

# 阿波罗计划的兴衰及其启示：基于工程政治学的考察

## The Rise and Fall of the Apollo Program and Its Enlightenment: An Investigation Based on Engineering Politics

张云龙 /ZHANG Yunlong 宋知寰 /SONG Zhihuan

(西北工业大学马克思主义学院, 陕西西安, 710129)  
(School of Marxism, Northwestern Polytechnical University, Xi'an, Shaanxi, 710129)

**摘要:** 作为20世纪最具标志性的太空探索工程,阿波罗计划的兴衰深刻反映了工程技术与政治社会系统的复杂互动,其本质上是冷战格局下展示国家权威、制度优越性与意识形态的“政治仪式”。尽管该计划的兴衰受到国际关系、社会环境、经济压力和技术可行性等多重因素制约,但“政治决策”始终构成最根本的驱动机制。因此,理解工程内在的政治属性,厘清工程逻辑与政治逻辑的边界,构建政府与市场的协同机制,是巨型工程实现可持续发展的核心要义。

**关键词:** 阿波罗计划 巨型工程 工程政治学 政治博弈

**Abstract:** As a milestone in the history of human space exploration in the 20th century, the rise and fall of the Apollo program reflect the complex interaction between engineering technological and the political and social systems. Essentially, it was a “political ritual” under the Cold War structure to showcase national authority, institutional superiority, and ideology. Although the evolution of the program was constrained by multiple factors such as international relations, social environment, economic pressure, and technological feasibility, “political decision-making” always constituted the most fundamental driving mechanism. Therefore, understanding the inherent political attributes of engineering, clarifying the boundary between engineering logic and political logic, and constructing a collaborative mechanism between the government and the market are the core essentials for ensuring the sustainable development of mega-projects.

**Key Words:** Apollo program; Mega-projects; Engineering politics; Political game

中图分类号: K826.16; N031 DOI: 10.15994/j.1000-0763.2025.12.004 CSTR: 32281.14.jdn.2025.12.004

## 引言

阿波罗计划作为20世纪最具标志性的科技工程之一,实现了人类“九天揽月”的梦想,也深刻影响着全球政治、经济与科技格

局。然而,这一耗资巨大、技术超前的巨型工程(Mega-projects),却在登月成功后仅仅三年便戛然而止,使人质疑其不过是美国政府精心策划的政治骗局。如今,美国阿尔忒弥斯计划、中国载人登月规划的提出,又将阿波罗计划的始末摆上历史讲台。在这一背景下,重新

**基金项目:** 国家社会科学基金重大项目“现代科技中的伦理问题研究”(项目编号: 24&ZD226);教育部哲学社会科学研究重大课题攻关项目“工程科学哲学基本理论问题研究”(项目编号: 23JZD006)。

**收稿日期:** 2025年7月10日

**作者简介:** 张云龙(1974-)男,陕西咸阳人,西北工业大学马克思主义学院教授,研究方向为工程政治学与科技伦理研究。Email: zhyl629@126.com

宋知寰(1997-)男,山东东营人,西北工业大学马克思主义学院博士研究生,研究方向为工程哲学。Email: 804747814@qq.com

审视阿波罗计划的兴衰及其决策中隐含的政治因素,不仅有助于理解20世纪太空发展的历史逻辑,而且能为全球新一轮探月热潮提供策略参考。有鉴于此,本文将以工程政治学为视角,考察政治决策、利益博弈和权力分配对该计划的工程目标和技术选择的影响,进而揭示其对当代巨型工程活动的现实启示与借鉴意义。

## 一、阿波罗计划的兴起

工程的历史与实践充分表明,工程与政治紧密地交织在一起。通常情况下,大型建设方案的决策主导权更多掌握在政治决策者手中,而非工程师群体。<sup>[1]</sup>其原因在于,作为规模化生产实践的集中体现,大型工程建设需要调动巨量人力、物力与财力资源,这必然依赖政治权力对社会资源的系统性调配与组织动员。故而,工程不仅是生产力发展水平的具象化呈现,更是国家意志与治理能力的重要载体;工程不仅承载着技术进步的物质成果,而且构成国家力量投射与国际竞争的关键场域。正是在这一意义上,卡尔·米切姆(Carl Mitcham)正确的指出,技术人工物的诞生,也即工程的兴起“与创造新形式的政治生活是一致的”,<sup>[2]</sup>甚或说工程就是一种“必要的政治”,其全过程深受权力结构、利益博弈与意识形态等政治因素的影响。从而,以政治学为视角探究工程,不仅能为理解工程的本质提供新的理论维度,更对回应当代工程实践中的现实问题具有重要价值。

阿波罗计划堪称工程政治学的经典注脚。长期以来,关于美国航天史的研究通常认为,1957年10月4日苏联发射的“Sputnik-1”卫星让美国政府陷入危机与“技术恐慌”,进而极大地转变了美国航天发展方向,促使美国走上与苏联全面竞赛的道路。<sup>[3]</sup>但实际上,阿波罗计划的序章早在二战结束之际便已悄然开启。二战后期,冯·布劳恩(Wernher von Braun)领导的A-4弹道导弹研究吸引了一心报复盟军的希特勒的注意,并将其重新命名为V-2(意为复仇武器),给予优先性发展,其展现出的火箭技术潜力引起英美苏等国的高度关注。<sup>[4]</sup>

在德国宣布投降十几天后,美军就通过“回形针行动”(Operation Paperclip)把剩余近百枚V2火箭以及相关的一切设备和实验数据抢运一空。阿波罗计划的核心支撑,正是以冯·布劳恩为领军的V2火箭研发团队126位核心成员——他们主持设计的土星5号运载火箭,承担了计划部分飞船的搭载发射任务,是其成功的关键技术支柱。因此,美国历史学家麦克杜格尔(Walter McDougall)认为:“德国工程师所做的工作促使东西方敌人陷入了过早的恐惧和竞争之中,并使自己和设计图成为战争中最珍贵的战利品。”([5], p.41)

与罗斯福认为世界格局需要美苏双方共同维护的构想不同,其继任者杜鲁门没有选择前任的合作政策,而是针对苏联采取了“坚定的态度”,以求逼迫苏联让步——在合作和战后重建问题上承认美国的主导地位。美国政府在此后相继推行了“杜鲁门主义”(Truman Doctrine)“马歇尔计划”(Marshall Plan),建立北大西洋公约组织(NATO),试图从政治、经济、军事上三管齐下,对苏联进行干涉,美苏关系不断恶化。1948年8月,在综合考量了美苏双方的军事力量和政策意图后,美国政府认为要“尽量缩小苏联力量 and 影响,使它们局限于不能再对国际社会的和平与稳定构成‘威胁’”“必须现实地为此而作好准备”。<sup>[6]</sup>尽管此时的美国政府还没有感受到来自苏联的威胁,但已经明确了针对苏联的军事防御理念,这给予美国军方外层空间探索和运载火箭发展极大的推动力。与此同时,兰德公司(Rand)等少数几个研究评估机构认识到卫星会引发国际影响、国内政治和民众心理等问题,并在1950年前后出具了十几份研究报告以论证“卫星与国家安全的关系”“卫星与国外舆论”“卫星作为一个政治武器”等问题,其中《卫星火箭运载工具:政治和心理问题》被称为“美国空间政策的出生证”。([5], p.108)也就是说,美国政府较早地认识到了发射卫星在政治和民众心理上可能会引发的巨大影响。

然而,由于二战结束后军费缩减,时任美国总统的艾森豪威尔主张经济安全与军事安全

同等重要的“大平衡”理念，外加美国政府的技术优越感，没有预料到苏联会率先发射第一颗人造卫星。1957年10月4日，苏联率先发射“Sputnik-1”卫星，仅一个月后又将搭载了一只名为莱卡的狗的“Sputnik-2”卫星送入太空，而美国在此时发射的“先锋号”（Vanguard）火箭在全球直播中失败。这些事实给全球传达着苏联想要宣传的“社会主义更具生命力和创造力”的观念，美苏间存在“外空差距”成为美国真实面临的舆论震荡与社会反应。在这一压力之下，艾森豪威尔不得不放弃保守路线，最终确定了争夺“外空优势”的美国外层空间发展目标。<sup>[7]</sup>

由此可见，阿波罗计划不仅仅是一项单纯的航天科技探索工程，更是美国在冷战背景下进行政治博弈的宣传工具。在美苏两种社会制度激烈对抗的国际环境下，太空竞赛的胜负被赋予了极高的政治象征意义。美国试图通过在太空领域超越苏联，向世界证明资本主义制度在激发科技创新、推动国家发展方面具有无可比拟的优越性，进而吸引更多国家在意识形态和政治立场上向美国靠拢，扩大资本主义阵营的影响力。同时，控制太空被认为有助于提升国家的军事侦察、通信和导航能力，能有效增强战略威慑力。因此，军方通过强调太空技术对国家安全的重要性，积极游说政府加大对航天项目的投入，推动阿波罗计划的实施。（[8]，pp.38-44）而媒体在对苏联航天成就的广泛报道以及对太空竞赛紧张局势的渲染中，营造出一种危机感，使美国公众逐渐形成对“外空差距”的焦虑情绪。政府和军方利用公众焦虑构建起国家安全叙事逻辑，将阿波罗计划描绘成维护美国国际安全和国际地位的关键举措。

美国国内的政治舞台上，政客们也敏锐地察觉到太空竞赛所蕴含的巨大政治价值——通过支持外空发展，政客们可以塑造积极的政治形象，展现其对国家发展和国家安全的高度责任感，从而赢得选民的支持与信任，为自身政治生涯的发展积累资本。民主党年轻的总统候选人肯尼迪精准地抓住了苏联卫星带来的机会，他在1960年发表的《新边疆》（*The New*

*Frontier*）演讲中，以进步主义的姿态表现出要在外空领域与“共产主义制度一较高下”的决心，通过科技和军事巩固美国在两极格局中优势地位的想法。<sup>[9]</sup>与之相反，保守的艾森豪威尔认为，苏联卫星事件并不意味着美国出现“国家安全危机”，更并不意味着“社会主义的全面胜利”。但是，“苏联对宇宙空间的开发也打击了美国政府的威望，……一种摇摇欲坠的经济，……一个风雨飘摇的国际形象，为民主党构成了吸引选民的有力的结合体。”<sup>[10]</sup>在这种“内忧外患”的情况下，在“外空差距”上大做文章的肯尼迪最终赢得总统选举，而其继任后提出的“十年内登月”的宏伟目标，更是成功激发了美国民众的民族自豪感和爱国热情，极大提升了政府支持率和民众凝聚力。

总之，阿波罗计划的兴起绝非一场单纯地科技活动，而是多重因素共同作用的结果。冷战政治格局下的太空霸权竞争是其直接驱动力，“登月”目标被赋予了强烈的政治象征意义。当然，这并不意味着该计划只是“政治活动”，追求科技进步同样是其不可或缺的重要目标。事实上，二战后对德国火箭技术和人才的吸纳、美国国内长期航天技术积累和强大工业体系的协同，让美国在科学探索、技术突破与人才培养等方面取得了实质性进展，从而为阿波罗计划的实施提供了可能性和可行性。换言之，工程与科学逻辑构成了阿波罗计划的“可持续轨道”，而政治则为其提供了“加速度”。

## 二、阿波罗计划的实施与终止

如上所述，在国内外政治博弈的格局下，阿波罗计划作为一项“国家工程”隆重登场。依靠美国政府在管理上的重大革新——系统性地将政府、工业部门和大学融为一体，采用计算机统筹数十万人以增强协同能力、提高质量管控技术等，美国终于在1969年7月成功将阿波罗11号送入太空，完成载人登月计划。此后，也就是1969至1972年间，该计划执行了阿波罗11-17号6次载人登月任务。在这一过程中，从月球多地质单元带回381.7千克岩石、土壤

样本,并通过相关研究为“大碰撞起源说”提供了一定的分析依据;月球起源被断定为46亿年前,且岩石极度干燥的特征为行星演化研究提供关键对比。与此同时,任务还产生大推力液体火箭发动机、导航制导与控制等大量创新技术,带动了集成电路和系统工程的发展。质言之,该计划推动比较行星学等学科发展,其催生的技术还惠及民用领域,科学价值甚至超过政治初衷。<sup>[11]</sup>这意味着,阿波罗计划最初源于政治动机,而成功登月之后,逐渐从“政治仪式”转向“科学探索”。

然而,吊诡的是,这一转变并未赢得持续的政治与公众支持。该计划成功之后,美国的太空探索就开始变得迟缓,原计划10次载人登月最终仅执行6次,美国就退出了月球阵地。从工程政治学的视角看,这种断崖式衰退反映出美国的太空探索在冷战战略转型期的政治博弈、经济压力与技术传承中的复杂境况。

首先是国际政治博弈。正如温纳(Langdon Winner)所言:“要搞清楚哪些技术、哪种社会环境对于我们是重要的以及为什么如此,这必须同时理解特定的技术体系以及它们的历史,也要充分领悟政治理论的概念和争议的要点。”([12], p.199)阿波罗计划的兴起具有复杂的政治、历史背景,其实施与终止同样如此。“外交是内政的延伸”,内政也受到外交的影响。在冷战背景下,原本应服务于资源开发、开拓科学边界的阿波罗计划,成为冷战政治场域,既是军备竞赛与情报获取的载体,也是意识形态博弈的竞技场,科学研究、人类福祉等则被迫居于其后。当时,首位踏上月球的人并不会也没有宣告自己对月球的占有,大众对此也并不在意,但政府和媒体却会宣称此国家将拥有整个月球。阿姆斯特朗帮助美国实现了这个政治目标,证明了其在太空探索领域的领先地位。而苏联由于技术细节、管理混乱、理念冲突等问题频发,N-1运载火箭连续试射失败,难以有力地回应“登月”和“绕月”任务,只能无奈声称“苏联从未打算登上月球”。<sup>[13]</sup>带有明确政治意味的目标一旦达成,就会很快衰落,因为再没有什么迫切的东西吸引赢家;败

者则无心也无力去探索新的边疆。

如果说阿波罗计划是“政治驱动+工程执行”的经典案例,那么苏联登月计划的失败,就是“政治干预+工程失序”的反面教材。苏联的载人登月计划始于1962年,最初由航天总设计师科罗廖夫提出。然而,苏联的登月工程始终深陷“政治主导、部门割裂、信息封闭、经济衰退”的多重困境。原因在于,这一决策并非基于技术可行性,而是出于高层对科罗廖夫政治忠诚的偏好。与此同时,由于“将大量资本倾注在与重工业和国防有关的生产上,从而使其他众多经济部门投资不足。这样,就造成了苏联经济的相对停滞”,<sup>[14]</sup>其登月计划因为缺乏经济支持而难以为继。而且因为整体计划始终处于“黑箱”状态,科技人员、社会公众难以进行有效反馈和支持。因此,苏联的失败并非技不如人,而是政治、经济结构无法支撑巨型工程的可持续运行。具有讽刺意味的是,苏联在无人探月领域却取得了显著成效,1959年“月球2号”首次撞击月球,1966年“月球9号”首次实现月面软着陆,1970年“月球16号”更是首个自动取样并返回的无人月球探测器。<sup>[15]</sup>这些成就正是得益于政治干预较少、技术目标单一、周期可控的“小工程”逻辑。而一旦进入“载人登月”这种与意识形态关联的巨型工程领域,政治过度嵌入便可能导致系统失衡,最终走向“沉默的终结”。这充分说明,政治可以启动工程,也可能成为工程失败的根源。

阿波罗11号登月成功后,美国在太空竞赛中赢得霸主地位,对苏联而言,他们没有再将“月球计划”继续下去的意义了。苏联明确表示,未来对外空探索的目的是“解决人类发展历史中关键、根本性的科学技术问题”“增进人类福祉和国民经济”,并于1976年“月球24号”发射后终止了“月球计划”。([8], p.187)对美国来说,20世纪60年代末尼克松政府开始承认“美国不再具有战后那种发号施令的地位”,世界进入一个多极外交的新时代,应该以一种灵活的态度即“鼓励盟友分担责任”和“以谈判代替对抗”来处理外交关系。<sup>[16]</sup>尽管美苏双

方在意识形态上依然存在深刻分歧，但为了避免核战争的灾难性后果，他们开始探索通过对话和协商解决问题的途径。在这一缓和的背景下，太空竞赛的意识形态价值逐渐减弱，太空领域的对抗不再是外交核心，政府开始将更多的资源和精力转移到其他领域。

其次，国内的经济压力。在实施阿波罗计划的11年中，美国共耗资255亿美元，其中仅运载火箭即土星5号的研发与制造就耗费94亿美元。<sup>[17]</sup>这是一个需要巨大经济实力才能延续下去的项目，但60年代末的越南战争、“伟大社会”（Great Society）计划的福利支出、在全球工业制造和贸易市场的占比下降等让美国政府深陷财政赤字的泥潭。自1950至1971年，联邦政府支出在20年里增加了4倍，美国政府迫切地想从各方面紧缩开支，<sup>[18]</sup>已经完成政治任务的阿波罗计划自然首当其冲。尼克松就任不久便授权成立了“太空任务小组”（Space Task Group），以评估当时的太空政策与太空探索任务。STG秉持着经济性、可持续和实际应用等原则认为应将太空探索重点从短期的登月竞赛转向更长期、更具可持续性的目标，并提出一系列计划，其中包括空间站、航天飞机、月球基地等，但由于预算和民众支持问题，NASA开始将太空计划的焦点转向航天飞机项目的研发，（[19]，p.143）预算也从峰值1965年的52.5亿美元缩减至1971年的33亿。<sup>[20]</sup>这种“平衡”的态度意味着美国政府放弃了阿波罗式集中资源追求单一目标的模式，转而寻求更综合、更符合国家长期利益和民众期待的太空发展路径。同时，1971财年预算决定无限期暂停土星5号的生产，NASA负责人也决定牺牲土星5号预算来换取国会和总统对空间站和航天飞机的支持，最终在1972年确定不再保留重新启动土星5号生产所需的工业能力。（[19]，pp.118-119）而进行部件设计与制造的合同商，如波音、北美航空、道格拉斯以及IBM公司均将生产线转向其他设备，其他的中小型供应商也基本退出。

再次，国内政治格局的转变。物理学家温伯格（Alvin Weinberg）认为，在没有战争的

和平年代里，如果建立大科技工程所需的大规模支出吸干了稀缺的资源，并将科学家从探索与人类生存条件更密切相关的领域引开的话，那么，大多数人宁愿选择一个优先考虑如何治愈癌症的项目，而不是把第一个宇航员送上火星。<sup>[21]</sup>在首次登月的巨大成功后，后续的阿波罗任务虽然在科学探索方面有着重要意义，但公众对这些任务的关注度明显降低。事实上，受太空事件、国家政策及冷战氛围等因素左右，民众对于外空探索的支持波动较大。1961年5月底，Gallup民意调查显示58%的美国人不希望花费预计的40亿美元用于太空探索，支持的人仅占33%；受谢泼德（Alan Shepard）进入亚轨道飞行和肯尼迪《我们选择登月》（*We Choose to Go to the Moon*）演讲的影响，1962年的登月支持率上升至52%。但一直到登月前夕，大多数人也只是认为在阿波罗10号的基础上“再进一小步”登上月球是合理的，却不意味着他们认同这个计划的花费高达40亿。因此，当人类首次踏上月球的新鲜感消退后，后续任务的支持率和吸引力大不如前。1973年，高达61.4%的人认为太空探索投入过高。<sup>[22]</sup>媒体的报道热度随之下降，公众将更多的注意力转移到了其他社会问题上。而且随着美国国内经济形势的变化，政府需要将更多的资金投入解决通货膨胀、失业等经济问题以及改善社会福利等民生领域。在此背景下，国会最终决定取消阿波罗后续任务，这一决策标志着阿波罗计划在政治背景、经济压力和社会舆论下开始走向终结。

随着阿波罗计划的终止，美国太空探索在后续一段时间进入了相对沉寂的状态。苏联在太空领域的发展也因国内经济、政治决策等方面问题陷入困境，曾经激烈的太空竞赛近乎在一瞬间失去了往日热度。然而，太空探索的价值和梦想并不会因为政治博弈而被磨灭。随着国际形势的缓和、商业航天的兴起，太空探索的格局正在发生新的变化。当前，不论是中国、美国、俄罗斯，还是其他航天组织都在积极寻求国际合作，这在一定程度上打破了政治壁垒，让不同国家的科学家和工程师能够为了增进人

类福祉而共同努力。

### 三、阿波罗计划的当代启示

阿波罗计划的兴衰证明了温纳的观点：“科学知识、技术发明和集团利益以一种根深蒂固的模式互相强化，这种模式带有毋庸置疑的政治和经济权力的烙印。”（[12]，p.190）科学发展和工程建设绝不是价值中立的客观存在，因此，当工程建设被赋予过多的政治内涵，科技方向在政治利益与社会影响间摇摆，人类需要以阿波罗计划的经验教训为鉴。通过工程政治学的分析，我们可以明确其给当前太空探索活动带来的诸多启示。

首先，充分理解工程的政治属性。通常情况下，大型建设方案的决策与其说是由工程师做出的，不如说是由政客与投资人决定。美国技术人类学者帕法芬伯格（Bryan Pfaffenberger）认为政治群体、价值和人造物是在彼此互动中相互且反复地建构的，设计师往往倾向于归属社会主导阶层，并且会创造巩固他们统治优势的人造物。<sup>[23]</sup>帕法芬伯格将之称为“技术戏剧”（technological drama），因其一方面“物”，另一方面又是一种“政治仪式”（political ritual），作为政治目标的现实媒介存在。阿波罗11号的发射现场吸引了超过一百万的人群，全世界观看发射现场直播的观众人数也达到了创记录的六亿人。这无疑是一场绝佳的“政治仪式”，为美国民众形成国家和政治价值认同提供了载体。阿波罗11号在发射和登月之际，在现场、电视、广播前接收直播和后续在报纸上观看报道的人们被置于同一时空，美国政府通过镜头和语言上演了一场盛大的“国家故事”，形成了一种在当时固化、在后世可被有选择性唤起的“针对同一时空政治经验的大规模趋同”的政治记忆。<sup>[24]</sup>在国内，它集中展现了美国当时的国力和技术水平，在政治文化、政治价值和国家体制的塑造、宣传中都获得极大成功；在国外，即使竞争对手苏联也不得不承认自己在舆论、技术、意识形态等各方面都已落下风。其不仅塑造和维护着权

力系统的行政合法性，也是权力生产与再生产的一种特殊方式。然而，“其兴也勃焉，其亡也忽焉”，阿波罗计划在辉煌之后迅速走向沉寂，究其根本，是其作为一项科技工程，却不能在科学目标、经济可行性与公众参与之间达成平衡，这也说明了依靠短期政治动员驱动和单纯以政治目的为内核的科技活动无法长期持续。

其次，明晰工程与政治之间的界限。的确，工程活动尤其是公共工程离不开政治权力的动员与组织，也离不开国家财政的支持，然而，两者之间也存在着明显的逻辑差异，因而决不能混淆其界限甚至以政治取代工程。政治作为社会资源的权威性分配机制，其决策本质上受“权力合法性”与“意识形态叙事”双重驱动，具有鲜明的短期博弈特征，尤其在冷战等特殊历史语境中，这种特征常表现为“符号性胜利优先于实际效益”的决策倾向。而工程，尤其是以公共财政为基础的巨型工程，其核心价值不在服务单一意识形态目标，而在于通过集体选择机制实现“帕累托改进”（Pareto Improvement）——即工程收益在不损害部分群体利益的前提下增进社会整体福利。故而，工程的“技术-经济”逻辑要求资源投入的稳定性与效益转化的可持续性。如果背离这一原则，将会陷入“意识形态工具化”误区，最终导致所谓的“政府失灵”。

阿波罗计划作为政治符号，遵循政治优先的原则，其效益评估陷入“单向度”陷阱——仅以“是否实现政治目标”为衡量标准，忽视成本-收益的平衡。20世纪60年代早期，美国政府科研经费在整个国家科研经费中的份额占到66%，而其中的85%都与国防和空间技术有关，<sup>[25]</sup>但整体空间技术的转化率却远低于同为大型科技工程的曼哈顿工程。而且，阿波罗计划结束后，美国航天产业就业人数骤减40%。“登月竞赛”对工程原有逻辑造成扭曲——优先保障“载人登月”这一政治任务，而非系统化的航天产业发展。<sup>[26]</sup>投资如此巨大的巨型工程，除了短期内获得了意识形态的胜利之外，并没有让公众获得现实性的利益，其成本与收

益之间的巨大反差，成为难以持续的根本原因。这明确宣告，巨型工程作为国家能力的物质载体，其可持续性根本上取决于能否建立政治逻辑与工程逻辑的缓冲机制。如果能建立基于成本-收益分析的预算约束与相对独立于政治权力的专家咨询体系，以及公众参与的开放渠道，才能避免类似工程沦为“政治锦标赛”的工具，真正实现其作为公共利益的本质属性，成为增进公共福祉、推动社会进步的可持续力量。

第三，政府与市场的互补有助于工程的可持续发展。阿波罗计划的初期成功，充分印证了政府在公共物品供给中的不可替代性。作为战略性工程，其实质上是“国家意志”主导的公共物品。1957-1967年间美国研究与发展（R&D）经费年均增速达15%，十年间经费规模近乎增长4倍，突破150亿。科研人才储备方面，NASA直属研究机构的科学家和工程师数量从1960年的10000人攀升至1966年的36000人；以合同形式吸纳的外部科研力量更是大幅扩张，私营企业、研究机构和高校的合作科研人员从36500人激增至376700人，这些合同合作方成为阿波罗计划的核心人才支撑体系，形成政府主导、高校与企业协同科研的创新生态，使得美国后期不仅在航天领域，其他行业也出现了井喷式的技术突破。<sup>[27]</sup>毫无疑问，这种“政府全包”模式在短期内展现出强大的资源聚合能力。但局限性也暴露无遗，由于缺乏市场参与的长期成本约束机制，NASA的预算管理不断向“目标导向”膨胀，土星五号火箭单枚制造成本高昂，且难以量产化；阿波罗飞船的技术方案专注于“一次性登月”，在规划阶段就放弃了可重复利用的设计思路，导致单位发射成本是后来SpaceX猎鹰九号的数倍。

经济学家缪勒（Dennis C. Mueller）指出：“随着社会规模的增大，一种自愿提供的公共物品的供给不足及其相对供给不足的数量会扩大。”<sup>[28]</sup>为了满足社会需要，仅靠财政支持是不够的，还需要市场来提供公共物品。故而，政府与市场的功能互补，理应构成巨型工程可持续发展的内在逻辑。从公共经济学视角看，工程的公共物品属性与其创新风险特征存在显

著差异，防洪设施、基础科研平台等纯公共物品类工程依赖政府财政的公益性投入，而航天探索、人工智能研发等具有颠覆性潜力的高科技工程，则需引入市场力量破解供给悖论。更关键的是，市场缺位违背了创新可持续性原则。可能导致技术转化链条断裂。阿波罗计划的诸多技术专利难以实现商业化应用，正是源于政府主导的内在缺陷，即决策层更关注“政治目标达成”而非“经济价值转化”。

而以市场为核心的SpaceX公司，则以火箭回收技术大幅降低发射成本，引入风险投资，形成比政府拨款更严格的成本-收益机制，实现从“一次性火箭”到“可复用航天器”的转向，毫无疑问是对阿波罗计划遗产的成功商业化改造。<sup>[29]</sup>故而，政府与市场的边界需依据工程属性动态调整，也即是说，对于国家战略必需、市场不愿介入的纯公共环节，政府应承担风险兜底责任；而在具有商业潜力的应用领域，则需通过采购合同、专利开放等政策工具，引导市场主体参与。这种“政府搭台、市场唱戏”的模式，既能保障公共利益的底线，又能释放创新活力，为高科技工程构建“政治—经济—社会”的价值协同实现机制。

## 结 语

工程是人的本质力量的集中体现，人是政治动物，工程也因此打上了政治的烙印。阿波罗计划作为冷战格局下太空霸权的争夺、国内政治利益权衡、技术储备积累与人才集聚吸纳等多重因素交织作用的产物，本质上是美国彰显其制度优越性的“政治仪式”。然而，伴随冷战局势缓和、经济负担加剧以及民众关注度下降，该计划迅速走向终结，这一过程深刻表明，单纯以政治目的驱动的科技活动，缺乏可持续发展的内生动力，难以长期维系。历史雄辩地证明，工程与政治始终处于深度交织的复杂关系中，但作为人类文明的不同实践领域，二者既存在功能耦合，又各具不可替代的本质规定性——工程遵循技术可行性、效益最优化的内在规律，政治则依托权力配置、利益协调的运

演逻辑,这种差异构成了社会发展的结构性张力。因此,在巨型工程持续涌现的时代,唯有厘清工程逻辑与政治逻辑的界限,构建政府与市场的协同治理机制,才能确保工程实践既回应国家战略需求,又扎根社会民生土壤,最终实现兼具可持续性、普惠性的健康发展,真正成为增进人类福祉的伟大杰作!

#### [参考文献]

- [1] Singh, A. 'Engineering Mixes with Politics'[J]. *Construction Innovation*, 2012, 12(2): 128-132.
- [2] 卡尔·米切姆. 通过技术思考——工程与哲学之间的道路[M]. 陈凡、朱春艳译, 沈阳: 辽宁人民出版社, 2008, 253.
- [3] 石海明、曾华锋. 工程、冷战及国家安全[A], 姜振寰: 技术传承与社会认知[C], 北京: 中国科学技术出版社, 2015, 26.
- [4] Levine, A. *The Missile and Space Race*[M]. Westport: Praeger Publishers, 1994, 5.
- [5] McDougall, W. *The Heavens and the Earth: A Political History of the Space Age*[M]. Baltimore: JHU Press, 1997.
- [6] 王玮. 美国对苏遏制战略的起源——兼评NSC20号系列文件[J]. 西南师范大学学报(哲学社会科学版), 1998, (1): 122-126.
- [7] 张杨. 冷战与美国的外层空间政策(1945-1969)[D]. 长春: 东北师范大学, 2005.
- [8] 范海虹. 苏联与美国外层空间竞争研究(1945-1969)[M]. 北京: 九州出版社, 2014.
- [9] Presidential Campaign Files. 'The New Frontier: Acceptance Speech of Senator John F. Kennedy Democratic National Convention'[EB/OL]. <https://www.jfklibrary.org>. 1960-07-15.
- [10] 小阿瑟·施莱辛格. 美国民主党史[M]. 复旦大学国际政治系译, 上海: 上海人民出版社, 1977, 379-380.
- [11] 孙烈、李成智. 美国“阿波罗计划”科技创新的得失[J]. 中国科学院院刊, 2025, 40(S2): 182-191.
- [12] 吴国盛. 技术哲学经典读本[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2008.
- [13] Siddiqi, A. *Challenge to Apollo: The Soviet Union and The Space race(1945-1974)* [M]. The NASA Historical Series. Washington, D.C.: NASA, 2000, 668.
- [14] 李华. 初析1953-1964年苏联航天技术领先于世界的动因——兼评存在的问题[J]. 自然辩证法研究, 2000, 16(6): 45-49.
- [15] 何绍改. 国外探月之路——美苏等国探月活动大事纪略(1958年-2007年)[J]. 国防科技工业, 2007, (11): 82-86.
- [16] 刘艳、李晓燕. 国际关系史[M]. 北京: 中国政法大学出版社, 2016, 268.
- [17] Dreier, C. 'An Improved Cost Analysis of the Apollo Program'[J]. *Space Policy*, 2022, 60: 101476.
- [18] 吉尔伯特·菲特、吉姆·里斯. 美国经济史[M]. 司徒淳译, 沈阳: 辽宁人民出版社, 1981, 796.
- [19] Logsdon, J. *After Apollo? Richard Nixon and the American Space Program*[M]. New York: Palgrave Macmillan, 2015.
- [20] NASA. 'Aeronautics and Space Report of the President(1980 Activities)'[R/OL]. <https://www.nasa.gov/history/history-publications-and-resources/aeronautics-and-space-report-of-the-president/>. 2024-01-24.
- [21] Weinberg, A. *Reflections on Big Science*[M]. Cambridge, Massachusetts and London: The MIT Press, 1967, 65.
- [22] Dick, S. *Historical Studies in the Societal Impact of Spaceflight*[M]. Societal Impact Series. Washington, D.C.: NASA, 2015, 15-19.
- [23] Matthewman, S. *The Technology and Social Theory*[M]. New York: Palgrave MacMillan, 2011, 80-81.
- [24] 王海洲. 政治仪式: 权力生产和再生产的政治文化分析[M]. 南京: 江苏人民出版社, 2016, 254.
- [25] 张杨. 冷战时期科学家与美国的空间决策——兼及肯尼迪政府科技政策转型的动因[J]. 世界历史, 2006, (1): 31-38.
- [26] Gerald, M. 'Steinberg. Comparing Technological Risks in Large Scale National Projects'[J]. *Policy Sciences*, 1985, (18): 79-93.
- [27] 樊春良. 美国技术政策的演变[J]. 中国科学院院刊, 2020, 35(8): 1008-1017.
- [28] 丹尼斯·C. 缪勒. 公共选择理论(第3版)[M]. 韩旭等译, 北京: 中国社会科学出版社, 2010, 25.
- [29] 赵凯、王文正. 商业思维下SpaceX公司“星链”计划发射成本浅议[J]. 航空工业管理, 2023, (1): 67-72.

[责任编辑 李斌]