

文章编号:1001-4098(2018)10-0001-13

综合集成方法研究的起源及其演进发展*

安小米^{1,2,3}, 马广惠¹, 宋 刚⁴

- (1. 中国人民大学 信息资源管理学院, 北京 100872;
2. 数据工程与知识工程教育部重点实验室(中国人民大学), 北京 100872;
3. 中国人民大学 智慧城市研究中心, 北京 100872;
4. 北京大学 遥感与地理信息系统研究所, 北京 100871)

摘 要:为揭示综合集成方法的发展历程及其演进规律,本研究基于系统的文献调查,通过时间分析、背景分析、主题分析、研究方法分析及结论分析,揭示出该方法论近 30 年的发展历程可划分为理论奠基、继承发展、应用深化、成熟推进、创新升华五个发展阶段,社会实践是其发展的主要动因,历经从理论探索到实践应用的演进路径,具有明显的跨学科属性,并呈现从统一到差异化的研究趋势。

关键词:开放的复杂巨系统;综合集成;综合集成研讨厅;知识工程;思维科学;哲学;协同创新

中图分类号:N94-0 **文献标识码:**A

作为 21 世纪科学发展的新方向,复杂性科学肇始于被称为“老三论”的系统论、控制论和信息论,经过“新三论”耗散结构论、协同论、突变论的不断演化,到 20 世纪 80 年代,复杂性科学正式建立^[1]。复杂性科学研究的前沿阵地以欧洲的复杂系统研究及美国的圣塔菲研究所(Santa Fe Institute, SFI)为代表,其研究主要围绕动力学系统理论研究、系统科学研究、复杂系统理论研究、控制论研究及与复杂性和系统科学相关的人工智能与认知科学研究五条进路展开^[2]。

复杂性与系统密不可分,在探索系统科学的过程中,钱学森先生于 1990 年正式提出开放的复杂巨系统(Open Complex Giant Systems, OCGS)的概念,进而指出处理此类系统的方法论是从定性到定量的综合集成方法(Meta-synthesis Approach, MSA)。这不仅是系统科学研究的里程碑,钱学森先生更是由此开创了世界复杂性研究的中国学派。自钱学森先生开辟该方向以来,在中国社会、经济、科技发展的不同时代背景下,总结综合集成方法近 30 年的研究历程,不仅对于揭示其各发展阶段的研究

焦点与变迁路径具有理论意义,而且对于明确复杂性研究中国学派的研究贡献和未来发展空间具有现实价值。

1 文献综述

根据钱学森先生提出的定义,综合集成方法是将专家群体、数据和各种信息与计算机技术有机结合,把各种学科的科学理论和人的经验知识结合起来^[3]。现有研究曾对综合集成研究的发展阶段进行划分,其中尤其注重对综合集成研讨厅研究发展的梳理。

1.1 综合集成研究的阶段划分

对综合集成方法发展过程的研究,包括中国学者开展的对国际综合集成相关的调查研究及中国综合集成发展演进研究两项内容。前者是对国际相关研究的综合调查,分析结果表明,国际上在综合与系统方法论、决策支持系统与面向知识创造方面均在走向综合集成^[4]。这一调查结果揭示了中国综合集成研究所处的时代背景和国际趋势,为我国的综合集成研究提供了理论和经验支持。

后者则主要按照时间发展顺序梳理了中国综合集成

* 收稿日期:2018-06-05

基金项目:国家自然科学基金重点培育项目(91646127);国家社科基金重大项目(13&ZD184);中国人民大学科学研究基金(中央高校基本科研业务费专项资金资助)项目(18XNH110)

作者简介:安小米,中国人民大学信息资源管理学院、中国人民大学数据工程与知识工程教育部重点实验室、中国人民大学智慧城市研究中心教授,博士生导师;马广惠(通讯作者),中国人民大学信息资源管理学院博士研究生;宋刚,北京大学遥感与地理信息系统研究所,博士。

研究发展的演进过程。就数据收集和方式而言,一种是借助对钱学森先生学术会议发言、系统学讨论班讲话、书信的梳理划分综合集成法的发展阶段^[5];另一种是按时间顺序列举综合集成研究发展前期的关键事件与研究成果,如主要奠基人、重要科学会议、代表性科研项目等^[6]。两类研究的共同点在于,将综合集成研究的发展大致划分为理论形成与技术实现阶段,分别对应综合集成方法概念发展及综合集成研讨厅研究两项内容。随后,基于Cyberspace的综合集成研讨厅的研发使综合集成发展迈向实际应用阶段^[7]。

1.2 综合集成研讨厅研究梳理

综合集成研讨厅是综合集成方法的具体实践,区别于按照时间顺序梳理综合集成研究的整体发展过程,对综合集成研讨厅研究成果的梳理主要按照主题方法展开。具体而言,现有研究主要对与研讨厅相关的网络问题及其在军事领域的应用研究进行了梳理。

具体而言,第一,国际上与综合集成研讨厅相接近的是对群体支持系统的研究,二者目标均为支持群体创造性。更进一步,我国学者开展的研究主要聚焦于研讨厅的网络结构、应用模式、支撑技术、软件体系及框架^[8]。在网络技术的支持下,集成知识可视化技术、网格技术、人工智能技术等^[9]成为其发展趋势,并以基于Cyberspace的综合集成研讨厅为发展方向。第二,对军事领域应用研究的梳理包括战略决策、武器装备系统和复杂武器装备采办^[10]。

1.3 研究局限

文献调研的结果表明,现有针对综合集成研究的梳理存在以下三方面的局限:在内容方面,现有研究侧重于对理论发展前期重要概念及关键事件的梳理,但缺乏对综合集成研究整体框架及研究体系的梳理;就时间而言,现有

文献发表于2010年之前,但在智慧城市、协同创新的时代背景下,综合集成已呈现新的发展趋势和表现形式;最为根本的局限在于,已有研究缺乏对演进过程中各阶段特征的概括,并且对综合集成演进过程发展规律的揭示不足。

尽管现有研究存在上述局限,但仍为本研究提供了重要借鉴和参考。与之相似的是本研究同样关注综合集成方法的演进过程,梳理重点在于展现综合集成发展过程中的阶段特征并揭示整体演进规律。为实现上述研究目标,本文将研究问题细化为以下五个方面:

研究问题一:综合集成历经了哪些发展阶段;

研究问题二:各阶段面临怎样的研究背景;

研究问题三:各阶段的研究目的、研究主题是什么;

研究问题四:各阶段采用何种研究方法;

研究问题五:各阶段取得的关键性研究成果是什么。

2 数据收集

为回答上述研究问题,系统地获取文献资源,本研究根据Vom Brocke等^[11]提供的文献检索步骤,将文献检索划分为以下四个阶段:

第一,确定检索数据库。本研究以检索期刊论文及会议论文为主,为提高查全率,本文选取中国知网期刊库、会议论文库为中文文献来源数据库;以Springer、IEEE Xplore Digital Library、Elsevier ScienceDirect、ACM DIGITAL LIBRARY、ProQuest数据库为外文文献来源数据库,并以Google Scholar为参考。

第二,选择关键词及检索标准。本文以标题检索途径为主,同时根据各数据库提供的不同检索途径,辅之以关键词、摘要、主题、全文检索,并采取布尔检索、截词检索、精确检索等检索方法以提高查全率和查准率。经过预调研,最终确定的检索词如表1所示。

表1 综合集成方法研究中外文检索词

序号	标题	关键词/摘要/主题/全文	备注
a	综合集成 meta-synthe* OR Hall for Workshop of Meta-synthetic Engineering (HWME)	——	检索词“综合集成”包含“综合集成”方法及“综合集成研讨厅”。
b	定性 并含 定量 qualitative AND quantitative	综合集成 或 钱学森 meta-synthe* OR(Qian Xuesen OR Tsien Hsue-shen)	综合集成方法强调定性与定量方法相结合。
c	复杂巨系统 Open Complex Giant Systems(OCGS)	综合集成 或 钱学森 meta-synthe* OR(Qian Xuesen OR Tsien Hsue-shen)	综合集成是开放的复杂巨系统的方法论。
d	复杂性 complexity OR complexity science	综合集成 或 钱学森 meta-synthe* OR(Qian Xuesen OR Tsien Hsue-shen)	综合集成是世界复杂性、复杂性科学研究的重要组成部分。

在表 1 中, 根据标题检索词进行文献检索得到大量无关结果。如混合研究方法及定性综合集成, 前者是作为一种研究方法提出, 同样强调定性方法与定量方法相结合^[12]; 后者则是作为文献综述的一种类型, 是国外集成定性数据的专门方法^[13]。这与我国学者开展的综合集成研究差异明显, 同时鉴于钱学森先生在从定性到定量综合集成方法发展过程中的奠基作用, 对此方法的研究或应用一般包含对其成果的回顾, 因而本研究通过在关键词、摘要、主题或全

文限定“综合集成”或“钱学森”两个检索词, 以缩小检索范围并精炼检索结果。

第三, 前向检索及后向检索。因根据上述阶段检索所得文献资源基本覆盖了综合集成方法研究的整个过程, 因而本研究并未开展前向检索及后向检索。

第四, 评估。经过以上检索过程, 对于获取的文献资源, 本研究采取表 2 所示评估标准进一步筛选文献资源:

表 2 综合集成方法研究文献评估标准

序号	评估标准	具体依据	本文选择结果
a	文献类型	期刊论文、会议论文、学位论文、专利文献、PPT 资源、白皮书、书籍简介等	期刊论文、会议论文
b	研究类型	方法论研究、理论研究、实践研究、应用研究等	理论研究
c	选择范围	详尽性研究、选择性研究、代表性研究、中心性研究、关键性研究	代表性研究

在表 2 中, 针对研究类型, 本文仅选择理论研究性质的文献作为数据来源。其主要原因在于, 综合集成方法作为求解开放的复杂巨系统的方法论提出, 在近 30 年的发展历程中, 该方法在各类工程实践及应用研究中得以广泛使用, 如地震预报、气候预测、宏观经济决策、汉字识别、智能控制、军事系统等。相较于其他研究类型, 对理论研究类型文献的梳理更能揭示主体性和一般化的规律, 因而本研究更为关注理论研究性质的文献。

关于选择范围, 本文采用的评估依据是代表性研究。具体而言, 主要以核心作者发表的代表性文献为数据来源。根据现有研究, 核心作者的测评指标包括发文量、被引量、下载量, 核心作者的测评方法包括普赖斯定律、H 指数法、加权平均法、综合指数法^[14]。其中, 虽然普赖斯定律一般用于核心作者初选, 但由于本研究通过前述文献检索步骤基本限定了核心作者的来源范围, 尤其钱学森先生的开创性论文的被引量对文献选择的影响极大, 本文仍然选择采用普赖斯定律确定综合集成方法研究的核心作者。

根据普赖斯定律的计算公式: $M = 0.749 \sqrt{N_{\max}}$, 其中 N_{\max} 为统计年限内发表论文数量最多作者的发文数, M 为论文篇数, 发表论文数量在 M 篇以上的作者为核心作者。在本研究中, 仅以论文第一作者为依据, 戴汝为为本研究的高产作者, 发文数量为 13, 代入公式计算得 $M = 2.70056 \approx 3$ (M 取临近最大整数), 因而发表 3 篇及以上论文的作者为综合集成研究的核心作者。此外, 本文剔除了部分重复文献, 如期刊论文与会议论文的重复, 中文文献与英文文献的重复。经过上述文献筛选过程, 本文共选定核心作者的有效文献 61 篇。

3 分析框架

现有研究中关于文献组织的方法包括: 按主题划分、按时序呈现、按方法论组织、按理论和实证划分^[15]。为回答本研究提出的研究问题, 本文采取按时间先后组织文献的方法。

对于获取的代表性文献资源, 论文主要通过五类分析回答前述研究问题。具体而言: 第一, 通过时间分析回答研究问题一, 提取论文发表时间信息展现综合集成的发展阶段划分; 第二, 通过背景分析回答研究问题二, 提取论文背景信息呈现不同发展阶段的研究背景; 第三, 通过主题分析回答研究问题三, 提取论文主题信息揭示不同时期的研究目的、研究主题; 第四, 通过研究方法分析回答研究问题四, 提取论文采用的研究方法信息展示各阶段采用的研究方法; 第五, 通过结论分析回答研究问题五, 提取论文结论信息展示演进过程中的关键性研究成果。

4 综合集成方法研究历程

自 1990 年开放的复杂巨系统及综合集成方法正式提出以来, 中国学者围绕该议题开展了大量研究。经对其中的代表性文献进行分析, 本文将综合集成方法研究划分为理论奠基、继承发展、应用深化、成熟推进、创新升华五个发展阶段, 针对每个阶段的背景、主题、方法及结论分析如下。

4.1 理论奠基阶段: 1990~1992 年

1990 年, 钱学森先生正式提出开放的复杂巨系统理论及其方法论是定性定量相结合的综合集成方法^[16], 这成为系统科学发展的里程碑, 开辟了系统科学新的发展方

向和研究领域。本阶段的代表性研究分析如表3所示。

表3 1990~1992年开放的复杂巨系统理论及其方法论的理论基础研究

时间	背景	研究主题	研究方法	关键性结论
1990 1991	系统科学理论取得进展,对人工智能与开放复杂巨系统研究的混淆。	探讨开放的复杂巨系统及其方法论,对开放的复杂巨系统理论的深化。	系统分类,从研究实践中提炼概括	①提出开放的复杂巨系统理论,②其方法论是定性定量相结合的综合集成方法,③引入知识工程,④提出从定性到定量的综合集成方法,⑤建立开放的复杂巨系统学,⑥接受马克思主义指导,⑦应用思维科学技术。

本阶段的首要议题在于建构开放的复杂巨系统理论及方法论体系,包括探讨其起源、内涵、意义等,以钱学森先生为代表性学者。具体而言,开放复杂巨系统理论是此项研究与以往系统学研究相区别的起点,综合集成方法概念提出及发展是本阶段的根本研究贡献所在。在此阶段,定性定量相结合发展为从定性到定量的综合集成方法^[17],该转变注重突出该方法的动态过程性。在此基础上,对综合集成法的研究加入对社会关系的思考,如对综合集成实践形式、工程应用、理论发展的研究,形成从定性到定量综合集成研讨厅体系、大成智慧工程、大成智慧学等概念,但这些成果在本阶段并未公开发表。

在概念探讨基础上,本阶段的研究进一步关注开放的复杂巨系统及其方法论的学科属性,旨在突出强调其开创性和创新性。一方面,就研究背景和研究方法而言,该理论是作为系统科学的一个重要研究领域而提出,不仅表现在系统划分是该理论提出的理论基础,而且表现在以具体系统研究为理论提炼的实践基础。另一方面,虽然该理论开辟了系统科学研究的新方向,但并不排除对其他学科研究成果的吸收借鉴,如知识工程、马克思主义哲学及思维科学等,这为后续发展阶段从多学科视角探究开放的复杂巨系统理论及其方法论奠定了基础。

总体而言,此阶段是对前期工程实践及理论探索的总结,在此基础上,开放的复杂巨系统理论及其方法论正式创立。此阶段提出的核心概念及初步设想构成综合集成研究的理论雏形,这为后续研究奠定了基本的理论框架,基本确立了该理论及方法论研究的主要框架和发展方向。

4.2 继承发展阶段:1993~2000年

开放的复杂巨系统理论及其方法论研究在此阶段走向深化,与理论奠基阶段相比,本阶段的研究特色在于开始与中国传统及系统工程实践相结合。其首要贡献在于,钱学森先生在上一阶段提出的从定性到定量综合集成研讨厅体系、大成智慧工程、大成智慧学等实践形式在此阶段得以公开发表;同时,部分学者对本阶段提出的现代科学技术体系、总体设计部等思想进行整理。这与此阶段突出采用文献研究方法相契合,即研究成果中涉及对钱学森

先生讲稿、书信等大量原文、原话的引用,借此为综合集成早期的发展演进研究提供证据支持。

除上述内容,此阶段更为重要的核心议题在于:探讨开放的复杂巨系统理论的研究意义,寻求该理论与现有学科及研究体系的关联性。鉴于此阶段各学者研究背景及研究立场的区别,借助对现有文献的对比分析,本文按照各研究团体对其实践性、复杂性及哲学性的探讨形成三方面的内容划分。此阶段的代表性研究分析如表4所示。

在开放的复杂巨系统理论的实践性探讨方面,以于景元为代表性作者。该作者指出开放的复杂巨系统理论的提出背景,可追溯至20世纪80年代中期“系统学讨论班”,理论提出可关联至社会主义制度层面,即我国开展社会主义现代化建设、改革开放及社会主义市场经济体制建设等社会实践需求提出了方法论创新的要求^[18],这与上一阶段从社会实践中提炼开放复杂巨系统理论及其方法论相契合。更进一步,该理论及方法论提出后,社会系统工程被应用于社会主义建设过程中,尤其是首先被应用于研究经济系统开放的复杂巨系统的复杂性问题^[19]。

对开放的复杂巨系统及其方法论与复杂性研究关系的探讨,以戴汝为为代表性作者。通过回顾世界复杂性研究,现有结论揭示出:复杂性问题实质上被视为是开放复杂巨系统的动力学特征,开放的复杂巨系统及综合集成方法则为复杂性研究提供了一种方法^[20]。与此同时,对二者间区别的探讨突出了我国学者的重要贡献。具体而言,复杂性研究的局限在于忽视系统的开放性、忽视人的作用并缺少定量工作。反之,在科学研究认识论与方法论上的创新是中国学者的研究特色所在,开放复杂巨系统及方法论研究在于克服上述研究局限,通过强调还原论与整体论相结合、以人为本、对思维科学的探讨及定性定量相结合实现超越^[21]。

哲学层面的思考以苗东升、冯国瑞为代表。此部分研究将开放复杂巨系统问题关联至《实践论》^[22]及《矛盾论》^[23],这同样体现出对其哲学基础的溯源着重突出该理论与社会实践的密切关联性。在此基础上,与理论奠基阶段强调马克思主义哲学的指导作用相比,此部分研究指

出: 开放的复杂巨系统理论及方法论的哲学贡献在于丰富并深化了马克思主义哲学^[24]。具体而言, 开放的复杂巨系统理论从复杂系统方面揭示了物质统一性, 在方法论上起到连接作用, 在认识论层面突出了认识过程与知识体系的辩证性, 更为关键之处在于该方法强调以人为主。

总体而言, 此阶段研究不仅继承并转述了钱学森先生的思想, 将开放复杂巨系统研究由理论向实践推进。更为关键之处在于寻求该理论及方法论与现有学科及理论体系的关联及区别, 在探究理论及实践意义的基础上, 进一步凸显钱学森先生及其合作者的重大理论贡献。

表 4 1993~2000 年开放的复杂巨系统理论及方法论的继承发展研究

时间	背景	主题	研究方法	关键性结论
1993 1997	开放复杂巨系统及其方法论提出, 现代科学技术体系提出, 自然科学与社会科学一体化, 国际上的复杂性研究, 改革开放, 社会主义现代化建设。	探讨从定性到定量综合集成方法的背景、发展、意义及应用。	文献研究 (讲稿、书信、论文、项目报告、报纸)	①综合集成方法理论和实践背景; ②开放复杂巨系统理论和实践意义; ③从定性到定量综合集成研讨厅体系, 大成智慧工程, 总体设计部体系; ④应用范例—综合集成的宏观经济决策支持系统。
1995 1997 1998	开放复杂巨系统提出及发展, 国际的复杂性研究, 对复杂性概念理解的矛盾、误解和不统一。	梳理国内外复杂性研究, 探讨 SFI 复杂性研究与开放复杂巨系统间的相似与区别。	文献综述 (期刊、书信、书籍)	①“复杂性”问题实质是开放复杂巨系统的动力学特征; ②SFI 对“复杂性”的研究忽视了外界环境作用, 忽视人的作用, 只有定性缺少定量工作; ③开放的复杂巨系统研究需要整体论与还原论相结合, 需从认识论及思维科学进行思考, 并利用信息技术实现从定性到定量综合集成。
1995 1997 1999	开放的复杂巨系统概念及综合集成方法论提出, 《开放的复杂巨系统》一书出版。	梳理开放复杂巨系统研究及方法论发展过程, 探讨其对哲学理论及系统科学贡献。	文献研究 (期刊)、哲学方法	①综合集成方法论以《实践论》为哲学基础; ②指明开放复杂巨系统学建立途径; ③开放复杂巨系统理论是对马克思主义哲学的深化; ④开放复杂巨系统理论是系统科学的重大突破, 是以人为主的科学思想, 形成对思维科学的宏观构想。

4.3 应用深化阶段: 2001~2004 年

Internet 的发展与知识经济时代的到来, 不仅为此阶段的综合集成研究提供了技术支持, 同时促进了综合集成方法深入实际应用。在此阶段, 借助于计算机科学、管理科学、社会网络分析等多学科研究方法, 综合集成方法及综合集成研讨厅实践平台与工具的研发成为现实。同时, 在前述发展阶段开展关键性概念阐释及哲学贡献探讨的基础上, 此阶段的研究转向对综合集成概念间关系及哲学贡献和反思的研究。代表性成果分析如表 5 所示。

此阶段的首要贡献是对综合集成研讨厅的设计和实现, 戴汝为、操龙兵、崔霞为代表性作者。鉴于 Internet 系统具有的开放性、复杂性、自组织性、巨量性属性^[25], 该系统开始被纳入开放复杂巨系统理论及其方法论的研究对象, 这不仅为开放复杂巨系统提供了新的实例, 而且为综合集成方法开辟了新的应用场景。Internet 提供的技术和平台带来的重要转变在于, 综合集成研讨厅发展为基于 Cyberspace 的综合集成研讨厅, 使得集成对象及范围大为

扩展。

在此基础上, 首先关注的是研讨厅的技术实现问题, 借助智能信息 Agent 技术、Internet 技术, 经对实体、资源与功能的设计与实现, 先后形成了基于智能信息主体^[26]、基于分布式网络^[27]的研讨厅体系架构, 自主性、适应性、分布性、人机协作是其主要特点。随后的焦点则转向对研讨厅体系规范、研讨方式、研讨流程等的研究^[28], 管理学、语言学、图论、运筹学等多学科理论和研究方法得以引入, 尤其突出了对专家体系研讨组织方法^[29]、群体智慧涌现过程的关注^[30]。以上由聚焦技术架构到专家组织及思维过程的转变原因在于: 第一, 综合集成方法强调以人为主、人机结合, 这不仅是综合集成方法对复杂性研究的根本贡献, 同时也是此阶段所探讨的综合集成与决策及决策支持系统研究的根本区别^[31], 即人是综合集成研讨厅的主导要素; 第二, Internet 发展、全球化、科学发展观、知识经济等背景本身与社会系统密切相关, 而人是其中的重要组成; 第三, Internet 的发展使研讨厅的参与者由专家扩展到

大众,因而其设计与研发将人视为系统的组成部分,并尤其关注对组织规范与群体智慧的研究。

表5 2001~2004年综合集成方法的应用深化研究

时间	背景	主题	研究方法及工具	关键性结论
2001 2002 2003 2004	Internet 形成发展, Agent 技术发展, 科学发展观, 西部大开发, 全球化, 可持续发展, 综合集成理论技术研究具体化为决策支持系统研究存在局限。	探讨 Internet 的开放复杂巨系统特征, 综合集成研讨厅软件体系研究, 探讨群体组织方法及群体智慧涌现过程, 探究综合集成理论与决策的区别。	系统学, Agent 封装方法, 基于 Internet 构建研讨厅, 链接结构分析、有向图、学习型组织、对话、修辞结构和围绕中心分级组织理论、层次分析法、信息协作推荐系统	①Internet 是开放的复杂巨系统, 是以人为主的研讨体系, 该系统的研究方法是从定性到定量的综合集成法, ②基于智能信息主体、基于分布式网络、基于 Cyberspace 的综合集成研讨厅体系架构, ③研讨厅关键要素, ④群体智慧涌现模型, ⑤专家群体互动过程规范, ⑥综合集成研讨厅是决策支持系统的高级形式与发展趋势。
2002 2003 2004	信息技术发展, 知识经济时代, 国际上开展的综合集成相关研究, 知识科学的发展。	综合集成方法研究和实践进展, 宏观经济决策综合集成研讨厅, 人机结合综合集成系统建模, 知识科学发展分析。	文献研究、模型集成、意见综合模拟试验、综合集成系统重构、研讨厅框架设计、电子公共大脑、群体研讨环境、PathMaker、定量建模、因果分析、力场分析、预测试验、图论	①综合集成广泛应用, 被学术界和产业界关注, ②模型集成 3 种方法, ③意见综合—达成共识的 MDTMC 系统, ④宏观经济系统模拟试验, ⑤综合集成系统重构, ⑥电子公共大脑, ⑦重大项目中综合集成研讨厅框架、会议模板、工作过程, ⑧宏观经济系统综合集成六种建模策略, ⑧综合集成研讨厅被视为知识创造场, 提出综合集成知识系统。
2001 2002 2004	信息技术发展, 科教兴国战略, 综合集成方法论在应用上取得进展, 理论与方法创新。	现代科学技术体系与综合集成方法论的实践性, 科学方法论视角下综合集成方法论的实现和应用, 综合集成法与总体设计部的关系。	文献研究(报纸、报告、期刊论文、专著、论文集)、案例研究	①综合集成方法论为现代科学知识体系及社会系统工程提供科学方法论, ②综合集成方法论实现了信息、知识、智慧的综合集成, 其应用包括定性综合集成、定性与定量综合集成、从定性到定量综合集成, ③综合集成方法论在社会经济系统、宏观经济决策中应用, 可为系统科学、软科学、管理科学、复杂性科学提供方法论支持, ④总体部是运用综合集成方法的研究与应用实体。
2003 2004	复杂性科学是否可认识, 综合集成方法体系完善。	综合集成法对《实践论》、唯物辩证法的深化以及反思。	文献研究(论文、书信、讲话分析)、哲学方法	①综合集成法是《实践论》的具体化和发展, ②综合集成法是对唯物辩证法的丰富和深化。

第二项研究成果是对国际上与综合集成相关研究的调查与融合, 以顾基发、唐锡晋为代表性作者。与我国开展的综合集成研究类似, 对日本、美国、欧盟、澳大利亚、俄罗斯开展的工程实践、社会管理、企业管理方面的调查表明: 国际上各领域复杂问题的研究均在走向综合集成^[32], 具体如表 6 所示。再者, 从决策支持系统的角度出发, 其架构中的数据—模型—知识—界面均在走向综合集

成^[33]。尤其是知识科学中 SECI 模型的提出, 使得综合集成与知识科学得以相互促进^[34]。一方面, 知识创造场、综合集成知识系统成为对综合集成研讨厅的重新解读; 另一方面, 我国学者同样提出用综合集成改造知识科学, 形成综合集成知识科学。这些研究表明, 综合集成方法研究的开放性增强, 不再从与相关理论的对立中寻求发展意义, 转而在与相关研究的借鉴与融合过程中相互促进发展。

表 6 国外综合集成相关研究

国家	行业	部门	内容	说明
日本	工业	日本科技振兴会(JSPS)	“未来开拓学术研究”	运用本体工程对工业生产和设计中知识的综合过程。
	自动化	京都产业大学教授、现代自动控制专家堪木义一	Shinayakana 系统方法	复杂系统建模, 融合定量模型与专家知识和专家判断。
	环境	日本北陆先端科技大学院大学, 中森羲辉	i-system 方法	定性调查研究和处理分析、模型与知识的集成。
美国	航天	美国宇航局(NASA)	概率风险评估(PRA)	评估大型复杂系统安全性的方法论, 集成了定性方法、定量方法和专家经验。
	国家安全与反恐	美国 Sandia 国家实验室	先端概念小组及反恐工具包	通过研制反恐工具包, 实现合作问题求解。
欧盟	公共管理	欧盟 DES-RES 核项目	应急、危机管理 ENSEMBLE 项目	研究发生核泄漏、核废料问题的应急对策。
澳大利亚	信息技术	埃迪斯科文大学, Zhang M J; 新英格兰大学, Zhang C Q	分布式专家系统(DES)综合	分布式专家系统的综合情况、方法论和综合策略。
俄罗斯	社会管理、企业管理	综合集成公司(Metasyntesis Corporation)	组织控制系统的概念与设计方法	用于解决社会和企业管理中的问题。
美国, 澳大利亚	卫生	美国国家护理研究所; 北卡罗莱纳大学教堂山分校; 南澳大利亚大学, Carolyn Emden	全面研究综合	定性综合集成的解析方法。

此阶段中国的本土化研究主要聚焦于模型集成与意见综合两项内容^[35]。对于前者, 形成从上到下、以下到上、系统方法三种方法, SWARM 及 multi-agent 系统是其实现平台。对于后者则形成基于研讨厅的 DMTMC (Data-Meeting-Tool-Method(Model)-Consensus) 系统, 通过会议中的数据、会议工具、分析方法和共识方法达成共识。更进一步, 综合集成方法的工作流程被明确划分为同步 I、异步、同步 II 三个阶段, 并在典型工具电子公共大脑(ECB)和群体研讨环境(GAE)的支持下最终实现群体意见综合^[36]。与对群体思维过程模型的揭示不同, 该项研究聚焦于为群体发散型及收敛型思考提供过程和工具支持。

对综合集成方法应用性的探讨是第三项研究内容, 以于景元为代表。具体而言, 本部分开始对继承发展阶段提出的现代科学技术体系、总体设计部与综合集成方法间的关系展开探讨。其一, 综合集成方法为现代科学技术体系理论研究提供了方法论和认识论指导, 不仅在复杂社会实践中发挥指导作用, 而且提供了认识处理问题的方法^[37]; 其二, 总体设计部被视为综合集成方法的研究和应用实

体, 是适应现代科学技术发展及社会系统实践的需求而产生的^[38]。此外, 基于信息、知识、智慧综合集成视角, 此部分研究区分了综合集成方法的应用包含定性、定性定量相结合、从定性到定量综合集成三个过程^[39], 尤其是定性综合集成成为下一阶段探讨的关键性问题。这些研究在探讨概念间关系的基础上, 从应用领域、应用主体、应用过程三个方面突出对综合集成应用性的关注。

第四是对综合集成方法的哲学思考走向深化, 以苗东升、冯国瑞为代表。此部分研究着重细化对其哲学贡献的探讨, 包括: 一是探讨对《实践论》的贡献, 综合集成方法从定性、定量认识的视角重新审视了认识发展过程^[40]; 二是探讨对唯物辩证法的贡献, 具体体现在科学方法、认识方法、运行机制与认识实践方面^[41]。与此同时, 这些研究贡献同样引发对综合集成方法的初步反思, 即综合集成方法与认识过程并非一一对应, 但对专家经验整合及建模理论与方法的批判则缺乏对同时期其他学术团体研究成果的参考及反思。

总体而言, 此阶段对综合集成研究的探讨走向深化。综合集成研讨厅的设计研发成为现实, 同时突出对群体

思维过程、群体思考支持的关注,对前述发展阶段提及的概念间关系及哲学贡献的阐释深化了对综合集成方法的理解与认知。

4.4 成熟推进阶段:2005~2010年

数字城市、web 2.0 及创新的时代背景推进综合集成研究走向成熟,主要表现在综合集成新概念提出及新工具

研发,如综合集成研讨厅人工社会进一步突出了对人的社会性的关注,CorMap 和 iView 两项定性综合集成工具展现了群体思考过程。与此同时,对综合集成的研究进入总结与批判阶段,综合集成体系虽然形成,但开放复杂巨系统及综合集成方法仍存在理论逻辑及辩证发展方面的局限。此阶段的代表性研究分析如表 7 所示。

表 7 2005~2010 年综合集成方法的成熟推进研究

时间	背景	主题	研究方法	关键结论
2005 2006 2009	经济全球化、全球信息化、数字城市,综合集成研讨厅系统应用,工程创新研究兴起,创新驱动经济增长,提高自主创新能力,创新型国家。	数字城市的特征,从智能系统角度设计以人为中心的综合集成研讨厅人工社会,综合集成工程创新。	文献研究、案例研究、人工设计人机结合综合集成研讨厅人工社会、知识研究方法、社会智能	①数字城市是开放的复杂巨系统,可应用综合集成方法论,②专家和网络计算机构成以人为中心的综合集成研讨厅人工社会,提出人机结合以人为中心的多智慧体系统逻辑设计框架,③综合集成与科学创新方法论研究相通,社会智能涌现,工程创新可应用综合集成法及信息空间综合集成研讨体系。
2005 2007 2008 2009 2010	综合集成广泛应用,Web 2.0 的发展,数据挖掘、文本挖掘、web 挖掘、模型挖掘、心理挖掘在综合集成中的应用,Science 2.0 提出,社会变革与发展带来问题。	国内外综合集成的应用,GAE 在社会性议题的网络应用,专家挖掘,综合集成发现研讨、会议挖掘,定性综合集成支持技术。	案例研究,网络对比实验法,意见综合集成方法,专家挖掘,统计计算、信息论、图论、社会网络分析、复杂网络等	①综合集成在工程系统及自然科学中广泛应用,②GAE 支持意见生成和知识创造,可展示参与者思考动态演进过程,③专家挖掘是综合集成方法实现的方法和工具,④综合集成发现研讨——在线会场支持科学知识发现,⑤CorMap 分析形成作者/关键词、文本/关键词对应关系,提炼群体思考结构及演化过程,iView 分析形成关键词、人际、发言网络,描述群体思考过程,两种方法基于文本计算,以可视化输出促进人机交互。
2005 2011	科学发展观、国家创新体系建设,创新型国家。	综合集成体系,从系统学角度梳理综合集成发展过程。	文献研究(专著、期刊论文、书信、报告)	①从系统学角度讨论综合集成方法、理论与技术、工程的发展;②综合集成体系发展了现代科学技术体系,推动了现代社会实践。
2005 2010	对开放的复杂巨系统理论及综合集成方法论的总结与批判。	开放复杂巨系统理论及方法的合理性和贡献,与《实践论》的关系。	文献研究(期刊论文、书信、专著)、哲学方法	①开放复杂巨系统理论和从定性到定量综合集成法需要完善,其理论体系尚未建立;②该理论及方法论以《实践论》为基础,并发展了《实践论》。

本阶段首要贡献是综合集成方法应用领域扩展及新理论提出,以戴汝为、崔霞为代表性作者。在开放复杂巨系统研究方面,一是数字城市成为新的实例^[42],综合集成方法应用场景随即扩展至数字城市建设和城市管理领域^[43];二是综合集成研讨厅人工社会被定义为开放复杂巨系统的并行系统,是以人为中心、人机结合的人工设计智能系统^[44]。与前述对研讨厅组织规范及群体智慧探讨的研究类似,此阶段进一步突出了对人的社会性的关注,

如综合集成研讨厅人工社会的设计、社会智能概念的提出^[45]。究其原因,一是信息技术发展,人与信息系统得以共存,对综合集成研讨厅人工社会中人和网络计算机属性的探讨成为关键,尤其是复杂问题求解涉及人与人之间、人与机器之间、机器之间的有效组织、交互和协作;二是创新成为时代主题,而人尤其是团体、群体协作是创新的首要因素,即人类智能本质是一种社会性智能^[46]。

其次是对定性综合集成工具的研发和应用,以顾基

发、唐锡晋为代表性作者。Web 2.0 理念和技术的兴起, 为综合集成研究提供了新的方法和工具支持, 其特点在于以专家群体为主导。首要表现在于 GAE 得以在社会性问题求解中应用, 其中尤其突出了对意见生成和知识创造过程的关注^[47]。再者, 综合集成方法通过专家挖掘方法实现了群体意见综合及思考过程展示^[48]。在此基础上, 此阶段基于 GAE 形成 CorMap 和 iView 两项定性综合集成工具, 通过作者、文本、关键词间的关系细化了对群体思考过程的展示^[49-53], 并且实现了综合集成方法从自然科学、工程系统中应用^[54] 向在社会性问题中应用的转变。

再次, 是对综合集成研究的总结, 以于景元提出钱学森综合集成体系为代表。综合集成方法、现代科学技术体系与总体设计部在本阶段被概括至方法——技术——工程体系中, 这在方法论层面体现了还原论和整体论的融合, 在理论研究层面呈现综合性、整体化的发展趋势, 在技术及工程中则形成复杂巨系统工程及实体领导部门^[55]。与此同时, 在新的时代背景下, 综合集成体系开始向落实科学发展观、促进科学创新技术创新和应用创新领域中扩展, 以解决人文社会中的发展与创新问题^[56]。

最后是哲学领域对该理论和方法论的批判反思进一步深入, 以冯国瑞、苗东升为代表。代表性观点可分为两

类, 一类是从理论逻辑出发, 提出现代科学技术体系划分不尽合理, 在工程技术、技术科学及基础科学划分层面存在混乱^[57]; 另一类是从辩证法视角出发, 认为综合集成方法对《实践论》《矛盾论》、主体能动性等的理论阐释、结合方法及相互关系的探讨仍有待完善, 至此阶段, 开放复杂巨系统理论的运作机制和行为规范并未明确^[58, 59]。这些思考表明, 虽然早期对综合集成方法的分析形成零散化的哲学贡献, 但对二者间相关关系的探讨仍需延伸至综合集成方法本质内容层面, 这是推动综合集成理论及实践发展的关键。

总体而言, 在 Web 2.0 及创新的时代背景下, 此阶段的研究进一步突显对人的社会性的关注, 工具研发则主要聚焦于定性综合集成技术, 虽然针对综合集成的研究基本完备, 但哲学视角分析评判的结果表明, 综合集成体系的基本问题仍有待明确。

4.5 创新升华阶段: 2011 年至今

自 2011 年起, 智慧地球、智慧城市、创新 2.0 成为新的时代背景, 综合集成方法在此阶段向新的应用领域扩展, 在理论创新方面形成新的表现形式, 并以顾基发为代表性学者。表 8 是其中的代表性研究分析。

表 8 2011 年至今综合集成方法的理论升华研究

时间	背景	主题	研究方法	关键结论
2012 2013 2015	从关注知识数量到关注知识质量, 智慧一词受到关注, 智慧地球、智慧城市、大数据的发展, 创新 2.0, 创新型国家、提升自主创新能力, 协同创新成为新型创新模式。	数据、信息、知识、智慧与大成智慧, 协同创新、综合集成、大成智慧。	哲学、信息科学、知识管理、案例分析	①大成智慧在 21 世纪将发挥重要作用, 智慧城市的发展需要综合集成方法指导, ②综合集成、大成智慧新的发展表现为协同创新。

此阶段的首要议题是对大成智慧的重新关注, 尤其是智慧地球、智慧城市的提出, 引发学者对“智慧”一词的思考, 在此意义上, 钱学森先生于理论奠基阶段提出的“大成智慧”得以被重新关注。与哲学、信息科学、知识科学、知识管理等学科中对“智慧”一词的定义相比, 大成智慧主要用于求解开放复杂巨系统问题, 是获得群体智慧的一种方法^[60]。在此阶段, 因智慧地球、智慧城市与技术、政治、经济和环境要素的密切相关性^[61], 综合集成、大成智慧成为此类开放的复杂巨系统求解的方法指导, 基于大成智慧推进智慧城市的探索与实践在此阶段取得新的进展和成效^[62]。

与此同时, 此阶段还特别突出了对创新的关注, 尤其是创新 2.0 的提出, 多元主体协同创新成为综合集成、大成智慧理论创新的新发展^[63]。就二者关系而言, 协同创新与综合集成的工作步骤存在相似之处, 尤其是面向创新

2.0 的大成智慧工程突出通过以人的联网、物的联网、思想的联网实现专家、计算机、数据体系的综合集成^[64], 这在管理要素层面表现为业务、文件、知识的综合集成^[65], 在系统层面则形成业务管理系统、文件管理系统、知识管理系统的集成管理系统^[66]。

总体而言, 本阶段综合集成方法研究走向了升华阶段, 以综合集成、大成智慧在智慧地球、智慧城市等场景中新的应用为代表, 并以协同创新为其新的理论表现形式, 综合集成的范围、对象、层次、技术均在扩展和深化。

5 结论

鉴于早期对于开放复杂巨系统及综合集成方法的梳理局限于关键性成果, 缺乏对整体研究框架的呈现, 同时由于综合集成方法在智慧城市、创新 2.0 的时代背景下有了新的应用场景和理论创新。由此, 本研究通过对核心

作者代表性文献的系统梳理,旨在揭示该项理论和方法的演进规律,如图1所示。

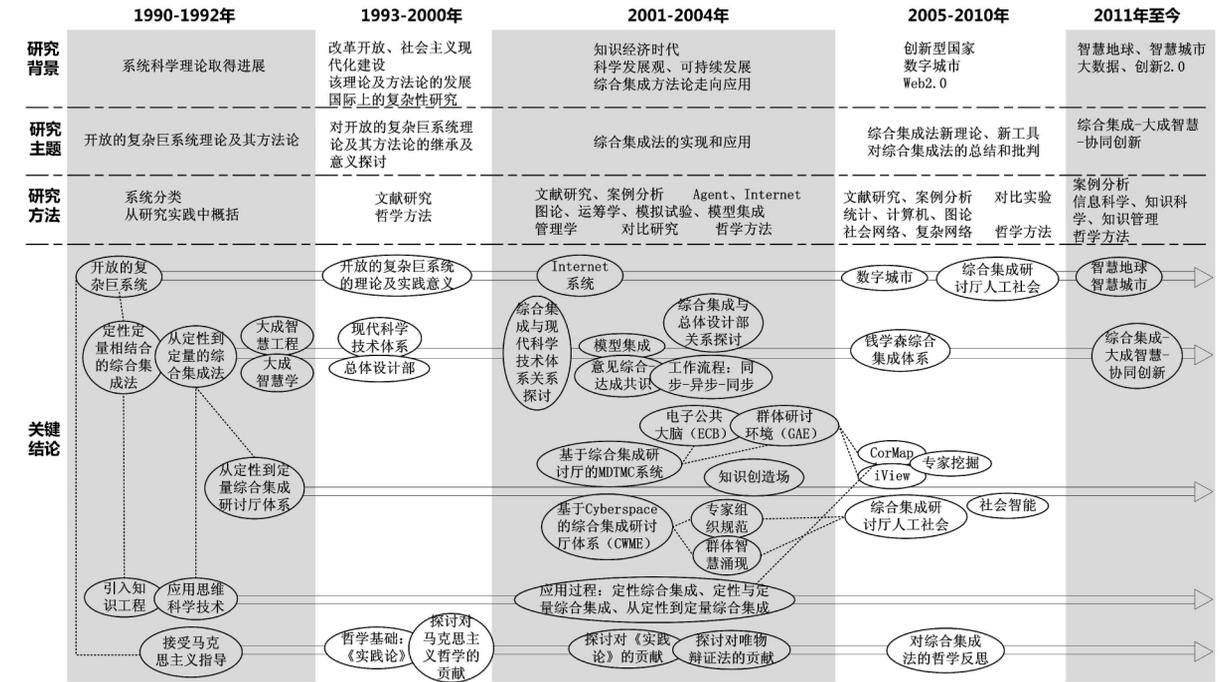


图1 开放的复杂巨系统与综合集成方法研究演进

第一,时间分析的结果表明,开放的复杂巨系统与综合集成方法的研究历程大致可划分为五个发展阶段,自1990年正式提出,此后针对该议题的研究文献不断增长,其研究成果在2001~2004年间达到顶峰,随后于2005~2010年走向成熟,现阶段则呈现新的应用场景及理论创新。

第二,背景分析的结果表明,开放的复杂巨系统与综合集成方法论产生于我国系统工程实践,自产生后同样被应用于解决社会实践中的开放复杂巨系统问题。在发展历程中,国家重大发展政策始终是该理论及方法论发展的指引,即其研究背景由辅助政治决策扩展至技术、经济、工程、社会多个领域,体现了综合集成方法在支持专家国家决策的同时扩展至数字城市、智慧城市建设等与普通大众生活息息相关的领域,先后呈现出对信息技术、知识、智慧、创新的关注,表明社会实践是推动开放复杂巨系统理论及综合集成方法研究的动因和场景。

第三,主题分析的结果表明,该项研究先后围绕主要概念提出、研究意义探讨、方法实现及应用、研究总结与批判及理论创新展开。早期研究焦点集中于开放复杂巨系统的理论研究,后期则专注于综合集成方法的技术实现和实践应用研究,从关注理论提出及意义到对理论的总结批判及创新。

第四,研究方法分析的结果表明,综合集成方法研究

具有跨学科属性。具体而言,该理论及方法论的早期研究以系统学方法及文献研究方法为主,旨在形成对综合集成方法理论层面的科学认识。随后逐步引入并应用多学科研究方法如框架设计、模拟实验、信息整合类方法,在实践中深化并扩展了综合集成的理论创新。但跨学科研究方法的应用同样表明综合集成理论本身缺乏独立、成熟的研究方法。

第五,结论分析的结果表明,开放复杂巨系统与综合集成法的研究围绕开放的复杂巨系统、综合集成理论、综合集成研讨厅、综合集成与思维科学、开放复杂巨系统及综合集成方法的哲学思考五个方面展开。早期研究呈现一体化趋势,随后各部分研究内容间的差异化日益凸显,先后突出对技术体系、人、群体智慧的关注。虽然研究内容差异化研究走向深入及理论发展为实践提供了机会,同时各项研究的推进使得钱学森先生最初提出的开放复杂巨系统的求解及综合集成方法的设想变为现实。但在同一发展阶段内,不同研究主题间尚且缺乏相互之间的借鉴和参考,即各项研究内容并非同步发展;即使是针对同一研究主题,不同研究团队间也并未开展合作研究。

综上所述,本文对综合集成方法研究的贡献在于,按照时间顺序系统梳理了核心作者代表性文献的研究背景、主题、方法和结论,明确了中国学派对世界复杂性问题研究的贡献,揭示了开放复杂巨系统与综合集成方法近30

年发展的演进规律, 指出其发展动力、主题变迁、学科属性及演进过程, 有助于明晰其未来发展方向, 并促进综合集成方法理论可持续创新及协同发展。

参考文献:

- [1] 黄欣荣. 复杂性科学的方法论研究[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2006.
- [2] Castellani B. Map of the complexity sciences[EB/OL] [2018-04-11]. http://www.art-sciencefactory.com/complexity-map_feb09.html.
- [3] 钱学森, 于景元, 戴汝为. 一个科学新领域——开放的复杂巨系统及其方法论[J]. 自然杂志, 1990, (1): 3~10+64.
- [4] 唐锡晋. 对综合集成研究发展的认识和相关研究[J]. 军事运筹与系统工程, 2003, (3): 2~5.
- [5] 卢明森. “从定性到定量综合集成法”的形成与发展献给钱学森院士 93 寿辰[J]. 中国工程科学, 2005, 7(1): 9~16.
- [6] 韩雁飞, 江敬灼. 综合集成理论技术发展分析[J]. 军事运筹与系统工程, 2006, 20(1): 3~7.
- [7] 戴汝为. 从定性到定量的综合集成法的形成与现代发展[J]. 自然杂志, 2009, 31(6): 311~314.
- [8] 赵刚. 网络环境下综合集成研讨厅的发展[J]. 太原大学学报, 2008, 9(4): 136~138.
- [9] 张永进等. 综合集成研讨厅平台的研究思路及发展趋势[J]. 科技进步与对策, 2009, 26(7): 154~157.
- [10] 刘士朋. 综合集成研讨厅综述[J]. 科技与企业, 2012, (5): 280~280.
- [11] Vom Brocke J, et al. Reconstructing the giant: On the importance of rigour in documenting the literature search process [C]//ECIS. 2009, 9: 2206~2217.
- [12] Creswell J W. Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches[M]. Sage Publications, 2013.
- [13] Walsh D, Downe S. Meta-synthesis method for qualitative research: A literature review[J]. Journal of Advanced Nursing, 2005, 50(2): 204~211.
- [14] 邱均平. 信息计量学[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2007: 192~195.
- [15] Carnwell R, Daly W. Strategies for the construction of a critical review of the literature[J]. Nurse Education in Practice, 2001, 1(2): 57~63.
- [16] 钱学森, 于景元, 戴汝为. 一个科学新领域——开放的复杂巨系统及其方法论[J]. 自然杂志, 1990, (1): 3~10+64.
- [17] 钱学森. 再谈开放的复杂巨系统[J]. 模式识别与人工智能, 1991, 4(1): 1~4.
- [18] 于景元. 从定性到定量综合集成方法及其应用[J]. 中国软科学, 1993, (5): 31~35.
- [19] 于景元. 开放的复杂巨系统的方法论——从定性到定量综合集成方法[C]//《控制与决策》编委会, 中国航空学会自动控制分会, 中国自动化学会应用专业委员会, 中国运筹学会决策理论及应用专业委员会. 1997 中国控制与决策学术年会论文集, 1997: 33~37.
- [20] 戴汝为, 沙飞. 复杂性研究综述: 概念及研究方法[J]. 自然杂志, 1995, 17(2): 73~78.
- [21] 戴汝为. 开放的复杂巨系统的若干问题[C]//中国科学技术协会. 科技进步与学科发展——“科学技术面向新世纪”学术年会论文集, 1998: 388~395.
- [22] 苗东升. 开放复杂巨系统研究的方法论[J]. 中国软科学, 1995, (4): 91~93.
- [23] 冯国瑞. 系统园地绽奇葩——《开放的复杂巨系统》述评[J]. 中国软科学, 1999, (3): 89~95.
- [24] 冯国瑞. 开放复杂巨系统研究的哲学思考[J]. 中国软科学, 1997, (7): 85~89.
- [25] 戴汝为, 操龙兵. Internet——一个开放的复杂巨系统[J]. 中国科学 E 辑: 技术科学, 2003, (4): 289~296.
- [26] 操龙兵, 戴汝为. 综合集成研讨厅的软件体系结构[J]. 软件学报, 2002, 13(8): 1430~1435.
- [27] 操龙兵, 戴汝为. 基于 Internet 的综合集成研讨厅系统体系结构研究[J]. 计算机科学, 2002, 29(6): 63~66.
- [28] 戴汝为, 操龙兵. 综合集成研讨厅的研制[J]. 管理科学学报, 2002, 5(3): 10~16.
- [29] 戴汝为, 李耀东. 基于综合集成的研讨厅体系与系统复杂性[J]. 复杂系统与复杂性科学, 2004, 1(4): 1~24.
- [30] 崔霞, 戴汝为, 李耀东. 群体智慧在综合集成研讨厅体系中的涌现[J]. 系统仿真学报, 2003, 15(1): 146~153.
- [31] 操龙兵, 戴汝为. 综合集成与决策[J]. 计算机研究与发展, 2003, (4): 531~537.
- [32] Gu J, Tang X. Some developments in the studies of meta-synthesis system approach[J]. Journal of Systems Science and Systems Engineering, 2003, 12(2): 171~189.
- [33] 唐锡晋. 对综合集成研究发展的认识和相关研究[J]. 军事运筹与系统工程, 2003, (3): 2~5.
- [34] 顾基发, 唐锡晋. 综合集成与知识科学[J]. 系统工

- 程理论与实践,2002,(10):2~7.
- [35] 顾基发,唐锡晋.有关综合集成研究的若干进展[C]//中国系统工程学会年会,2002.
- [36] 顾基发,唐锡晋.综合集成系统建模[J].复杂系统与复杂性科学,2004,1(2):32~42.
- [37] 于景元.钱学森的现代科学技术体系与综合集成方法论[J].中国工程科学,2001,3(11):267~275.
- [38] 于景元,周晓纪.综合集成方法与总体设计部[J].复杂系统与复杂性科学,2004,1(1):20~26.
- [39] 于景元,周晓纪.从定性到定量综合集成方法的实现和应用[J].系统工程理论与实践,2002,22(10):26~32.
- [40] 苗东升.综合集成法的认识论基础[J].系统科学学报,2003,11(1):37~42.
- [41] 冯国瑞.从定性到定量综合集成方法与唯物辩证法[J].西安交通大学学报(社会科学版),2004,24(4):58~66.
- [42] 戴汝为.数字城市——一类开放的复杂巨系统[J].中国工程科学,2005,7(8):18~21.
- [43] 宋刚,唐蕾.现代城市及其管理——一类开放的复杂巨系统[J].城市发展研究,2007,(2):66~70.
- [44] 崔霞,戴汝为.以人为中心的综合集成研讨厅体系——人工社会(一)[J].复杂系统与复杂性科学,2006,(2):1~8.
- [45] 崔霞,戴汝为.以人为中心的综合集成研讨厅体系——人工社会(二)[J].复杂系统与复杂性科学,2006,3(2):9~20.
- [46] 戴汝为.基于综合集成法的工程创新[J].工程研究—跨学科视野中的工程,2009,1(1):46~50.
- [47] Tang X J, Liu Y J. Group argumentation and its analysis on a highlighted social event—Practice of qualitative meta—synthesis[J]. Systems Engineering—Theory & Practice,2007,27(3):42~49.
- [48] Gu J, Song W, Zhu Z. Meta—synthesis and expert mining [C]//IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics,2009:467~471.
- [49] Tang X. Enabling a meta—synthetic discovery workshop for social consensus process [C]//Ieee/wic/acm International Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology. IEEE Computer Society,2008:436~441.
- [50] Tang X. Qualitative meta—synthesis techniques for analysis of public opinions for in—depth study [C]//International conference on complex sciences. Berlin, Heidelberg:Springer,2009:2338~2353.
- [51] Tang X. Technologies for qualitative meta—synthesis of community consensus [C]//Systems, Man and Cybernetics, 2009 IEEE International Conference on,2009:4657~4662.
- [52] 唐锡晋.两个定性综合集成支持技术[J].系统工程理论与实践,2010,30(9):1593~1606.
- [53] Tang X. Comprehending meta—synthesis system approach in terms of DSS, soft OR and knowledge creation [C]//Systems, Man and Cybernetics, 2010 IEEE International Conference on,2010:990~997.
- [54] 顾基发,唐锡晋.综合集成方法的理论及应用[J].系统科学学报,2005,13(4):1~7.
- [55] 于景元.钱学森综合集成体系[J].西安交通大学学报(社会科学版),2006,26(6):40~47.
- [56] 于景元.创建系统学——开创复杂巨系统的科学与技术[J].上海理工大学学报,2011,33(6):548~561.
- [57] 苗东升.开放复杂巨系统理论:科学性、研究现状和存在问题[J].河北师范大学学报(哲学社会科学版),2005,28(2):18~24.
- [58] 苗东升.钱学森与《实践论》——再谈复杂性科学的认识论[J].西安交通大学学报(社会科学版),2010,30(1):65~70.
- [59] 冯国瑞.开放复杂巨系统理论的哲学探索[J].北京行政学院学报,2005,(3):77~82.
- [60] Jifa G. From DIK to wisdom and meta—synthesis of wisdom [C]//Proceedings of the Data Mining and Intelligent Knowledge Management Workshop. ACM,2012:1~6.
- [61] Jifa G. Data, information, knowledge, wisdom and meta—synthesis of wisdom—comment on wisdom global and wisdom cities [J]. Procedia Computer Science,2013,17:713~719.
- [62] 宋刚,张楠,朱慧.城市管理复杂性与基于大数据的应对策略研究[J].城市发展研究,2014,21(8):95~102.
- [63] 顾基发.协同创新—综合集成—大成智慧[J].系统工程学报,2015,2:145~152.
- [64] 宋刚,朱慧,童云海.钱学森大成智慧理论视角下的创新 2.0 和智慧城市[J].办公自动化,2014,(17):7~13.
- [65] An X, Chao L, Ye L. An Integration management system for managing business continuity, records and knowledge [C]//Information Technology and Applications (IFITA), 2010 International Forum on, IEEE,2010,2:398~402.

- [66] An X, Wang W. The integrated use of business continuity management systems, records management systems and knowledge management systems [C]//Management and Service Science (MASS), 2010 International Conference on. IEEE,2010:1~4.

Origins and Evolution of Meta—synthesis Approach

AN Xiao—mi^{1,2,3}, MA Guang—hui¹, SONG Gang⁴

(1.School of Information Resource Management, Renmin University of China, Beijing 100872, China;

2.Key Laboratory of Data Engineering and Knowledge Engineering(Renmin University of China), Beijing 100872, China;

3.Smart City Research Centre(Renmin University of China), Beijing 100872, China;

4.Institute of Remote Sensing and GIS, Peking University, Beijing 100871, China)

Abstract: To explore the evolution and development patterns of Meta—synthesis Approach, this study conducts comprehensive analysis of time, background, theme, methodology and conclusion based on systematic review of literature. Findings from this paper reveal that, the development of over 30 years' history of the Meta—synthesis Approach can be divided into 5 stages of theoretical foundations, inheritance and development, application deepening, maturity promotion as well as innovation and sublimation. Furthermore, existing achievements indicate that, social practice is the driving force, the development has gone through the path from theory exploration to practical application, the whole procedure has the features of cross—discipline, and trends from unification to differentiation have been elaborated in this paper.

Key words: Open Complex Giant Systems; Meta—synthesis; Hall for Workshop of Meta—synthetic Engineering; Knowledge Engineering; Noetic Science; Philosophy; Collaborative Innovation