



火星

关于其内部、表面和大气的引论

〔美〕 Nadine G. Barlow 著
吴季 赵华 等译



科学出版社
www.sciencep.com

火 星

关于其内部、表面和大气的引论

〔美〕Nadine G. Barlow 著

吴 季 赵 华 等 译

科 学 出 版 社

北 京

图字: 01-2009-7215

内 容 简 介

本书比较全面的介绍了火星的运行轨道、形成和演化、内部结构、表面地形地貌、地质、大气、火星的卫星、有关水和是否存在生命方面的知识, 以及在这些方面仍然悬而未决的科学问题。本书所采用的探测数据和研究成果直至 2006 年底, 反映了人类对火星的最新认识。

本书是第一本以中文出版的火星专著, 可作为高等学校空间科学和行星科学专业的高年级本科生和研究生的教材, 也可供从事火星研究和探测器研制的科技人员参考。

Mars: An Introduction to its Interior, Surface and Atmosphere 978-0-521-85226-5 by Nadine G. Barlow first published by Cambridge University Press 2008. All rights reserved. This simplified Chinese edition for the People's Republic of China is published by arrangement with the Press Syndicate of the University of Cambridge, Cambridge, United Kingdom.

© Cambridge University Press & Science Press 2010

This book is in copyright. No reproduction of any part may take place without the written permission of Cambridge University Press or Science Press.

This edition is for sale in the mainland of China only, excluding Hong Kong SAR, Macao SAR and Taiwan, and may not be bought for export therefrom.

此版本仅限中华人民共和国境内销售, 不包括香港、澳门特别行政区及中国台湾。不得出口。

图书在版编目(CIP)数据

火星: 关于其内部、表面和大气的引论/(美)巴劳(Barlow, N. G.)著; 吴季等译.
—北京: 科学出版社, 2010

ISBN 978-7-03-027105-1

I. ①火… II. ①巴… ②吴… III. ①火星-教材 IV. P185.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010) 第 053752 号

责任编辑: 刘延辉 胡 凯/责任校对: 张 琪

责任印制: 钱玉芬/封面设计: 王 浩

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>

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010 年 4 月第 一 版 开本: B5(720 × 1000)

2010 年 4 月第一次印刷 印张: 14

印数: 1—2 500 字数: 267 000

定价: 58.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

中 译 本 序

我们对火星的认识正在快速推进。自从《火星——关于其内部、表面和大气的引论》英文版在 2008 年初出版以后,火星资源轨道器(Mars Reconnaissance Orbiter)又进入了火星轨道,并在火星的表面地质、矿物分布、地下的结构以及大气方面获取了高质量的新的探测数据。之后,凤凰号计划(Phoenix)成功在火星极地地区着陆,并在着陆点的火星土壤中确认了水冰(以及其他一些化学元素和矿物)的存在。而勇气号和机遇号(Mars Exploration Rovers)仍在继续工作,对火星表面历史上留下的液态水痕迹进行深入地探测。火星快车(Mars Express)和火星奥德赛(Mars Odyssey)轨道器上的探测仪器也还在不断地向我们提供这个邻居行星上的矿物组成、地貌、内部结构、大气和表面的数据。尽管火星科学着陆器计划(Mars Science Lander,最近被重新命名为“好奇心”)和火星生命探测计划(ExoMars)的发射日期继续推迟,但是他们仍然向着发射的那一天推进。另外,火星大气和挥发演化探测计划(MAVEN)已经立项,成为火星侦察兵计划中在 2013 年发射的项目,针对火星大气和挥发气体的演化开展研究。俄罗斯重返火星的计划是福布斯计划(Phobos-Grunt),将在火卫一上采集土壤并返回地球。与此同时,中国也将成为火星探测俱乐部的一员,其萤火一号轨道器将搭载福布斯计划飞往火星。火星探测已经真正成为了一项具有广泛国际参与的共同的行为。

每一项计划都将为我们拓展对火星的认识贡献一份力量,无论是关于其本身特性的演化还是关于其卫星。早期的探测计划已经获得了火星大气的成分和密度的信息,火星表面地质形态,以及其两颗小天然卫星的物理特性。近期的探测计划则提供了更为详细的关于火星内部、表面和大气,以及其在较长期的历史中的变化信息。来自于轨道探测和表面着陆探测的数据,使得我们对火星矿物质的演化,以及地质和大气的历史有了更好的理解。火星快车上的无线电雷达 MARSIS 和粒子探测器 SHARAD 则开始揭示火星次表面结构的复杂性。目前在火星探测中还有两个未知的领域:一个是通过其表面地质研究其内部结构;另一个是将其表面土壤采回地球,这样就可以对其成分和生成的年代进行详细的研究。如果火卫一土壤计划能够成功,它将是人类首次从火星系统的表面采回的样品,使我们更好地判断火星卫星的起源和演化。我们盼望着从火星表面不同地方采样返回,从而可以更好地了解这个行星的复杂性质。目前,我们唯一拥有的火星物质是来自火星的陨石,但是最近的研究表明它们无法完整地反映火星的全貌。

我想在这里再次重申我在我的书中的观点,火星科学家正经历着激动人心的时代。我们关于火星的认识正在不断地更新,这是因为新的信息不断地涌现。我希望

该书能够反映目前人类对我们这个邻居世界的认识程度(也包括疑问),同时也希望该书在中国开始通过自己的计划探测火星的时候,对你们的科学家有所帮助。

娜迪·巴劳

2009年7月于美国亚利桑那州弗拉歌斯塔夫

译者序

火星，在中国的古代曾被称为荧惑，不但突出了它的红色，也突出了它在天空中运行的轨道的变化性。中国最早的火星观测记录可以追溯到公元前三、四世纪战国时期的两位天文学家甘德与石申夫所做的工作。他们开创了我国对火星的观测历史，测定火星的公转周期为 668.49 天。这一观测数据，仅比目前精确的观测周期短 12 小时。这一观测记录，在世界上曾属于最早的和最精确的观测活动。

但是到了近代，中国人在火星研究方面已经大大落后于西方。特别是在 1957 年人类发射了第一颗人造卫星以后，美国和苏联向火星发射了数十颗探测器，获得了大量的数据，特别是美国 20 世纪 70 年代发射的海盗号着陆器，90 年代发射的火星全球观测者轨道器和火星探路者巡视器，以及在 2003 年发射的勇气号和机遇号巡视器都获得了大量的新的观测数据，开创了行星科学的新时代。

2007 年 3 月 26 日，中俄两国政府签署了联合探测火星的协议。俄罗斯的福布斯探测器将搭载中国的第一颗火星探测器“萤火一号”飞往火星。这标志着中国的空间科学和探测活动开始向火星进军了。对于中国人来讲，这是盼望已久的事情。为了准备对“萤火一号”的科学数据进行分析研究，我们除了在大量的学术期刊上浏览文献以外，更便捷和综合性的了解前人已经做过的工作的方式，就是翻阅关于火星的教科书。

我们发现，到目前为止中国还没有一部关于火星的科学著作。中国科学家利用国外数据发表的有限的研究论文散布在不同的期刊上。而英文的关于火星的教科书则林林总总，最为全面和备受推崇的就是 1992 年由亚利桑那大学出版社出版的《火星》一书。这是因为从 20 世纪 70 年代的海盗 1 号和 2 号之后，人类对火星的探测停滞了十多年，在这十多年间，科学家有了充足的时间分析大量的探测数据，发表了大量关于火星的研究论文。因此，到 1992 年出版《火星》一书时，很多研究都已经有了结论，很多争执也尘埃落定了。然而，从 90 年代开始，美国再次开始了火星探测的热潮，几乎没有错过任何一次发射窗口（每 26 个月出现一次的最佳发射窗口），发射了多颗探测器和巡视器。因此，原来认为确定的很多结论又出现了争议，原来遗留的很多问题有了新的结果。

本书的作者娜迪·巴劳多年来从事行星科学方面的教学和研究工作。由于长期在教学一线教授行星科学课程，她对新的探测结果十分敏感，不断地更新她用于教学的课程内容。因此，这本最新出版的关于火星的教科书，是我们能够见到的最新的关于火星的教材。它的出现弥补了 1992 年版的《火星》的不足。但是，由于新的探测结果大量出现，我们现在所处的时代，已经无法同 1992 年出版《火星》时相比。那时得出的结论大多数是经过深思熟虑和反复争论的。而现在，科学界甚至

还没有及时消化那些大量出现的新数据就已经发表了,这使得对部分问题的看法仍然存在争议。该书的优点是,既能做到向读者提供最新的探测结果,又能平衡地介绍那些仍然未定的问题,使读者能够对当前的未解之谜有一个尽可能全面地了解。

经过较为广泛的浏览和调研,我们选择了这本深浅适宜、观点慎重,且包含了大量新的探测结果的教科书并将其译成中文,希望它的出版能够为我国的火星科学研究者,特别是“萤火一号”探测器数据的研究人员提供一个起步的平台。通过该书这个窗口,再向更为深入的论著和论文探求。这也是该书原作者的目的。

参加该书翻译工作的有多位人员,具体分工如下:前言、第一章、第九章由吴季翻译,第二章、第三章和附录由赵华翻译,第四章由郭伟和李涤徽合译,其中李涤徽负责整理全章,第五章由刘建忠和李泳泉翻译,第六章由王赤翻译,第七章和第八章由李磊翻译。在翻译时我们还对索引做了一些调整以中文发音顺序进行了重新排列以便于读者查找。吴季和赵华负责校对全文。此外我们还要感谢原书作者娜迪·巴劳对我们工作的支持和鼓励,感谢科学出版社的高效率的工作。最后我们还要感谢刘振兴和欧阳自远两位院士对我们工作的支持和帮助。

由于我们英文水平和专业水平有限,在译文中一定会存在错误。恳请读者将发现的错误向我们提出,我们将在后续再次印刷和再版时加以修改和更正。

译 者

2009年8月8日

前 言

对于从事火星研究的行星科学家来说，我们正在经历一个激动人心的年代。我本人有幸经历了人类对我们的近邻火星从最初期的探测到正在进行的探测带来的对火星认识的变化历程。当水手 6 号和 7 号短暂飞过火星时，我正值那个对天文充满兴趣的年龄——10 岁。当水手 9 号揭示火星地质新特征的时候，我每天都仔细查看相关新闻。当海盗号开始对火星进行探测时，我已经进入大学。而当海盗 1 号着陆器停止工作的时候，我正好开始用它的轨道数据撰写我的博士论文。在这之后的日子里，我为失败的探测计划伤心，为成功的探测计划庆贺。我真心的感到幸运，能够在这一如此激动人心的领域中工作，为探索行星及其历史的新知识做出贡献。

我曾在休斯敦大学静湖分校、佛罗里达中心大学和北亚利桑那大学教授关于火星的研究生课程。1992 年亚利桑那大学出版社出版的《火星》一书，曾是海盗号计划之后我们关于火星知识的最好汇集。但是在火星探路者计划、火星全球考察计划、火星奥德赛计划、火星快车以及机遇号和勇气号巡视器逐渐揭示了关于火星演化的大量新现象之后，那本书提供的知识就显得越来越不足了。大约几年前，我曾为学生准备了一套课件，并在每学期开始授课之前用新的知识将其更新。本书就是这套课件的扩展版，适用于行星科学专业的研究生、专业研究人员，以及理学院本科高年级的学生。

《火星——关于其内部、表面和大气的引论》，聚焦于自 1992 年以来我们对火星的认识。我丝毫不想重复 1992 年出版的《火星》一书关于火星出色的、详细的综述内容。我想努力做的只是通过总结新的发现和我们关于火星知识的新变化来对那本书进行拓展。

关于火星的研究是高度交叉的科学领域，包括了地质学、地球物理学、地球化学、大气动力学和生物学。某一学科领域的火星研究者，很可能无法理解另一领域的研究者的工作。我曾经在我的火星研究生课程中教授过来自于地质学、物理学、天文学和工程科学专业的学生，并曾见到他们为不属于自己领域的内容进行激烈的辩论。为此我在组织本书的材料时补充了必要的背景知识，以便于读者在阅读非自己熟悉的领域的时候能够较快和容易地理解相关内容。我假设读者已经具备理解最基本的地质学名字的能力，具备基于微积分的基础物理学的基础，以及看懂微分方程的数学能力。然而，想在这样一本书中覆盖关于火星的各个研究方面是几乎不可能的。因此，我提供了一份较为详尽的参考书目录，感到本书无法满足其深入的兴致的读者可以延伸阅读参考书目中的原始文献。对于那些没有列入参考书目录的文

献作者，我在此表示抱歉。因为关于火星的文献量是巨大的，我只是试图为读者提供一份数量合理的清单，且只收录了那些包含普遍接受的观点，以及部分争而未决的观点的论文和专著。

当许多探测计划还在进行的时候，编写这样一本书是相当困难的。有好几次，我都在想我已经完成了某章，除非新的发现出现我才回去修改和补充。所以，请读者注意本书的资料截止到 2006 年底。我绝对相信，伴随着最近到达的火星资源轨道器，以及奥德赛、火星快车、勇气号和机遇号的新发现，本书中的某些内容很快就会过时。我们显然处在火星探测的黄金时期。但是现在已经是时候了，需要将前十多年来的航天器探测和望远镜观测带来的关于火星认识的巨大变化总结一下。

本书如果没有如下人员的帮助和支持是不可能完成的。我的母亲玛瑟拉，我的继父纳森，以及我的姐姐莱恩，他们多年来始终用爱来支持我的工作，甚至也许他们认为我已经为火星痴狂了也还是支持我。我同样也感谢我的所有朋友和家庭成员，他们不是科学家但仍然始终对我从事的工作表示出极大的兴趣。我曾经师从许多教授，他们都激励过我，其中特别想感谢我的导师詹姆斯·皮萨文托和罗伯特·斯特罗姆。我在北亚利桑那大学的同事们是支持我的重要团队。我要特别感谢劳拉·胡纳克院长和两位主席缇姆·波特和大卫·科纳林森。他们甚至在我还没有获得终身教职时就鼓励我承担此项重任。与剑桥大学出版社的同事们一起工作我感到非常愉快。这里我想感谢海伦·古德瑞恩的耐心和鼓励。最后，如果缺少了在火星研究领域中的所有朋友和同事，本书也是无法完成的。

谨以此书献给仍将持续多年的，激动人心的新发现！

娜迪·巴劳

目 录

中译本序

译者序

前言

第一章 火星引论	1
1.1 历史上的观测	1
1.1.1 使用天文望远镜之前对火星的观测	1
1.1.2 使用天文望远镜的地面和空间观测	2
1.2 飞行器探测计划	4
1.2.1 美国的火星探测计划	6
1.2.2 苏联/俄罗斯的火星探测计划	13
1.2.3 欧洲空间局的火星探测计划	15
1.2.4 日本的火星探测计划	16
1.3 火星的轨道特性	17
1.3.1 轨道参数	17
1.3.2 与太阳和地球轨道相关的火星轨道特性	18
1.4 火星的物理特性	19
1.4.1 自转	19
1.4.2 体积	19
1.4.3 质量和密度	20
1.5 火星的卫星	20
1.5.1 火卫一福布斯	21
1.5.2 火卫二戴莫斯	22
1.5.3 火卫一和火卫二的来源	22
1.5.4 是否存在其他卫星	23
1.5.5 火星轨道上的特洛伊小行星	24
第二章 火星的形成及早期行星演化	25
2.1 火星的形成	25
2.1.1 生长期	25
2.1.2 严重撞击期	26
2.2 差异化和内核的形成	28
2.2.1 行星的加热	28
2.2.2 地质年代学	29
2.2.3 火星的陨石	31
2.2.4 行星差异与火星内核的形成	33
2.3 火星的总体构成	34

2.4 火星的热演化	37
2.4.1 同位素和地质学限制条件对火星热模型的约束	37
2.4.2 火星的热模型	39
第三章 火星物理测量及内部结构推测	43
3.1 火星形状及测绘学数据	43
3.1.1 火星的形状	43
3.1.2 坐标系系统	44
3.2 引力及地形学	45
3.2.1 引力场分析	45
3.2.2 引力异常、地壳均衡性及壳层厚度	48
3.2.3 火星的地形学	51
3.3 火星的地震数据	52
3.4 热流	53
3.4.1 热传导	53
3.4.2 热对流	53
3.4.3 火星的热流量	54
3.5 磁学	55
3.5.1 活跃的发电机机制	55
3.5.2 剩余磁化	56
3.6 火星的内部结构	58
第四章 表面特征	59
4.1 反照率和表面颜色	59
4.1.1 反照率	59
4.1.2 颜色	60
4.2 表面粗糙度和结构	61
4.3 火星壳组成	62
4.3.1 组分分析方法	62
4.3.2 火星壳组分的遥感观测	65
4.3.3 火星陨石解析的火星壳组分	69
4.3.4 现场分析的火星壳组分	70
4.3.5 火星壳组分总结	74
4.4 表面物质的物理特征	75
4.4.1 风化物	76
4.4.2 热惯性和岩石丰度	78
4.4.3 尘埃	81
第五章 地质	82
5.1 地质研究的背景知识与技术方法简介	82
5.1.1 岩石和矿物	82
5.1.2 地层学技术	82

5.1.3 撞击坑统计分析	84
5.2 火星地质年代	88
5.3 地质作用过程	89
5.3.1 撞击成坑作用	89
5.3.2 火山作用	95
5.3.3 构造作用	104
5.3.4 物质滑动作用	109
5.3.5 风蚀作用	110
5.3.6 流体作用	114
5.3.7 极地冰川作用	117
5.4 火星地质演化	124
第六章 大气状态和演化	126
6.1 今天火星大气的特征	126
6.2 大气物理	127
6.2.1 气压方程和大气标高	127
6.2.2 传导	128
6.2.3 对流	128
6.2.4 辐射	130
6.3 火星大气现状	132
6.3.1 大气结构	132
6.3.2 云和尘暴	134
6.3.3 风	137
6.3.4 大气环流	140
6.3.5 火星气候现状	141
6.4 火星大气的演化	143
第七章 火星上水的历史	145
7.1 火星上水的来源	145
7.2 水与其他挥发物	147
7.3 早期火星上的水	148
7.4 诺亚纪后的水	150
7.4.1 火星的海洋	150
7.4.2 自旋轴倾斜度的变化周期和气候变迁	152
7.5 当前水的稳定性和分布	154
7.5.1 地下水分布的模式	155
7.5.2 地下水的直接探测	155
第八章 寻找生命	157
8.1 与生物有关的火星条件	157
8.2 海盗号的生物实验	158
8.3 火星陨石 ALH84001	160

8.4 大气里的甲烷·····	161
8.5 未来的任务·····	162
8.6 行星保护问题·····	165
第九章 展望·····	168
参考文献·····	172
附录 早期探测计划·····	209
PREFACE TO CHINESE EDITION OF MARS: AN INTRODUCTION TO ITS INTERIOR, SURFACE, AND ATMOSPHERE·····	211

第一章 火星引论

1.1 历史上的观测

1.1.1 使用天文望远镜之前对火星的观测

火星是人类自有文字记载的历史以来在科学上最受关注的天体。甚至在公元1609年天文望远镜发明以前,天文观测者就仔细地纪录了火星在天空中移动的路线。这颗行星明显地呈红色,使得世界上多个古代文明将其命名为战争或灾祸之神。我们目前使用的名称——火星(Mars),就是罗马战神的意思。火星上的几个巨大的峡谷(Vallis)的命名,都是来自于不同语言中对火星的称谓,如爱丽丝(Ares)峡谷(来自于希腊语的火星),奥伽库(Augakuh)峡谷(来自于印加语),尼加尔(Nigal)峡谷(来自于古巴比伦语)。

对天球中运行的火星轨道进行仔细地观测,使早期的天文观测者得到两个结论。第一个是火星的轨道回归周期(回到天球中同一位置的时间)是687地球日(1.88地球年)。波兰天文学家尼古拉斯·哥白尼(Nicolaus Copernicus)发现比地球距离太阳远的行星轨道的回归周期 P 与该行星在太阳系中的汇合周期 S (回到太阳-地球-行星同一相对位置的时间)相关,

$$\frac{1}{P} = 1 - \frac{1}{S} \quad (1.1)$$

用这一关系,我们可以得到火星的汇合周期是2.14地球年。

在使用天文望远镜之前,观测者得到的第二个结论是火星在天空中沿一个奇特的回路运行。如果连续观测多日,正常情况下行星都是从西向东在夜空中移动,偶而他们会停下来并开始反向移动一段时间,也就是自东向西,之后又停下来开始自西向东移动,回到正常的移动方向上来。这种逆行(自东向西)移动特别发生于对距离地球近的行星的观测。火星就具有明显的逆行轨道,甚至对用肉眼进行观测的人来说也是明显可见的。采用地心说很难解释这一现象,需要在轨道圆上画数百个小圆(本轮加修正)。然而,当哥白尼在1543年将太阳放在中心,令地球和其他行星绕太阳转动,逆行轨道现象就很容易解释了。采用日心说,逆行现象就是当一个行星在运行中追上并超过另一个行星时在观测时产生的效果。

火星在确定行星轨道的形状方面也扮演了重要角色。基于第谷(Tycho Brahe)大量和精确的关于火星在天球中位置的观测,约翰纳斯·开普勒(Johannes Kepler)于1609年推断行星轨道是椭圆的,太阳就位于其中一个焦点上。火星的轨道在太阳系中椭圆度第二大,仅次于水星。但水星距离太阳太近而不容易观测。

1.1.2 使用天文望远镜的地面和空间观测

尽管伽利略(Galileo)的小望远镜在 1609 年除了看到一个橘红色的星球以外并不能发现任何新东西,但是这之后较大的望远镜却逐渐发现了这个行星的大量信息。1610 年,伽利略报告说,火星表面有凸起,并为后续的观测所验证。第一个描述火星表面反照率的报告是由克里斯蒂安·惠更斯(Christiaan Huygens)在 1659 年发表的。在他绘制的火星图上标出了一个暗点,这很可能是就是塞尔提斯大平原(Syrtis Major)。发现火星表面存在反照率不同,天文观测者就可以确定火星的自传周期约为 24 小时。亮度较高的极区冰盖直到 1666 年才被乔万尼·卡西尼(Giovanni Cassini)发现。卡西尼的外甥夏克莫·马拉蒂(Giacomo Maraldi)继而利用几次冲的机会对极区冰盖进行了详细的观测,其中就包括 1719 年的那次引起众多关注的大冲。他还发现了南极冰盖的中心与自转轴并不重合,极区冰盖和赤道区的暗色区域的亮度会发生短期的变化,以及冰盖边缘的暗色区域(他解释为溶化了的水)。

威廉·赫歇尔勋爵(Sir William Herschel) 1777~1783 年对火星进行了观测,并成为确定火星的自转轴偏离其轨道法向 30° 的第一人。这表明火星与地球一样也存在四季。赫歇尔还将火星的自旋周期精确的确定为 24 时 39 分 21.67 秒。赫歇尔还推断火星表面存在稀薄的大气,这是因为他看到火星表面图像有变化,并宣称发现了云。目前我们知道这主要是由冰的微粒组成的白色的云。黄色的沙尘云是由奥诺利·弗拉格格斯(Honore Flaugergues)于 1809 年发现的。

在我们认识火星的过程中最主要的进展开始于 1830 年,当时正值火星离地球最近。约翰·冯·穆德勒(Johan Van Madler)和威汉姆·拜尔(Wilhelm Beer)绘制了人类第一张完整的火星图,并于 1840 年发表。这也是第一张用经纬度标注地球以外行星的地图,其零经度线定义在经过一个小的深暗点。他们还测量了火星自传周期,为 24 时 37 分 22.6 秒(与目前公认的结果只差 0.1 秒)。从 1830 到 20 世纪初,有大量的火星图被绘制出来,并逐渐合成为 1864 年的威廉·戴维斯(William Dawes)图,1867 年的理查德·普罗斯特(Richard Proctor)图,1876 年的尼古拉斯·弗拉芒里安(Nicolas Flammarion)图,以及 1901~1930 年的安东尼阿迪(E.M. Antoniadi)图。尽管普罗斯特图和弗拉芒里安图都已经标注出了火星地貌,但是目前使用的火星地貌命名体系却是基于乔万尼·夏帕瑞里(Giovanni Schiaparelli) 1877 年绘制的火星图。

1877 年火星和地球的距离非常近,由此又一次激励起发现的浪潮。重要的事件包括由阿萨夫·霍尔(Asaph Hall)发现了火星的两颗卫星,火卫一:福布斯(Phobos)和火卫二:戴莫斯(Deimos)。纳森尼尔·格林(Nathaniel Green)发现了在晨昏时刻,位于火星大气临边和高纬度的白云斑。古德(M. Gould)还在这一年尝试拍摄了人类第一张火星照片。但却是另一个观测吸引了人类这之后长达多年的注意力:夏帕瑞里在火星表面发现了几条暗色线条,他将这些暗线称为“沟槽”。

夏帕瑞里报告火星表面发现了暗色线条,但他无法解释这些线条的来源。因此,他只能用一个一般性地词汇——沟槽——来描述这一地貌。沟槽是一种自然地貌,由流动的液体/冰、地壳构造或风形成。然而不幸的是,意大利语的沟槽“Canali”在译成为英语时就成了“Canal”,意为人工开凿的水的渠道的意思。

沟槽的发现无形中支持了其他关于火星上存在生命的观测。19 世纪的观测已经表明火星的确展示了许多与地球相似的特征。它的自旋周期只比地球长 37 分钟多。由于它的自转轴也有倾角,因此也向地球一样存在四季的变化。用望远镜也观测到了两极的冰盖以及大气,尽管还不知道大气的成分。但与是否有生命存在相关的,最为令人迷惑的观测还属被称为“暗波”的现象。观测显示,当春天到来一侧的极区冰盖开始缩小时,环绕冰盖的区域的亮度就会明显变暗。当冰盖继续缩小直至夏季,暗色的区域就会逐渐延伸到赤道区域。当秋天来临冰盖面积开始增加时,深色的区域又开始从赤道区向极区回退,由此形成了一个“暗波”。绝大多数人认为,这就是由于两极的冰在春夏溶化,水带来了植物的生长使得反照率降低。

夏帕瑞里的沟槽很快就被大家接受,认为不但在火星上存在植物,还存在智慧生命。这一观点被一个富有的波士顿人珀斯瓦尔·劳维尔(Percival Lowell)广泛传播,并于 1894 年在亚利桑那州的弗莱斯达夫建立了天文台,专门研究火星上的“沟槽”。在这个天文台,他利用 0.6m 的克拉克反射式望远镜观测到了数百个单或双的“沟槽”,见图 1.1,并写了好几本书来阐述他关于这些“沟槽”形成的原因。根据劳维尔的观点,古代的火星曾存在较厚的大气层,使得火星表面温度适宜,且保有大量的水。一种火星的智慧生物种群生活在这样的自然环境中,并遍布整个火星。但由于火星的体积只有地球的 52%,大气逐渐向太空中逃逸,使得表面温度降低,水大量消失。这使得火星上的智慧生物种群逐渐向温暖的赤道区转移,并建造了水

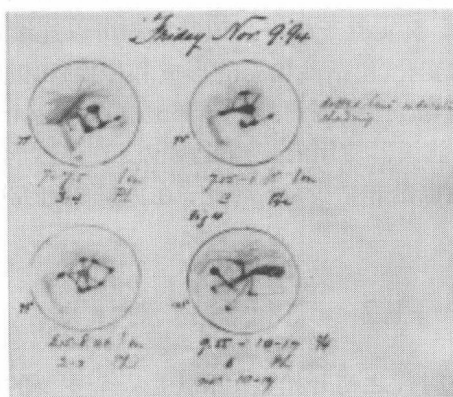


图 1.1 火星“沟槽”的图像(其中的暗线)以及设想的湖泊(其中圆点),由珀斯瓦尔·劳维尔在 1894 年 11 月 9 日夜晚绘制。(图片来源:劳维尔天文台档案)

渠网将极区的水引向饥渴的赤道区。劳维尔也认为,水渠的尺度太小,以至于在地球上用望远镜根本看不到。我们用望远镜看到的,实际上还包括了水渠两边的植被。劳维尔的书和在公众的演讲吸引了大量的热心的读者和听众,许多关于火星人的科学幻想读物都是源自这些讨论。(例如,《火星史》和《世界之间的战争》, *The Martian Chronicles* and *The War of the Worlds*)。

然而多数天文学家并不确信在火星上存在“沟槽”。更为强大的望远镜并没有看到暗线,而是看到了遍布火星表面的暗斑。科学家认为所谓的暗线只是由于观测分辨率到了极限,观测者的想象造成的光学印象,即将那些暗点连成了线。这些极限又被地球和火星上大气的波动所更加强化了。关于人的主观臆想的实验也证实了这一观点。劳维尔则用他在弗莱斯达夫天文台具有的无以匹敌的观测能力进行反击,争论直到1916年劳维尔去世之后仍在继续,一直延续到1948年在加利福尼亚帕罗莫尔天文台建造了5m孔径的望远镜。实际上,直到航天器探测的太空时代,天文学家才真正确认,所谓的“沟槽”并不存在;所谓的“暗波”仅仅是火星上沙尘在季风的带动下大范围移动所产生的。

望远镜孔径的增加和技术的发展,近年来极大地推动了天文观测的方式和质量提高,火星研究正是享用这些技术成果的领域之一。地面上红外望远镜以及哈勃太空望远镜对火星的观测揭示了火星表面的物质组成分布,包括含水矿物的存在。自适应光学系统的诞生,以及和哈勃太空望远镜的联合观测,极大地提高了研究火星地貌的分辨能力,达到了通常火星轨道器才能够达到的观测精度。利用地面射电望远镜开展的对火星的无线电频段的观测,提供了表面粗糙度的定量条件,为着陆器和巡视器的着陆选址提供了重要资料。这一关于火星表面粗糙度的地基观测能力,只是最近才被火星轨道器上的火星激光高度计(MOLA)取代。

有人认为对火星的地基观测已经过时了,正在被送往火星的大量的轨道器、着陆器(见1.2节)所替代。事实胜于雄辩,地基观测可以连续观测或准连续观测快速变化的现象,如大气的变化(包括沙尘暴的形成和传播)和极区冰盖的变化。由于轨道的特性,轨道器无法实时连续观测某一局部地点或某一个事件,着陆器和巡视器的观测则更加受限制。航天器使用的观测波段也受到仪器能力的限制,哈勃望远镜能用来观测火星的时间也是非常少的。因此,在火星的研究中地基观测仍然承担着重要的任务。

1.2 飞行器探测计划

自从人类进入太空时代之初开始,火星就是一个主要的航天器探测目的地。这部分是由于它和地球如此接近,但使人类感兴趣的主要还是在这个地球的近邻上是否存在生命。时至今日,探索火星的计划的初衷还是为了解答火星在过去甚至现在