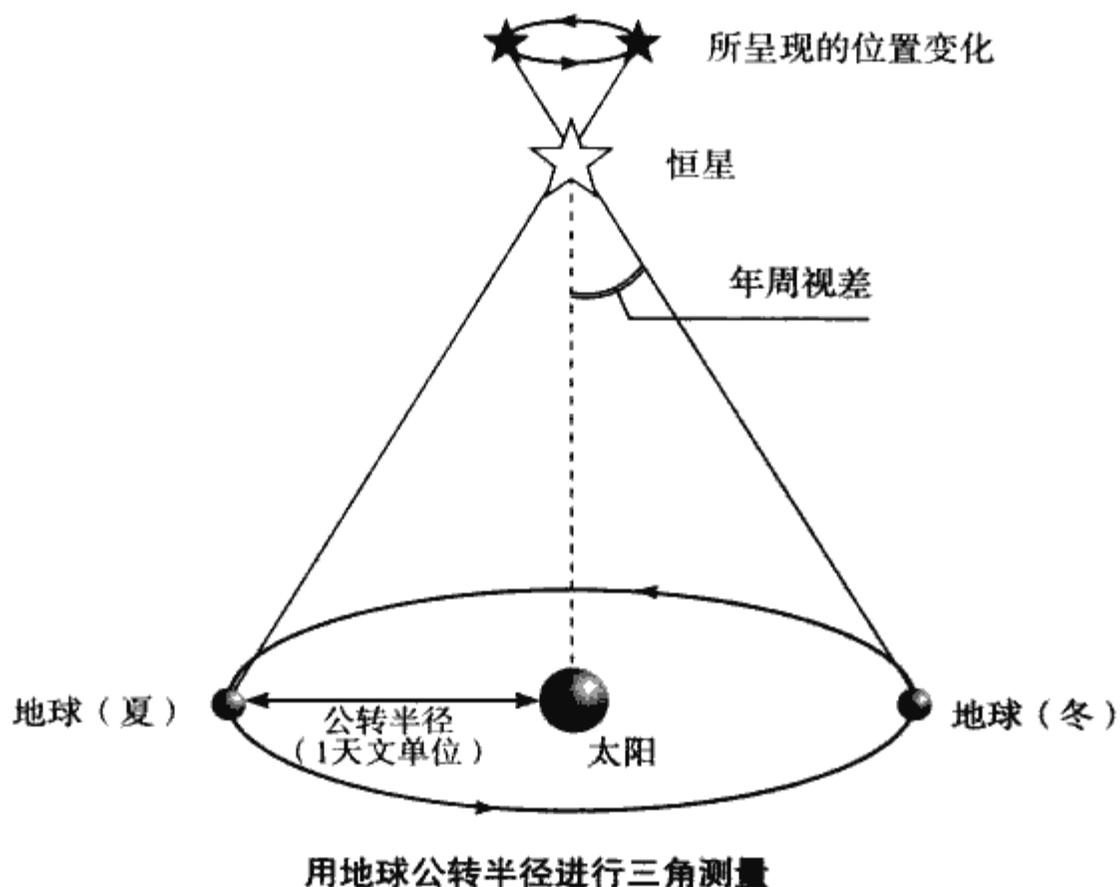
阿里斯塔克斯的方法是跳出了地球,利用宇宙空间为基线的三角形测量方法。其实,还有一个基线比月球更好,那就是地球的公转半径。

地球一年绕公转轨道转一周,那么每半年对天体进行观测,测得它的角度(仰角),根据这个数值,就能求出距离来。

这个角度的差的一半叫做“年周视差”,视差为1秒(1秒为3600分之1度)的天体的距离用1 Parsec 单位来表示。它和其他的距离单位的换算关系如下。

$$\begin{aligned} 1\text{pc} (\text{秒差距, Parsec}) &= \text{约 } 3.26 \text{ 光年} = \text{约 } 206265\text{AU} (\text{天文单位}) \\ &= \text{约 } 3.08568 \times 10^{16} (\text{米}) = \text{约 } 31 \text{ 兆} (\text{千米}) \end{aligned}$$

采用这种方法,从地面上能够观测到的天体视差0.033秒(约十万分之一度),距离就是30pc,约100光年。1989年,欧洲宇航局发射了高精度视差观测卫星,能够准确测定到500光年的距离(如果允许误差的话,能够测得1000光年的距离)。



专题 宇宙就在身边，却有如此多的未解之谜

太阳系的大小



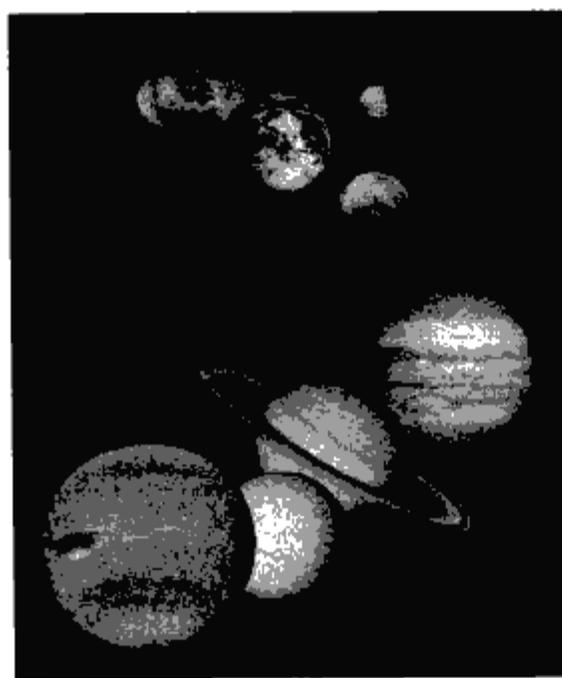
虽然 2006 年冥王星被排除在太阳系行星之外，但是构成太阳系的天体还是没有变化。那么太阳系有多大呢？大到多大呢？

设地球到太阳的距离为 1 个天文单位（AU），那么太阳到最外侧的行星海王星的距离（轨道长半径）是 30AU。在其外侧 30~50AU 的范围是卡博小行星带，分布着许多主要由冰（水和甲烷组成）构成的小行星。据说半径 50 千米以上的小行星就有 7 万颗以上，有人认为冥王星也是其中之一。

与卡博带相接的是冰、岩石等构成的 1 兆颗以上的天体群，叫做奥尔特云。它的范围是 50AU 到 100000AU！约是海王星轨道半径的 3300 倍。

太阳重力范围大概就能“控制”这么远（对天体产生影响），这就是“太阳系”。其半径约 1.6 光年，无论宇宙飞船的速度有多快，要离开太阳系至少需要 1.6 光年的时间。

再多说一句，太阳系的英文名字是 Solar System，听上去总感觉有点像太阳能发电装置的名字，你们觉得呢？

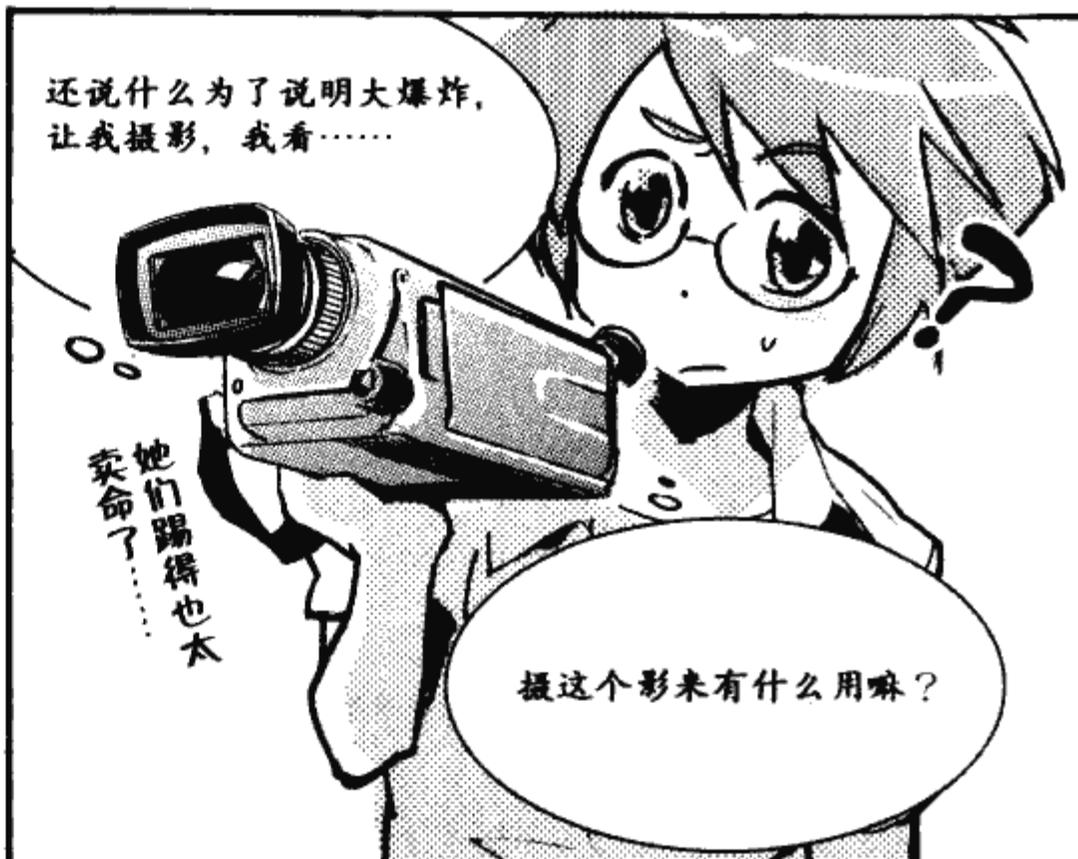
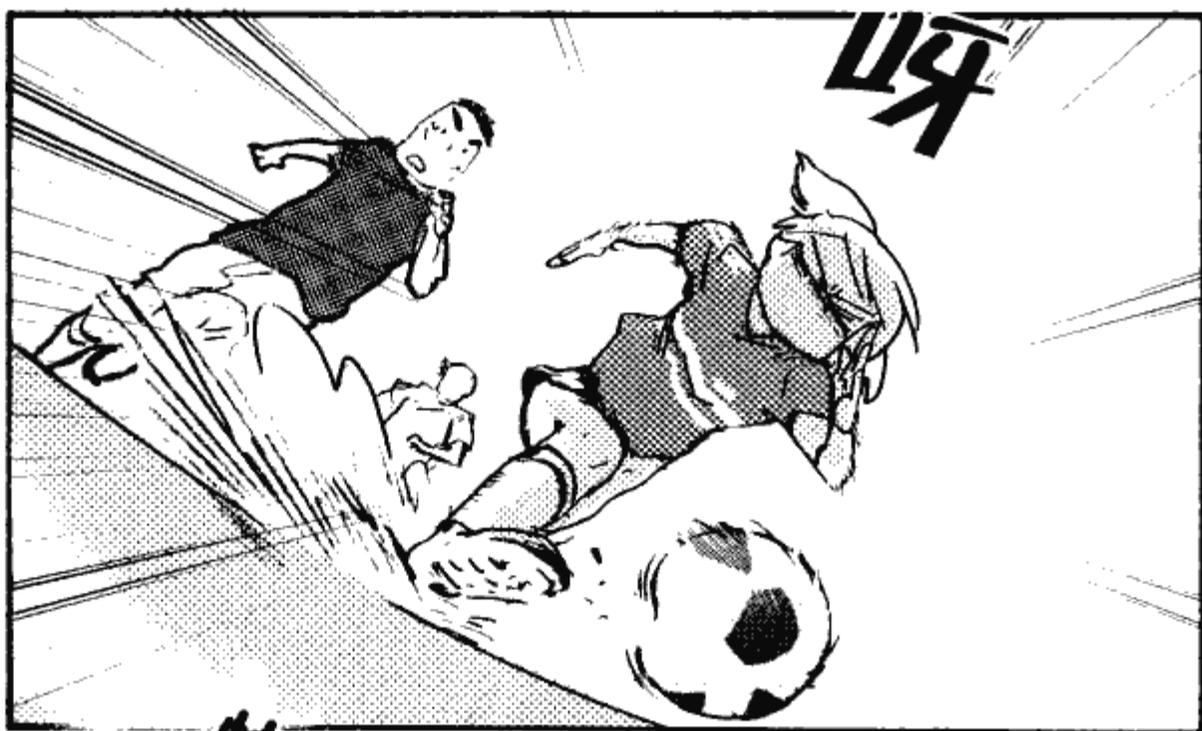


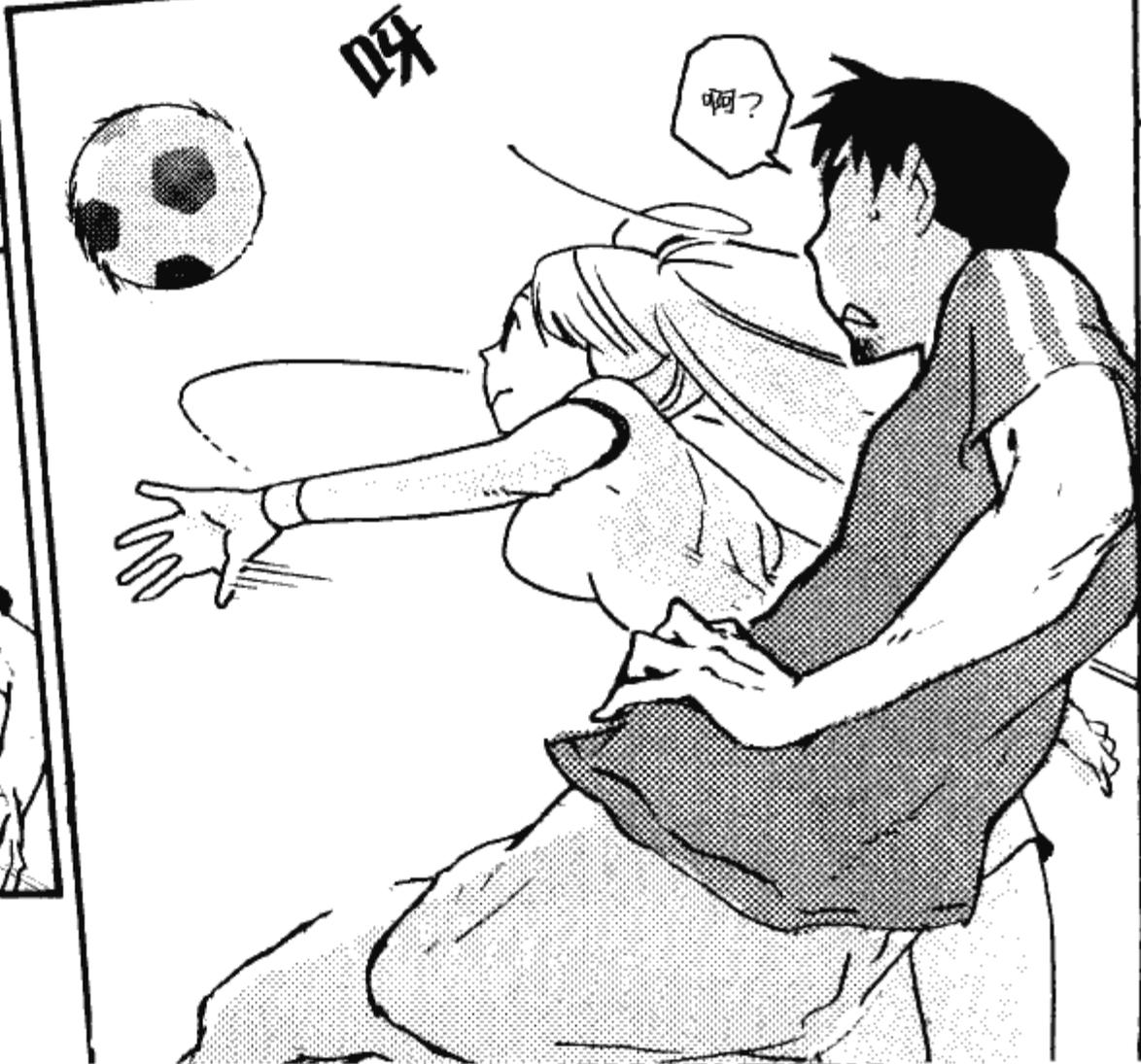
× 3300 ?



第 3 章

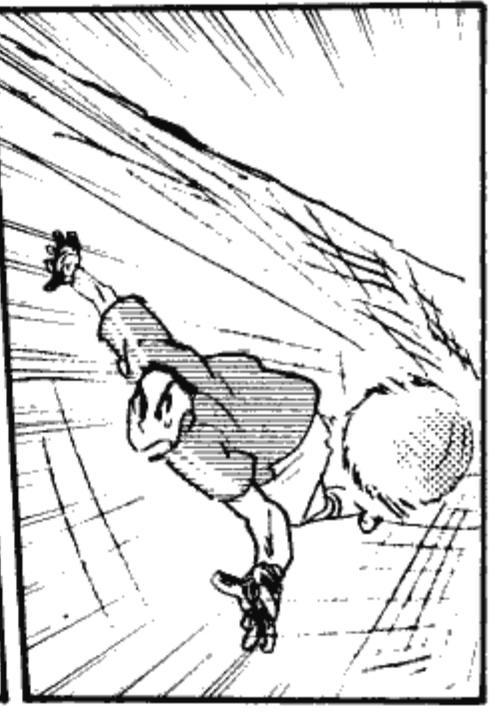
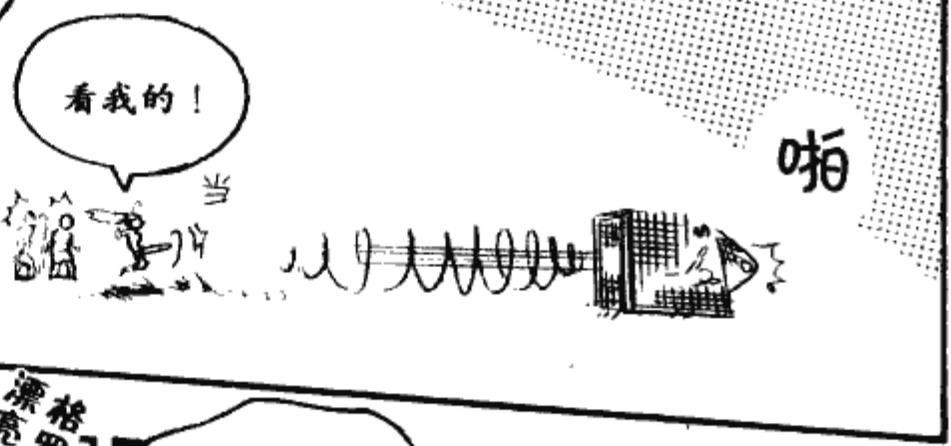
宇宙的诞生——大爆炸

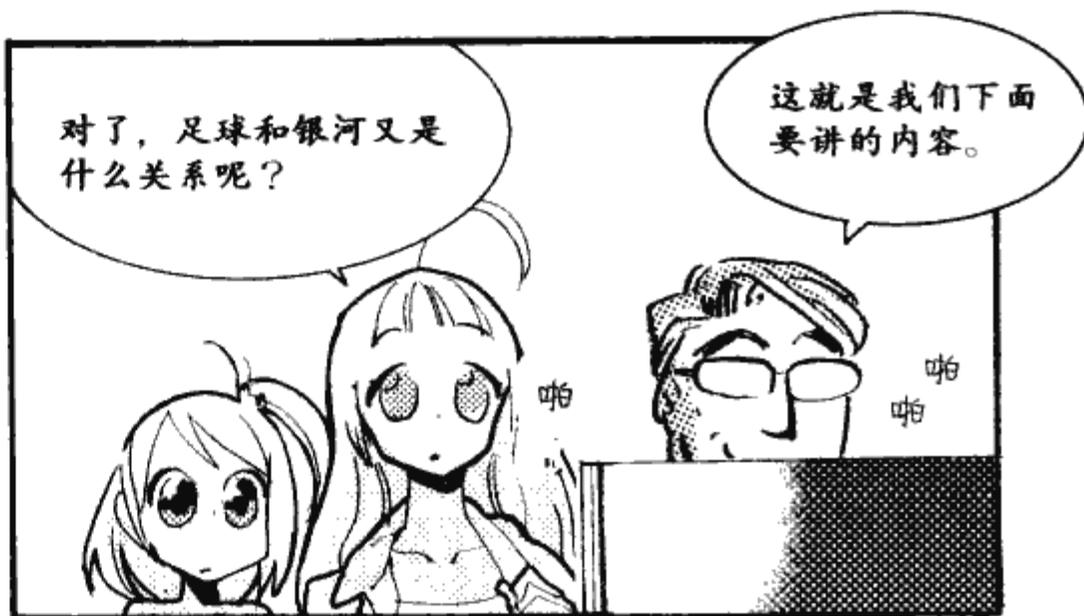
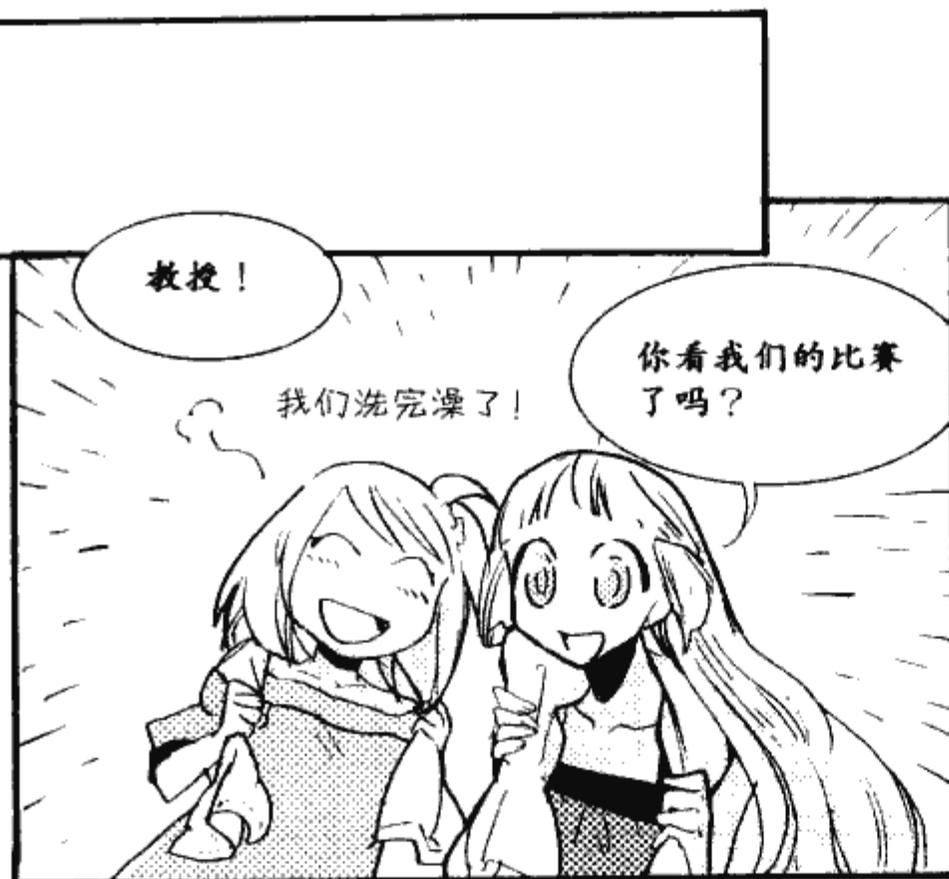
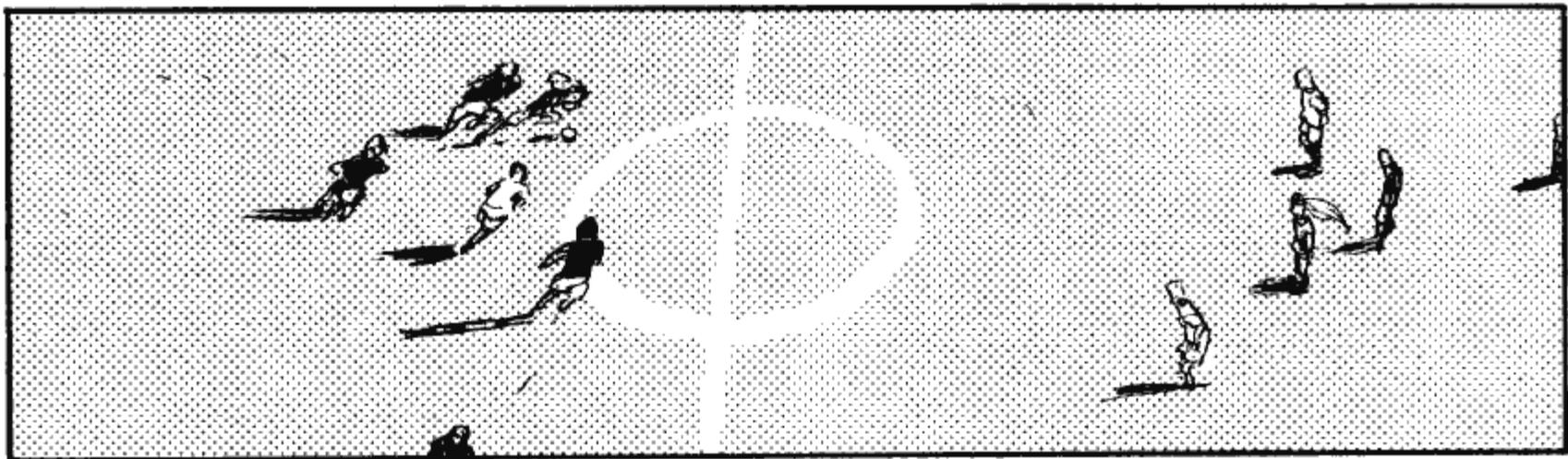


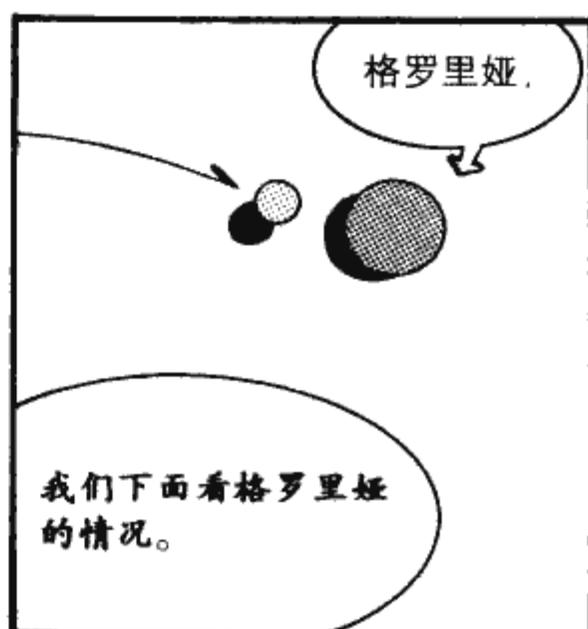
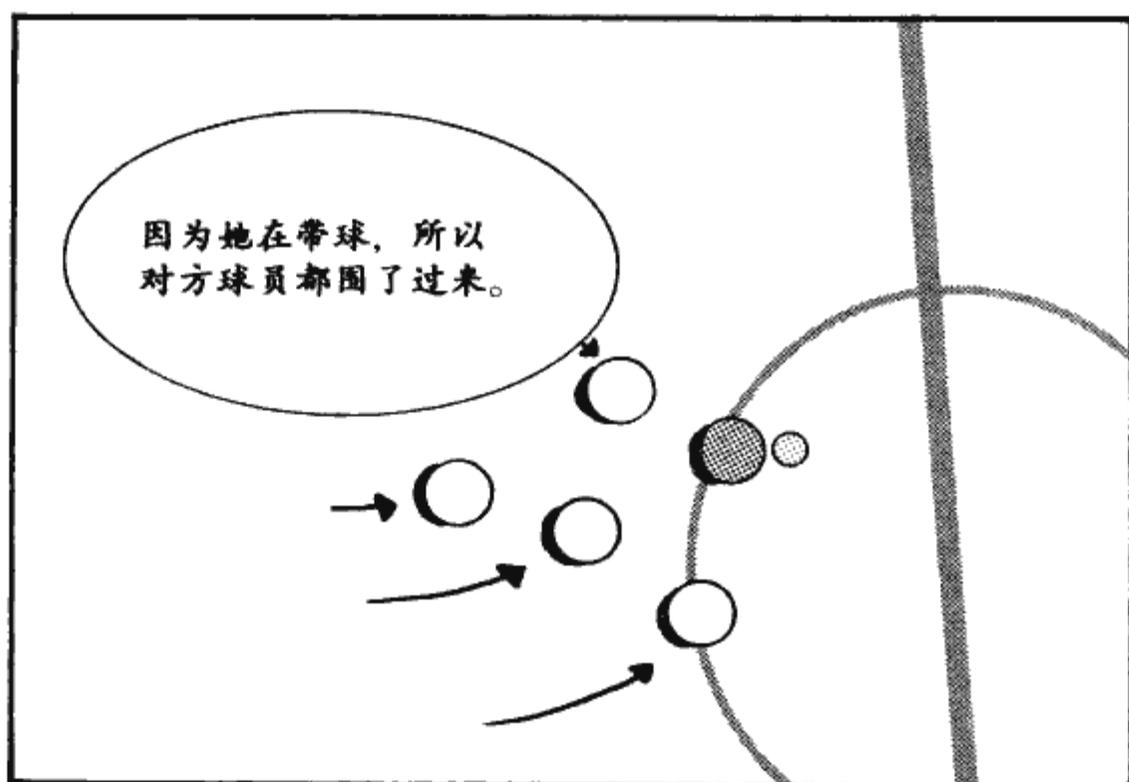
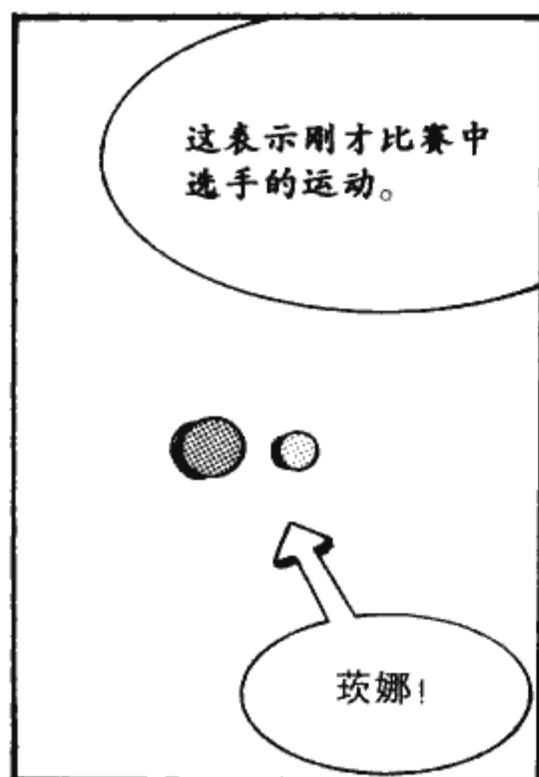
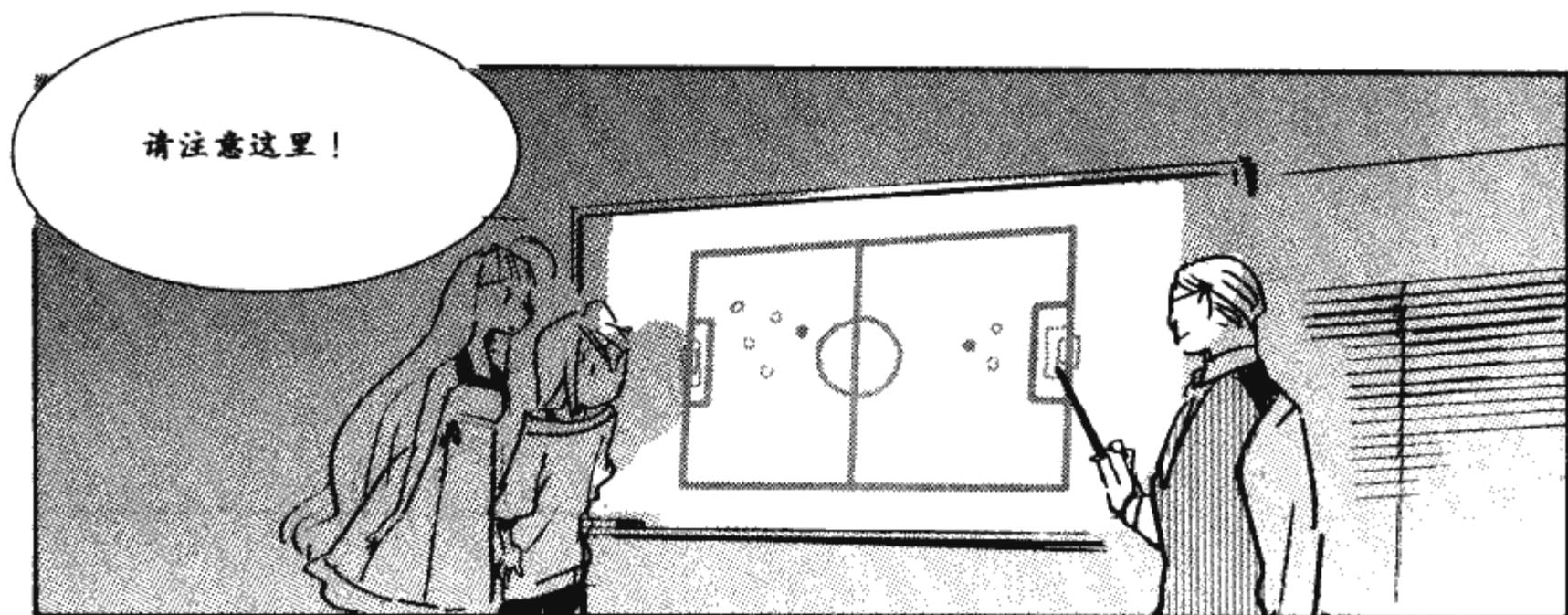


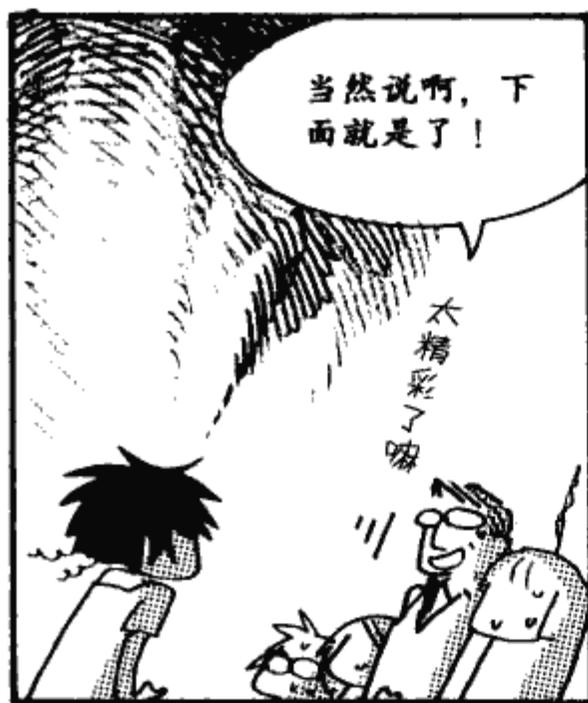
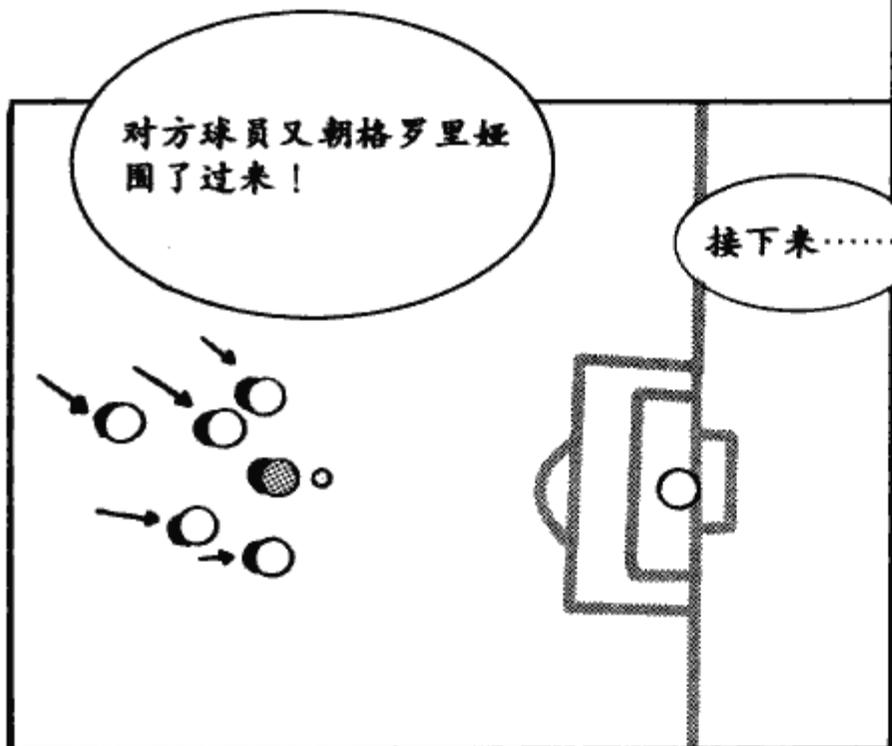


哇哇哇哇哇

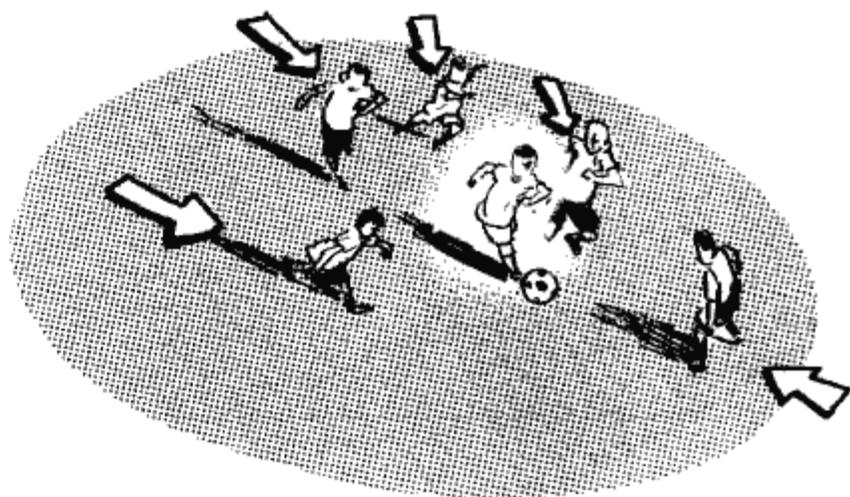




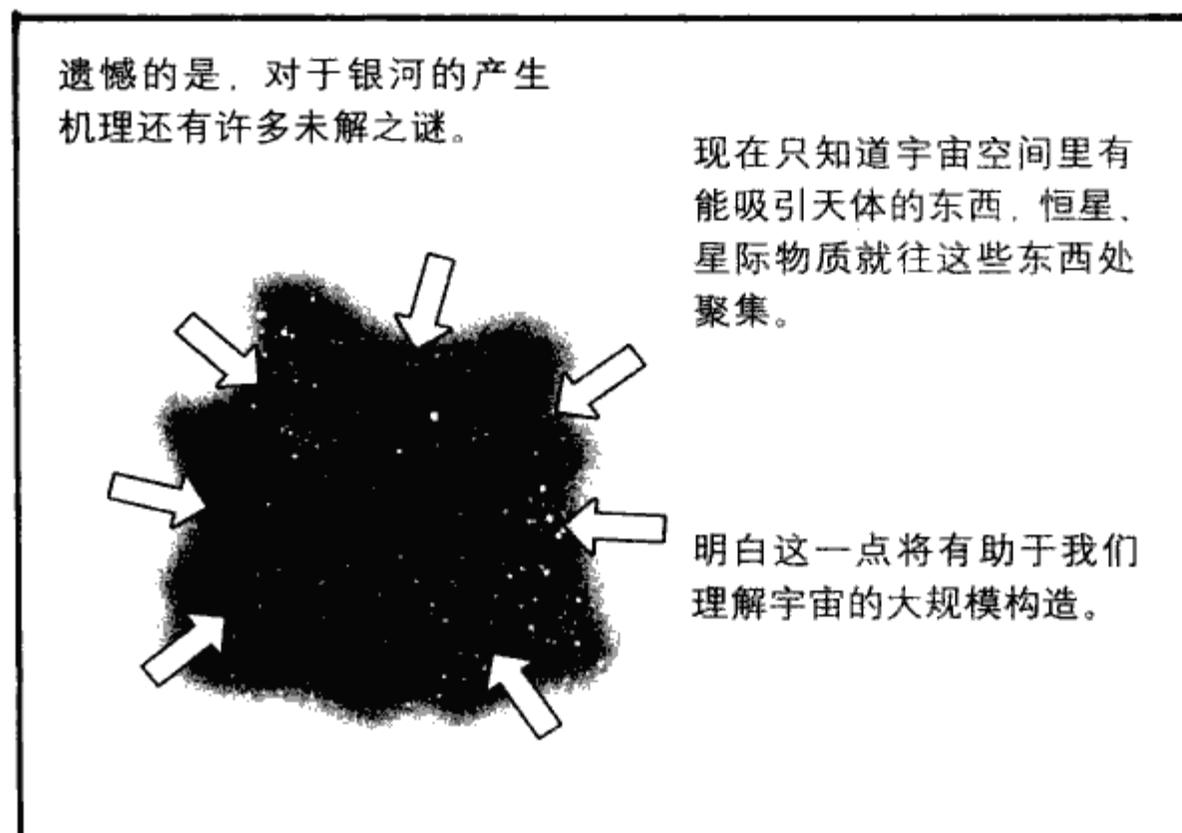




我们可以说足球比赛中，人们总是集中在有球的地方或是球有可能到的地方。





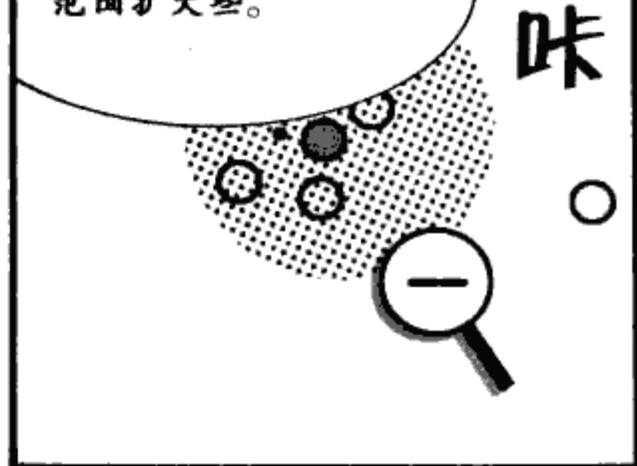


如果从空中往足球场上看，就会发现足球场上有多处选手集团。

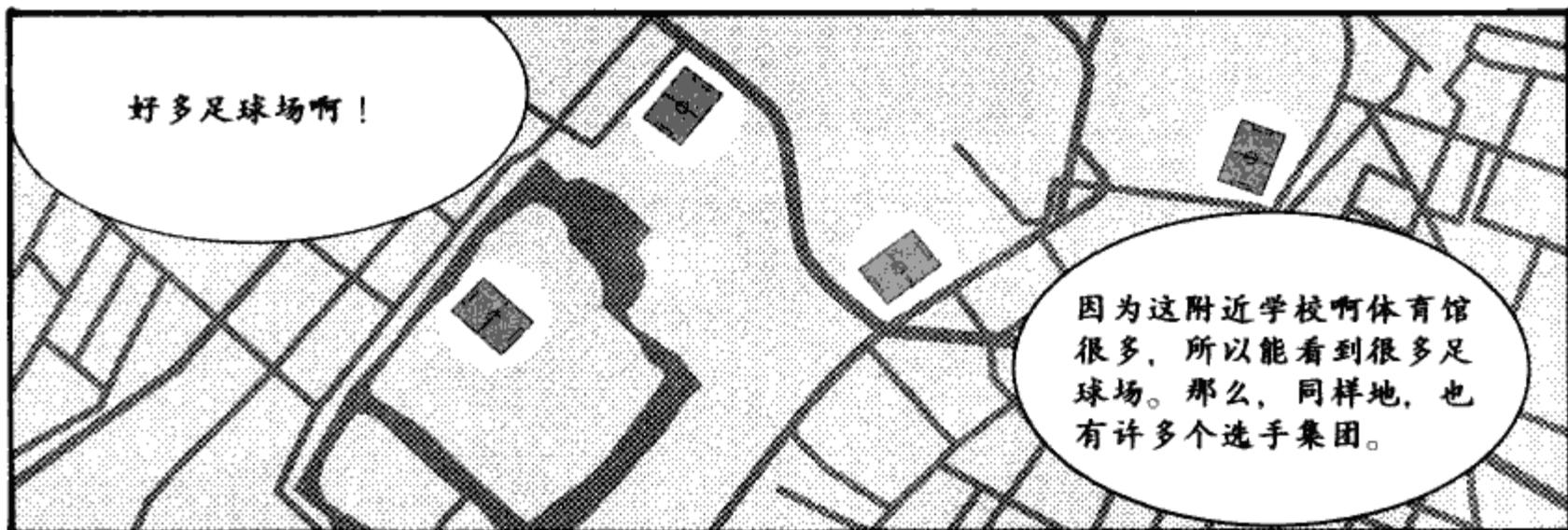


这就好比一个一个的银河。

对，我们再把镜头范围扩大些。

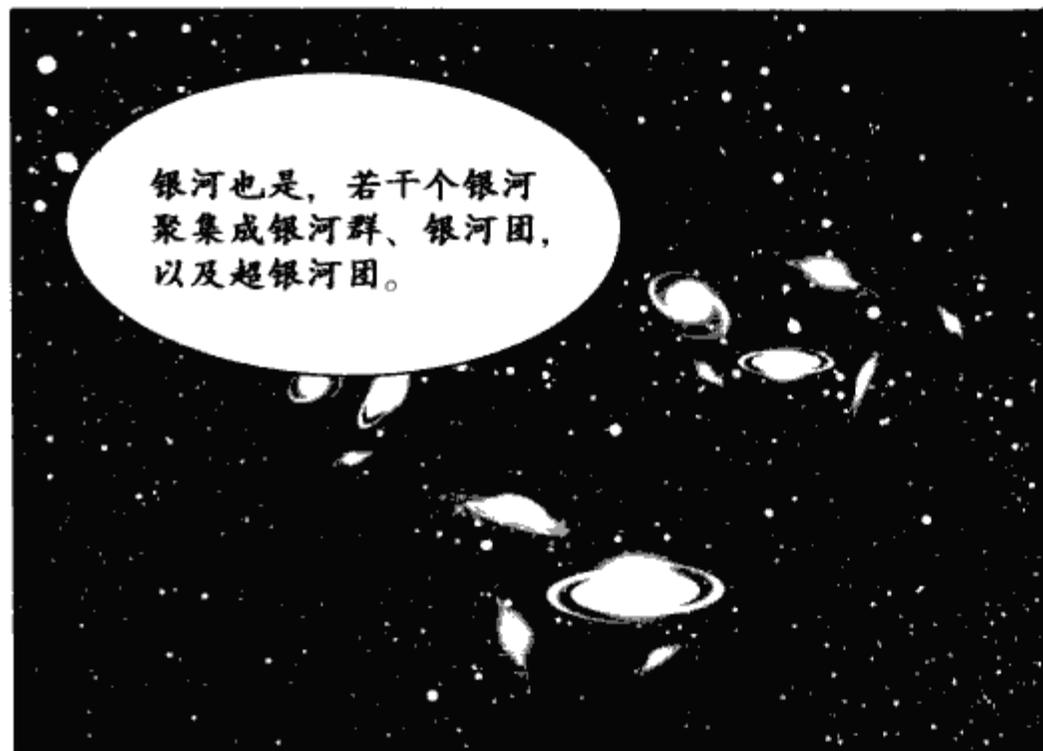


好多足球场啊！



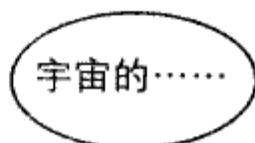
因为这附近学校啊体育馆很多，所以能看到很多足球场。那么，同样地，也有许多个选手集团。

银河也是，若干个银河聚集成银河群、银河团，以及超银河团。



啊！

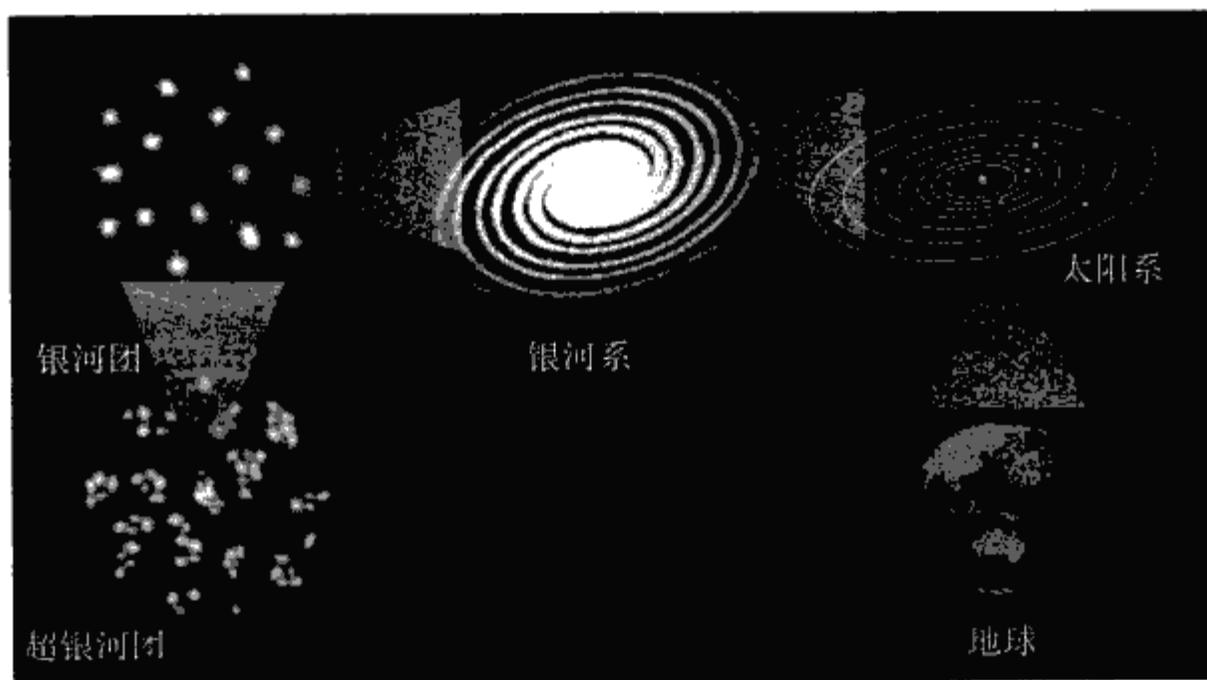






专题 “宇宙的大规模构造” 之谜

在我们所生活的世界里，家 < 小区 < 街道、镇县等 < 省市 < 国。人们预测，宇宙也与此类似，有着由各个层次组成的大规模构造。之前我们提到的康德就是有这样的看法的人之一。只不过这一点明朗起来，是在人们发现银河系之外还有着银河系的存在之后。此外，根据后来的观测和研究结果，人们发现多个银河聚集形成组织，进而形成更上一层级的组织结构。



宇宙的大规模构造

●行星系 (Planetary System)

就像太阳系一样，以恒星为中心，由行星、小行星、卫星、彗星形成一个“系”。

●银河 (Galaxy)

数百亿甚至数千亿的恒星和星际物质等（包括暗物质）因引力聚成的天体。如同漂在宇宙空间之“海”里的“岛”，又叫做岛宇宙或小宇宙。我们的太阳系所属的银河被特称为“银河系 (the Galaxy)”或“天河 (Milky Way Galaxy)”。

●星系群 (Group of Galaxies) / 星系团 (Cluster of Galaxies)

众多的星系因为重力而形成的集团。含有 50 个左右星系的叫做星系群，含有更多的（数百到数千）称为星系团。我们的银河系和仙女座银河、大小麦哲伦银河等，一共 30~40 个银河构成了本星系群（the Local Group）。离我们的本星系群最近的星系团是 6000 万光年之外的“室女座星系团”，它的直径约 1200 万光年。

●超星系团 (Super Clusters of Galaxies)

由数万个星系群及星系团聚集而成，有数亿光年之大。

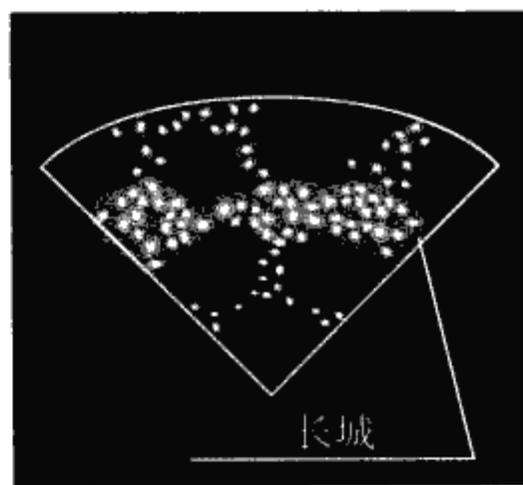
天文学家曾一度认为，这样的大规模构造就是“宇宙的最终形式”，按照“宇宙构造都是相似的”这一宇宙原理来说，也应该如此。

但是，进入 20 世纪 80 年代后，人们发现在宇宙空间中有的区域，几乎无法观测到星系。这个区域大小在 1 亿光年以上。更进一步的研究发现，这样的空洞像气泡一样连接起来，星系群、星系团（即星系）分布在其表面。

1989 年，由于这个星系的分布方式很像中国的万里长城那样延续不断，所以哈佛·史密森尼天体物理学中心的拉巴朗·盖勒与约翰·胡克拉就用长城的英文名 The Great Wall 来对它进行命名。这是一个长 5 亿光年，宽 2 亿光年的巨大结构，在当时，被认为是宇宙中最大的构造。

但是，在 2003 年 10 月 20 日，有人发现了一个新的“长城”。它距离地球约 10 亿光年，长 14 亿光年，规模是之前那个的 3 倍多，它“刷新了记录”。

为了区别，人们把 1989 年发现的那个叫做“CfA2 Great Wall”，2003 年发现的那个叫做“Sloan Great Wall”。



“长城”

你们知道爱德温·哈勃吗？

知道！

当然了！

老师说过，他是美国天文学家，NASA 发射的哈勃宇宙望远镜就是用他的名字命名的。

爱德温·哈勃
(Edwin P. Hubble)
1889 年出生于美国。
在成为学者之前的人生经历很丰富。

小时候开始，他就是个体育全才，而且创造了很多项记录。进入大学后，他开始热衷于篮球和拳击。

运动，我也是！

据说他的拳术非常厉害，曾有人邀请他与世界拳王比赛。

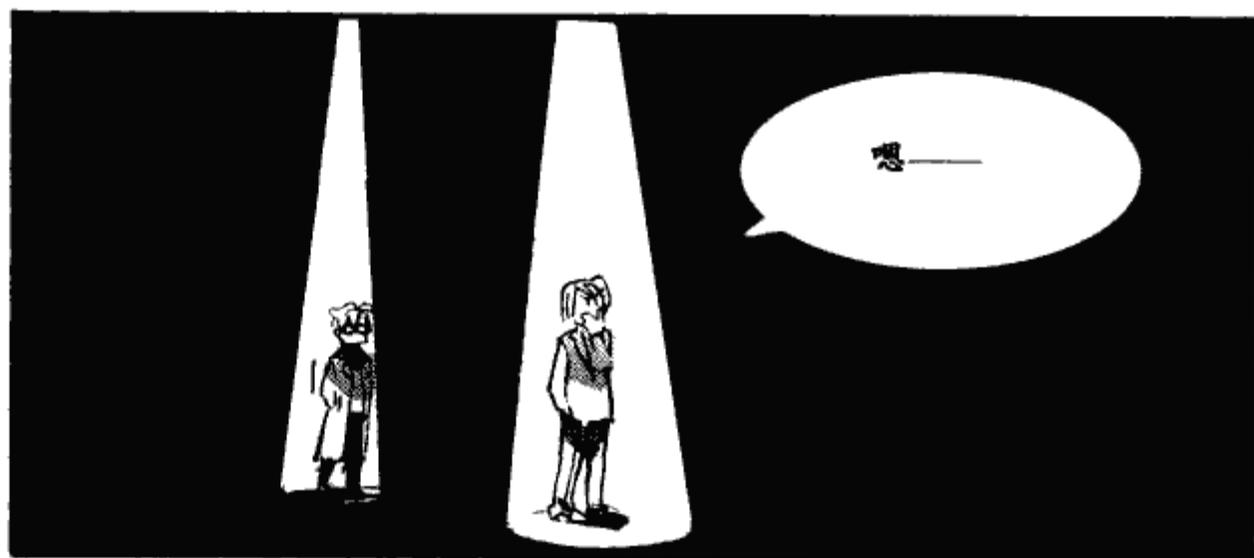
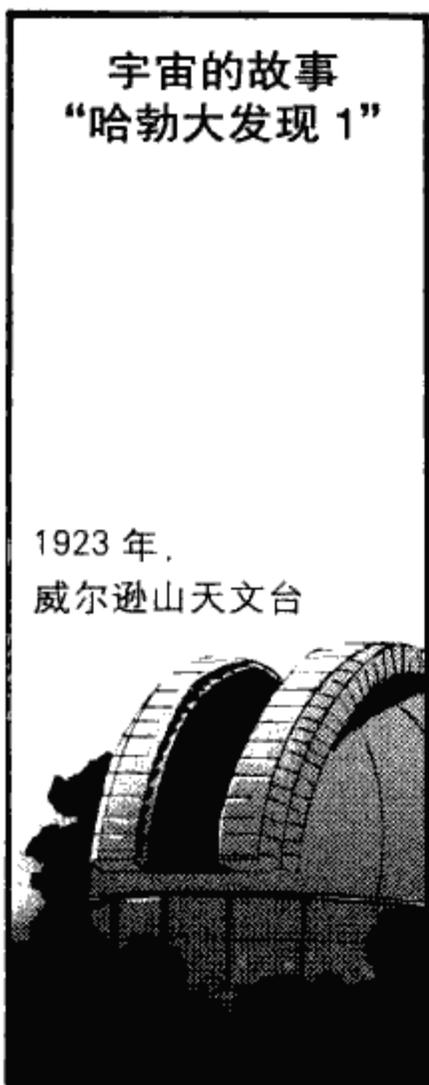
可是他学习也很好！

他在芝加哥大学攻读数学和天文学专业，还在牛津大学取得了法律硕士学位

可以说他是文武双全。



■威尔逊山天文台 (Mount Wilson Observatory=MWO) 位于美国加利福尼亚州洛杉矶，设在海拔 1742 米的威尔逊山顶上。这里被认为是北美地区大气最稳定的地方。1902 年创立。



我一直在观察仙女座星云。

我计算了一下到那里的距离，得出的数字简直让人难以置信。

那究竟是多少呢？

……大概在90万光年以上。

90万光年！

5年前大争论¹时，沙普利提出的银河系直径也才15万光年！

90万光年

这不就等于说仙女座在银河系以外吗？

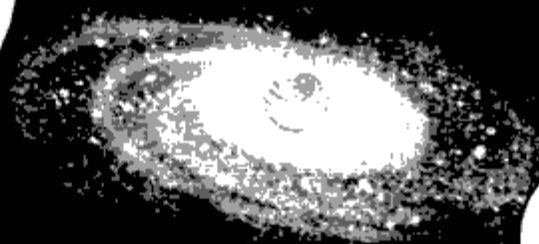
当时人们认为仙女座就在银河系之内。

而且人们认为所有能观测到的天体都在银河系之内。

人们认为银河系 = 宇宙。

1. 名叫哈罗·沙普利(Harlow Shapley)和希伯·柯蒂斯(Heber Doust Curtis)的两位美国天文学家之间进行的关于“仙女座星云是否在银河系”的争论。现在，人们认为银河系的直径在10万光年左右。

虽然人们的研究范围已经扩展到太阳系、银河系以及宇宙，但人们还是“希望”自己所在的地球就是宇宙的中心。



很长一段时间人们都信奉天动说，也许正是出于这一人性的原因。

为什么仙女座不叫银河，而叫星云呢？



因为人们认为直到约100年前，仙女座还处于向恒星成长的过程中，



所以人们就称它为“仙女座星云”。

一直被人们认为是银河一部分的仙女座，居然与我们相隔90万光年，能发现这一点，也确实了不起啊！



90万光年并非确切的数字，最近的研究结果指出，我们与它相距大约252万光年。



宇宙物语
“哈勃大发现 2”

你在查什么呢？

我在看从洛厄尔天文台的
斯莱弗那里得到的对其他
银河的光谱观测数据……

果冻

发现光的波长向红色谱
方向偏移……

什么!?

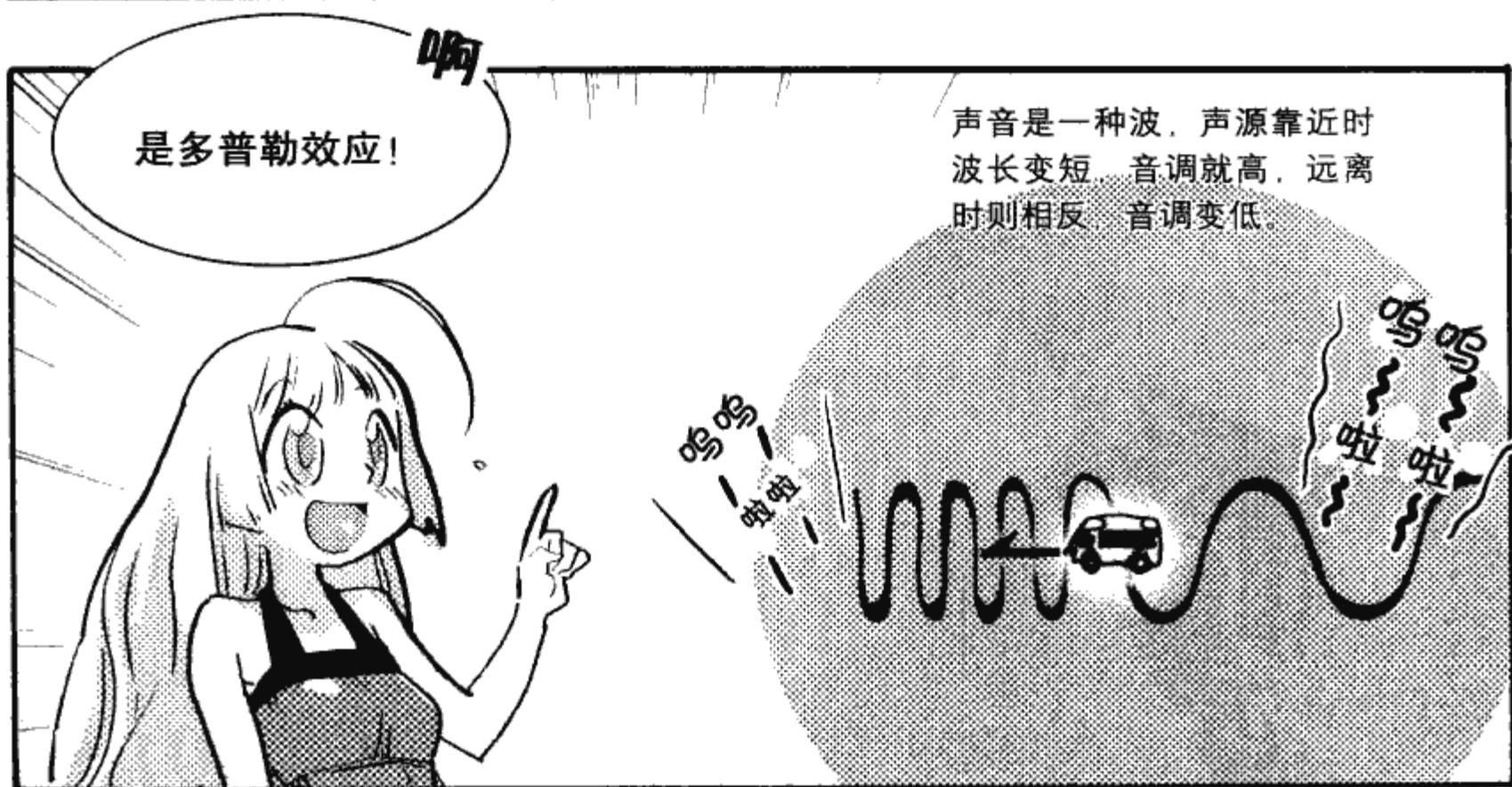
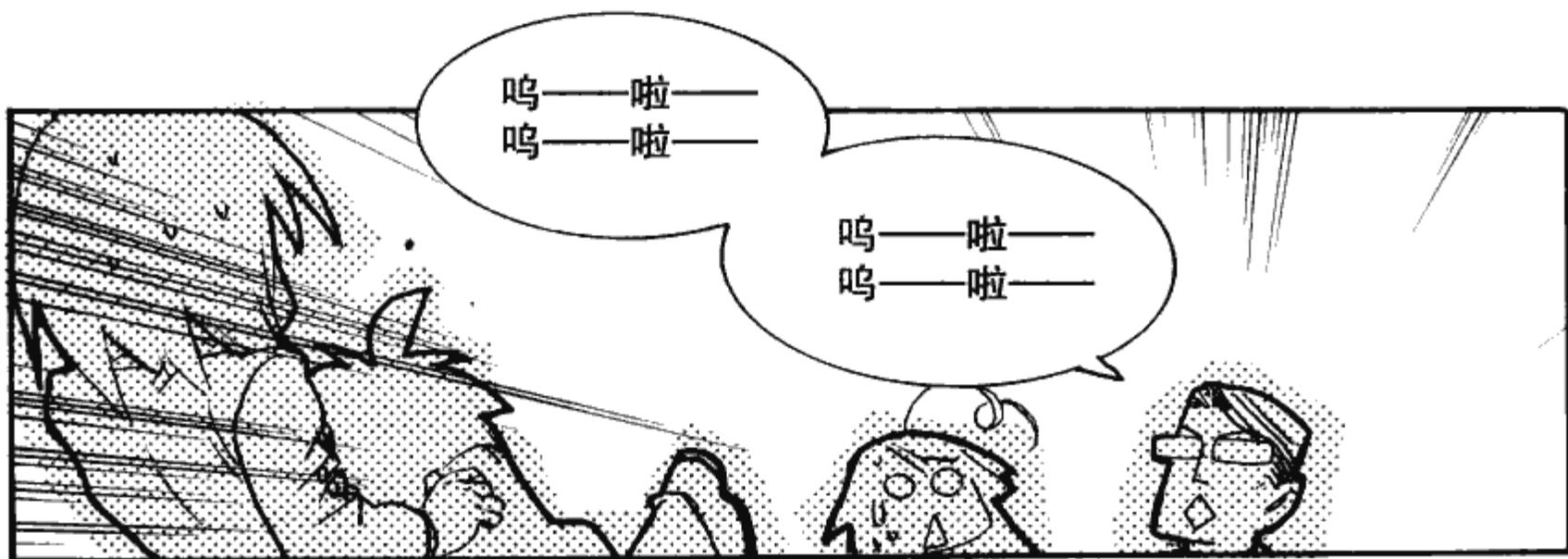
……芙娜？

对不起，

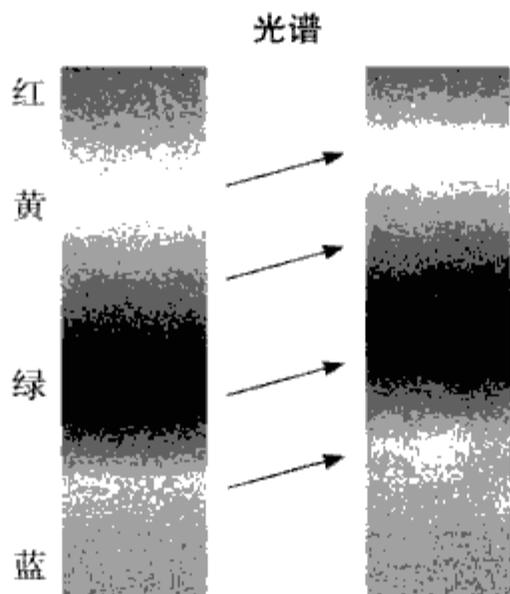
“红色谱偏移”是
什么啊？

那个……

红色谱偏移就是……
那个……



光和波具有相同的性质，所以会有相同的现象发生。



光在靠近时会向紫色偏移，远离时会向红色偏离。

远离的物体会出现光谱红移

那这和银河有什么关系呢？

接着往下看吧！

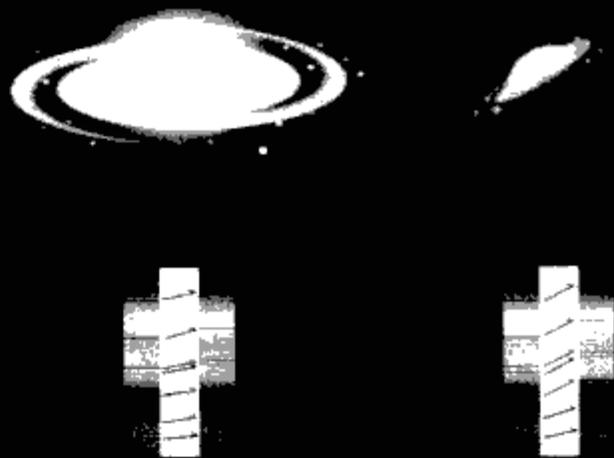
其他的银河的光谱向红色谱偏移？

是啊！

不会是观测得不准吧？

如果所有的偏移差都一样，那还可以这样认为……

可是根据银河不同，却有微妙的差异。



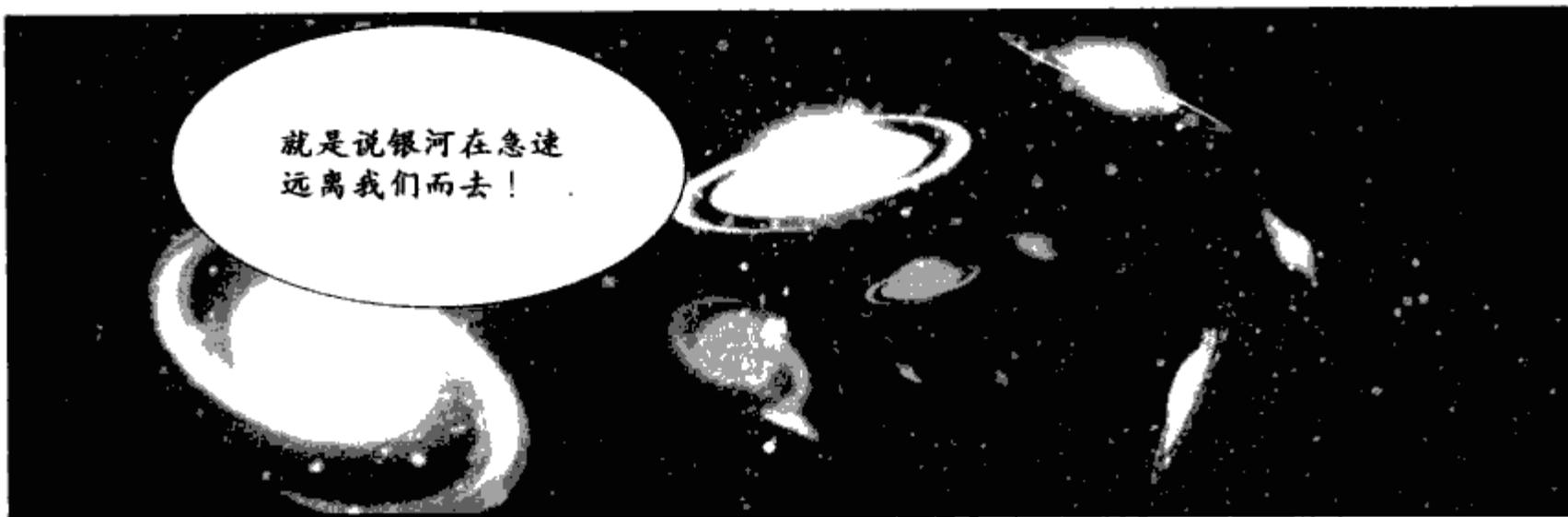
那红色谱偏移意味着……



啊！



就是说银河在急速
远离我们而去！

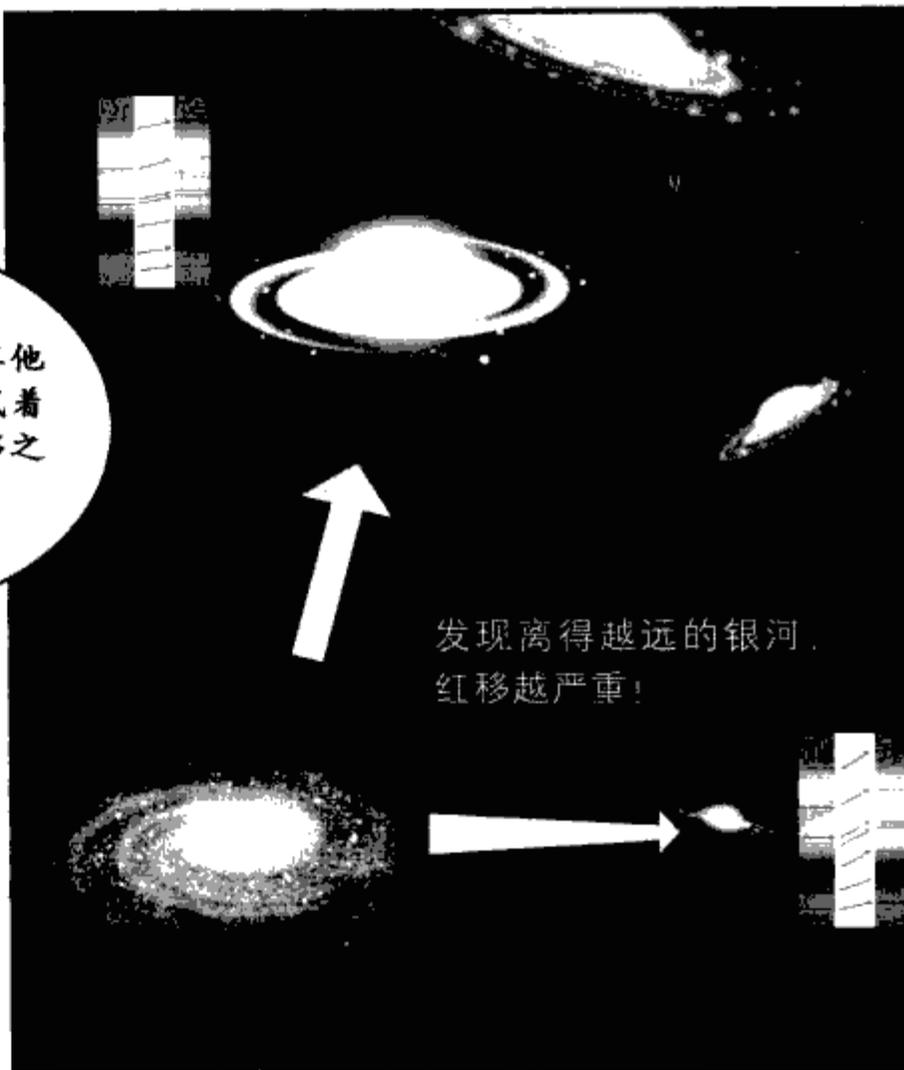


什么！？

而且我也观测了其他
银河的光谱，并试着
计算了距离与红移之
间的相关关系。



发现离得越远的银河
红移越严重！





★ 3-3 如果宇宙在膨胀……★



我们接下来详细解释一下。



好的。



你们在化学课上学过焰色反应吧？



是什么来着？

就是把物质放到火焰上，由于所含的元素不同，而产生的火焰颜色不一样的现象。



食盐里含有钠，火焰呈现黄色，铜的火焰呈现青绿色。



食盐呈现黄色



铜呈现青绿色



对。因为各元素的构造不同，它们能发出特定波长的光，相反，它们能够吸收的光的波长也是特定的。于是，天体发出的光通过棱镜，根据波长进行区分，呈现出像彩虹一样的外观，通过对它进行分析，就能知道这个天体所含有的物质。



光谱会因为星星不同而有明显的不同吗？



也不是，构成恒星的物质¹是相近的，但根据恒星类型不同，可分为几种情况。如果是相似的恒星，那么光谱基本是一样的，但斯莱弗（见本书第 146 页）发现的是波长向红色波偏移。

1. 恒星的化学组成质量比是氢：氦=3：1，这个比例在各个星体间基本不变。



就相当于食盐的焰色变得有些桔黄色，铜变成了黄绿色。



那么，应该不是哈勃，而是给哈勃数据的那个斯莱弗发现的宇宙膨胀才对啊！



可是，斯莱弗在美国也没什么名气啊。



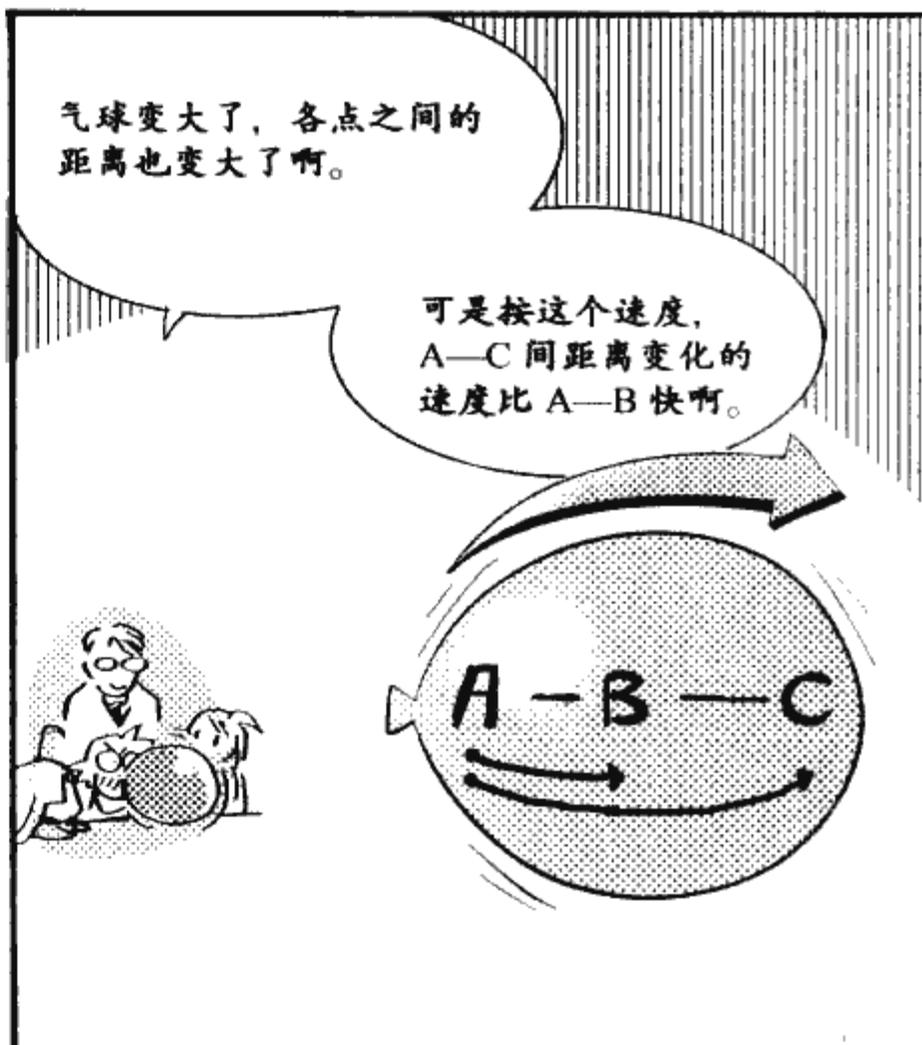
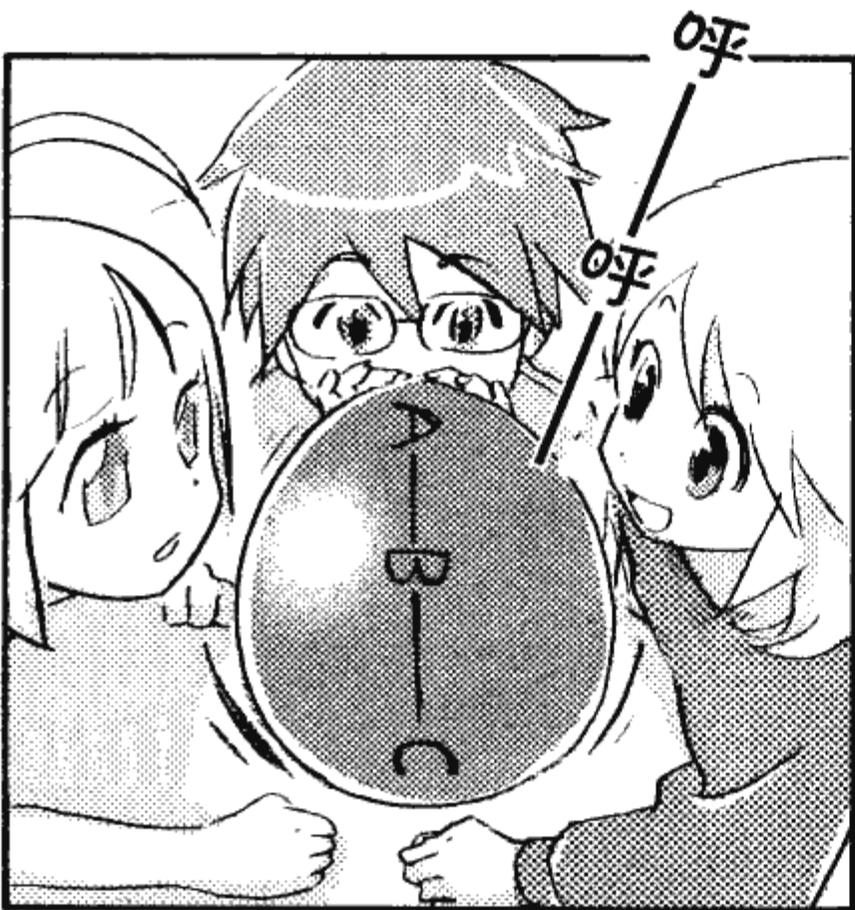
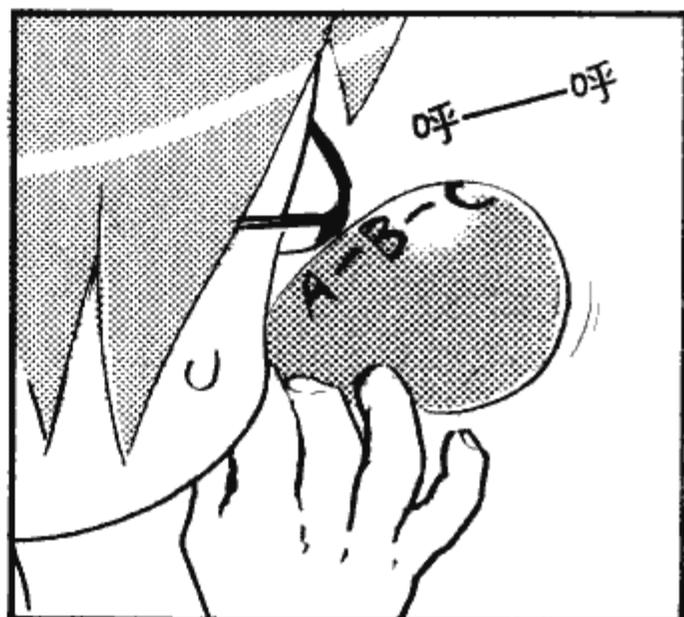
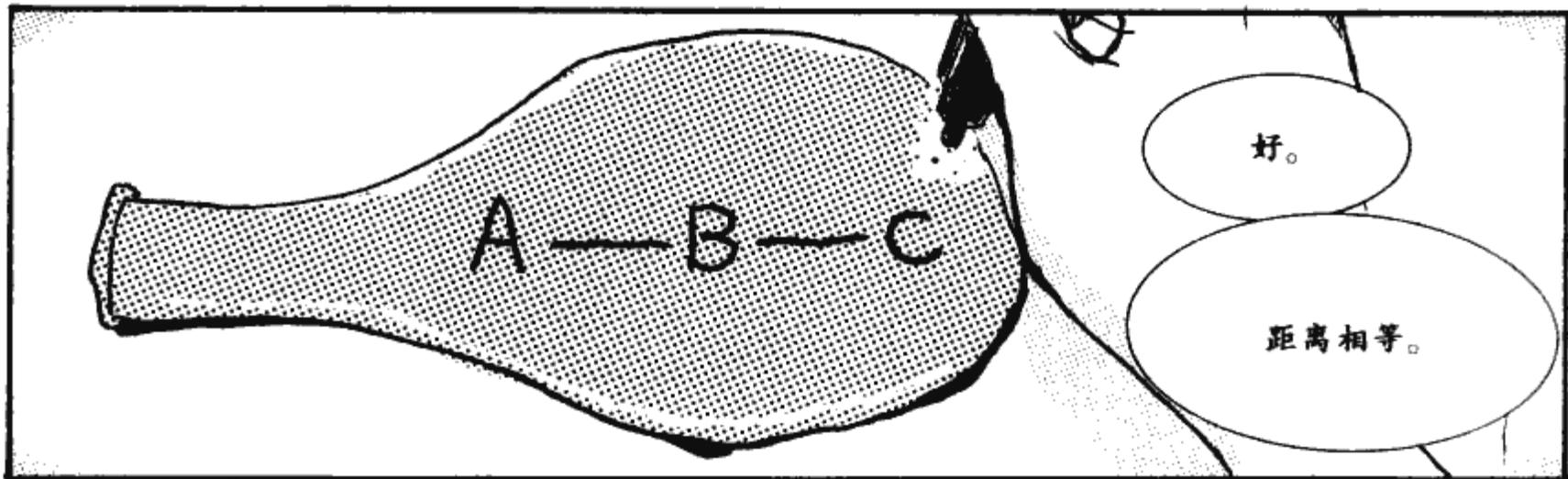
他虽然根据红移现象，想到过很多银河在离我们远去，但他认为那只是普通的天体的运动而已。而哈勃则研究了距离和红移的相关关系，根据越远的银河远离的速度越快这一事实，得出了宇宙膨胀论。

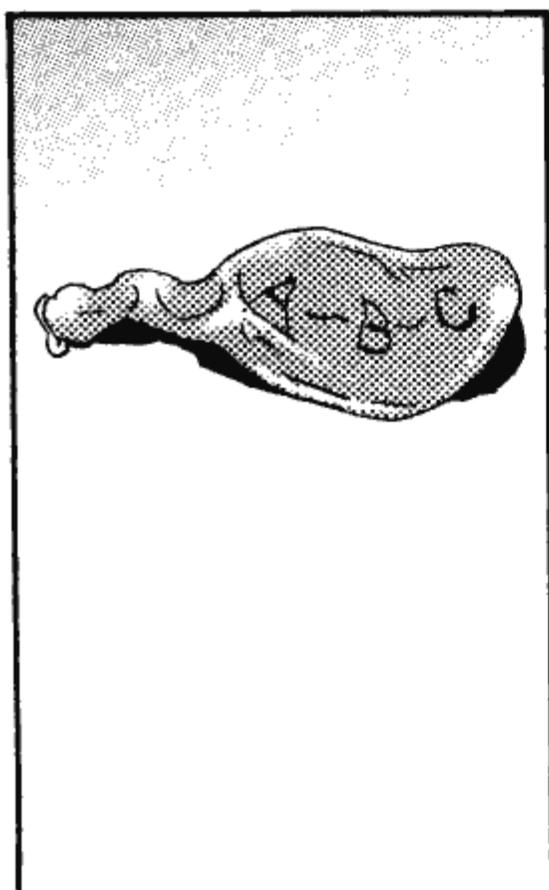
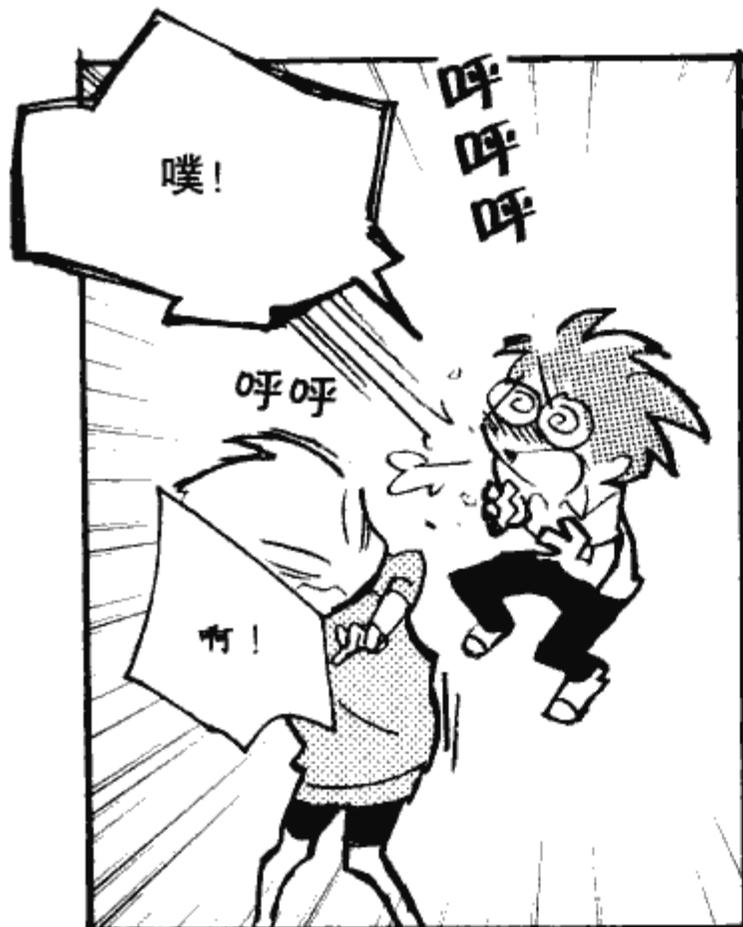


为什么越远的越快就是膨胀呢？



我们在气球上做 3 个标记，试一试就知道了。





茨娜，
你没事儿吧？



教授，我觉得不对啊？

？
什么不对？

如果宇宙像气球那样
不断膨胀的话，



那要是时间倒流的话，宇宙
不就像气球这样扁了吗？



这——

啊？

什，
想什么呢！

啪

时间怎么会
倒流——

对！是的！



理论上，宇宙刚开始的时候是很小的！



是吗？
我说呢……
果然……

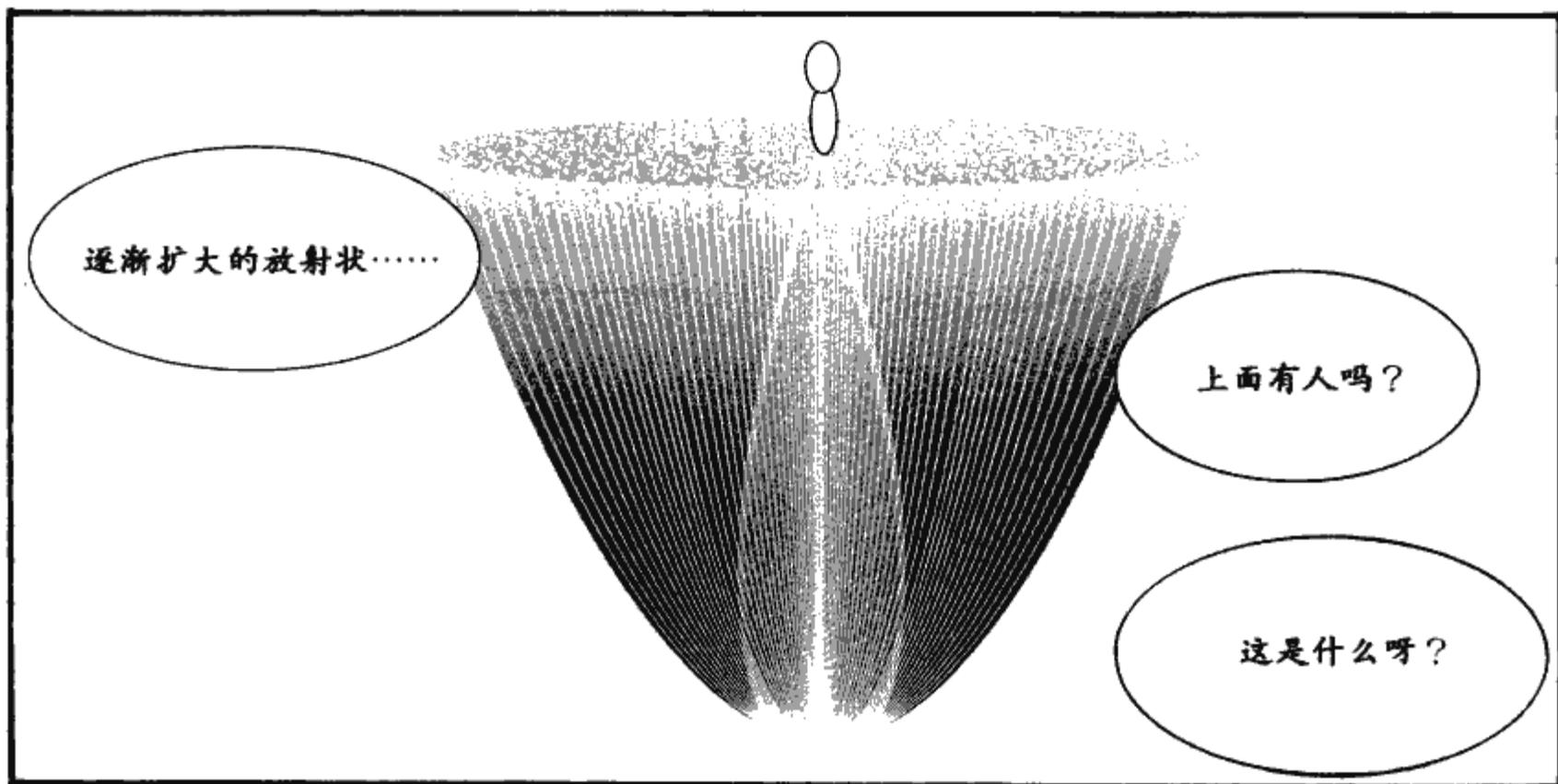


我果然是天才……

我们已经开始
下面的讲解了
哦！

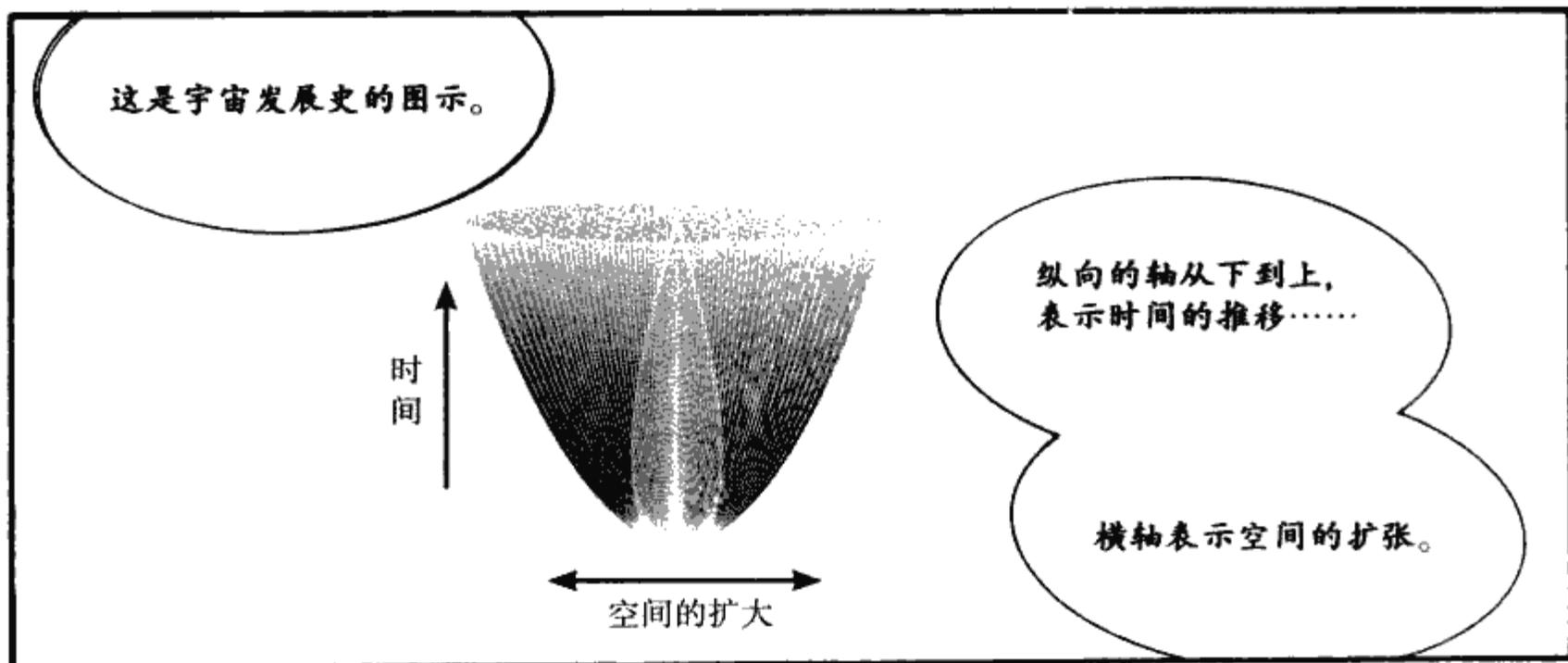


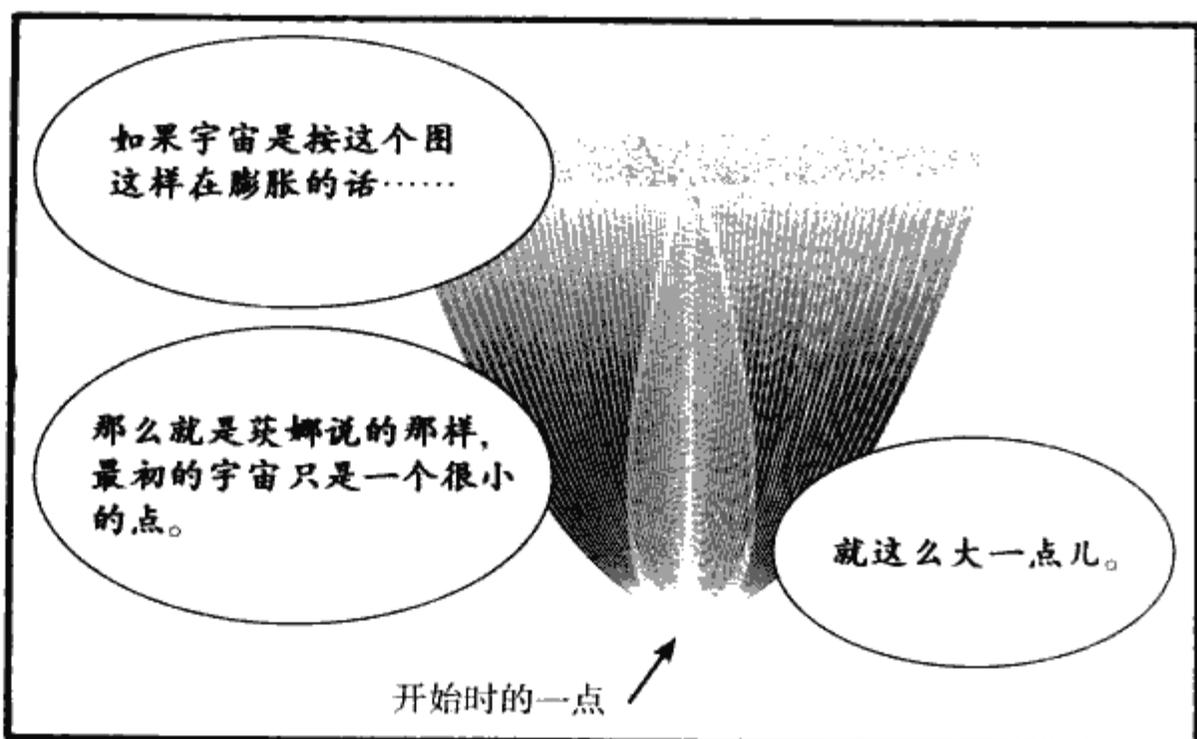
逐渐扩大的放射状……



上面有人吗？

这是什么呀？





对！
就是那样！

是吗

砰

宇宙诞生时就像爆炸一
样，随后迅速扩大！

这就是著名的
“大爆炸理论”。

噢，听说过啊！

这个理论现在得到了
很多研究者的支持
啊！

荚娜，你真厉害！

耶

自我感觉不错嘛！
你要是再夸她，她简直
要上天了。

小心我扁你
啊！



★ 3-4 一切始于大爆炸 ★



那么，大爆炸是什么时候发生的呢？



从膨胀的速度来推算，是 137 亿年左右，正负 10 亿年。



等等！有了时间，那发生的地点呢？博士，大爆炸是在哪儿发生的呀？



你在问什么呢！大爆炸之后才有了宇宙空间，之前没有你所说的“空间”。



没有空间？



不太容易理解吧。大爆炸并不是发生在某个地方，而是因为大爆炸而产生了空间。不仅这样，物质、时间以及所有的东西都是从大爆炸开始的。如果说大爆炸具体发生在哪里的话，可以说我们所在的宇宙就是大爆炸的现场。



就好像刚才的气球膨胀试验一样，气球膨胀后，如果问“膨胀前的那个气球是变大后的气球的哪个部分？”也无法回答啊。

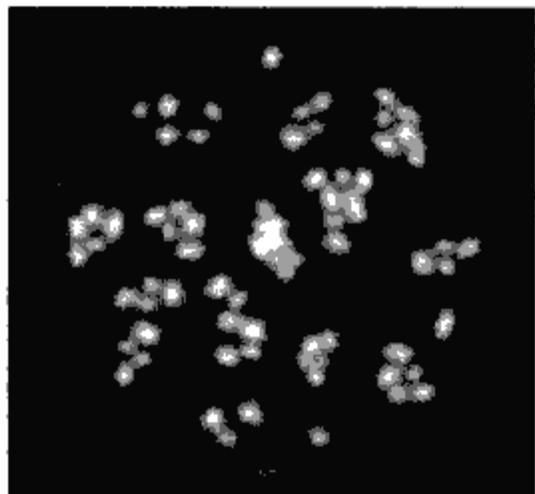


专题 哈勃的宇宙膨胀说并不完善!?

虽说哈勃发现了宇宙的膨胀，但他在刚开始产生这种想法的时候，也有些顾虑。甚至有的书中记载说，哈勃考虑到，如果自己宣扬这样的“荒唐无稽”的理论，那么遭致周围的人，尤其是天文台的研究者的猛烈反对的可能性很大，于是，“哈勃自己相当慎重地把这个构想隐藏了起来”。

此外，哈勃常数是用来表示宇宙膨胀速度的一个数，记作“ H_0 ”，他求出的值是 500km/s/Mpc （对于数字和单位，此处请不要在意），是现在科学家求出的值（ 72km/s/Mpc ）的约 7 倍，如果按他的数字来计算大爆炸的发生时刻（也就是宇宙的开始）的话，最多也就是在 20 亿年前，而人们通过对岩石、化石等的分析，已经知道地球的年龄有 46 亿年，这么一来就会得到矛盾的结果：“宇宙竟然比地球还年轻”。

结果，由于哈勃自己没有求出正确的哈勃常数等原因，宇宙膨胀说经过了很长时间才呈现在人们面前。



20亿年?

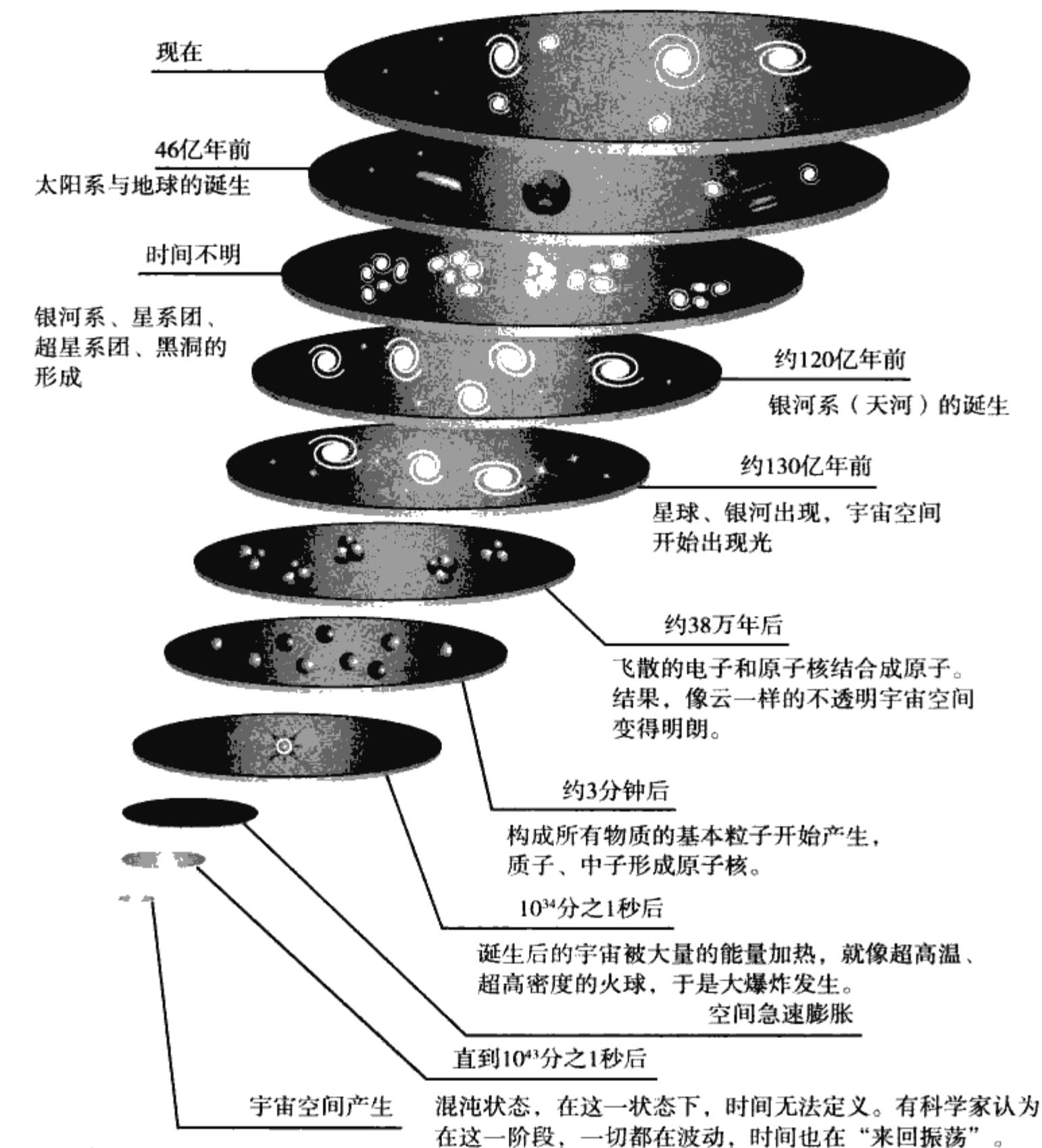
∨
?!



46亿年



下面这个宇宙年代示意图展示了宇宙诞生到现在的过程。



宇宙年表



宇宙大爆炸前的宇宙是什么样的呢？



对于这部分，还没有一个比较完善的说法。特别是宇宙诞生后 10^{43} 分之1秒这段时间，被称作混沌状态，在那里没有时间概念，关于在那期间发生了什么，宇宙是怎样进化的，目前物理学界还没有确切的描述。所以，我们说宇宙的诞生，基本都是 10^{43} 分之1秒后的情况了。



老师，您也有不知道的啊！



你高兴个什么劲啊！



我不知道的东西可多了。如果用刚才的气球来打比方的话，宇宙的诞生就是刚刚有了气球的橡胶了，但是橡胶为什么急速膨胀，虽然有许多假说，但没有定论。



就是膨胀期间吗？



很多日本的宇宙物理学家最近认为，是充满宇宙的能量而引起了膨胀，随后产生了大爆炸。



您也是这么认为的吗？



膨胀宇宙论的有些说法我还是赞成的，只不过，对于宇宙从完全什么也没有的“零”状态诞生，不仅空间，而且时间也是从此时开始的说法，我还是有些不同的看法。



您觉得时间的开始不一样吗？



对于“时间也诞生”于宇宙诞生之后的瞬间混沌状态，我认为没有意义。为什么呢？我们的宇宙从不存在的状态到宇宙诞生，我们称这个“变化”为时间起点的话，那么在超空间里，存在着超然的时间也并不奇怪。宇宙诞生而产生的时间，只不过是我们宇宙的时间，而超然的时间，无论我们的宇宙存在与否，它都是存在的。这就是我的看法。



是啊，如果说是超空间诞生了无数的宇宙的话，那么超时间的存在也说得过去啊。



专题 大爆炸被接受的三大理由

大爆炸宇宙论最初也没人相信，被认为是无稽之谈。随着后来的观测，人们发现了一些符合它的证据，支持者才增多起来。下面是几个具有代表性的“证据”。

大爆炸的证据 1：“宇宙微波背景辐射”

1964年，美国贝尔研究室在观测来自于宇宙的电磁波时，发现从宇宙空间的各个方向，都有特定波长的微波传来。这是源于大爆炸之后约38万年，也就是自由飞散的电子和质子开始结合时，宇宙空间的温度（约3000K）下的电磁波辐射。原子形成，宇宙空间变得“透明”起来，而3000K的热度所辐射出的电磁波，此后宇宙的膨胀中依然存在于宇宙间里。而且和温度的冷却呈现出相关的关系。支持大爆炸宇宙论的学者的假说认为，现在绝对温度约3K，相应波长的辐射在宇宙空间的各个地方都存在着……而观测到的宇宙微波辐射，及2.725K温度刚好和这一假说相符。

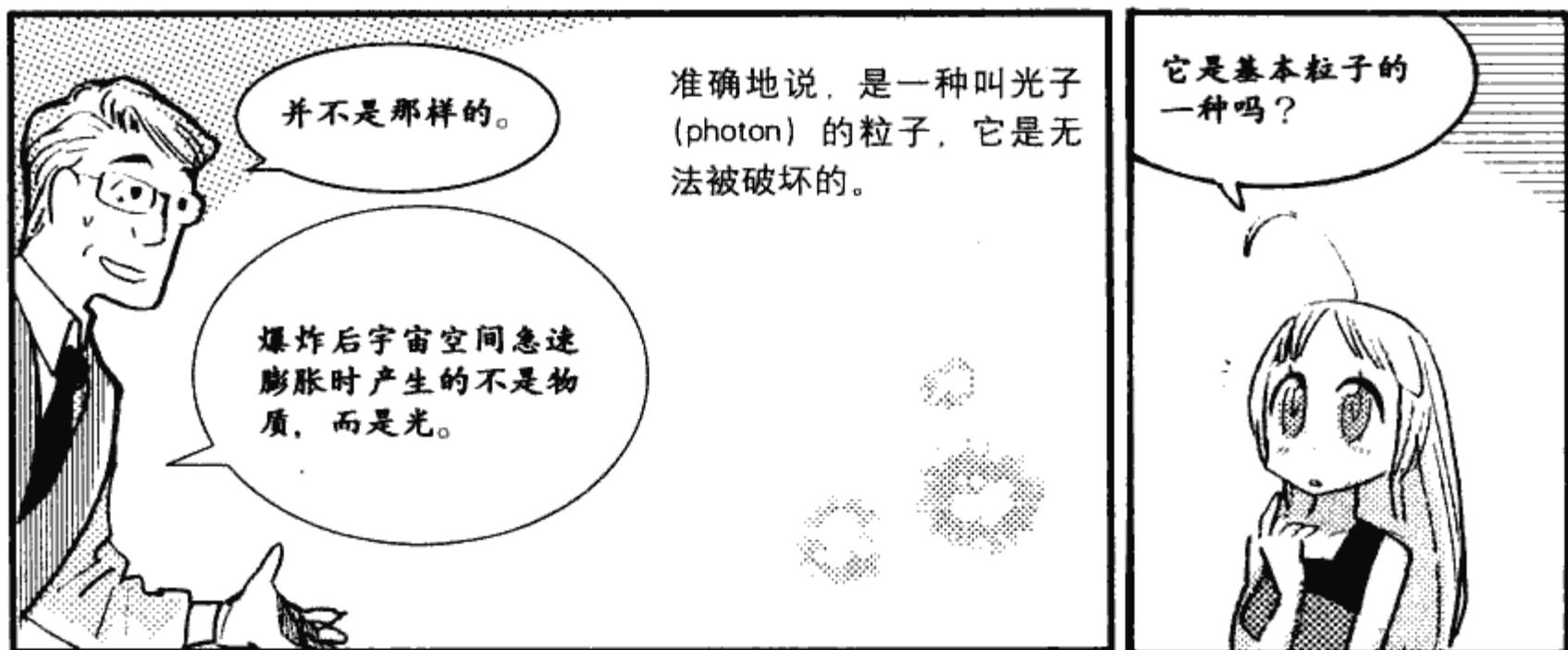
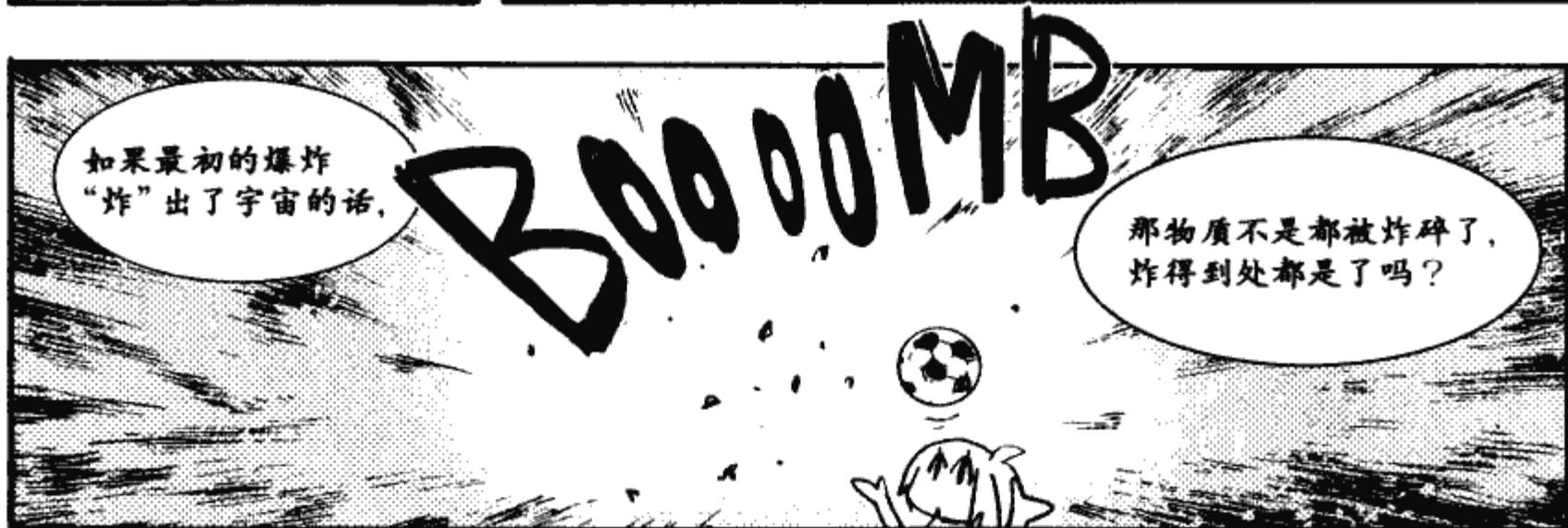
1989年NASA发射了宇宙背景辐射探测卫星（COBE），对宇宙微波背景辐射进行详细调查，微波辐射的等方向性已经得到证实。

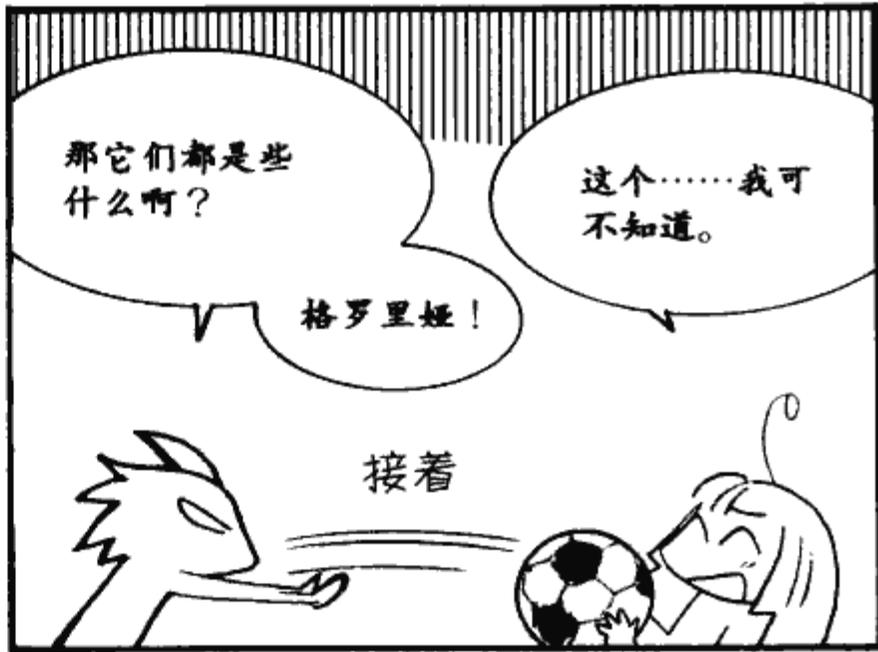
大爆炸的证据 2：“WMAP 卫星的测定”

2001年NASA发射的WMAP探测器（威尔金森微波各向异性探测器），对宇宙微波背景辐射的温度进行全天扫描观测。通过分析得到的数据，发现宇宙的重力源或者说构成体的70%以上是暗能（真空本身的能量），物质所含有的能量不过是余下的约30%。而且所说的物质大都是暗物质，我们通常所说的物质（质子、中子、电子等构成的物质）仅含有4%。这个结果和宇宙诞生后急速地膨胀的膨胀理论假说相符。

大爆炸的证据 3：“恒星的化学组成”

科学家通过各种手段，得到的观测结果是恒星的化学组成“氢：氦=3：1”，轻元素”的代表氢与氦的比例如此之大，而大爆炸理论的宇宙诞生过程中电子、质子、中子结合的说法是最能解释这一现象的。





这个有点儿不好解释, 基本粒子就是构成物质的最小单位, 以前人们认为原子就已经是最小单位了, 但现在人们认为夸克、轻子 (lepton) 等才是。

人们认为光子是基本粒子之间传递“力”的媒介粒子, 宇宙形成初期, 由光子生成夸克。

分子

|

原子

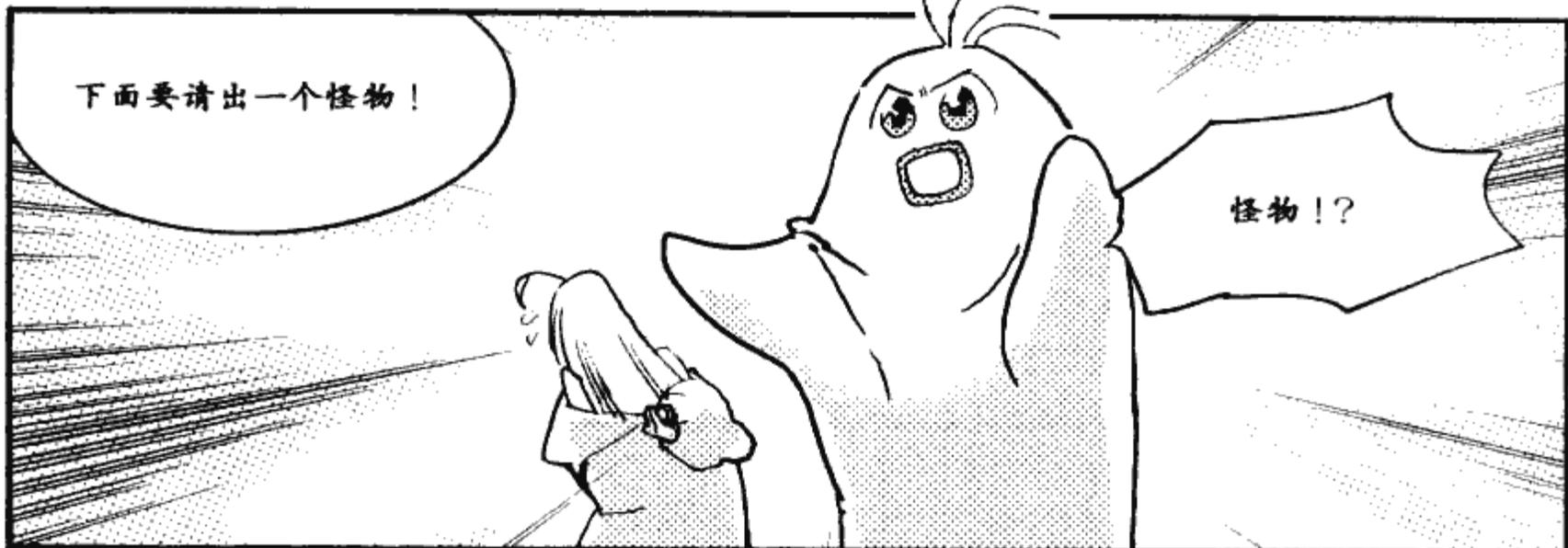
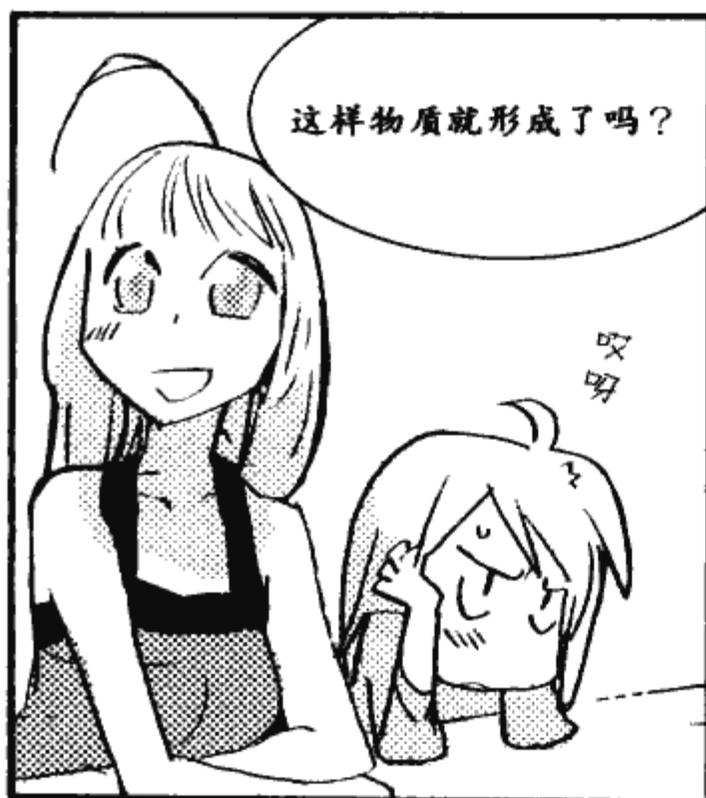
|

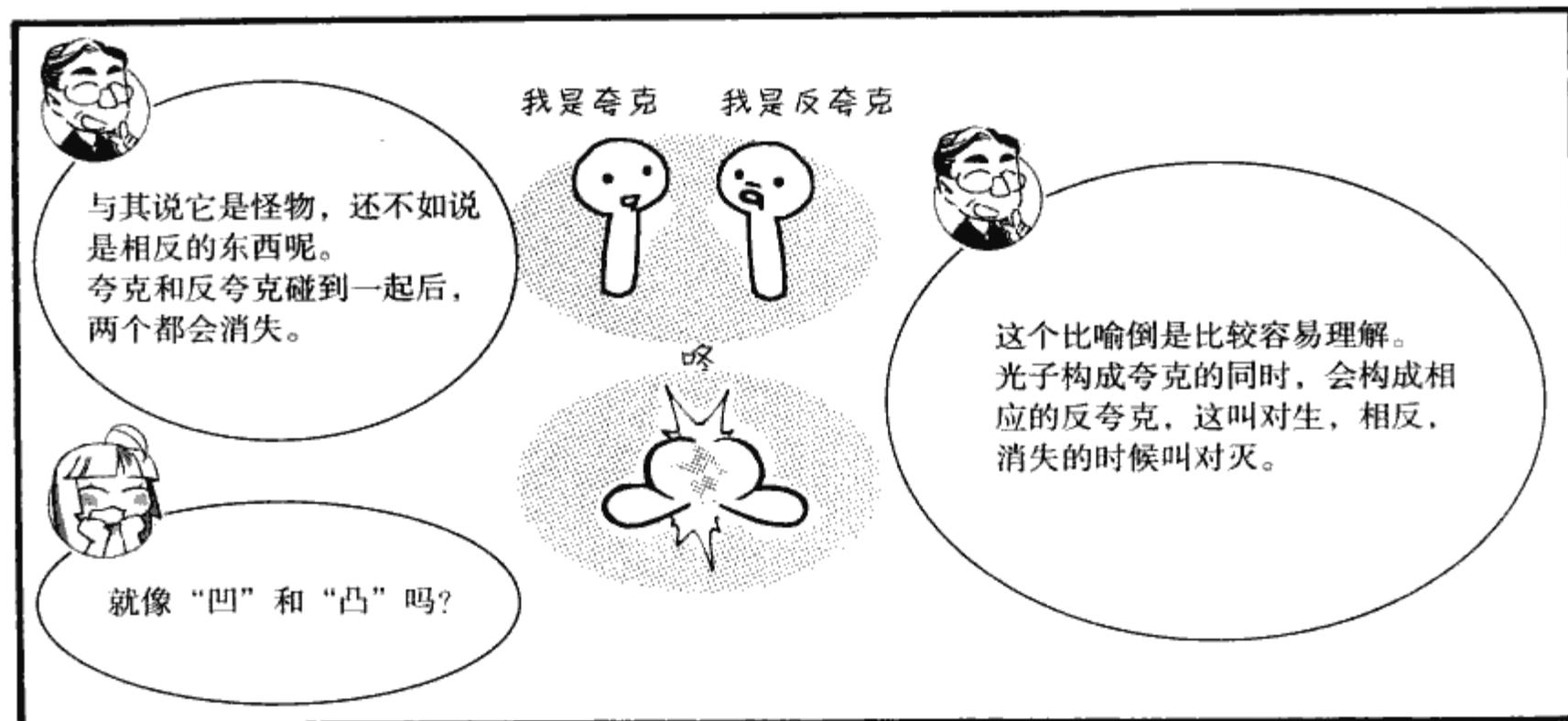
基本粒子

夸克
光子

轻子 (lepton)

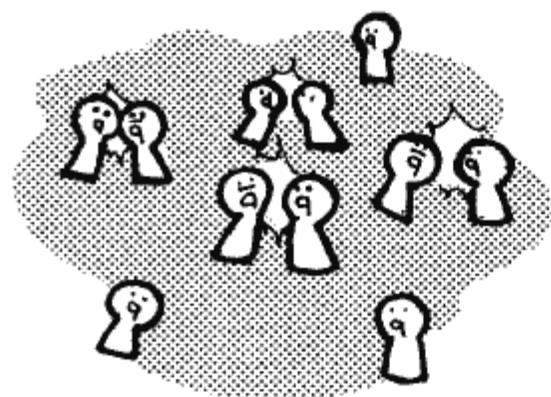
夸克和轻子属于费米子, 光子属于玻色子。





光子对生的时候，不知道为什么宇宙物理学中不公平的事情发生了，夸克比反夸克要多。

所以，即使立刻对灭，但是有些没有配对成功的夸克，就多了出来，于是才有了构成宇宙的物质。

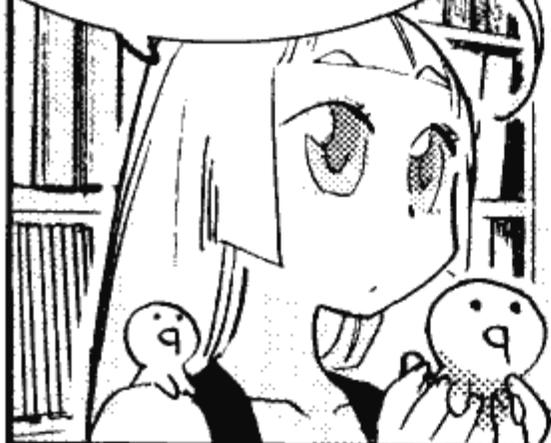


这可怎么办啊？
我们去干什么啊？



是啊，是啊。

为什么一对一对地产生的夸克，结果数量却不一样呢？



这我也不知道啊！



老师也不知道啊！



未解之谜居然这么多！



人们现在只知道有了基本粒子后，宇宙才开始形成。



1. 2008年诺贝尔物理学奖的3位获奖者，南部阳一郎博士、小林诚博士、益川敏英博士的研究，提供了解开这个谜团的线索，感兴趣的读者可以查一下相关资料。



大爆炸发生大约3分钟后，空间不断扩张，温度下降到9亿度左右。



那么高的温度啊！



之前可是有1500亿度啊，下降了不少啊。



在这个温度下，氢、氦这样的简单的元素原子核就开始生成了，也就是说物质诞生了。只不过，不是均匀地分布着的。



也就是说，浓度不一样呗。



为什么呢？



这也还不清楚。只不过，只要我们观察自然界的很多现象，也会发现几乎很少有均匀分布的状态。我们来进行一个思考试验吧。



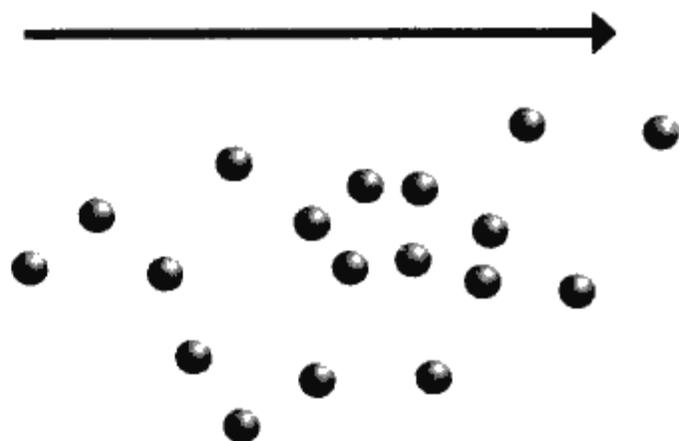
就是在大脑中想象着进行试验啊。



对。如果我们把许多球扔在一块很宽的地上，会怎么样呢？



是啊，不能均匀地分布，有的地方球会密一些，有的地方少一些。



如果地不平的话，球会滚得更乱的。



不是说这个！



错，这也要考虑进去。宇宙诞生，物质开始形成时，空间中的重力强度并非任何地方都一样。重力大的地方，更多的物质就会往那里聚集。这样的情况一旦发生，就不可能再有均匀分布。为什么呢？



物质聚集得多的地方，会有更多的物质聚集过来。



对！物质一旦聚集，根据万有引力定律，那么更多的物质会聚集过去。人们认为银河、银河团就是这样形成的。



茨娜，你的直觉真厉害！

嘿嘿！



可是，有点儿奇怪的是……

什么啊？



要是这样的话，为什么物质不都聚集到同一个地方去呢？



是啊？



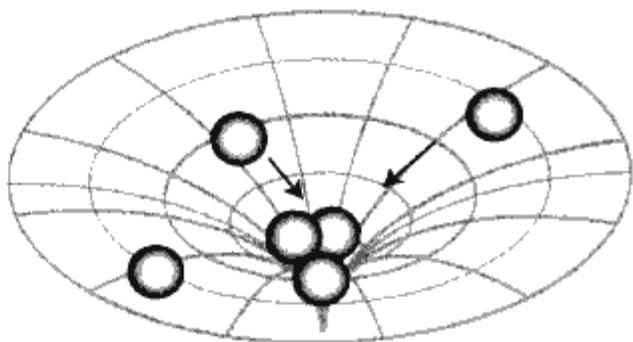
哥哥，这是为什么呢？



这我也不知道。还是问老师吧……



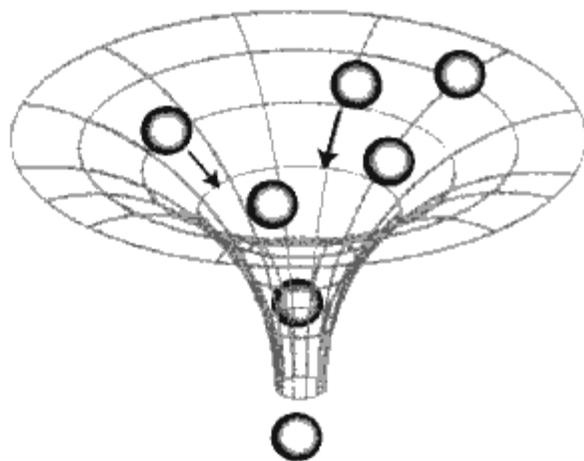
是很奇怪啊。确实是，如果地的中心有个凹坑的话，球可能就会滚到那里。





那岂不是宇宙应该是一个超大的球，剩下的就是空的了吗？

如果全宇宙的物质都聚集到同一个地方，那么那个地方的重力会强大无比，会成为一个连光都跑不出来的巨大的黑洞。如果换成刚才的例子，那就是太多的球聚集在一起，把地压穿了。



真恐怖啊！

好可怕啊！



就是啊。那样的情况已经超出我们的想象了啊。我们的宇宙中有着无数的那样的浅凹坑，所以球不会集中到一处，于是，星球、黑洞都生成了，最终形成了银河、银河团，并构成了长城那样的大规模构造，不断膨胀。



是啊，不过还是有很多没有弄清楚的地方啊。



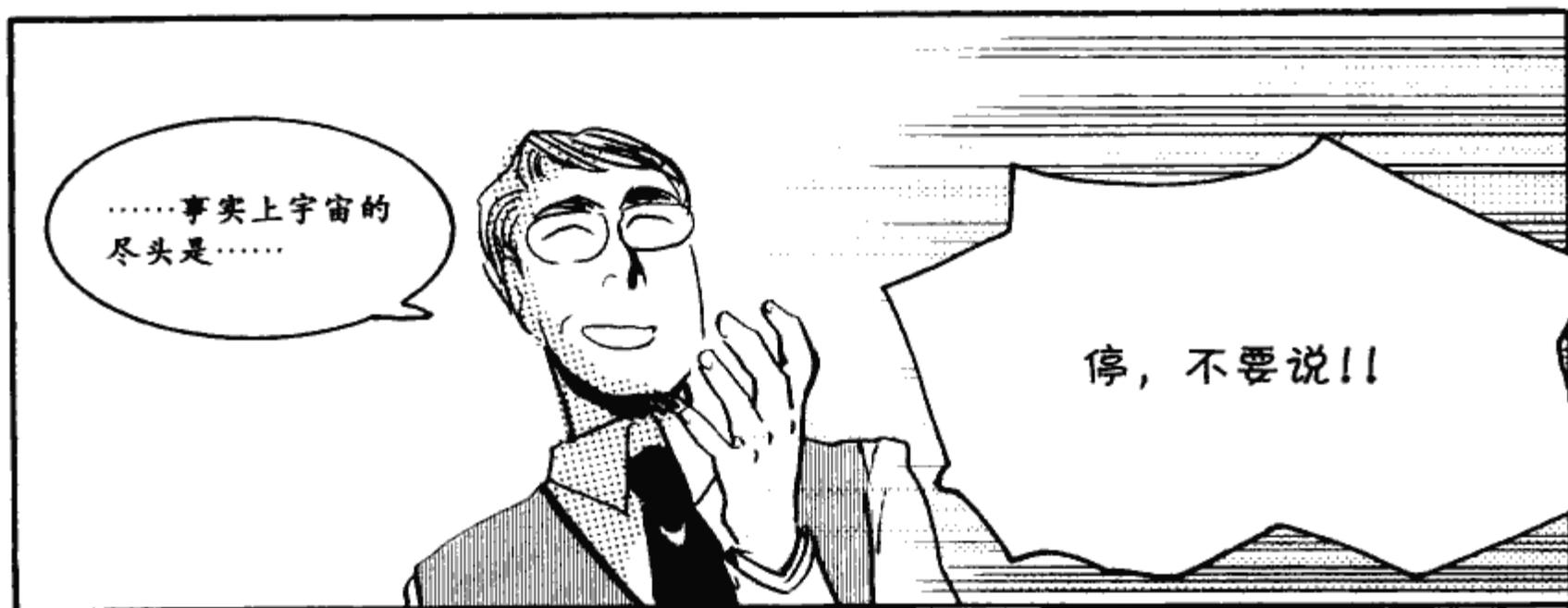




那么不断向宇宙前进的话……



那里会有什么呢？



……事实上宇宙的尽头是……

停，不要说!!



.....

砰



姪玛妮？

给我停下！

呼！



这个结尾就是
我的了!!



教授，我还有事儿
相求呢!

好，好的!

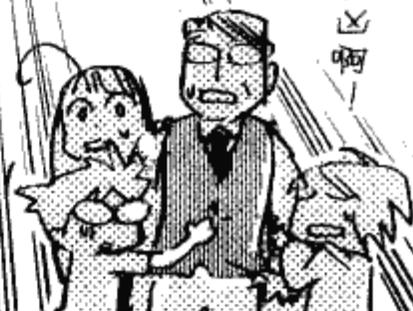


哈哈哈哈哈!

咻

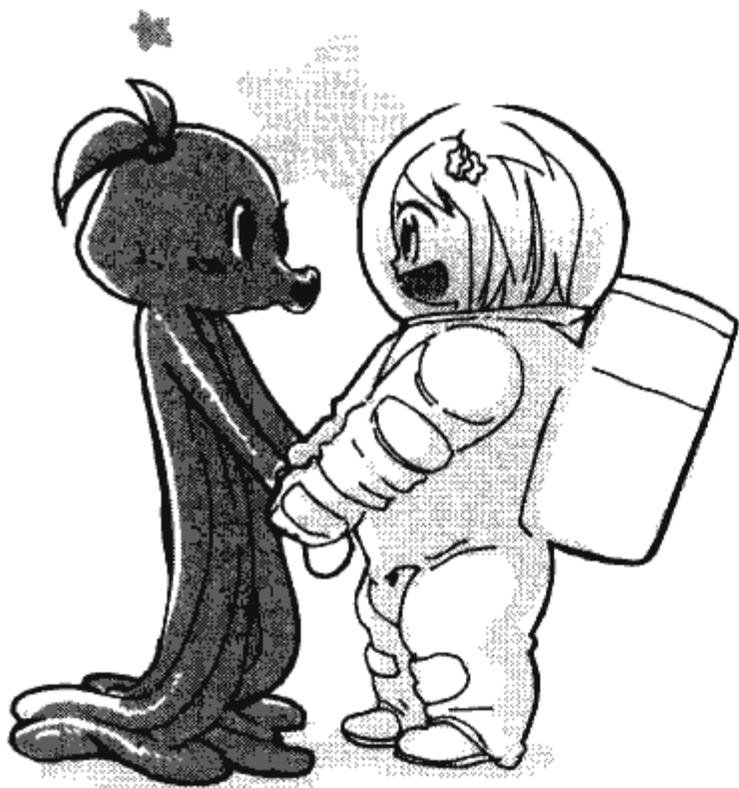


等着文化节见分晓吧!!



好区啊~

★“宇宙原理”与外星人的存在



介绍了这么多知识，估计大家对宇宙已经有所认识了。在第4章中，我们将介绍与宇宙的尽头相关的情况，而在此，我们将讨论一下很多人都好奇的“有没有外星人”这个问题。

从结论上来说，研究宇宙的科学家们几乎都相信，在某个地方，存在着像人类这样的智慧生物。这一想法的根据就是宇宙的原理。

宇宙的原理就是，从大的范围来看，宇宙不存在特殊地方，任何地方都是一样的。人类最初认为地球是宇宙中的“特殊的地方”，所以有了“天动说”。随着宇宙观测的进行，为了更合理地解释观测到的现象，于是有了“太阳中心说”、“地动说”等。随着认识的不断进步，人们意识到，“宇宙的任何地方似乎都是一样的”。

这么想来，只有地球这颗太阳系行星上才有生命的说法自然就不成立了。我们的地球并不是一个特殊的地方，在宇宙的其他地方，和地球相似的环境中，同样能产生生命，并不断进化。这也就意味着，宇宙中一定有外星人。

★计算地球外生命的数量的公式

从大的范围上来说，宇宙原理是对的，外星人存在于某一个地方。而问题是，生命存在的密度有多大呢？

关于这个问题，1961年，美国天文学家弗兰克·德雷克(Frank Drake, 1930~)发表了一个有趣的方程式(德雷克方程式)。通过它，能够推算出银河系中除了地球以外，还分布着多少星球高智文明，他们能否与我们交流等。

$$N=R_* \times f_p \times n_e \times f_l \times f_i \times f_c \times L$$

N : 我们银河系中存在的可能与之进行通信的地球外文明的数量

R_* : 我们银河系中恒星的形成速率

f_p : 恒星拥有行星的可能性

n_e : 一个恒星系中, 位于合适生态范围内的行星的平均数

f_l : 上述行星上实际出现生命的可能性

f_i : 出现的生命向高智生物进化的可能性

f_c : 该高智生物进行星际通信的可能性

L : 该高智文明的预期寿命

如要计算, 那就需要把相应的值(变量)代进去。不过这可不是一个简单的工作, 因为很多东西我们目前都还没有弄清楚。德雷克 1961 年时算出的结果是 N 是远大于 1 的值, 也就是银河系里, 除了地球外, 存在多个高度进化的生命体(至少掌握通信技术)。

这个方程式颇有些“逗人一笑”的味道, 不过卡尔·萨根(Carl Sagan)(1934 ~ 1996)等许多科学家都基本赞同德雷克的想法, 对于银河系内地球以外生命他们也认为“完全能够和地球人进行通信”(计算求得的 N 的值从 10 到 100 万, 众说纷纭), 总之, 外星人仿佛离我们并不远。

★物理学家对外星人的疑问

在银河系中, 像太阳系这样的行星系有 2000 亿到 4000 亿个之多, 那么具有和地球相似的环境, 并孕育出生命的星球也并不奇怪。但是, 也有人对这种乐观的预测持反对意见。意大利物理学家艾力克·费米(Enrico Fermi, 1901 ~ 1954)就是其中之一。费米在日本似乎没什么名气, 不过他可是世界上最早制造出原子炉, 并获得诺贝尔物理学奖的科学家。

1950 年的一天, 他和他的科学家同事们在吃午饭时, 聊到了有没有外星人存在的话题。虽然这是在德雷克方程式发表前 11 年的事儿, 不过当时的天文学家已经认为地球外文明存在的可能性很大, 连费米这样的非天文学领域的科学家都对外星人这个话题颇感兴趣。

也许费米也像德雷克那样, 考虑过用很多参数来计算地球外生命的可能性, 不过他说到

“想想外星人倒是挺好玩，可是他们在哪儿呢？”

这是个很质朴的问题，不过也是最有力的反问。

既然银河系里有很多的外星文明，那别说宇宙飞船，为什么连广播或通信信号也没发现呢？遗憾的是，到现在，依然没有发现任何这样的具有文明痕迹的蛛丝马迹。

费米不仅在物理学理论界闻名，在试验领域中，也很有建树，是个“思考和行动完美结合”的人。他提出，不管想法如何，如果没有证据，那它就是不存在。这就是费米悖论。

之后，很多人使用德雷克方程式计算外星生命存在的可能性，可是，费米悖论依然是一个难以逾越的高墙。

★生命的诞生是平常的事儿？抑或……

最近，人们发现了地球的各个地方都存在着生命。

1977年，美国深海潜艇阿尔文号在太平洋的深海里探查海底热泉的热液孔时，科学家们发现了一些奇妙的生物。管虫就是其一。

热液孔是海底的火山口，它喷出被地热加热过的高温水。其附近水域通常硫化氢含量很高，人们之前认为那附近是没有生物存在的。但是，在管虫的体内，共生着能用硫化氢做能源，进行化学合成的细菌，它们使用这样合成的有机物作为营养来源，在海底进行生长和繁殖。

除了管虫，科学家在热液孔还发现了鱼、螃蟹等众多生物，它们构成了自己的生态系统。这是一个重大的发现。

人们还在继续调查着这样的“未知生物”，许多学者认为，地球上从高山到深海，直到地下，几乎所有的地方，都存在着某些生物。甚至有人还提出，35亿年前就存在着靠吃溶岩为生的微生物。

想象更残酷的地方都有生物生存，这对于相信宇宙生命存在的人们来说，无疑是个“好消息”。木星卫星之一的欧巴罗就是人们寄予厚望的地方，它表面被冰覆盖，但科学家已经确认其上火山活动频繁，在冰下很有可能存在着具有热液孔的海洋。如果是那样的话，或许就有着管虫那样的生物存在。

当然，这还是假说，费米悖论依然无法被推翻。

既然生物在异常严酷的环境下还能生存繁殖，那为什么阿波罗宇宙飞船从月球带回来的岩石上没有生命痕迹呢？火星也是，既然科学家都确定火星有水了，可是为什么没有发现生物呢？

既然连微生物都没有发现，那意味这这些星球上没有能进化的原始生命，也许在某些天体上，诞生生命的可能性并不大。也就是说，即使有生物能生存的环境，也并不一定意味着有生命产生。

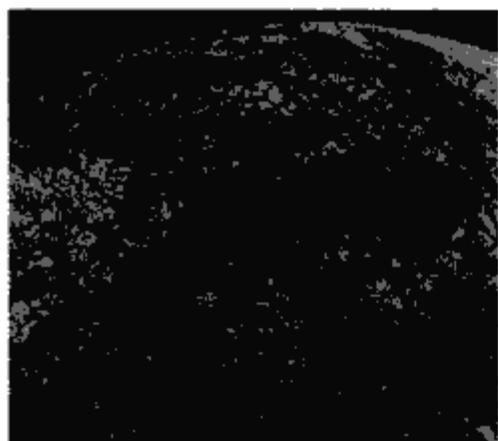
有的学者提出，地球上的生命也是由陨石从宇宙带来的，可见，人类在探索外星人时，除了具备天文学知识外，还应进行关于生命诞生的研究。



管 虫

★最近的“地球外生命”可能存在的星球

下面我们仅从环境方面，来看看地球外生命最有可能存在的天体有哪些。



欧罗巴

在太阳系里，和刚才提到的欧罗巴一样的木星卫星甘尼梅、土星卫星泰坦等都是有力的“候选者”，因为它们存在冰或者水的可能性很大。据报告说，科学家在火星上发现了冰湖，那么火星也是具有存在生命的可能性的。

太阳系外，据说约 12 光年的“鲸鱼座 T (tao) 星”、10.5 光年的“波江座 (Eridanus) 天苑四 (Epsilon Eridani) 星”等行星和地球环境相似，科学家用射电望远镜在不断地对它们进行着观测。如今，日本、美国、欧洲正在进行地球外生命探测计划，相信发现外星人的时间不远了吧。

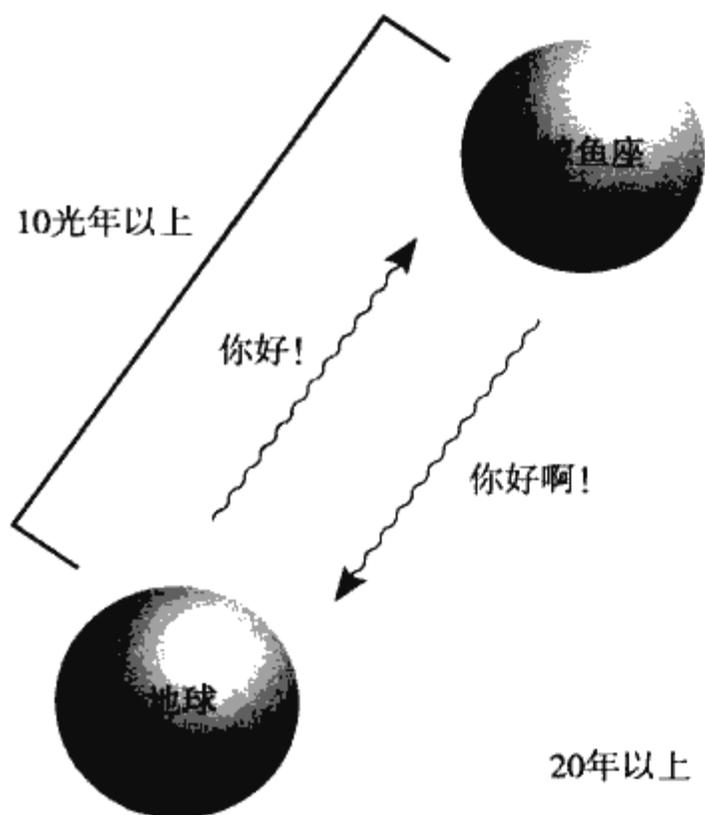
2003 年，NASA 发射的红外线宇宙望远镜已经发现了 300 颗左右质量和太阳相近的恒星。其中三分之一的正在形成行星系，而其余的 200 颗已经具有行星。行星系存在生命的比例是比较高的。

而且，还可能有的地球型行星比地球文明更先进，这让我们更加期待了。



甘尼梅

★和地球外生命的联系



如果我们发现了外星生命，那我们怎样联系他们呢？

如果我们确定了有高度文明的“外星人”存在，那我们应该是用电波与他们联系。广播、通信用的电波和自然产生的电磁波有着明显的区别，只要找到这样的电波，那么向对方发送信息进行联系是完全可能的。只不过问题是，像刚才提到的鲸鱼座、波江座都在10光年以上，连互相打个招呼，也得花20年时间。

离太阳系更近的人马座阿尔法星也与我们相距4.22光年，所以想要与他们联系，不是件容易的事儿，得花不少时间。如同寄明信片一样，可能得10年才有一个来回……

如果说通信有点儿单调的话，那坐宇宙飞船去访问又怎么样呢？

要开发出接近光速的宇宙飞船，据说花上些时间和金钱，也不是没有可能。那么要是距离10光年左右（往返20光年）的星球，估计会有人愿意去的吧。此外就是重力问题了。

地球人只能在重力加速度为1g的环境下生存，航天员乘坐宇宙飞船在太空进行几天的太空飞行，也得每天锻炼，防止肌肉衰退（即使这样，他们返回地球后，还是会觉得地球上很沉）。

在电影《2001年宇宙之旅》里，有一个利用旋转离心力产生“类似重力”的宇宙飞船，这可以说是一个好的解决方法，只不过要把那么大的东西从地球发射升空，应该比较困难。从步骤上看，是不是应该先在月球上建立宇宙空间基地，在那里组装大型宇宙飞船，然后再向太阳系外发射……

★最强航天员——水熊虫

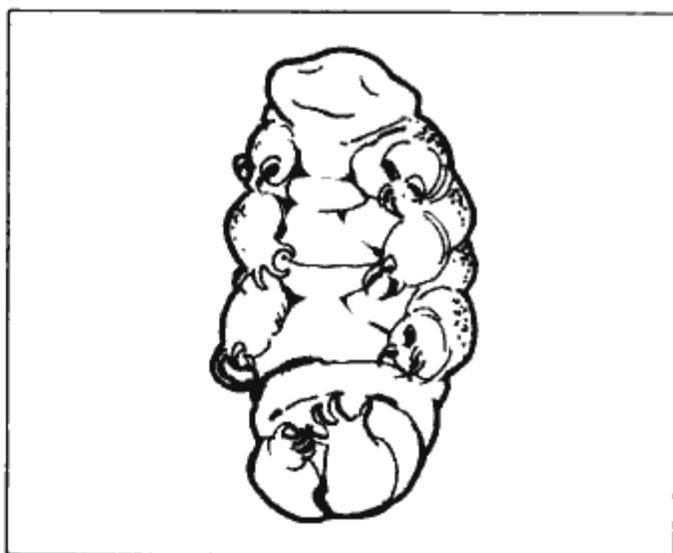
人类要走进宇宙与外星生命进行直接接触，还需要不少时间，而能取代我们成为“航天员”的，水熊虫可能是最好的替补。

水熊虫是最长不过 1.5 毫米的小动物，虽说我们叫它“虫”，但它并不是昆虫，而是一种缓步动物。它有 4 对，共 8 只腿，爬行缓慢。

但它的生命力却异常惊人。据说它身体内的水分在极端蒸发的干燥状态下，它也能存活 100 年左右(干眠状态)。存活温度从零下 273 度到零上 150 度，压力从真空到 75000 个气压，而且 X 射线等放射线在人类致死剂量的 1000 倍以上，它都相安无事。

凭借着这样“结实”的身体，水熊虫在地球上从热带到北极，高山到深海，以及温泉的热水中，都有分布，广泛存在于我们身边。2008 年 9 月，瑞典和德国的研究小组进行了一个试验，他们把水熊虫暴露在宇宙空间中 10 天。结果，一部分忍受住了真空、低温和太阳紫外线的照射，安然无恙地回到了地球。

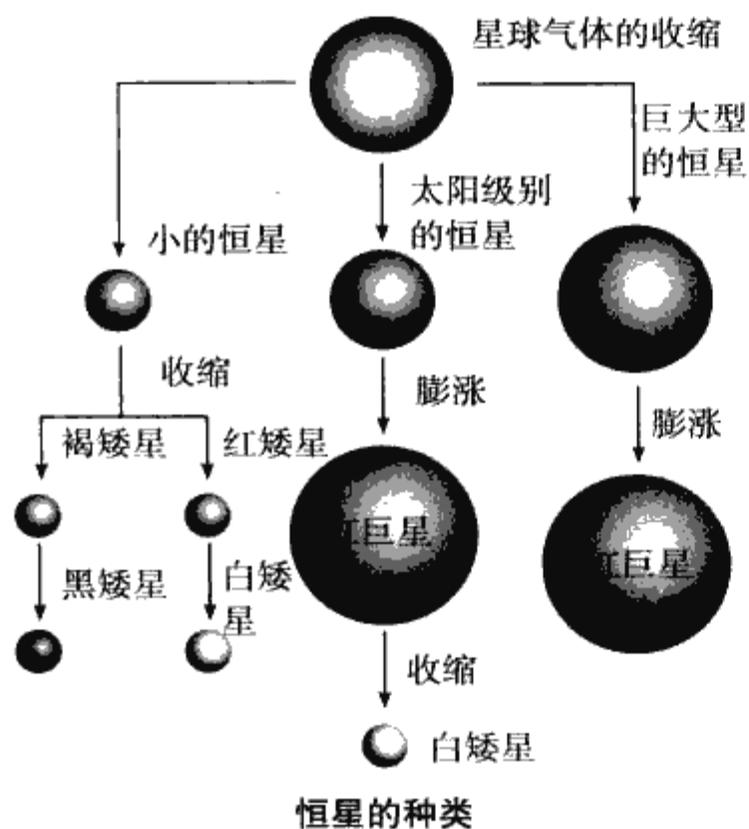
宇宙之旅可以说是对残酷环境的挑战。要制作可以载着人类安全航行的宇宙飞船并非易事，而水熊虫就可以不用考虑那么多，即使是干眠的假死状态，到了相隔几光年的星球后还可能活过来，所以航行就简单多了。如果实施起来的话，或许由水熊虫进化而来的生物将会活跃于宇宙活动中吧。



水熊虫

专题 测量宇宙大小的方法3

如果知道了星体的性质，就能知道距离？



●寻找颜色与太阳相似的星球

此前我们已经讲过，利用地球公转的年周视差，进行三角形测量，可以测得相距 500~1000 光年天体的距离。不过银河系直径约 10 万光年，这不过是其一千分之一，那么更远的地方应该怎么测呢？

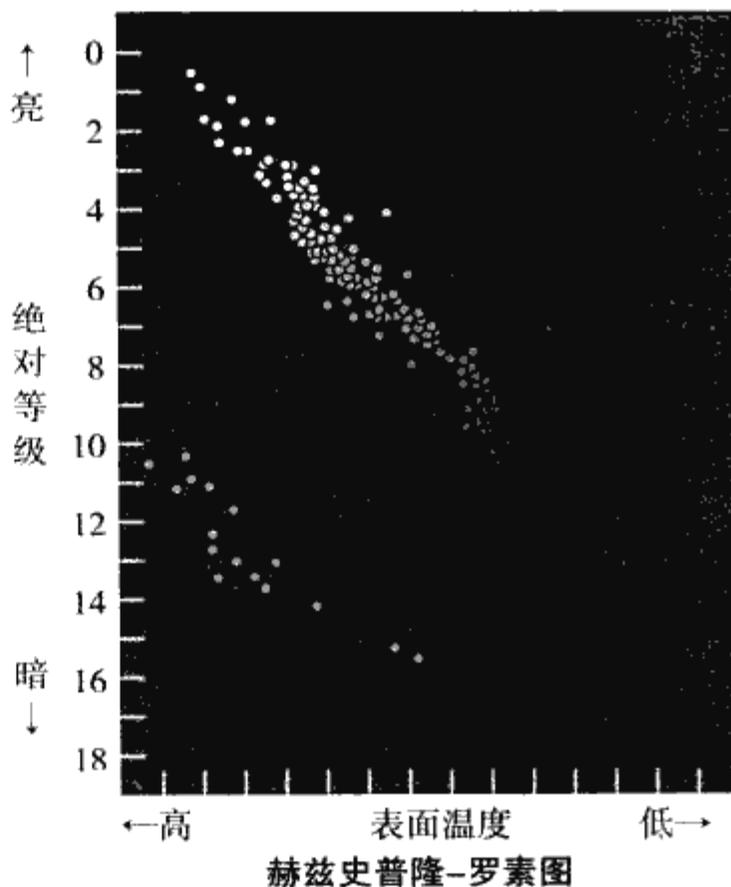
有一个简单方法，那就是和太阳进行比较。

像太阳这样的恒星，发生着核聚变，产生能量并发光。而进行哪种反应则是由质量（即重力）决定的。那么，恒星发出的光颜色相同的话，可以说恒星本

来的亮度（绝对等级）大体上是相同的。

总结出这个关系的是赫兹史普隆-罗素图（HR 图）。它由丹麦天文学家艾勒·赫茨普龙（Ejnar Hertzsprung）和美国天文学家亨利·罗素（Henry Norris Russell）各自分别提出。它的纵轴表示绝对等级（恒星的发光量），横坐标表示光谱型（色 = 表面温度）。

比如说，年周视差测定范围之下的星球，如果光谱和太阳相似，那么它的距离就由绝对等级来决定，通过明亮程度（实视等级）就能推算出其距离。



然而，绝对等级与光谱的关系并不是非常严密的，而且星球的明暗状况也和多种因素有关。比方说，如果途中有星际物质的遮挡，那么绝对等级和距离就不准确了，所以这种测量方法误差难以避免。

●明暗变化的星球

那有没有更加准确些的测量方法呢？后来，美国天文学家哈罗·沙普利（1885~1972）给出了答案，并引发了天文学的大发展。

他关注的是变星。

天体变光的原因很多。既有巨大型恒星在最后阶段产生的超新星爆炸的情况，也有亮的星体和暗的星体组合成一对星体进行旋转从而看上去呈现出变光的情况。而最多的情况则是脉动变星，它因表层周期性膨胀和收缩，明暗会定期变化。

脉动发生的原因依然是核聚变反应，被称为变星的星体内，氢发生反应，变化成更重的碳、氧等，科学家认为这个过程中，星球整体缩小，但由于外层不稳定，于是就有脉动现象产生。对于这样的变星，有着“变光周期越长，绝对等级越亮”的性质。

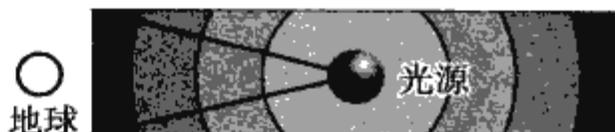
沙普利注意到这些情况后，想到了通过视觉等级和测定变光周期的长度来测量星体的距离。他观测了银河系内位于球状星团的造父变星（Cepheid Variable Star），得出太阳系并不在银河系的中心。

通过变星来测定天体距离技术的利用，一定程度上，可以准确地测出相隔大约1000万光年的天体的位置，这使得宇宙的“版图”又得以大大刷新。此后，发现银河系以外还有若干银河，以及发现宇宙膨胀证据——红移，都可以说，是由于有了沙普利的技术才得以实现的。

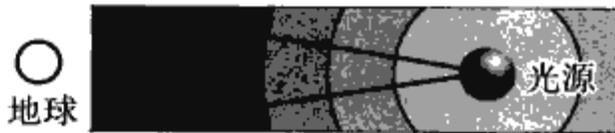
此时到达的光的能量是1



距离是2倍时，到达的光的能量是光源四分之一



距离是3倍时，到达的光的能量是九分之一



光的能量和距离的平方成反比

通过绝对等级来测定距离

●测定距离的其他方法

用变星测定天体的距离的方法，随着观测技术的进步，在允许一定误差的情况下，已经能够测出1亿光年左右的距离。不过，即使如此，这也不过是整个宇宙的1%，从物理学角度讲，我们理论上可以观测到的宇宙有150亿光年之广，能观测到这么大的范围就是天文学家的梦想之一。

下面我们介绍一些测定方法。

●超新星测定

Ia型超新星（人们认为是晚期的巨大型星体甚至超级巨大型星体和白矮星形成的连星系），有个性质是在高峰时绝对等级几乎保持不变，而且明亮程度是造父变星的10万倍！相当于1个银河发出的光，所以能够测得的距离相当远。

只不过，超新星只有在特定的星体寿命终结时爆炸的瞬间才能观测到，我们银河系中也只是几十年到一百年才能看到一次。但在整个宇宙中，一年能发现20~30次。

●通过红移来测定

宇宙膨胀而产生波谱红移，表现出“天体越远，远离地球的速度越快”，和距离成比例关系，那么观测星体的光谱偏移情况，也能得出其速度，进而知道它距地球的距离。



第 4 章

宇宙的明天会怎样

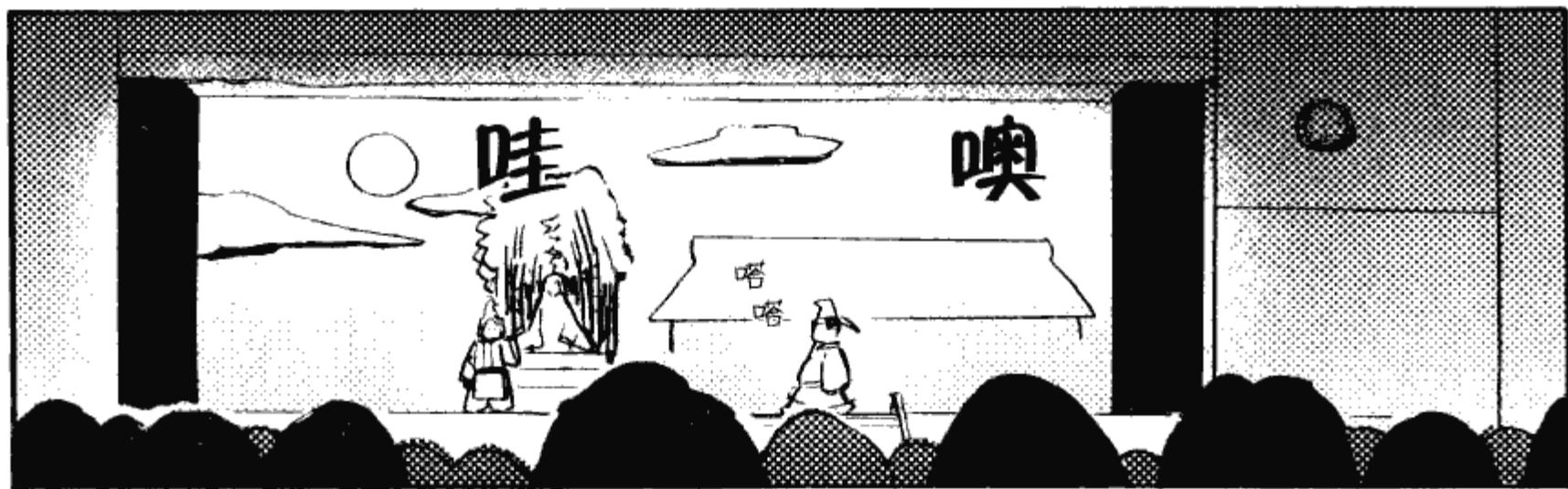
光輝高中文化

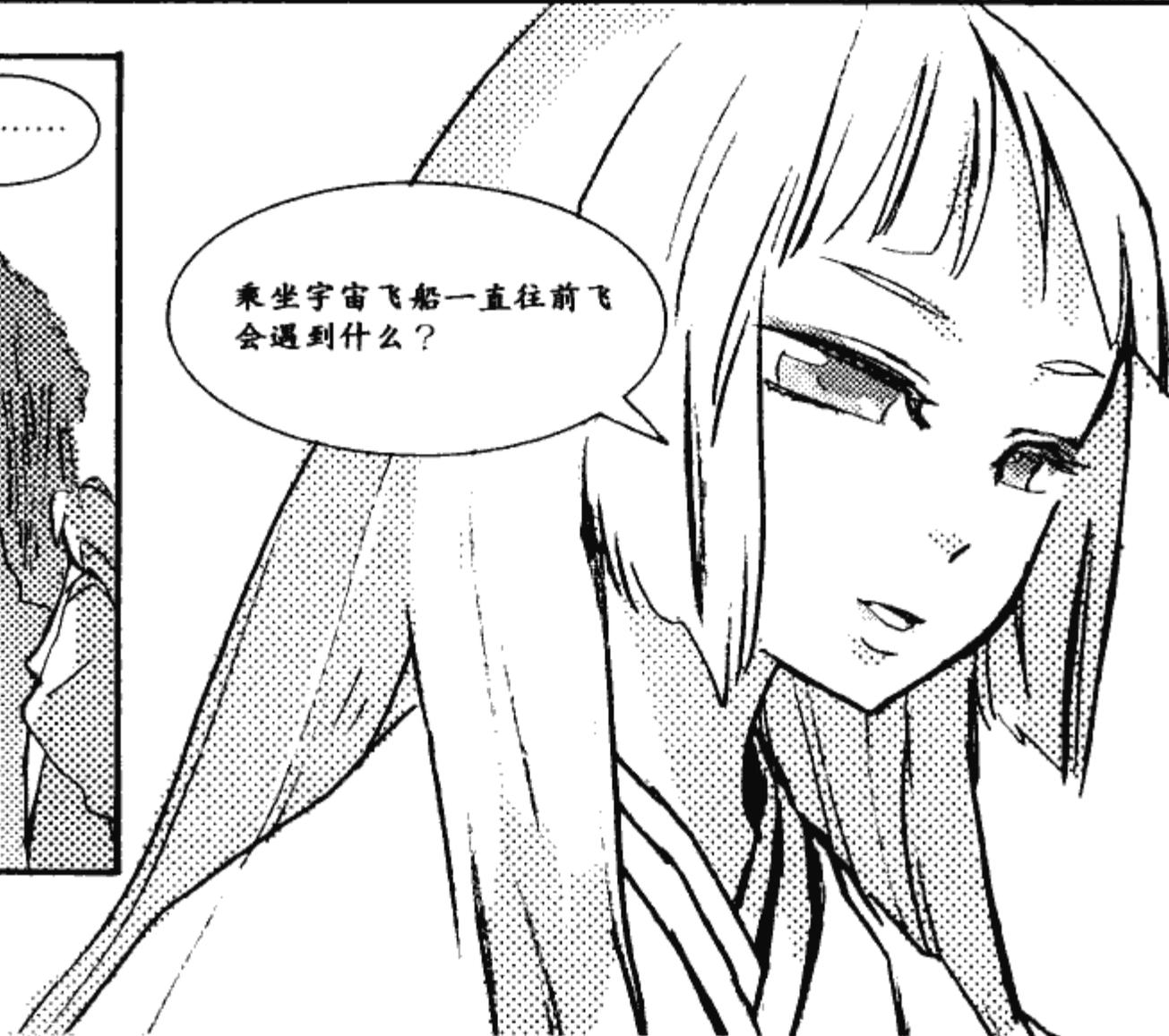
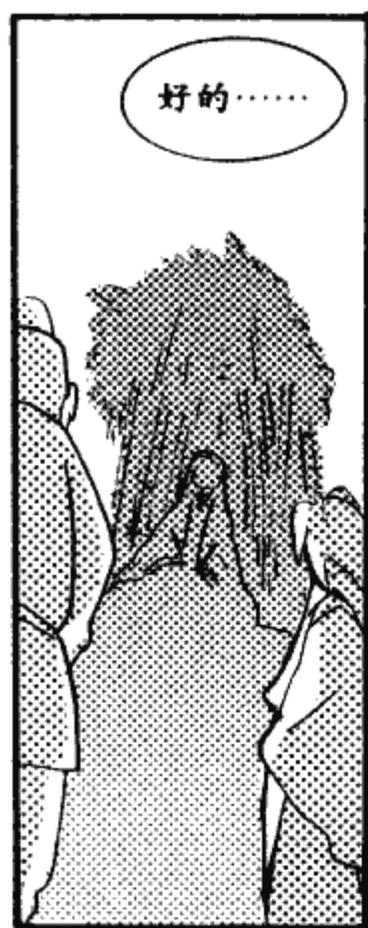


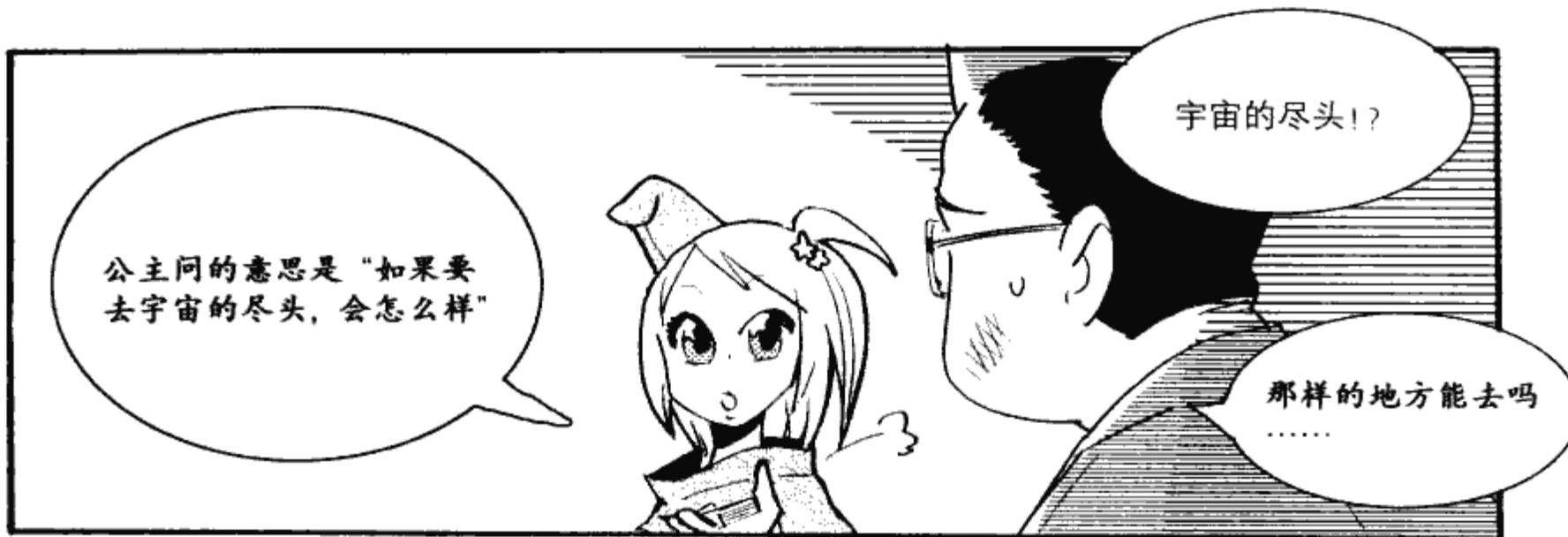
孩娜制作

有人答得上来吗？

如果谁答上了辉映姬公主出的谜题，他就可以和辉映姬公主结婚！

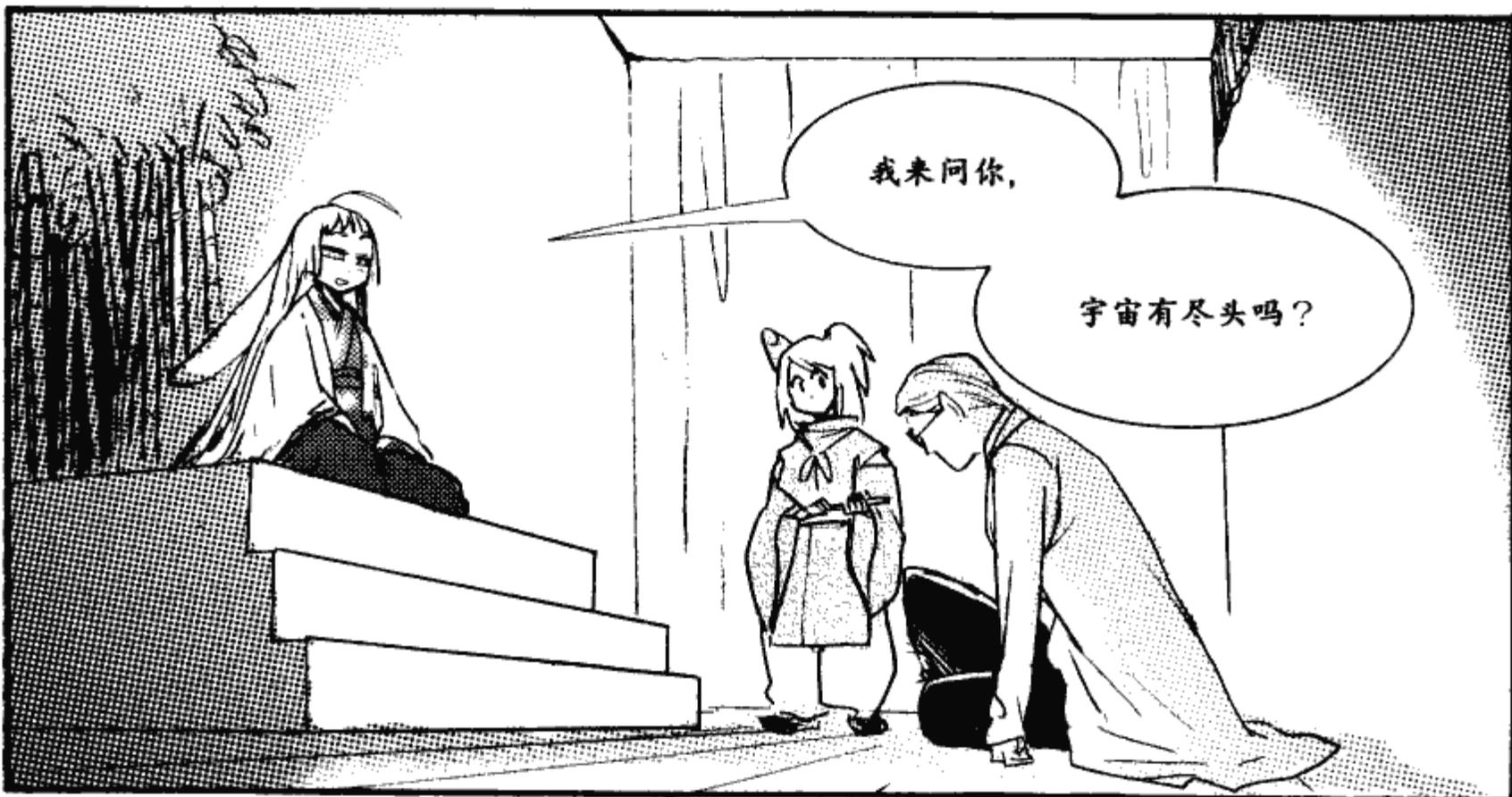
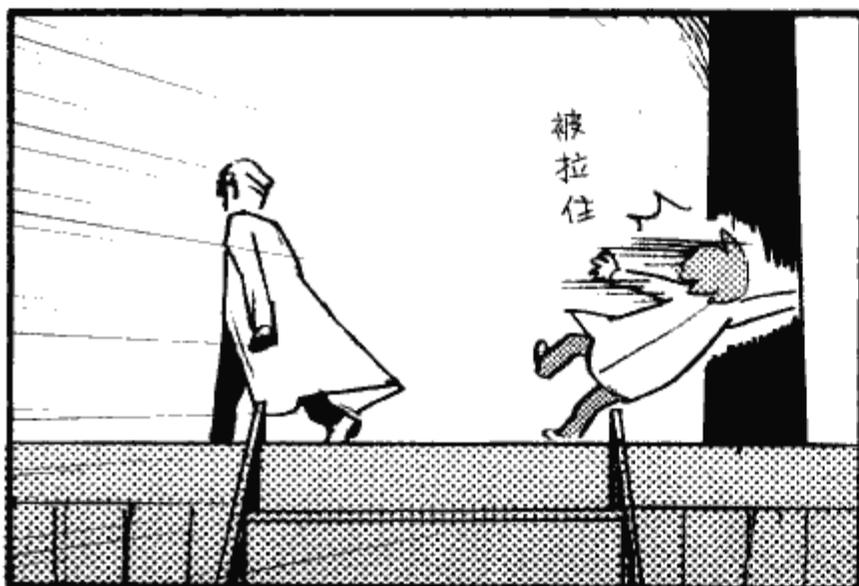
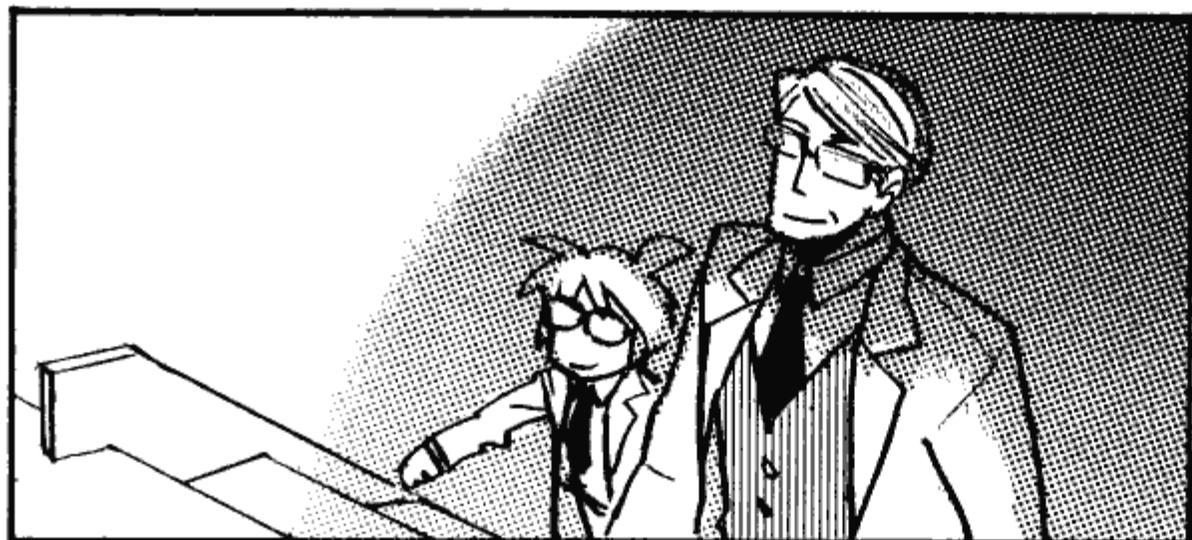


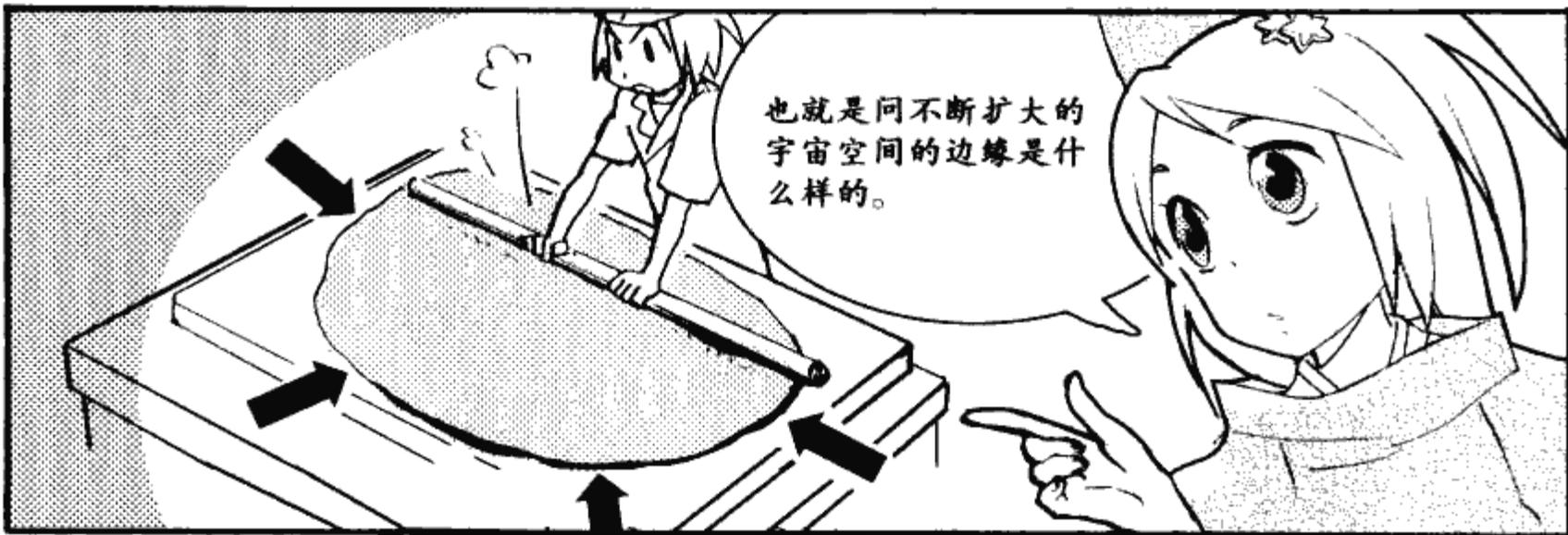






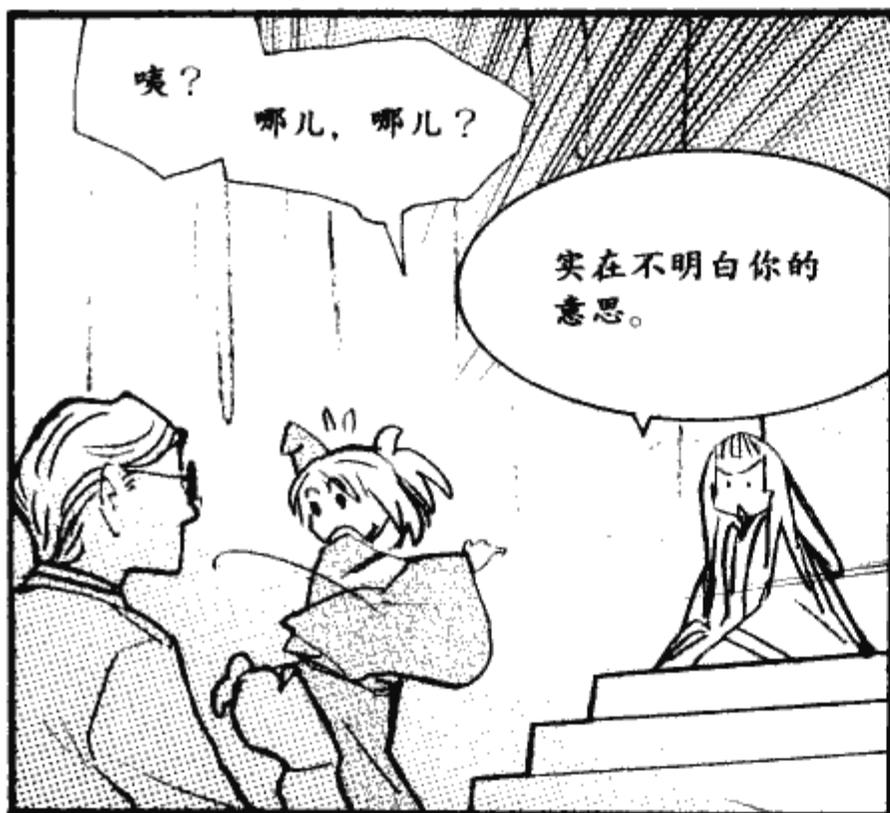








从某种意义上讲，宇宙的尽头就在各位的身边。



咦？

哪儿，哪儿？

实在不明白你的意思。

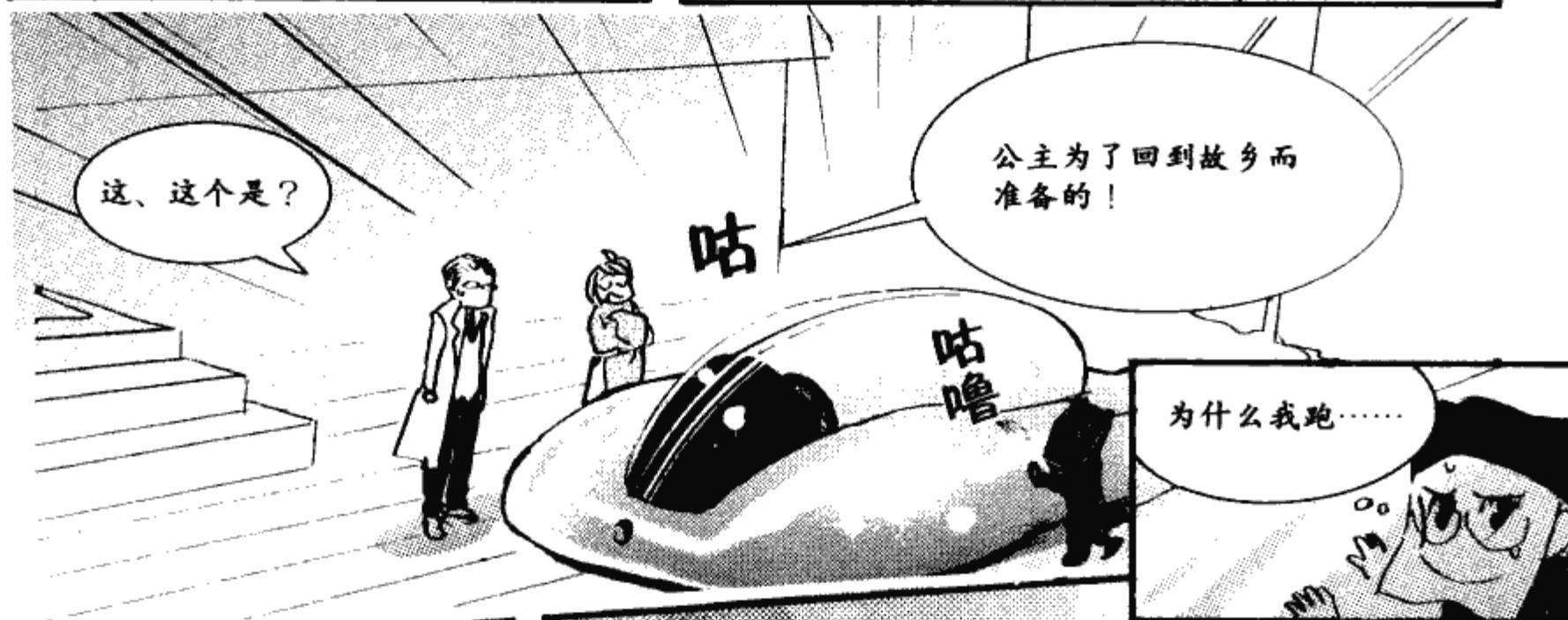


也是啊……
可是凭现在的科学水平，
确实难以……

很抱歉啊！



不用了。



坐上这艘宇宙飞船
去看一看吧!

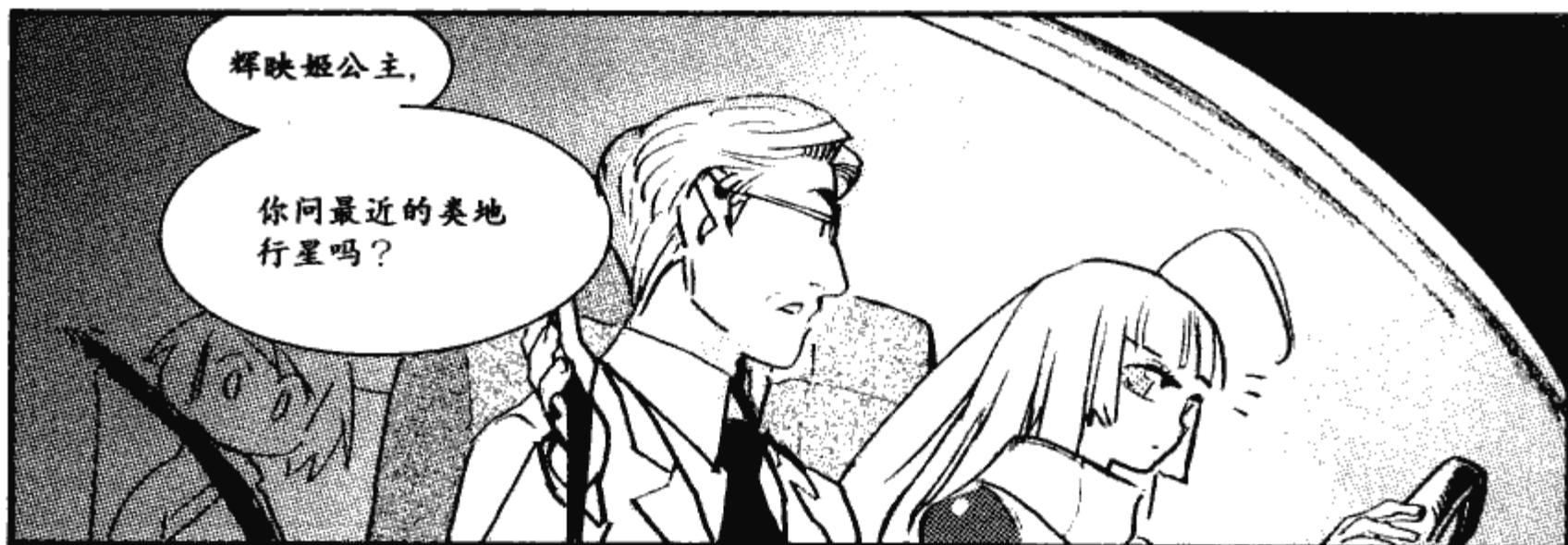
呼

再顺便去找我的
故乡好吗?

我落到地球来的时候
脑袋被撞了，记不得
路了。



★ 4-2 最近的类地行星是什么 ★



安全带



辉映姬公主号宇宙飞船离开了地球，并没有奔向月球，而是向着宇宙的尽头飞去。

不久就穿过了火星、木星、土星，离开了太阳系。

一转眼就快4光年了啊！

喂，你怎么变老了呢？

已经过了4年了嘛。再加上他原本就很老啊……

对不起，能再开快点儿吗？

你在说什么呢！

根据爱因斯坦的相对论，那是不可能的！

……

那3颗星星是什么啊？

那是人马座星座的阿尔法星，那是离太阳系最近的恒星。

那是3颗星星形成的三连星，有的学者认为那里的行星可能有生命存在。

也许那儿就是辉映姬公主的故乡哦！

噢——

才不要呢，三个太阳，受不了！

紫外线太强了……

啊
啊

那接着找吧！

继续

出发

★ 辉映姬公主号之旅 六 ★

银河系（天河）

夏天能够看到天河，是因为从夏季星座“射手座”的方向，能看到银河系的中心。银河系直径10万光年，而地球（太阳系）处在离中心约28000光年的位置，所以我们看天河时，会觉得有的地方浓，有的地方淡。



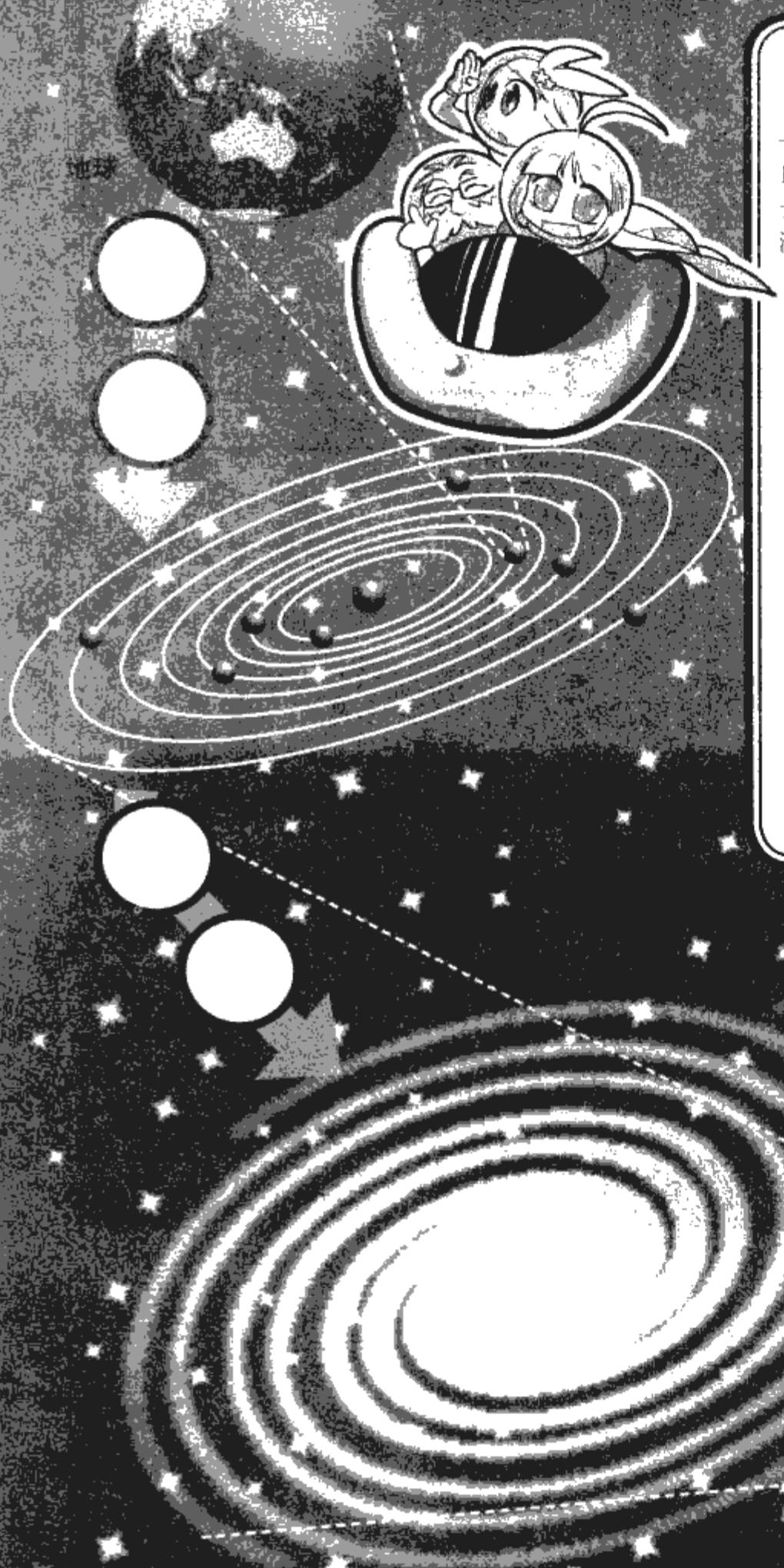
夏天的七夕节时银河最亮。



人们会在那一天眺望银河。

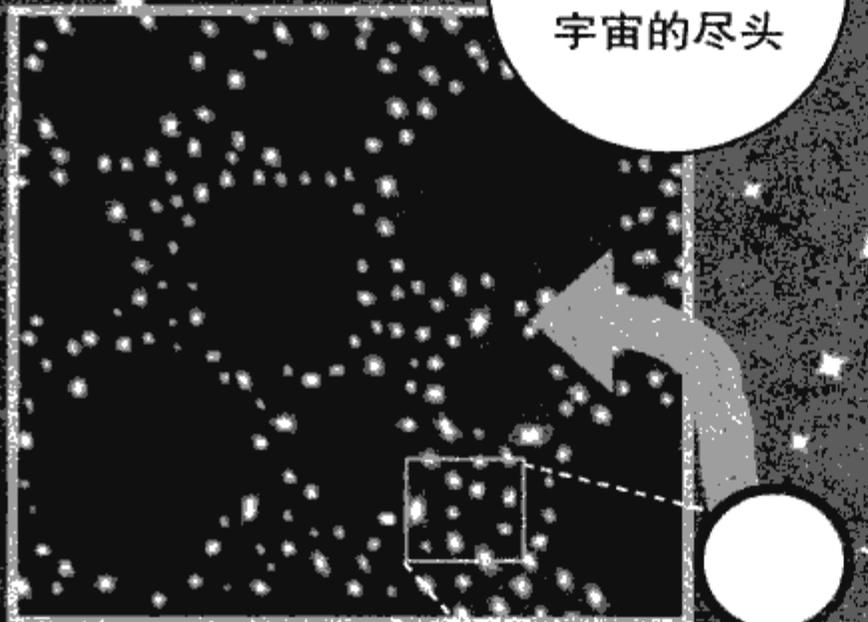


20世纪以前，人们认为银河系就是整个宇宙，在七夕节眺望宇宙，能引发人们很多遐想吧。



目标

宇宙的尽头



“长城”和空洞

虽然有银河、星系团、超星系团等，但整个宇宙空间就像一张大网，也可以说，就像很多泡泡聚集在一起，银河分布在泡泡的膜上，泡泡的内部是空洞。从地球上观测，银河就像一个很大的墙壁。这样的宇宙大规模构造被科学家命名为“长城”。



如今，有人认为由“长城”和空洞构成的网眼结构，是宇宙最大的构造单元。



也就是说，无论走得多远，也是这样的构造啊。

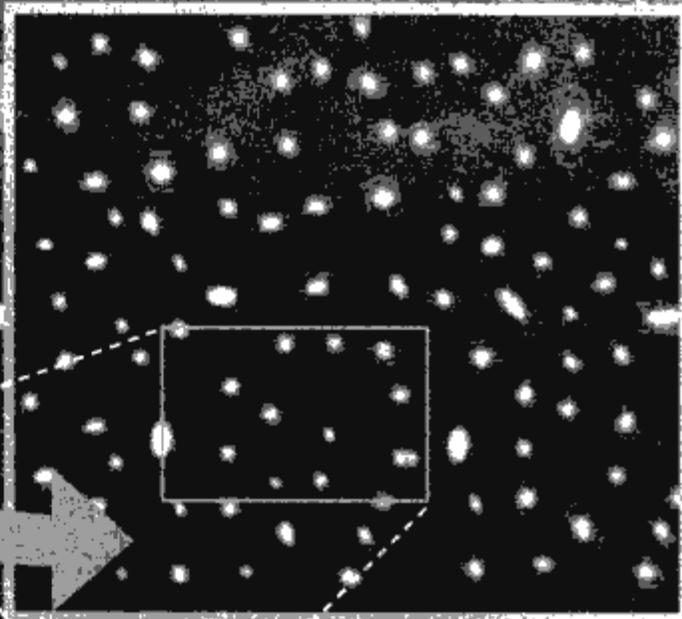
局部超星系团（室女座超星系团）

由银河团、银河群构成的超银河团，有超过1亿光年之大，是超级大的天体系统。我们所在的银河系（局部星系团）就在一个局部超星系团里，这个局部超星系团又叫室女座超星系团。



地球所在的局部星系团，在室女座超星系团中的位置已经比较靠近边缘了，离室女座超星系团中心附近的M87银河有6000万光年。据推测，室女座超星系团的直径大约2亿光年。

局部超星系团



局部星系团

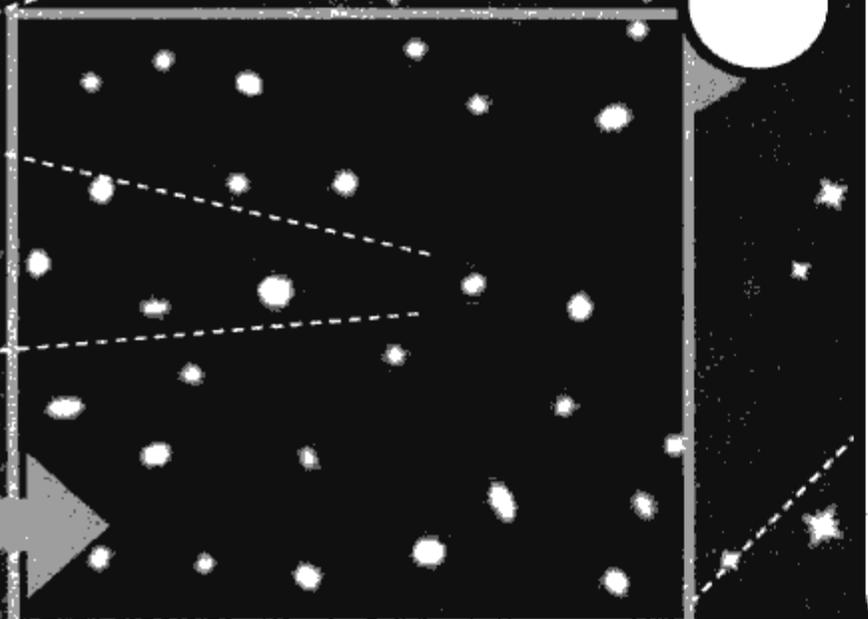
在宇宙中，银河构成银河群，进而构成银河团这样的天体系统。我们所在的银河系（天河）就属于局部星系团。这个局部星系团里有40个银河，其中最大的是仙女座银河，据说它的直径大约是13万光年，比我们银河系整整大一圈。



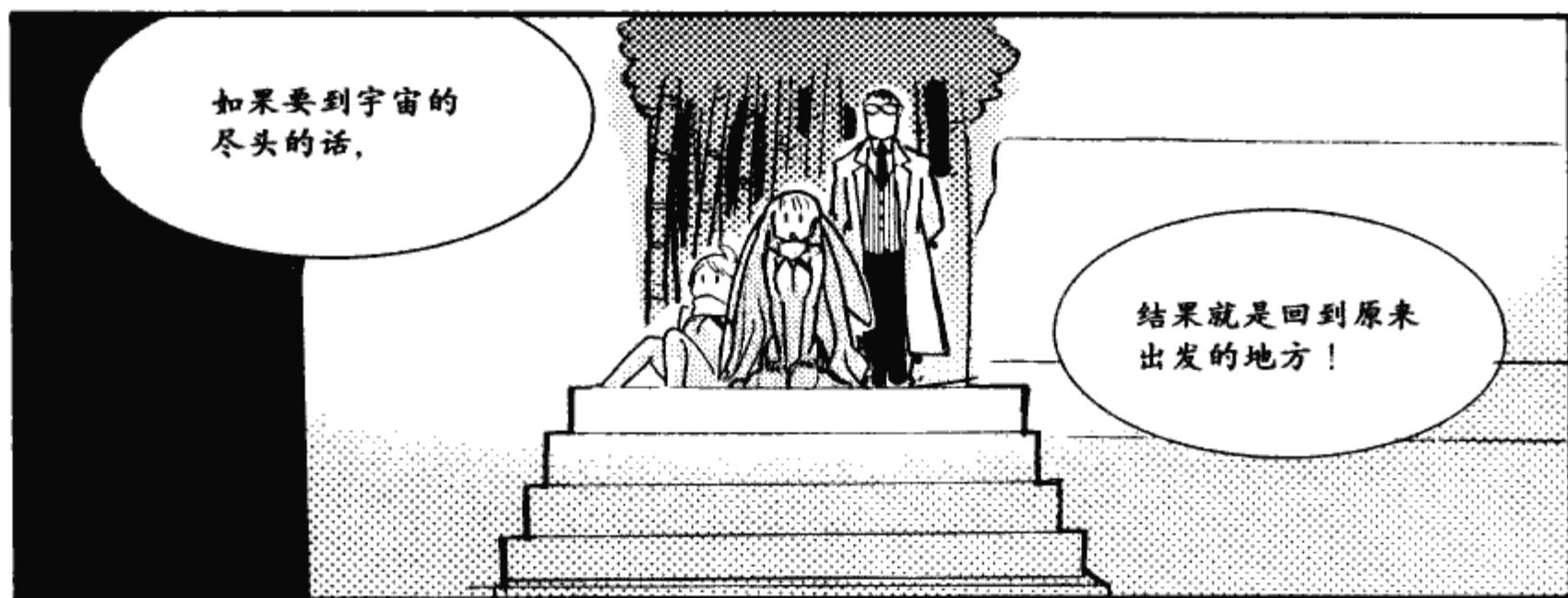
根据科学家的计算，局部星系团的直径是2.4~3.6Mpc（megaparsec，百万秒差距）



pc（Parsec）：秒差距，表示天体距离的单位，1pc=3.26光年，因此局部星系团直径是780万~1170万光年。



★ 4-3 来到宇宙的尽头 ★





☆ 赞岐教授的演讲 ☆

大家都听说过吧，宇宙是大爆炸后诞生的。

可是大家知道宇宙诞生指的是什么吗？

我们所认识的宇宙，是可以由空间坐标系来表示的三维空间，我们无法跳出这个空间。对于我们来说，世界的一切都在这里。

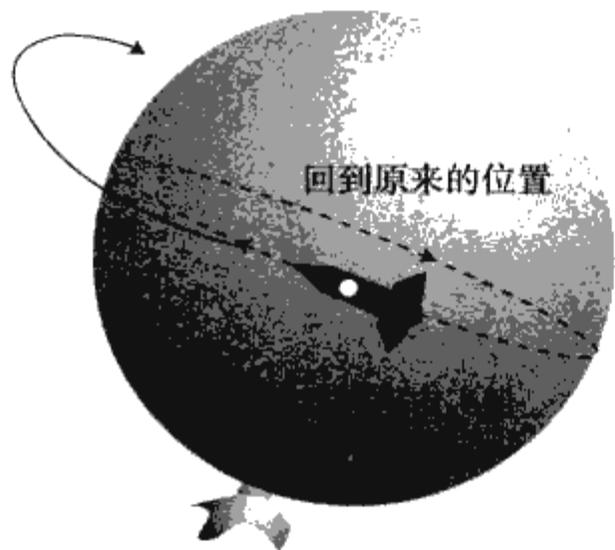
然而，除此之外，还存在着四维以及更高维度的空间，我们称之为“超空间”。如果从超空间来看，三维空间是一个封闭系。需要说明一下的是，四维空间并不是三维空间+时间，而是用4个坐标轴来表示的空间。科学家推测，三维空间与四维空间存在着共通的“绝对时间”（超时间）。

由于我们无法想象出四维空间，所以我们可以用三维空间看二维空间来形似地思考一下。

我这里有一个气球。现在这是二元的，我吹进气后，形成了球面，有了空间。与此相似，我们认为，三维空间也能经弯曲后得到四维空间。



空间转移



二维空间宇宙飞船能到达的气球的尽头

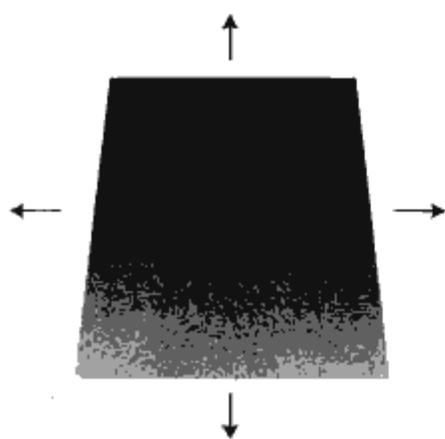
如果有某种“力量”，这不是我们平常的宇宙飞船那样的力量啊，使得我们可以进入四维空间并能回来，那么在三维空间里看，就像是一个物体在一个地方突然消失，而出现在别的地方的瞬间转移。

如果有了这样的“四维宇宙飞船”的话，很容易就能“翻过”三维空间的尽头。不过，如果在那上面来看（也就是从四维空间来看我们的三维宇宙），那么宇宙的尽头也就是那个出发点。刚才我说的“从某种意义上来说，宇宙的尽头就在各位的身边”，就是这个意思。

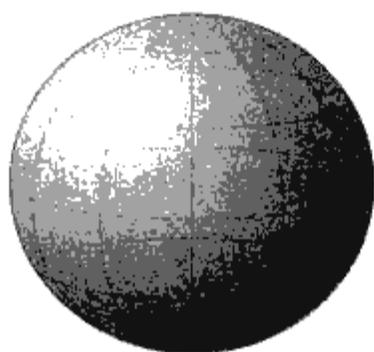
那么，三维宇宙空间又是什么“格式”

的呢？

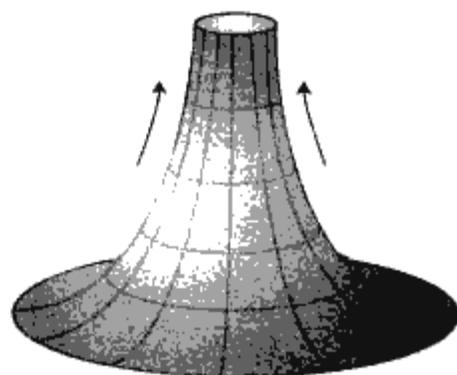
高深的说明我就省略了，下面就是通过数学计算得到的三种模型，我们的宇宙空间就是其中之一。



二维宇宙模型1



二维宇宙模型2



二维宇宙模型3

第一个模型是曲率为零的情况，也就是空间没有弯曲的模型。也就是说无论到哪里情况都是一样的，空间无限延展，就相当于二维的平面那样，可能在图上看起来有“尽头”，但实际上却是永远没有尽头的。所以，如果不跳出这个维度，那么就永远到不了“宇宙的尽头”。

第二种是曲率为正的情况，就相当于二维的地球仪那样的球面。第三种是曲率为负的情况，这种曲面叫做“悬链面（tractrix 旋转曲面）”。

如果我们的宇宙模型是曲率为正的那样的球面，那向着“宇宙的尽头”进发的宇宙飞船最终还是要回到起点。

如果能制作出超光速的宇宙飞船，那人们可能像瞬间空间转移一样到达超空间，不过，在三维宇宙空间里，根据相对论，我们是没有办法达到超光速的。所以，最多也不过是回到原点。





宇宙真神奇啊……

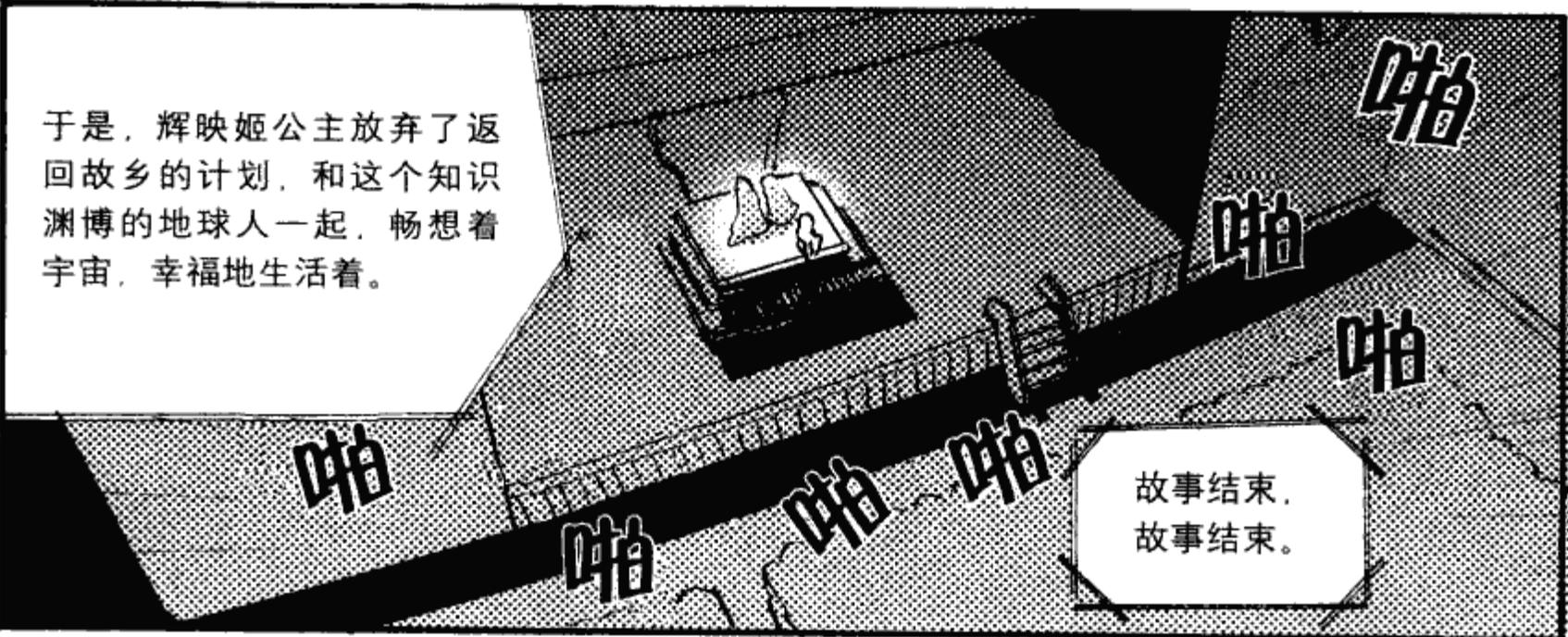


你们地球人，对我这个来自宇宙的人，一定有着很多疑惑吧！

是吗，赞岐？



是的，公主，解开您的谜团，就是我一生的使命。



于是，辉映姬公主放弃了返回故乡的计划，和这个知识渊博的地球人一起，畅想着宇宙，幸福地生活着。

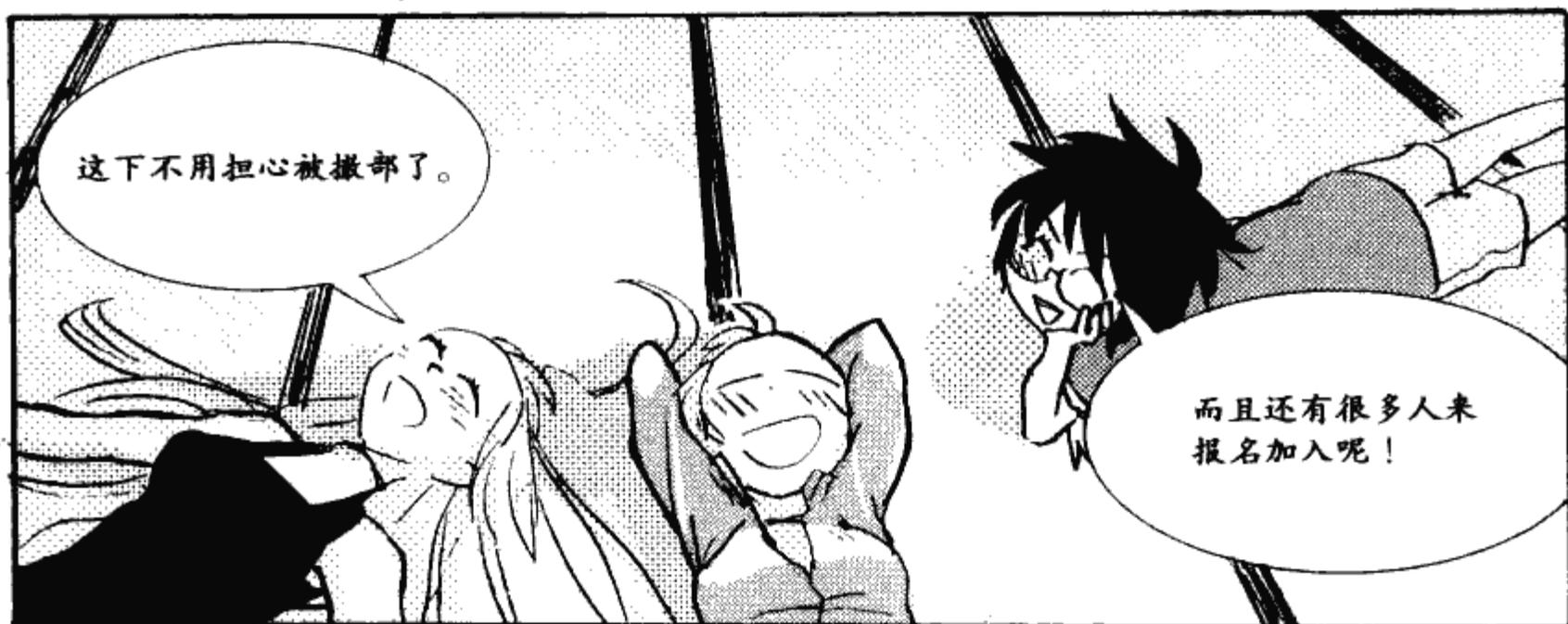
故事结束，
故事结束。

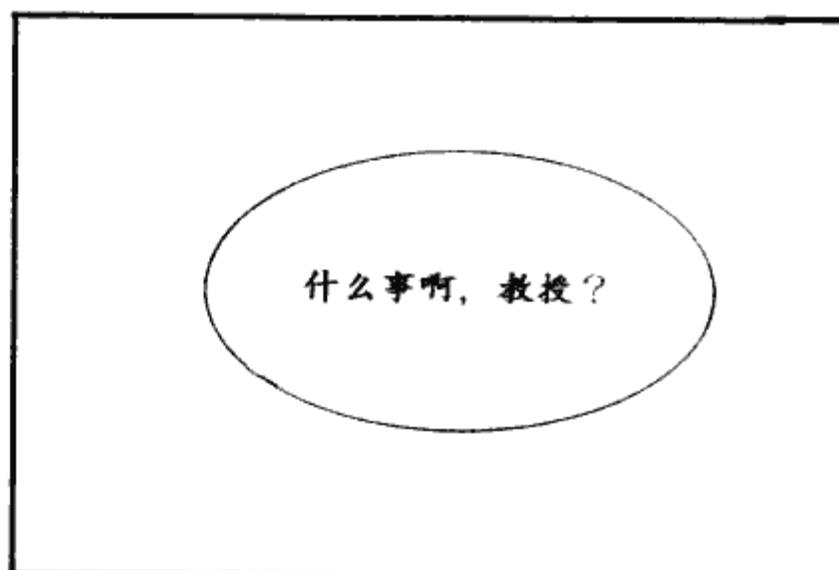
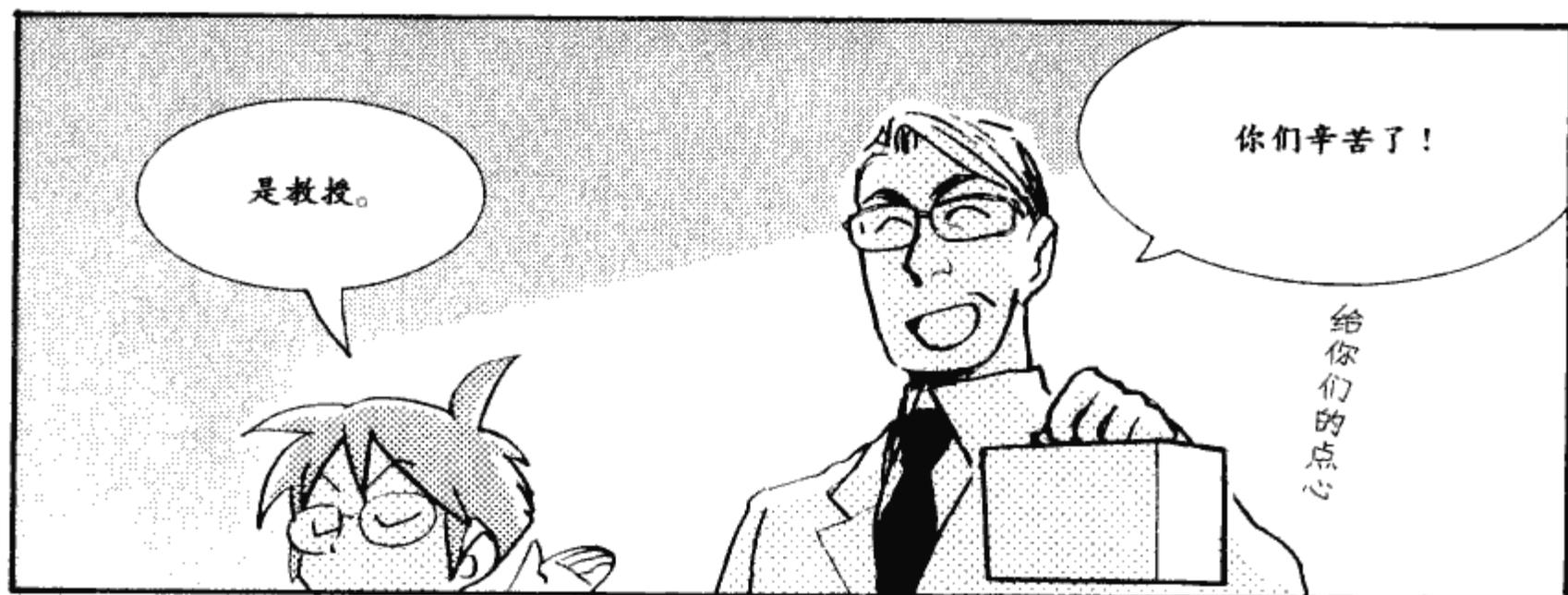




终 章

宇宙只有一个吗







是啊！
就像大爆炸那样。

在这个故事中，地球和
月球是不同的宇宙哦。

不同的宇宙倒是不错
的漫画呀、小说题材
……

可怎么会有不同
的宇宙呢？

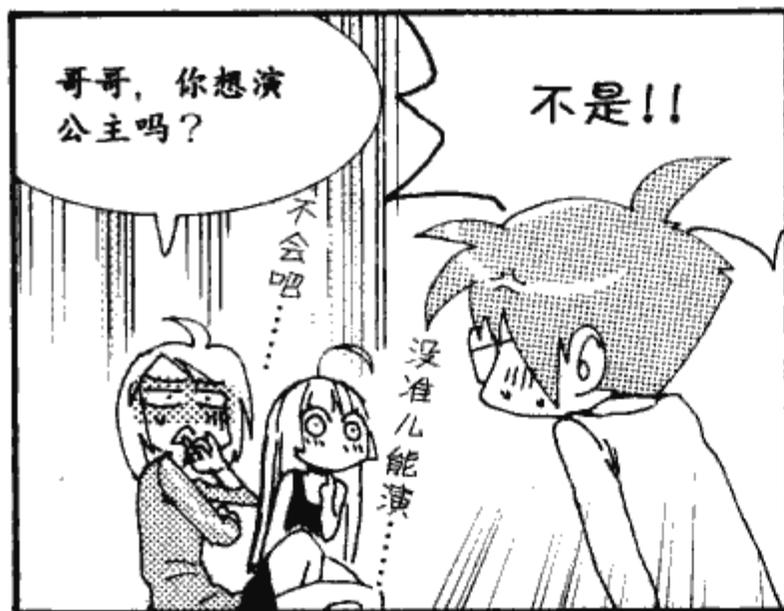
事实上，有一种看法认为宇宙
有若干个，我们的宇宙只不过是
其中之一。

这就是多元宇宙论。

虽然目前还没有得到
科学证实……

真有意思！！

那我演别的宇宙
的公主！

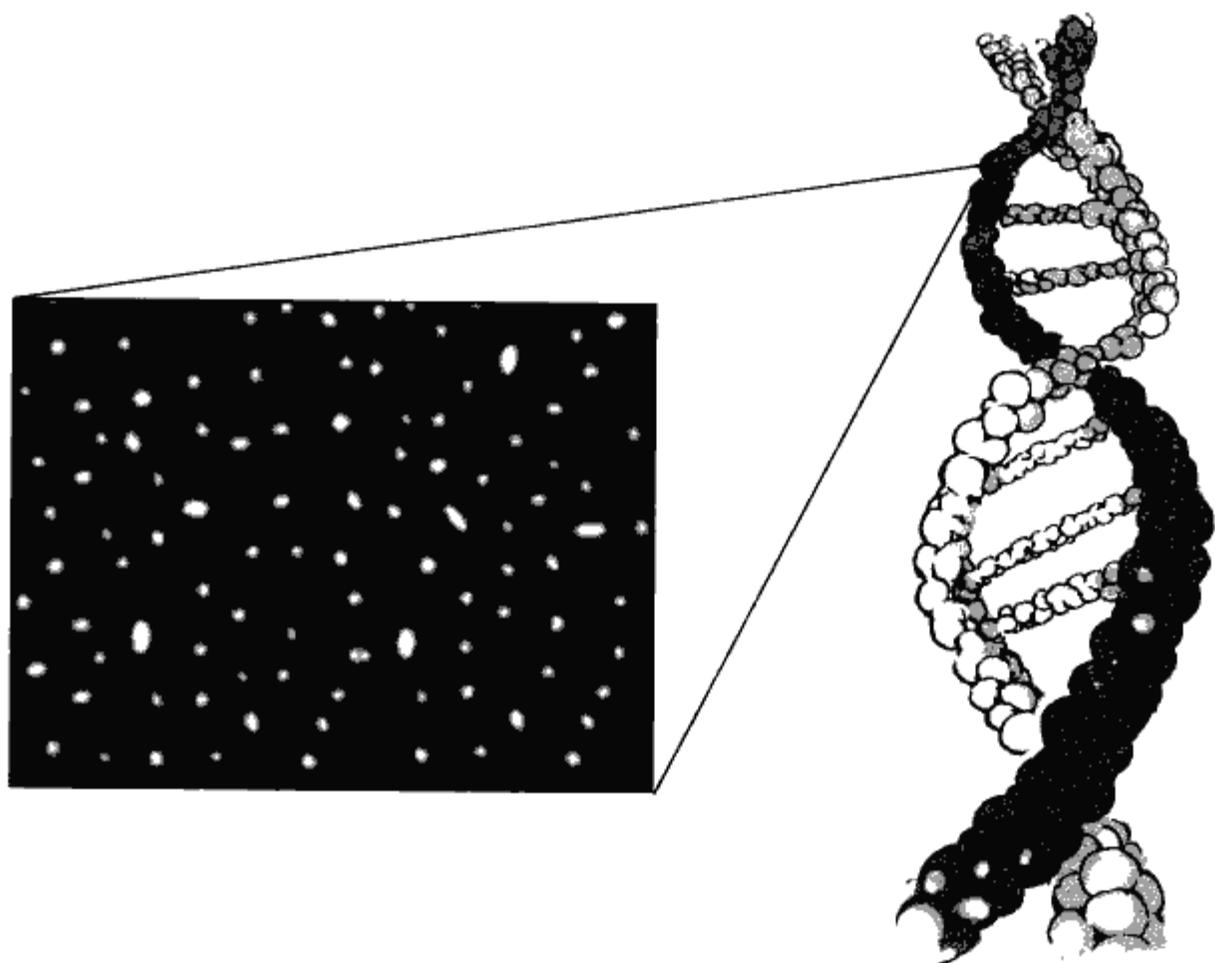




专题 多元宇宙论

多元宇宙论 (Multiverse) 认为,除了我们生活的这个宇宙之外,还存在着无数个宇宙。有人认为,在可以“容纳”宇宙的超空间里,有着无数个宇宙。宇宙与宇宙之间是什么关系尚不清楚,“宇宙与宇宙之间存在着相互关系,可能构成一个超级生命体”。本书的监修川端洁就持有这种观点。

宇宙原理认为,宇宙中没有特殊的地方,如果把它扩大的话,那么就不只“我们这个宇宙”,还存在着无数个宇宙。在这种“超宇宙原理”下,多元宇宙论也并非荒诞之谈。至少从哲学意义上来讲,这样的想法也是比较自然的。

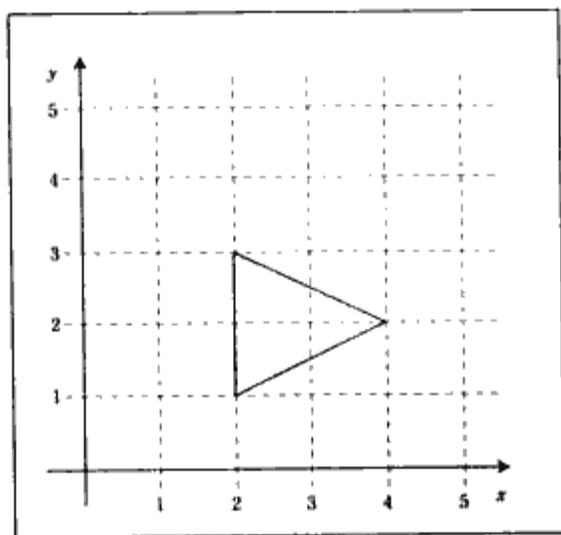


多元宇宙的假想图

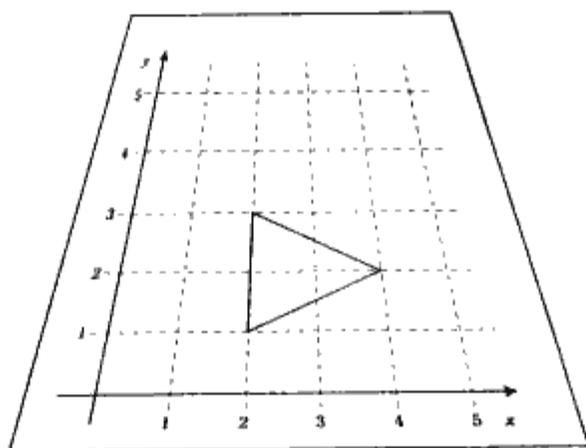
对于“朝着宇宙的尽头一直前进的宇宙飞船却又回到了起点”，用“空间是弯曲的”理论来解释，人们也不是那么容易接受。即使作为本书的作者，我事实上也没有完全理解。我们还是尽量避免使用艰涩的理论或数学公式，努力探讨一下吧。

★空间为什么会弯曲？

一上来就考虑三维空间实在有些困难，我们还是先来看看二维的情况吧。二维空间就好比这张纸一样，在这上面画两个坐标，就可以表示上面所有东西的位置。



如果再加上一维，就是三维，有“空间”的感觉了。



对于这个二维的空间，在我们看来，就是一个“平面”。

比如说，一张纸，如果不厚和硬的话，就会歪斜，不会平。

对于二维空间上的人来说，三维空间是否向弯曲，没有关系。因为不管是把纸揉圆还是弄扁， xy 坐标所标示的世界还是那样的，所以，他们不会注意到空间的弯曲。

★平面、圆柱、球

弯曲程度用“曲率”来衡量。曲率为零时，表示平的、没有弯曲。曲率越大，弯曲的程度越厉害。

我们处在三维空间中，在我们看来，像刚才的平滑的纸那样的世界，就是一个“曲率为零的二维空间”。不过，这样的空间几乎不存在，所有的空间都会发生弯曲，曲率为零仿佛是很困难的。

下面我们来看，如果 x 轴的曲率不是零，即横向发生了弯曲，情况是什么样子。

如果空间无限延伸（此处为二维平面空间），曲率一定的话，那么最终就会得到右上图所示情况。 x 坐标的正方向和负方向会重合而形成圆柱。

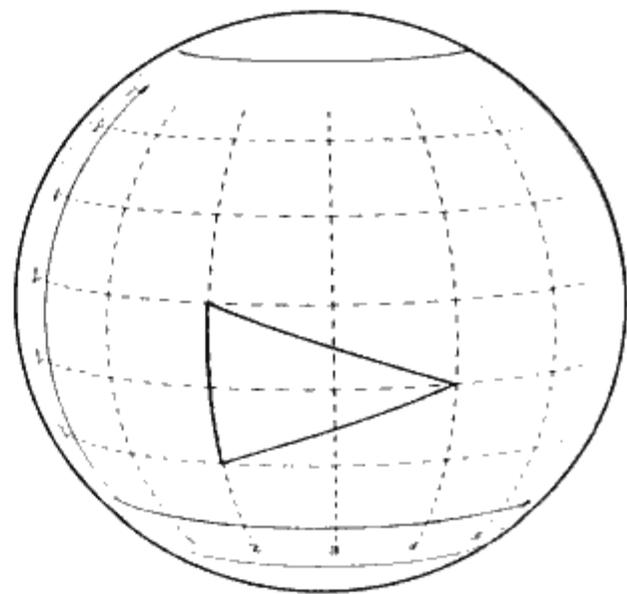
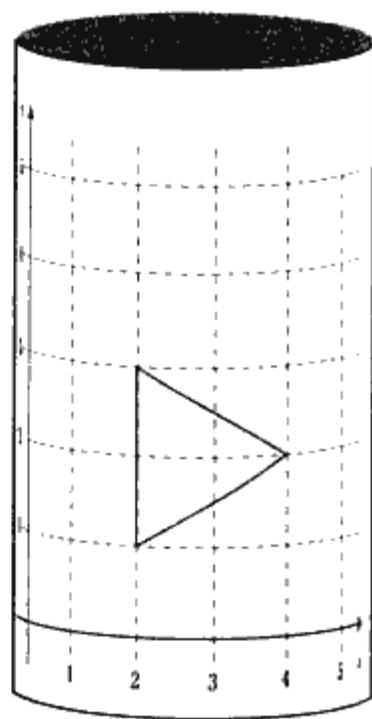
而对于那上面的“人”来说，他们并不知道那是不是圆柱。他们朝着“ $x = \infty$ ”前进，却发现能够走到负方向上去。

“只有 x 轴方向弯曲的二维空间”是很少见的，如果 y 轴方向上也有了曲率，那么就会得到一个球形。

而且 x 轴方向和 y 轴方向即使不是一样，只要沿着一定的方向不断弯曲，那么二维空间的 xy 坐标就会相交，从而成为球体那样的封闭形状。

三维空间也是一样。

如果按我们设定好 xyz 三个坐标一直往前进行太空旅行，那么如果这个空间稍有弯曲，我们最终就会回到原来的地方。

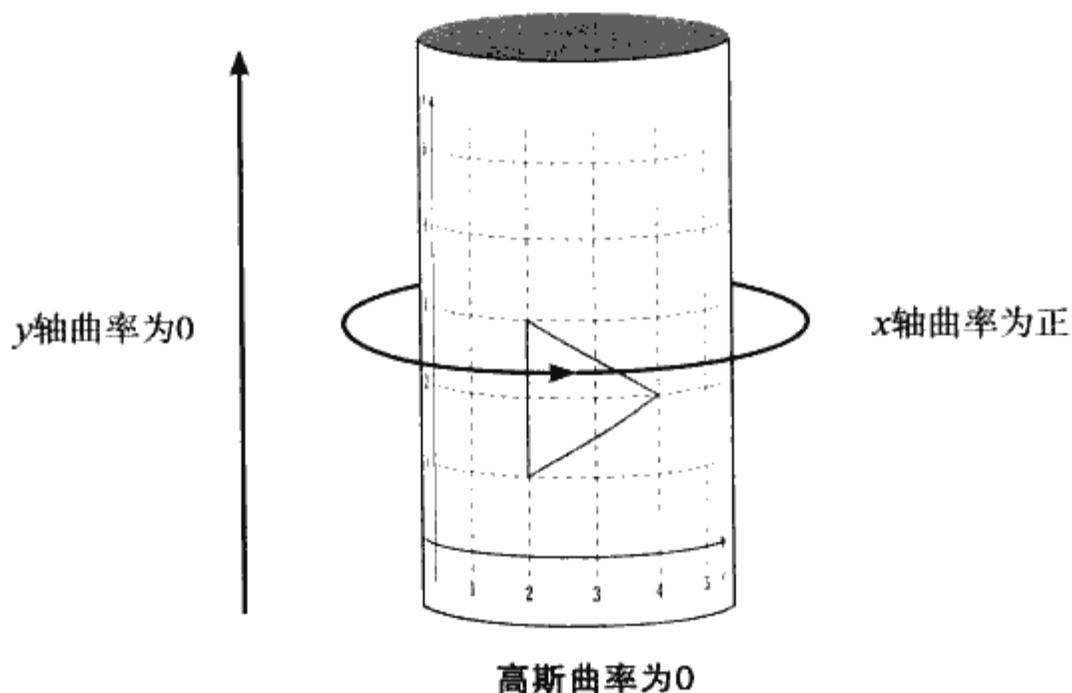




专题 宇宙空间与高斯曲率¹

在研究“弯曲的断面”时，经常用到“高斯曲率”。它指的是曲面上的一点的最大曲率与最小曲率之积。

刚才我们所举的圆筒，虽然 x 轴的曲率是正数，但 y 轴方向是零。那么根据最大曲率和最小曲率的积， $xy=0$ ，所以，虽然圆筒是曲面，但是它的高斯曲率和平面一样，等于零。从这个意义上讲，它的空间性质和球面很不一样。



1. 在三维以上的情况下。

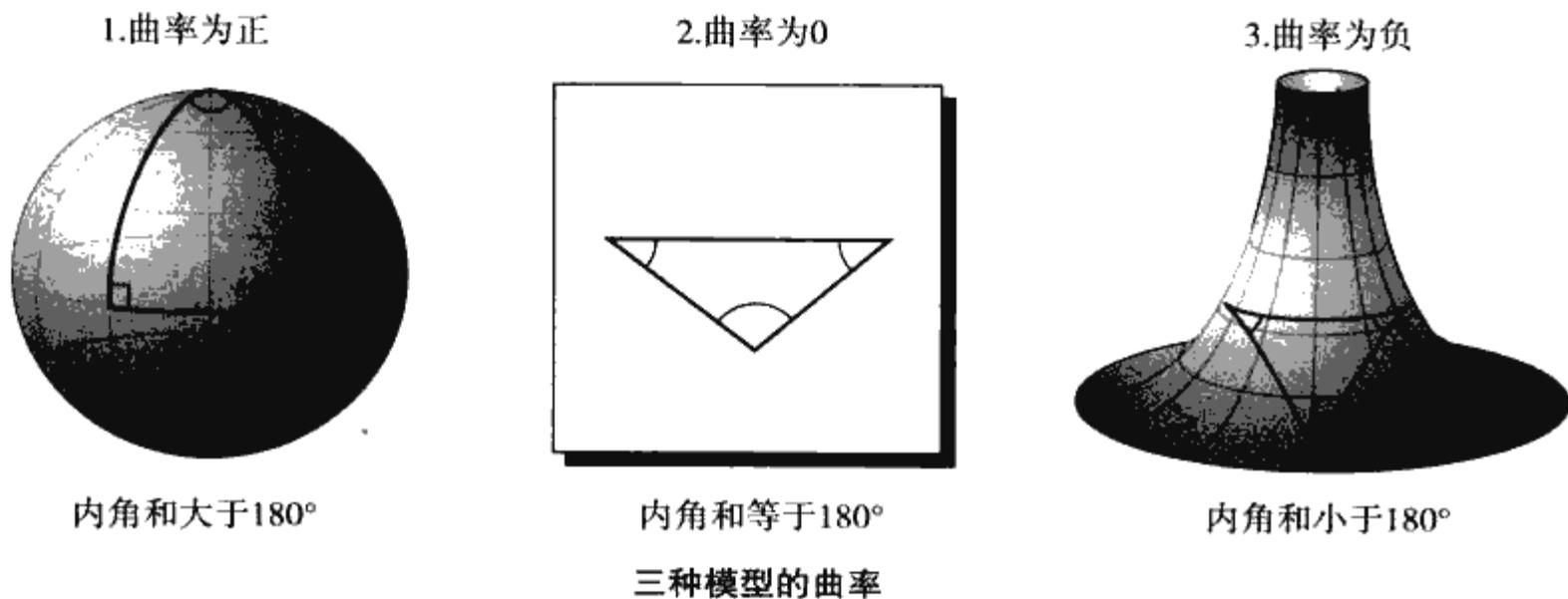
★宇宙的“形状”

曲率并非只有零和正数，也许不太好理解，但是在数学上，曲率还可能是负值。

曲率表示的是曲线、曲面的弯曲程度，那当它的值为负时是怎么回事呢？

这个用文字解释起来有些困难，其实笔者本身也不太懂，为此，我还专门请教了编辑川端挈老师，综合起来，下面还是给大家简单介绍一下。

我们首先来回忆一下漫画中赞岐教授演讲中提到过的那三个宇宙模型图，即平面、球面和我们不常见的悬链面（tractrix 旋转曲面）。我们要注意的，悬链面图看起来就像尖尖的富士山，但这只不过是为了方便理解而“截选出的一部分”，事实上它的两端都是在无限延伸的。我们所表示出来的平面也是，它实际上是无线延展的，并不是一个四方形。



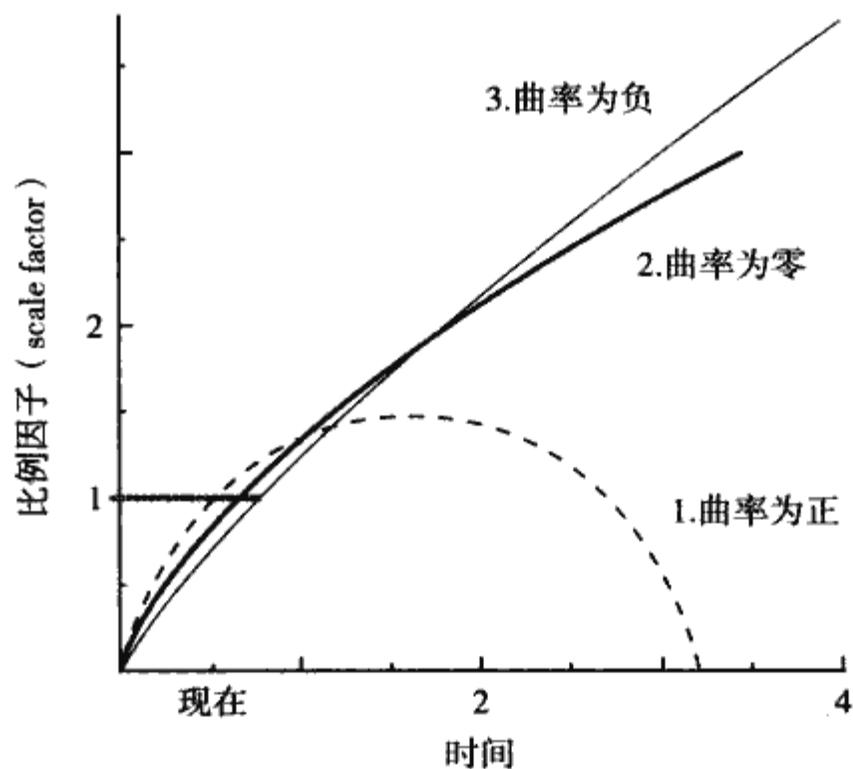
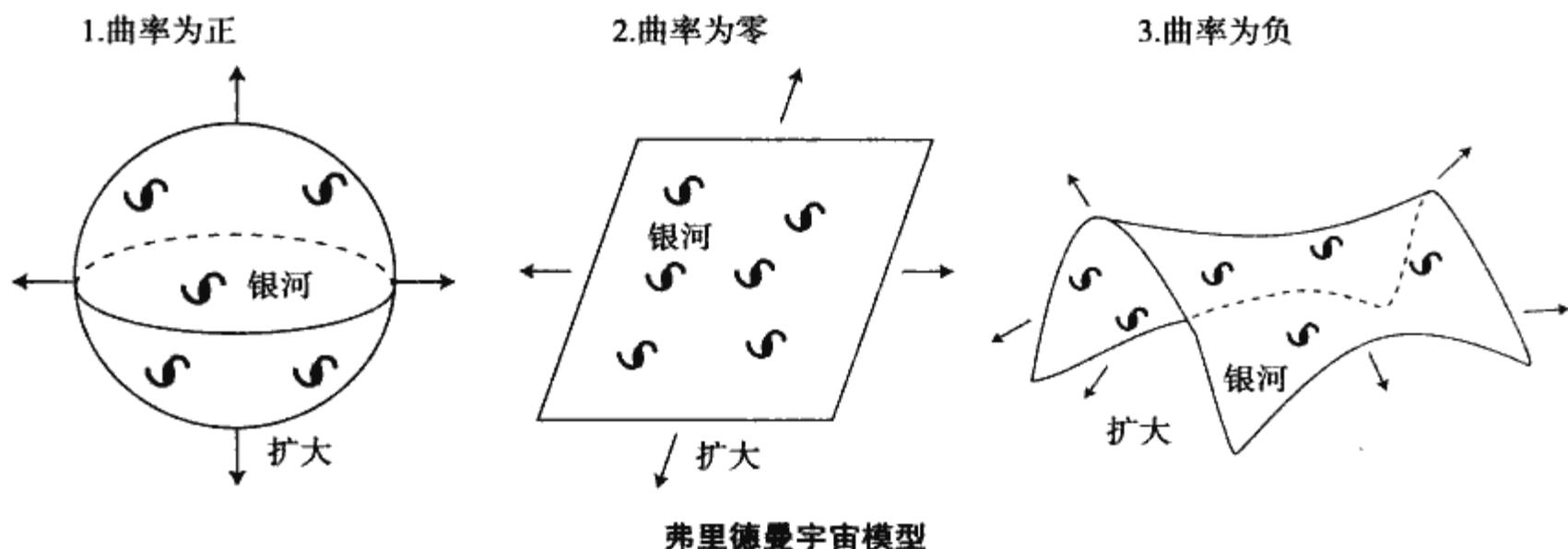
接下来我们在这三个模型上描出一个三角形。我们知道，图2上那个三角形的内角和是 180° ，这是我们在初中就学过的知识。

那么，图1的球面又是什么样的呢？它的内角和比 180° 要大，而图3的悬链面中的内角和比 180° 要小。

说到“球面上三角形的内角和比 180° 大”，我们举这个例子就容易理解了。我们以地球的北极点为顶点，以赤道为底边构成一个三角形，因为连接顶点和底边（赤道）的边（即经线）形成的就是直角（ 90° ），单是底边上两个内角的和就已经是 180° 了，再加上顶角，远超过 180° 。这就是曲率为正数的意义。

由于曲率为负数的情形想象起来比较困难，所以我们就省略了。

如果从四维空间来看我们的三维宇宙空间，也可以认为，有曲率为“正数、零、负数”的三种形式。这就是著名的弗里德曼（Friedman）宇宙模型。



弗里德曼宇宙模型的时间变化

前苏联宇宙物理学家亚历山大·亚历山大洛维奇·弗里德曼 (Alexander Friedman, 1888 ~ 1925) 以不断膨胀或收缩的动态宇宙为前提, 研究了曲率为正、零、负时的宇宙空间情况。如 P222 上部的示意图, 上面的“S”状符号表示银河。

要说明一下的是, 曲率为负时得到的是“马鞍型宇宙”, 这是悬链面从另一个角度看起来的样子。

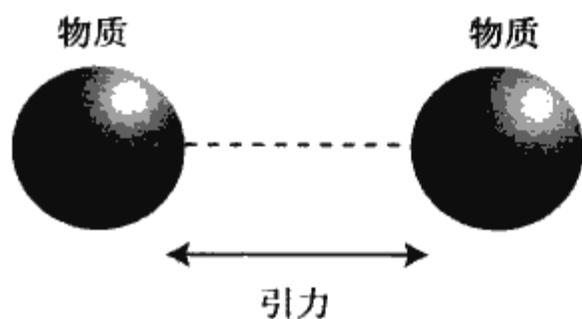
因为是用二维图形来表示三维宇宙空间, 所以图形和实际情况肯定会有些出入, 而且构想起来也存在困难, 但我们脑子里要有这样的印象, 即从数字的角度来讲空间随曲率为正、零、负时, 会有三种不同的情形。

★宇宙是动态的还是静态的?

我们在漫画中已经说到过, 哈勃发现了天体的光谱红移现象, 从而知道了宇宙在膨胀。哈勃的发现是在 1929 年, 已经是刚才我们提到的弗里德曼去世之后的事情了。而“宇宙的大小能够变化, 是动态的”这一点想法, 则是在此之前就已经问世了。提出这一点的人是大名鼎鼎的阿尔伯特·爱因斯坦 (Albert Einstein, 1879 ~ 1955), 不过他自己更愿意相信静态的“不变化的宇宙”。所以, 这是他的一大失败。

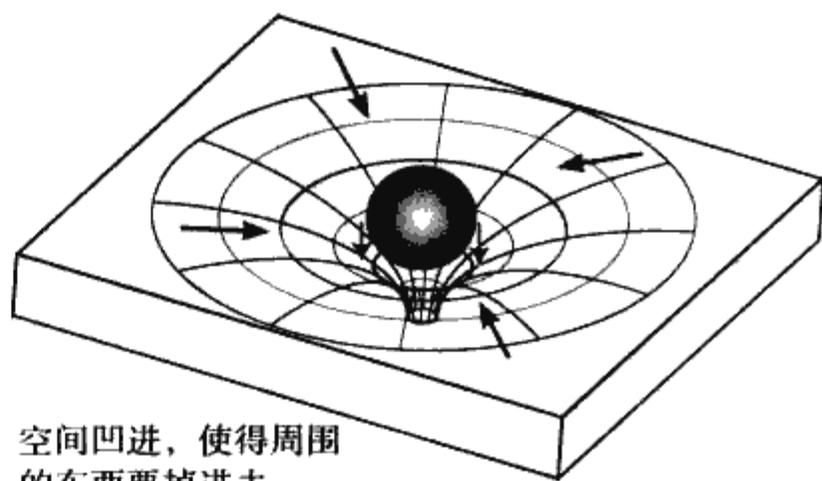
爱因斯坦 1916 年发表的广义相对论, 重力 (引力) 是“具有质量的物体使周围空间弯曲”而产生的物理现象。这不是牛顿物理学所说的物质之间的相互吸引, 而是物质对空间的影响。

牛顿的说法是物质不接触而相互吸引, 而爱因斯坦认为是空间凹进 (参考图片), 使得周围的东西要掉进去。



物质不接触而相互吸引

牛顿物理学中重力模型



空间凹进, 使得周围的东西要掉进去

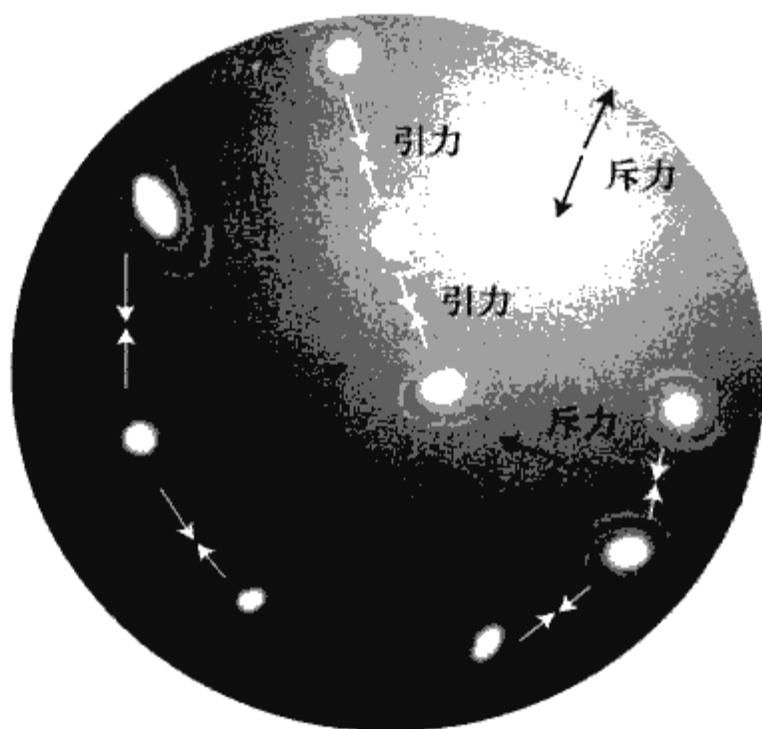
爱因斯坦所认为的重力模型

但是，爱因斯坦的这种想法，不能解释“为什么宇宙是如今这样的”？因为，既然所有的物质都这样，那么宇宙应该收缩才对（即使最初是静态的）。

牛顿认为，“宇宙非常大，即使隔得很远，也有许多的天体互相有影响，各个方向的万有引力使得宇宙不会收缩”。实际上，很多人对于宇宙的这种微妙的平衡持怀疑态度。因为稍加计算就知道，这样的“平衡”是很不可靠的，如果一个地方发生物质（星星）“浓”一些的情况，那么物质就会向那里聚集，而且会加速甚至撞到一起。

爱因斯坦于是提出，物质之间相互作用使得它们有靠近的趋势，但是空间存在着“反对”的斥力，“因为引力和斥力抵消，所以宇宙是静态的”，这是他 1916 年时的结论。

其实，爱因斯坦所考虑的这个静态宇宙，也和牛顿的一样，是很不稳定的。物质密度稍有变化，就会变成动态的，很快地收缩或者膨胀，这就是我们下面要谈到的宇宙论。



爱因斯坦考虑的静态宇宙模型

★爱因斯坦的思考

爱因斯坦广义相对论中的方程式（重力场方程式）最初并没有斥力这一因素。但是由于他自己觉得，如果缺少斥力这一因素宇宙就不能保持现在这个样子了。于是，他加上了表示斥力影响的“宇宙项”常数，并发表这一成果。这在数学上是完全行得通的。

但是，众多物理学家对此提出了疑问。

斥力不过是爱因斯坦头脑中假想的东西，即使没有不也是可以的吗？如果宇宙是膨胀的或是收缩的，是动态的，那么宇宙项就是不必要的。

弗里德曼在他的宇宙模型里，就提出了3个可能的解。

如果宇宙中的物质的质量的总和小，膨胀力比重力大，那么宇宙就会不断变大。如果质量大，相反，宇宙就会缩小。物质的质量处于两者的临界值之间，那么虽然宇宙会不断膨胀，但速度不久就会减小。222页下面的那个图，表示的就是这个意思。

后来，科学家在证实“宇宙确实是在膨胀”时，构造出宇宙项来否定宇宙膨胀可能性的爱因斯坦感叹到“这是我人生最大的失败”。



专题 爱因斯坦的失败

由于无法反驳宇宙膨胀说，爱因斯坦无奈地从重力场方程式中去掉了宇宙项（宇宙常数），但是在他死（1955年）后，过了大约30年，戏剧性的事情发生了。

20世纪80年代，科学家提出的膨胀宇宙论认为宇宙诞生之后急速膨胀，在此之后发生了大爆炸，但是急速膨胀的规制需要某个能量源。于是人们再次对宇宙项进行了关注。对宇宙背景辐射的观测数据的解析、Ia型超新星的观测等，都预示着宇宙在加速膨胀，这次，宇宙项倒是必不可少的了。

这么想来，爱因斯坦人生最大的失败，或许可以说是否定掉了自己的宇宙项。如果当时他说“宇宙项是必须的”，那他天才的名声或许更会平添几分辉煌。

★宇宙的将来会怎样

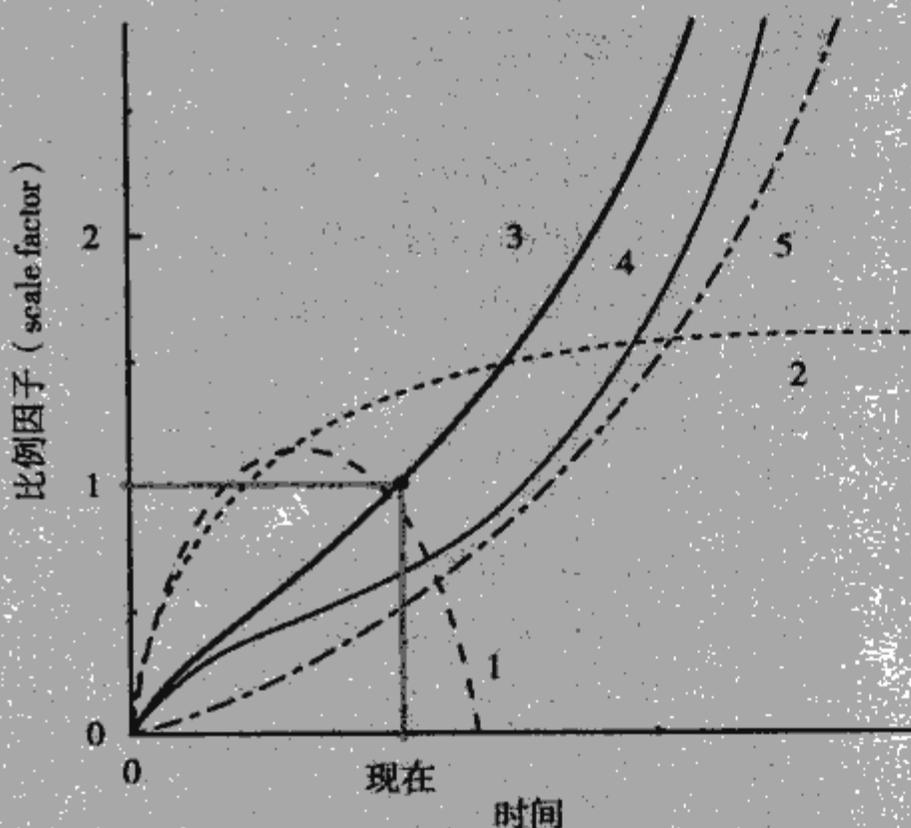
人们基本上都接受了宇宙是动态的、在变化着的观点。那么，随着时间的推移，宇宙最终会变成什么样子呢？

我们将要介绍的是在之前的弗里德曼宇宙上，再加上比利时的宇宙物理学家、宇宙膨胀论的提倡者之一乔治·爱德华·勒梅特（1894~1966）的理论，所形成的“弗里德曼·勒梅特宇宙模型”。在此之前，需要一些预备知识，下面我们请编辑川端洁老师来为我们进行讲解。

弗里德曼的宇宙模型中，空间曲率和宇宙现在存在的物质的平均密度 ρ_m 是一一对应的，所以比较简单。如果 ρ_m 比被称为临界密度的临界值 ρ_c 大，那么空间曲率是正的，如果相等，就是零，如果小于它，就是负数。研究者们更多的是使用临界密度比 $\Omega_m = \rho_m / \rho_c$ 这一概念。那么，空间曲率 k 的符号就变成：如果 $\Omega_m > 1$ ，为正， $\Omega_m = 1$ ，为0， $\Omega_m < 1$ ，为负。在能量密度上，使用爱因斯坦的方程式 $E = mc^2$ （ c 是光速），可以得出相应的质量密度，用这个密度与临界密度相比，就可以得到 Ω_m 。弗里德曼·勒梅特宇宙模型中，空间曲率 k 的关系是 $k = \Omega_m + \Omega_\Lambda - 1$ ，而不再是弗里德曼宇宙模型中那样 k 与 Ω_m 一一对应。

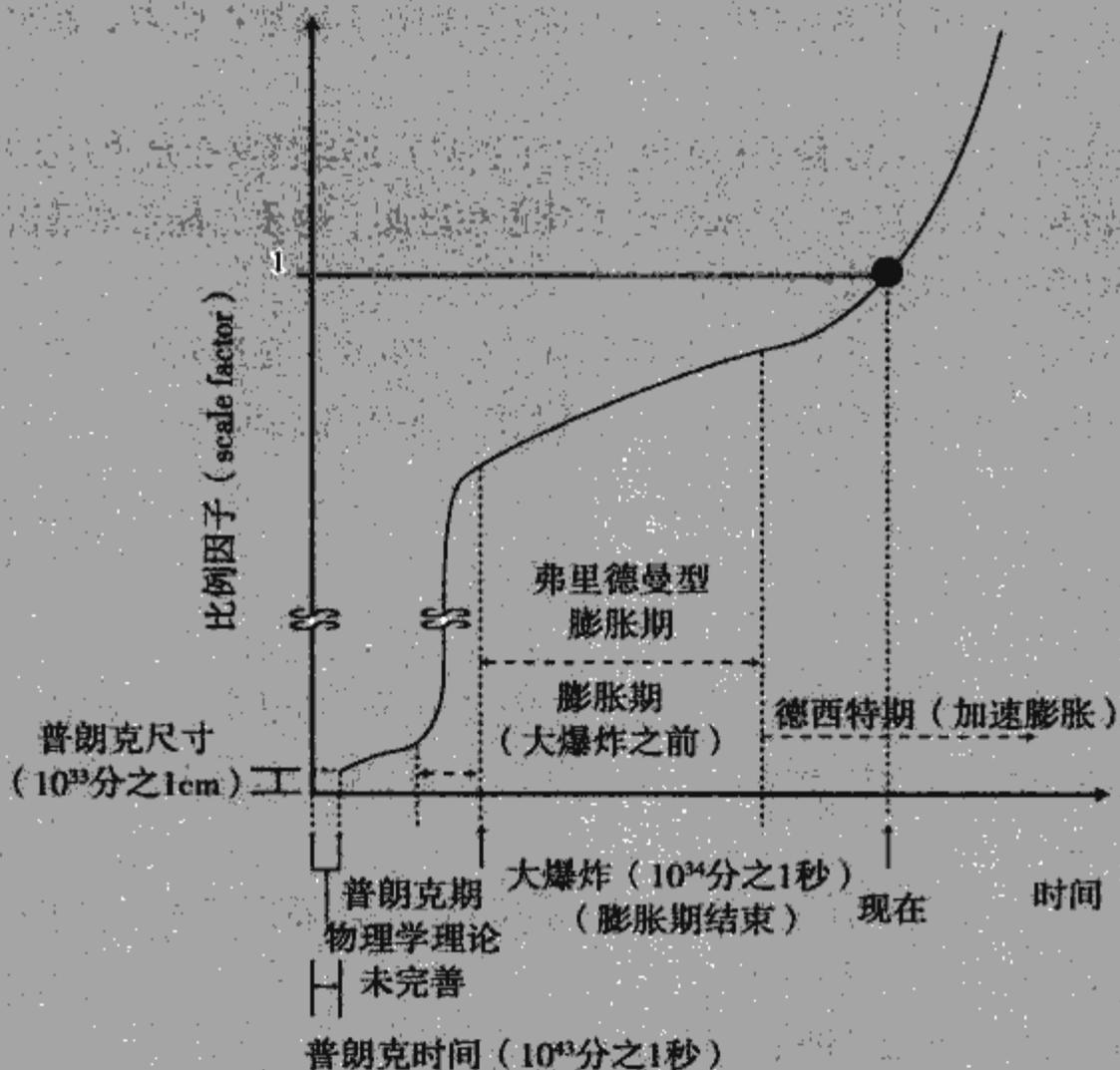
如果认为宇宙诞生于大爆炸，也就是在几乎为零的状态下诞生，那么模型就相对容易地进行划分。用上面我们刚才提到的 Ω_m 和 Ω_Λ ，临界率就是：

$$k_c = \left(\frac{27}{4} \Omega_\Lambda \Omega_m^2 \right)^{\frac{1}{3}}$$



弗里德曼·勒梅特宇宙模型的时间变化

那么，如果 (a) $k > k_c$ ，如右图所示，那么就是与弗里德曼宇宙模型 1 相似的封闭宇宙模型（图中模型 1）。(b) $k = k_c$ ，大爆炸开始，在无限的时间里向某一个固定的大小渐进，也就是相当于爱因斯坦所认为的静止的宇宙（图中模型 2）。(c) $k < k_c$ ，大爆炸产生，但不久后经过如同弗里德曼宇宙中所述的减速膨胀之后，由于受到宇宙项的影响，宇宙开始加速膨胀，一直不停地膨胀下去（图中模型 3 和 4）。



宇宙初期的样子和未来

其中，模型3是 $k=0$ ，也就是曲率为零的情况。此时，我们中学、高中所学的欧几里德几何学是成立的，也就是说“空间是平的”。现在研究者广泛接受的就是这个模型，但是通过对Ia型超新星的观测等，有的科学家认为我们已经处于被称为德西特（De Sitter）期的加速膨胀期了。

代入哈勃常数 73.2km/sec/Mpc ， $\Omega_m=0.24$ 时，我们就可以得到与现在的宇宙年龄相符的137亿年这个值。模型4比3的宇宙项要大，最初时的膨胀速度比模型3要小，但开始加速膨胀后，膨胀率会急速增大。

作为参考，在图中我们给出了模型5，这是只加上了宇宙项的德西特宇宙模型之一，这是“指数函数关系”膨胀的宇宙，适用于表示我们宇宙的膨胀期、现在及未来加速膨胀期（德西特期）的情况。“爱因斯坦·德西特宇宙模型”与此相似，它是没有宇宙项只有物质、曲率为零的宇宙模型，参照222页图中的模型2，也就相当于是“平的”弗里德曼宇宙。

对于我们的宇宙是什么，未来又会是什么样，人们还没有准确的结论。随着今后研究的进展，找到宇宙的诞生，宇宙包含的物质及能量、空间的曲率等更加严密的关系后，则得出的结论将更加有意义。

根据到现在为止得到的观测数据，人们认为宇宙还在不断地扩张着，而且膨胀的速度在渐渐变大。

那么，宇宙一直不会收缩，就像这样不断膨胀下去吗？那最终又会是个什么样子呢？当然，最终会变成空间极度稀薄，只有一些基本粒子散布在里面，物质、能量都消沉了，世界一片死寂……这就是能够预想到的最终状态。

另一方面，既然“多元宇宙论”认为我们所处的宇宙并不是绝对唯一的，还有无数的别的宇宙，虽然这种说法还未得到证实，但却给了我们一些想象的余地。

★想象与科学理论

在查找宇宙的相关内容时，我们会发现，无论对于哪个领域范畴，都是“现在弄明白的只有这些”、“此外的就需要发挥想象了”，可见我们人类所构建起来的科学体系，远远没能解开自然界之谜。

而且很多科学家都表示“未知的太多了，就相当于什么都不知道”、“所以研究才有趣，才有其意义和价值”……

此处，我们想到了宇宙的“地平线”问题。

根据相对论理论，用超过光速的速度从一点到另一点进行传递信息是不可能的。世界上所有的东西都不可能加速到超过光速。那么，用望远镜观测遥远的天体时，我们所看到的只是数万年、数亿年前天体所发出的光，可对于我们来说，那却是宇宙的最新信息。

一方面，大爆炸理论认为“宇宙有诞生的时间，有年龄”，宇宙的“寿命”是有限度的。

对于宇宙的年龄，虽然科学家有众多的说法，但公认的是宇宙大概诞生在137亿到146亿年之前。那么在这之前，不存在光或者电波等，我们所能够了解的宇宙就是“有了光后，并能达到地球的距离”这么一个球的范围。

由于宇宙在不断膨胀，我们实际上到宇宙的地平线（设想地平线）的距离大约为470亿光年。而在这之外，不管使用什么手段，都不可能触及。或许这个说法会让人觉得有些遗憾吧。

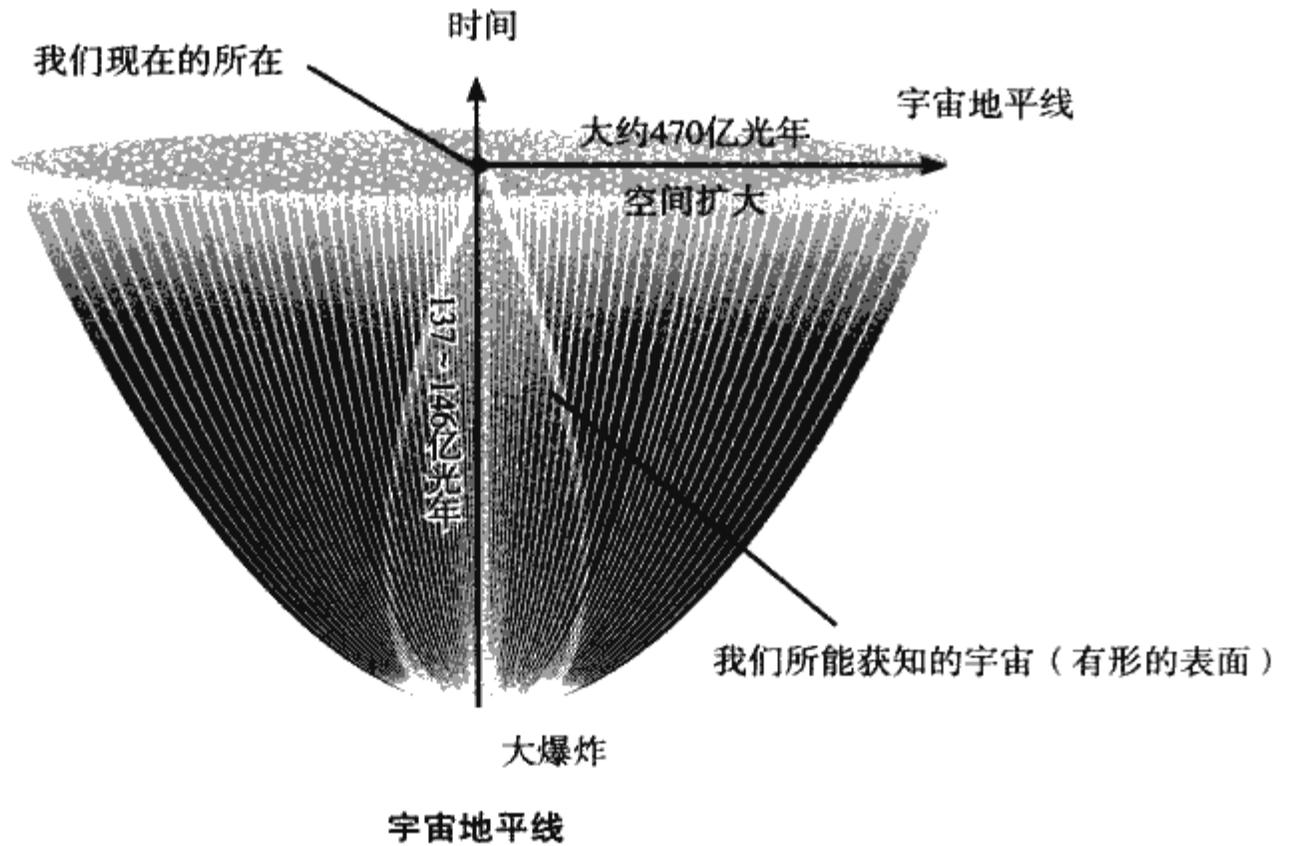
不过，这只不过是“物理上的可观测的界限”，现在的宇宙论已经超出了这个范围。“长城”及空洞而形成的大规模构造、暗物质、暗能、多元宇宙、多维空间等研究，都已经不是“宇宙地平线”所能限制的了。

这就是宇宙最有意思的地方。

本来是绝对无法知悉的事物，我们却通过观测，对这些观测事实加以思考和想象，再进行新的观测、实验以及思考，从而不断地使理论完善起来，科学事业就是这样建起来的。

世界上有许多的东西是我们不知道的。不仅是科学问题，其他问题也一样，比如别人的心理活动，我们也是无法掌握的。但是我们依然在与交流、交朋友、谈恋爱等，并享受着这一程带给我们的快乐。

对于宇宙，也是一样。





编辑寄语

此次应石川惠二先生的邀请，我有幸能协助本书的制作，感到非常高兴。在我执笔《遥远的 146 亿光年之旅》时，石川惠二先生给了我很多指导，此次也是我一个表示报答的机会吧。我尽可能地查读原稿，与作者和出版社修正错误、冗句或不适当的说法，力求做到完美。

宇宙研究日新月异，我作为研究者，感觉在这个属于自己的领域中，想要完全理解一些前沿学说也是很困难的。至于想要知道宇宙的全部，对谁来说，都是不可能的。

基于这个观点来看本书，我却惊奇地发现，其内容从开始的太阳系到最后的宇宙论，对最新的主要观测结果、理论成果都有所涉及和相应的总结。对天文学、宇宙物理学上的基础知识也没有含糊，都仔细地写了进去。我不得不对作者的为了解开宇宙之谜而给予的高度关心表示敬意。本书的表达方式相当灵活、独特，而且是全面的解说读本。

本书采用漫画这种表现手法，普及效果威力无穷，其效果是无论多少单调的语言都无法达到的。通过本书，我们能增进对新的宇宙情形的理解，对宇宙产生新的兴趣，如果能诞生更多的有志于解开宇宙之谜的读者，那对于长年研究宇宙论的编辑来说，我也感到格外欣慰了。

川端 洁

2008 年 11 月



参考文献

書籍、雑誌

- ・『東京理科大学・坊ちゃん選書 はるかな 146 億光年の旅 宇宙人から最新宇宙論まで』川端潔／著（オーム社）2006
- ・『宇宙と太陽系の不思議を楽しむ本 ビッグバンからあなたまでのシナリオ』的川泰宣／著（PHP 研究所）2006
- ・『宇宙の謎がみるみるわかる本 「宇宙の歴史」から「生命の歴史」まで』的川泰宣／著（PHP 研究所）2003
- ・『宇宙はわれわれの宇宙だけではなかった』佐藤勝彦／著（PHP 研究所）2001
- ・『「相対性理論」を楽しむ本 よくわかるアインシュタインの不思議な世界』佐藤勝彦／監修（PHP 研究所）1998
- ・『相対性理論がみるみるわかる本』佐藤勝彦／監修（PHP 研究所）2003
- ・『相対性理論と量子論 物理の 2 大理論が 1 冊でわかる本』佐藤勝彦／監修（PHP 研究所）2006
- ・『「宇宙」の地図帳 新常識がまるごとわかる！』縣秀彦／監修（青春出版社）2007
- ・『「太陽系」の地図帳 新常識がまるごとわかる！』縣秀彦／監修（青春出版社）2008
- ・『新しい太陽系』渡部潤一／著（新潮社）2007
- ・『暗黒宇宙で銀河が生まれる ハッブル&すばる望遠鏡が見た 137 億年宇宙の真実』谷口義明／著（ソフトバンククリエイティブ）2007
- ・『宇宙を読む カラー版』谷口義明／著（中央公論新社）2006
- ・『世界の論争・ビッグバンはあったか 決定的な証拠は見当たらない』近藤陽次／著（講談社）2000
- ・『子どもの疑問からはじまる宇宙の謎解き 星はなぜ光り、宇宙はどうはじまったのか？』三島勇、保坂直紀／著（講談社）2000
- ・『宇宙史の中の人間 宇宙と生命と人間』海部宣男／著（講談社）2003
- ・『宇宙のからくり 人間は宇宙をどこまで理解できるか？』山田克哉／著（講談社）1998
- ・『宇宙 未知への大紀行 1 天に満ちる生命』NHK「宇宙」プロジェクト／編（日本放送出版協会）2001
- ・『宇宙 未知への大紀行 2 宇宙人類の誕生』NHK「宇宙」プロジェクト／編（日本放送出版協会）2001
- ・『宇宙 未知への大紀行 3 百億個の太陽』NHK「宇宙」プロジェクト／編（日本放送出版協会）2001
- ・『宇宙 未知への大紀行 4 未来への暴走』NHK「宇宙」プロジェクト／編（日本放送出版協会）2001

- ・『SF宇宙科学講座 エイリアンの侵略からワープの秘密まで』ローレンス・M・クラウス／著、堀千恵子／訳（日経BP社）1998
- ・『藤井旭の天文学入門』藤井旭／著（誠文堂新光社）1990
- ・『Cosmos』カール・セーガン／著、木村繁／訳（朝日新聞社）1980
- ・『相対論はいかにしてつくられたか アインシュタインの世界』リンカーン・バーネット／著、中村誠太郎／訳（講談社）1968
- ・『光速より速い光 アインシュタインに挑む若き科学者の物語』ジョアオ・マゲイジョ／著、青木薫／訳（日本放送出版協会）2003
- ・『四次元の世界 超空間から相対性理論へ』都筑卓司／著（講談社）2002
- ・『10歳からの量子論 現代物理をつくった巨人たち』都筑卓司／著（講談社）1987
- ・『相対論対量子論 徹底討論・根本的な世界観の違い』メンデル・サックス／著、原田稔／訳（講談社）1999
- ・『相対論のABC たった二つの原理ですべてがわかる』福島肇／著（講談社）1990
- ・『HAL はいばああかで見くらぼ』あさりよしとお／著（ワニブックス）2000
- ・『Newton 別冊 宇宙への挑戦』（ニュートン・プレス）1999
- ・『Newton 別冊 次元とは何か』（ニュートン・プレス）2008
- ・『理科年表』文部科学省国立天文台／編（丸善）2007
- ・『日本童話玉選』佐藤春夫ほか／監修（小学館）1982
- ・『竹取物語』阪倉篤義／校訂（岩波書店）1970

网络

- ・宇宙航空研究開発機構（JAXA）：<http://www.jaxa.jp/>
- ・国立天文台：<http://www.nao.ac.jp/>
- ・宇宙図：<http://www.nao.ac.jp/study/uchuzu/index.html>
- ・国立科学博物館：<http://www.kahaku.go.jp/>
- ・理科ねっとわーく 一般公開版（独立行政法人科学技術振興機構）：<http://rikanet2.jst.go.jp/>
- ・アメリカ航空宇宙局（NASA）：<http://www.nasa.gov/>
- ・物理のかぎしっぽ：<http://www12.plala.or.jp/ksp/>
- ・山賀 進の Web site：<http://www.s-yamaga.jp/index.htm>
- ・アカデミア・ノート：http://www.geocities.jp/maeda_hashimoto/index.html
- ・アインシュタインの科学と生涯：<http://homepage2.nifty.com/einstein/einstein.html>
- ・EMANの物理学：<http://homepage2.nifty.com/eman/index.html>
- ・数理科学のページ：<http://home.p07.itscom.net/strmdrf/sci.htm>

- ・スペクトロ・アセニウム - 知の現代 : <http://www.aa.alpha-net.ne.jp/t2366/index.htm>
- ・ティーチャーズガイド - 宇宙をまなぶ - : <http://edu.jaxa.jp/materialDB/html/teacher/menu.html>
- ・岡山理科大学学友会文化局天文部オフィシャルサイト : <http://www23.big.or.jp/~tenmon/index.html>
- ・生命と宇宙 (KenYao'S HOME) : <http://www1.fctv.ne.jp/~ken-yao/index.htm>
- ・Koichi Funakubo's Page : <http://astr.phys.saga-u.ac.jp/~funakubo/funakubo-j.html>
- ・重力派実験物理学 (大阪市立大学大学院理学研究科数物系専攻宇宙・高エネルギー大講座神田研究室)
: http://www.gw.hep.osaka-cu.ac.jp/index_ja.html
- ・宇宙と物理の小部屋 : <http://www008.upp.so-net.ne.jp/takemoto/index.htm>
- ・不思議館 : <http://members.jcom.home.ne.jp/invader/index.html>
- ・月探査情報ステーション : http://moon.jaxa.jp/ja/index_fl.shtml
- ・天文おまかせガイド .net : <http://astronomy.lolipop.jp/index.html>
- ・日本惑星協会 : <http://www.planetary.or.jp/>
- ・ハイパー海洋地球百科事典 (独立行政法人海洋研究開発機構) : <http://www.jamstec.go.jp/opedia/index.html>
- ・クマムシゲノムプロジェクト : <http://kumamushi.org/>
- ・「地球最強の生物」クマムシ、宇宙でも生存できるか (WIRED VISION) : <http://wiredvision.jp/news/200709/2007092722.html>
- ・WIRED NEWS : <http://blog.wired.com/wiredscience/2007/09/can-the-worlds.html>

そのほか「ウィキペディア フリー百科事典」の関連項目を参考にさせていただいています。



照片提供

●文中

p67 「月面に置かれた距離測定用の鏡」 NASA Johnson Space Center Collection

p85 「水星」 Mariner 10, Astrogeology Team, U.S. Geological Survey

p124 「128億8000万光年離れた銀河」 国立天文台 提供

「すばる望遠鏡」 国立天文台 提供

p125 「国立天文台野辺山の45m電波望遠鏡」 国立天文台 提供

p128 NASA

●彩插

「マーズパス・ファインダーによって撮影された火星の表面」 NASA/JPL

「土星の衛星タイタン」 NASA/JPL/Space Science Institute

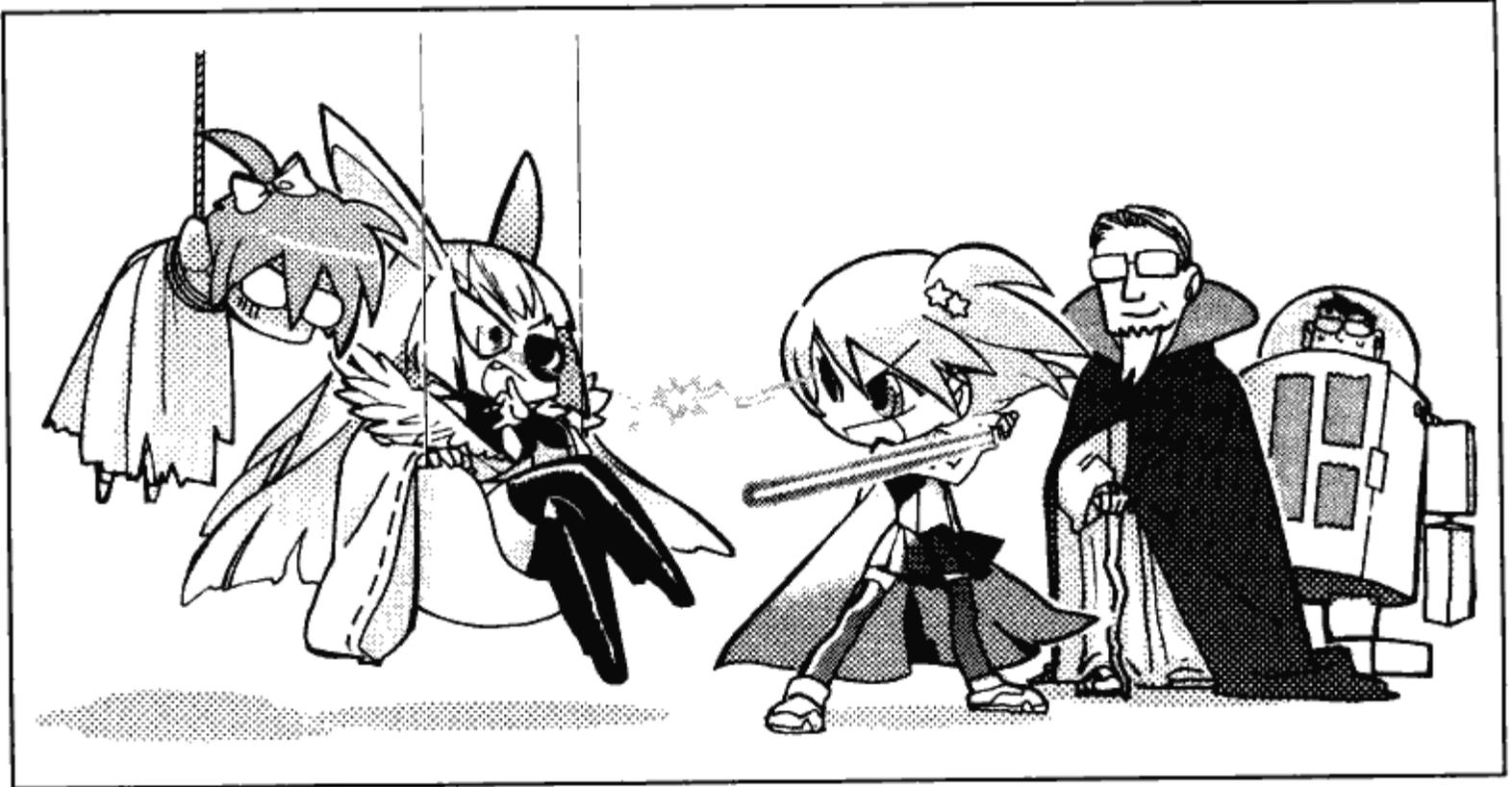
「木星の衛星イオ」 Credit: Galileo Project, JPL, NASA

「わし座星雲」 The Hubble Heritage Team, (STScI/AURA), ESA, NASA

「かに座星雲」 NASA/ESA/JPL/Arizona State Univ.

「アンドロメダ銀河」 Jason Ware

「ハッブルディープフィールド」 NASA, ESA, S. Beckwith (STScI) and the HUDF Team





译者跋

我们都曾仰望夏日夜空里的繁星，无限遐想。从古老的牛郎织女、埃及女神，到伽利略、哥白尼，到牛顿，到爱因斯坦，宇宙带给人们无数的故事，无数的话题，也始终带着无数的谜题。大爆炸，光谱红移，黑洞，夸克，高斯曲率，相对论……智慧的大门一扇扇在打开，通往未知的道路上布满了惊奇……

本书作为大众科普读物，内容系统和全面，讲解深入浅出，易于理解。采用漫画的生动形式，情景贴近校园生活，是增强宇宙知识，培养兴趣的好读本。

宇宙知识博大精深，翻译中难免会有不周之处，望各位读者及时指正，并及时联系我：chengangrenda@sina.com。同时也感谢参与本次翻译工作的肖朝堰、苏显龙、樊保军、张莉莉、刘果芳。