

经典行星的故事

THE STORY OF THE
CLASSICAL PLANETS

卢昌海◎著



到水星上去“一日游”；到金星上去观“雨雪”；地球是不是“独苗”？
我们能不能做火星人？木星是地球生命的“守护神”吗？土星可不可以浮在水上？
.....

随笔的轻松风格与严谨翔实的科学资料
带您畅游太阳系的经典行星



科学出版社

经典行星的故事

卢昌海 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

水星上有水吗？金星上会下雪吗？地球是宇宙中的“独苗”吗？我们能成为火星星人吗？木星是地球的守护神吗？土星能浮在水上吗？本书以“行星随笔”的风格讲述太阳系内六大经典行星的故事，语言生动风趣，内容严谨翔实，使读者在享受阅读愉悦的同时体会科学的严谨与激动人心，并学到丰富的知识。

本书可作为学生的课外读物，也可供天文爱好者参考。

图书在版编目（CIP）数据

经典行星的故事/卢昌海著. —北京：科学出版社，2017.1

ISBN 978-7-03-050824-9

I. 经… II. 卢… III. ①行星-普及读物 IV. P185-49

中国版本图书馆CIP数据核字（2016）第289028号

责任编辑：杨 凯 / 责任制作：魏 谨

责任印制：张 倩 / 封面设计：杨安安

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>

新科印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

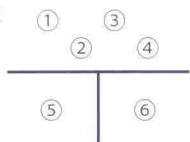
2017年1月第 一 版 开本：720×1000 1/16

2017年1月第一次印刷 印张：10 插页：1

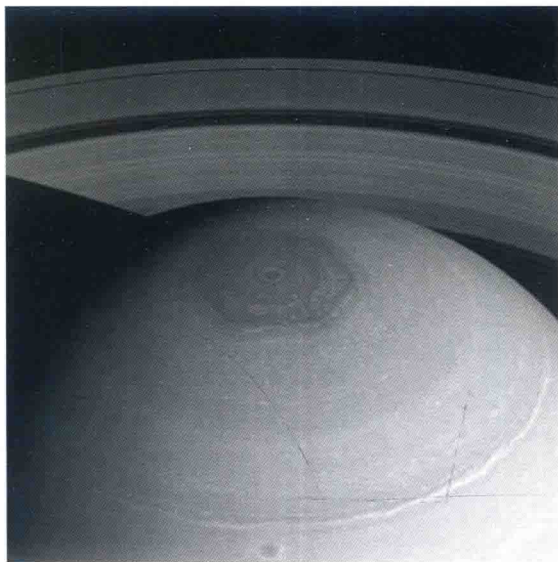
字数：150 000

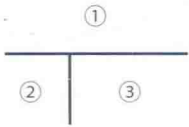
定价：36.00元

（如有印装质量问题，我社负责调换）



- ① 木星全貌
- ② 土星全貌
- ③ 地球全貌
- ④ 水星全貌（假彩色图）
- ⑤ “金星14号”所拍摄的金星表面
- ⑥ “卡西尼号”拍摄的“土星六边形”





- ① “旅行者1号”拍摄的木星“大红斑”
- ② “好奇号”拍摄的火星表面
- ③ “好奇号”火星登陆车与火星表面





目 录

第1章 给天文学家出难题的行星——水星

1. 水星的公转与自转 / 003

2. 水星“一日游” / 011

3. 水星的结构与起源 / 019

第2章 堕入地狱的姊妹——金星

1. 天堂般的想象 / 029

2. 地狱般的现实 / 038



Contents

第3章 天堂是怎样炼成的——地球

1. 从到处存在到适度存在 / 053
2. 稀有地球假设 / 057
3. 稀有地球之争 / 067

第4章 探寻生命的踪迹——火星

1. “血”与“火”的行星 / 079
2. 我们是火星星人吗？ / 084
3. 我们能成为火星星人吗？ / 094

目 录

第 5 章 太阳系行星的老大哥——木星

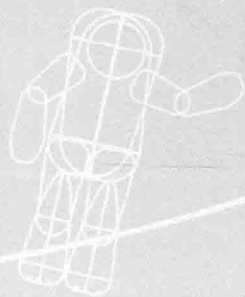
1. 并非气态的气态巨行星 / 107
2. 狂暴的木星大气 / 113

第 6 章 最美丽的行星——土星

1. 能“浮”在水上的行星 / 125
2. 土星的光环和卫星 / 134

参考文献 / 145

后 记 / 147



第1章

给天文学家出难题的行星——水星

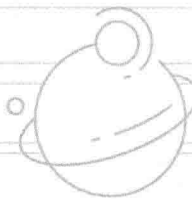


1. 水星的公转与自转

水星（Mercury）是离太阳最近的行星——这种“近”当然是天文学意义上的“近”：水星在近日点（perihelion）和远日点（aphelion）离太阳的距离分别约为 $4.6 \times 10^7 \text{km}$ 和 $7 \times 10^7 \text{km}$ 或约为 0.31 天文单位和 0.47 天文单位^①。水星不仅离太阳近，离地球也不远，最近和最远距离分别约为 $7.7 \times 10^7 \text{km}$ 和 $2.2 \times 10^8 \text{km}$ ，以最近距离而论是离地球第三近的行星（仅次于金星和火星）。

初看起来，离太阳近意味着能反射较多的阳光，对于行星这种自身不发光的天体来说意味着绝对亮度较大；离地球近则锦上添花，不仅意味着表观亮度较大，而且也便于行星探测器前去探测。照说这样的行星该是比较容易观测和探测，也了解得较多的，事实却恰好相反：水星是一颗在各方面都给天文学家们出难题的行星，我们对它的了解在太阳系行星中即便不是

^① 这两个距离的相对差别之大在太阳系行星里是创纪录的，它所对应的轨道偏心率（eccentricity）约为 0.21，仅次于曾经是行星、后来遭“降级”的冥王星。



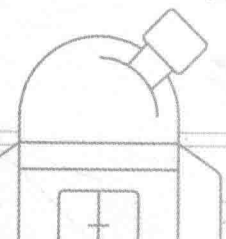
最少，也是较少的，甚至一度比对遥远的天王星和海王星的了解还少。

而且不无戏剧性的是，水星给天文学家们出的第一个难题恰恰就是因为离太阳近——太近。

由于离太阳太近，对于地球上的观测者来说，水星多数时候都会被太阳的光芒所干扰——甚至彻底淹没，每年只有几个星期的时间适合观测。而且即便在那段时间里，观测也大都只能在黎明或黄昏，在水星比太阳早升起或晚落下的一小段时间里进行，而不像多数其他天文观测那样能以黑暗夜空为背景进行^①。这样的观测不仅会因明暗对比的不够显著而增加难度，而且还会因视线以接近地平线的角度穿越较长距离的大气层，而容易受大气的扰动与折射，以及地平线附近的地形或建筑物的影响。这些都使得对水星的观测相当困难——虽然以最大表观亮度而论，水星其实是全天排名第六的最明亮天体，仅次于太阳、月亮、金星、火星和木星。

为这种困难雪上加霜的是：水星的公转与自转周期，以及地球的公转周期之间存在着混杂了必然与巧合的微妙关系，长

^① 不过在最有利的条件下，水星也有一小段时间能在黑暗或很接近黑暗夜空的背景下被观测。不过这种“最有利的条件”只有某些特殊纬度的观测者在特殊时段里才有机会享受。感兴趣的读者不妨想一想，地球、水星、太阳处于什么样的相对位置才能产生出这种“最有利的条件”？



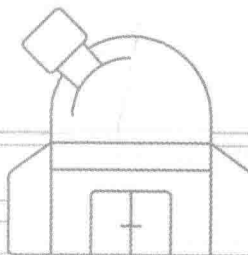


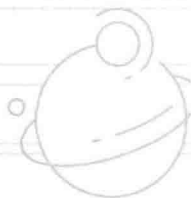
时间误导了天文学家们。

具体地说，水星的公转周期约为 88 天（更精确的数值约为 87.969 天），自转周期约为 59 天（更精确的数值约为 58.646 天），两者之比正好是 3 : 2。这种存在于公转与自转周期间的简单比例关系是天体力学中形形色色的共振现象的一种，被称为“轨旋共振”（spin-orbit resonance）。水星的轨旋共振是太阳对像水星这样离得较近，且轨道偏心率（eccentricity）较大的行星的巨大潮汐作用造成的，具有一定的必然性。巧合的部分则是：水星与地球的所谓“会合周期”（synodic period）约为 116 天，不仅很接近水星自转周期的两倍（即 $116 \approx 59 \times 2$ ），同时也接近地球公转周期的 $1/3$ —— $1/3$ 年（即 $116 \approx 365/3$ ）。

什么是水星与地球的会合周期呢？它是水星、地球与太阳这三者连续两次回到或近似回到同一组相对位置的时间间隔^①。这种“相对位置”的一个最简单的例子是水星与地球在太阳同侧且与太阳连成一线，这时地球与水星的距离最近（“会合”）；一个稍复杂的例子则是水星处于所谓的东大距

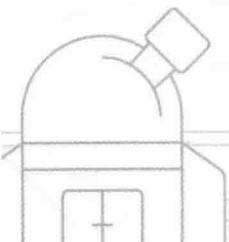
① 假如水星与地球的公转轨道是同一平面上的同心圆，则会合周期的计算相当容易，感兴趣的读者可利用水星公转周期约为 88 天，地球公转周期约为 365 天这两个数据自行计算一下。不过，由于水星与地球——尤其是水星的公转轨道并非圆形，更不是“同一平面上的同心圆”，116 天实际上只是一种平均，水星与地球的会合周期会在 105 天到 129 天之间变化。






(greatest eastern elongation) 或西大距 (greatest western elongation)，这时从地球上看到的水星相对于太阳的分离角度——距角 (elongation) 最大。由于观测水星的一个主要困难就是太阳光芒的干扰，而距角越大干扰越少，因此水星处于东大距或西大距是有利于观测的。不过还有一个因素也很重要，那就是水星视运动轨迹与地平线的夹角，因为在同样的距角下，视运动轨迹与地平线的夹角越大，则水星比太阳早升起或晚落下的幅度——即离地平线的最大高度就越显著（好比立在地上的一根杆，与地面的夹角越大，顶端离地面的高度就越大），从而越有利于观测。进一步分析表明，由于这第二个因素的存在，每三次东大距或西大距中才有一次是最有利于观测的，它们彼此间隔三个会合周期——确切地说最有利于观测的机会共有两组，一组是东大距，对应于水星比太阳晚落下的情形；另一组是西大距，对应于水星比太阳早升起的情形。（同组之内）连续两次最有利于观测的机会通常间隔三个会合周期。

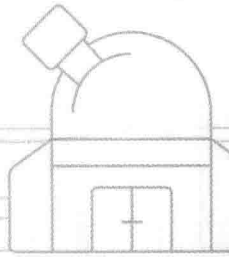
将这一结果跟水星与地球的会合周期“很接近水星自转周期的两倍，同时也接近地球公转周期的 $1/3$ —— $1/3$ 年”这一巧合，以及水星公转与自转周期之间 $3:2$ 的轨旋共振联系起来，不难看到，（同组之内）连续两次最有利于观测水星的机会之间通常间隔 1 年——地球公转 1 圈，或水星自转 6 圈，或水星公转 4 圈。由于这些都恰好是整数，因此在这个时间间隔





之内水星与地球的公转和自转都几乎恰好转回到同一方位。由此得出的直接推论是：水星会以同一面朝向地球。或者完整地说：（同组之内）连续两次最有利于观测水星的机会几乎总是会观测到水星的同一面。由于很多天文学家正是选择最有利于观测水星的机会来观测的，因此他们每次看到的水星表面往往是相同的。

这种微妙关系把天文学家们误导到了一个比真实情形更简单、然而却是错误的猜测上，即猜测水星永远以同一面朝向太阳。因为若如此，则在任何一个东大距或西大距时，水星都会自动会以同一面朝向地球，无需依赖水星与地球的会合周期“很接近水星自转周期的两倍”这一早期天文学家并不知道巧合，就可以解释每次看到的水星表面往往是相同的这一现象。1882~1890年，意大利天文学家夏帕雷利（Giovanni Schiaparelli）通过对水星的认真观测“证实”了这一猜测。1924~1929年，希腊天文学家安东尼亚第（Eugenios Antoniadi）基于长期观测所绘制的水星地图也大体“证实”了这一猜测。不仅如此，这一猜测所对应的是水星公转与自转周期之比为1:1的情形，它作为轨旋共振中最简单的特例，被称为“潮汐锁定”（tidal locking），本身也是天体力学中很常见的共振形态（比如月球的公转与自转就是一个例子）。因此，这是一种在观测和理论上都说得通的猜测。这样的猜测长期误导了天文学家，使他们直到20世纪60年代初还以为



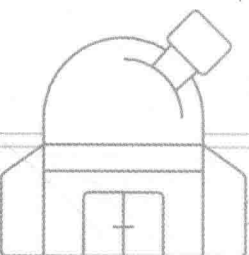



水星总是以同一面朝向太阳^①。

天文学家们发现这一猜测有问题，是因为它的一个推论——别小看推论，在科学这样具有严密逻辑的体系中，对推论进行检验是发现问题的重要途径之一。

那是一个什么推论呢？很简单：假如水星总是以同一面朝向太阳，那么这一面就永远是白天，另一面则永远是黑夜。而一个永远是黑夜的地方有个基本特征就是冷。因此，假如水星总是以同一面朝向太阳，那么这个离太阳最近的行星很可能悖论般地拥有太阳系行星上最寒冷的地方，这就是推论。但是1962年，天文学家们通过微波研究发现了水星背着太阳那一面并没有如想象中那样的寒冷，而是能发射与那样的寒冷不相称的热辐射。这显示那一面很可能并不是永远背着太阳，而是残留着白天的余温。这样一来，“水星总是以同一面朝向太阳”这个初看起来颇为合理的猜测就被动摇了。1965年，通过直接向水星发射雷达波并观测反射波所显示的体现水星表面运动

①当然，这一误导所影响的主要是对水星自转周期的确定（因为公转周期是很容易测定的）。在那段被误导的时期内，天文学家们普遍认为水星自转周期与公转周期一样，约为88天。另外值得说明的是，由于像水星与地球的会合周期很接近水星自转周期的两倍那样的巧合只是近似成立，因此只要连续观测足够长时间，哪怕每次选择的都是最有利于观测的机会，原则上也仍可以看到水星表面的其他部分，从而发现“水星总是以同一面朝向太阳”这一假设的错误的（因为按这一假设，但凡在最有利于观测水星的机会观测，就只能看到水星的同一面）。不过也许是观测水星本身就很困难之故，再加上先入之见的影响，虽有人发现过蛛丝马迹，却都未敢确认，从而使历史并未沿这一途径前行。





的多普勒效应（Doppler effect），天文学家们直接测定了水星的自转周期，结果发现约为59天，只有公转周期的2/3左右。这一结果后来得到了反复验证，彻底推翻了“水星总是以同一面朝向太阳”这一猜测，并确立了水星公转与自转周期之间3：2的轨旋共振。

测定自转周期并确立3：2的轨旋共振并不是水星运动带给天文学家的唯一难题。一个远比它更出名的难题是所谓的水星“近日点进动”（perihelion precession）之谜。这个难题很早就被注意到了，因为限于设备，早期天文学家们所能从事的天文研究种类很有限，其中很大一类就是观测行星的轨道，并与当时公认的牛顿万有引力定律的计算相比较。这类工作是颇有成效的，不仅在多数情况下能以很高的精度验证理论，而且哪怕在观测与理论一度出现偏差时，也曾有过辉煌——甚至更辉煌——的成就，即海王星的发现^①。

但可恶的水星却给这类研究也出了一个难题。

观测显示，水星的椭圆形轨道相对于背景星空是缓慢旋转着的。这种被称为近日点进动的现象本身并不新奇，是所有行星和卫星的轨道在不同程度上共有的。麻烦出在哪里呢？出在

^① 有关海王星发现的详细历史，可参阅拙著《那颗星星不在星图上：寻找太阳系的疆界》（清华大学出版社2013年12月出版）。