



浙江省哲学社会科学规划
后期资助课题成果文库

复杂产品供应链 质量管理理论及应用

Fuza Chanpin Gongyinglian
Zhiliang Guanli Lilun Ji Yingyong

刘 远 著

 中国社会科学出版社



浙江省哲学社会科学规划
后期资助课题成果文库

复杂产品供应链 质量管理理论及应用

Fuza Chanpin Gongyinglian
Zhiliang Guanli Lilun Ji Yingyong

刘 远 著

中国社会科学出版社

图书在版编目(CIP)数据

复杂产品供应链质量管理理论及应用 / 刘远著. —北京: 中国社会科学出版社, 2015. 8

ISBN 978 - 7 - 5161 - 6773 - 1

I. ①复… II. ①刘… III. ①供应链管理 - 质量管理 - 研究
IV. ①F252

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 182368 号

出 版 人 赵剑英
责任编辑 宫京蕾
特约编辑 大 乔
责任校对 朱妍洁
责任印制 何 艳

出 版 中国社会科学出版社
社 址 北京鼓楼西大街甲 158 号
邮 编 100720
网 址 [http: //www. csspw. cn](http://www.csspw.cn)
发 行 部 010 - 84083685
门 市 部 010 - 84029450
经 销 新华书店及其他书店

印刷装订 北京市兴怀印刷厂
版 次 2015 年 8 月第 1 版
印 次 2015 年 8 月第 1 次印刷

开 本 710 × 1000 1/16
印 张 10. 5
插 页 2
字 数 142 千字
定 价 42. 00 元

凡购买中国社会科学出版社图书, 如有质量问题请与本社营销中心联系调换
电话: 010 - 84083683

版权所有 侵权必究

本书出版先后受到浙江省哲学社会科学规划课题后期资助项目（13HQZZ003）、教育部人文社会科学研究青年项目（13YJC630103）、国家自然科学基金项目（71301149）、浙江省自然科学基金青年基金项目（LQ13G010006）和杭州电子科技大学浙江省高校人文社科重点研究基地（ZD03-2013ZB1）资助

前 言

复杂产品（Complex product）是指一类产品结构复杂、附加值高、工程技术含量高、零部件集成度高的大型产品或系统，例如飞机、大型船舶、卫星、运载火箭，等等。由于产品结构复杂、生产技术复杂、制造活动复杂和管理流程复杂，复杂产品主要是由多企业构成的战略合作联盟进行供应链协同生产和制造。因此，复杂产品的质量主要取决于其供应链的质量管理整体水平，复杂产品间的质量竞争正是其供应链整体质量的竞争。作为生产组织者和系统集成者，主制造商必须严格监控其下属供应商的质量管理活动及其产品的质量水平，以期在激烈的市场竞争中获得质量优势进而占据市场领先地位。

作为现代高科技工业的典型代表，复杂产品的产品附加值极高，是一个国家或地区核心竞争力的具体体现。复杂产品研制过程中质量影响因素多、不确定性强、关键风险点多，加之复杂产品研制项目的资源消耗量巨大、社会影响大，复杂产品的研制质量备受关注。而复杂产品出现的质量问题将可能导致国家、地区形象严重受损，产品的品牌价值大幅度缩水。

在国防领域，国家之间的竞争已不仅仅体现在军事实力的较量，而且更多地反映在高科技和高附加值产品之间的竞争层面；在经济领域，复杂产品的质量水平正是高端制造企业迈向和占据全球市场的敲门砖和通行证。而持续不断的质量改进更是复杂产品生产过程

不懈追求的长期目标。由于复杂产品附加值较高，客户关注度极大，任何质量问题均可能给生产企业带来毁灭性打击。复杂产品整体质量标准正逐步向零不合格品逼近，这对复杂产品的质量控制体系和相关方法提出了更高的要求。

本书根据复杂产品生产体系实际，在较为全面地把握复杂产品供应链质量管理国内外研究现状及其不足的基础上，依照“供应链质量合约设计—合同谈判过程质量冲突分析及解决方案设计—关键质量源探测—供应链质量控制措施优选决策—关键质量特性评价与优化”的研究主线，以独特的研究视角对复杂产品供应链质量管理活动中的若干关键问题展开一系列相关研究。本书相关研究成果可辅助复杂产品主制造商有针对性地开展供应链质量管理工作，组织并构建高水平质量链，激励供应商质量保障行为，控制供应链中的质量损失，进而有效地规避质量合作风险，实现最大限度地提升复杂产品供应链整体质量水平的目的。

本书由浙江师范大学经济与管理学院的副教授刘远博士撰写，他为本书的编写设计了总体思路并撰写了后续章节。在本书的策划与编写过程中，作者一方面总结了多年科研实践的经验，另一方面广泛吸收了近年来出版的相关教材、高水平科研论文中许多有益的内容。感谢文中所引用文献的各位著、编、译者，您的研究成果是本书能够完成的基础。

本书的出版先后得到了浙江省哲学社会科学规划课题后期资助项目（13HQZZ003）、教育部人文社会科学研究青年项目（13YJC630103）、国家自然科学基金项目（71301149）、浙江省自然科学基金青年基金项目（LQ13G010006）、杭州电子科技大学浙江省高校人文社科重点研究基地（ZD03-2013ZB1）的资助，属于浙江师范大学经济与管理学院工商管理专业建设的重点工作。在本书的撰写过程中，许多领导、专家和本领域的研究同仁对作者的工作给予了鼎力支持，中国社会科学出版社的领导和编辑更是通力合作。在此，作

者表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，书中存在不当之处在所难免，殷切希望有关专家、广大读者和同行批评指正。

作者

2014 年 12 月

目 录

第一章 “主制造商—供应商”模式下复杂产品供应链质量

管理问题	(1)
第一节 研究背景	(1)
第二节 研究目的及意义	(5)
第三节 相关理论分析与评述	(6)
一 国外研究现状	(6)
二 国内研究现状	(8)
三 文献评述	(11)
第四节 研究方案设计	(13)
一 具体研究目标	(13)
二 主要研究内容	(14)
三 主要研究方法	(17)
本章小结	(18)

第二章 不对称信息下复杂产品供应链质量激励合同设计

问题研究	(19)
第一节 问题描述	(20)
第二节 复杂产品“主制造商—供应商”质量契约曲线	(22)
第三节 复杂产品供应链质量“委托—代理”模型设计	(24)
一 主制造商与供应商之间质量合作流程分析	(24)

二 供应商合作收益构成分析	(27)
三 主制造商合作收益构成分析	(30)
四 复杂产品质量合作过程委托—代理模型设计	(32)
第四节 对称信息下复杂产品供应链质量“委托—代理” 均衡分析	(33)
第五节 不对称信息下复杂产品供应链质量“委托—代理” 均衡分析	(36)
一 合作双方期望收益分析	(37)
二 Stackelberg 博弈及其均衡解	(39)
三 不对称信息下复杂产品质量合作“委托—代理” 模型及参数设计	(40)
第六节 应用研究	(44)
本章小结	(47)

第三章 复杂产品合同谈判过程质量冲突分析及解决方案

设计研究	(48)
第一节 问题描述	(49)
第二节 复杂产品合同谈判过程质量冲突 Petri Net 模型 研究	(50)
一 质量冲突分析的 Petri Net 模型框架设计	(51)
二 PNCA 模型的生成算法	(53)
三 基于 PNCA 模型的复杂产品合同谈判过程质量 冲突均衡分析	(54)
四 复杂产品合同谈判过程的质量冲突分析应用研究	(55)
第三节 复杂产品供应链质量合作过程的灰色 Shapley 模型及其性质研究	(58)
一 复杂产品质量合作的灰色合作博弈过程及灰色 Shapley 模型	(59)

二 灰色 Shapley 模型的相关性质	(62)
第四节 复杂产品质量合作灰色 Shapley 模型的 Raiffa 解 及其白化算法	(64)
一 复杂产品质量合作 Shapley 模型的缺陷和不足	(64)
二 复杂产品质量合作过程灰色 Shapley 模型的 Raiffa 解	(64)
三 基于多目标规划的灰色 Shapley 模型白化解	(66)
四 基于灰色 Shapley 模型的复杂产品质量合作收益 分配应用研究	(67)
本章小结	(69)
第四章 复杂产品供应链关键质量源的诊断与探测问题研究	(71)
第一节 问题描述	(71)
第二节 供应商多元质量损失函数设计	(73)
第三节 基于质量损失传递的复杂产品供应商 GERT 网络模型构建	(74)
第四节 基于 Supplier-GERT 网络模型的复杂产品关键 质量源诊断与探测算法研究	(75)
一 质量损失传递过程的矩母函数设计	(75)
二 Supplier-GERT 模型的等价传递函数计算	(76)
三 供应商质量损失传递的均值和标准差	(81)
四 关键质量系统的识别与测度	(82)
五 关键质量供应商的诊断与探测	(83)
第五节 应用研究	(84)
本章小结	(88)
第五章 复杂产品供应链质量控制方案递阶决策模型研究	(90)
第一节 问题描述	(90)
第二节 供应链质量控制屋模型设计及模块分析	(93)

第三节 基于 HSCQ 信息的多目标规划模型设计	(95)
一 质量控制方案独立改善率和综合改善率测算	(95)
二 产品整体质量改善效果和方案的质量贡献度测算	(96)
三 质量控制方案优选决策的多目标规划模型设计	(96)
第四节 复杂产品供应链的 HSCQ 网络及递阶多目标 规划模型	(98)
一 复杂产品供应链的 HSCQ 网络	(98)
二 复杂产品供应链质量控制的多级多目标规划决策 模型	(99)
三 递阶求解算法设计	(101)
第五节 应用研究	(103)
本章小结	(106)

第六章 复杂产品外购系统关键质量特性的稳健设计、

动态评价及容差优化	(108)
-----------------	-------

第一节 问题描述	(109)
----------------	-------

第二节 复杂产品外协系统关键质量特性的稳健设计

模型构建	(110)
------------	-------

一 产品质量结构分析及其稳健设计思路	(111)
--------------------------	-------

二 基于质量目标的稳健设计模型设计	(114)
-------------------------	-------

三 案例研究	(119)
--------------	-------

第三节 复杂产品供应链质量体系的结构方程模型设计	(122)
--------------------------------	-------

一 输入数列	(122)
--------------	-------

二 复杂产品生产系统的高阶因子模型	(125)
-------------------------	-------

三 模型求解	(125)
--------------	-------

四 模型检验	(126)
--------------	-------

第四节 基于目标规划模型的复杂产品外购系统质量

特性容差优化	(127)
--------------	-------

一 质量特性的相对贡献度	(127)
二 各类质量特性的容差调整率	(128)
三 质量特性的容差优化模型	(128)
第五节 应用研究	(129)
本章小结	(134)
 第七章 结论与展望	(135)
第一节 主要结论	(135)
第二节 主要工作	(136)
第三节 研究展望以及未来可能的研究方向	(138)
 参考文献	(140)
后记	(156)

第一章

“主制造商—供应商”模式下复杂产品供应链质量管理问题

第一节 研究背景

复杂产品（Complex product）是指一类产品结构复杂、价格昂贵、工程技术含量高、零部件集成度高的大型产品或系统，例如飞机、大型船舶、卫星、运载火箭等。复杂产品通过对种类众多的子系统、部件和零件进行高度集成，无论从工程技术还是管理视角看而言，其生产制造过程都具备了极高的复杂度和难操纵性。需要说明的是，由于客户的个性化和专业化需求，复杂产品通常属于单件或小批量定制生产，这与大规模生产系统有着本质差异。

由于产品结构复杂、生产技术复杂、制造活动复杂、管理流程复杂等特征，复杂产品的生产过程主要是通过多企业构成的战略合作联盟协同生产，主要表现为“主制造商—供应商”生产模式（Main Manufacturer-Suppliers, M-S）。在 M-S 生产体系中，主制造商扮演生产组织者和系统集成者的角色，主要负责构建高效的供应链、产品的总体设计和为供应商制定质量要求。主制造商要求其供应商必须生产并提供符合其质量要求的高品质零部件。否则，主制造商可拒绝接受该批产品并根据合同中的质量条款对供应商进行惩罚。搜集齐所有符合质量要求的零部件之后，主制造商将对供应链中采购到

的外购产品进行组装和总装，并将最终的复杂产品交付给客户使用。

根据质量工程学可知，下游企业的产品质量并不仅仅取决于其生产过程中的制造或组装能力，同样受限于其上游供应商提供的零部件的质量水平。因此，复杂产品的整体质量不仅依赖于主制造商的总装能力，同样极大地取决于供应商提供产品（外购系统、零件、部件、组件等）的质量水平。复杂产品的质量竞争已经从主制造商之间的质量竞争拓展到其供应链之间的质量竞赛。换言之，复杂产品的质量竞争力取决于主制造商的供应链整体质量管理水平，复杂产品间的质量竞争正是其供应链整体质量的竞争。主制造商必须严格监控其供应链的整体质量水平，以期在激烈的市场竞争中获得一定的质量优势和市场领先地位。因此，复杂产品供应链质量可以理解为主制造商对供应链中厂商提供产品的质量满意程度，复杂产品供应链质量管理实际上是主制造商针对供应商产品开展的一系列质量管理活动。

复杂产品供应链质量管理体系可以看作一类由系统构成的系统（System of systems, SoS）。随着客户质量需求的逐步多样化，复杂产品供应链的规模也日益庞大。复杂产品供应链网络中存在着成百上千的供应商，他们自主地选择经营策略，可以视为一个个独立的经济个体或生产系统。因此，复杂产品供应链由许多独立分布的企业构成，可以视为一类由众多系统组成的系统（SoS）。因此，复杂产品供应链质量极大地依赖于各个企业的质量保障活动。现如今，尽管仍有一些问题需要解决，但 SoS 理念已深入人心，并且成功地应用于不同领域以解决一些具有挑战性的问题。根据上面分析可知，SoS 理念和框架对于解决复杂产品供应链中的质量问题有着重要的参考价值，可以督促独立运营的异构供应商实现一个较高的质量水平。

以空客 A380 客机的供应链为例（如图 1.1、图 1.2 所示），该机型供应链中存在主制造商（Airbus S. A. S.）和 506 家全球供应商。该型号商用飞机的整体质量极大地依赖于这些供应商提供产品的质

(1) 随着科学技术的不断进步, 复杂产品种类和数目日益增多

复杂产品包括大型通信系统、航空航天系统、大型船只、电力网络控制系统等大型产品或系统, 这些产品是现代高科技工业的具体体现, 直接影响到一个国家的综合国力和核心竞争力。复杂产品的根本特征就是其内部的系统或产品具有大量的系统耦合、复杂的结构、数万乃至更多零部件数量, 外加客户需求的独特性和多变性, 这些都最终造成复杂产品研制过程和质量保障活动具备较大的不确定性。近年来, 随着科学水平的不断进步, 产品的技术含量和集成度越来越高, 更多种类的复杂产品开始大量涌现。

(2) 复杂产品质量系统的规模日益庞大, 已发展为一个复杂的供应商质量网络系统

复杂产品的质量系统已经从最早以平面式质量环所代表的简单质量过程发展成为立体多层级网络型的质量保障体系。新经济条件下, 复杂产品的生产过程正是其内部子系统、部件、零件和组件的集成过程。现阶段, 一个完整的现代质量系统是由许多相互关联的质量组织所构成, 其中每一个组织和企业复杂供应链的质量关系中均发挥着重要的质量职能。复杂产品质量系统的成功运作不仅取决于主制造商总装或组装能力的高低, 而且还要依赖于整个质量网络系统中合作伙伴的质量管理水平。因此, 复杂产品质量网络系统内部已经出现很多传统方法所不能解释和解决的问题, 这些问题亟待开展深入研究。

(3) 随着全球化外包生产的发展与深入, 复杂产品的质量竞争正是其供应链间的质量竞争

由于具有产品结构复杂、生产技术先进、制造过程复杂、管理活动众多等特征, 复杂产品主要采用“主制造商—供应商”生产模式。因此, 复杂产品的质量竞争力取决于其供应链的整体质量水平, 复杂产品间的质量竞争正是其供应链整体质量的竞争。因此, 复杂产品主制造商为了维护其市场份额, 在激烈的市场竞争中占据领先地位

位,就必须严格监控其供应链质量水平,以确保最终产品具备较高的质量竞争力。

(4) 复杂产品价值较高,质量要求向零不合格品逼近

一般而言,复杂产品高科技含量大且产品附加值高,是一个国家或地区核心竞争力的具体体现。因此,复杂产品的质量都会导致国家形象及其自身价值大幅度缩水。如今国家之间的竞争已不仅仅体现在军事实力的较量,更多地反映在了高科技和高附加值产品之间的竞争层面。复杂产品的质量正是企业迈向和占据全球市场的敲门砖和通行证。而持续不断的质量改进更是复杂产品生产过程不懈追求的长期目标。由于复杂产品附加值较高,客户关注度极大,任何质量问题均可能给生产企业带来毁灭性打击。复杂产品整体质量要求正逐步向零不合格品逼近,这也对复杂产品的质量控制体系和相关方法提出了更高的要求。

第二节 研究目的及意义

基于上述考虑,本书以复杂产品主制造商的视角,分析和探索以其为核心的复杂产品供应链质量管理的若干关键问题和方法,丰富并完善复杂产品供应链质量管理理论体系,并为我国复杂产品供应链质量管理实际工作提供宝贵的理论参考和借鉴。

鉴于上述研究背景和目的,本书的研究意义主要集中在以下五个方面:

(1) 探索复杂产品供应链质量管理新理论,有利于质量管理理论的拓展和提升。

(2) 研究复杂产品供应链质量管理新问题,有利于以供应链的新视角重新认识质量管理中的经典问题。

(3) 创建复杂产品供应链质量管理新方法,有利于高效解决高纬度复杂问题。