

项目管理前沿系列

复杂大型项目质量链 识别方法及其优化模型

乌云娜 杨益晟 董小泊 / 著

COMPLEX LARGE ENGINEERING PROJECT
QUALITY CHAIN IDENTIFICATION
METHOD AND OPTIMIZATION MODEL



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

第 1 章

绪论

1.1 研究背景及意义

国家工程建设项目质量状况不仅直接反映了该国的建设行业水平，还间接反映了国家经济和技术能力，再者，企业的质量能力又是工程建设企业在激烈的市场竞争中生存的基本手段之一。虽然我国工程质量水平在不断提高，但工程质量问题仍然在全国范围内普遍存在，也一直困扰着我国各级政府和项目业主。新中国成立以来，我国政府对工程建设领域的质量管理问题非常重视，较多科研院校和企业的质量管理机构及各级政府监管部门通过大量调研，完成了质量理论研究、政策法规制定和标准体系建立等工作。此外，各工程建设企业也努力推行先进的质量管理技术和方法，把产品质量作为构建企业核心竞争力的重要指标。但时至今日，各地区的工程项目，甚至一些

关系国计民生的复杂大型工程项目仍然在不同程度上存在着一些质量问题。

以往从多个角度且较为独立地研究了工程项目的质量管理，得到了较多有价值的研究成果。而本书将以质量的内在联系作为研究核心理念，从人和物，即参建方和工序两个方面来探索质量管理的新内涵。从参建方/人的角度来说，质量问题往往涉及众多参与方的思想和行为，从工序/物的角度来说，工序质量形成并影响着工程整体质量。另外，实践中工程质量问题往往还存在连锁反应和传递效应，如某处工序的质量问题没有妥善处理可能会影响后续工序出现质量问题，从而产生连锁反应，造成巨大的损失。学术界对这些现象的研究及相关成果还较为有限。而传统的质量管理理论和方法往往就某些工程部位的特定质量问题找寻管理和优化方法，却并未考虑工程项目参建各方的质量联系和协同关系，也未考虑在工程质量形成过程中的工序质量联系与影响机理。但这些质量联系在实践中又是客观存在的，尤其是关系国计民生的复杂大型工程项目，参建方众多、工序复杂，这种参建方之间的质量联系和工序之间的质量联系更加明显。此外，它们的质量若出现问题，不仅可能给国家和人民带来巨大的质量损失，而且还可能会影响社会的稳定，因此对复杂大型工程项目的质量管理方法的探讨尤为重要。要研究复杂大型工程项目中参建方和工序质量链管理方法，就需要挣脱传统质量管理相对独立的思维分析框架的束缚，重点考虑质量形成过程中相关参建方之间、工序或施工过程之

间的质量联系。综上所述,传统的质量管理思维和方法对研究和分析链式质量管理具有一定局限性,需要运用新思维、新理论、新方法对工程质量管理理论进行创新性研究。

本书受供应链模型和力学理论中力的传递方式的共同启发,在前人为数不多的研究成果的基础上,提出了质量链管理方法基础假设:认为不同的参建方、工序之间都存在着一定的质量联系,并具有一定传递效应。基于此,本书进一步扩展了质量链的内涵,分别从参建方、工序两个层面定义质量链,并构建了两类质量链:参建方质量链、工序质量链。参建方质量链主要关注复杂大型项目众多参建方形成的质量联系;工序质量链关注工序之间的质量联系,认为本道工序质量会对后续工序产生影响。以上两种联系会随着工程进度的推进形成两类复杂的质量链。基于两类质量链的构建及其运行机理,本书力图分别探索各自的关键质量链的识别方法,寻找质量薄弱点和管理着力点,提供质量管理战略决策支持和工序质量控制支持,最终实现质量链参建方质量协同耦合管理和工序质量链优化管理。另外,工程质量的优化与工程成本紧密相关,本书拟在研究过程中同时考虑质量和成本目标,以期对企业管理更具实践意义。本书拟分别研究关键质量链的优化方法和非关键质量链的多目标优化方法,分别解决质量薄弱部位的优化和对质量-成本目标的多目标优化问题。为了进一步展示该理论方法的实用性,本书还设计了质量链管理信息系统。

本书的研究成果具有理论研究价值和实践应用价值。理论研究方面，本书能够从管理思维高度探索工程质量管理新理论和新方法，研究工程质量参建方和工序的质量提高途径。实践应用方面，本书设计了质量链管理系统，将较为复杂的质量链管理理论转化为实用的信息系统，提高了理论方法的实践应用价值。

1.2 研究综述

1.2.1 质量管理理论发展历程

质量管理（Quality Management，QM）是指某种规模组织通过确定质量方针、制定质量目标、落实质量职责，完成质量策划、质量控制、质量保证和质量改进全过程，以实现组织质量管理职能的全部活动。该概念包含广泛的质量内涵。质量管理理念和方法随着社会经济的进步及矛盾的发展而不断发展，它经历了以质量检验、统计质量控制和全面质量管理为核心的管理阶段。质量管理的核心思想和主要方法如图 1-1 所示，不同质量管理阶段的主要代表人物及其观点如表 1-1 所示。

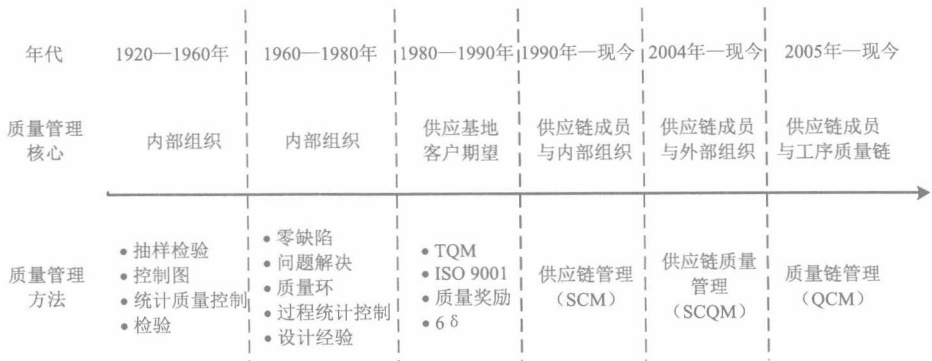


图 1-1 质量管理的核心思想和主要管理方法

表 1-1 质量管理发展情况

时 间	阶 段	代表人物	主要观点和技术
20 世纪 初—20 世 纪 60 年代 末	质量检 验	泰 勒 (Frederick W. Taylor)	成立专门的质量检验部门对产品进行检验
		休哈特(W. A. Shewhart)	提出质量控制图管理方法，提出质量缺陷预防的概念
		道奇 (H. F. Dodge) 和罗米格 (H. G. Roming)	提出抽样检验表管理方法和抽样检验方法
20 世纪 60 年代末— 20 世纪 80 年代初	统计质 量控制	戴 明 (W. Edwards Deming)	提出 PDCA 循环、统计过程控制 SPC 方法、戴明质量管理十四法
		朱兰 (Joseph M. Juran)	提出包含计划、控制、改进的质量三元论，提出质量合用性理念
20 世纪 80 年代	全面质 量管理	朱兰 (Joseph M. Juran)	首次凝练全面质量管理理论
		克 劳 斯 比 (Philip B. Crosby)	提出质量零缺陷概念，强调质量控制的预防理念
		国际标准化组织 (ISO)	ISO 9000 系列标准
20 世纪 90 年代	供应链 管理	施德沃特 (G. Stewart) 和施兰兹 (P. A. Slats)	着眼于物流库存问题，提出供应链战略层次

续表

时 间	阶 段	代表人物	主要观点和技术
20 世纪 90 年代	供应链 管理	哈兰德（C. Harland） 和比蒙（B. M. Beamon）	最早进行供应链建模及优化 研究工作
		库珀（M. C. Cooper）	提出供应链伙伴关系类型、 网络结构维度、伙伴间连接三 种供应链网络结构
		卡罗尔（J. R. Carol）	提倡协同、整合运作流程， 持续改进产品和服务质量，重 视客户满意

尽管世界各国工程项目的质量水平整体都在提高，但学术界对质量管理研究的热情从未减弱过。随着新技术、新材料的出现和社会环境的变迁，不同的质量需求和矛盾出现了，研究热点也从内部组织质量控制，逐步向产品上下游的外部质量控制演变。近年来学术界对供应链管理的研究十分丰富，2004 年对供应链中的产品质量管理的研究也开始出现。与此同时，有学者提出了质量链概念，但质量链管理还较多地处于概念及理念研究阶段，缺乏深入的研究。

已有的研究成果表明，工程质量受多方要素影响，既包括来自人的影响，又包括机械、材料、施工方法、施工环境的影响。归结起来，质量管理问题主要包含两种管理对象：第一种是对人的质量管理，第二种是对工序的质量管理^[1]。对于参建方质量能力的管理，笔者认为是宏观方面的管理；对于工序质量的控制，笔者认为是微观方面的管理，它们对质量的影响只是同样问题的两个角度。因此，进行有效的工程质量管理，不容

忽视参建方之间的质量协同的作用，也需要考虑工序之间的微观联系。受力学中力的传递方式及原理的启发，笔者试图探索工程参建方之间质量存在的联系与影响，分析工程工序质量存在的联系与影响，研究参建方和工序质量各自的影响机理。

如果工序之间存在着相互影响关系，那么本道工序质量水平不仅体现在本工序的质量上，还部分体现在对后续工序质量的影响上。同理，本道工序可能同时受本工序的质量预防成本和质量管理与鉴定成本投入多少的影响，也受上游工序的质量影响。从这一视角可以将工程项目的工序质量链理解为由有着相互影响关系的工序组成的质量整体。有学者对质量链管理（Quality Chain Management, QCM）进行定义：它是对产品生命周期内所有参与方进行集成与协调，通过全过程的测量与分析，持续改进产品质量，使得终端和中间客户满意。更多的学者是将中国社会中食品安全作为重要的质量链案例，分析了食品的质量追溯^[2]、质量冲突消纳^[3]、食品生产主体之间的博弈^[4]等重要问题。

1.2.2 质量链管理研究综述

1. 质量链的概念

质量链的概念最早由 Troczynski^[5]于 1996 年首次提出。朱兰博士^[6]此后提出了质量环（Quality Loop）的概念，指出产品的

质量的提高是在不断地发现问题和改进问题的过程中，螺旋式地提高。丁文琴等人^[7-8]认为，质量意识、人员质量、质量文化、工作质量、产品质量这五个要素是质量管理的核心要素，当各个要素环环相扣形成质量链共同发挥作用时，产品质量将得到提高。唐晓青^[9]等在全球制造新的背景下，结合供应链质量管理理论，提出了面向全球化制造的协同质量链管理（Cooperative Quality Chain Management, CQCM）理念。该理念强调打破质量黑箱的封闭界限，提出基于企业内部质量管理层次、企业产品质量过程和企业间产品质量过程的三维质量链管理集成模型，以期营造基于开放、合作、协同模式的企业间的新型质量关系。该质量链管理集成模型试图在供应商、制造商、销售商及最终用户之间构建一条敏捷、畅通、受控的质量链路，在整个链路上实现质量信息共享和质量保障框架。谢强^[10]在质量链框架模型的基础上综述了他认为质量链管理应当解决的关键技术：质量链管理信息系统的快速可重构技术、协同服务技术、供应商的评价和选择技术等。由此可见，不同学者以不同的理念来定义质量链概念，质量链管理概念也因为不同的质量理念而得以丰富和拓展。

2. 质量链管理的概念和相关研究

为了探索适用于工程项目的质量链管理，有学者进行了学术理论探讨。Tang Xiaofen 等^[11]分析了产品质量在企业间形成

和实现的过程，如同链条一样形成了质量流水线，由此提出了质量流、质量链、链节点、链节图、耦合效应等基本概念。它们的定义分别如下。

（1）质量流（Quality Stream）是产品固有或隐含的质量特性，在设计、制造、交付、服务等各个过程中的定向流动和有序传递。质量流伴随着产品质量的形成而产生，与信息流和价值流一样属于产品质量的一种特征，它们共同作用以满足客户及市场对产品质量的需求。

（2）信息流（Information Stream）是指正在各系统之间或系统内部运动的、具有双向性的信息，包括信息的发送与反馈。质量链的信息流需要按照约定的要求，在特定的渠道按照特定的方向流动，信息的流动分为系统内的流动和质量系统间的流动。

（3）价值流（Value Stream）是指包含经济价值、社会价值、生态环境价值等在内的价值总体的运动，反映了一个系统及其子系统间的价值投入、增加、存储、输出等价值变化规律。

（4）链节点（Chain Node）是指在质量链中，协同多个组织和多种要素以实现质量过程或活动的关键环节，或在特定时间段内完成的质量事件。关键质量特性能够影响质量链水平，即质量链的薄弱环节。对质量链进行管理及优化的核心理念，就是识别关键链节点并对其进行适度地控制。

（5）链节图（Chain Node Chart）是指用于描述多组织、多要素的链节点的结构图。链节图由质量过程、相关组织及其职能等要素构成，是表达和分析关键链节点的工具。需要注意的

是，不同的研究可将链节图表示为不同的形式。

（6）耦合效应（Coupling Effect）是描述关键链节点处的组织和要素发生的相互影响、相互作用所产生的结果和程度。

蔡政英等^[12]分析了质量链的闭环结构，针对其结构给出了过程控制的方法，并建议梳理高效的质量管理流程。金国强等^[13-14]对质量链管理的概念、特征、主要内容与理论架构及质量链耦合等研究成果进行了归纳和分析，较全面地总结了质量链理论的发展过程和核心内涵，指出质量链管理在各行业具有广泛的应用价值。张人龙^[15]则提供了一种基于改进的 DEA 模型的质量链的协同效度测量方法。肖人彬^[16]和蔡政英等^[12]对供应链不确定质量条件下闭环质量链的成本控制进行了研究，基于模糊控制的方法对不同企业的质量水平和成本水平进行综合控制。张智^[17]等人分析了工序质量链的形成，将独立的工序质量通过两个质量参数融合为互相影响的质量链。

在客户需求趋于个性化，并且客户喜好瞬息万变的时代背景下，产品生产分工越来越细，尤其是大型产品和技术复杂的产品要求加强不同企业之间的合作与联系，单纯地依靠单个企业的力量往往无法满足客户及市场需求快速变化的客观要求，这将必然产生多个组织或部门协同配合问题，也将引起市场竞争格局的变化：由单个企业之间的竞争转化为企业群体之间的竞争^[18]。质量链管理理念的产生顺应了社会的客观要求，越来越多的学者对质量链管理的研究，在不同的领域产生了不同的管理理念，对质量链的理解也存在一定的差异。

谢强^[10]认为质量链是从客户需求出发,采用产品质量信息流控制技术,将形成和影响产品质量的全部过程构建成一个质量网络结构,以期获得客户满意的最佳产品质量。质量链上的所有质量活动都需要以改善产品质量和提高生产过程协调性展开。它是组织群体共同参与产品质量实现过程的集成,包含了质量流、信息流及价值流等^[19]。刘恒江^[20]认为质量链是产品固有的或隐含的质量特性在设计、制造、交付、服务等过程中的定向流动和有序传递。

3. 质量链管理的协同服务技术

质量链的形成有众多的企业参与,他们共同为客户提供服务,而这种服务质量的好坏直接决定了客户对产品服务的满意程度。所以如何对众多参与企业的服务行为进行协同管理,不仅仅会影响企业的服务质量,而且会影响企业的竞争力。由此可见,质量链管理需要一种技术,能够将服务有效整合,实现协同服务,从而解决上述问题,切实提高服务质量和企业竞争力。

谢强^[10]在论文中提出了一种基于 Web 技术解决协同服务问题的方法,其中协同服务系统包含在线服务系统、在线培训系统、产品售后服务自动化系统、客户需求和意见采集系统、服务人员协同工作系统。

协同系统中前四个功能实现较为容易,主要是运用 Web 技术,将服务功能、培训功能、网络售后维修及意见采集等功能

通过一个平台实现。因此该文重点阐述服务人员协同工作系统的原理。该功能价值主要体现在，它为服务人员提供了有效的工作经验交流环境，当服务人员遇到困难和无法解决的问题时，可以通过系统求助其他服务人员，由此提供更好的服务。

在供应链质量系统中，实体质量的形成都是从上游原材料到下游成型产品。整个质量形成过程中，每个环节都可能产生质量缺陷，这种缺陷会经过供应链逐步放大，从而引起供应链质量的剧烈波动。因此，供应链质量系统的参与成员的协同非常重要。该文认为供应链协同是各节点企业为了提高供应链的整体竞争能力而进行的彼此协调和相互努力，包括内部供应链与外部供应链的协同两类协同方式。从协作到协调，然后进一步达到供应链协同发展。

以上定义一般都未明确区分质量链是产品链还是生产者链，而是将所有质量相关因素都考虑在内的统一概念。实际上，本书认为从产品的形成过程来看，质量链形成于产品的设计、制造、销售、客户服务等与质量有关的全部过程；从生产者来看，质量链形成于质量链上的供应商、外协厂家、合作伙伴、分销商等所有与质量有关的所有参与人^[21]。为了更加深入地研究质量链，本书将产品质量形成过程的实施者，即生产者组成的质量链称为参建方质量链，主要研究生产者如何实现质量链的协作和耦合；将产品的物理状态属性称为工序质量链，主要研究产品工序质量之间的内在质量关系及传递特征。

综上所述，质量链管理的研究仍不够广泛和深入，较多文

献研究关注于管理思想和管理内涵的探讨,工序质量链的运作机理及应用研究甚少,尤其是工序质量链的协同管理和质量链优化的研究还非常欠缺。虽然不同学者对质量链的个别方面进行了研究,从不同角度论证了理论方法的可行性,但参建方、工序质量链的理论体系还有待完善,质量链的综合运用还很欠缺,并且质量链信息化大部分停留于理论和设计阶段,真正将质量链理论利用信息化手段运用于实践的案例还未见报道。正是由于信息化技术的缺少,因此该理论方法的可操作性和实用性优势未能充分发挥出来。

尤其是我国大中型工程项目,工程参与方非常多,工程技术较为复杂,存在质量管理差异和质量波动问题,而工程质量的薄弱环节最终决定了项目的总体质量水平。因此,本书聚焦于复杂大型工程建设项目的参建方、工序质量链管理理论与优化的研究,以期形成一种新的较完善的质量管理理念,为工程建设领域质量提高提供理论与实践参考。

1.3 研究内容及技术路线

1.3.1 研究内容及关键问题

质量链管理是一种集成的、系统的质量管理思想和方法,受到学界和企业界越来越多的关注。现代许多企业逐步摒弃了以损害其供应链条上伙伴的利益来提高自身的利益的方法,而

通过提高整个供应链的综合竞争力，在激烈的市场竞争中保持优势地位。质量链管理将质量管理能力提高到一个新的层次，这种质量管理模式能够提高整个质量链上的企业竞争力，而不仅仅是单个企业之间的竞争关系。我国层出不穷的工程质量问题，令政府、客户乃至全社会都忧心忡忡，治标不治本的质量治理，往往会导致出现这种局面——即使处理了某个企业或惩罚了某类行为，也会出现其他的问题企业或行为。本书的研究对象框定于复杂大型工程项目质量管理新方法的研究上，以理论研究为主，结合工程项目质量管理实践进行研究，以期获得具有理论和实践意义的创新性质量管理理论，形成较为完善的质量链管理理论，并借助信息系统的研究和设计，促使质量链管理方法在实际工程项目中得以应用。

本书的主要研究内容包括以下五大部分。

1. 参建方与工序质量链的管理理念与内涵

复杂大型工程项目参建方众多，并且各方质量保障能力不同，如何进行质量链参建方的优选与组合是业主方关注的现实问题。因此，本书中的参建方质量链主要研究复杂大型项目参建方的组合优选和协同管理问题。同时，由工序组成的工序质量链则更加关注项目质量本身，工序质量链的形成与运行机理是开展微观质量管理研究的基础。本书首先研究了工程参与方的组合优选和工程项目工序质量链的形成。这一部分研究目标

是阐述本书的研究思路 and 核心思想，为参建方质量链耦合管理和工序质量链识别及优化指明方向和路径。

2. 参建方质量链的构建及耦合研究

质量是人的质量能力反映在实物质量上的一个行为过程和结果，人对工程质量的影响巨大。复杂大型项目参建方较多，使得施工时质量交接面较多，更易形成薄弱环节，更易产生纠纷和冲突。因此，参建方质量链的参建方如何协同工作，确保工程质量是复杂大型工程项目质量研究的一个重点方向。本书在传统的质量管理方法的基础上，考虑了参建方的质量协调能力，研究出参建方质量链的耦合状态的评估方法，并进一步论述了不同管理层级下，实现质量目标协同和参建方耦合优化的机制，发现参建方的质量能力短板，弥补缺陷。

3. 参建方质量链管理博弈模型

建设工程项目具有投资额度大、建设周期长等特点，而复杂大型项目复杂程度较高、参建方较多，参建方之间往往具有紧密的质量联系。由此形成了业主、监理单位、施工方等多方质量管理与监管的博弈格局，并且由于参建方质量链考虑了承包商之间的关系，因此又产生了新的博弈格局。本书首先研究不同参建方之间的行为和策略选择，然后重点考虑复杂大型项目参建方之间存在质量联系时的博弈格局，根据所得均衡结果

得出质量链环境下提高参建各方质量管理能力的对策。

4. 工序关键质量链的识别与优化模型

本书研究由工序质量逻辑关系形成的工序质量链的模型表达,并论述工序质量链网络图的构建方法。在两种质量理论的基础上,研究和改进了单元和多元工序质量链的诊断方法及模型,实现工序关键质量链的识别,寻找工程质量的薄弱环节。对可靠性最差、最需要投入质量防范和改进成本的关键质量链进行优化,进而提高关键质量链上的整体质量水平,这样能够较有效地提高项目整体质量。此外,本书认为组成工程项目的各部分具有不同的重要程度,不同重要程度的质量链需要采用差异的管理策略,本书据此提出了层级质量链的概念,对不同重要程度的层级质量链的优化策略进行了探讨。

5. 工序非关键质量链的管理与优化模型

关键质量链决定了大型工程项目的整体质量,那么次关键质量链、非关键质量链如何影响工程质量,应如何进行管理,这些问题还未见学者探讨。但是从工程实践来看,次关键质量链同样对工程质量有较大影响,有时候次关键质量链在工程环境变化或者质量突变的情况下,可能转化为关键质量链。另外,如果对非关键质量链的控制失当,同样可能造成质量损失。再者,工程项目除了有质量目标外,还有成本、进度等目标。这