

实体书电子版系列·之三

# 寻找太阳系的疆界

(太阳系三部曲·之三)

卢昌海

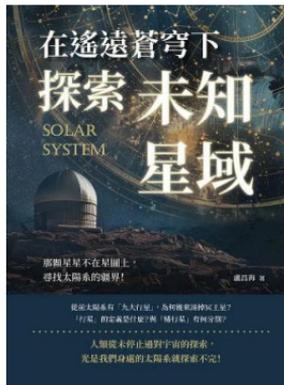
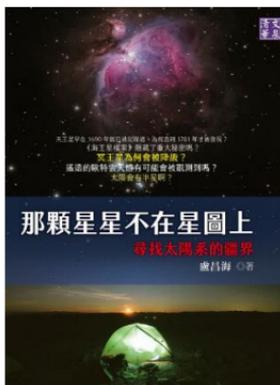
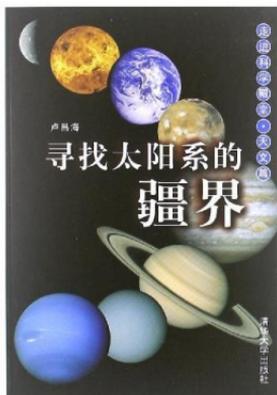
Copyright © 2025 by Changhai Lu

版权所有，侵权必究。

All rights reserved. No part of this book may be reproduced in any form or by any means, electronic, mechanical, now known or hereafter invented, without written permission from the author, except in the case of brief quotations embodied in critical articles and reviews.

For information, please email  
[lu\\_changhai@yahoo.com](mailto:lu_changhai@yahoo.com).

10 9 8 7 6 5 4 3 2 1



《寻找太阳系的疆界》  
 (不同版本的实体书封面)

# 目录

电子版序 .....	I
实体书序 .....	III
金晓峰教授序 .....	X
引言 .....	1
1. 远古苍穹 .....	3
2. 乐师星匠 .....	9
3. 巡天偶得 .....	19
4. 命运弄人 .....	29
5. 虚席以待 .....	36
6. 失而复得 .....	44
7. 名份之争 .....	53
8. 轨道拉锯 .....	59
9. 众说纷纭 .....	71
10. 数学难题 .....	78

11. 星探出击 .....	85
12. 三访艾里 .....	93
13. 殊途同归 .....	102
14. 剑桥梦碎 .....	111
15. 欲迎还拒 .....	118
16. 生日之夜 .....	124
17. 名动天下 .....	132
18. 轩然大波 .....	139
19. 握手言和 .....	149
20. 秘密档案 .....	157
21. 先入之见 .....	164
22. 火神疑踪 .....	173
23. 无中生有 .....	181
24. 歧途苦旅 .....	189
25. 农家少年 .....	200
26. 寒夜暗影 .....	209
27. 大小之谜 .....	218
28. 深空隐秘 .....	228

29. 巅峰之战 .....	237
30. 玄冰世界 .....	248
31. 冥王退位 .....	257
32. 疆界何方 .....	270
附录：冥王星沉浮记 .....	279
术语简介 .....	300
参考文献 .....	315

# 电子版序

本书是实体书《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）的电子版，系自制电子书，隶属于“实体书电子版系列”<sup>1</sup>。

本书同时也是“实体书电子版系列”中唯一的子系列——“太阳系三部曲”——的第三部（虽然以写作顺序而论是第一部），与《太阳的故事》（2025年）及《经典行星的故事》（2025年）一同，对太阳系主要天体进行了由内而外的介绍。这个“三部曲”的概念在出版实体书时就有了，但空有概念，却因三本实体书分属两个出版社，而无法标注为“三部曲”，装帧更是无法统一（唯一值得庆幸的是：开本碰巧是一样大，故而总算可

---

<sup>1</sup> 关于“实体书电子版系列”，可参阅该系列第一本（同时也是本书所隶属的“太阳系三部曲”的第一本）——《太阳的故事》——篇首的“‘实体书电子版系列’序”（已包含在该书的样章里，可在我主页[预览](#)）。

## II

并列于书架上而不显参差)。电子书的制作才让概念变为现实。不过另一方面，这个“三部曲”是题材而非体裁上的“三部曲”。以体裁而论，其中的《太阳的故事》是对太阳的全面介绍——系科普与科学史的综合，《经典行星的故事》是关于六大经典行星的随笔——偏于科普，《寻找太阳系的疆界》则主要是介绍小行星带和外太阳系的发现——偏于科学史，可谓各不相同。

本书与实体书的差别如下：

1. 增添了“电子版序”（即本序）。
2. 增添了若干脚注并订正了个别笔误。
3. 略去了手绘插图（因不属于主页版本）及索引（因电子版搜索便利，无需索引）。
4. 对篇幅过长的段落作了分段。

2025年2月11日

## 实体书序<sup>2</sup>

在我为自己的第三本书《黎曼猜想漫谈》撰写后记时，曾对前两本书没有前言或后记的原因作过这样的解释<sup>3</sup>：

并不是不想写，而是因为那两本书的写作及出版过程都很平淡（或曰顺利），没什么值得叙述的。若生添一篇前言或后记，不免有灌水之嫌。

现在，我却要为那两本书中的第一本——《寻找太阳系的疆界》——的修订版“生添”一篇自序了，其“灌水

---

<sup>2</sup> 电子版注：这篇“实体书序”是《寻找太阳系的疆界》出“修订版”时添加的自序，彼时的书名改为了《那颗星星不在星图上：寻找太阳系的疆界》。

<sup>3</sup> 电子版注：此处的《黎曼猜想漫谈》是指该书之初版（清华大学出版社，2012年），“前两本书”则是指《寻找太阳系的疆界》（清华大学出版社，2009年）和《太阳的故事》（清华大学出版社，2011年）。

## IV

之嫌”且容我辩白几句（希望不会越辩越黑）。

之所以要写这篇自序，主要有两个原因。首先是因为距离本书初版的问世已经过了三年多，在如今这个快节奏的时代里，算是一段不太短的时间了。而且对于本书来说，这三年多的时间颇具代表性，甚至可以说是走过了一个生死轮回，从而多少有了一点谈“历史”的资历——就像久历了岁月的人多少可以谈点往事一样。

其次是因为修订版——或许是出于促销方面的考虑——对书名作了变更<sup>4</sup>。我虽由衷地希望出版社不要因出版我的作品而亏损，心底里却更害怕读者因书名变更而将修订版当成新书误买以致血压升高，因此想在尽可能靠前的文字——即这篇自序——中提个醒。不过，这一提醒是否真有效力却殊难预料，因为读者买书前未必都会看自序，网购的读者则是想看也未必看得到。倘若哪

---

<sup>4</sup> 新的书名是《那颗星星不在星图上：寻找太阳系的疆界》。

位读者不幸仍中了书名变更之“招”，致使足可购买若干个汉堡包的私款流失，可到我的[网站](#)来留言解恨。

好了，现在言归正传，谈点与本书有关的往事吧。本书的撰写始于 2007 年 3 月，一开始只是作为系列文章在我的网站上连载。连载了几篇之后，恰逢杭州《中学生天地》杂志的一位编辑来信约稿，我便提及了该系列，编辑看后表示有兴趣。于是自 2007 年 9 月起，本书的内容开始在《中学生天地》杂志上连载。不过，由于杂志方面对字数有一定的限制，因此刊出的往往是删节版，尤其是到了后期，杂志方面希望在一年之内完成连载，比我自己对内容的规划少了好几个月，因此最后几期刊出的内容存在大幅度的删节。但另一方面，杂志的连载虽有诸多欠缺，却正是由于要向杂志供稿，使那个系列成为我撰写的篇幅相近的所有系列中最先完成的。从这点上讲，杂志的连载功不可没。《寻找太阳系的疆界》的单行本于 2009 年 11 月出版，成为我的第一本书，也

在一定程度上得益于此<sup>5</sup>。

不过，《寻找太阳系的疆界》的写作及出版过程虽然顺利，出版后的命运却不无曲折。初版的问世才不过三年，就陷入了极大的窘境，其结果用我网站上一位网友的话说，是成为了“绝版名著”。当然，那是戏言——确切地说，后两个字（“名著”）是戏言（虽然我很希望不是戏言），前两个字（“绝版”）却是事实（虽然我很希望不是事实），因为本书的初版确实已无处购买了（除非是购买旧书）。只不过那并非因为卖得太好以致脱销，而恰恰相反，乃是因为卖得太不好，以致于未及卖完，就被清了库存。对图书来说，可以说是“死”了一回<sup>6</sup>。

---

<sup>5</sup> 电子版注：对本书由杂志连载到单行本的问世历程感兴趣的读者，可进一步参阅电子书《致编辑·报刊编》（2022年）与《致编辑·图书编》（2023年）。

<sup>6</sup> 这篇序言写于2013年2月，几个月后，后文提到的本书在若干个省份的中小学图书馆配中标一事又有了一点戏剧性变化：其中一个省后来取消了馆配订单，使得那些为馆配而添印的书又“流落”到市场上，本书的初版也就起码在一段时间内重新可以买到了。

## VII

唯一值得庆幸的，是本书的零售虽十分失败，却“东边不亮西边亮”地中标了若干个省份的中小学图书的馆配，从而成为了一些中小学生的“钦定”课外读物之一。也许是因为这个缘故，出版社决定为本书再冒一次险，出一个修订版。本书因此而有了如今这个“死而复生”的机会。

那么，这个所谓修订版究竟在何处作了修订呢？从正文上讲，只是更正了几处笔误，并扩充了几个注释，可以说是微乎其微的（这是托“历史题材”之福，因为科学史不像科学前沿那样日新月异）。不过，图书的修订并不限于正文，本书的真正修订是以下三类内容：

1. 插图——修订版添加了许多新插图，而且是手工绘制的，不同于初版中那些来自互联网的现成图片。
2. 索引——包括人名和术语两部分，索引在国

## VIII

外科普图书中几乎已是必不可少的组成部分，在国内科普图书中却还不太普遍，在我自己的作品中则是首次添加。

3. 文字——包括序言（由复旦大学物理系的金晓峰老师所撰）、附录（由我 2009 年 10 月以删节版形式发表在《科学画报》上的“冥王星沉浮记”一文的完整版整理而成）及自序（即本文）。

以上就是对本书及修订版的简单介绍。说实话，对于出版社此次的“冒险行动”我是暗暗捏一把汗的。作为作者，我对自己作品的水准是有信心的，但作为有几十年读书、买书经验的资深书迷，我却深知那绝不等于能卖得好。玩过博客的朋友们大都知道，非著名作者在非热门话题上哪怕写上十篇“沥血之作”，也赶不上知名人士贴一张宠物相片更有点击数。这是大众行为的鲜明特点，非独博文如此。不过，在捏汗的同时，我还是要

## IX

感谢清华大学出版社的“冒险”，并且特别感谢为本书及修订版的出版付出巨大心力的邹开颜编辑（她也是我其他几本书的编辑）。另外，我也要感谢为本书修订版撰写序言的金晓峰老师，在平面媒体或博客上为本书初版撰写过书评的秦克诚、陈学雷等先生，为本书绘制插图的李璟小姐，以及本书过去、现在和将来的所有读者。

2013年2月20日

## 金晓峰教授序<sup>7</sup>

我与本书的作者是熟悉的。

当年，我为复旦物理系高年级少数优秀学生开了一个讨论班，学习量子理论初期发展的历史，希望能够更好地理解其中的一些难点问题。就是在这个讨论班上，当时还是大学一年级新生的卢昌海，主动请求作个报告，要介绍海森堡的矩阵力学。可以想象，我当然是带着极其怀疑的眼光答应了他的请求，主要还是不想伤害一个年轻人的热情和自尊。但结果着实让我和我的学长大吃一惊，他真的已经完全掌握这部分内容了！

一年之后，他又提出要免修物理系最重头的全部“四

---

<sup>7</sup> 电子版注：本文是《那颗星星不在星图上：寻找太阳系的疆界》一书的“序”。本文与《黎曼猜想漫谈》所收录的王元先生的“代序”，是我所有实体书中仅有的两篇别人撰写的序言，都是编辑联系来的，感兴趣的读者可参阅电子书《致编辑·图书编》（2023年）。

大力学”，即理论力学、热力学与统计物理、量子力学和电动力学。为此，系里专门为他组成阵容超豪华的名教授团队，一门门笔试加口试地进行。全部结束之后，每一位参加测试的教授都真的被这个年轻人的才华折服了。就我所知，一位低年级学生能免修全部的“四大力学”，在复旦物理系的历史上还从未有过，而且成绩还是无可争辩的全优。或许这一“光辉记录”还会保持相当长的时间吧。

就是这样一位当年的才子，今天已成为一位优秀的科普作家。除了这本新版的《那颗星星不在星图上：寻找太阳系的疆界》，清华大学出版社还出版了他的另外二部科普著作《太阳的故事》和《黎曼猜想漫谈》，都很精彩。其中，后一本书还得到了大数学家王元的褒奖和推荐。另外，昌海目前还在努力地写作，相信会有更多的佳作问世。

## XII

回想当年，一套《十万个为什么》几乎成为我们这代人青少年时期科普作品的代名词。所幸的是，这种时代一去不复返了。今天的情景已完全不同了，书店里的科普作品可谓琳琅满目。多是多矣，然而拿起来翻阅几页后，还能不让人失望的却不多见。归纳起来可以说，一些作者对什么是真正好的科普作品还缺乏认识。第一，科普作品绝非“浅”知识的堆积，更不是一堆知识，知识一堆。第二，科普作品需要将深奥的道理和知识用浅显的语言讲出来，道明白，但它不应该被庸俗化，更不允许被误导。第三，如果科普作品的文字（包括翻译的文字），读起来比作品内容本身还难懂的话，怎能不让人沮丧而无语呢？

事实上，若非才、学、识皆备，很难写出好的科普作品。昌海的这本书就是这样一本难得的佳作，这是一次从地球出发的太空“深度游”。作者的“才”就在于他能将那些重要“景点”的来龙去脉交代得清清楚楚，如

### XIII

数家珍，让人有身临其境之感。在不知不觉、轻松愉快的气氛中，对太阳系的结构形成了一幅生动的物理图象。有别于一般专业作品，一部好的科普作品，要求作者有好的文字。昌海的文字表达不仅简洁、干净，而且还能在一些节骨眼上展现幽默和诙谐，读起来赏心悦目。作者的“学”体现在那些常被人讹传或误解、夸张的历史事件进行分析和澄清，证据确凿，令人信服。在逐字逐句地通读完这本书之后，最令我佩服的是作者的“识”，也就是他对物理或说对科学的品味。对于时间跨度如此之长，空间上如此遥远而又神秘莫测的有关太阳系边界的探索之路，在这样一本小书中得到如此惊心动魄而又深入浅出的刻画，如果没有好的品味，完全没有可能做到。

俗话说，好东西应该与好朋友分享。昌海的这本书，在我身边的朋友中已有相当大的“知名度”了，但那只不过是几个人而已。正是考虑到这一因素，当清华大学

#### XIV

出版社邀请我为新版的该书作序时，我欣然答应，而且可以很肯定地说，每个拿起这本书翻阅的人一定不会失望。

金晓峰

2013年5月

# 引言

记得念小

学的时候，读

过一篇课文，叫做“数

星星的孩子”，讲述汉朝天文

学家张衡的童年故事。时隔这么多

年，小学的很多课文我已经忘记了，但

那篇数星星的课文却依然历历在目。那时候，

我住在杭州的郊外，家门口有一个池塘，在许多个晴朗的夏夜里，我和小伙伴们也常常坐在池塘边仰望星空。那时候，郊外的天空还没有被都市的灯光所污染，在广袤的天幕下，那一颗颗璀璨夺目的星

星显得格外的晶莹和美丽。自远古以来，这种无与伦比的美丽就吸引了一代又一代的追随者，他们中的一些人甚至将自己的一生都献给了探索星空奥秘的科学事业。人类寻找太阳系疆界的故事只是科学史上的几朵小小浪花，但在那些故事中，  
有浪漫，也有艰辛，有情理之中，  
也有意料之外，有功成名就的  
兴奋，也有错失良机的  
遗憾，它们就像天  
上的星星一样  
美丽动人

.....

# 1. 远古苍穹

很多故事都会用“很久很久以前”作为开始，仿佛久远的年代是成就一个好故事的要素。现在让我们也从“很久很久以前”开始，来讲述人类寻找太阳系疆界的故事吧。

在很久很久以前，一群古希腊的牧羊人孤单地生活在辽阔的原野上。他们白天与羊群为伍，在原野上漫游，夜晚则与星空为伴，期待黎明的到来。渐渐地，他们注意到在黎明之前，在晨光渐露、太阳即将跃出地平线的时候，天边有时会出现一颗星星。与多数星星不同的是，那颗星星的位置会一天天地变化，有时甚至会连续一段时间不出现。他们把这颗出现在黎明时分的星星叫做“晨星”（morning star）。细心的牧羊人还注意到，在黄昏时分，在日沉大地、暮色四合的时候，天边有时

也会出现一颗星星，它的位置也会一天天地变化，有时也会连续一段时间不出现。他们把那颗出现在黄昏时分的星星叫做“晚星”（evening star）。后来人们用希腊及罗马神话中的太阳神阿波罗（Apollo）表示晨星，用希腊或罗马神话中的信使赫耳墨斯（Hermes）或墨丘利（Mercury）表示晚星。

很多年之后，人们意识到晨星和晚星实际上是出现在不同时刻的同一颗星星——据说毕达哥拉斯（Pythagoras）是最早意识到这一点的人<sup>8</sup>。在群星之中，这颗星星的位置变化最为显著，往来如梭，仿佛天空中的信使，信使墨丘利便成了它的名字。

像这样的小故事在人类文明的几乎每一个早期发源

---

<sup>8</sup> 除墨丘利（即水星）外，另一颗内行星——金星——也只有清晨和黄昏才容易被肉眼所看见（请读者想一想，为什么水星和金星只有在清晨和黄昏才容易被肉眼所看见？），因而也曾被远古的观测者误分成晨星和晚星。后来也是古希腊人首先意识到它们其实是出现在不同时刻的同一颗行星。

地都曾有过。那时的人们就已经知道，在浩瀚的夜空中，多数星星的位置看上去是固定的，像晨星（晚星）这样会移动的星星是十分少见的。这样的星星被称为行星，它的英文名 planet 来自希腊文 πλανήτης (planētēs)，其含义是漫游者。

被远古人类所发现的行星共有五颗，这个数目在长达几千年的时间里从未改变过，甚至一度被认为是永恒不变的真理。在东方的中国及深受中华文化影响的其他东方国家如日本、韩国及越南，人们将五颗行星与阴阳五行联系在一起，并以此将它们分别命名为水星[即上面提到的墨丘利 (Mercury)]、金星[在西方世界中被称为维纳斯 (Venus)，她是罗马神话中掌管爱情与美丽的女神]、火星[在西方世界中被称为玛尔斯 (Mars)，他是罗马神话中的战神]、木星[在西方世界中被称为朱比特 (Jupiter)，他是罗马神话中的众神之王]和土星[在西方世界中被称为萨坦 (Saturn)，他是朱比特的父亲，是罗

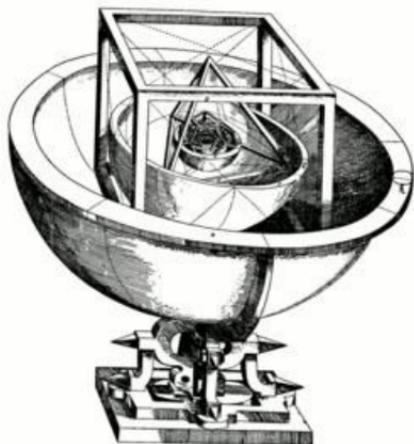
马神话中掌管农业与收获的神]。

很明显，这种命名方式除了起到命名作用外，还代表了古代东方文化对行星数目“五”的一种神秘主义的解读。类似的解读方式不仅存在于东方，也存在于西方；不仅存在于古代，也存在于近代。

哥白尼（Nicolaus Copernicus）的日心说提出之后，地球本身也被贬为了行星，行星的数目由“五”变成了“六”，对此，著名的德国天文学家开普勒（Johannes Kepler）提出了一个几何模型，试图将天空中存在六颗行星与三维空间中存在五种正多面体这一几何规律联系在一起<sup>9</sup>。

---

<sup>9</sup> 具体地讲，开普勒提出的几何模型是这样的：将六颗行星与三维空间中仅有的五种正多面体按以下顺序自内向外排列：水星、正八面体、金星、正二十面体、地球、正十二面体、火星、正四面体、木星、正六面体、土星。排列的方式是：每个行星轨道所在的球面都与其外侧的正多面体相内切（最外侧的土星轨道除外），同时与其内侧的正多面体相外接（最内侧的水星轨道除外）。开普勒的这一模型虽然精巧，但与精密的观测以及他自己后来发现的行星运动定律不相符合，不久之后就被放弃了。喜欢几何的读



开普勒的行星几何模型

诸如此类的对行星数目的神秘主义解读虽然并没有什么生命力，但除了因日心说导致的地球地位变更外，行星数目的长期不变却是不争的事实。一百年、两百年，……，一千年、两千年，……，这个数目是如此地根深蒂固，天文学家们大都在事实上将之视为了不言而喻，他们也许做梦也没想到，这个数目有一天竟然也会

---

者不妨计算一下这一模型所给出的相邻行星的轨道半径之比，并与观测数值作一个比较。

被改变。

这一天是 1781 年 3 月 13 日，改变这个数目的是生活在一座英国小镇的一位业余天文学家，他的名字叫做赫歇耳（William Herschel），他发现了太阳系的第七颗行星，从而成为几千年来发现新行星的第一人。

赫歇耳的发现出乎了包括他自己在内的所有人的意料，这一发现不仅为他本人赢得了永久的荣誉，也将观测天文学带入了一个崭新的时代，一个由赫歇耳“无心插柳”而开启的天文学家们“有心栽花”的时代，人类从此开始了寻找太阳系疆界的漫漫征途。

## 2. 乐师星匠



英国天文学家赫歇耳（1738 – 1822）

赫歇耳的一生非常出色地实践了两种截然不同的职业，其中最出色的职业——天文学家——不仅出现在对常人来说很难有开创性成就的后半生里，而且从某种意义上讲，就像他对新行星的发现一样，是一个无心插柳

的故事。

赫歇耳于 1738 年 11 月 15 日出生在当时属于英王领地的德国中北部城市汉诺威 (Hanover) 的一个音乐之家<sup>10</sup>。赫歇耳具有很高的音乐天赋，他十四岁就参加乐队，不仅擅长多种乐器，而且还能独立作曲，他亲自创作的交响曲和协奏曲就有几十首之多。1757 年秋天，十九岁的赫歇耳移居到了英国<sup>11</sup>，以演奏及讲授音乐为生。

赫歇耳的音乐成就以常人的标准来衡量应该说是颇为可观的，但放在他的简历中，却无可避免地要被他巨大的天文成就所淹没。不过他在英国的音乐生涯中有一

---

<sup>10</sup> 赫歇耳出生时的名字是 Friedrich Wilhelm Herschel，后来所用的名字 Frederick William Herschel 是他移居英国后入乡随俗而改的。确切地讲，为了与后文用卡洛琳 (Caroline) 称呼他妹妹 Caroline Herschel，以及用亚历山大 (Alexander) 称呼他弟弟 Alexander Herschel 相平行，我们应该称他为威廉 (William)。不过由于他是科学史上的著名人物，对这样的人物，人们习惯于用姓而不是名来称呼，就像我们一般不用艾萨克 (Isaac) 和阿尔伯特 (Albert) 来称呼牛顿 (Isaac Newton) 和爱因斯坦 (Albert Einstein) 一样。

<sup>11</sup> 在此之前，赫歇耳曾在英国逗留过大约九个月，较好地掌握了英语。

件事情值得一提。

那是在十八世纪六十年代中期，当时英国的教会刚刚开始引进风琴，需要招募一批风琴演奏者，年轻的赫歇耳也参加了一个风琴演奏职位的竞逐。当时的竞争颇为激烈，而赫歇耳在风琴演奏上并无经验。但他敏锐地发现当时英国教会引进的风琴与欧洲大陆的风琴相比有一个缺陷，那就是缺少控制低音部的踏板。为了弥补这一缺陷，聪明的赫歇耳对两个低音琴键进行了改动，从而演奏出了通常需要低音踏板的配合才能演奏出的低音部。他的表演不仅赢得了评审的一致赞赏，而且让他们深感神秘。当然，他顺理成章地成为了优胜者。

赫歇耳在这一竞争中显示出的过人的动手及设计能力，将为他日后的天文生涯立下汗马功劳。

1766年，赫歇耳迁居到了英国西南部的一座名叫巴

斯（Bath）的小镇，在一所教堂担任风琴演奏师，开始了他在那里长达十六年的生活。这座当时人口仅有两千的观光小镇因而有幸见证了赫歇耳一生最辉煌的工作。在巴斯期间，赫歇耳的音乐生涯达到了巅峰，他不仅是风琴演奏师，而且还担任了当地音乐会的总监，并开班讲授音乐课程。1772年，收入已颇为殷实的赫歇耳给他母亲寄去了足够雇一位佣人的钱，从而把他妹妹卡洛琳（Caroline Herschel）从母亲为她安排的枯燥繁重的家务劳动中解救了出来，并接到巴斯。

与赫歇耳一样，卡洛琳也是一位颇有音乐天赋的人，但她一生注定要跟随哥哥去走一条未曾规划过的道路。在接卡洛琳到巴斯之前，已成为镇上知名音乐家的赫歇耳潜心学起了数学。赫歇耳学数学的本意是想多了解一些和声的数学机理，从而加强自己的音乐素养。但结果却因学数学而接触了光学，又因接触光学而对天文学产生了浓厚的兴趣，最终走上了一条业余天文学家之路。

而卡洛琳则成为了他在天文观测上不可或缺的助手<sup>12</sup>。

赫歇耳所走的这条业余天文学家之路，不仅为他自己走出了一片绚烂的天地，也成就了业余天文学的一段——也许是最后一段——黄金岁月。十八世纪的许多职业天文学家过分沉醉于由牛顿（Isaac Newton）所奠定，并经欧拉（Leonhard Euler）、拉格朗日（Joseph Louis Lagrange）、拉普拉斯（Pierre Simon Laplace）等人所改进的辉煌的力学体系之中。他们热衷于计算各种已知天体的轨道，以此检验牛顿力学，同时也为经纬及时间的确定提供精密参照。在一定程度上，当时的许多职业天文学家变得精于验证性的计算，却疏于探索性的观测。在这种情况下，自赫歇耳之后半个多世纪的时间里，业余天文学家们对天文学的发展起了重要的补充作用，这一时期天文学上的许多重大的观测发现就出自他们之手。

---

<sup>12</sup> 卡洛琳自己后来也成为了一位天文学家，她在寻找彗星方面有不俗的成就，总共发现了八颗彗星。



赫歇耳位于巴斯的住所（已辟为博物馆）

常言道：“工欲善其事，必先利其器”。对天文观测来说，必备的工具是望远镜。由于当时高质量的望远镜极其昂贵，赫歇耳决定自己动手制作望远镜（也顺便可以实践因学数学而接触的光学知识）。

望远镜的问世是在十七世纪初，其确切的发明者现已不易追溯，但德国裔荷兰人利普歇（Hans Lippershey）

于 1608 年最早为自己制作的望远镜提交了专利申请，从而留下了文字记录，因此人们一般将他视为望远镜的发明者。1609 年，科学巨匠伽利略（Galileo Galilei）在得知了有关望远镜的消息后，很快制作出了自己的望远镜。伽利略制作的望远镜在结构及放大率上都大大优于包括利普歇在内的同时代人制作的望远镜。他并且也是最早将望远镜用于天文观测并取得成果的人<sup>13</sup>。通过望远镜，伽利略获得了一系列前所未有的天文发现，其中包括发现月球上的环形山、太阳黑子及木星的四颗卫星（现在被称为伽利略卫星）等。不过伽利略所用的是折射望远镜，这种望远镜由于透镜（主要是物镜）所具有的色差等当时技术难以消除的效应而无法达到很高的放

---

<sup>13</sup> 值得注意的是，伽利略在其早期著作《星际使者》（*The Starry Messenger*）的开篇，曾以第三人称的口吻将望远镜说成是自己的发明（不过他在正文中提到自己在制作望远镜之前听说过他人制作望远镜的消息）。由于这段文字的影响，伽利略曾被一些人视为是望远镜的发明者，这一说法如今已被否定。不过平心而论，伽利略在改进望远镜方面所做的贡献是巨大的，不仅大大提高了放大率，而且据说是他首先得到了望远镜放大率的公式。另外他在制作自己的望远镜之前只是听说过有关望远镜的消息，而未见过实物。因此将伽利略视为望远镜的发明者之一也并不过分。

大率。十七世纪后期，另一位科学巨匠牛顿发明了反射望远镜<sup>14</sup>，用反射面替代了折射望远镜中的物镜，从而避免了透镜色差带来的困扰。

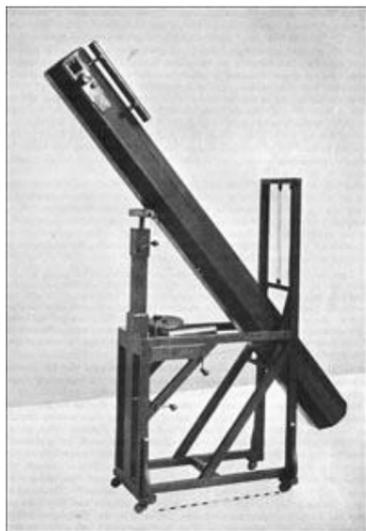
赫歇耳所制作的**就是反射望远镜**，这种望远镜的反射面可以用金属制作而无需使用玻璃。

为了制作望远镜，赫歇耳将自己在巴斯的住所改造成了望远镜“梦工厂”：客厅被用来制作镜架与镜筒，卧室变成了研磨目镜的场所，厨房里则架起了熊熊的熔炉。赫歇耳细心试验了许多不同成分的合金，最后选择了用71%的铜与29%的锡组成的合金，作为制作反射面的材料。在制作望远镜期间，除妹妹卡洛琳外，赫歇耳还得到了弟弟亚历山大（Alexander Herschel）的帮助。

---

<sup>14</sup> 反射望远镜的设计在牛顿之前就已存在，但牛顿最早制作出了具有实用价值的反射望远镜。牛顿的制作水平之高，使伦敦的工匠们在几年之后都没有能力加以效仿。

赫歇耳一生制作的望远镜有几百架之多，不仅满足了自己的需要，而且还通过出售望远镜使家庭获得了数目不菲的额外收入。在长期的制作中，他的作坊也一度发生过严重的事故，导致熔融的金属四处飞溅，幸好大家闪避及时，奇迹般地未造成人员伤亡。



赫歇耳的“七英尺望远镜”

1778年，赫歇耳的家庭作坊制作出了一架直径6.2英寸、焦距7英尺的反射望远镜。这架望远镜在天文史

上有着重要的意义，被后世称为“七英尺望远镜”。后来的检验表明，赫歇耳这架“七英尺望远镜”的性能全面超越了当时英国格林尼治（Greenwich）皇家天文台的望远镜<sup>15</sup>。赫歇耳用自己的双手制造出了当时全世界最顶尖的观测设备，为自己的天文观测之路迈出了无比坚实的第一步。终其一生，赫歇耳孜孜不倦地建造着更大的望远镜，一次再次地刷新着自己——从而也是整个天文学界——的纪录，他在这一领域的优势不仅在其有生之年从未被反超过，甚至在去世之后仍保持了很长时间。

三年后的一个春季的夜晚，一颗略带圆面的星星出现在了赫歇耳那架“七英尺望远镜”的视野里，他一生最伟大的发现来临了。

---

<sup>15</sup> 电子版注：本书及电子书《太阳的故事》（2025年）将“Greenwich”的译名由网页版的“格林威治”改为了“格林尼治”，因后者是现在更通用的，且更接近于“Greenwich”的发音（我更新近的文字的网页版所采用的译名也已经是“格林尼治”）。

### 3. 巡天偶得

天文观测在外人看来也许是一项很浪漫的事业，但实际上虽不乏浪漫，却也充满了艰辛。即便拥有高质量的望远镜，一项天文发现的背后也往往凝聚着天文学家常年累月的心血。

赫歇耳不仅在制作望远镜上走在了同时代人的前面，在天文观测上也有着常人难以企及的细心和热忱。他一生仅巡天观测就进行了四次之多，每一次都对观测到的天体进行了系统而全面的记录。其中最早的一次是通过一架口径 4.5 英寸的反射望远镜进行的，涵盖的是所有视星等亮于 4 的天体<sup>16</sup>。由于视星等亮于 4 的天体用肉

---

<sup>16</sup> 视星等是描述天体表观亮度的参数，视星等越低，天体的表观亮度就越高。具体地讲，一等星的表现亮度是六等星的 100 倍（请读者从中推算一下，视星等每降低 1 等，表观亮度会增加多少？）。正常的肉眼在最佳观测条件下所能看到的最暗天体的视星等约为 6 等。

眼都清晰可见，这样的观测对于他精心制作的望远镜来说无疑只是牛刀小试。而且，这类天体既然用肉眼就能看见，从中做出任何重大发现的可能性显然都是微乎其微的。用功利的眼光来看，这样的巡天观测几乎是在浪费时间，但对赫歇耳来说，天文观测的乐趣远远超越了任何功利的目的。从这样一次注定不可能有重大发现的巡天观测开始自己的观测生涯，极好地体现了赫歇耳在天文观测上扎实、沉稳、严谨、系统的风格。

除了这种极具专业色彩的风格外，赫歇耳对天文观测的酷爱程度也是非常罕见的。他对观测的沉醉，实已达到了废寝忘食的境界。在他从事观测时，食物常常是卡洛琳用勺子一小口一小口地喂进他的嘴里，而睡觉则往往要托坏天气的福。正是这样的专业风格与忘我热诚的完美结合，最终成就了天文观测史上的一次伟大发现。

几年下来，赫歇耳以及他所制造的望远镜在英国学

术圈里渐渐有了一些知名度。“七英尺望远镜”建成后，赫歇耳开始用这架举世无双的望远镜进行自己的第二次巡天观测，这次巡天观测的目的之一是寻找双星（赫歇耳一生共找到过 800 多对双星，是研究双星的先驱者之一），所涵盖的最暗天体的表观亮度约为 8 等，相当于上次巡天观测所涉及的最暗天体表观亮度的四十分之一，或肉眼所能看到的最暗天体表观亮度的六分之一。显然，这次巡天观测所涉及的天体数量比上一次大得多，工作量也大得多。

1781 年 3 月 13 日夜晚 10 点到 11 点之间，赫歇耳的望远镜指向了位于金牛座（Taurus）一“角”（ $\zeta$  星）与双子座（Gemini）一“脚”（ $\eta$  星）之间的一小片天区。在望远镜的视野里，一个视星等在 6 左右，略带圆面的新天体引起了赫歇耳的注意。那会是一个什么天体呢？

由于恒星是不会在望远镜里留下圆面的，因此这一

天体不像是恒星。为了证实这一点，赫歇耳更换了望远镜的镜片，将放大倍率由巡天观测所用的 227 倍增加到 460 倍，尔后又进一步增加到 932 倍，结果发现这个天体的线度按比例地放大了（请读者思考一下，赫歇耳既然有放大率更高的镜片，在巡天观测时为什么不用？）。毫无疑问，这样的天体绝不可能是恒星，恒星哪怕在更大的放大倍率下也不会呈现出按比例放大的圆面。那么，它究竟是一个什么天体呢？赫歇耳认为答案有可能是星云状物体，也有可能是彗星。但就在他试图一探究竟的时候，巴斯的天公却不作美，一连几天都不适合天文观测，赫歇耳苦等了四天才等来了再次观测这一天体的机会，这时他发现该天体的位置与四天前的纪录相比，有了细微的移动。由于星云状物体和恒星一样是不运动的，因此这一发现排除了该天体为星云状物体的可能性。

于是赫歇耳的选项只剩下了一个，那就是彗星，他正式宣布自己发现了一颗新的“彗星”。

发现新彗星虽然算不上是很重大的天文发现，但每颗新彗星的发现都能为天文学家们新增一个研究轨道的对象，而这在当时正是很多人感兴趣的事情。因此天文学家们一得知赫歇耳发现新“彗星”的消息，便立即对新“彗星”展开了观测。令人奇怪的是，这颗新“彗星”并没有像其他彗星那样拖着长长的尾巴。用后人的眼光来看，或许很难理解如此显著的疑点为何没有让赫歇耳意识到自己所发现的其实不是彗星，而是一颗新的行星。但在当时，“新行星”这一概念对很多人来说几乎是一个思维上的盲点。

不过科学家毕竟是科学家，他们是不会始终沉陷在盲点里漠视证据的。赫歇耳的发现公布之后，英国皇家学会的天文学家马斯克林（Nevil Maskelyne）在对该“彗星”进行了几个夜晚的跟踪观测之后，率先猜测它有可能是一颗新的行星，因为它不仅没有彗星的尾巴，连轨道也迥异于彗星。当然，凭借短短几个夜晚的观测，马

斯克林只能对新天体的轨道进行很粗略的推断。几个月之后，随着观测数据的积累，瑞典天文学家莱克塞尔（Anders Johan Lexell）、法国科学家萨隆（Bochart de Saron），以及法国天体力学大师拉普拉斯彼此独立地从数学上论证了新天体的轨道接近于圆形，从而与接近抛物线的彗星轨道截然不同。

与此同时，赫歇耳本人也借助自己无与伦比的望远镜优势对新天体的大小进行了估计，结果发现其直径约为 54,700 公里，是地球直径的四倍多<sup>17</sup>。显然，在近圆形轨道上运动的如此巨大的天体只能是行星，而绝不可能是彗星。

因此到了 1781 年的秋天，天文学界已普遍认为赫歇耳发现的是太阳系的第七大行星。这颗行星比水星、

---

<sup>17</sup> 赫歇耳得到的这一数值略大于现代观测值，后者为赤道直径 51,118 公里，两极直径 49,946 公里。

金星、地球和火星都大得多，甚至比它们加在一起还要大得多，它绕太阳公转的轨道半径约为 30 亿公里，相当于土星轨道半径的两倍，或地球轨道半径的二十倍。

几千年来，人类所认识的太阳系的疆界终于第一次得到了扩展<sup>18</sup>。

赫歇耳的伟大发现立即被英国天文学界引为骄傲，赫歇耳本人也因此而获得了巨大的荣誉。1781 年 11 月，英国皇家学会将自己的最高奖——考普雷奖（Copley Medal）授予了赫歇耳，并接纳他为皇家天文学会的成员。赫歇耳从此成为了职业天文学家。

为了让赫歇耳有充裕的财力从事研究，皇家学会免除了他的会费。不仅如此，英王乔治三世还特意为他提供了津贴，并亲自接见了。后来乔治三世干脆请赫歇

---

<sup>18</sup> 这里我们没有把质量微不足道的彗星计算在内。

耳迁居到温莎堡（Windsor Castle）附近，以便能时常向皇室成员讲解星空知识。作为回报，赫歇耳在皇家学会的提示下写了一封感谢信，盛赞乔治三世对他的慷慨资助，并提议将新行星命名为“乔治星”（Georgian Planet）。虽然在新天体的命名中发现者通常享有优先权，但像“乔治星”这样一个富有政治意味的名字还是立即遭到了英国以外几乎所有天文学家的一致反对。赫歇耳本人也私下承认，这个名字是不可能被普遍接受的。

在新行星的命名竞赛中最终胜出的，是德国天文学家波德（Johann Elert Bode），他提议的名称是乌拉诺斯（Uranus），这是希腊神话中的天空之神，也是萨坦（土星）的父亲。这一名称之所以胜出，是由于它与太阳系其他行星的命名方式具有明显的传承关系：在其他行星的命名中，朱比特（木星）是玛尔斯（火星）的父亲，萨坦（土星）是朱比特（木星）的父亲，有这样一连串“父子关系”为后盾，在土星之外的行星以萨坦（土星）

的父亲乌拉诺斯来命名无疑是顺理成章的<sup>19</sup>。在中文里，这一行星被称为天王星。



旅行者号拍摄的天王星

发现天王星的那年赫歇耳已经四十二岁，一生的旅途已经走过了一半。在后半生里，他放弃了音乐生涯，将全部的精力都投注在了星空里，孜孜不倦地继续自己的天文事业，并且作出了卓越的贡献：除发现天王星外，

---

<sup>19</sup> 在新行星的命名基本得到公认之后，一些英国天文学家仍固执地延用着“乔治星”这一名称，直至十九世纪中叶。

他还分别发现了土星及天王星的两颗卫星<sup>20</sup>；他在恒星天文学、双星系统及银河系结构等领域的研究都具有奠基意义；他所绘制的星图远比以往的任何同类星图都更全面，同时他还是最早发现红外辐射的科学家。

1822年8月25日，赫歇耳在自己工作了几十年的观星楼里离开了人世。他的一生只差3个月就满84岁，只差4个月就是他所发现的天王星绕太阳公转一圈的时间。

---

<sup>20</sup> 赫歇耳晚年曾认为自己还发现了天王星的另外四颗卫星，但那些“发现”后来要么被证实为是错误的，要么因存在明显的疑点而未得到公认。

卢昌海电子书·之三十二

■■■ 作者的其他电子书 ■■■

31. 《太阳的故事》

□□□ 更多电子书可查阅 □□□

<https://www.changhai.org/articles/introduction/ebooks.php>