

| 南京大学工程管理学院文库 |

大型工程的复杂性管理 ——组织、文化与决策

周 晶 朱振涛 著
吴孝灵 雷丽彩



大型工程本质上是一个复杂系统、具有高度的系统复杂性

大型工程建设在前期论证、方案设计、资源获取、方案实施等阶段都存在影响工程建设成败的重大决策

研究大型工程复杂性管理涉及管理模式、组织结构、工程文化、决策管理和协调机制等



南京大学出版社

大型工程的复杂性管理 ——组织、文化与决策

周 晶 朱振涛 吴孝灵 雷丽彩 著



南京大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

大型工程的复杂性管理:组织、文化与决策 / 周晶等著. — 南京: 南京大学出版社, 2015. 3
ISBN 978 - 7 - 305 - 14642 - 8

I. ①大… II. ①周… III. ①大型建设项目—复杂性—项目管理 IV. ①F282

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 014532 号

出版发行 南京大学出版社
社 址 南京市汉口路 22 号 邮 编 210093
出 版 人 金鑫荣

书 名 大型工程的复杂性管理——组织、文化与决策
作 者 周 晶 朱振涛 吴孝灵 雷丽彩
责任编辑 陈兰兰 吴 华 编辑热线 025 - 83686029
责任校对 焦雨晨

照 排 南京南琳图文制作有限公司
印 刷 江苏凤凰通达印刷有限公司
开 本 718×1000 1/16 印张 28 字数 444 千
版 次 2015 年 3 月第 1 版 2015 年 3 月第 1 次印刷
ISBN 978 - 7 - 305 - 14642 - 8
定 价 112.00 元

网址: <http://www.njupco.com>
官方微博: <http://weibo.com/njupco>
官方微信号: njupress
销售咨询热线: (025) 83594756

* 版权所有, 侵权必究

* 凡购买南大版图书, 如有印装质量问题, 请与所购
图书销售部门联系调换

南京大学工程管理学院文库

编委会

主 任 盛昭瀚

副主任 李心丹

委 员 李心丹 钱志新 周 晶 张旭苹

周献中 沈厚才 肖条军 周跃进

朱华桂

前 言

工程是人类为实现某一特定目的,依据一定的科学技术原理,通过有序地整合资源,以造物为核心的活动。大型工程一般是指工程规模宏大、结构关联复杂、建设环境不确定、施工难度大、技术要求高、资源投入多、知识涉及面广、参建单位多,对社会发展具有重大持续性影响的一类工程。大型工程建设是国家的一项重要战略,通过工程建设可以攻克关键技术难题,建立相关行业标准,提升技术创新平台,培育企业的竞争力,带动相关产业发展,提高国家的综合实力。因此,大型工程建设在国家发展过程中占据十分重要的地位,它是实现多目标的载体,是科学技术转化为生产力的桥梁,同时也是现代科学技术创新和培育的重要载体。中国科学院周光召院士曾高度评价工程的重要性:“同科学技术相比,工程界对人类社会承担着更直接的责任,因此更需要得到大众的关注和理解”。

大型工程项目在我国社会经济建设进程中发挥了巨大的作用,如南水北调、西气东输、西电东送等宏大的社会经济工程,三峡大坝、青藏铁路、苏通大桥等基础设施建设工程,以及两弹一星、航天、探月等高科技工程等。随着我国经济实力、综合国力的不断提高和国民经济快速持续的发展,我国大型工程建设将越来越多,例如正在建设的港珠澳大桥就是一个横跨三地的国际性工程项目,投资将达到1 000多亿元人民币。

大型工程本质上是一个复杂系统,具有高度的系统复杂性,其建设管理实质上是一项复杂系统工程。大型工程具有环境动态开放、参建主体异质多元、资源能力不足、系统集成化高等特性,给工程建设管理带来了巨大的挑战,主要表现在:(1) 大型工程建设管理面临诸多动态不确定性问题,且工程参建主体数量众多,各自利益诉求不同,导致工程建设期间主体的运作冲突和利益冲突,这要求工程组织管理一方面必须具备整合资源、动态调整组织结构的能力,另一方面还必须具备协调主体之间冲突的能力。(2) 大

型工程建设在前期论证、方案设计、资源获取、方案实施等阶段都存在影响工程建设成败的重大决策,但由于缺乏参考经验和完整的操作规范,同时面临决策问题模糊、决策目标多元、单个决策主体能力不足和决策环境多变等难题,因而在工程建设管理中进行科学决策往往是一项艰苦、曲折的过程。

然而,长期以来对工程建设管理的理论应用研究还多局限于传统的项目管理层面,这与我国当前工程建设规模和增长速度极不匹配,很难满足大型工程复杂性管理需要。传统的项目管理理论仍停留在还原论的方法层面,把工程指标直接进行分解、分配,工程建设管理思路主要基于先前的工程管理经验。大型工程的复杂性特征必然要求我们从复杂性理论的视角去认知和凝练大型工程复杂性管理的科学问题。因此,在大型工程建设管理的复杂性的认知、工程组织模式的构建和工程文化建设、复杂性决策管理机制、冲突协调机制等方面还需要进一步进行系统深入的研究。

2009~2012 年我们与港珠澳大桥管理局合作,共同承担了国家自然科学基金重点项目“基于系统复杂性分析的大型工程建设综合集成管理:理论、方法与应用”(70831002)。经过 4 年多的研究和探索,在大型工程管理实践的基础上,遵循“工程复杂性——系统复杂性——管理复杂性”的认识路径,以综合集成方法论为指导,遵循管理学的一般理论方式,初步构建了综合集成管理的理论体系,给出综合集成管理的基本原理,管理方法论集成原则,以及面对复杂管理问题,综合集成管理基本职能的要求,并在实践经验的总结、归纳、提炼的基础上,初步提出了基本管理职能的构成要素与运行机制,并在港珠澳大桥的前期工程实践中初步运用。特别地,针对大型工

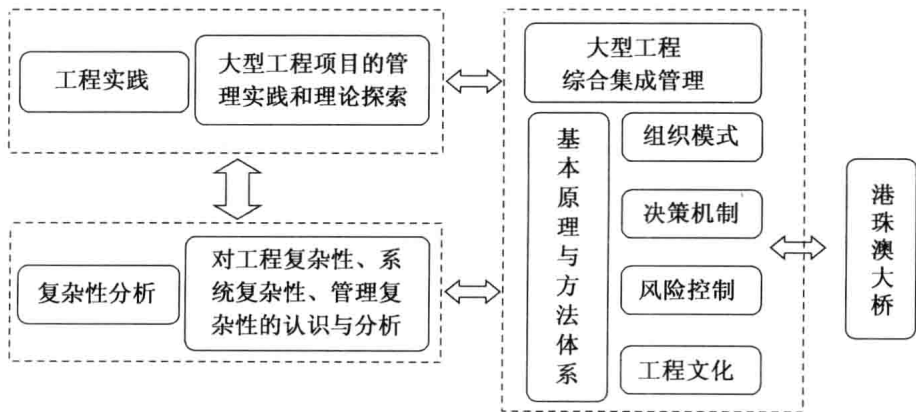


图 1 项目研究内容架构图

程的组织、决策和风险控制问题,本项目综合运用工程哲学、复杂性科学、工程项目管理、运筹学、博弈论、行为科学、计算实验等多学科的理论与方法,将系统科学与工程管理理论进行融合,对大型建设工程项目的管理模式、组织结构、工程文化、决策管理和协调机制等关键问题进行了深入研究。

本书是该项目的部分研究成果,是在大型工程系统复杂性分析的基础上,研究大型工程复杂性管理理论方面的研究成果,包括组织协同、工程文化、工程决策、协调机制。

项目的研究和本书的写作过程得到了南京大学工程管理学院盛昭瀚教授的悉心指导和帮助,在此表达我们最诚挚的感谢和深深的敬意!

周晶负责全书的整体构思和内容策划,朱振涛撰写了第四章~第九章,雷利彩撰写了第十章~第十二章,吴孝灵撰写了第十三章~第十四章,聂娜和陈星光参与第一章~第三章的撰写。

本书写作过程中还得到李迁、徐红利、段庆康的帮助,在此一并表示感谢!

由于作者水平有限,书中难免谬误和不妥之处,尚祈专家、读者不吝指正。

著 者

2014 年 10 月

目 录

前 言	1
第 1 章 工程与工程组织	1
1.1 工程与工程系统	1
1.2 工程的参建主体	4
1.3 组织与工程组织	7
1.4 本章小结	13
第 2 章 系统视角下的大型工程组织复杂性分析	14
2.1 工程组织的系统特征	14
2.2 大型工程组织系统的自组织特征	21
2.3 大型工程组织系统的适应性分析	32
2.4 本章小结	43
第 3 章 SoS 视角下的大型工程跨组织协同	45
3.1 SoS 的内涵	46
3.2 大型工程组织的 SoS 特征	48
3.3 基于 SoS 的大型工程组织体系架构	49
3.4 大型工程组织的序主体	54
3.5 大型工程跨组织协同平台	56
3.6 基于 DOC 模型的协同平台组织协调策略分析	64
3.7 本章小结	77
第 4 章 工程文化及其影响因素分析	79
4.1 工程文化的内涵	80
4.2 工程文化的特征	82
4.3 工程文化的维度与工程绩效	86

4.4	工程文化的影响因素分析	92
4.5	本章小结	100
第5章	工程文化系统的自组织演化机制	101
5.1	工程文化的系统结构	101
5.2	工程文化系统的耗散结构形成机制	105
5.3	工程文化系统的竞争与协同动力机制	110
5.4	工程文化系统的超循环交互反馈机制	118
5.5	本章小结	127
第6章	工程参与方之间的观念耦合演化的动力学特征	128
6.1	问题描述	128
6.2	假设和模型建立	130
6.3	两个参与企业之间的文化观念演化动力学特征	132
6.4	两种观念耦合演化系统的比较和讨论	143
6.5	本章小结	144
第7章	工程文化在动态网络上传播的动力学特征	146
7.1	文化传播研究现状	146
7.2	工程文化传播的特征分析	149
7.3	工程文化传播的计算实验模型	154
7.4	工程文化传播的计算实验与分析	162
7.5	本章小结	182
第8章	工程文化传播与工程绩效的关联演化机理	185
8.1	工程质量与工程绩效	185
8.2	质量文化传播模型	187
8.3	工程业务系统的动态反馈特征	192
8.4	文化传播与工程绩效的耦合演化系统模型	196
8.5	文化传播与工程绩效的仿真分析	200
8.6	本章小结	205
第9章	复杂系统视角下的工程文化建设的对策	208
9.1	工程文化建设的基本原则	208
9.2	工程文化自组织演化平台的构建	210
9.3	优秀工程文化基核的培育	211

9.4	亚文化间的良性竞争与协同	212
9.5	工程文化的超循环关联演化	214
9.6	苏通大桥工程文化建设案例分析	216
9.7	本章小结	219
第 10 章	大型工程决策复杂性与决策机制	221
10.1	工程决策的内涵	221
10.2	工程决策系统及其要素	222
10.3	大型工程决策系统的复杂性分析	228
10.4	大型工程决策系统的管理机制	238
10.5	工程决策案例:港珠澳大桥前期决策	250
10.6	本章小结	254
第 11 章	基于前景理论的大型工程多属性群决策方法	255
11.1	大型工程决策主体行为的前景理论描述	255
11.2	大型工程群决策的模糊随机多属性描述	258
11.3	模糊随机多属性群决策方法	261
11.4	案例数值分析	265
11.5	本章小结	271
第 12 章	基于相对熵的大型工程交互式群决策方法	272
12.1	大型工程交互式群决策的主体偏好冲突分析	272
12.2	基于相对熵的大型工程决策主体偏好集结模型	275
12.3	基于相对熵的交互式群决策方法	279
12.4	案例数值分析	284
12.5	本章小结	288
第 13 章	工程利益相关者的冲突与协调	289
13.1	工程利益相关者冲突的动因分析	289
13.2	工程利益相关者之间的协调机制	294
13.3	本章小结	300
第 14 章	基于委托代理的工程利益相关者契约激励机制	302
14.1	委托代理的经济含义	302
14.2	工程利益相关者间的委托代理关系	304
14.3	工程招标合同的直接激励机制设计:以 BOT 项目为例 ...	306

14.4 工程总承包合同的工期激励机制设计:以 BOT 项目为例 318

14.5 本章小结..... 330

第 15 章 基于公平感知的工程利益相关者契约协调机制 332

15.1 公平理论概述..... 332

15.2 公平偏好的模型描述..... 338

15.3 工程利益相关者公平偏好的形成及影响..... 341

15.4 工程项目融资的资本公平分担机制:以大型跨界工程为例
..... 344

15.5 本章小结..... 356

第 16 章 基于公平参考依赖的 PPP 项目契约协调机制 357

16.1 公共工程建设的 PPP 模式 357

16.2 PPP 项目的风险分担与补偿问题 359

16.3 基于风险收益公平分配的 PPP 项目融资机制 362

16.4 基于特许收益公平依赖的 PPP 项目补偿机制 384

16.5 本章小结..... 405

参考文献..... 406

第 1 章 工程与工程组织

工程是一种为了满足人类的某种需要,在遵守自然规律的前提下,运用一定的科学技术原理对自然进行改造,并以造物为主题的人类活动(Rogers,1983;李伯聪,2002)。而工程组织是工程建设与管理的基础与载体,工程组织问题研究是工程管理理论研究的关键内容。

1.1 工程与工程系统

1.1.1 工程的内涵

工程实质是人类为了实现某一特定的目的,依据一定的科学技术原理,通过有序地整合资源,以造物为核心的活动。工程具有以下基本特征:

(1) 工程活动的主体是人,他们具有一定的主观能动性。一方面,他们以完成工程任务为目标,遵循一定的原则或规则构成工程组织,并通过运用协调、激励等控制手段来协调与维护主体间的关系,促进各方合作,使组织的能力得以涌现;另一方面,他们还会根据任务的特点对相关资源进行整合,并在资源缺乏的情况下通过一定的手段获取相关资源(如技术创新),以实现工程目标。

(2) 工程活动的对象是各种资源,包括材料、资金、技术等“硬”资源以及组织管理模式等“软”资源。其中,“硬”资源是工程建设的物质基础,它们一般可直接获得,并且有一部分会在工程建设完成之后以某种形式驻留在工程实体中(如材料、技术等);“软”资源则是保证工程建设活动有序进行的管理基础,它们由工程决策者与管理者进行设计与实施,并贯穿于整个工程建设过程之中。工程需要通过对上述资源进行整合才能实现,而资源整合的合理程度将直接影响工程建设的效果。

(3) 工程是主体进行资源整合的最终结果,而在整合过程中工程主体

的价值观与文化得以体现。工程是一个整体概念,它由众多资源要素组成,是一个具有特定结构与功能的物理载体。同时,它与科学研究及技术应用不同,它具有显著的文化特征。科学研究的终极目标是追求真理,即探索自然现象背后所隐藏的客观规律。客观规律不随主体意志而改变,因此,它需要尽量排除主体的主观性,避免主体价值观对研究过程以及研究结果的影响。技术应用主要遵照相关操作步骤或作业流程进行操作,作业对象与环境都比较单一,操作主体的价值观等主观特征对该过程影响较小。工程(特别是大型工程)建设全生命周期则饱含主体的价值观与文化:在工程设计阶段,业主工程目标的设定以及设计者的设计理念都渗透着各自的审美标准与时代特征;在工程建设阶段,工程管理者构建具有核心主导力的工程文化,为实施者营造一种拼搏进取、和谐融洽的工作环境;在工程建设完成之后,优秀的工程精神又凝固在工程实体之中,受世人敬仰。可见,工程的文化特征显著:工程建设(资源整合)受主体的价值观与文化影响,而工程实体又可以对文化起传承作用。

(4) 工程活动在特定的环境下进行。工程建设一般处在特定的自然、经济、政治、市场、技术等环境之下,这些环境因素一方面为工程建设提供必要的支撑,另一方面还会对工程建设产生一定的影响。

大型工程一般是指工程规模宏大、结构关联紧密、建设环境复杂、施工难度大、技术要求高、资源投入多、知识涉及面广、参建单位多,对社会发展具有重大持续性影响的一类工程。大型工程建设是国家的一项重要战略资源,通过工程建设可以攻克关键技术难题,建立相关行业标准,提升技术创新平台,培育企业的竞争能力,带动相关产业发展,提高国家竞争力。因此,大型工程建设在国家发展过程中占据十分重要的地位,它是实现多目标的载体,是科学发展观落实的重要途径,是科学技术转化为生产力的桥梁,同时也是现代科学技术创新和培育的重要载体。考虑到不同类别的大型工程有其一定的特殊性,本书主要以大型基础设施工程建设为研究背景,以下简称大型工程。

1.1.2 工程系统

从系统科学的视角看,工程与系统两个概念之间具有深刻的联系,具体表现在如下几个方面(洪巍,2012):

(1) 工程是由“硬”资源与“软”资源相互整合形成的系统。其中,“硬”资源是构成工程实体的物质基础,它们是工程在系统概念下的要素,它们在自然规律的支配下相互关联相互作用,形成工程的硬结构,并使工程具有一定的物化功能,而此功能就是工程在系统概念下的基本功能。然而,在工程建设过程中,上述“硬”资源并不会自发地形成工程,它需要通过主体有序和有效地整合,而“软”资源就是主体整合资源的方式与方法,即管理系统。工程组织、管理模式等工程“软”资源依据工程目标,对土地、设备、资金、材料、技术等“硬”资源进行整合与协调,以实现工程实体的结构与功能。而资源整合的有序程度,则取决于主体的自身能力和水平以及对工程和资源的认识。

(2) 工程是一个要素动态关联的系统。工程包含诸多环节与要素,它们之间相互联系,相互作用,构成整个工程活动。一般来说,工程活动包括计划、设计、实施、运营四个阶段。在计划阶段,工程决策主体在客观分析政治、经济、文化等环境的前提下,依据工程发起者的目标意图,通过可行性论证对诸多方案进行选择;在设计阶段,工程设计人员依据计划阶段的建设方案,结合自身的专业知识,为工程建设提供有技术依据的设计文件和图纸;在实施阶段,根据设计文件和图纸的要求,对人、财、物进行整合,使之流动,并最终形成工程产品;在运营阶段,工程产品交付给相关运营主体,并开始消费、运转、维护等过程。上述四个过程看似独立,但它们之间却是相互联系、相互作用的。在工程计划过程中可能已经包含了设计,在工程实施过程中也可能还需要进行设计,如工程变更需要重新设计,在工程运营过程中同样也可能需要部分地建造,如工程维修与改造。此外,每个建设阶段的工作将对下一阶段产生重要影响。可见,工程全生命周期的各个阶段都不是完全独立的,它们相互渗透、相互包含,构成动态关联的工程过程系统。

(3) 工程是一个“天人合一”的系统。所谓“天人合一”,是指人与自然和谐相处。一方面,工程是一种造物活动,它的目的就是通过改造自然来满足人类某种需要;另一方面,工程建设的环境是开放的,因此,工程活动必将对自然以及社会等环境产生复杂、多元的影响。在工程与自然环境关系方面,自古人类的工程大多是关注人与自然和谐的。都江堰、万里长城等古代重大工程都是顺应自然而又很好地利用了自然。而到了近现代,随着科技水平的高速发展,有些工程在满足人类需求、推动社会发展的同时,也带来

了大量的环境问题。资源过度开发与消耗、环境污染、地质灾害、温室效应等逐渐成为影响人类生存发展的重要问题。因此,如何使工程建设与自然环境和谐发展,已经成为人类面临的重大问题。在工程与社会关系方面,现代工程设计更需要注意“以人为本”的理念,以实现工程与人、工程与社会的和谐发展。

1.2 工程的参建主体

工程系统具有诸多要素,各要素在它不同维度之下呈现出不同的结构,其中人是工程系统中的一类重要要素。工程项目,尤其是大型工程项目所涉及的参建主体众多,下面将从利益相关者角度来详细分析工程参建主体。

1.2.1 利益相关者

利益相关者这一概念最早出现于 1708 年,它表示在某一项活动或企业中“下注”,在活动或企业运营过程中“抽头”或“赔本”的人。事实上,首次提出公司应该为利益相关者服务设想的是 1929 年通用电气公司就职演说中的一位经理。最早使用“利益相关者”概念的经济学家是 Ansoff(1965),他认为“要想制定理想的企业目标,必须综合平衡考虑企业的诸多利益相关者之间相互冲突的索取权,他们可能包括管理人员、工人、股东、供应商以及顾客”。1984 年,Freeman 在其名著《战略管理:利益相关者方法》中给出利益相关者的经典定义:“企业利益相关者是指那些能影响企业目标的实现或被企业目标的实现所影响的个人或群体”。在这个定义中,Freeman 强调企业的影响可能是单向的,也可能是双向的。它不仅将影响企业目标的个人和群体视为利益相关者,同时还把企业目标实现过程中,受企业所采取的行动影响的个人和群体看作利益相关者,如把当地社区、政府部门、环境保护主义者等实体纳入利益相关者的队伍行列。显然,Freeman 界定的是广义上的利益相关者。后经 Blair(1995),Mitchell(1997)等学者的共同发展,利益相关者理论已初步形成。

1.2.2 工程利益相关者

与一般企业类似,工程项目也有一般意义上的利益相关者。工程利益

相关者就是指与工程建设活动有一定利益关系的个人或组织,也就是能够影响工程目标的实现或因工程目标实现而受影响的个人或组织。也就是说,工程利益相关者除了直接参与工程建设的各利益单位,还包括受工程建设影响的个人或群体,如社区居民等,他们在一定意义上也是工程利益相关者。

根据不同的标准,对利益相关者可以有不同的分类方法。很多学者针对利益相关者对企业的影响程度的差异性将利益相关者进行细分。Freeman(1984)从所有权、经济依赖性和社会利益三个不同维度对企业的利益相关者进行分类,即公司股票所有者是对企业拥有所有权的利益相关者;对企业有经济依赖性的利益相关者包括经理、员工、债权人、供应商等;而与公司在社会利益上有关系的则是政府、媒体、公众等。Frederik(1988)按与企业是否发生市场交易关系而将利益相关者分为直接利益相关者和间接利益相关者。Charkham(1992)按照相关者群体与企业合同关系的性质,将利益相关者分为契约型(Contractual Stakeholders)和公众型(Community Stakeholders)两类。Polonsky(1996)根据相关群体在企业经营活动中承担的风险类型,将利益相关者分为自愿利益相关者和非自愿利益相关者;而后,又根据利益相关者与企业利害关系的紧密程度,将利益相关者分为首要利益相关者(Primary Stakeholders)和次要利益相关者(Secondary Stakeholders)。Mitchell(1997)从利益相关者的合法性、权利性、紧急性三个属性维度,将利益相关者分为确定型、预期型和潜在型。

借鉴 Mitchell 的评分法,可对工程利益相关者从合法性、权力性和紧迫性的三个纬度进行划分,主要是出于如下三方面考虑:

首先,与工程项目有直接契约关系的利益相关者由于向工程建设投入了专用性资产,并承担了一定的风险,所以他们的利益需求一般是合理的、合法的,即所谓合法性。

其次,不同利益相关者对工程项目建设活动的决策、实施与运营的重要性存在差异。从工程项目建设的全生命期来看,有的利益相关者是不可或缺的,而有的则对工程建设影响甚小。就是说,不同利益相关者在工程项目中的地位不同,拥有项目决策的权力也不一样,即所谓权力性。

再则,即使在工程建设的同一阶段,不同利益相关者的利益要求也会存在差异性。有的利益相关者的利益诉求在正常情况下可能不重要,但在某

一特殊状态下其利益诉求却必须在短时间内得到满足,否则就会影响到工程项目的正常进行,即所谓紧迫性。

于是,针对工程项目的自身特点,综合上述三个纬度,即合法性、权力性和紧迫性,可将工程项目利益相关者分为核心利益相关者、主要利益相关者和潜在利益相关者或外围利益相关者。

1. 核心利益相关者

当利益相关者同时拥有合法性、权力性和紧迫性时,表明他们对工程项目的建设起着决定性作用,如果没有他们的参与和支持,工程项目就有可能立即受到影响,因此我们将这一类利益相关者界定为核心利益相关者。工程业主和施工承包单位在项目建设管理中处于首要位置,业主对项目的建设管理水平以及承包商的承建水平,对于工程的建设起着决定性的作用。在决策阶段,业主为项目决策提供依据;在实施阶段,承建商通过项目获利,直接影响到项目的进度与质量,是项目成功的缔造者。业主和承包商作为需要关注的核心利益相关者,一般是工程建设能否顺利实施的关键。

2. 主要利益相关者

当利益相关者至少拥有合法性、权力性和紧迫性三项特征中的两项时,表明他们是工程项目建设必须依赖的关键资源,从项目确定到运营,他们都扮演着不可忽视的角色,为工程项目的实施提供着强有力的保障和支持,但他们相互之间不可避免地会发生冲突和矛盾,任何矛盾的激化都可能会影响项目正常进展,因此将这一类型的利益相关者界定为主要利益相关者。尽管他们不是工程项目的核心利益相关者,但由于他们在建设项目中投入了人、财、物等生产要素,对投入项目中的生产资源有合法的收益权,如项目的投资者、业主、项目的各级承包商、项目的监理、咨询单位和给项目提供贷款资金的贷款银团等,他们将成为大型工程项目实施的主要参与方。

3. 潜在利益相关者

当利益相关者拥有合法性、权力性和紧迫性三项特征中的一项时,表明他们对工程项目的存在和发展的影响性不强,但从大型工程项目的全生命周期角度,应当加强对这一类利益相关者利益诉求的考虑,因此将其定义为潜在利益相关者或外围利益相关者。尽管这类利益相关者没有直接为项目建设投入生产要素,但他们受到项目建设、运营活动的影响或影响到项目目标实现,如建设项目所在社区、项目运营阶段的用户等。大型工程建设必须重