

# 火星上的水

## ——哪里有水,哪里就可能有生命

黄艳华 江向东

(中国科学院高能物理研究所 北京 100039)

对地球上的生命,液态水是起决定性作用的生态学必要条件。当然,生命需要能量和营养,但水以液态形式而存在是限定性和决定性的要素。一旦水冻结成冰这样的固态而不是液态,绿地就不再生机勃勃。因此,只要我们在其他行星上存在生命的可能性时,我们首先就要寻找在过去或现在存在液态水的证据。

火星是我们地球轨道外侧的近邻,火星的直径为6790千米,约为地球直径的一半,质量约为地球的1/10。火星自转一周约为24小时37分,比我们地球自转周期长。火星绕太阳运动的周期约为687个地球日,差不多是地球上的两年。火星上也有四季变化,每个季节比地球上的季节长一倍。火星也有大气层包围着,其密度相当于地球大气层三四十千米高处的密度,主要成分是二氧化碳,约占95%。火星的表面结构是岩石圈,岩石圈上也有广阔的平原、高峻的山脉和一望无际的沙丘。火星上这些物理特征多像地球!因此,在行星家族中,火星是典型的类地行星,有人戏称火星为“小型的地球”(图1)。

1976年被发射到火星的“海盗号”着陆舱测量到了火星的大气层中有水,还拍摄到了火星表面上的水雾。“海盗号”着陆舱发现的雾被认为是水雾,这是因为其温度对二氧化碳来说太高了。从地球上我们甚至能看到火星极冠。2003年8月,火星恰好位于最便于观察的地球的对面对面时,很容易看到火星极冠。火星极冠多半是二氧化碳薄层下的水。

我们所见过的火星上的所有水中,从没发现过液态水。火星表面没有海洋,没有湖泊,也没有水



图1 火星表面地形图

塘。即使是由“海盗号”着陆舱发现的雾也没有留下任何可探测的液体。现在,火星上的水要么是冰,要么是蒸汽,就是没有液态水。火星上没有液态水的主要原因是压强太低。火星上的平均压强比地球海平面的低100倍。我们从地球上的山峰上得到的经验知道,在较低的压强下水的沸点也较低。如果

压强足够低,沸点就会与凝固点一样低。这就是所谓的三相点压强。压强低于三相点时,就不会存在液体。在地球上,压强低于二氧化碳的三相点,因此这种物质就不会形成液体,而是从干冰直接升华成蒸汽。火星上的平均压强等于水的三相点。因此,在火星上的大部分地方,水就像地球上的二氧化碳一样,直接从冰升华成为蒸汽。在那些压强高于三相点的地方,对液态水来说,要么过于干燥,要么过于寒冷。所以现在,火星表面的任何地方或任何时候都没有液态水。

可是,我们知道,火星并非一直像我们现在所看到的这样干燥。有重要的证据表明,火星表面在过去存在过液态水。

给人印象最深的火星上有水的证据来自于泄流的沟渠,它们是由于大量的某种流体快速奔泄而留下的大泛滥的特征,最可能的流体就是水。在地球上也发现过标志着过去的大洪水的类似特征。一个例子就是,地质学特征标志着,在北美洲的西北部(就是现在的华盛顿州和俄勒冈州)出现过一次洪水,在几千年以前,冰河时期的密苏拉湖冰下的水流冲破了冰盖。对火星上的这些大泛滥特征的有影响的解释是基于一种机制,这类类似于被冰封冻的水的

释放。人们认为,火星上的水在表面冰冻层之下被封盖于地下。由于受到冰的封盖,水压就会增加。最终,一处冰破裂后水就会喷涌出来,并引发一场大洪水。

要想解释这些巨量的水大泛滥的特征,火星上就必定曾经有过很多水。基于推断的对整个行星的大泛滥特征的计算表明,火星上曾经存在的水足以形成一个500米厚的球层。如果这些水曾经都处于火星表面,那足以在火星上形成海洋。

尽管泄流的沟渠标示了火星上的水量,但大水量可以是汹涌却转瞬即逝的。它们不一定表明火星表面稳定的液态水存在了任何可估计的时间长度。实际上,这些大泛滥特征在现有的稀薄大气层下也可以形成。汹涌的水流会破坏升华的比例。

还有一些水流所引起的其他特征,使人联想到水缓慢、稳定地流过火星表面。这就是峡谷。火星上的睡眠谷清楚地显示出稳定的液态水的流动。这个峡谷很长,与地球上河流的峡谷有类似的转弯和曲线。最重要的是,谷底看起来似乎是冲刷出峡谷的小河道。这种图案在地球的峡谷里很常见。亚利桑那州的大峡谷底部有条可与之相比的小河,那是科罗拉多河。显然,科罗拉多河需要很长时间才能冲刷出巨大的大峡谷。在火星上也类似,睡眠谷底部的小河必定流了很长时间才形成了那个峡谷。峡谷的形状和曲线显示出,流动是缓慢且稳定的,而不是大泛滥。

火星上水的大部分证据暗示了火星历史早期的古代水流。很清楚,火星上的液态水主要存在于火星形成后不久。气候模型表明,水流的这个主要阶段可能在火星形成几亿年后就结束了。可是,有证据表明,一些水仍在火星上继续流动,而且至今还在流动。最近火星上存在液态水的最好证据是沟壑特征。沟壑是在中纬度的陡坡上发现的。人们认为这种沟壑形成不久,这是因为上面没有坑,而且它们有时还穿过形成不久的沙丘。这种在现有压强下由液态水的流动产生沟壑的形成方式还是个谜。一个可能的答案是,水并不纯净而含盐量极高。在这种情况下,即使是在较低的火星压强下水流也可能是稳定的。把稳定性问题先放在一边,冲刷出沟壑的液体最初从何而来也并不清楚。主要有这样两种假设,即假设这种液体来自地下蓄水层或是来自斜坡上多年积雪的融化。

这吸引着人们去思考,历史上在火星早期的湿

润时期,它也是温暖的,有着与地球类似的环境。可是,火星表面古代坑的存在表明侵蚀的比例很低,而有雨水的情况却不应如此。而且,在火星表面,河流的特征并不均匀,它们是零星分布的。地球上与火星的这些特征最类似的地方是南极洲的干谷。干谷是南极洲最大的不冻区域,而且那里既非常冷(平均温度为 $-20^{\circ}\text{C}$ )又非常干燥(总降雨量大约与死谷相当)。干谷中从不下雨,水分完全来自于降雪。大部分雪被吹走了,或是蒸发而产生很少的侵蚀或液态水。结果,峡谷中的土壤就相应地缺乏生机。然而,山上的积雪却以冰河的形式流淌到峡谷中来。在夏季,有几周时间气温升高到冰点以上,冰河融化,液态水流到谷底。每年,这样形成的河流只能流淌几个月。这种夏天融化的水积蓄起来形成长年冰封的大湖泊。干谷的水解循环显示出,为什么没有雨水这里却会有河流和湖泊。把这种机理外推到火星,表明只要火星的压强比现在大约高10倍,在火星的平均温度降到冰点以下很久之后,冰封的湖泊就可能存在过。

由于火星现在温度低,那里的水主要是以冰的形式封冻在极冠中,以永久冻土的形式封冻在极地地区。很久以来人们一直认为,火星两极30度以内的地面上会有很多冰。最近,这个猜想被奥德赛宇宙飞船的伽马射线望远镜证实了。这种仪器可以在运行轨道上探测到地表下1米左右的土中的氢原子,这是因为氢原子对撞击到火星表面的宇宙线所产生的中子的能级分布有影响。探测到的氢几乎全是存在于水中的。数据表明,火星极地附近的永久冻土中大约50%的成分是水。

在火星内部,可能有大量的液态水以地下海洋的形式循环。还有一种可能是,除了干燥的土地之外什么东西也没有。现在,我们还没有火星地下实质的直接证据。如果火星上面真的存在过超过500米厚的水层,而且,如果水没有从这个行星上跑掉,那么它必定仍然在那里。在这种情况下,地下液态水系的存在似乎是可能的。水会处于地下深处,因为地面温度是如此之低,只有在超过几千米的深处温度才会升高到冰点之上。如果在火星地下深处存在液态水层,这对作为人类探索者的水资源以及作为可能的生活场所将具有重要的意义。

火星上是否存在水这个问题如此吸引人,真正的原因还在于生命。在南极洲干谷湖泊的冰盖之下发现了微生物。如果在火星历史的早期存在过水,

那么也同样可能在那里发现生命。可是水已不复存在了,生命也已经灭绝很久了,至少在火星表层是这样。在旧河床和旧湖床中我们所期待发现的是过去生命的化石。

化石是诱人的,但是,它们并不能对有关火星生命的基本问题给出答案。它们与地球生命有没有亲缘关系还是有另外的基因?如果生命是在陨石中从一个行星被带到另一个行星上,那火星上的生命就可能与地球上的有亲缘关系。为了确定火星上的生命是否与地球上有所差异,我们就需要研究真正的火星生物体,而不是研究化石。寻找存留下来的火星微生物,最好的地方可能是在靠近火星南极多坑区的永久极冰带。那里的地下可能有已经冻结了30亿年抑或更久的古代的冰。那些冰中可能有已死去的却保持完整无损的火星微生物。在我们的太阳系中如果存在生命的第二种起源,就应该到那里去寻找证据。

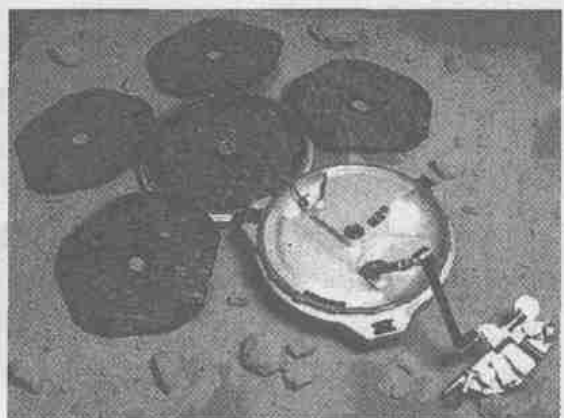


图2 英国设计制造的“小猎犬2号”着陆器模型

最近,欧洲航天局发射的“火星快车”搭载的“小猎犬2号”(图2)以及美国国家航空航天局(NASA)发射的“勇气号”和“机遇号”(图3)已先后登陆火

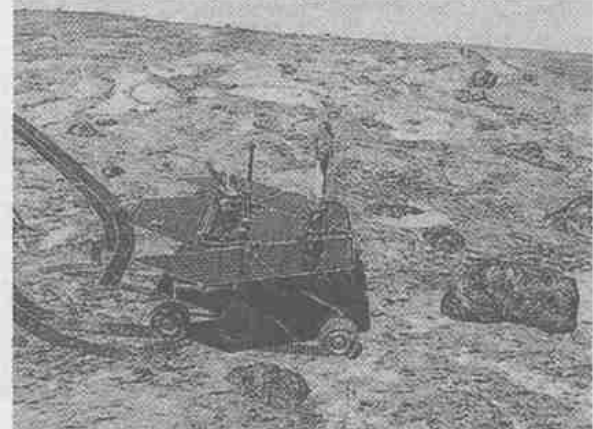


图3 “机遇号”火星车着陆模拟图

星,开始了新一轮的环火星探索。

2004年1月19日,欧洲航天局首次公布了“火星快车”探测器此前一周发回的首批火星照片。于2003年6月2日发射的“火星快车”是2004年1月初进入环火星飞行轨道的。这些照片显示,火星表面存在一个巨大的“峡谷”地形。这些珍贵的高清晰度照片是由“火星快车”所携带的三维立体照相机从距离火星地表275千米的高空拍摄的,其拍摄准确度可以精确到12米左右。这种高分辨率的照相机精确地捕捉到了火星表面的许多细节。“火星快车”探测器在抵达预定轨道后所拍摄的首张火星照片,显示了横穿整个火星表面的马力内尼斯峡谷的一部分(图4)。



图4 横穿整个火星表面的马力内尼斯峡谷

欧洲航天局的科学家们认为,这种“峡谷”地形及其附近的山峰和谷地很可能是由于长期的水流侵蚀造成的,他们正在努力为这一假设寻找科学依据。

据欧洲航天局的专家介绍,“火星快车”此行承担着“欧洲火星计划”中2/3的实验项目,其中包括用立体照相机拍摄三维火星照片、用高科技雷达探测火星“地下水”以及探测火星大气层中的紫外线等。

自2004年1月以来,“勇气号”和“机遇号”一直在火星上寻找生命的痕迹。“机遇号”着陆的古塞夫坑是一个大型坑(直径为160千米),看起来曾被流经它的河水填满过。古塞夫坑附近存在的其他坑显示出,水流动的主要阶段并没有导致大面积的侵蚀。这表明不曾有过降雨和寒冷的环境。蓄满水时古塞夫坑的样子可能就像南极洲干谷的湖泊。“机遇号”火星车对火星岩石进行探测的结果显示,该区域表面曾被液态水浸蚀,曾有适合生命居住的良好环境。其证据为岩石上生有一颗颗像浆果状的小石球(图

5), 且并非在特定岩层中, 有可能是被水浸泡过的多孔岩石中所溶解矿物的凝结物。岩石上还有很多奇怪的小孔, 通常矿物盐晶体在盐碱水中的岩石内部成长, 因腐蚀溶解而消失后才会形成此类特征。岩

床中发现了大量硫酸盐, 这进一步证明岩石曾经浸泡在水中。岩石中还发现了黄钾铁矾的水合硫酸铁矿物质, 通常岩石在酸性水环境下才有可能形成这种矿物质。

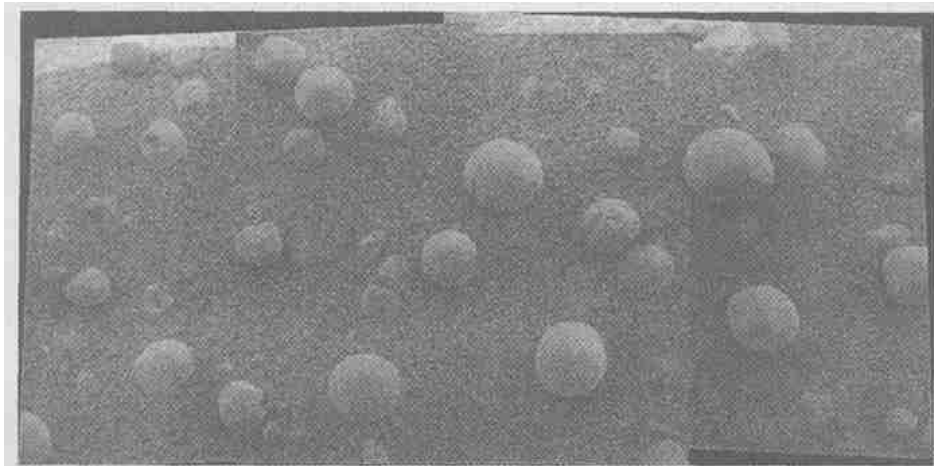


图5 “机遇号”从火星发回浆果状小石球的照片

科学家们强调, 目前的发现可以肯定, 火星上的一些岩石曾沉浸在流动水中, 并因此改变了岩石的性质。这说明当时火星上曾经有适合有机生物体存在与繁衍的良好环境, 但这个结论并不意味着火星上就一定存在过生命。火星车发回的现有观测数据尚无法判断该着陆区域湿润环境的持续时间, 这需要探测器采集样本带回地球做进一步的研究。

担任美国火星探索任务的首席科学家斯奎耶斯强调, 目前还没有发现火星上曾经存在过生命的迹象。但他说, “机遇号”对岩石区的研究表明, 火星上

曾经存在过液态水(图6)。他说: “我们的结论是: 这些岩石曾浸泡在水中。有确切的证据表明水对这些岩石的形成产生过影响。”

正如美国天文学家卡尔·萨根所言, 不同寻常的结论需要不同寻常的证据。英国南极科学考察队的火星生物学家查尔斯·考克尔说: “如果我们想知道火星是否存在生命, 那就需要进行大量的探测实验。如果我们没有在火星上找到任何生命存在的证据, 这只意味着可能我们在正确的时间却去了错误的地点。”

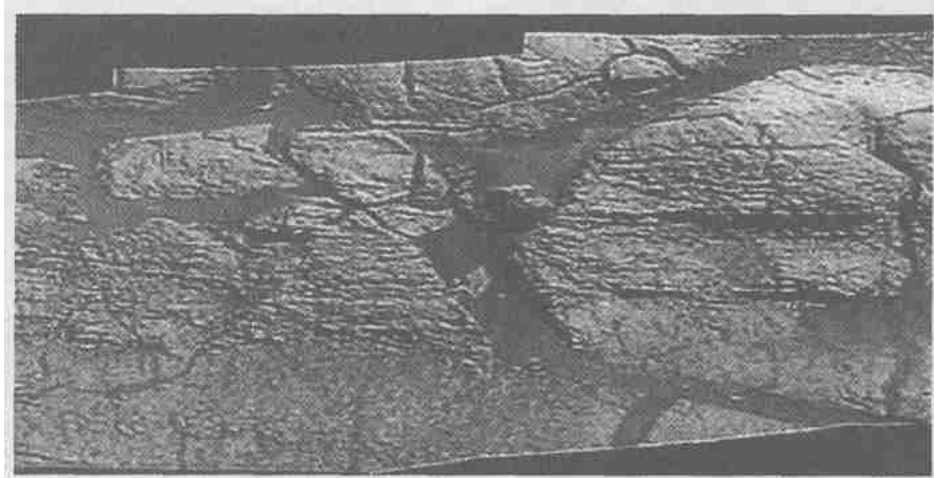


图6 “机遇号”拍摄的火星照片, 看似火星曾被水淹没过