

国家自然科学基金青年项目 (71101069) 研究成果

Decision Mechanism and
Organization Management of
Large Scale Construction



大型工程建设 重大决策机制和组织管理

李 迁 高星林 王 茜 著



人民交通出版社
China Communications Press

F28/1013

国家自然科学基金青年项目 (71101069) 研究成果

F28
1013-1



NUAA2013066228

Decision Mechanism and
Organization Management of
Large Scale Construction

大型工程建设 重大决策机制和组织管理

李 迁 高星林 王 茜 著



人民交通出版社

China Communications Press

2013066228

内 容 提 要

本书首先分析了大型工程的建设活动、复杂性表现及管理所面临的挑战,在此基础上分析了综合集成方法论和综合集成管理对提高重大决策科学性和组织管理有效性的适用性和合理性;其次,分析了大型工程决策的任务和复杂性特征,重点研究了大型工程决策中群体协同管理和决策过程管理,指出政府在前期决策中主导地位 and 决策过程的柔性管理对于有效开展大型工程决策的重要意义;再次,分析了大型工程组织的基本内涵和组织管理的难点,在综合集成方法下设计了大型工程建设管理的组织平台及相应的组织结构,提出了组织管理和自组织管理相结合的柔性控制机制,特别强调“混序”及“柔性”是工程组织的重要品质,组织的宏观控制能力和微观创造能力是组织的重要能力;最后,以港珠澳大桥的前期决策和苏通大桥的组织设计和管理为例,阐述了上述管理理念、方法等对于大型工程建设管理的有效性和可行性。

本书可作为工程管理、系统科学、管理科学与工程等学科教师、研究生的参考用书,也可供工程领域中的实践人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

大型工程建设重大决策机制和组织管理 / 李迁,
高星林,王茜著. —北京:人民交通出版社,2013.8

ISBN 978-7-114-10860-0

I. ①大… II. ①李…②高…③王… III. ①大型建
设项目—项目决策—研究②大型建设项目—工程项目管理
—研究 IV. ①F28

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 205534 号

书 名: 大型工程建设重大决策机制和组织管理

著 者: 李 迁 高星林 王 茜

责任编辑: 袁 方 王绍科

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 12.75

字 数: 247 千

版 次: 2013 年 8 月 第 1 版

印 次: 2013 年 8 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-10860-0

定 价: 43.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

8553708105

序 言

XU YAN

改革开放三十年来,我国工程建设在投资规模、建设能力、技术创新及产业发展等方面都得到了不断的突破并取得了巨大的成就,如我国交通基础设施工程先后在长江、黄河、珠江、闽江、黄浦江等大江、大河以及近海建成,江阴大桥、苏通大桥、杭州湾大桥、港珠澳大桥等大型桥梁工程有力地促进了我国社会、经济的快速发展,并积累了丰富的工程建设技术与组织管理经验,也为进一步开展大型工程建设管理的理论研究奠定了基础。

回顾我国工程建设发展历程,在总结成功经验的同时也需要认真总结教训。如因大型工程决策缺乏科学性而导致决策失误现象时有发生,大型工程组织设计与任务、环境和制度之间的不匹配导致组织效能不理想及组织内部主体冲突明显等,这些问题严重影响了我国大型工程建设的综合效益和工程管理水平。因此,能否在科学理论指导下,切实、有效改善和解决上述问题事关全局、意义重大。

本书作者选取了大型工程建设的决策管理和组织管理两项最重要的职能开展研究具有十分重要的理论意义和现实价值。大型工程决策是对工程立项、规划及可行性研究等关于工程全生命周期内的工程功能、效益等重要问题做出的战略性、全局性的社会选择,一旦决策失误或决策方案失效不仅对大型工程自身建设目标,而且对与工程密切相关的社会、经济、自然环境将造成巨大危害。而工程组织则承担着工程决策、协调、现场控制等职能,是决定工程建设系统管理能力的重要载体,也是工程管理理论中最本质和最核心的内容。

近年来,随着我国工程建设规模越来越大、工程建设环境越来越复杂,工程决策和组织都面临着一系列挑战,如决策即时规定性与长远性的矛盾、决策主体认知偏差和认识能力不足、组织面临的多样化任务、工程全寿命周期内组织的柔性、多元自主主体的利益冲突、组织中主体行为异化等。认识和驾驭这类复杂性给工程管理带来的挑战不仅需要具体管理技术和方法上

突破,更需要有效的管理方法论和方法的指导。

为此,本书作者从系统科学,特别是复杂性科学来认识大型工程决策管理和组织管理的复杂性,将综合集成作为管理决策和组织复杂性的方法论。虽然工程建设及其管理在物理上有多种复杂性的表现,但从系统科学来看这些复杂性总是存在着一定规律。综合集成方法论及其管理理论不同于一般的系统工程,它强调对决策和管理目标的凝练和综合,资源的整合和重组,过程的迭代和逼近。具体表现在决策机制上的多元决策目标认识和凝练、政府和市场主体的协同平台构建、定性定量方法综合及共识形成过程的逼近等;在组织管理上主要表现为组织管理的非均衡有序及多级递阶控制、序主体的资源整合、多主体协同的组织平台建设、自组织与组织相结合的协调机制设计等。通过上述关键技术的研究,来进一步保证大型工程决策的科学性及组织管理有序性。

另外,本书作者在大型工程决策机制和组织管理中突出强调“柔性”思想,这对于工程建设过程的不确定性和动态性的管理是十分重要的。在决策中,“柔性”可以理解作为一种决策的适应性思维和能力,决策主体需对决策环境、决策目标、决策能力进行动态匹配;在组织中,柔性表现为组织系统的“生存”特性,组织要素、结构和协调机制在工程项目全寿命周期内进行适应性调整和优化。因此,柔性对于工程决策和工程组织都是一种品质和能力。

本书作者是一位高校青年教师,自2003年以来一直从事大型工程建设管理的研究,参与了苏通大桥、无锡地铁、港珠澳大桥、灌河大桥等多项工程实践,在实践中学习工程、理解工程、研究工程,逐渐实现了工程管理理论与工程实践“两张皮”的结合。这本书就是他近年来研究的理解和体会,也包括了一些研究的理论成果。青年教师在这种实践中从事研究工作的做法值得提倡,同时也希望本著作的出版能进一步促进我国工程管理理论的研究及其在工程实践中的应用。

戚昭瀚

2013年7月,于南京大学

前言

QIANYAN

大型工程是一个开放的复杂系统,大型工程建设管理是一个复杂系统工程,其实质是运用复杂性科学来认识、分析、管理和控制工程建设,提升其系统管理能力,保证工程建设质量。大型工程的决策质量和建设管理组织有效性是决定大型工程建设质量和工程质量的关键职能活动,尤其是大型工程的前期决策更是对工程建设全过程的整体性布局,因此本书的重大决策主要是指工程的前期决策。

随着工程在社会经济发展中地位不断提高以及工程规模的日益扩大,大型工程决策问题日益复杂,影响因素越来越多,决策内容涉及社会、政治、经济、技术、文化、环境、资源等方面,必须进行全面系统的论证与综合考量,同时由于工程覆盖领域广、影响深远,其决策也需要政府主体、各领域专家群体、科研单位、咨询单位以及社会公众等多方利益主体共同参与决策。另外,随着大型工程投资领域市场化进程的不断推进,工程决策也面临着外部环境动态多变等不确定性因素的影响。可以说,在新形势下大型工程前期决策正面临着前所未有的挑战,而要应对这些挑战则必须正视大型工程前期决策的复杂性特征,并运用科学的理念和方法进行组织与管理。

同时,我国大型工程建设面临着社会经济环境的多元、市场机制的不完善、行业建设主体能力不足、多利益干系人的冲突等特点,要求工程组织管理重点是要实现如下转化:目标从分散到集中、主体从非理性行为到理性行为、资源从不足到资源充足、信息从不充分到充分、环境从适应弱到强的转化。因此,大型工程组织须具备较强的宏观控制能力和微观的创造能力,但传统的职能型或项目型的组织结构和协调机制难以适应上述要求,因此有必要去构建具备柔性能力的组织体系。

我国系统学家钱学森教授提出了认识和驾驭复杂性的综合集成方法论,在此基础上,盛昭瀚教授在工程实践的基础上提出了综合集成管理的基本理论和框架体系,这为应对大型工程决策复杂性和组织管理复杂性提供了方法

论和方法层面的指导。

大型工程决策管理面临诸多复杂性问题,综合集成方法论是解决上述问题的科学的方法论。在该方法论指导下,根据我国大型工程决策特点与需求,探索并建立基于综合集成方法论的决策管理理论框架,重点从决策问题认识、决策主体、决策过程三个角度出发,对大型工程决策的复杂性、群体协同决策模式、决策过程的柔性管理等科学问题进行研究,并进一步提出了决策柔性管理的内涵及应用方式。

本书进一步在综合集成方法论基础上,系统分析了工程组织的内涵,构建了由组织战略、组织平台、组织结构、柔性控制机制组成的一套完整的组织体系来实施组织管理。在相当大的程度上,基于综合集成方法论的工程组织从理念、组成、模式、机制、功能及实践等方面都与传统的工程组织有很大的差距,集中表现为其组成更多元、结构更复杂、机制更灵活、功能更强大。

将大型工程的决策机制、组织管理研究成果与工程实践有机结合起来,分别分析了港珠澳大桥工程前期决策的复杂性及其决策管理,苏通大桥建设管理的组织模式和协调机制。实践证明了研究成果对工程实践指导的有效性。

本书的完成得益于盛昭瀚教授团队的指导和支持。盛昭瀚教授团队相继承担了苏通大桥、港珠澳大桥等国家科技支撑计划项目及国家自然科学基金等项目研究,团队成员间的互助、追求科学的精神给了我极大的帮助。另外,特别感谢刘亚敏、丁翔、时茜茜、左名浩对本书的校对做了很多工作,同时,特别感谢苏通大桥的游庆仲、何平、丁峰、姚蓓、俞春生等,港珠澳大桥的朱永灵、余烈、苏权科、张劲文、江晓霞、刘刚等,泰州大桥的钟建驰、夏国星、李洪涛、林海峰、顾碧峰、庞道宁等,灌河大桥的周建林、刘世同、薛岭、刘发等给予的工程实践方面的支持。

本书的出版得到了国家自然科学基金青年项目——重大工程战略资源的整合模式、管理机制及实现平台研究(71101069)的资助。

作者

2013年7月

目 录

MULU

第 1 章	概 论	1
1.1	大型工程及工程活动	1
1.2	大型工程建设管理的系统复杂性	6
1.3	大型工程建设管理的挑战	9
第 2 章	大型工程建设管理的方法论和方法	14
2.1	大型工程建设管理的方法论	14
2.2	大型工程建设管理的综合集成方法论	15
2.3	大型工程建设的综合集成管理	19
第 3 章	大型工程建设的前期决策分析与决策管理	29
3.1	大型工程活动的阶段划分	29
3.2	大型工程前期决策	31
3.3	大型工程前期决策管理	40
3.4	大型工程前期决策的综合集成管理	45
第 4 章	大型工程决策群体协同决策模式与机制	55
4.1	决策群体协同及协同决策效应分析	55
4.2	大型工程前期决策群体协同决策模式选择	62
4.3	政府主导模式群体协同机制有效性分析	68
第 5 章	大型工程决策过程优化与柔性管理研究	74
5.1	大型工程复杂决策过程特点	74
5.2	基于群体共识的大型工程复杂决策过程	76
5.3	大型工程复杂决策过程的柔性管理及策略	82
第 6 章	大型工程建设管理的组织任务和组织战略	87
6.1	工程组织的概述	87
6.2	大型工程建设管理组织的系统复杂性特征	94
6.3	大型工程建设管理组织的任务	108
6.4	大型工程组织管理战略	111
第 7 章	大型工程建设管理的组织平台和组织结构的设计	116
7.1	大型工程组织平台的基本概念	116
7.2	大型工程组织平台的结构设计	120

7.3	大型工程组织的结构类型及功能体系	131
第8章	大型工程建设管理组织的柔性控制机制	137
8.1	大型工程组织平台的协同机制	137
8.2	大型工程组织的主体利益冲突与控制	142
8.3	大型工程组织的诱导控制	152
第9章	港珠澳大桥前期决策机制	157
9.1	港珠澳大桥工程概况	157
9.2	港珠澳大桥前期决策的挑战	160
9.3	港珠澳大桥前期决策的复杂性分析	163
9.4	港珠澳大桥前期决策群体的协同管理	165
9.5	港珠澳大桥前期决策过程管理	172
第10章	苏通大桥工程建设组织管理	174
10.1	苏通大桥概况	174
10.2	苏通大桥工程组织管理面临的挑战	175
10.3	苏通大桥工程组织模式与平台解析	176
10.4	苏通大桥工程组织结构和主体行为	181
参考文献		185

第1章 概 论

大型工程项目是指对国民经济、社会生产和人民生活具有重大意义,对环境、生态系统的可持续发展能够产生深远影响,对工程科技的进一步提高能够起到显著推动作用的一类大型公共项目的总称。

本章阐述了大型工程建设活动及基本特征,重点分析了环境开放性、多元自主主体、混沌有序、初始敏感性等建设管理的系统复杂性,并进一步地凝练大型工程建设管理所面临的共性管理难题和所带来的管理挑战。

1.1 大型工程及工程活动

1.1.1 大型工程界定

工程是现代文明、社会经济运行和社会发展的内容和组成部分,有广义与狭义之分。广义工程包含一切人类活动,狭义工程与生产实践密切相关,是人类为了实现既定目标,运用自然科学原理和现代技术手段,通过对各种资源的有序整合以造物为核心的活动,工程过程一旦结束,则形成物化之产物,即工程实体,本书中的工程属于狭义工程的范畴。

大型工程是从规模角度对工程的进一步分类,工程规模一般从项目的投资额、参与人数、工程复杂性、引起社会的关注度等角度来定义。近年来,随着我国国民经济的持续稳定发展,在社会主义建设过程中出现了越来越多的大型工程项目,如三峡工程、西气东输工程、南水北调工程、青藏铁路、苏通大桥、港珠澳大桥工程等。对于大型工程,难以给出明确的界定,普遍意义下的大型工程一般具有如下特点:

(1) 投资额度大。大型工程一般是国家为解决所面临的重大经济、社会、安全问题,在国力允许的范围内组织实施的工程,这些工程具有投资额度大、资源消耗大的特点,其投资额度均超过亿元,有些甚至高达数百亿、上千亿。例如:三峡工程投资总概算为 2039 亿元人民币,南水北调工程预计总投资超过 5000 亿元人民币,西气东输工程总投资高达 1200 多亿元人民币,港珠澳大桥工程投资 700 多亿元人民币,小浪底工程共投资 347 亿元人民币。

(2) 论证与建设周期长。例如:三峡工程前期论证与决策过程前后历时 75 年,三峡工程建设也历经 17 年时间;黄河小浪底工程从列入国家规划到竣工完成经历了 46 年的时间,其主体工程建设持续了 8 年多的时间。可见这类工程一般都需要经历较长的前期



论证过程与建设过程。

(3)技术复杂。相比较中小型项目,大型工程不仅技术复杂,还面临许多世界级技术难题。例如:小浪底工程要顺利建设必须解决国际水利工程中的施工技术难题,苏通大桥需要攻克四项世界级技术难题等。也正因为如此,大型工程成为国家实施科技创新,提升技术能力的重要载体,其建设水平也往往成为国家综合实力的象征。

(4)参与方众多。大型工程规模宏大、技术复杂,涉及多领域、多方面内容,需要多领域团队合作建设。规模越大的工程项目,其参与方越多,参与人员数量越大。例如:小浪底工程包含三个大型国际联营体承担三个大型土建标,参加该工程建设人员来自全球 50 多个国家。苏通大桥工程建设一桥连七方,包括设计、施工、海事、建设、咨询等主体,不同主体都包含大量的参与团队。

(5)风险大。工程投资规模越大、建设周期越长,不可预见的因素就越多,使得项目风险难以估量。特别是在工程技术创新过程中存在大量不确定因素,进一步增加了项目建设风险,项目的一次性和不可逆转性,也决定了工程一旦被迫中断将会给社会带来巨大损失。

(6)对社会生态环境影响大。大型工程建设在促进社会经济发展的同时,也可能对社会生态环境产生一定影响,引发许多社会问题,因此大型工程在建设过程中还需要妥善解决其所引发的环境问题以及社会问题等。例如,三峡工程中的移民问题,工程建设中的生态破坏问题、工程施工中的噪声及污染问题等。

综合上述特点,本书所指的大型工程可界定为一类投资额度大、经历周期长、技术复杂、参与方众多、风险大,对环境、生态系统的可持续发展能够产生深远影响,对工程科技的进一步提高能够起到显著推动作用的一类项目的总称^[1]。

当然,由于不同的研究角度,目前在学术领域中对于工程项目还有着许多基于其他角度划分方式,例如:有些学者从投资主体的角度将工程划分为政府投资项目和私人投资项目,有些学者根据项目的公共属性将其划分为公共项目、准公共项目和私人项目,有些学者根据工程建设的复杂程度将其划分为复杂工程、常规工程,还有一些学者根据工程对国家发展的影响及意义角度,将工程划分为国家战略工程、国家重大工程或一般工程等。基于上述不同视角,可以对本书所研究的大型工程作进一步界定,即大型工程除了具有前述六项特点外,主要是指对国家发展具有重大战略意义和价值的,由政府管辖的公益性项目,也正因为其意义重大、规模大,这些工程项目的组织建设过程将涉及大量的人力、物力和财力,其高度的开放性及系统集成性,使其成为复杂程度较高的一类复杂工程项目。

1.1.2 大型工程的基本特征

工程及工程活动既不是单纯的技术活动,也不是单纯的经济活动,而有其自身的性

质、特征及活动规律,因此要建设和管理大型工程,首先必须从本质上认识工程及工程活动的基本特征。

“工程”一词古已有之,我国古代所指“工程”主要为土木建筑,强调施工过程,有时也指其结果;西方早先的“工程”主要是指战争设施,后来也包括民用设施、道路、桥梁、城市排水系统等建造活动。虽然随着现代社会的进步和经济的发展,工程一词被赋予了更广泛的含义,例如有学者将工程理解为“一种解决特定实际问题的活动过程”,有学者将“把服务于特定目的的各项工作的总体”称之为工程,从而出现了诸如生物工程、环境工程、信息工程等新的工程领域,但是对于大型工程这一特定概念而言,工程即为具体的基本建设项目,是指运用庞大而复杂的装备技术、原材料进行建设、生产工作^[2]。从更本质的意义上来看,这里的工程可理解为人类为了实现某一特定的目的,依据一定的科学技术原理与自然规律,通过有序地整合资源,以造物(或改变事物性状)为核心的活动^[3]。

工程项目无论规模和意义影响是否重大,研究其基本特征都具有普遍意义,因此这里对大型工程基本特征的分析,目的并不在于区别大型工程与一般工程,而在于从本质上把握工程及工程活动的性质与特征,以深刻揭示工程的内涵,从而使工程管理符合工程及工程活动自身的规律。从大型工程本身及工程活动的基本构成和基本过程来看,大型工程及工程活动的基本特征可概括如下:

1.1.2.1 大型工程具有构建性和实践性

任何大型工程项目最本质的特点在于构建或创造了一个新的存在物,也就是说工程实体本身不是客观存在的自然系统,而是从无到有构建起来的人造系统,并且这一构建过程必须通过人类的实践活动才得以实现。例如三峡工程、苏通大桥工程、港珠澳大桥工程等原本并不存在,是工程建设者们通过一系列的规划、设计、建造等活动将其构建起来的具有物质性结构和特定功能的客观实体。

从大型工程构建的过程来看,其构建性并不仅仅体现在建设阶段利用各种资源(原材料、资金、技术、设备)进行建设或建造的实践活动中,更体现在工程建设前期人们对工程的概念设计与规划过程中,例如对工程定位、工程结构和功能的设计、工程整体规划等。也就是说,大型工程建设具有明确的目的性,是人们围绕特定目标展开的以造物为核心的活动。正因为如此,大型工程构建活动常常被划分为两个大的阶段:第一阶段是工程概念设计阶段,主要是主体运用各种知识对工程进行定位和系统规划,以明确工程建设的目标、工程与外部环境的关系,设计工程结构、功能,并对工程建设过程的各项活动进行整体规划与设计,以保证工程的整体性与建设阶段活动的有效开展;第二阶段是工程的建造阶段,主要是运用技术手段和各种资源将工程的概念模型转化为物质实体,保证其功能和价值的实现。由此可见,大型工程的构建性在不同阶段的表现是不同的,其中,第一阶段更加强调主体的主观性与能动性,其构建性体现在思维层面,第二阶段更加强调技术和资源,其构建性体现在行动层面。

大型工程的实践性与构建性紧密相关,一方面大型工程的构建过程包含着大量实践活动;另一方面大型工程的构建过程本身也是科学、技术和知识转化为实际生产力的实践过程。由于工程及工程活动的实践性特征,客观上要求工程建设者在构建过程中必须充分考虑外部自然条件对工程活动的约束,考虑资源对工程建设的约束,考虑技术水平和条件对工程构建产生的影响等。

1.1.2.2 大型工程具有集成性和创造性

大型工程要实现从无到有的转变需要各种各样的资源,因此集成数量庞大、种类繁多的资源就成为工程构建过程中的一项基本活动。大型工程构建所需资源按照其属性可划分为硬性资源和软性资源。硬性资源主要包括材料、土地、设备、资金等,它们或是工程物质实体的重要组成部分或构建过程的必备物资;软性资源则主要包括科学、技术、知识、经验、智慧以及在此基础上产生的管理制度、管理机制等,它们是工程建设有序性和有效性的重要保证。由于工程涉及多种学科、技术、因素和环节,因此工程建设往往需要依赖多个领域专家和技术人员、多个学科的知识和技术交叉与融合,从而使得工程呈现出规模越大、复杂程度越高,集成特征越显著的特点。

大型工程的集成性与创造性是相辅相成的,集成的目的即为实现创造。工程是以造物为核心的活动,因此一项工程建设完成本身都标志着一个新的创造物的产生。众所周知,由于工程所处自然环境及约束条件的不同,加之工程定位与功能的多样性,每个工程都具有独特性,也正是因为工程的独特属性使得每个工程在构建过程中都会面临着许多未知的新问题,没有经验可以借鉴,需要建设者运用已有的科学、知识和经验不断摸索、试验,并通过技术手段加以实现,而这一过程正是创造的过程。由此可见,工程的创造性是由其独特属性客观决定的,并且是在每项工程构建过程中必然存在的。当然不同类型和性质的工程其创造性程度会有所不同,但是通常对于国家战略具有重大意义的大型工程项目都需要在工程实践中攻克许多技术难题、管理挑战,实现工程技术上的创新与跨越。同时也正是由于工程为技术创新与管理创新提供了实践平台,工程也被看作是科技成果转化及技术创新的主战场,对于国家综合发展而言是一项重要的战略资源。

1.1.2.3 大型工程具有科学性和经验性

大型工程建设的各项活动必须遵循科学理论的指导,符合事物产生、发展与变化的客观规律,不能与已经验证的科学原理和定律相违背,同时在构建过程中也需要依赖工程师、工程建设者和工程管理者的知识、经验与智慧,从而使工程呈现出科学性和经验性相辅相成、相互补充的特征。

在以造物为核心的工程活动中,科学是工程建设的理论基础。大型工程及其工程活动是物质世界、系统组织和人的动态统一,因此一项成功的工程项目在构建过程中不仅要遵循物质世界的客观规律、法则(可称之为“物理”),以实现合理改造自然和适应自然的目的,还要遵循组织、系统管理的特点与规律(可称之为“事理”),保证工程各项活动

的整体性与效益性,同时也必须充分重视人的利益观、价值观及个人与群体行为给工程活动带来的影响(可称之为“人理”)。实际上,随着社会的进步和科学技术的发展,工程、工程活动与科学技术融合越来越紧密,可以说,科学技术已成为工程与工程活动中不可或缺的重要基础和理论依据,如果没有科学理论与技术的支持,工程活动将无从展开,工程也无法构建。在科学技术与工程实践的融合中,一门新的科学——工程科学已经诞生,成为工程与工程活动的科学理论基础。工程科学是以“物理”为核心的自然科学、以“事理”为核心的组织科学、管理科学、系统科学以及以“人理”为核心的人文科学、行为科学、心理科学等知识在工程实践中应用所形成的新的知识体系^[4]。可以说,这一新知识不仅体现了科学理论在工程实践中的应用成果,也体现了工程对于科学技术进步的深刻影响与积极推动作用。

工程与工程活动是人类的实践活动,是一种有计划、有组织、有目的的人工活动,因此具有主观能动性的“人”(工程师、工程建设者、工程管理者)对于工程与工程活动具有决定性的影响和作用。如前所述,工程建设必须遵循事物的客观规律,但是由于大型工程规模大、影响因素多,工程建设主体不可能掌握工程构建过程中所有活动涉及的全部知识,同时由于人类对于客观自然认识的局限性,许多自然规律也仍然属于人类未知的领域,仍需不断的探索和论证。因此,工程活动中不可能所有问题都具有科学理论依据,许多情况必须依赖于工程建设主体的实践经验。实际上,工程起源于人类的实践活动,工程的发展也可看作是多少年来工程建设者实践经验不断积累的结果,虽然当今科学技术的作用日益重要,但是也决不能忽视工程参与主体的实践经验对于工程建设的重要作用,因此在工程活动开展过程中,科学知识与实践经验两者是相互补充、相辅相成的。

1.1.2.4 大型工程具有系统性和复杂性

系统是由若干相互关联的要素组成的具有特定功能的有机整体^[5]。大型工程是由材料、土地、资源、设备、技术、管理等要素按照特定目标和技术要求形成的具有价值功能的有机整体。基于系统的视角,大型工程可看作是一个工程系统,具有显著的系统性特征。大型工程的系统性主要体现在:首先,大型工程及工程活动具有明确的目的和功能要求,工程构建过程中的各项活动都是为了实现工程目的和功能而展开的;其次,大型工程各组成要素之间是相互关联的有机整体,任何要素的变化都会引发其他要素及系统的变化,同时一旦系统的组成要素脱离了整体也将失去其在系统中的价值和作用;再次,大型工程同外部环境联系密切,工程依赖于环境、也受制于环境,并且工程系统将通过与外界环境之间的信息、物质、能量的交换来适应外部变化,因此工程是具有开放性和动态性的系统。

随着工程规模的不断扩大以及工程自身复杂程度的不断提升,大型工程复杂性特征更加凸显。在新的形势下,大型工程的复杂性不仅是指工程规模大、影响因素多、涉及面广、施工环境复杂、工程建设技术难度大等显性复杂性,还包括由于多元化的项目参与主体、多领域、学科技术融合与交叉、多变和不确定的项目环境以及管理主体能力局限性

等所引发的更为深刻的隐性复杂性,从而使大型工程构建过程面临着许多冲突、矛盾。实际上,大型工程的复杂性并不仅仅是其自身的复杂性,还融合了工程所处外部环境的复杂性以及社会、人文的复杂性,是自然、社会、人文和工程四者复杂性的综合体。因此,大型工程不仅是一个工程系统,更是一个复杂的工程系统,而对于复杂工程系统则需要运用系统科学以及复杂性科学来更好地解决问题。

1.1.2.5 大型工程具有社会性和公众性

大型工程因为社会 and 公众的需求而产生其自身存在的价值和意义,并在其构建过程中呈现出社会性和公众性的基本特征。首先,大型工程的一切活动都是在自然—人—社会这样一个综合环境下展开的,每一个工程都具有独特的社会时代背景,代表着特定时期社会的经济发展、科学技术水平和社会文明等;其次,大型工程是由具有社会属性的群体参与建造而成的,其参与主体包括工程投资者、决策者、工程师、工程建设者、工程管理者等,因此工程在建设过程中必然受到这些主体主观意识、价值观念、行为方式等影响,同时这些参与主体在工程建设过程中分工协作、相互配合使得工程活动以社会组织与社会实践的形式进行,从而使工程活动呈现出社会性;再次,工程,特别是大型工程建设往往会对社会经济、生态环境、人民生产生活等方面产生深远的影响,因此工程决策必须综合考虑社会、经济、政治、自然、生态、资源、技术、地区发展等多方面因素,进而凸显了工程的社会价值特征。实际上,随着社会的进步和国家综合实力的发展,新形势下的大型工程建设往往更加注重其对国家未来发展的战略价值以及对社会产生的影响,而不再像传统工程一样只注重物质实体本身的功能价值。

大型工程项目建设并不是为了某些个人或某些团体,而是以国家、地区和社会公众的共同利益而组织实施的,因此其建设目标本身就具有公益性和公共性特征,同时由于大型工程建设会对地区甚至国家的社会经济发展和人民生产生活产生重要影响,工程建设需要社会公众的协助与配合,由工程建设所引发的社会问题、环境问题、质量与风险问题等也必然会受到社会公众的广泛关注和舆论监督,从而使工程与工程活动呈现出公众性。实际上,社会公众本身就是大型工程的核心利益主体,在工程决策及建设过程中具有表达诉求、参与决策、过程监督的权力,因此大型工程在决策及建设过程中不仅要广泛听取社会公众的需求、诉求,关注和解决社会公众提出的各种问题,还需要完善公众参与大型工程决策及监督工程实施的手段与方法,使工程建设能够符合社会公众的需求,以最大限度实现公众利益。

1.2 大型工程建设管理的系统复杂性

从系统科学,特别是复杂性科学来审视大型工程,将其作为一个大系统来看时,我们会发现大型工程是一个复杂工程系统。复杂系统广泛存在于社会、经济和工程领域。复

杂系统具有以下一些特点^[6]：

- (1) 系统是开放的,它与系统外的环境具有物质、能力和信息的交换;
- (2) 系统由大量的具有某种功能的主体组成,简称自主主体。自主主体可以是个体,也可以是群体,它具有自组织、自学习和自适应等功能;
- (3) 系统的不同微小变化,如初始状态、初始条件的微小差异都可能导致系统在一系列变化后产生重大差异;
- (4) 系统在没有任何外界作用情况下,通过自身的组织与协调,最终可使系统发生质变。这种质变既是复杂系统的演化过程,又是复杂系统产生整体涌现的过程。

以上特点有时也称为“系统复杂性”,显然,大型工程都是复杂系统,因此它们都表现出各种系统复杂性。

1.2.1 工程环境的开放性形成的系统复杂性

大型工程的环境包括社会经济环境和自然环境。首先,开放的社会经济环境使项目利益干系人之间利益不完全一致,甚至引发利益冲突,如工程要求有一支训练有素、素质高的施工队伍。但施工企业为了降低成本,加之丰富的劳动力资源,使得企业大量使用缺乏技能培训的人员,从而给工程质量与安全带来风险。其次,一方面市场经济规则在工程采购、承包等运作中具有重要作用,但另一方面,市场秩序、工程建设秩序又很不完善,因此,在实际管理中,经常会遇到“有章难循,甚至无章可循”的情况。其中许多实际问题不仅涉及工程、技术与管理,甚至触及到法律与社会层面,造成了多领域、多层面、多方面矛盾的交叉。最后,工程的建设具有明显的时代特性,管理模式、组织架构和相关的制度建设都与当前的社会经济环境密切相关。对于工程而言,相关联的制度与体制一动,从而工程管理的模式与制度也要跟着动,这进一步导致了工程建设管理的系统复杂性。

在自然环境方面,大型工程建设往往都存在着特定的地理环境,如桥梁、隧道等基础设施工程建设会受到地质、水文、气象、通航等方面影响,并且还会涉及生态和环保等方面。工程建设前期的勘察测量及相关数据的分析为工程方案设计提供基础,但在施工阶段,复杂的自然环境会导致原有方案的失效,需要重新进行方案研究或方案变更,而且直接的自然环境,如台风、潮汐等都会直接影响工程建设的进度安排。

综上所述可以看出,无论是社会经济环境还是地理环境,均因其高度的开放性而使大型工程管理的复杂性进一步提高,使协调工程多元自主主体之间冲突的难度进一步增加,甚至使工程自身物理结构及相应的管理体系更加复杂。所有这些都不仅局限于工程直观层面,而且延伸至工程系统与系统复杂性层面。

1.2.2 工程建设的多元自主主体形成的系统复杂性

大型工程涉及多个类型的参建单位,如勘察测量单位、设计单位、施工单位、咨询单

位、监理单位、政府部门专家等,这些个人、组织或单位统称为自主主体。自主主体具有独立的身份,这就直接造成了主体之间存在着价值观和文化差异,对工程的形象、使命、战略等方面存在着不同的认同标准。各个主体利益诉求不同也直接产生了工程建设过程中的利益冲突,当工程需求与主体利益产生冲突时,主体往往首先会考虑到保护自身的利益,而对工程需求可能不予响应,这就导致了工程质量、进度、安全管理的困难和复杂不仅来自于自然、技术因素外,还来自于主体的不同属性。诸如政府将工程作为一项重要的战略资源来开发,不仅考虑其产生直接的经济效益,而且还要依此为载体来带动技术创新和行业能力的提升。

由上可见,大型工程建设中的多元自主主体在服务于工程建设目标的同时,存在着多元交互,一方面形成系统能力的涌现,但另一方面也会产生利益和运作冲突的涌现,影响工程建设的顺利开展。

1.2.3 混沌有序并存形成的系统复杂性

复杂性科学认为,复杂性介于有序与无序、秩序和混沌(乱)之间^[6]。一般而言,“有序”在直觉上是已知的、确定的、明确的、有规律的和有把握的,而“混沌”一般是未知的、不确定的、规律不清的和尚未有把握的。而这种直觉是随着人们对事物认识的不断深刻和对未知规律的逐步掌握而变化的。在一个阶段、一个层次上看是“混沌”的,在另一个阶段和层次上看是“有序”的;在一个阶段、一个层次上看是“复杂”的,在另一个阶段和层次上看是“简单”的。具有复杂性的系统能将这种有序与混沌并存于系统并使其稳定下来,正是这种状况,才使复杂系统既具有稳定性,又有自我创新与发展的能力。

工程及工程管理都追求安全性和可靠性。因此,建设单位或施工单位在面临技术难题时自然希望尽可能地在工程中使用规范的、成熟的技术,或至少在其基础上通过集成创新来攻克工程技术难关。这就意味着在技术领域要通过系统的“有序”(规范、成熟的技术)集成解决系统的“混沌”(新的关键技术难题)。而“有序”集成所以能解决“混沌”,是因为这种集成形成了系统的新的“涌现”。那如何能形成“涌现”,则又关系到如何构建多主体协同的组织平台等复杂问题。例如多参建单位如何联合,运作机制如何设计,这些问题不解决,集成创新就无法实现。

工程的建设是依托于各参建单位的齐心协力,但由于工程环境开放性、技术复杂性、建设人员的多角色等特点,工程建设的组织管理不能是静态的管理模式,组织必须有足够的创造性和柔性来充分发挥各建设单位的能力,同时需要有足够的稳定性以免使其陷入整体的混乱中。因而最好的选择是在管理控制与自组织之间保持适宜的平衡和一致性,做到宏观“有序”、微观“混沌”。

总而言之,大型工程建设面临着对立统一的特性,如稳健和创新使得建设过程更加复杂,但同时这种对立统一性也是解决这类复杂问题的方法。辩证学告诉我们,对立面