

大科学工程史研究的元理论问题

王续琨¹, 冯 茹²

(1. 大连理工大学公共管理与法学学院, 辽宁大连 116024;

2. 大连行政学院经济学教研部, 辽宁大连 116013)

摘 要: 大科学工程史是以大科学工程的演进历程作为研究对象的工程史分支学科, 目前尚处于萌生阶段。以 20 世纪 30 年代为时间起点的大科学工程史, 基本研究论题包括大科学工程的立项规划、研制施工、运行管理、社会效果等四个方面。打通大科学工程史的研究进路, 当前需要理清并处理好大科学工程史与其上位学科、下位学科、同源近邻学科的关系。

关键词: 大科学工程史; 工程史; 新兴学科

中图分类号: G301; N09 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-4969(2017)04-0377-07

20 世纪 80 年代初中国学术期刊出现以“大科学”作为篇名主题词的文献^[1], 90 年代中期出现以“大科学工程”作为篇名主题词的文献^[2]。时至今日, “大科学”已经成为人们论说现代科学技术演进特征、发展态势的一个热门词汇, 而“大科学工程”正在成为一个有吸引力的研究热点。将已有研究成果导入学科化发展轨道, 创建以大科学工程为对象的新学科 (包括大科学工程史、大科学工程哲学、大科学工程学等), 理应引起学术界的高度重视。

历史的经验需要总结, 值得总结。以大科学工程的演进历程作为研究对象的大科学工程史, 是工程史的一门待建分支学科。本文探讨的大科学工程史的时间起点、研究论题、研究进路, 均属于大科学工程史的学科元问题。

1 大科学工程史的时间起点

讨论大科学工程史的起点, 首先关涉大科学工程概念的界定。近年来, 中国学者参与大科学工程研究, 为“大科学工程”做过多种定义。有

的学者认为, 大科学工程主要指自然科学的探索性研究和具有前沿科学性质的大工程^[3]。也有的学者认为, 大科学工程是基础研究的一个重要组成部分, 也是科学研究的国际前沿领域^[4]。还有的学者从“大科学工程”的语义出发, 认为“大”既单独修饰“科学”又可以单独修饰“工程”, 从而将大科学工程区分为“大科学—大工程”和“大科学—小工程”两种类型^[5]。

大科学通常是指研究规模大、参与人数多、投入经费多的科学活动或科学研究项目。这个解释虽然算不上公认的定义, 但还是能够为多数人所接受的。“大科学工程”这个术语中的“工程”, 不是泛化的广义工程概念, 不包括价值工程、工业工程、金卡工程等软工程, 更不包括希望工程、蓓蕾读书工程、菜篮子工程等社会工程, 仅指作用于自然界、建造人工自然物的工程。

我们认为, 大科学工程的“大”字可以理解为其对“科学工程”概念整体的修饰, 也可以将其理解为既是对“科学”概念的修饰, 又是对“工程”概念的修饰。一般而言, “科学工程”是指负载着

科学探索使命的工程活动或工程项目。为进行水力学模拟实验而修建小型混凝土水坝模型、防波堤模型, 为研究微观粒子的运动轨迹而制造云雾室、气泡室, 在特定意义上均可以看作是科学工程, 但由于规模较小, 都不属于大科学工程。大科学和大工程的有机整合, 才是大科学工程。讨论至此, 我们为大科学工程做出一个初步的界定: 大科学工程是指建造用于重大科学研究项目的观测实验装置、验证重大科学理论-技术原理的物质装备的大型工程活动。前者如大型粒子对撞机、大口径射电望远镜等, 可以称之为科学探索型大科学工程; 后者如原子弹研制、核聚变反应堆建设等, 可以称之为技术开发型大科学工程。

大科学工程围绕着建造用于科学目的的工程产品(包括仪器、装备、设施等)来进行。没有工程产品建造过程的科学活动, 可能是大科学活动, 但绝不会是大科学工程。20 世纪中期的 DNA 分子结构研究, 参与人数不多, 主要借助于 X 射线衍射仪、照相机等已有仪器和装备来进行, 因此不能视之为大科学工程, 也不能视之为大科学。20 世纪 90 年代正式启动的人类基因组计划, 虽然其中包含研制并不断改进基因测序仪器的过程, 但并不以仪器研制为基本目标, 因此只能将其看作是大科学活动。一般而言, 大科学工程必定包含大科学, 但大科学并非都是大科学工程。区分大科学项目与大科学工程项目, 主要看是否存在工程产品的建造过程。

大科学工程是一个动态活动过程, 离不开科学研究所应用的基础设施。基础设施当然属于工程产品。然而, “大科学工程是科学技术领域的大型基础设施”^[6] 这种说法并不准确, 应该说: 科学技术领域的大型基础设施建设项目是大科学工程。2008 年 12 月, 在贵州省平塘县克度镇金科村一片名为“大窝凼”的喀斯特洼地中开工建设迄今世界最大单口径射电望远镜, 该项目被命名为 FAST 工程。作为一项大科学工程, FAST 工程

包括从项目规划、设计、立项到施工、试运营、运行维护的整个过程。500 米直径球面射电望远镜是 FAST 工程的产物, 但不能将这个目前独步天下的射电天文设施本身等同于大科学工程。

基于前述大科学工程定义, 我们可以对科学史上最早的大科学工程进行认定, 从而确认大科学工程史的时间起点。有学者认为, 17 世纪下半叶法国皇家科学院组织的地球考察和测量, 类似于今天的大科学工程^[5]。据《近代科学的建构: 机械论与力学》一书的记述, 法国皇家科学院拥有较为充裕的资金, 科学家拥有欧洲最好的设备, 能够完成一些别人无法完成的研究项目。皇家科学院主持测量了地球表面每分弧的长度, 据此确定了地球的大小; 借助于对南美洲的考察大致确定了地球至火星的距离, 而且间接地确定了太阳系的大小^[7]。显然, 法国皇家科学院组织的地球科学研究活动, 动用了较多的人力、物力和财力, 属于当时的大科学活动。但由于这些活动使用先期已有的“欧洲最好的设备”, 不包含观测器具的研制即工程产品的建造过程, 缺少严格意义的工程环节, 因而不能将其视之为大科学工程。

依据科学技术史所提供的史料, 我们初步判定, 人类历史上的早期大科学工程出现于第二次世界大战前夕和战争期间。因此, 大科学工程史的时间起点是 20 世纪 30 年代。德国的运载火箭研制、美国的原子弹研制, 是早期大科学工程的范例。从指向性方面来看, 运载火箭研制、原子弹研制都以制造新武器、满足战争需要为目的, 是货真价实的军事工程, 但其中渗透着厚重的科学因素。所谓科学因素, 不仅指研制活动建立在大量科学成果的基础上, 而且指研制过程隐含着某些科学目的, 如科学理论的实践检验、新科学理论的创建和科学学科的发展等。

德国的运载火箭研制计划没有专门命名, 但由于一直由沃纳·冯·布劳恩(Wernher von Braun, 1912-1977) 参与和主持因而保持其连续

性。1934 年, 冯·布劳恩以一篇关于火箭发动机理论和实验研究的论文获得柏林大学的博士学位。1936 年, 由德国军方出资, 在波罗的海海滨城镇佩内明德建起了火箭研究中心。在怀揣空间飞行科学梦想的冯·布劳恩的领导下, A-1、A-2、A-3、A-5 系列火箭经过不断改进, 性能逐步有所提高。为了造出功率更大的 A-4 型火箭, 冯·布劳恩先后组建了多个研究组和实验室, 邀请一些大学的物理学家、化学家、工程学家到佩内明德来工作, 逐个解决研制中的各种科学问题。1942 年 10 月 3 日, A-4 火箭发射成功。装有弹头的 A-4 火箭, 后来被命名为 V-2 导弹。据埃里克·伯高斯特 (Eric Berghust) 《现代航天之父——布劳恩》一书记述, 1945 年年初从佩内明德火箭研究中心撤出的研究人员和其他人员多达近 5000 人^[8]。1945 年 5 月, 冯·布劳恩团队 500 多位科学家、工程师携带大批研究资料主动向美军集体投诚, 其中的 114 人后来到了美国, 成为发展航天科学的骨干力量^[9]。冯·布劳恩所领导的火箭研制活动持续了十几年, 极大地促进了空气动力学、喷气动力学、火箭学、火箭外弹道学、火箭发动机学、火箭装配工艺学等学科的发展, 为航天学、航天工程学、航天器动力学、航天材料学等空间科学学科的兴起奠定了不可或缺的基础。

众所周知的曼哈顿计划, 从 1942 年 6 月开始实施, 先后有数十万人参与研制工作, 其中聚集了 1000 多位科学家, 耗资 25 亿美元, 历时 3 年, 于 1945 年 7 月 16 日成功地进行了世界上的第一次核爆炸。曼哈顿计划不仅获得了造出两颗实用原子弹的工程成果, 而且获得了丰硕的科学成果, 如恩利克·费米 (Enrico Fermi, 1901-1954) 验证了核裂变链式反应的可控性、吴健雄 (1912-1997) 解决了链式反应的连续性问题等, 推动了原子核物理学、核物理电子学、核工程学、核反应堆屏蔽工程学、铀转化工艺学等学科的发展, 对计算机科学、系统工程学、价值工程学等学科起到了催生作用。

2 大科学工程史的研究论题

大科学工程史以历史上的大科学工程作为研究对象, 在特定的历史语境中探讨大科学工程与社会各方面的关系, 总结大科学工程发展的历史经验。大科学工程史的基本论题, 主要包括大科学工程的立项规划、研制施工、运行管理、社会效果等四个方面的研究。

2.1 大科学工程的立项规划研究

大科学工程由于投入大、耗时长, 通常需要在国家层面进行整体规划、组织人力、配置资源, 因此立项规划过程比较严谨、严格, 谋划周密, 论证充分。美国的登月计划酝酿于 20 世纪 50 年代。1957 年 10 月 4 日苏联发射第一颗人造卫星, 揭开空间时代的序幕。美国总统艾森豪威尔 (1890-1969) 于 1958 年 8 月 8 日签署命令, 要求国家航天局负责执行载人太空飞行计划, 同年 11 月该计划被命名为“水星计划”。1961 年 4 月 12 日, 苏联成功地发射了第一艘载人宇宙飞船“东方号”, 开辟了航天事业的新纪元。为了缩小与苏联的“空间差距”、夺回空间霸权, 美国总统约翰·肯尼迪 (1917-1963) 于 1961 年 5 月 25 日向国会提交特别咨文《国家的紧迫需求》, 阐释空间探索的重大任务: 在 60 年代末将人送上月球并安全返回。肯尼迪提出的登月目标, 得到了国会的一致支持。经过一年多的研讨论证, “阿波罗登月计划”的框架基本完成, 但在登月方案上没有形成一致意见。直接登月法、月球轨道交会法、地球轨道交会法三种主要方案经过反复比较, 直到 1962 年 7 月 11 日美国航空航天局才正式宣布选定月球轨道交会法^[10]。自 1961 年至 1972 年阿波罗 17 号飞船完成最后一次登月飞行为止, 阿波罗登月计划历时 11 年, 耗资 255 亿美元, 其间于 1969 年 7 月 16 日实现第一次登月飞行, 先后 6 次将 12 人送上了月球。在工程实施的高峰时期, 有 2 万家企业、200 多所大学和 80 多个科学研究机构参与其中, 总人数超过 30 万人, 其规模超过了战时的曼哈顿计划。

大科学工程的立项规划研究, 包含大科学工程的立项背景、立项依据、立项原则、立项程序和规划目标、规划内容、组织设计、路径选择等具体课题。国际性的大科学工程项目, 还需要研究各国之间的合作方式、协商机制、成果共享等方面的制度安排。

2.2 大科学工程的研制施工研究

大科学工程从进入研制或施工阶段到工程产品(仪器、装备、设施等)完工, 通常需要几年时间。包含多项工程产品的组合型大科学工程项目, 研制或施工周期甚至达到十几年。20 世纪 50 年代中期, 面对国际上核讹诈和军备竞赛的严峻局势, 为了保卫国家安全、维护世界和平, 以毛泽东(1893-1976)为核心的新中国第一代领导集体, 高瞻远瞩地做出了独立自主研制“两弹一星”(初期指导弹、原子弹、人造卫星, 后来指导弹、包括原子弹和氢弹的核弹、人造卫星), 发展现代化国防尖端技术的战略决策。从 1956 年成立国防部航空工业委员会、国防部第五研究院组织弹道导弹的研发工作, 到 1960 年发射第一枚自主研制的导弹, 1964 年爆炸第一颗原子弹、1967 年爆炸第一颗氢弹, 再到 1970 年发射第一颗人造卫星“东方红”一号, 中国的“两弹一星”工程经历了 14 个春秋才全面实现初始目标。

大科学工程的研制施工研究, 包含三组具体课题, 一是大科学工程施工的组织架构、管理体制、资源配置、资金来源和经济核算, 二是科学研究成果的技术转化、生产应用或工程实现途径, 三是工程产品检验或试运行的组织实施方案、产品调试验收程序、日常运行操作人员培训等。

2.3 大科学工程的运行管理研究

大科学工程产品大多具有长效性, 为了长期利用这些工程产品, 需要对其进行精细化的运行管理。继美国研制了原子弹之后, 苏联—俄罗斯、英国、法国、中国等国家也成为有核国家。据估

计, 目前世界各国总共拥有 15000 枚以上核弹头。作为大科学工程产品的原子弹、氢弹、氢铀弹、中子弹等, 只有精心地进行维护保养, 才能保持其应有的威慑力和战斗力。

通过大科学工程建造的大型基础设施或科学研究装备, 必须保持正常运行能力, 随时承接新的实验研究项目。欧洲核子研究组织的大型强子对撞机是目前世界上最大的粒子加速器, 2008 年 9 月正式开始运作。几天以后, 用于冷却超导磁铁的液态氦发生了严重泄漏, 导致对撞机暂停运转, 经过几个月的紧张维修后重新投入使用。在这架对撞机上开展一项实验研究, 除了一大批工作人员在各自的岗位上进行现场操作之外, 还有来自几十个国家的上千名研究人员参与其中。大科学工程史研究理所当然地要覆盖大型基础设施的整个生命周期, 关注其建成后的运行使用状况。

大科学工程的运行管理研究, 包含大科学工程产品的运行管理体制、运行管理规则、维护保养责任、维修资金来源和大型实验装置的资源共享方式、实验操作管理制度等课题。

2.4 大科学工程的社会效果研究

大科学工程对发展科学、巩固国防、繁荣经济具有重大和深远的意义。然而, 大科学工程既然是工程, 通过建造新的人工自然物对自然界进行干预和改造, 既能产生多方面的社会效益, 又有可能造成负向社会后果。研制武器装备的大科学工程项目, 负向社会后果是显而易见的。1945 年 8 月, 出自美国曼哈顿计划的两颗原子弹先后投掷到日本的广岛和长崎, 将两座城市夷为平地, 共有 20 多万人死于非命, 造成了较长时间的环境核污染。有人认为, 两颗美国原子弹的投掷, 迫使天皇在几天后宣布日本无条件投降, 加快了第二次世界大战亚洲战场的进程。从经济的角度来看, 原子弹的研制开启了核能和平利用的门户, 美国于 1951 年在爱达荷州建成用于发电的增殖反应堆。至今, 核电已经成为一些国家的重要能源。

很多大科学工程项目具有弘扬国威、凝聚民心、振奋精神的政治功能和精神激励功能。中国的“两弹一星”工程所取得的一系列辉煌成就,作为中国人民站起来、强起来的重要标志,极大地鼓舞了全党全军全国人民的斗志,增强了民族自信心和凝聚力。“两弹一星”精神成为推动新时期中国社会主义建设事业不断发展的强大精神力量。对此,邓小平(1904-1997)曾说:“如果六十年代以来中国没有原子弹、氢弹,没有发射卫星,中国就不能叫有重要影响的大国,就没有现在这样的国际地位。这些东西反映一个民族的能力,也是一个民族、一个国家兴旺发达的标志。”^[11]

正如科学史应该重视科学社会史、工程史应该重视工程社会史一样,大科学工程史应该重视大科学工程社会史。以大科学工程社会史为导向的大科学工程社会效果研究,涉及对大科学工程项目的全面评价,包含大科学工程的科学效益和科学普及功能、经济效益和产业催生功能、政治效益和精神文明功能、人才培养效益、生态影响、社会后果分析,还包含大科学工程成果转化模式、工程产品“军转民”途径、科学与技术融合机制等课题。对于那些具有军事、国防属性的大科学工程项目,既要评价其显性目标和显性效果,又要充分关注其隐性目标和隐性效果。

这里需要特别指出的是,大科学工程史研究不仅要着力于那些完成了工程目标的项目,还应该覆盖那些未正式实施或未完成的大科学工程项目。例如,在第二次世界大战前夕和战争期间,德国军备部门的“U计划”(1939年),日本陆军的“制造铀弹报告”项目(1941年)和“N计划”(1943年),日本海军的“F计划”(1943年)等,都属于以研制原子弹为目标的大科学工程项目。尽管这些项目没有最终完成,其中的经验教训同样值得认真总结。由于军事、国防项目在保密状态下进行,即使在解密之后,相关文件和实物资料也不易获取。1943年3月,为了破译德军经过加密的军事电报,英国组织了以汤米·弗劳威斯

(Tommy Flowers, 1905-1998)为首的一批科学家、工程师秘密研制电子计算机。1944年1月,被命名为“科洛萨斯”(COLOSSUS)的电子计算机开始运行,极大地提高了破译德军密电的效率。战争期间,总共制造了10台这种计算机,战争结束后都被拆解了。直到1997年10月英国举办有关第二次世界大战期间破译密码的展览会,人们才得知英国发明的电子计算机比美国的“艾尼阿克”(ENIAC)问世早两年。对这类大科学工程项目进行历史还原和解析,资料获取的难度比较大。

3 大科学工程史的研究进路

大科学工程史刚刚进入人们的研究视野,筌路蓝缕,起步艰难。打通大科学工程史的研究进路,当前需要理清并处理好以下几个关系。

3.1 关联共进:大科学工程史与工程史及其分支学科

工程史作为大科学工程史的上位亲缘学科,虽然起步时间不长,但已经呈现良好的发展势头。从2010年到2017年,由中国科学院大学、中国科学技术史学会工程史专业委员会、《工程研究—跨学科视野中的工程》杂志社等主办的中国工程史学术研讨会已经举办了四届,作为学科名称的“工程史”逐步深入人心。目前,在“中国知网”的《中国学术期刊(网络版)》可以检索到29篇以“工程史”作为篇名主题词的期刊文献,其中6篇属于工程史元研究范畴的论文。通过“读秀学术搜索”,在《读秀知识库》中可以检索到3部以“工程史”作为书名主题词的图书。值得注意的是,上述文献中,出现了土木工程史、机械工程史、水电工程史(电力工程史)、水利工程史、桥梁工程史等分支学科名称。

同工程史和已经初露端倪的多门工程史分支学科相比,大科学工程史是后发关联学科。工程史及其分支学科的研究思路和研究成果,必然对大科学工程史研究起到借鉴、启示、引领作用。大科学

工程史由于以大科学工程这类与土木工程、机械工程、水利工程等传统工程有所不同的工程作为研究对象,其研究成果将为工程史研究引入新的解析视角和学术节点,例如强化社会史的研究取向、关注科学—技术—工程三者之间的转化关系等。从事大科学工程史研究的研究者,少部分来自于大科学工程的建设者、管理者、科学工作者,多数则为科学技术史、科学技术哲学领域的研究者。后者参与大科学工程史研究,是大科学工程史与工程史及其分支学科实现关联共进的人力资源基础和保障。

3.2 多头推进:大科学工程史内部各门分支学科

大科学工程史虽然还处在萌发创生阶段,但其内部已经出现了学科分化的迹象。以世界各国的所有大科学工程作为对象的世界大科学工程史,是大科学工程史研究的主线。大科学工程史仅有约 80 年的时间跨度,虽然还不能分化为严格意义的断代大科学工程史,但可以依据实际需要按照时段展开研究,建立诸如 20 世纪 40 年代大科学工程史、20 世纪末大科学工程史等分支领域。

除了通史性的世界大科学工程史这条研究主线之外,目前还存在几条侧向发展线索。一是地区大科学工程史。大科学工程项目都是在国家或超国家层面组织实施的,因此这里所说的“地区”是指超国家范围的地理区域。地区大科学工程史,包括欧洲大科学工程史、亚洲大科学工程史、北美洲大科学工程史等分支领域。二是国别大科学工程史。研究各个国家大科学工程建设的历史,将分别建立中国大科学工程史、英国大科学工程史、美国大科学工程史、日本大科学工程史等分支领域。一个国家的大科学工程史,同样需要按时段展开研究。例如中国大科学工程史可以区分为 20 世纪 50-60 年代中国大科学工程史、“十一五”期间中国大科学工程史等分支领域。三是专项大科学工程史,包括单项大科学工程史、类别专项大科学工程史。前者如曼哈顿计划史、北京

正负电子对撞机工程史等,后者如高能加速器工程史、射电天文望远镜工程史、大科学工程档案史等。专项大科学工程史还可以按照世界、地区、国别的差别进行切分,建立世界航天工程史、欧洲核子研究组织大型装置史、美国核武器工程史、中国“两弹一星”工程史等。

在大科学工程史创生的初期阶段,需要调动来自不同工作岗位、不同专业学科背景的研究者的积极性,八仙过海,各展其能,有人着力于世界范围的通史研究,也有人倾心于国别史或专项史研究。在大科学工程史内部,各门分支学科相互映衬、相互借鉴,由此形成多头推进的研究格局。

3.3 协同发展:大科学工程史与大科学工程哲学、大科学工程学

大科学工程史、大科学工程哲学、大科学工程学都以大科学工程作为研究对象,但它们在研究层次、视角、方法、侧重点等方面有一定差异。三门同源学科在不同层次、不同角度上运用不同的方法研究大科学工程,能够揭示大科学工程的多重属性和本质。大科学工程史运用历史学方法研究作为历史过程的大科学工程活动,强调史料的准确性和结论的时代特征。大科学工程哲学在哲学层面上研究大科学工程活动,或者说运用现代的逻辑语言和逻辑方法研究大科学工程活动中的各种哲学问题,强调结论的哲理性。大科学工程学从多学科的视角研究大科学工程活动,在大科学工程共同体与社会各个方面发生广泛联系的背景下探讨大科学工程活动发生、运作、演进的机制和机理,强调方法的多样性和结论的跨学科性。

参照工程史、工程哲学、工程学的关系^[12]或科学史、科学哲学、科学学的关系^[13],我们将大科学工程史、大科学工程哲学、大科学工程学三门学科之间的关系类比为三个边缘部分有所交叠的圆。一方面,三个圆各有自己的圆心,三个圆的大部分面积并不重合。这表明大科学工程史、大科学工程哲学、大科学工程学在研究视角、基本内容、

核心课题等方面有相对明晰的区分, 主体部分不重合, 三者各有特点, 是不能相互替代的。另一方面, 还要看到三个圆有相互交叠的部分, 并非子然孤立、互不相关。这表明大科学工程史既与大科学工程哲学有研究内容上的局部叠合(如关于大科学工程本质、大科学工程演进模式的研究), 又与大科学工程哲学有研究内容上的局部叠合(如关于大科学工程发展社会环境的研究), 甚至大科学工程史、大科学工程哲学、大科学工程学还有一块不可忽视的公共领域, 有某些共同的研究课题(如关于大科学工程演化和发展规律的研究)。

大科学工程史、大科学工程哲学、大科学工程学目前都处于萌生状态, 大科学工程的研究者在执笔成文之前可能并没有想到文稿的学科归属。然而, 一些论文、著作还是有学科倾向的。例如, 《大科学工程的实现路径研究——基于原子弹制造工程和载人航天工程的案例剖析》比较靠近大科学工程史, 《“大科学工程”的语义结构分析》比较靠近大科学工程哲学, 《我国大科学工程预制研究的特点及几点思考》则靠近大科学工程学。大科学工程史与大科学工程哲学、大科学工程学在今后的发展中必将相辅相携、协同发展。无论处于哪个发展阶段, 刻意追求在三门学科之间划定清晰的边界, 是没有实际意义的, 甚至可能会妨碍它们的共生共荣、互促共进。

参考文献

- [1] 王健刚. 大科学体系中的研究所[J]. 内蒙古科技, 1981(4): 11-16.
- [2] 中国拟建十大科学工程[J]. 上海水利, 1995(1): 13.
- [3] 檀平. 大科学工程的管理[J]. 中国投资, 1999(12): 38-39.
- [4] 邢淑英. 中国科学院大科学工程的管理[J]. 中国科学院院刊, 2000(1): 33-36.
- [5] 李建明, 曾华锋. “大科学工程”的语义结构分析[J]. 科学学研究, 2011(11): 1607-1612.
- [6] 杜澄, 尚智丛 主编. 国家大科学工程研究[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2011: 序一 1.
- [7] (美) 理查德·S. 韦斯特福尔. 近代科学的建构: 机械论与力学[M]. 彭万华译. 上海: 复旦大学出版社, 2000: 119.
- [8] (美) 埃里克·伯高斯特. 现代航天之父——布劳恩[M]. 陈安全, 潘幼仲译. 上海: 上海译文出版社, 1982: 73.
- [9] (美) 雷·史宾伯格, 黛安·摩瑟. 沃纳·冯·布劳恩: 太空探索的先驱[M]. 潘丽芬译. 北京: 外文出版社, 1999: 116.
- [10] (美) 布伦内特·霍姆斯. 航天局的月球探测计划[A]. 弗雷蒙·卡斯特, 詹姆斯·罗森茨威格 主编. 科学、技术与管理[C]. 柴本良, 华棣, 等译. 北京: 国防工业出版社, 1979: 195-201.
- [11] 邓小平. 中国必须在世界高科技领域占有一席之地[A]. 邓小平文选(第三卷)[C]. 北京: 人民出版社, 1993: 279.
- [12] 宋刚, 王续琨. 工程史的学科定位和学科结构初探[J]. 工程研究——跨学科视野中的工程, 2014(4): 425-433.
- [13] 王续琨, 宋刚 等. 交叉科学结构论(修订版)[M]. 北京: 人民出版社, 2015: 293-295.

Some Meta-problems about the History of Big Scientific Engineering

Wang Xukun¹, Feng Ru²

(1. School of Public Administration and Law, Dalian University of Technology, Dalian 116024, Liaoning, China;

2. Department of Economics, Dalian Administration College, Dalian 116013, Liaoning, China)

Abstract: The history of big science engineering is a branch of engineering history. Its research object is to describe the evolution of the big science engineering. This discipline is still in the stage of initiation. The starting point is 1930s. The basic thesis includes project planning, construction, operation, social effects and so on. Studying on its approach, the relationships among big science engineering, superior discipline, branch discipline and cognate science should be coordinated.

Keywords: history of big science engineering; history of engineering; new discipline