

工程和工程管理的基本认识

1.1 工程概述

1.1.1 工程的定义

人类社会几千年来的发展,就一直伴随着“工程”的发展。中国最早的“工程”一词出现在南北朝时期,主要指土木工程,据《北史》记载:“齐文宣营构三台,材瓦工程,皆崇祖所算也。”直至民国期间,“工程”仍没有超出土木建造的范围。由此可见,古代“工程”主要是指土木构筑,主要强调土木构筑的施工过程,有的也指其最终的结果,即构筑物。当前,随着社会经济的发展和科技的进步,工程涵盖的范围越来越宽。中国载人航天工程、高铁工程、三峡大坝工程,以及美国的“阿波罗”登月工程、信息高速公路计划等,都成为现代工程的代表。这些工程都是人类以预先确定的目标为依据,应用有关的科学知识和技术手段,通过一定的组织方式整合人力、土地、资本等生产要素,创造、构建或者改善出具有预期使用价值的人造存在物的过程。工程与科学技术紧密地联系在一起,任何工程都离不开科学家对自然规律的探索、技术的支撑和工程师的实践活动。

自工业革命以来,人类社会的发展在很大程度上是由工程驱动的。蒸汽机革命、电气革命、信息革命等人类社会大发展的三次浪潮,都是工程技术和产业实践紧密结合,以创造(建造/制造)现实存在物的复杂活动。因而,美国工程院(National Academy of Engineering, NAE)对工程的定义则更为广泛:工程的定义有很多种,可以被视为科学应用,也可以被视为在有限条件下的设计。

中国工程院(Chinese Academy of Engineering, CAE)将工程界定为,工程是人类为了特定的目的,依据自然规律,有组织地改造客观世界的活动。一般来说,工程具有产业依附性、技术集合性、经济社会的可取性和组织协调性。从这个意义上来看,符合上述“工程”定义的事物是十分普遍的,既包括传统意义上的土木建筑工程、水利工程、武器工程等,也包括近代出现的航天工程、空间探索工程、基因(如生物克隆)工程、食品工程、微电子工程、软件工程等。甚至人们在社会领域也借鉴工程的概念,来体现社会工作的复杂性和系统性,因而产生了“扶贫工程”“211工程”“管理工程”等。

“工程”是一个十分广泛的概念,只要是人们为了某种目的,进行设计和计划,解决某些问题,改进某些事物等,都是“工程”。因而,在现代意义上对工程做出如下定义:工程是人

类社会基于目标驱动,在探索和依据自然规律基础上,通过对科学、技术、人力、土地、资本等要素的科学组织和管理,以创造、建造、制造新的现实存在物,或者改善、解决某个现实问题的系统性的价值创造活动。

1.1.2 工程的历史

如果可以认为最初的工程和最初的技术是合一的,那么也就可以说有了技术就有了工程,技术的起源就是工程的起源。在远古时代,石器工具的出现标志着人类真正的造物活动的开始,从而应该将其视为工程起源的标志。“工程的最早形式包括制造石器工具和其他人工制品以帮助人类的生存。”从工程的造物活动上来看,这个时期属于“器具的最初发现”时期。这个时期“人类开始收集和砸制石头,用于特殊的目的,这也成为后来工程的一个持续的特征”。

新石器时代出现的制陶实践,使人们逐渐掌握了高温加工技术,导致人类逐步进入熔化铜和铁的金属时代。冶金技术的进步导致最先从事产业生产的专业人员(金属工匠)的出现。青铜时代之后出现了铁器时代,铁的普遍使用将人类的工程提高到了一个新的水平,推动了古代水利工程的生产,还对农业工程(如深耕细作、播种、施肥、田间管理等)产生了促进作用,使农业生产得到了空前的提高。

在现代社会中,人们常常将(严格意义上的)工程分为土木工程、机械工程、化学工程、电机工程、纺织工程和矿冶工程等。从历史上看,这几类工程中最早出现的是土木工程。土木工程是指基础设施的建造和维修,如造房修路,建桥挖河等。在人类历史上,当原始人为了避雨遮风而建筑定居成为“居住”的动物时,他们兴建居所的活动就成为最早的(土木)工程,有人认为这才意味着“严格意义”上的工程的产生。技术和生产力的发展,使得一些大型的建筑结构开始出现,古代建筑工程得以快速发展。从始建于公元前 2690 年的埃及金字塔,到始建于公元前 221 年的万里长城,公元前 256 年建成的都江堰水利工程,都是古代工程的杰出代表。

在近代工程时期,“工程实践变得日益系统化”。例如,佛罗伦萨大教堂穹顶的建造就显示出一些现代工程的管理和控制方法,像项目的设计和计划、财力和劳动力、管理、活动与物质的供应、预期、特殊案例的开发、工具和技术,还有顾问咨询和监督委员会的组建。工程领域的扩大和发展需要更强大的动力,因此,“文艺复兴时期,工程师成为新的更加通用的动力源的建造者和使用者”。蒸汽机成为工程和社会乃至整个世界重要变化的催化剂,它陆续导致机械工程(1650 年前后起)、采矿工程(1700 年前后起)、纺织工程(1730 年前后起)、结构工程(1770 年前后起)的大发展,使人类真正进入了工业社会。

从 19 世纪到现代,工程在全球范围内快速发展。交通工程、建筑工程、材料工程、化学工程有了突飞猛进的发展,城市、道路、桥梁被大量构建,橡胶、炸药等材料发明,人类进入“指数增长的工程时代”,大量新专业和职业人员出现,福特制和泰勒制进一步推动了工程管理的发展,生产力和生产效率得以极大提升。工程的迅速扩展促进了科学与技术的发展,进而导致新的工程时代的出现。20 世纪初迎来了“电气化时代”和第二次产业革命。20 世纪中叶随着计算机的发明,人类逐渐进入“信息时代”,信息工程成为推动社会进步的重要力量。进入 21 世纪,移动互联网、云计算、物联网、大数据、人工智能等新一代信息技术快速发展,推动人类世界、物质世界之间的广泛互联,自动机器和智能机器不断出现,繁重的体力劳

动和简单重复的信息处理工作,正在为基于人工智能的新型工具系统所取代,新一轮工业革命和新型工程及工程管理正在产生。

1.1.3 工程的特性

工程是推动人类社会发展的驱动力,是科学技术与人类改造自然活动紧密结合的产物。纵观人类数千年来从事工程活动的基本构成和基本过程,工程和工程活动具有系统性、建构性、集成性、创造性、科学性、经验性、社会性、公众性、效益性和风险性等特性。

1) 工程的系统性

系统是由一些元素(要素)通过相互作用、相互关联、相互制约而组成的具有一定功能的整体。工程的系统性指工程具有目的性、整体性、综合性、动态性和适应性。工程是根据自然界的规律和人类的需求规律创造一个自然界原本并不存在的人工事物。工程的系统性不同于自然事物的系统性,它包含了自然、科学、技术、社会、政治、经济、文化等诸多因素。工程存在于自然,又是对自然进行改造的人类活动。因而,工程首先需要顺应自然规律,适应自然环境;同样,工程活动也会对自然形成反作用力,影响自然环境的演变。在这个意义上,工程和自然形成协同演化的关系。其次要创造一个现实存在物,需要人力、土地、资本、科学技术等各种生产要素的参与和高度协同,因而从一般意义上来说,工程涉及人文、经济、社会、科技、生态、政治等各种因素的影响。这些因素相互交织和相互影响,形成一个高度复杂的系统,产生出有别于任何单一因素的复杂结构与功能。因而,必须注重这些因素对工程活动的影响,以及这些因素的相互作用对工程的作用机制。

2) 工程的建构性

工程项目是通过具体的设计、建造等实施过程来完成的。任何一个工程过程首先突出地表现为一个建构过程,就是不断改造、创建或者完善一个又一个新结构和新事物的过程。这个建构过程,不仅仅体现在构建“硬”的现实存在物的过程,还表现为设计与构建与之相应的“软”的现实存在物,如工程文化、设计方法、管理制度、工艺文件、维护体系的过程。在这个过程中,“硬”与“软”的相互存在物必须相互配合,相互协同,才能构建出符合自然规律和社会规律,更好地服务于人类发展的存在物。

3) 工程的集成性和创造性

集成性是指任何一个工程的构建,都需要来自各个构成要素子系统的高度配合与协同,从而产生有别于个体层面的“ $1+1>2$ ”的整体结构与功能。创造性是指任何一个工程的建构过程,都是在特定的自然环境下根据特定目的,通过特定的设计与建造过程,实现定制化的现实存在物的构建。这个过程的创造性不仅仅体现在根据特定的自然环境对物质资源进行科学组合以构建现实存在物,实现工程与自然环境协同演化的过程里,还体现在工程理念、工程文化、工程设计、工程实施与管理等软性因素等都需要与特定的工程目的与环境约束进行自适应调整的过程,这个过程本身就体现了工程活动的创造性。

4) 工程的科学性和经验性

工程活动,尤其是现代工程活动都必须建立在科学性的基础之上,但同时又离不开工程设计者和实施者的经验知识,这两者是辩证统一的。任何一个工程建造的事物都有其科学原理的根据,特别是工程中运用的关键性技术以及技术群的应用和集成都有其自然科学,甚至是社会科学的原理的依据。工程是在一定约束条件下的技术集成与优化,必须要正确应

用和遵循科学规律。同时,由于工程建设是一个直接的物质实践活动,工程活动主体的实践经验是工程活动的另一重要因素,它是工程活动中的科学性的重要补充。工程活动中的经验性也是依赖于其科学性的进步而不断升级的。所以,工程活动中的科学性与经验性是相互依存、相互包含和相互转化的,随着工程活动过程中的科学进步,工程活动中的个体经验所包含的科学因素也不断丰富,工程经验的内涵也不断深化,经验水平也不断提升。

5) 工程的社会性和公众性

社会性也是工程最重要的特征之一。工程是因为人类的需要而开展,并因此获得价值。没有人类的需要,没有社会赋予的意义,一切工程都是多余的,也不可能开始。从工程定义我们就可以看出,工程活动是一个将技术要素和非技术要素集成起来的综合性的社会活动过程,任何工程项目都必须在一定时期和一定社会环境中存在和展开,是社会主体进行的社会实践活动。

首先,从整个工程过程分析来看,工程社会性表现为实施工程的主体的社会性,特大型工程,诸如“阿波罗工程”“三峡工程”等往往会动用十几万、几十万的工程建设和参与者。工程师和工程共同体成员协同工作,在特定的工程流程、规范和方法的指导之下,有组织、有结构、有分工,大家协调配合,共同完成工程的建设。以 20 世纪 60 年代的“阿波罗”登月工程为例,美国宇航局成功创造了大型工程的社会规划和组织范例。整个工程投资数百亿美元,耗时 12 年,涉及 2 万家企业和 200 多所著名大学,参加人员达 20 万之多;我国三峡工程总工期 17 年,集防洪、发电和航运于一体,静态总投资 900 多亿元,总库容 393 亿 m^3 ,动迁 113 万人,涉及生态保护和经济社会结构变迁。这些都充分说明工程现象不单纯是科学技术现象,它包含着社会经济文化因素,并且影响社会经济文化的变化。一个大型工程项目的立项、实施和使用往往能反映出不同的阶层、社区和利益集团之间的冲突、较量和妥协。重视工程的社会性有助于更全面、更准确地把握工程概念。

其次,工程的社会性也表现出它的公众性特点。当一个工程项目问世之时,一般会引发社会公众对工程质量和工程效果的关心和评论。他们关心工程项目对自己的生活与工作环境的影响,他们会议论工程项目的风险状况、对生态环境的负面效果、对能源利用的利弊分析以及工程所引发的社会伦理与环境伦理问题等。重要的问题是,尽管公众对工程效应的理解并不一定科学,但公众舆论会影响工程决策和工程建设与工程运行。所以,广泛地宣传工程知识,普及工程知识,推动社会公众全面理解工程,同时争取社会公众对工程建构的参与、监督和支持是当代工程活动的一个重要环节。

6) 工程的效益性和风险性

工程实践都有明确的效益目标。在工程实践中,效益与风险是相关联的。工程效益主要表现为经济效益、社会效益和环境-生态效益等。对于经济效益来说,总是伴随着市场风险、资金风险、环境负荷风险;对于社会效益来说伴随着就业风险、社区和谐风险、劳动安全风险;对于环境-生态效益来说伴随着成本风险、能耗风险等。

如果说效益总是伴随着风险,那么进一步看,风险与安全就是此消彼长的两个方面。风险性低就说明安全性高,风险本身就包含了安全的内容。如果一个工程成功的概率是 90%,那么,它的风险概率是 10%。有许多工程是要求接近零风险的。工程的安全和风险是指在工程建设和运行过程中所产生的人和财产的损失以及这种损失存在的可能性。任何一项工程都是社会建构的产物,都不可能是理想和完美的,受本时代和本地区经济社会结构

等多种因素的综合作用所影响。首先,工程活动作为一个过程包括诸多环节如决策、规划、设计、建设、运行和维护等,不同的环节由不同的社会群体来完成,每一个建设者和参与者不可能都对工程建设进行科学和准确的考虑,诸多环节也不可能完全做到科学、准确和无偏差地整合。其次,建设者和参与者都代表着各自的相关利益,一个完整的工程项目的建设运行必然存在包括政府部门、企业、工程专家技术人员、工人、社区环境中的居民等多方面利益的协调,只不过他们的利益被工程项目制约在一起,通过他们之间不同利益的合作、协商、竞争等共同造就了工程。这些内在的不一致、多环节和多方利益的妥协使得工程人为地存在不安全和风险。最后,大的项目往往需要在技术上的突破和集成,由于当前科技水平的限制,技术的突破和集成有时可能无法同时判断出它的负效应,因为人们还无法发现它的问题,但这绝不意味着工程没有问题。有时甚至可能意识到了问题,但没有给予重视,这些风险和不安从一开始就存在于工程本身,需要引起高度重视。

1.2 工程管理概述

1.2.1 工程管理的概念

从远古时代到现代,工程和技术结合越来越紧密,工程所需动用的人、财、物和科技等资源越来越广泛,工程所涉及的时空范围也越来越广阔,外部环境的动态性也日益增强,这都驱使着人类需要规划、协调、控制工程的各项活动和资源,进行有效工程管理。

人们对工程的概念和内涵的界定不同,就产生了不同的工程管理的界定。美国工程管理学会(American Society for Engineering Management, ASEM)基于对广义的工程概念,将工程管理界定为“工程管理是对具有技术成分的活动进行计划、组织、资源分配以及指导和控制的科学和艺术”。美国电气电子工程师协会(Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE)工程管理学会则对工程管理的解释为:工程管理是关于各种技术及其相互关系的战略和战术决策的制定及实施的学科。中国工程院对工程管理也做了界定:工程管理是指为了实现预期目的,有效地利用资源,对工程所进行的决策、计划、组织、指挥、协调与控制。

基于前文对工程概念的界定,我们将工程管理界定为,工程管理是对工程活动进行计划、组织、指挥、协调和控制,以实现工程目的的价值创造活动。通过工程管理,实现对工程所涉及的各类资源的合理、有效配置,计划和协调各类工程活动,从而以更低成本和更高的效益实现工程目标,满足工程利益相关方的需求。

因而,工程管理既包括对重大建设工程的策划、规划、决策、设计、建造、运行、维护、报废等活动的管理,也包括对重要复杂的新产品、新服务、重要设备、装备在开发、制造、生产过程中的管理,还包括技术创新、技术改造、转型、转轨的管理,产业、工程和科技的发展布局与战略的研究与管理等。

工程管理的概念是随着人们对工程概念与内涵的认识的演变而逐步演变的。早期对工程的概念主要定位于建筑工程领域,这时候的工程管理主要指建筑工程管理,其主要关注建设项目的设计、建造、运营与维护等活动的管理。随着人们对工程概念的外延逐步扩大,工程管理的概念与内涵也随之发生演变。在这个演变的过程中,在工程中科学技术扮演的角

色越来越重要,工程管理对科技以及科技活动与工程活动的相互协同关系的关注程度也越来越高。在当今社会,一项工程的顺利完成,选择和使用合适的科学技术,既有可能做到降低工程成本,也同时实现工程进度的加快、工程质量的提升,科技在工程中发挥了催化剂的作用。

工程管理注重“硬”系统与“软”系统管理的协调。工程具有系统性,这就要求工程管理必须采用系统工程的方式,构建起系统思维模式与系统管理框架。在工程“硬”系统层面,通过工程优化实现工程技术性能目标;在工程“软”系统层面,通过不断加深对工程所处的自然、社会、经济、技术,以及政策环境的认识,综合权衡各方需求,不断改进与寻优,从而寻求到各方满意解决方案的过程,这既有科学性的一面,也有艺术性的一面。

1.2.2 工程管理的内涵

(1) 工程管理是多目标管理,需要协调不同目标之间的关系,解决其相互冲突。工程的成功,不仅要满足工程的技术性能等指标,还需要满足工程的成本、时间、质量等指标;与此同时,还需要满足工程利益相关方关于环境、政策、社会等方面的要求。因而,工程管理活动是一个多目标管理活动,其需要在一定的时空范围之内,通过科学的计划和合理的活动安排,去解决这些冲突,实现不同利益相关者的诉求。

(2) 工程管理是全寿命周期管理,它包括对工程前期的谋划、策划、决策、规划的管理,也包括工程中期的设计、构建、施工等活动的管理,还包括工程后期的运营、维护、升级、拆除等活动的管理。这些管理活动之间相互影响,互为制约,需要统一规划和协调。

(3) 工程管理需要满足利益相关者的需求。工程管理不仅仅要实现工程所确定的“硬性”设计指标,还需要满足自然环境约束、政府监管、供应商的经济诉求、客户的需求,以及社会大众对工程的诉求。

(4) 任何具体工程的管理都是一次性活动的特点。任何一个工程都具有其独特性,都是在一定的时空范围内发生的一次性活动。这个一次性活动都是在特定的社会经济条件和时空约束下,由来自不同利益主体以及承担不同职能的作业者的共同参与而完成。因而,工程管理往往是通过组织一个临时性的、专门性的强项目导向型组织,在一定的时空范围之内对工程过程进行有效的计划、组织、指挥、协调和控制。在工程的目标得以完成,工程使命结束的时候,这个临时性组织就会解散。

(5) 工程管理活动涉及的对象与领域众多,既包括工程技术、质量、进度、安全、环境等硬性要素的管理,也涉及信息、成本、采购、沟通、法律、人力资源等软性要素的管理。它们共同构成工程管理活动的主要内容。

1.2.3 工程管理的主体

工程管理的参与主体会随着工程性质的不同,存在一定的差异。总体来看,任何工程管理的参与主体,主要覆盖工程全寿命周期的研发、建设、运行、维护等活动的投资者(投资方、业主)、构建者(项目管理方、具体构建活动的承担者),运行及维护者(日常运营者、维护升级者)、监管者(监管、认证),以及受到工程活动影响的社会大众。

从典型的建设类工程来看,其参与主体主要包括投资者、业主、项目管理单位(监理单

位)、承包商、工程运行与维护单位、工程的审批与监管单位、社会大众等。

(1) 投资者: 投资者主要为工程筹措并提供资金, 为了实现投资目的, 要对投资方向、投资的分配、融资方案、投资计划、工程规模、产品定位等重大和宏观问题进行决策, 从工程运营中获得收益, 以提高投资效益。投资者的管理工作主要是在工程前期策划阶段进行工程投资决策, 在工程建设过程中进行投资控制, 在运营工程中进行宏观经营管理。在工程立项后, 投资者通常不具体地管理工程, 而是委托业主或项目管理公司(或代建单位)进行工程管理工作。

(2) 业主: 工程立项后, 投资者通常委托一个工程主持或工程建设的负责单位作为工程的业主, 承担工程建设过程总体的管理工作, 保证工程建设目标的实现。业主在工程中的管理深度与广度是依据工程承(发)包方式和管理模式决定的。通常, 为了减少管理复杂性, 大多数业主并不承担具体的工程微观活动的管理, 主要承担工程的宏观管理、阶段性里程碑以及必须由业主出面的外部协调事务等。

(3) 项目管理单位: 项目管理单位通常承担工程具体活动的管理, 主要包括监理、造价咨询、招标、代建等, 其受业主委托, 提供工程管理服务, 完成包括招标、合同、投资(造价)、质量、安全、环境、进度、信息等方面的管理工作, 协调与业主签订合同的各设计单位、承包商、供应商之间的关系, 并为业主承担工程中的事务性管理工作和决策咨询工作等。其主要责任是保护业主利益, 保证工程整体目标的实现。

(4) 承包商: 承包商在这里主要承担工程活动中的某个具体环节的工作, 如工程设计、工程建设、设备供应、原材料供应等。其在项目管理单位的协调下, 实现相互任务的协同, 在合同范围内分别完成设计、施工、供应、测试、验收、竣工等任务, 负责这些任务的具体执行, 并管理这些活动的开展。现代工程通过细致的产业分工, 形成了研发、设计、施工、运营及维护、金融、保险、行政管理等高度细分化的行业, 不同细分行业的工程承包商在工程活动中承担具体的工程任务, 它们对工程的进度、质量、成本等影响最大, 其管理活动也最为复杂。

(5) 工程运行与维护单位: 工程运行与维护单位对已经建成的工程与维护承担管理职责, 其工作内容包括对工程运行的计划、组织、实施、控制等, 以保证工程设备或设施安全、健康、稳定、高效率地运行。

(6) 工程的审批与监管单位: 政府及行业协会等通常承担起对工程的审批与监管职责。这些单位通常依据法律和法规对工程进行行政管理, 提供工程的完工、质量的认证等服务和监督工作, 维护社会公共利益, 使工程建设符合相关法律法规的要求和国家发展需要。

(7) 社会大众: 社会大众既可能是工程投入使用后的实际使用者, 也有可能是工程建设过程中的参与者, 或者是工程建设、运营及维护过程活动的受影响者。他们通常关注工程能够给自己带来的直接价值和间接价值, 通过发表公开的意见或者建议、参与听证会等方式对工程的各个阶段进行评价, 施加自己的影响力。因而, 工程管理活动必须关注社会大众作为利益相关者的诉求, 通过建立起和社会大众的沟通渠道, 积极沟通, 传达工程对社会大众的价值, 取得社会大众的支持。

1.2.4 工程管理的内容

工程管理的总体目标是为了实现工程的顺利完成, 建造出存在物, 使工程达到成本、技术、质量、功能等方面的各项要求; 并对存在物在全生命周期的运营活动进行管理, 实现工

程在全寿命周期价值的最大化。因而,工程管理的內容就需要从工程的建设及运营目标出发,面向工程的全寿命周期,构建工程管理组织,行使计划、组织、协调、控制、指挥等管理职能,进行规划、预测、决策、计划、控制、反馈等工作,对工程进行全过程的动态管理,实现工程目标。

从基于职能的视角,工程管理主要包括以下内容。

(1) 战略管理:任何工程都起源于工程高层管理者在工程前期根据内外部环境和需求所产生的战略构想、调查研究、战略规划与计划。因而,工程战略管理是工程高层管理者根据政策、经济、社会、技术、等宏观环境,以及组织内部条件,提出工程构想、进行工程建设战略决策、确定工程战略目标、确定工程长期计划,并通过组织和协调内外部资源,将这种谋划和决策付诸实施,以及在实施过程中进行控制,从而实现工程战略目标的过程。

(2) 工程策划与决策:工程策划与决策是工程决策者(政府、企业或个人)在一定的内外部环境下,提出工程项目的构思、进行工程项目的定义和定位,全面构思一个待建工程项目,即前期工程项目构思策划;以及针对拟建工程项目,根据工程战略目标提出多个备选构建方案,并在多个方案之中进行比较、分析和判断,选择出实施方案的过程,也可称为工程项目实施策划。

(3) 工程经济分析:工程经济分析主要是指工程项目的可行性研究、工程项目评价和不确定性分析。具体包括工程项目的必要性分析、工程项目技术方案分析、建厂条件分析与厂址选择、资金估算与资金筹措、成本费用与税金估算、营业收入与税金估算、财务评价、国民经济评价、社会评价、不确定性分析、可行性研究报告等内容。

(4) 工程创新管理:工程创新管理指在工程系统观的指导下,结合工程的战略性、复杂性、社会性等特点,针对工程实践中政策、经济、社会、技术、环境等因素,综合运用各种创新管理工具,对工程的设计模式、建设模式、运营—服务—维护模式、管理模式、商业模式等进行集成式创新的管理。

(5) 工程标准化管理:工程标准化管理指为了在工程的全寿命周期之中取得最佳的社会、经济和环境效果,依据科学技术和实践经验,在充分协商的基础上,对工程活动中具有多样性和相关特性的重复事物,按一定的程序和形式颁发的统一规定。我国工程标准化实行“统一管理,分工负责”的管理体制。国务院建设行政主管部门统一管理全国工程标准化工作,国务院有关行政主管部门,如交通运输部、水利部等,分工管理本部门、本行业的工程标准化工作。工程标准化管理的任务是制定标准、实施标准和对标准的实施进行监督。

(6) 工程规划与设计管理:工程规划与设计管理是指对工程全寿命周期的设计、建造、运营及维护的宏观层面的战略规划,以及在微观层面有技术依据的设计文件、图纸、数据、知识的产生、运用和维护过程的一系列管理活动。

(7) 工程建造与施工管理:工程建造与施工管理是以建造、施工企业为主体,以工程构建物为对象,在既定的资源和环境约束下,为了实现施工工程质量、工期和成本目标的整体优化,对工程项目的建造与施工的全过程,进行项目决策、计划、组织、指挥、协调、控制、激励等一系列工作的总称,主要包括项目的进度管理、成本管理、质量管理、人力资源管理、沟通管理、风险管理、采购管理、干系人管理等内容。

(8) 工程质量管理:工程质量管理指为保证和提高工程质量,运用一整套质量管理体系、手段和方法所进行的系统管理活动。工程质量管理主要包括确定工程的质量方针、目标

和职责,通过构建工程质量体系中的质量策划、质量控制、质量保证和质量改进的组织和功能,使其根据工程目标所进行的管理活动,其主要包括构建工程质量体系、工程质量控制与改进、工程质量监理等。它通常贯穿工程的全寿命周期。

(9) 工程环境管理:工程环境管理是根据确定的工程环境目标,在工程的全寿命周期中,构建、制定和实施环境管理体系,开展工程建设前的环境评价、工程建造现场的环境管理以及在工程运行与收尾阶段的工程环境影响后评价等管理活动,规范工程利益相关方的环境表现,使之与社会经济发展相适应,改善生态环境质量,减少人类各项活动所造成的环境污染,节约能源,促进经济的可持续发展。

(10) 工程供应链管理:工程供应链管理是为了实现以最低的成本达到工程项目目标,在工程项目的实施过程中,对工程项目的物流、资金流、信息流进行系统管理,覆盖计划、采购、库存、配送、销售、服务等环节,以实现工程全寿命周期运营所需的资源的有效供给的计划、组织、协调、实施和控制的管理活动。

(11) 工程安全管理:工程安全管理是工程的各个利益相关方为了实现安全生产目标,对工程建设活动进行的计划、组织、指挥、协调和控制的一系列活动。安全管理的对象是生产中一切人、物、环境的状态管理与控制;主要实现方式是运用现代安全管理原理、方法和手段,分析和研究各种不安全因素,从技术上、组织上和管理上采取有力的措施,解决和消除各种不安全因素,防止事故的发生;目的是保证生产处于最佳安全状态。

(12) 工程组织管理:工程组织管理是根据工程目标和工程特点,建立组织结构,规定职务或职位,明确责权关系,以使组织中的成员互相协作配合、共同劳动,有效实现工程目标的过程。工程组织管理是对工程各利益相关方建立健全管理机构,合理配备人员,制定各项规章制度等工作的总称。具体地说就是为了有效地配置工程组织内部的有限资源,为了实现工程目标而按照一定的规则和程序构成的一种责权结构安排和人事安排,其目的在于确保以最高的效率,实现组织目标。组织管理的具体内容是设计、建立并保持一种组织结构。组织管理的内容有三个方面——组织设计、组织运作、组织调整。

(13) 工程财务管理:工程财务管理主要就是对工程项目过程中的资金进行管理,其对象是工程项目过程中的资金流转,以及由此形成的财务关系。工程财务管理涵盖工程建设资金运动的全部财务管理,包括资金预算、融资、资产管理、成本和费用管理以及这些过程中的风险控制。

(14) 工程风险管理:工程风险管理指识别和分析工程全寿命周期中可能存在的风险,并采取应对措施的系统性管理活动,主要包括风险识别、风险评估、风险应对和风险措施实时控制。这些程序不仅相互作用,且与其他一些区域内的程序互相影响。

(15) 工程信息化管理:工程信息化管理是根据工程目标,将现代信息技术与先进的工程管理理念相融合,通过信息管理系统把工程全寿命周期的设计、采购、建造、制造、财务、营销、经营、管理等各个环节有效集成,实现信息和资源共享,从而推动工程组织的商业模式、生产模式、运营模式和组织方式的优化,以更好地支持决策科学化、智能化和实时化,以更低的成本、更快的速度和更好的环境友好性,实现工程目标,快速响应外部环境变化,增强工程组织市场竞争力的管理活动。

从工程全寿命周期的角度,工程管理可以划分为:工程策划与决策管理、工程设计管理、工程实施管理、工程运行管理、工程维护管理、工程评估管理、工程退役管理等。

1.3 案例

中国载人航天工程是中国航天事业创立以来规模最庞大、系统最复杂、可靠性和安全性要求最高的工程。它是中国人为了探索太空,依据物理学、天体力学、航天医学等自然科学知识,航空航天、自动控制、计算机、通信等现代技术,以及工程管理理论与方法,科学组织 100 多家单位和数万人历经数十年协同攻关的现代工程。中国载人航天工程由航天员、空间应用、载人飞船、运载火箭、发射场、测控通信、着陆场和空间实验室八大系统组成。它是衡量一个国家综合国力和工程管理能力的重要标志。

中国载人航天工程发展战略:中国政府于 1992 年决定实施载人航天工程,并确定了三步走的发展战略。第一步,发射载人飞船,建成初步配套的试验性载人飞船工程,开展空间应用实验;第二步,突破航天员出舱活动技术、空间飞行器的交会对接技术,发射空间实验室,解决有一定规模的、短期有人照料的空间应用问题;第三步,建造空间站,解决有较大规模的、长期有人照料的空间应用问题。

中国载人航天工程的发展阶段:自 1992 年起,中国载人航天工程经过 8 年的技术和工程开发,“神舟号”系列飞船分别于 1999 年 11 月 20 日、2001 年 1 月 10 日、2002 年 3 月 25 日和 2002 年 12 月 30 日成功进行了 4 次无人试验发射,2003 年 10 月 15 日成功实现了载人飞行。2005 年 10 月 12—17 日,神舟六号载人航天飞船实现“两人飞天”的载人航天飞行。2008 年 9 月 25 日,成功发射神舟七号载人飞船,顺利完成空间出舱活动和一系列空间科学试验任务。2011 年 11 月 1 日,顺利发射神舟八号飞船,3 日凌晨飞船与天宫一号成功实现首次交会对接。2012 年 6 月 16 日,成功发射神舟九号飞船,圆满完成载人交会对接任务。2013 年 6 月 11 日,成功发射神舟十号飞船,开创了中国载人航天应用性飞行的先河。

神舟五号和神舟六号飞行任务的圆满成功,标志着实现了工程第一步任务目标。神舟七号飞行任务的圆满成功,标志着我国掌握了航天员空间出舱活动的关键技术。天宫一号与神舟八号和神舟九号交会对接任务的圆满成功,标志着我国突破和掌握了自动和手动控制交会对接技术。神舟十号飞行任务是工程第二步第一阶段任务的收官之战。

中国载人航天工程的组织管理体系:为加强对工程的领导,中国政府设立了中国载人航天工程办公室,实施大型系统工程专项管理,统筹协调工程各系统 110 多家研制单位、3000 多家协作配套和保障单位的有关工作。中国载人航天工程办公室的基本职能是统一管理中国载人航天工程的发展战略、规划计划、总体技术、科研生产、条件建设、飞行任务组织实施、应用推广、国际合作和新闻宣传等工作。

中国载人航天工程按行政、技术两条指挥线组织开展研制、建设工作,设立了总指挥、总设计师联席会议制度,由联席会议研究决定工程实施过程中的重要问题,重大决策报请国务院批准后实施。工程总指挥、副总指挥分别由总装备部、工业和信息化部、中国科学院和航天科技集团公司领导担任。工程总设计师、副总设计师由技术专家担任。

中国载人航天工程办公室按照工程总指挥、总设计师联席会议的决定,对工程的计划、技术、质量等进行全系统、全过程的管理,统筹协调工程各部门、各系统的工作,主要负责组织指导、协调各任务单位开展研制建设和试验任务,在技术方案、科研计划、条件保障、质量控制、运营管理上实施全方位、全过程、全寿命的组织管理。办公室对外代表中国政府与世