

— 南京大学工程管理学院文库 —

复杂产品系统知识创造 ——理论与实现过程

李 民 高 俊 著



CoPS作为一个创新产品，
其运作过程
不仅是单纯的社会性活动过程，
更是一种知识认知活动，
及知识相互整合的创造过程。
本书对这一创新机理，
做出了详细而深入的剖析。



南京大学出版社

复杂产品系统知识创造

——理论与实现过程

李 民 高 俊 著



南京大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

复杂产品系统知识创造：理论与实现过程 / 李民，高俊著. — 南京：南京大学出版社，2016.12

(南京大学工程管理学院文库)

ISBN 978-7-305-17935-8

I. ①复… II. ①李… ②高… III. ①知识创新—研究 IV. ①G302

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 282065 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

丛 书 名 南京大学工程管理学院文库

书 名 复杂产品系统知识创造——理论与实现过程

著 者 李 民 高 俊

责任编辑 唐甜甜

编辑热线 025-83594087

照 排 南京南琳图文制作有限公司

印 刷 江苏凤凰数码印务有限公司

开 本 710×1000 1/16 印张 13.5 字数 214 千

版 次 2016 年 12 月第 1 版 2016 年 12 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-305-17935-8

定 价 69.00 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

前 言

复杂产品系统(Complex Product Systems, CoPS)是指研发成本高、规模大、技术含量高(技术密集)、用户定制、单件或小批量生产的大型产品、系统或基础设施。CoPS 正成为又一影响国家重大竞争力的产品制造模式,成为技术创新的重要载体和孵化器。而 CoPS 创新的研究也成为我国重要且特殊的产品创新领域的研究分支。近几年,国内外关于 CoPS 的研究都是把 CoPS 作为一个创新产品,CoPS 创新过程的研究主要体现在产品系统的形成过程。

产品开发运作过程不仅是单纯的社会性活动过程,更是一种知识认知活动及知识相互整合的创造过程。本书的研究主要基于国家自然科学基金资助重点项目“基于系统复杂性分析的大型工程项目建设综合集成管理:理论、方法与应用”(项目编号:70831002)。由于大型工程项目,特别是施工工艺复杂、技术含量高的大型工程项目,属于 CoPS,所以作者选择“复杂产品系统知识创造——理论与实现过程”作为本书的研究题目。本书写作一方面是基于课题研究实际需求,另一方面则是基于中国现实经济问题以及国际经济理论研究前沿的综合考虑。我们在 CoPS 创新过程及知识创造的文献研究的基础上,结合我国一个典型的 CoPS 创新案例分析,提出了改良的 SECI 模型——SECRP-SyS 模型。构建了以 SECRP-SyS 模型为核心、集成开发商的项目管理因素作为输入、创新绩效作为输出的 CoPS 知识创造机理的理论框架,并以此理论框架提出概念模型以及因子之间相互关系的假设和变量题项的设计。通过问卷调查获得有效的样本数据,采用软件 SPSS19 对样本数据进行描述性分析和探索性因子分析,通过结构方程建模

并使用软件 LISREL8.7 完成对样本数据的分析和理论模型的检验。从而得到本书的主要结论:

(1) CoPS 创新过程的本质是知识创造过程。

(2) CoPS 的知识创造过程是 SECRP-SyS 六种知识创造模式相互作用的过程,其过程存在三种主要的模式转化路径,分别是“ $E \rightarrow R \rightarrow P \rightarrow SyS$ ”,“ $E \rightarrow C \rightarrow R \rightarrow P \rightarrow SyS$ ”和“ $E \rightarrow C \rightarrow S \rightarrow P \rightarrow SyS$ ”。结合统计检验后的路径系数,发现知识实践内在化是知识创造过程的关键,是形成高质量、高水平 CoPS 的最关键环节。

(3) CoPS 集成商的界面管理能力、基础 IT 能力和智力资源获取能力以及集成商营造的创新文化氛围和构建的组织环境是影响知识创造过程最主要的五个驱动因素。其中,CoPS 集成商的界面能力是知识创造最稳定的驱动力,而基础 IT 能力成为 CoPS 集成商的基本属性。在 CoPS 创新过程中,创新个体规范有序的知识表述,需要通过营造创新文化氛围和构架规范有序的组织环境来激发。

(4) 个体绩效、项目绩效和组织绩效都是 CoPS 知识创造最终的追求。而个体绩效是项目绩效和组织绩效的基础,CoPS 集成商需要关注创新个体的需求和绩效。此外,对 CoPS 集成商来说,项目研发经验和资料的总结和保存有时比项目收益更重要。

著 者

2016 年 5 月

目 录

前 言	i
第 1 章 绪 论	1
1.1 研究背景	1
1.2 相关概念的界定和关键问题的提出	3
1.2.1 CoPS 的概念界定	3
1.2.2 CoPS 创新及创新机理的概念	4
1.2.3 知识的概念	6
1.2.4 知识创造的概念	7
1.2.5 关键问题的提出	8
1.3 研究意义	10
1.4 研究方法、逻辑框架和技术路线	10
1.4.1 研究方法	10
1.4.2 技术路线	11
1.5 本书的结构安排	12
第 2 章 CoPS 创新及知识创造相关文献综述	14
2.1 CoPS 创新过程研究综述	14
2.1.1 一般产品技术创新过程	14
2.1.2 CoPS 的典型特征	15
2.1.3 CoPS 的创新模式及其过程	19
2.2 知识创造过程及 SECI 模型研究综述	21
2.2.1 知识创造过程的研究	21
2.2.2 SECI 模型及其应用研究	23
2.2.3 SECI 的拓展研究	25

2.3	知识创造的绩效研究	31
2.4	影响知识创造的要素研究	32
2.5	文献综合评述	35
2.6	本章小结	35
第3章	CoPS 创新过程的探索性案例分析	37
3.1	某 3G 核心网电路域 MSC 系统项目基本情况	37
3.1.1	系统产品集成开发商介绍	37
3.1.2	某 3G 核心网电路域 MSC 系统介绍	37
3.2	项目创新管理方式及影响因素	39
3.3	项目的研制过程	42
3.4	项目创新绩效	45
3.5	本章小结	45
第4章	CoPS 知识创造机理的理论概念框架	47
4.1	SECRP-SyS 模型:改良的 SECI 模型	47
4.1.1	经典 SECI 模型的知识两分法的不足	47
4.1.2	知识的三分法	48
4.1.3	SECRP-SyS 模型的提出	49
4.2	SECRP-SyS 模型视角下的 CoPS 创新过程	53
4.2.1	CoPS 创新过程二维模型	53
4.2.2	架构创新设计过程	55
4.2.3	模块创新开发过程	59
4.2.4	系统集成调试过程	62
4.2.5	CoPS 知识创造过程的总结	62
4.3	CoPS 的知识创造绩效评估	63
4.4	CoPS 知识创造过程的影响因素分析	64
4.4.1	影响因素分析框架	65
4.4.2	驱动因素:知识创造能力	66
4.4.3	驱动因素:组织、文化环境	70
4.5	概念模型的提出	71
4.6	本章小结	71

第 5 章 模型假设和变量设计	73
5.1 项目核心驱动因素与知识创造过程关系	73
5.1.1 界面能力与知识创造过程的关系	73
5.1.2 资源能力与知识创造过程的关系	74
5.1.3 IT 能力与知识创造过程的关系	75
5.1.4 项目文化环境与知识创造过程的关系	76
5.1.5 项目组织环境与知识创造过程的关系	77
5.1.6 项目驱动因素与知识创造过程关系的汇总	78
5.2 知识创造过程中知识的转化、创造路径	78
5.3 知识创造过程与创新绩效关系	80
5.3.1 知识创造过程与个体绩效关系	80
5.3.2 知识创造过程与项目绩效关系	81
5.3.3 知识创造过程与组织绩效关系	82
5.3.4 三层创新绩效间的相互关系	83
5.3.5 知识创造过程与创新绩效关系的汇总	84
5.5 变量(题项)设计	84
5.5.1 核心驱动因素变量	84
5.5.2 知识创造过程变量	88
5.5.3 知识创造绩效变量	92
5.6 本章小结	94
第 6 章 问卷设计和数据描述性统计	95
6.1 问卷设计	95
6.1.1 问卷基本内容的设计	95
6.1.2 问卷设计的过程	96
6.2 数据收集	97
6.2.1 调研对象的选择	97
6.2.2 问卷的发放和回收	97
6.3 样本描述性统计	98
6.3.1 企业基本情况	98
6.3.2 填写问卷者的基本情况	98

6.3.3	项目基本情况	100
6.3.4	量表问卷的描述性统计	102
6.4	本章小结	109
第7章	统计检验和结果分析	110
7.1	CoPS 知识创造机理关键因素的探索性因子分析	110
7.1.1	问卷信度检验	110
7.1.2	问卷的效度检验及因子分析	114
7.2	CoPS 知识创造机理模型检验和评价	122
7.2.1	共同方法偏差检验	123
7.2.2	样本数据正态性检验	123
7.2.3	测度模型检验和评价	126
7.2.4	结构模型检验和评价	131
7.3	CoPS 知识创造机理模型检验结果分析	156
7.3.1	关于 CoPS 创新驱动因素	156
7.3.2	关于 CoPS 知识创造过程	157
7.3.3	关于 CoPS 的创新绩效	158
7.4	本章小结	159
第8章	结论和展望	161
8.1	研究的结论	161
8.2	研究的不足	163
8.3	研究的展望	163
参考文献		165
附录 I	复杂产品系统知识创造管理调查问卷	189
附录 II	假设模型的 LISREL 程序	194
附录 III	修正模型的 LISREL 程序	197

图目录

图 1-1 系统角度构思 CoPS 创新机理	6
图 1-2 技术路线图	12
图 2-1 基于价值增值的 CoPS 创新模式图	19
图 2-2 复杂产品创新过程模型图	20
图 2-3 SECI 模型图	23
图 2-4 组织的知识创造螺旋	24
图 2-5 组织知识创造过程的五阶段模型	25
图 2-6 不同外部知识引入的 IDE-SECI 模型	27
图 2-7 多层次 SEC-CIS 模型	27
图 2-8 知识创造的“Rye Bread Model”	28
图 2-9 知识创造的 SIO-IE 模型	29
图 2-10 “位势差”驱动的知识创造模型	29
图 2-11 知识创造的 BaS-C-SECI 模型	30
图 2-12 知识创造的“量子跃迁”模型	31
图 3-1 某 3G 核心网电路域 MSC 系统构架	39
图 3-2 Z 通讯公司 3G 核心网电路域 MSC 系统研制过程图	43
图 4-1 知识创造 SECRP-SyS 模型	50
图 4-2 知识创造过程形成的六类知识集	50
图 4-3 CoPS 螺旋创新过程二维模型	54
图 4-4 CoPS 功能需求分析的知识创造过程	56
图 4-5 CoPS 产品概念设计的知识创造过程	57
图 4-6 CoPS 产品架构设计的知识创造过程	59
图 4-7 CoPS 模块任务分配的知识创造过程	60
图 4-8 CoPS 模块开发调试的知识创造过程	61
图 4-9 CoPS 知识创造模式转化关系图	63
图 4-10 CoPS 知识创造绩效评价框架	64
图 4-11 CoPS 知识创造的核心影响因素获取思路	65

图 4-12 CoPS 知识创造过程核心驱动因素分析框架	66
图 4-13 CoPS 知识创造机理概念模型	71
图 5-1 项目驱动因素与知识创造过程关系研究假设图	78
图 5-2 CoPS 知识创造过程路径关系研究假设	80
图 5-3 CoPS 知识创造与创新绩效关系研究假设	84
图 6-1 样本企业的规模($n=169$)	98
图 6-2 答卷者性别分布($n=169$)	98
图 6-3 答卷者年龄分布($n=169$)	99
图 6-4 答卷者学历分布($n=169$)	99
图 6-5 答卷者职位分布($n=169$)	100
图 6-6 项目类型分布($n=169$)	100
图 6-7 项目开发周期分布($n=169$)	101
图 6-8 项目投资规模分布($n=169$)	101
图 7-1 假设模型的路径图	136
图 7-2 修正模型的路径图	141
图 7-3 项目核心驱动因素与知识创造关系机理路径图	151
图 7-4 知识创造过程机理路径图	153
图 7-5 知识创造和创新绩效关系机理路径图	156

表目录

表 2-1	CoPS 与传统大批量制造产品的主要区别	16
表 5-1	界面能力测量题项汇总表	85
表 5-2	资源能力测量题项汇总表	86
表 5-3	IT 能力测量题项汇总表	86
表 5-4	项目文化环境测量题项汇总表	87
表 5-5	项目组织环境测量题项汇总表	88
表 5-6	知识社会化测量题项汇总表	89
表 5-7	知识表出化测量题项汇总表	89
表 5-8	知识联结化测量题项汇总表	90
表 5-9	知识反思内在化测量题项汇总表	91
表 5-10	知识系统化测量题项汇总表	91
表 5-11	知识实践内在化测量题项汇总表	92
表 5-12	个人绩效测量题项汇总表	92
表 5-13	项目绩效测量题项汇总表	93
表 5-14	组织绩效测量题项汇总表	93
表 6-1	影响 CoPS 知识创造的核心驱动因素的量表描述性统计	102
表 6-2	CoPS 知识创造过程的量表描述性统计	104
表 6-3	CoPS 创新绩效量表描述性统计	105
表 6-4	分组项目知识特性与创新绩效的描述性统计	106
表 6-5	分组客户需求模糊程度与创新绩效的描述性统计	107
表 6-6	分组项目周期的宽裕度与创新绩效的描述性统计	108
表 6-7	分组项目潜在市场规模与创新绩效的描述性统计	109
表 7-1	CoPS 知识创造过程的驱动因素量表的信度检验	112
表 7-2	CoPS 知识创造过程量表的信度检验	113
表 7-3	CoPS 创新绩效量表的信度检验	114
表 7-4	知识创造的驱动因素的 KMO 和 Bartlett 球体验检	116
表 7-5	知识创造驱动因素样本数据解释的总方差	117

表 7-6	知识创造驱动因素的因子分析结果	117
表 7-7	知识创造过程的量表 KMO 和 Bartlett 球体检验	118
表 7-8	知识创造过程样本数据解释的总方差	119
表 7-9	CoPS 知识创造过程量表的因子分析结果	120
表 7-10	CoPS 创新绩效量表的 KMO 和 Bartlett 球体检验	121
表 7-11	CoPS 创新绩效样本数据解释的总方差	121
表 7-12	CoPS 创新绩效量表的探索性因子分析结果	122
表 7-13	观测变量的均值、标准差、偏度和峰度表	124
表 7-14	测度模型潜在变量的参数估计	127
表 7-15	潜在变量区别效度检验	129
表 7-16	结构方程模型主要拟合度指标及其参考值	135
表 7-17	样本数据和假设模型的拟合优度	137
表 7-18	依次需要添加的变量关系	137
表 7-19	添加变量关系后的初始修正模型的路径关系检验	138
表 7-20	嵌套模型的拟合度比较	140
表 7-21	修正模型的路径关系检验	142
表 7-22	各潜变量对知识创造的影响效应	145
表 7-23	各潜变量对知识创造的影响效应	148
表 7-24	项目核心驱动因素与知识创造关系假设的检验结果	149
表 7-25	知识创造过程机理的假设检验结果	152
表 7-26	知识创造和创新绩效关系假设的检验结果	154

第 1 章 绪 论

1.1 研究背景

中国改革开放 30 多年来,依赖劳动力等资源禀赋的“比较优势”成为制造业大国,国家经济和人民的生活水平也得到了巨大的发展,但在高新技术产业方面,在研发、服务等高端价值环节上,中国尚不具备优势(徐大可、陈劲,2006)。21 世纪,在经济全球化的背景下,面对激烈的、知识经济主导的竞争态势,中国不可能再选择资源依赖型和对外依附型的发展模式。要进一步提高国际竞争力,赶超发达国家,必须完成从产业末端到产业前端的提升,走创新型国家的发展道路,提高技术创新能力和水平就成为国家竞争力提高的最有效、直接的手段。但是提高技术创新能力的着力点在哪?中国的几亿件服装出口只能购买西方国家一架波音飞机,这种窘境要求作为制造大国的中国重新考量自己的技术突破点。

20 世纪末,Hobday(1998)、Hansen(1998)等著名教授较为系统地提出了复杂产品系统(Complex Product Systems, CoPS)概念:研发成本高、规模大、技术含量高、单件或小批量生产的大型产品、系统或基础设施,尤其是那些技术含量非常高,而且作用机理异常复杂、需要多个企业、科研单位和其他相关机构共同努力才能完成的产品系统。典型的 CoPS 包括大型电信通讯系统、大型计算机、航空航天系统、智能大厦、电力网络控制系统、大型船舶、高速列车、施工工艺复杂的大型土木水利工程、大型信息系统等高成本、高技术的工程密集型产品、系统、网络和设施等。继大规模定制概念之后,CoPS 正成为又一影响国家重大竞争力的产品制造模式(Davies, 1997),在当今的经济社会中扮演着越来越重要的角色,甚至影响到一国的综合国力。

从 20 世纪 90 年代起,CoPS 已逐渐成为发达国家 GDP 的主要贡献因

素,美国 1991 年航天工业产值为 1 500 亿美元,是当年全球半导体工业产值的两倍,而英国 1994 年 CoPS 产值高达 680 亿英镑,占当年 GDP 的 11.9%。(Hobday, 1996)而 Kash 和 Rycroft(2000)的研究表明到 20 世纪 90 年代中期,每 30 件最有价值的世界出口货物中有 70% 包含了复杂产品技术,而到 1996 年这一比例达到 84%。由此可以看到 CoPS 可以带来巨大的经济收益,某些 CoPS 甚至关系国家民生,其核心技术是国家技术的代名词。CoPS 由于涉及的技术种类多、技术含量高,成功的 CoPS 建设能够直接导致内嵌在 CoPS 中的各种模块技术可以应用到其他领域,且扩散的速度远远快于普通产品创新,从而引起相关产业链的技术升级,带来国家竞争力的提升(Heighes, 1997;陈劲,2005)。CoPS 越发成为科技创新的重要载体和孵化器,成为技术创新的重要形式,成为国内企业技术创新能力提升的基础平台。

但是,我国引入 CoPS 概念比较晚,所以该领域的研究还不成熟,我国企业对其创新过程机理的认识更为不足,CoPS 集成商在系统产品创新过程实践中,依旧照搬传统大规模制造产品的创新研发模式来进行 CoPS 的研制,造成了不少资金的浪费。所以,CoPS 创新的研究成为我国重要而且特殊的产品创新领域的研究分支。

与此同时,在知识经济时代,知识越发体现其在企业创新管理中的价值,企业的技术和技术能力通过知识得以联结(Martin, 1984; Meyer & Utterback, 1993)。而 Annie(1996)进一步认为知识是核心能力形成的重要甚至是唯一源泉。创新管理的内核和本质也被众多学者认同是知识创造的过程,企业新产品开发是在已有业务基础上进行新知识的开发,是一个企业通过交换和共享整合个体及组织中的隐性知识和显性知识,最终创造出新知识的过程(Nonaka & Takeuchi, 1995; Davenport et al., 2003; Georg et al., 2000;刘瑜等,2008)。在所有的知识管理活动中,以知识转化为主的知识创造活动具有至关重要的地位,是决定着知识管理效率的关键性环节,具有枢纽性的地位,主导着整个知识管理活动的成败(Szulanski, 2000; Holsapple & Singh, 2001)。然而,由于知识的积累、创造通常涉及不同的个体、多个部门或多个企业,所以如何利用不同个体、部门和企业的知识,并通过吸收、整合、再到内部化以达到高效地累积并创造知识,进而形成企业的核心竞争力就成为新产品开发中的重要课题(简兆权等,2010),而基于知

识创造的视角研究产品创新的机理是当前创新研究的重要方向。

1.2 相关概念的界定和关键问题的提出

1.2.1 CoPS 的概念界定

根据 Woodward(1958)的“产量—生产过程”的传统产品分类方法和 Shenhar(1994)的“产品范围—技术不确定性”的技术导向的产品分类法, Hobday(1998)、Hansen 和 Rush(1998)对 CoPS 给出一个相对成熟的定义:研发成本高、规模大、技术含量高(技术密集)、用户定制、单件或小批量生产的大型产品、系统或基础设施。鉴别 CoPS 主要考虑其成本、项目周期、复杂程度、技术不定性、系统层次、定制化程度、风险、元器件种类、知识和技能含量、软件应用范围等因素。

后来,部分学者又对 CoPS 的概念进行了一定补充或加入了自己的理解。Prencipe(2000)指出 CoPS 是一个工程含量高的产品、具有亚系统或者是构造的产品系统,是在创新过程的动力、竞争策略以及工业化的联合分类等方面都与简单产品和大批量产品有所差别的产品。而国内学者陈劲等(2004)从技术的深度和广度的维度来划分产品系统范畴,可分为 CoPS、高新技术产品、组合产品和简单产品,并认为产品的技术宽度和技术深度同时具备的产品系统才能称之为 CoPS,进而又从构成 CoPS 的元件、次系统和集成系统三个层面之间的作用机理来界定 CoPS 范畴。

更多学者采用列举法列出典型的 CoPS,从而进一步将其归纳,与规模化生产产品进行对比。CoPS 范畴包括了大型电信通讯系统、大型软件系统、航空航天系统、智能大厦、电力网络控制系统、大型船舶、高速列车、施工工艺复杂的大型土木水利工程、大型信息系统等。(Davies, 1997; Hobday, 1998; Hansen & Rush, 1998; Hobday & Rush, 1999)

为了进一步明确 CoPS 的概念, Hobday(2000)又从产品涉及的子系统和定制零部件的数量、设计方案的数量、新知识领域的跨度等维度,把 CoPS 进一步区分为超复杂(新式军用飞机)、高度复杂、中度复杂和一般复杂(如飞行模拟器)的产品。

综上所述,本书认为 CoPS 最主要的特点,也是辨别是否为 CoPS 的要

点主要体现在以下几个复杂性。

1. 技术复杂性

CoPS 并不包含一些成本虽然高,但技术要求较低的成熟产品(张伟,2001)。但是,由于技术的成熟度和复杂性是具有时代特征的,所以 CoPS 会由于创新程度和模块化工业化程度的变化向大规模制造产品转化。譬如计算机、汽车等产品在其产业周期初期,由于其技术水平的不完善和不稳定,未形成标准化的模块划分和接口方式,其也完全符合 CoPS 的定义。所以 CoPS 的特征首先体现的是技术复杂性,技术复杂性带来了技术的不确定性,从而体现了 CoPS 创新的突破性、新颖性特征。

2. 需求复杂性

CoPS 是一个定制化的产品系统,客户需求由于其前端模糊性,导致了需求在产品研发过程的多次确认和修正。这种修正使得 CoPS 的集成开发商关注的内容在于 CoPS 本身的功能、技术的构架和实现(譬如大飞机的研制),不同于大规模制造产品的开发商关注于产品不同样式的生产量(譬如汽车的生产)。需求的复杂性还体现在没有成熟的技术来满足,从而同样带来了 CoPS 创新突破性的需求。

3. 耦合复杂性

CoPS 的多模块化和模块的技术多样性,带来了技术耦合复杂性。譬如我国在 20 世纪 60 年代,导弹和原子弹作为两个 CoPS 分别研制,导弹成功发射了,原子弹也在地面成功引爆,但是要把两个系统结合在一起,研制携带核弹头的导弹系统,就面临了类似高速飞行过程核弹头稳定性、空中引爆等耦合的技术难题。

4. 协调复杂性

CoPS 的研制的协调复杂性体现在主体众多,利益难以协调,造成了创新管理的复杂性。但是,本书认为主体众多不一定是参与企业和组织多,应该界定为参与的个体或团队众多。譬如我国的军用雷达,整个产品以及主要部件的研制一般都是由某个相当规模的研究来完成,但是由于模块众多,同样导致有多个部门参与,且这些部门在利益分配时有相对的独立性和自主性,从而带来类同于组织间利益协调的组织内协调复杂性。

1.2.2 CoPS 创新及创新机理的概念

“创新”起源于拉丁语,是以新思维、新发明和新描述为特征的一种概念