

B

I

M

基于建筑信息模型（BIM）的 建设项目协同管理机制研究

张 雷◎著

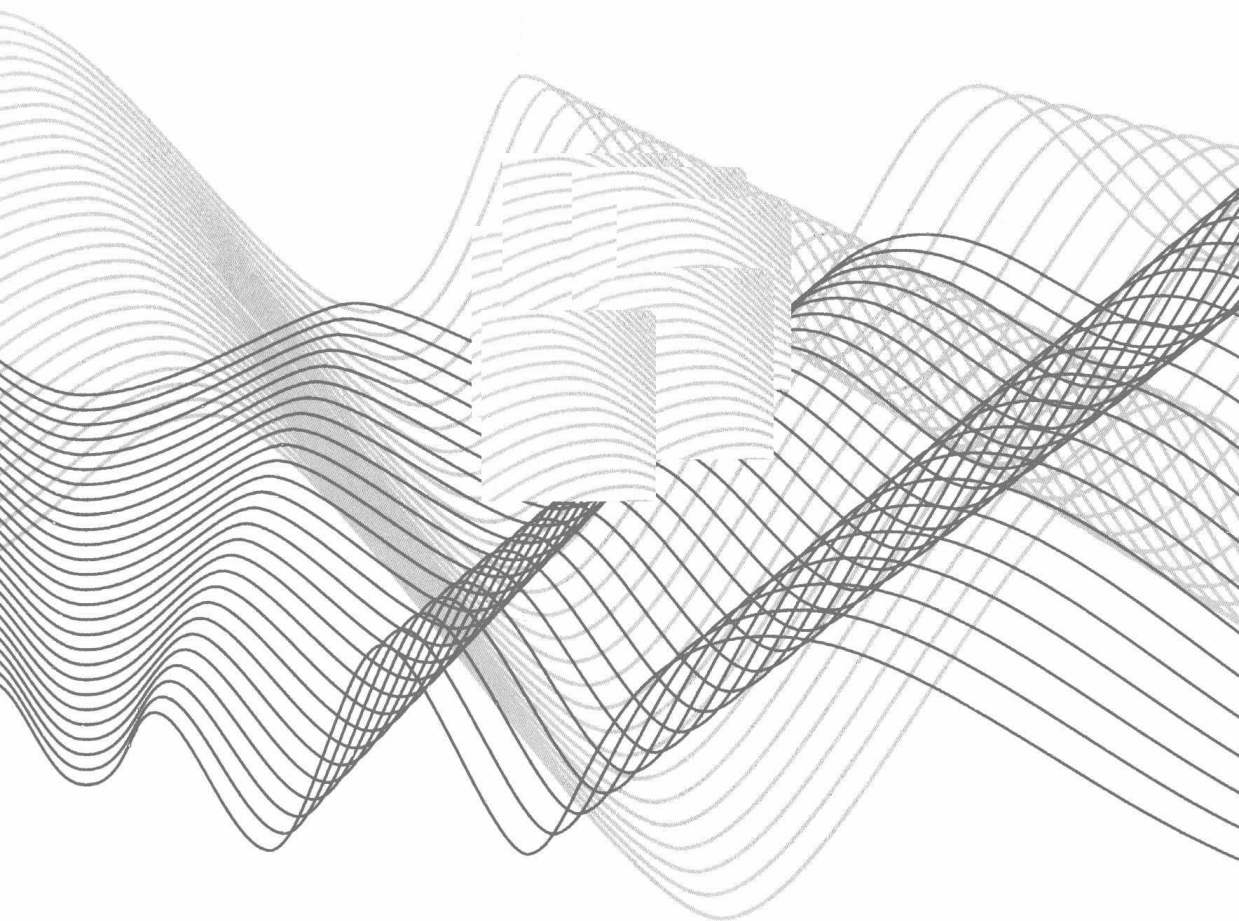
中国财经出版传媒集团



经济科学出版社
Economic Science Press

基于建筑信息模型（BIM）的 建设项目协同管理机制研究

张 雷◎著



中国财经出版传媒集团



经济科学出版社
Economic Science Press

图书在版编目 (CIP) 数据

基于建筑信息模型 (BIM) 的建设项目协同管理机制研究/
张雷著. —北京: 经济科学出版社, 2019. 4
ISBN 978-7-5218-0429-4

I. ①基… II. ①张… III. ①建筑工程-装配式构件-
工程管理-应用软件 IV. ①TU71-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 057972 号

责任编辑: 周国强
责任校对: 杨 海
责任印制: 邱 天

基于建筑信息模型 (BIM) 的建设项目协同管理机制研究

张 雷 著

经济科学出版社出版、发行 新华书店经销

社址: 北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮编: 100142

总编部电话: 010-88191217 发行部电话: 010-88191522

网址: [www. esp. com. cn](http://www.esp.com.cn)

电子邮件: [esp@ esp. com. cn](mailto:esp@esp.com.cn)

天猫网店: 经济科学出版社旗舰店

网址: [http://jjkxcbs. tmall. com](http://jjkxcbs.tmall.com)

固安华明印业有限公司印装

710 × 1000 16 开 15.5 印张 250000 字

2019 年 4 月第 1 版 2019 年 4 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5218-0429-4 定价: 78.00 元

(图书出现印装问题, 本社负责调换。电话: 010-88191510)

(版权所有 侵权必究 打击盗版 举报热线: 010-88191661)

QQ: 2242791300 营销中心电话: 010-88191537

电子邮箱: [dbts@ esp. com. cn](mailto:dbts@esp.com.cn))

前 言

建筑业面临新的发展机遇，建筑信息模型（building information modeling, BIM）技术被认为是全球建筑行业的变革性理念和里程碑技术，已经成为提升工程项目管理中的协同能力的重要手段和方法。鉴于 BIM 技术的创新性，如何改善建设项目的组织关系，建立稳定的建设项目协同管理机制成为业内和学术界亟待解决的新课题。

建设项目具有明显的社会性、网络性以及管理和结构复杂性，社会网络分析是分析这些组织关系和协同管理的重要方法。本研究从社会网络分析的角度，利用仿真模拟工具，聚焦于 BIM 情境下的建设项目协同管理机制，主要内容如下：

（1）BIM 与协同管理的相关理论分析。本研究明晰了 BIM 与协同管理相关概念的内涵，总结了建设项目协同管理中存在的主要问题，从组织管理模式、信息集成、协同学与系统、社会网络等视角下总结了建设工程项目协同管理的发展方向，分析了社会网络理论在建设项目组织关系协同管理中的应

用。本研究还着重探索了 BIM 对建设项目组织关系的重大影响，拓展了 BIM 与跨组织协同的关系，建立了 BIM 成熟度模型，提出了不同 BIM 成熟度下各参与主体间动态信息交流的网络关系。

（2）建设项目协同因素的统计分析。按照项目参与方、过程与环境、信息技术与组织关系、BIM 技术协同应用障碍的思路，本研究总结了影响 BIM 情境下建设项目协同管理的关键因素，选取了 16 个关键要素，并详细阐述了关键要素的内涵，利用调查问卷与半结构化访谈的方式开展调查，对获取的数据分别进行了描述性、信度与效度等统计性分析，提取了组织合作关系因子、协作激励因子、BIM 技术创新扩散因子与技术协同因子，进行了因子影响力分析。

（3）针对建设项目组织的社会关系网络，构建并分析了建设项目合作关系网络中的博弈仿真模型。本研究分析了建设项目的合作关系网络生成机制，回顾了 ER 随机模型、小世界网络模型以及无标度网络模型演化规律及其统计性质，设置了雪堆博弈的策略更新规则，建立了小世界网络和无标度网络的演化博弈模型。本研究通过 Matlab 仿真，着重分析了建设项目合作频率指标的影响因素，揭示了具有不同网络模型的网络拓扑结构对建设项目参与主体间合作关系的作用规律。

（4）针对 BIM 情境下建设项目信息共享中的问题，设计了建设项目团队协作激励机制。在分析信息共享价值及激励作用机理的前提下，本研究运用博弈论和委托代理理论方法，认为动态激励机制就是关注 BIM 参与方基于长期合作的声誉维护，构建了隐性声誉激励与显性收益激励相结合的两阶段最优动态激励契约模型，分析了建设项目信息共享过程中隐性声誉激励因素对相关参与方的激励效应，并通过算例对模型进行了仿真模拟和比较分析。

（5）针对 BIM 的知识扩散对协同效应的影响，建立了 BIM 知识扩散演化

模型，构建了基于开放建筑信息模型（open BIM）的协同平台建设的初步框架。利用元胞自动机（CA）转换规则，本研究建立了建设项目 BIM 知识扩散过程演化函数及元胞状态，对扩散过程进行仿真，分析了项目扩散者意愿和决策偏好等内部因素、参与个体与邻居影响关系和国家及行业机构 BIM 支持性等外部因素对 BIM 扩散过程的影响，认为国家及行业的支持性对 BIM 知识扩散意义重大。本研究还阐述了 Open BIM 基本内涵，构建了 Bimcotion 开发协同平台的初步框架。

第 1 章	绪论 / 1
	1.1 研究背景与问题提出 / 1
	1.2 相关研究综述 / 8
	1.3 研究目的与意义 / 26
	1.4 研究内容与方法 / 28
第 2 章	BIM 与建设项目协同管理 / 32
	2.1 相关概念界定 / 32
	2.2 BIM 与建设项目的跨组织协同 / 37
	2.3 BIM 成熟度与跨组织信息交流模型 / 42
第 3 章	基于 BIM 的建设项目协同管理因素分析 / 51
	3.1 BIM 情境下建设项目的协同因素识别 / 51
	3.2 BIM 情境下建设项目协同管理因素的实验 设计与选取 / 67
	3.3 BIM 情境下建设项目协同管理因素的验证分析 / 73

第4章	基于 BIM 的建设项目合作关系分析及仿真 / 84
	4.1 基于 BIM 的建设项目合作关系演化机理分析 / 84
	4.2 基于 BIM 的建设项目合作关系小世界网络 演化仿真 / 94
	4.3 基于 BIM 的建设项目合作关系无标度网络 演化仿真 / 117
第5章	基于 BIM 的建设项目团队协作激励机制分析及仿真 / 127
	5.1 协作激励机制分析 / 127
	5.2 基于 BIM 的建设项目协作激励模型构建 / 136
	5.3 基于 BIM 的建设项目团队协作激励模型仿真 / 154
第6章	基于 BIM 的建设项目知识扩散与技术协同 分析及仿真 / 168
	6.1 基于 BIM 的建设项目知识扩散机制分析与仿真 / 168
	6.2 基于 BIM 的建设项目技术协同分析 / 192
第7章	结论与展望 / 206
	7.1 研究结论 / 206
	7.2 研究局限与展望 / 210
	参考文献 / 213

第 1 章

绪 论

1.1 研究背景与问题提出

1.1.1 研究背景

建筑业已成为我国国民经济的支柱产业，建筑业占 GDP 的比重，已经从 2005 年的 5.53% 增长至 2017 年的 6.7%，而“十二五”期间的建筑业增加值年均增长 15%。以年 8% 的增长速度来计算，“十三五”末期建筑业产值将达到或接近 28 万亿元的规模，因此，建筑业对我国国民经济的发展具有重要的意义（见图 1.1）。

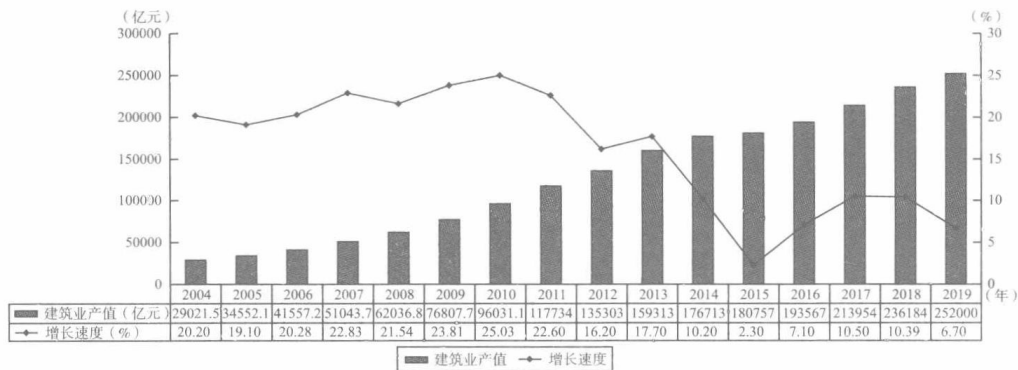


图 1.1 我国 2004 ~ 2019 年建筑业产值与增长速度

说明：2018 年、2019 年为估计值。

资料来源：国家统计局，中国统计年鉴，2004 ~ 2018。

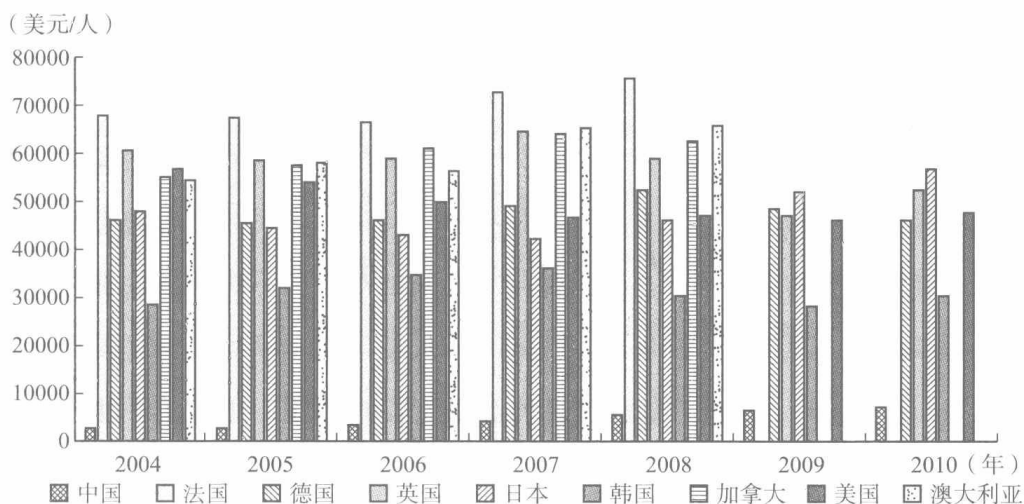
1. 建筑业的低效能发展。

与制造业、航空业等行业相比，传统建筑业一直被认为是低生产效率、低技术水平、低科技创新的产业（Harty，2005；Teicholz，2004）。美国在 1964 ~ 2009 年近 45 年间，工业与服务业的生产力指数提高了 230%，而建筑业的劳动生产效率反而下降了 18.2%（Liao & Chiang，2015）。现有割裂的生产结构使建筑生产过程存在着巨大的浪费，创造价值活动的比例仅为 10%，但非增值活动的比例却高达 57%，而制造业中同一活动的比例为 62% 与 12%（Eastman et al.，2008）。在环境方面上，与其他所有行业相比，建筑业在原材料消耗、二氧化碳排放和消耗能源等方面所占比例分别高出 60%、22% 和 20%（US Green Building Council，2009）。另一方面，建筑设施的建造成本也日趋增加，运营成本长期被忽略，在 2002 ~ 2007 年间，全球医疗卫生设施的建造成本增加了约 40%，而社会工业品物价指数只增加了 18%（Langdon，2008）。美国退伍军人管理局（Veteran Administration）采用 40 年分析周期和 5% 的折现率进行生命周期成本分析，发现运营及维护费用是建造费用的 7.7 倍（Smoot，2007），丁士昭（2006）通过研究也认为大部分项

目的建设成本都不足全寿命周期成本的 20%，而运营成本占到了约 80%。

2. 我国建筑业的发展形势。

我国建筑业是典型的投资拉动型产业，行业产值也一直处于飞速增长态势，成为全球第一建筑市场。在未来 50 年内，中国城镇化率将由 2011 年的 51.27% 提高到 76% 以上。据英国商业创新技能部（BIS）数据，2025 年全球建筑业规模达到 5927 亿美元，中国预计将占全球建筑市场的 26.8%，将迎来更广阔的市场。但与发达国家相比，在单位建筑能耗比同等气候条件下，我国建筑业的劳动生产率远低于美国、英国等国家，增长方式粗放，如图 1.2 所示。



资料来源：霍春亭，2013。

3. BIM 为建筑业变革提供变革契机。

可持续绿色化的发展模式是目前建筑行业谋求的重点变革方向，装配式建筑及工程总承包成为我国近 5 年的重点方向；而信息技术应用已被普遍视为改造建筑业这一传统产业的战略手段，三者之间可以有效结合，相互促进。建筑

信息模型（building information modeling, BIM）的出现对建设项目交付模式产生巨大影响，基于 BIM 技术构建新的建设项目生产范式已经成为建筑业变革的主流发展趋势（Harty, 2005；Taylor, 2007）。作为一种系统创新技术，BIM 技术的应用一方面将会对建设项目某一方参与主体的活动方式产生重要影响，另一方面将会较大改变建设项目相关活动间的依赖关系，影响能力具有较强明显的跨组织性（Harty, 2005）。BIM 概念的出现与发展，为建造过程各阶段共享工程信息提供了技术平台，更好地实现了信息的收集、传递与反馈，对面向于全生命周期管理的建设项目应用起到了有益的推动作用。

1.1.2 问题提出

针对建筑业行业危机，自 20 世纪 90 年代至今，诸多国内外学者开始关注工程项目的协同问题，认为建设工程项目参与主体之间的协同缺失是造成建筑行业低效率的重要原因。项目参与方之间的对立和不协调是造成项目失败的重要因素，项目成本损失的 30% 都可以归结于整个项目管理过程的不合作（Shing, 2002）。因此，加强项目利益相关者的管理，处理好项目参与主体之间的关系，使他们之间互动有序，达成项目系统的协同状态，是实现项目成功的重要保障。如表 1.1 和表 1.2 所示。

表 1.1 导致项目失败的因素分析

研究学者	导致项目失败的主要因素
Baker et al. , 1983	与客户的协调较差、不充足的客户影响、与母体组织协调不利、与公共事业官员关系不好以及公共舆论不利
Duffy et al. , 1988	项目参与方之间的不协调

续表

研究学者	导致项目失败的主要因素
Shing, 2002	业主和承包商之间的对立、设计方和建造方的沟通渠道不顺、设计公司 对业主要求理解的不深入、承包商对于设计公司的设计方案不能准确 实施
Cleland & Ireland, 2010	不良的客户关系、不利的公众舆论、缺乏最高管理层的支持、不能及时 使最高管理层了解有关信息

表 1.2 决定项目成功的因素分析

研究学者	决定项目成功的关键因素
Baker et al. , 1983	从母体组织和客户获得频繁的反馈信息、公众的热情支持、没有法律障 碍等
Cleland & Ireland, 2010	客户对项目负责、适度和持续的客户监督、高级管理层的适度监管等
Turner & Müller, 2004	项目开始之前项目成功的标准必须征得利益相关者的同意和认可；项目 的业主和项目经理之间存在互相合作的关系；项目经理应该充分授权； 业主应该对项目的实施有足够的兴趣
张静晓等, 2016	项目信息共享对成功建筑施工项目有最重要的影响

建设项目通常涉及业主、设计方、承包商、分包商、监理方、设备及材料供货商、生产制造商、政府及行业机构等众多项目利益相关方。建设项目成功的基础是上述众多项目利益相关方的合作，这种合作关系以网络结构的形式得以呈现（Son & Rojas, 2011；丁荣贵, 2010）。然而工程项目管理现实中协调不足和沟通低效率的问题却非常普遍，施工计划不切实际，协同意识缺失，从而经常导致大型项目的低绩效。当个体的兴趣和收益存在分歧时，“社会困境”（social dilemma）现象就会经常发生，使得网络结构变得越加脆弱，最终成为导致建设项目失败的根源之一。这种现象在建设项目中仍然存

在，由此本研究关注的协同管理是指在建设项目参与主体之间构成的社会网络中，通过 BIM 技术，减小因参与方之间关系改变而产生网络结构变化所带来的不稳定性，以保证建设项目成功的体系。

建设项目的实施是一个动态实现的过程，这种动态实现的过程凸显了建设项目的复杂性，使得项目的合作更加关注对动态合作关系的管理，而这种动态合作关系必须满足当前 BIM 技术的发展需求，因此，基于 BIM 的参与各方的合作关系是实现建设项目协同管理的基础。另外，为保持良好的长期合作关系，鼓励参与主体对 BIM 模型信息共享的协作参与，建立恰当的激励机制有助于规范控制建设项目网络中参与方的组织行为，并保证项目目标的相对一致性，是基于长期合作的动态演化过程。因此，基于 BIM 的团队协作激励机制是建设项目协同管理的保障。此外，在 BIM 情境下，BIM 知识的扩散过程直接影响协同管理的效果，组织网络特征影响着 BIM 知识扩散的深度和广度，基于 IFC 标准的 BIM 技术协同将建设项目建造过程中的各类建筑信息进行有机的统一和转换，从而实现项目各阶段工程信息有序的集成、共享和管理。因此，基于 BIM 的知识扩散和技术协同是建设项目协同管理的必要条件。

通过以上的分析可以看出，在新的环境形势和发展要求下，建设项目存在的问题已超出了一般项目管理的范畴，基于 BIM 的建设项目协同管理机制将成为解决上述问题的有效途径。本研究的研究问题主要体现在以下三点：

1. 基于 BIM 的建设项目合作关系网络演化博弈过程对协同管理产生重要影响。

建设项目具有明显的社会性特征，社会网络中的项目参与各方通过各种关系联系在一起构成社会网络，他们之间的信任、承诺、组织机构、组织角色、建设合同模式及组织目标等受到网络结构的影响。由于项目参与方各自发展的需要，项目目标上必然存在一定差异，为了追求各自项目利益最大化，

就无法有效实现协同,这意味着参与方在社会网络结构与合作关系演化过程中存在“非合作博弈”策略。因此,本研究从网络演化博弈的视角,在具有不同社会网络结构复杂特征下,对 BIM 情境下的建设项目参与方的合作关系进行研究,在不同的重复博弈动态均衡策略下,利用仿真技术,揭示具有不同网络模型的网络拓扑结构对项目参与主体间合作关系的作用规律,提出相关协同要素对建设项目产生的影响,为实现建设项目稳定的合作关系提供可靠的 BIM 协同环境。

2. 基于 BIM 的建设项目团队协作激励的网络演化过程对协同管理产生重要影响。

鉴于建设项目组织间形成的合作关系网络,参与方之间的委托代理关系是多次性、动态的、非静态的,关系契约激励是建设项目团队静态协作激励的基本方式,而随着 BIM 成熟度的不断发展,建设项目参与各方建立良好的长期合作关系将成为组织合作关系网络的常态,而动态激励机制关注的是 BIM 参与方基于长期合作的声誉维护。因此,本研究从建设项目的网络结构动态演化出发,建立关系契约激励与声誉激励机制综合动态模型,分析 BIM 情境下多期合作的团队协作激励动态过程和基本规律,提出影响激励效果的相关要素,为建立建设项目协同管理方式提供良好的激励模式。

3. 基于 BIM 的建设项目知识创新扩散演化过程与技术协同对协同管理产生重要影响。

基于 BIM 的知识扩散和采纳吸收被认为是实现业主方、设计方、施工方、生产商等参与主体网络之间信息共享的重要保证,参与方的社会网络结构影响 BIM 知识扩散速度与效果,而 BIM 技术协同以 IFC 标准为基础,为建设项目提供了一个相互依存的协同工作架构,因此,本研究立足网络演化原理,模拟知识扩散个体之间形成的关系网络,选择一定的社会结构和演化规

则，揭示 BIM 知识扩散过程规律与影响因素；另一方面，通过建立基于开放建筑信息模型（open BIM）的协同技术平台初步框架，为建设项目的协同管理在技术支撑方面提供了必要的思路。

1.2 相关研究综述

1.2.1 协同与协同管理机制

1.2.1.1 协同的定义

所谓“协同”（collaboration），一词最早源于古希腊，通俗地讲就是协调合作。“1+1>2”是对协同概念最通俗易懂的解释，安索夫（Ansoff，1979）从经济学意义上借用投资收益率确立了“协同”的含义，即为什么企业整体价值有可能大于各部分价值的总和，形成协同效应。随着不同学科的发展，“协同”概念有着更深的含义，不仅包括人与人之间的协作，也包括不同的应用系统、数据资源、终端设备、应用情景、人与机器之间、科技与传统之间等全方位协同（Mora，2002）。很多的学者从不同的角度对协同进行了定义，如表 1.3 所示。

表 1.3 有关学者从不同角度对协同的观点与定义

学者	观点与定义
Mattessich & Monsey, 1992	研究在复杂系统中参与者是如何协调工作，以便达到系统的目标，即参与人如何协作完成系统赋予使命的问题，是跨学科复杂命题
Van et al. , 1976	集成并联结组织的不同部分进行协作以完成任务

续表

学者	观点与定义
Robins, 1987	所有的交易方都获得收益，并且没有人处于受到不利影响的状态，实现帕累托改进
Malone & Crowston, 1994	在资源依赖条件下，管理具有共同目标的活动间相互依赖关系的行为
Sahin & Robinson, 2002	所有的决策都是为了达到系统总体目标最优的状态，实现集成优化活动
马士华等, 2000	信息能无缝地、顺畅地在供应链中传递，减少因信息失真而导致过量生产与库存的情况，使整个供应链能根据顾客的需求而步调一致，获得同步化
Simatupang et al. , 2002	合理地联合和调整行为、目的、决策、信息、知识和资金等方面以实现整体组织的目标
蔡淑琴等, 2007	协同应是技术协同、管理协同、人机协同在供应链环境中的统一体

可以这样说，协同的定义往往限定于一个特定的环境，通过整合上述不同定义的共同内涵，可以得到一个简单的定义：协同涉及两个或两个以上的人（或个体）彼此之间交互，为了实现共同的工作目标，从事单一事件或一系列工作的活动。但需要注意的是：信息不充分、信息缺失或信息扭曲都会引发协同方面的问题，信息不完全或不对称加大了行为与决策过程的不确定性，因此，提高信息处理能力、信息集中和信息共享则是协同战略或协同机制中不可缺少的组成部分。

1.2.1.2 交流、协调、协作、合作与协同的区别

交流、协调、协作、合作与协同的区别与联系如表 1.4 所示。