

探寻生命的踪迹——火星

卢昌海

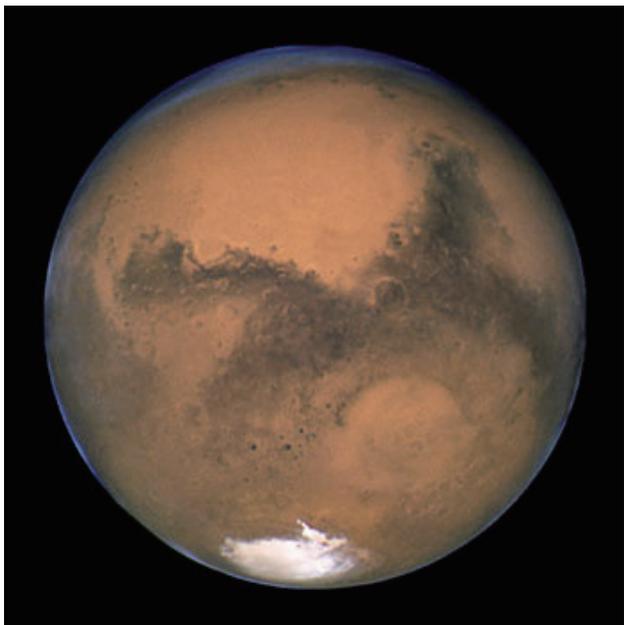


图1 火星全貌

一、“血”与“火”的行星

如果说地球是太阳系行星中最难写的，那火星毫无争议可以坐上第二把交椅，不仅同样有资料太多的问题，而且还有一个很要命的特点，那就是不断有新的探测器造访火星，甚至老探测器的资料也还在持续发掘和整理之中。由此造成的后果，是时不时就会冒出个新闻发布会，披露点新信息，使旧文章遭遇尴尬。

怎么办呢？还是老一套，挑一个特殊视角来写。随着水星和金星表面存在生命的想象相继破灭，火星成了地球以外的太阳系行星中表面存在生命的最后希望。这一特点正是过去几十年人们对火星的兴趣经久不衰的主要原因之一，也将是本文的主要视角。

不过与地球的情形相似，哪怕写这么一个特殊视角，难度也依然不小。因为每一个新的火星探测器都有可能带来新的信息，作出新的结论或推翻旧

的结论。有鉴于此，本文将只用一半篇幅适度笼统地介绍对火星生命的探索，而将另一半篇幅留给一个半科幻、但也跟生命有关的话题——人类移居火星的可能性。

先介绍一点基本的火星信息吧。

火星是太阳系中自内向外的第四颗行星，也是目前所知离太阳最远的类地行星。火星离太阳的近日点和远日点距离分别约为 2.07 亿千米（约合 1.38 天文单位）和 2.49 亿千米（约合 1.67 天文单位），轨道偏心率约为 0.09，在太阳系行星中仅次于水星。

由于离太阳更远，火星表面的平均温度比地球低。由于火星大气远比地球大气稀薄，表面大气密度只有地球表面大气密度的 1.6%，平均气压只有地球表面气压的 0.6% 左右（感兴趣的读者请想一想，这两个比例为何不同？），保温能力差，因而火星表面的昼夜温差和季节温差都远比地球上的大。在冬季极地上的夜晚，火星表面的温度可以低到零下 140 摄氏度（ -140°C ）以下；而在夏季赤道上的白天，温度则可以高达 35 摄氏度（ 35°C ）以上。哪怕在同一地点、同一季节，火星表面的昼夜温差也可以超过 100 摄氏度，用地球上的温度来比拟的话，相当于从夏季的海南突然转到冬季的南极。这种环境无疑是恶劣的，但“比上不足，比下有余”，相较于水星和金星来说却是好得太多了。

与这种“好”相匹配的是，火星的自转周期约为 24 小时 37 分钟，跟地球上的“天”接近到了凭感觉难以分辨的程度，与一“天”等于两“年”的水星及逆向自转的金星相比，是很让人亲切的，起码对生物钟没什么挑战。此外，火星自转平面与公转平面的夹角约为 25.2° ，跟地球的 23.4° 也相当接近，意味着火星也有类似于地球的四季，只不过由于离太阳更远，火星的公转周期比地球公转周期长了近一倍，相应的，

每个季节也比地球上的季节来得长。

火星的块头则是太阳系八大行星中的“小二”——仅大于水星。它的质量约为 64000 亿亿 (6.4×10^{20}) 吨, 接近水星的两倍, 仅相当于地球的 1/10 强。由于自转较快产生的离心作用, 火星的形状不像自转缓慢的水星和金星那样接近球形, 而是像地球一样略扁。具体地说, 火星沿两极和赤道方向的直径分别约为 6752 千米和 6792 千米, 扁率约为 0.006。由这些数据——忽略扁率——不难估算出火星的表面重力加速度几乎与水星的相同, 约为 3.7 米/秒², 相当于地球表面重力加速度的 40% 左右。一个质量比水星大了近一倍的行星的表面重力加速度跟水星的几乎相同, 意味着它的平均密度比水星低。事实上, 由上面的数据不难估算出火星的平均密度约为 3.9 克/厘米³, 比水星的 5.4 克/厘米³ 低得多。由上面的数据可以估算出的另一个结果是: 火星的表面积约为地球表面积的 28%, 很接近地球上的陆地总面积。

火星作为“经典”行星中的一员, 人类对它有极漫长的观测史。它的偏红的颜色容易让人联想起“血”与“火”, 因此中国人用“火”命名了它, 古巴比伦人将它与死亡之神内尔格勒联系在了一起, 古希腊人则将它视为了战神。这种联想一直延伸到了近代和现代, 并且影响到了科幻小说。在早期的科幻小说中, 很多行星上的人都被想象为是和平的, 甚至美丽的, 火星人在较多的小说中被赋予了进攻性, 形象也大都丑怪 (当然也并非全无例外)。比如英国科幻作家威尔斯那部被数度拍成电影的著名小说《世界之战》中的火星就是野蛮、残忍并且丑怪的。

与对金星的种种想象不仅体现在小说家的笔下, 而且还导致了科学家的错误相类似, 人们对火星的种种遐想也渗透到了科学家身上, 使他们做出了一厢情愿的“发现”, 其中最著名的无疑是所谓的“火星运河”, 它得到了美国天文学家罗威尔的坚定支持。截至 1916 年去世时为止, 罗威尔总共记录下了 700 多条火星运河。在那个阶段, 人类自己正努力开掘并完成了巴拿马运河, 就当时而言, 那是一项高科技的超大型工程。火星运河的“发现”极大地丰富了罗威尔对火星人的想象。在他的想象里, 火星精通数学、

擅长发明、具有比人类更高超的技术。不过, 要想被罗威尔的望远镜看到, 火星运河的宽度必须达到近乎荒谬的 50 千米, 对于这个诘难, 罗威尔轻而易举就杜撰出了答案: 我们看到的是运河两岸的种植区。在数以百计的文章、书信和讲座中, 罗威尔不仅想象了运河两岸的种植区, 还言辞凿凿地描绘了植物季节性生长造成的火星颜色改变, 并且指出了哪里是城市, 哪里在凿井, 等等的细节。不难想象, 对罗威尔来说, 在自家后院里支起望远镜就能观察一种外星球高等生命的奥秘是有无穷吸引力的, 因此终其一生都乐此不疲于这种在心理学上被称为“幻想性视错觉”的想象。相比于他这种宏大的想象, 后世那些把个别火星地貌诠释成人脸的想象实在是小巫见大巫了, 但实质是一样的。

二、我们是火星星人吗?

天文学的发展并没有为罗威尔的想象提供支持。早在他那个时代, 就有很多人从估算火星表面温度等角度入手, 对罗威尔的想象提出了尖锐批评。进入 20 世纪中叶以后, 由于以最近距离而论火星是仅次于金星离地球第二近的行星, 用行星探测器探测火星也是起步较早的。自那时以来, 火星作为地球以外的太阳系行星中表面存在生命的最后希望, 吸引着人们不断发射探测器, 进行轨道或登陆探测。

探测的结果如何呢?

20 世纪 60 年代, 当美国的“水手”系列行星探测器中的“水手 4 号”、“水手 6 号”和“水手 7 号”先后完成了对火星的掠过式探测时, 它们发回的相片显示了与月球有一定相似性的布满了陨石坑的死寂地貌。这种结果跟同期探知的火星表面气压只有地球的 1% 左右, 以及火星的平均温度相当寒冷, 水要么因寒冷而凝结成冰, 要么因低压而蒸发逃逸, 从而不太可能以液态存在等结论相一致, 沉重打击了有关火星生命——尤其是高等生命——的想象。

但火星探索的曲折之处在于, 这三个早期探测器所拍摄的类似于月球的地貌很快被证明为是局部的, 因而有可能高估了火星的整体荒凉程度。20 世纪 70 年代, 随着首个环绕火星的探测器“水手 9 号”及最

早登陆火星的“海盗1号”、“海盗2号”探测器的成功，天文学家们对火星地貌有了广泛得多的了解，其中包括发现了类似于地球上的沙漠，从而明显不同于月球的地貌。同期的几个部分成功的苏联探测器也证实了这些发现。这些发现对火星上存在高等生命的想象虽依然是一种打击，却为初等生命的存在保留了一线希望，毕竟哪怕类似于地球上的沙漠，相较于水星和金星的严酷环境来说也还是好得太多了。

不过更重大的发现则是来自2012年8月6日登陆火星的美国“好奇号”火星登陆车。这个火星登陆车的技术远比以往的先进，仅相机就有17台之多，堪称浑身是“眼”。“好奇号”登陆火星后，立刻张开了好奇的“眼睛”（相机）打量火星，而大批科学家则在遥远的地球上等候第一张相片的传回。当信号经过几分钟的延迟，以光速穿越了行星际空间来到地球，并被还原为图像时，控制室里响起了热烈的欢呼声，但几位地质学家却诧异得目瞪口呆，因为他们训练有素的眼睛敏锐地捕捉到了相片上的卵石，以及卵石背后熟悉而不可思议的东西：水流的遗迹！

当然，这并不是科学家们初次在火星上发现水的证据。事实上，2008年登陆火星的美国“凤凰号”探测器就已发现了很强的证据，表明火星上存在水，不过那水基本上是冰冻的（这也符合火星上低温低压的环境）。2011年，美国国家航空航天局宣布了另一个引人注目的消息：亚利桑那大学的尼泊尔学生欧嘉从“火星侦察轨道器”发回的相片中发现了某些陨石坑的壁上存在着疑似季节性水流造成的痕迹。不过那些发现针对的要么是固态的水，要么是微量且为时短暂的液态水。而“好奇号”所发现的那些痕迹则不然，要想形成诸如卵石那样的遗迹，火星上的水不仅必须是液态的，而且还必须存在过很长的时间。用加州大学伯克利分校的地貌专家迪特里希的话说，这些卵石等的发现“意味着我们极有可能正好降落在了一个古老的河床上”。

当然，仅凭一些卵石就断言火星表面曾经有过长时间的液态水是不够充分的，因此科学家们遥控“好奇号”搜寻着进一步的证据。由于火星表面的环境比金星表面的好得多，火星探测器可以存活的时间比金

星探测器长得多，甚至能长达数年。在接下来的一段时间里，“好奇号”不负众望，在前往一个指定目标的途中，又拍摄到了许多很可能被水流这把手术刀“整容”过的地貌，比如水成岩。最终，在经过了很多个兴奋而忙碌的不眠之夜后，多数天文学家形成了共识：虽然对远古遗迹很难做出完全肯定的判断，但诸多证据合在一起已构成颇为强大的“证据链”，一致指向了火星表面曾经有过大量及长时间的液态水的可能性。



图2 “好奇号”拍摄的火星表面

另一方面，“好奇号”自着陆伊始起就陆续发现水流的遗迹并非偶然，而是建立在大量前期研究的基础之上的。事实上，“好奇号”的着陆地点是科学家们在研究了火星轨道探测器拍摄的大量图片之后精心挑选的一处类似于地球上“冲积扇”的地区。在地球上，“冲积扇”是河流沉积作用形成的典型地貌。因此，“好奇号”在这种地区发现水流的遗迹，与着陆地点的选取本身也构成了证据链。此外，与火星表面曾经有过大量及长时间的液态水的可能性相一致的还有自20世纪90年代中期以来火星轨道探测器从高空拍摄的类似于河道及三角洲的相片。用前面提到过的地貌专家迪特里希的话说，几十年来，很多研究者早就从那些相片中推测某些地方是河床，某些地方是三

角洲，“好奇号”的发现几乎是对那些推测，以及数以百计与水流有关的地貌特征的直接证实，它开启了理解火星上的水的新时代。从这个角度讲，“好奇号”的不负众望与此前的一系列火星探测是有密切传承关系的。

在综合了所有这些观测的基础上，很多天文学家相信，火星上远古曾经有过存在大量液态水的温湿时期。具体到“好奇号”的发现上，一些天文学家认为包括“好奇号”着陆地点在内的如今被称为“盖尔陨石坑”的地区在大约 36 亿年前曾遭到一颗大陨石的撞击（直径约达 154 千米的“盖尔陨石坑”由此形成），撞击产生的热量对液态水的出现起到了促进作用。液态水的存在时间有多长很难确切估计，但从其对地貌的改变程度来看，起码是几千年，甚至长达几百万年也不无可能。当然，这一切背后的很多细节还不清楚，很多疑问还待澄清。比如存在时间如此之长的液态水要求当时火星的气候远比现在暖和，大气层也远比现在浓密（否则液态水就算出现了也维持不了那么长的时间），但这方面的独立证据还很缺乏。更糟糕的是，我们的太阳自进入主序星那会儿算起，光度已增加了 40% 左右。这表明火星这颗现在就很寒冷的行星在远古时期由于太阳的光度比现在更小，应该更寒冷才对，如何反而会有比现在暖和得多的气候呢？那样的气候需要一个适当的模型，而这方面迄今尚无满意答案。当然，对于推测如此远古的状态来说出现种种困难也是不足为奇的。

在迄今为止的火星探测——尤其是成绩最斐然的美国国家航空航天局的火星探测中，对水——尤其是液态水——的探测始终是一个重点，从某种意义上讲，说火星探测是“跟着水流走”也并不为过。这其中的一个重要动机，是为了探寻生命的踪迹。不过，与对水乃至液态水的探索的卓有成效，以及信心和证据的日益充分不同，我们对火星生命的探寻并不顺利，虽时常能创造新闻——甚至头条新闻，却始终不曾获得过哪怕稍稍过硬点的证据。用某些科学家的话说，迄今对火星生命的探寻仿佛在坐过山车。确实，这种时而冲上云霄，将媒体刺激得尖叫不已，时而又沉入低谷，让公众几乎忘了这话题的过程，以及在经历过诸

多大起大落之后，最终仿佛又回到原点的感觉真的很像坐过山车。

当然，这种长期无法取得进展的探索在科学上是屡见不鲜的，挫折虽多，努力无疑仍将继续。用另一个角度来比喻的话，寻找火星生命仿佛试图证明一个艰深的数学猜想，时不时有人宣称证明了，却一再被发现是错误的或有待进一步检验。不过事先也许想不到的是，在有关火星生命的诸多“证明”中，一个很著名的例子居然是发生在地球上而不是火星上。1996 年，美国国家航空航天局下属的约翰逊宇航中心的科学家麦凯等人在《科学》杂志上发表文章，提出了一个惊人的观点，那就是 1984 年在南极地区发现的一块火星陨石含有生命痕迹。这一发现不仅在媒体和公众中引起了很大轰动，连当时的美国总统克林顿都被惊动了。按照麦凯等人的观点，那块陨石的成分显示其来自火星，形成于大约 40 亿年前。此外，经受宇宙线照射的痕迹显示那块陨石在不受行星大气保护的环境下存在了 1700 万年左右，并于大约 13000 年前终止——这表明该陨石大约在 1700 万年前被抛离火星（抛离的原因可能是火星遭受大陨石的撞击，致使岩石飞溅），在太空中经过了漫长遨游后于大约 13000 年前掉落到地球上的南极地区。

由于“40 亿年前”这一年龄比当时认为的地球生命的起源年代更久远，麦凯等人的这一“发现”不仅作为火星生命的可能证据吸引了眼球，而且受到了“稀有地球假设”的支持者们的欢迎，并被吸纳为了地球稀有的又一个因素，即地球生命需要一个像火星那样的行星来“播种”。这一因素如果成立，那么我们自己就成了火星生命的后裔，从某种意义上讲，甚至可以干脆称我们自己为火星人了。不过这一因素实在是太过拙劣了，因为哪怕有关那块陨石的一切判断都成立，也丝毫说明不了火星生命是地球生命起源所必须的。火星就算曾经有过液态水，也远远比不上有几十亿年可栖息条件的地球，火星上就算比地球更早产生过生命，甚至早在地球生命出现之前就曾被陨石带到了地球上（麦凯等人提到的那块陨石不在此列，因为那是 13000 年前才落到地球上的），也不能说明地球生命就一定是它的后裔，更没有理由认为没有它，条

件优越得多的地球就不能自己产生生命。更何况那块陨石上被麦凯等人视为生命痕迹的细微结构究竟算不算得上是生命痕迹，是源自火星还是落到地球上之后被污染的，也都大有争议。因此，麦凯等人的观点虽一度轰动，后来却受到了科学家们的广泛质疑并引发了激烈争论。从目前的情况看，质疑明显占了上风，麦凯等人的观点未被科学界所接受。

这一事件对于寻找火星生命来说是有一定的代表性的，因为作为质疑焦点之一的生命痕迹究竟源自火星还是来自地球物质的污染，在有关火星生命的其他“发现”或“疑似发现”中也是质疑焦点，并且迄今没有一个“发现”能令人信服地经受住那样的质疑。比如20世纪70年代的“海盗号”和上面提到的相对新近的“好奇号”都在火星土壤样本中找到了诸如氯甲烷或二氯甲烷那样的有机物，但都因为无法排除、甚至有迹象显示是来自地球的污染而无法确立结果的有效性。

关于寻找火星生命，还有一点值得提醒，那就是所谓“生命”或“原始生命”那样的字眼，真正所指的其实只是某些有可能——但并非必然——由生命产生的有机物。因此，哪怕确立了结果的有效性，跟发现火星生命也不是一回事。因此，迄今的一切探寻距离发现火星生命——倘若有的话——还差得很远，以至于有科学家风趣地表示：“有关火星生命的传闻被显著夸大了”。如果要从迄今为止探寻火星生命的努力中归纳出什么结论的话，那么也许只有一点是可以肯定的，那就是火星上绝不可能存在如威尔斯小说所描绘的、或如罗威尔所想象的那种能侵略地球或开挖运河的高等生命。

当然，这并不意味着在火星上探寻生命的踪迹已不再重要，由于地球是我们迄今所知的唯一生命来源，而地球上的一切生命由于长期生活在共同环境里相互影响，无论多么千变万化，都是同一株生命之树上的枝叶，都很可能存在由环境所决定的特殊性。从这个意义上讲，倘若能在独立于地球环境的火星上发现生命，哪怕只是原始生命，也完全有可能大大、甚至革命性地增加我们对生命的了解，并深刻影响我们对宇宙中生命是普遍还是特殊的评估。

三、我们能成为火星星人吗？

如上所述，迄今为止我们尚未在火星上探寻到生命存在的任何确实证据。那么将来会如何呢？一种可能性是：在不太遥远的将来火星上就会出现生命，而且是高等生命。当然，读者们想必猜到了，我指的是人类自己——在不太遥远的将来，人类有可能登陆火星、建立基地；更长期地讲，则有可能向火星移民甚至将火星“地球化”。因为哪怕火星上连最原始的生命都不存在甚至无法存在，它也依然是除地球以外太阳系行星中环境条件最接近地球的，从而将是人类向其他行星移民的首选之地。

事实上，很多科学家早就在研究载人登陆火星的可能性了。1989年7月，这种热情延伸到了国家领导人的层面上，美国总统老布什在阿波罗登月20周年的纪念讲话上提出了包括载人重返月球及载人登陆火星在内的所谓“太空探索倡议”。2004年1月，美国总统小布什重申了父亲的倡议，取名为“太空探索新图景”。2010年，又一位美国总统奥巴马也发表了热情洋溢的讲话，展望了于21世纪中期完成载人登陆火星计划的前景。而2015年热映的影片《火星救援》则把载人登陆火星的时间定为了21世纪30年代，并且将公众的热情推上了高潮。

当然，影片是不能当真的，而政治层面的倡议则既不能不当真，也不能太当真——因为载人登陆火星那样的计划若要实施，离不开政治层面，但另一方面，那样的计划并非单纯取决于总统，而且计划的长度将大大超出单个总统的任期，从时间上讲也绝非单个总统的倡议所能决定。昔日的超级超导对撞机的下马就是例子。

虽然载人登陆火星计划能否启动，何时启动，都还是未知数，但很多人在憧憬着那一天，很多机构也在进行着可行性研究，其中包括美国国家航空航天局。1998年，美国航天工程师祖宾等人甚至组建了一个称为“火星学会”的组织，专门研究诸如建立火星基地的可行性那样的课题，该组织的成员和支持者分布在几十个国家，其中包括了有专业学历或经历的科学家、工程师及宇航员等。当然，这方面所有的研究或设想

都还或多或少停留在“纸上谈兵”的阶段，并且限于领域的特殊性，在同行评议等方面还难以达到如主流学科那样的严谨性。因此，对我们下面将要介绍的这方面的信息需多存怀疑之心，莫要当成定见——哪怕只是目前意义上的定见。如果有一天载人登陆火星乃至建立火星基地等计划真的进入实施阶段，显然会有更正式也更高水平的研究和实验。但在目前，我们只能用下面这些信息来解解馋了。

载人登陆火星的第一步当然是飞往火星，跟飞往月球的区区三天左右的单程飞行不同，火星虽是地球在行星世界里的邻居，串个门可不容易。飞往火星的轨道有若干选择，其中最节省燃料的是1925年由德国科学家霍曼提出的所谓霍曼转移轨道。这个轨道的主体部分是近日点与地球公转轨道相切，远日点与火星公转轨道相切的椭圆轨道的一段。简单的计算表明，沿霍曼转移轨道飞往火星的单程飞行时间约为8个半月，这样的飞行时间对无人探测器来说不算什么，一旦考虑载人可就成为大问题了，因为这段时间内宇航员所需的食物、氧气等都不是小数目，对于每千克载荷都极其昂贵的行星际飞船来说实在是不可承受之重。除此之外，沿霍曼转移轨道前往火星要求飞船抵达轨道远端时恰好能与火星相逢，这样的条件平均每两年多才会满足一次，从而意味着一旦发生什么事，比如像影片《火星救援》中那样需要向火星上的宇航员提供额外补给时，后续飞船不是随时能够出发的。当然，若不惜多花费燃料，则条件可以放宽，但前提是要有更大推力的火箭。

一旦飞往火星的问题被解决，下一步就轮到建立基地了。这方面需要考虑的因素也不少，首先是能源。在影片《火星救援》中，能源主要是由太阳能板提供的，这与普通航天器的能源机制相同，也是相对来说比较现实的。但缺点也是有的，比如由于离太阳更远，火星表面的光照逊于地球，一旦遭遇沙尘暴，光照还会剧降。更糟糕的是，火星由于引力较弱，且没有植被和液态水，大气中的浮尘远不像地球上那样容易“尘埃落定”，沙尘暴持续数周乃至数月都是不鲜见的，这对于太阳能发电来说意味着很大的不稳定性。

除去太阳能发电还有别的选项吗？人们设想过一

些，但也各有各的缺陷。比如核能发电不受环境影响，但除非能显著小型化，否则起码在建立早期基地时是完全不现实的。利用火星地热也是一种可能性，火星因质量较小，核心不会像地球核心那么热，但毕竟是一个行星级的天体，核心毫无疑问仍是相当热的。但这种“热”是否能抵达地表附近被利用却是很大的未知数，而且是不太乐观的未知数，因为从目前的了解来看，显示浅层地热的诸如活火山那样的东西在火星上可能已绝迹数百万年了。虽然这不足以严格排除利用地热的可能性，但除非事先得到探明，否则是不能依靠的。总体来说，可以确定的是：无论哪种能源，起码在一开始都会是紧缺的，像影片《火星救援》那样在无人外出时还开着基地外的探照灯是很奢侈的。

建立基地需要解决的另一个问题是密闭。由于火星表面的气压只有地球表面气压的0.6%左右，且主要成分是二氧化碳（约占95%），无论压强还是成分对人类都是致命的，因此火星基地必须密闭且充有适合人类的空气。在影片《火星救援》中，火星基地内的气压被显示为12.46 PSI，约相当于地球表面气压的85%，或相当于地球上海拔1300米处的气压，无疑是相当舒适的。但在这种气压下，基地发生爆炸事故后主人公沃特尼用塑料布封闭基地就有点不对劲了，除非那貌似塑料布的东西每平方米能承受相当于地球上8.5吨物体的重量！实际上，考虑到在火星上维持空气的不易，保持如此高的气压实在是舒适得太过奢侈了。在“火星学会”的设想中，火星基地内的气压大约有5 PSI就够了，这相当于地球上海拔8200米处的大气压。这当然是不够舒适的——在高度上几乎赶上珠穆朗玛峰了（不过除气压相近外，其他方面——比如温度——要舒适得多，更不会有冰雪），但行星探索——起码在早期——本就是一种挑战极限的行为，就像火箭发射时宇航员需要承受很大的加速度一样，在居住上也很难把舒适当成追求。

说到火星大气，还有一点可以补充，那就是它虽不能供我们呼吸，有一个作用却不容小觑，那就是对来自太阳风乃至太阳耀斑的带电粒子流产生一定的阻隔作用。因为火星大气对这种粒子流的阻隔作用相当于厚度21厘米以上的水，虽不能跟地球大气相提并论，

却也并非无足轻重。不过另一方面，由于火星表面的大气密度只有地球表面大气密度的1.6%，因此成为气流时蕴含的能量要小得多。具体地说，火星上的风速要达到地球上风速的8倍，才能在破坏力上赶上地球上的风，因此火星上的风或沙尘暴的破坏力比地球上的飓风差远了。比如每小时100千米在火星上算是比较高的风速了，破坏力却仅相当于地球上介于“轻风”和“微风”之间的每小时12千米的风，哪怕考虑到火星表面的引力较弱，从而由物体自重产生的抗风能力较弱，像《火星救援》开篇那种恐怖的大风也是基本不可能的。

建立火星基地还有一个要素是水。经过这么多年“跟着水流走”的探测，这方面的情况可以说是比较明朗了：火星上的水基本处于冰冻状态，但总量是巨大的，若全部融化的话，足可覆盖整个火星十几米甚至几十米。从分布上讲，除极地有巨大冰帽外，火星土壤里也很可能含有质量比例为百分之几的水，使基地的选址几乎不受水资源约束。火星堪称丰富的水资源，以及可阻隔部分辐射的大气，使它被很多人视为了比月球更适合移民的星球，而这方面的兴趣，也正是火星探测“跟着水流走”的另一个重要动机。

那么氧气呢——或者更一般地——如何维持包括氧气在内的生命必需物质的循环呢？这方面人们也作了考虑，主要的设想有两类。一类是所谓的生物系统，即通过植物产生氧气，以排泄物为肥料或用微生物分解排泄物，等等。这实际上是地球生态系统的微缩，它的最大问题是可靠性不高，一旦生物循环失调，比如某个物种死亡，就可能造成严重后果。事实上，20世纪末科学家们在地球上尝试过的所谓“生物圈二号”计划，就是试图建立一个这样的生物系统，结果失败了。从规模上讲，“生物圈二号”显然要比初期的火星基地大得多，从而回旋余地也大得多，它的失败表明在火星上采用同类系统的风险是很大的。另一类则是所谓的物理化学系统，它包括诸如以电解的方式从二氧化碳或水中获取氧气等手段。这种系统的好处是可控性及可预测性都很高——毕竟我们对物理化学的了解要比对生物的了解深入得多，从而起码在初期应该是更可靠的。

虽然生物系统作为生命必需物质的循环缺乏可靠性，但若是长期逗留的话，作为一种辅助恐怕仍是需要的，起码适当地种点庄稼可能是必不可少的，因为从地球往火星运东西毕竟太困难、成本也太高，宇航员必须学会点“自力更生”。这种“自力更生”从荣誉感的角度讲也是有一定吸引力的，就像影片《火星救援》的主人公沃特尼所说的：“如果你能在一个星球上种庄稼，你就算正式完成了对它的殖民。”

那么，火星上能种庄稼吗？按“火星学会”的估计，答案是乐观的。比如庄稼所需的矿物质在火星土壤里大都也有（虽然具体比例与地点有关），通过适当的选址，再以肥料的形式补充某些含量偏低的元素，在火星土壤里种庄稼从理论上讲是不成问题的。而且庄稼对气压的要求比人类低得多，只需0.7 PSI（约相当于地球表面气压的5%）就能存活。当然，你的“庄稼棚”若真的维持如此低的气压，则虽对棚子的强度要求可大大降低（因为内外气压差比较小），你自己每次进入却必须穿上宇航服，是很不方便的。因此也不排除像影片《火星救援》中那样采用与基地相同的气压，以方便进出。当然，理论无法代替实验，这方面今后需要尝试的工作之一，也许就是用无人探测器在火星土壤里真的种点东西，或将火星土壤带回地球来做实验。初次用火星土壤种出任何东西——哪怕在地球实验室里——都将是一个激动人心的成果。

一旦初步的火星基地取得成功，下一步也许就是“扩容”，相应地，开采矿产、冶炼金属等也将被提上议事日程，使火星基地越来越自给自足。再往后，也许就轮到向火星移民了，而最终则不排除把火星“地球化”，包括改造它的大气，通过适当的温室效应提高它的表面温度，等等。如此，则渐渐地火星将成为人类的星球，人类将成为火星星人。不过也别太乐观了，这种前景除了要面对技术和资金上的诸多困难外，在政治上也绝非没有反对意见。比如有些人就主张要保持火星的原生态，不能用地球生物来“污染”火星。跟持这种主张的人辩论当然不会有结果的——就像很多其他政治辩论不会有结果一样。不过换个角度思考也许会不无助益：载人登陆火星、向火星移民乃至将火星“地球化”若成为事实，乃是宇宙中一个星球上

她用物理的情趣，引我们科苑揽胜； 她用知识的力量，助我们奋起攀登！

欢迎投稿，欢迎订阅

《现代物理知识》杂志隶属于中国物理学会，由中国科学院高能物理研究所主办，是我国物理学领域的中、高级科普性期刊。

为进一步提高《现代物理知识》的学术水平，欢迎物理学界的各位专家、学者以及研究生为本刊撰写更多优秀的科普文章。投稿时请将稿件的 Word 文档发送至本刊电子信箱 mp@mail.ihep.ac.cn，并将联系人姓名、详细地址、邮政编码，以及电话、电子信箱等联系方式附于文章末尾。

所投稿件一经本刊录用，作者须将该篇论文各种介质、媒体的版权转让给编辑部所有，并签署《现代物理知识》版权转让协议书（全部作者签名），如不接受此协议，请在投稿时予以声明。来稿一经发表，将一次性酌情付酬，以后不再支付其他报酬。

《现代物理知识》设有物理知识、物理前沿、科技经纬、教学参考、中学园地、科学源流、科学随笔

和科苑快讯等栏目。

2016 年《现代物理知识》每期定价 10 元，全年 6 期 60 元，欢迎新老读者订阅。

邮局订阅 邮发代号：2-824。

编辑部订阅 汇款到：北京市玉泉路 19 号乙高能物理所《现代物理知识》编辑部；邮编：100049。

需要杂志的读者，请按下列价格汇款到编辑部。

1992 年合订本，18 元；1993 年合订本，18 元；1995 年合订本，22 元；1996 年合订本，26 元；1996 年增刊，15 元；1997 年合订本，30 元；2001 年合订本，48 元；2002 年合订本，48 元；2003 年合订本，48 元；2004 年合订本，48 元；2006 年仅剩 4、5、6 期，每期 7 元；2007 ~ 2011 年单行本每期 8 元；合订本每本 50 元；2012 ~ 2013 年单行本每期 9 元，合订本每本 60 元；2014 ~ 2015 年单行本每期 10 元。

的高等生命向另一个星球自发扩散的现象。若联系到“稀有地球假设”，认为高等生命在宇宙中也许是稀有的，或即便不像“稀有地球假设”所认为的那样稀有，起码要比低等生命稀有得多，则那样的扩散也可视为是宇宙演化过程中的一个奇迹，远比像火星那样的行星珍稀得多，我们难道不该对这种更珍惜的奇迹给予更多的支持吗？

关于火星我们就谈到这里。总之，火星是一个令人期待的行星，不仅是除地球以外人类最有可能栖居的行星，而且人类踏足火星的那一天有可能是我们这

代人都看得见的，这是足以令人翘首期待的。

作者简介

卢昌海，本科就读于上海复旦大学物理系，毕业后赴纽约哥伦比亚大学从事理论物理学习及研究，并获物理学博士学位。现旅居纽约。著有《那颗星星不在星图上》、《太阳的故事》、《黎曼猜想漫谈》（获第七届吴大猷科学普及著作原创类金奖）、《从奇点到虫洞》、《小楼与大师》（入选“2014 中国好书”）、《因为星星在那里》等，个人主页：<http://www.changhai.org/>。