

视觉中国

时间过得真快。一晃，人类首次登月已经过去了半个世纪，再算算，人类最后一次登月也是47年前了。许多科学家都在心心念念这件事情，他们认为，是时候重新回到月球，续写50年前的故事了。那么，不久的将来人类与月球的故事将怎样继续？

人类登月的故事将在月球两极续写

本报记者 付毅飞



下一步率先登月的或仍是美国

半个世纪前，美国成功实施“阿波罗”计划，在与苏联开展的月球竞赛中大获全胜。不过在载人登月活动停滞了40多年后，未来率先把航天员送上月球的会是谁？

其实没啥悬念，大概率还是美国。美国已经提出了明确的登月计划和时间表。全国空间探测技术首席科学传播专家庞之浩向科技日报记者介绍，美国原计划在2028年重返月球，但美国总统特朗普有不同想法。他希望自己连任后，能在任期内看到载人登月，因而将计划时间提前到2024年。

目前，美国国家航空航天局(NASA)已将新的登月计划正式命名为“阿尔忒弥斯(Artemis)”。在希腊神话中，阿尔忒弥斯是阿波罗的姐姐，也是月神。NASA以此命名，除了致敬“阿波罗”计划，还希望将女航天员首次送上月球。

美国的登月计划让外界感觉不是很踏实，原因之一是运载火箭老掉链子。

庞之浩说，美国波音公司正在研制“太空发射系统”(SLS)，其将成为有史以来推力最大的运载火箭。该火箭的研制分两步，初级构型下，近地轨道运载能力约70吨，后续改进型则能达到130吨左右，可以满足载人登月甚至登

上火星的需求。

但SLS的研制进展缓慢，原计划2017年首飞，目前已推迟到2020年。许多人对美国能否靠它如期实现载人登月表示担忧。

不过，航天专家黄志澄对美国登月计划有一定信心，认为2024年实现登月的可能性超过一半。他表示，由于受到俄罗斯、中国航天发展的压力，美国加快载人登月脚步的决心很大。

早些时候有外媒报道，特朗普要求为NASA额外追加16亿美元预算，这些资金将加快火箭和登月系统的研发进程。美国副总统迈·彭斯曾透露，特朗普下令在2024年将美国人送上月球。

同时黄志澄表示，NASA采用了与以往不同的方式，联合了许多民间力量，在着陆器、有效载荷等方面与多家民营公司签订了合同。“这样的合作给美国带来了一定优势，不能低估美国的社会力量。”他说。

庞之浩认为，如果美国能够坚持现有方案并持续投资，即使2024年不能实现载人登月，最晚到2028年应该也可以重返月球。而黄志澄认为，像SpaceX、蓝色起源这样的民营火箭

两极将成为未来登月落脚点

1969年7月20日世界时20时17分，阿波罗11号飞船降落在月球静海地区，位置在北纬0度40分26.69秒，东经23度28分22.69秒。

静海位于月面中央的宁静盆地内，面积约为42万平方公里。此后，阿波罗16号、17号飞船也在该地区登陆。

庞之浩介绍，当年受技术能力制约，所有阿波罗飞船都是在月球正面赤道附近着陆。而如今，美国声称有能力落在月球任何一个地方。

虽然美国尚未公布未来登月的确切地点，但

从近年国际探月活动发展趋势来看，月球两极已成为主要目标。

例如，今年1月3日，我国嫦娥四号探测器成功着陆在位于月球背面南极附近的艾特肯盆地冯·卡门撞击坑。在国家航天局公布的探月四期工程后续计划中，嫦娥六号任务计划在月球南极进行采样返回，嫦娥七号要在月球南极对地形地貌、物质成分、空间环境进行综合探测，嫦娥八号也将继续进行科学探测试验，并开展一些关键技术的月面试验，为以后各国共同建设月球科研基地做前期探索。

庞之浩表示，月球两极是人类建设月球基地的理想场所。月球两极存在两种特殊区域：一是永久光照区，可以获得持续稳定的太阳能；二是永久阴影区，已有研究发现，这里可能存在大量水冰。水可以用于航天员的生活，还能原位利用，分解成氢和氧作为飞船燃料。因此，在两极建设月球基地，不仅有利于航天员驻留，还有助于把月球作为跳板进行载人火星探测。相比从地球出发，火星飞船从月球起飞，成本将大大降低。

月球资源的正确“打开方式”

“阿波罗”计划虽然取得了许多科学、技术上的伟大成就，但主要还是服务于政治目的，为此付出了惊人的成本。如今，这种打鸡血般不惜代价也要“到此一游”的登月方式，显然不再行得通。

经过多年“冷静思考”，各国普遍认识到探月活动具有政治、社会、技术、科学和经济等多方面意义。因此，未来人类探月的目标也转变为将科学探索和经济利益相结合，最终目的是开发月球资源，为我所用。前文提到建设月球基地即是为此。

那么，月球上有哪些资源，如何开发？

早些年，月壤中氦-3的发现，让科学家们十分兴奋。

氦-3是被世界公认的高效、清洁、安全、廉价的核聚变发电燃料。据科学家计算，100吨氦-3所能创造的能源，相当于全世界一年消耗的能源总量。氦-3在地球上的蕴藏量极少，全球已知且容易取用的只有500公斤左右，而早期探测结果表明，月球浅层的氦-3含量多达上百万吨，足够

解决人类的能源之忧。实际上，随着人类对月球认识的加深，科学家发现月球氦-3的总储量很可能更多。

不过冷静下来后人们发现，月球氦-3虽多，想用却不容易。其不仅提取过程复杂，要想大批量运输回来，也面临高昂的成本和许多技术难题。

也有人提出在月球永久光照区建设大规模太阳能电站，不过所需的设备和材料怎样运上去，获取的电能如何突破38万公里距离传输回来，这都是当前技术难以解决的问题。

再多困难，也不能限制一些人对开发月球的想象力。2018年，日本一家名叫ispace的民营公司宣称，将于2040年前在月球上建造一座城市，并使其客流量达到每年万人左右。

中国航天科工集团二院研究员杨宇光认为，这是异想天开。人类和月球的故事不是这么发展的。

公司，或将与NASA构成“双保险”。SpaceX甚至有可能先于NASA实现载人登月。

当美国为重返月球壮举大力“总动员”时，其他国家也在推行登月计划。

今年2月，俄罗斯探月计划流出，其中提到计划于2031年完成首次载人登月，2034年着手建设月球基地。为此该国启动了超级重型运载火箭项目。

庞之浩介绍，俄罗斯正在分两步研制新型重型运载火箭“叶尼塞”与“顿河”，它们的近地轨道运载能力分别能达到103吨和130吨。

从技术上说，俄罗斯在大推力液氧煤油发动机领域至今独步天下，他们的问题是钱。为此该国表态将与中国分享重型运载火箭信息，以期用技术换取资金回报。

此外，庞之浩介绍，欧洲、日本均提出过建立月球基地的构想，但尚无实质性进展。

至于小伙伴们关注的中国载人登月计划，恐怕还得等等。黄志澄表示，一方面我国重型火箭研制还需时日，另一方面未来一段时期我国面临的重大航天项目是建设、运营载人空间站。从技术和资金角度考虑，将载人登月计划安排在空间站运营成功之后更为恰当。

第二看台

相差50载 美国新老登月计划有三大不同

实习记者 于紫月

1969年7月20日，随着阿姆斯特朗迈出登月舱的“一小步”，美国终于实现了将人类送上月球的宏伟目标，但仅仅过了3年，“阿波罗”计划就宣告终止。今年5月，美国再次宣布重新踏上登月征途，推出了雄心勃勃的“阿尔忒弥斯”计划，誓言5年内将宇航员再次送上月球。

时光飞逝50载，“阿尔忒弥斯”与“阿波罗”究竟有何不同？美国能否顺利推进新的登月计划？



一为政治 一为经济

“美国开展‘阿波罗’计划的背景是冷战，美苏在太空中激烈竞争，而苏联通过发射第一颗人造地球卫星以及实施人类首次载人航天暂时占据优势地位。”全国空间探测技术首席科学传播专家庞之浩表示，美国朝野上下认为这是严重的政治问题，所以在1961年决定实施载人登月计划，显示美国作为全球首屈一指的超级大国的综合国力和技术实力。“阿波罗”计划的结果是政治上确立了美国航天领域的领先地位，科学上深入认识了月球，技术上取得了诸多突破，经济上靠先进科技拉动发展。同时，美国也凭借“阿波罗”计划积累了丰富的工程管理经验。

“现在，美国在经过多年论证后重启登月计划的原因是认为开发月球的意义更为重要。”庞之浩说，首先月球上有多种地球上没有的矿藏，特别是丰富的氦-3，是地球上稀缺的核聚变原料；其次，月球有丰富的水冰，能够建设月球基地；再者，月球的低重力、高真空环境能够用于生产特殊的材料和药物等。此外，发展载人登月技术能够带动基础科学、高新科技的发展和多学科交叉，而且以月球为跳板能够更快更省地开展载人深空探测。最重要的是，载人登月能够有效拉动经济发展，在“阿波罗”计划产生的3000项专利中有1000多项用于国民经济。

庞之浩认为，“阿波罗”计划以实现政治目标为主，而新的登月计划则主要为了经济利益。月球不属于任何国家，但谁先开发、谁先受益。



科技进步成本降低

“除了目的不同，相比50年前，现在的登月技术也有明显进步。”庞之浩介绍，以飞船为例，虽然新的“猎户座”和“阿波罗”计划中的指令舱外形相似，但其体积更大、载人数量和运送物资更多。“猎户座”服务舱以太阳能作为动力，相比“阿波罗”使用的电池，能源更为充足，且“猎户座”可通过更热防护层实现重复利用，而“阿波罗”则为一次性使用，成本更高。同时，“猎户座”的用途更多，既可用于空间站天地往返，也能用于探月登火，其交会对接自动化程度更高，返回方式更多样，着陆方式也可靠。

“‘阿尔忒弥斯’和‘阿波罗’最大的技术不同点在于借助月球轨道空间站实现可重复登月。”庞之浩谈到，宇航员通过“猎户座”飞船进入月球轨道空间站，平时在空间站中开展科研工作，需要时可使用登月器随时出发降落在月面任何一点，甚至可将其作为登陆火星的前哨站。这种方式技术上更先进，实施起来也更方便。

“既然新的登月计划突出经济利益，新的技术也必然成本更低。”庞之浩还说，“阿波罗”计划中一枚“土星五号”运载火箭的发射成本相当于现在的40亿美元，而美国国家航空航天局(NASA)正在研制的“空间发射系统”借鉴了航天飞机的部分技术，成本要低得多。同时，私营航天公司的参与也会显著降低成本，SpaceX等公司也在研究重型火箭，计划开展环月旅行、载人登月甚至抢在美国政府前面登陆火星。



政治掣肘技术不易

庞之浩告诉科技日报记者，1972年，美国之所以放弃“阿波罗”计划，一方面因为苏联重型运载火箭研制受阻，退出登月竞赛；另一方面则是由于登月耗费巨额资金，影响美国发展空间站、航天飞机等新的太空技术。另外，其与美国陷入越南战争泥潭也不无关系。

“现在，美国政府推动重返月球仍然面临一些困难。”庞之浩表示，首先资金就是个大问题，“阿波罗”计划出于政治目的，可以不惜任何代价，举国之力，连续投入。即使换了总统仍能保持政策一致，但冷战时代早已过去，美国政府能否说动国会再在载人登月上再次投入巨额资金仍是个未知数。其次，政府更迭也会影响登月计划实施。小布什时期就曾提出重返月球，但民主党奥巴马上台后认为再登月意义不大，改为以小行星为跳板载人登陆火星；特朗普执政后虽然维持登陆火星的总目标不变，却将方案路线改为以月球为跳板，回归到小布什的政策。未来这种变化反复可能还会出现。

“从技术上看，美国新的登月计划要实现由登月到驻月的转变，而驻月是一项庞大的复杂工程。”庞之浩指出，比如月球基地的选址要求同时具备水和阳光，而月球赤道阳光充足却没有水，两极水冰丰富却没有阳光，这需要对月球进行更全面的勘探。此外，月球基地的能源系统、生命保障系统、月球航天服、新型月球车等都是必须攻破的技术难题。

建月球科研基地做前期探索。

庞之浩表示，月球两极是人类建设月球基地的理想场所。月球两极存在两种特殊区域：一是永久光照区，可以获得持续稳定的太阳能；二是永久阴影区，已有研究发现，这里可能存在大量水冰。水可以用于航天员的生活，还能原位利用，分解成氢和氧作为飞船燃料。因此，在两极建设月球基地，不仅有利于航天员驻留，还有助于把月球作为跳板进行载人火星探测。相比从地球出发，火星飞船从月球起飞，成本将大大降低。

从月球在航天活动中的定位来看，它绝非人类的“太空家园”。杨宇光认为，早期月球基地开展一些科考活动，像国际空间站那样住4到6人就够了，如果发现大量水资源，需要扩大基地规模进行开采和燃料制备，也不需要太多人。“2050年代人类开始开采月球资源，那就很不错了。”杨宇光说。

所以，几十年后，月球上的剧本可能是这样：某一处大量采用月球原材料，利用3D打印技术建造的半地下式基地，凭借月球发电站和水资源实现一定程度的自给自足。几名工程师和科学家住在里面，管理着智能开采设备和生产厂房，偶尔迎接来自地球的飞船和宇航员，再把他们送往火星。每隔一段时间，他们会收到来自地球的快速，或是等来换班的人。有时候，他们会开着月球车四处探索，在干净的环境里用天文设备仰望星空，或是琢磨怎么把氦-3弄回地球。这是可以预期的开发月球的正确方式。