

doi: 10.7690/bgzd.2023.09.020

基于文献计量和内容分析的装备体系贡献研究综述

黄东京, 梁新

(海军工程大学管理工程与装备经济系, 武汉 430033)

摘要: 为全面客观地展现装备体系贡献的研究现状, 综合运用文献计量法与内容分析法, 对发文趋势和重点期刊进行描述性统计。分析核心作者、机构及其合作网络, 应用 2 维分析框架开展实验式内容解读, 通过关键词聚类与突现词检测探究知识基础与前沿热点。研究结果表明: 作者合作网络比较分散, 机构合作网络相对集中, 数据来源以仿真试验和示例假定为主, 研究方法以定量模型居多, 微观层面的应用研究是当前的主流视角, 装备体系贡献的研究重点呈现出“作战能力—作战效能—贡献率—体系结构”的演化路径。

关键词: 装备体系贡献; 文献计量; 内容分析; 2 维分析框架; 聚类分析; 突现分析

中图分类号: TJ01; E917 **文献标志码:** A

Literature Review on Contribution of Equipment System Based on Bibliometrics and Content Analysis

Huang Dongjing, Liang Xin

(Department of Management and Equipment Economy, Naval University of Engineering, Wuhan 430033, China)

Abstract: In order to present the research status of equipment system contribution comprehensively and objectively, the bibliometric method and content analysis method are used to make descriptive statistics on the publication trend and key journals. Based on the analysis of core authors, institutions and their collaboration networks, the experimental content interpretation was carried out by using the two-dimensional analysis framework, and the knowledge base and frontier hot spots were explored through keyword clustering and emergent word detection. The results show that the author's cooperation network is relatively scattered, the organization's cooperation network is relatively concentrated, the data sources are mainly simulation tests and example assumptions, the research methods are mainly quantitative models, the micro-level application research is the current mainstream perspective, and the research focus of equipment system contribution presents an evolutionary path of "combat capability-combat effectiveness-contribution rate-system structure".

Keywords: system contribution of equipment; bibliometrics; content analysis; two-dimensional analysis framework; cluster analysis; emergent analysis

0 引言

武器装备服务于军事斗争, 装备设计和规划必须与时俱进。信息化时代下, 全方位、多领域、多层次的体系对抗已成为现代高技术战争的主要特征。“装备体系贡献”作为我军独创的军事概念, 近年来已成为武器装备体系研究领域的热点选题。

目前关于“装备体系贡献”的综述, 以定性的演绎归纳方法居多, 不同学者的视角和观点各异, 受主观因素影响较大, 呈现出碎片化的特点。如罗承昆等^[1]将装备体系贡献率分为结构贡献率、能力贡献率和效能贡献率 3 个维度, 杨克巍等^[2]认为作战环和复杂网络是最适宜评估体系贡献的方法, 杜敏等^[3]则总结了装备体系贡献率评估需求研究现状。近 5 年来, 王涛等^[4]运用文献计量工具, 分析了装备体系贡献率评估方法和“作战环”建模的前

沿热点, 但文献样本仅限于 2006—2017 年, 缺乏对文献计量特征的整体性和系统性把握, 对文献内容的挖掘深度和广度也显得不足。笔者将文献计量与内容分析相结合, 旨在全景式地梳理“装备体系贡献”相关文献的计量特征, 更深入地剖析该研究领域的重难点和发展趋势。

1 研究设计

1.1 研究对象

在科学网(web of science, WOS)数据库核心合集中, 选择 SCI 及 SSCI 引文索引, 文献类型选择论文和综述(articles & review articles), 时间跨度设置为截至 2021 年底, 以“TS=equipment system contribution OR TS=weapon* system contribution OR TS=armament system contribution”为检索式, 检索

收稿日期: 2023-05-05; 修回日期: 2023-06-05

基金项目: 基础加强计划技术领域基金项目资助(2019-JCJQ-JJ-043)

作者简介: 黄东京(1997—), 女, 湖南人, 硕士。

后得到 1 562 条记录。进一步分析发现, 这些文献主要涉及环境、能源、化学等领域, 与军事装备领域相去甚远, 仅有 7 篇文献与“装备体系贡献”直接相关, 且其中 6 篇的作者均来自中国 Du 等^[5-10]。

鉴于相关外文文献过少, 难以支撑大数据驱动的文献计量分析, 笔者选择中国知网 (CNKI) 数据库作为文献样本的来源。文献发表的截止日期设置为 2021 年底, 以“主题=装备体系贡献”为检索式, 经筛选和分类统计, 共得到 178 篇有效文献, 包括 112 篇期刊论文、51 篇硕博学位论文及 15 篇会议论文。其中核心期刊论文有 52 篇, 约占有效文献总数的 29.21%。

1.2 研究方法

笔者将定量分析与定性分析相结合, 以文献计量法为主、内容分析法为辅。文献计量法基于统计学原理, 侧重于展现文献表面的数量特征, 而内容分析法则更注重对文献内部文本信息的挖掘和推理。笔者首先基于 CNKI 的可视化分析, 对文献样本的基本计量特征进行描述性统计; 其次, 采用美国德雷塞尔大学陈超美博士^[11]开发的 CiteSpace5.8.R3 文献计量可视化软件, 分析主要作者和重点机构及其合作网络; 然后借鉴 W.G.Astley 和李丹等^[12-13]的 2 维分析框架以及 J.Koivisto 等^[14]的研究思路, 对文献样本的文本内容、数据来源和评估方法进行实验式分析; 最后, 利用 CiteSpace 对关键词进行共现、聚类 and 突现分析, 探究“装备体系贡献”的知识基础和研究前沿。

2 文献计量分析

2.1 发文趋势

发文量的规模大小和变化趋势可以反映出学术界对该研究领域的关注程度。如图 1 所示, 学位论文数量呈现波动起伏状态, 但变化幅度不大, 2015 年达到峰值 6 篇。期刊和会议论文数量则从 2008 年起连续产出, 2014 年起迅速增加, 2019 年达到峰值 23 篇。根据 CNKI 总发文量曲线, 可以将“装备体系贡献”研究发展划分为 4 个阶段: 2003—2007 年为萌芽阶段; 2008—2013 年为起步阶段; 2014—2019 年为快速发展阶段; 2020—2021 年为稳定发展阶段, 发文量略有下降, 但保持在 10 篇以上, 说明“装备体系贡献”仍是当前军事装备体系工程领域的研究热点。

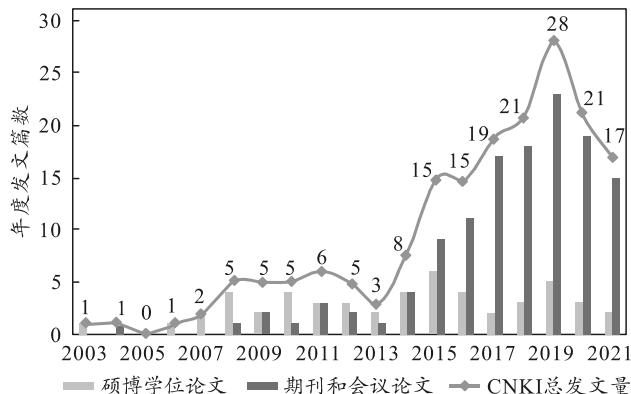


图 1 发文量统计

2.2 重点期刊

主要发文期刊如表 1 所示。

表 1 主要发文期刊

期刊	载文篇数	复合影响因子
系统工程与电子技术	12	1.570
火力与指挥控制	11	0.959
装备学院学报	9	2017 年停刊
指挥控制与仿真	8	0.955
军事运筹与系统工程	6	0.889
装甲兵工程学院学报	5	0.367
兵工学报	5	1.227
现代防御技术	5	0.710
兵工自动化	4	0.824
系统工程理论与实践	3	2.858
中国电子科学研究院学报	3	1.103
兵器装备工程学报	3	0.800
计算机仿真	3	0.757

期刊是文献传播的媒介, 发文量和影响因子是评价期刊传播影响力的重要指标。从载文篇数来看, 系统工程与电子技术、火力与指挥控制、装备学院学报、指挥控制与仿真、军事运筹与系统工程是主要阵地。根据复合影响因子排序, 质量较高的则是系统工程理论与实践、系统工程与电子技术、兵工学报、中国电子科学研究院学报、火力与指挥控制。可以看到, 系统工程与电子技术、火力与指挥控制在 2 个指标中都名列前茅, 可以说是“量大质优”。

2.3 合作网络

根据普赖斯定律, 核心作者的最低发文数量服从这一公式: $m \approx 0.749 \sqrt{n_{max}}$, 其中 n_{max} 为所有作者发文量的最大值, 在本研究中, $n=8$, 计算可得 $m \approx 2.12$, 即发文量大于 2 篇的学者为该领域的骨干群体。如表 2 所示, 核心作者主要有何榕、杨克巍、谭跃进、朱延雷和罗小明等, 杨克巍和谭跃进发文时间较早且不断深耕、持续产出, 其余作者则大多是 2014 年之后开始进入到这一领域。

表 2 主要发文作者

作者及首次发文年份	每人发文章数
何榕 (2014)	8
杨克巍、谭跃进 (2008)	7
朱延雷、罗小明 (2014)	6
姜江、豆亚杰 (2011); 卜广志 (2012); 柯宏发 (2014); 赵丹玲 (2017); 罗承昆、陈云翔 (2018); 王涛 (2019)	4
王维平 (2009); 张小可 (2010)、赵青松 (2014); 李际超 (2015); 杨娟 (2016); 管翔、陈春良、陈伟龙 (2017); 陈立新 (2018); 林木 (2019); 张安 (2020)	3

在 CNKI 数据库中导出文献样本信息的 Refworks 格式文档，经 CiteSpace 格式转换后，新建项目 (Project)。参数设置：时间范围设置为 2003 年 1 月—2021 年 12 月，时间切片设置为 1 年，节点类型选择“作者”，采用 Cosine 方法计算连接强度，筛选标准选择 g-index (k=25) 方法。得到图 2 所示的作者合作网络，共有 255 个节点、274 条连线，网络密度为 0.008 5。可以发现形成了 2 个比较明显的合作网络：以谭跃进、杨克巍、姜江、赵丹玲、张小可领军的国防科技大学研究团队，和以何榕、罗小明、朱延雷、杨娟为主的装备学院研究团队。整体来看，作者合作网络呈现出众多分散的小网络，以小团体内部合作为主，作者之间的互动程度不高。

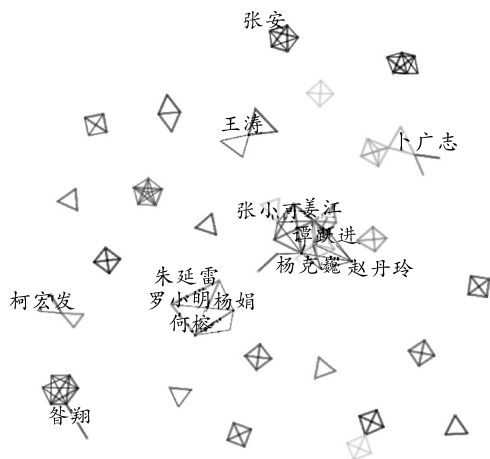


图 2 作者合作网络

主要发文机构如表 3 所示。

根据下表统计结果，军内发文机构以高校为主，包括国防科技大学、原装备学院 (现隶属于战略支援部队航天工程大学)、北京系统工程研究所 (现隶属于军事科学院系统工程研究院)、装甲兵工程学院 (现隶属于陆军装甲兵学院)、空军工程大学、海军装备研究院 (现为海军研究院)，地方主要发文机构是中国电子科学研究院。其中，国防科技大学信息系统与管理学院发文时间最早，且发文量最多，是

该研究领域的核心权威机构。

表 3 主要发文机构

机构及首次发文年份	单位发文章数
国防科技大学信息系统与管理学院 (2006)	17
装备学院研究生管理大队 (2014)、国防科技大学系统工程学院 (2018)	9
复杂系统仿真国家重点实验室 (2010)、装甲兵工程学院装备指挥与管理系 (2010)、装备学院航天指挥系 (2014)	7
北京系统工程研究所 (2010)、装备学院 (2014)、空军工程大学装备管理与无人机工程学院 (2018)	6
海军装备研究院 (2009)、装备学院装备试验系 (2015)、中国电子科学研究院 (2018)	5

同样，根据普赖斯定律， $m \approx 3.09$ ，即发文量大于 3 篇的机构为该领域的重要支撑。选择节点类型为“机构 (Institution)”，其他参数设置与作者合作网络相同。得到图 3 所示的机构合作网络，共有 129 个节点、103 条连线，网络密度为 0.012 5。整个网络呈相对集中分布状态，形成了一个较大的机构间合作网络，包括国防科技大学信息系统与管理学院、空军工程大学装备管理与无人机工程学院、北京系统工程研究所及其复杂系统仿真国家重点实验室、装甲兵工程学院装备指挥与管理系、装备学院装备试验系等高校和科研单位。

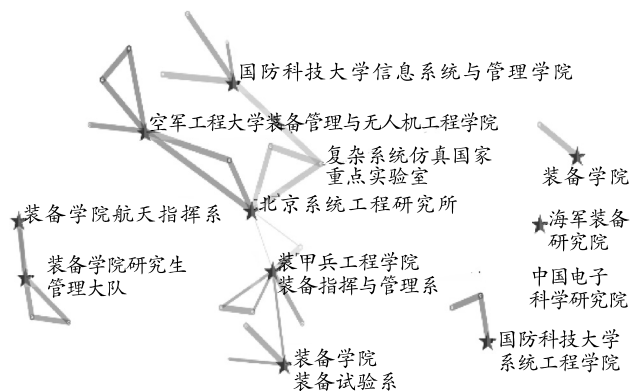


图 3 机构合作网络

3 文献内容和数据方法

3.1 研究层次和研究阶段

2 维分析框架可以将庞杂的文献化繁为简，是对研究主题和内容提纲挈领的有力工具。浏览文献样本的文本内容后，笔者决定采用实验式内容分析法，以每一篇独立的文献为分析单元，按照发表时间由近到远对 178 篇文献从 1—178 进行编码，将文献划分为 2 个维度：1) 研究层次，包括宏观层面 (全军)、中观层面 (军种)、微观层面 (兵种、武器系统、装备组合)；2) 研究阶段，分为理论研究和应用研究。

如图 4 所示，横轴的 2 个阶段和纵轴的 3 个层次共同将 2 维分析框架划分为 6 个区域，除去未说

明具体层次的 36 篇理论研究和 7 篇应用研究，余下共 135 篇文献样本分布于这 6 个象限中。

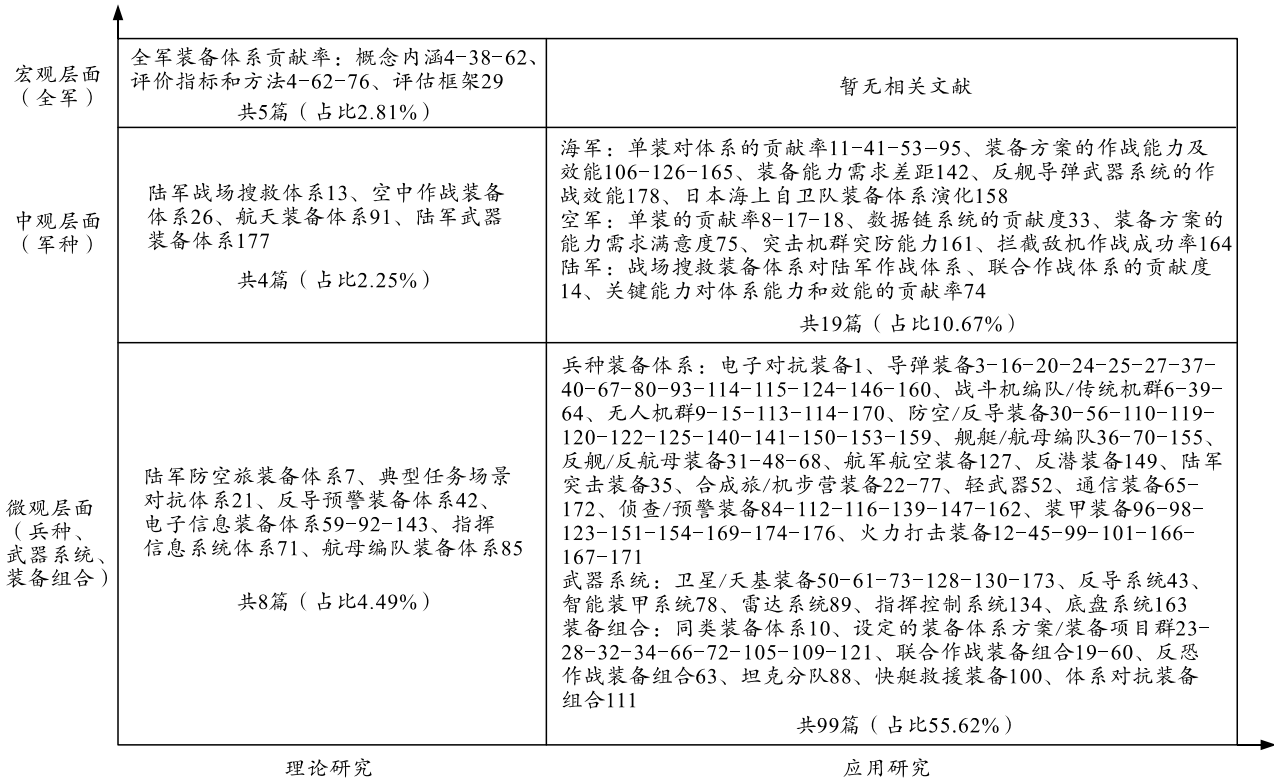


图 4 2 维分析框架

总体而言，纯理论研究比重较低，约为 10%；应用研究比例则占到一半以上，约为 66%。其中又以微观层次的应用研究为最大主体，占比为 55.62%，而对比差异明显的是，目前尚未出现宏观层面的应用文献，说明学术界当前主要聚焦于兵种、武器系统及装备组合中的装备体系贡献研究。

微观层面的理论研究：电子信息装备体系 3 篇，陆军防空旅装备体系、典型任务场景对抗体系、反导预警装备体系、指挥信息系统体系、航母编队装备体系各 1 篇，相较于宏观和中观层次的理论研究，对象覆盖面较广，做出了一系列有开创意义的理论探索。

中观层面的理论研究：文献数量较少，陆军武器装备体系 2 篇，空军装备体系和航天装备体系各 1 篇，尚无以其他军种为对象的理论研究。

宏观层面的理论研究：共 5 篇，主要探讨了全军装备体系贡献率的概念内涵、评估指标和方法、评估框架等内容，其中来自 32180 部队的陈立新等^[15-17]发表了 3 篇文献(编号 29、62、76)，他也是坚持全军装备体系贡献理论的代表性人物。

中观层面的应用研究：以海军、空军、陆军装备体系为研究对象的文献样本分别是 10、7、2 篇，

说明中观层面的应用研究以海军装备体系居多。

微观层面的应用研究：共 99 篇，文献样本最为丰富，应用延伸领域范围广，细分装备体系类型多样。以兵种装备体系、武器系统、装备组合为研究对象的文献数量分别为 72、11、16。兵种装备体系中，又以导弹装备体系、防空/反导装备体系、装甲装备体系为主。对海军装备体系的研究包括舰艇(航母)编队、反舰艇(航母)装备体系、海军航空装备体系以及反潜装备体系，除陆战、岸防装备体系外，其余兵种均有所涉及。武器系统是装备体系的子体系，目前对卫星/天基装备体系的研究较多。设定的装备体系方案和装备项目群常被用来进行示例想定和仿真分析，此外，快艇救援装备等非军事斗争装备也被纳入研究范畴。

3.2 数据来源和评估方法

通过对文本内容的详细阅读和提炼归纳，对装备体系贡献的数据来源进行频次统计。需要说明的是，在 178 个文献样本中，有 83 篇文献未明确指出数据来源，统计结果如表 4 所示。显然，当下主流的数据来源是仿真试验和示例假定，专家评估是指标权重数据的重要依据，部分文献采用了图书馆和

互联网的公开文献资料，由于装备真实数据的难采集性和保密性，只有少数研究选择了实际历史数据。

表4 装备体系贡献数据来源统计

数据来源	频次
仿真试验	39
示例假定	34
专家评估	28
公开文献资料	13
实际历史数据	8

对装备体系贡献的评估方法进行梳理，统计结果如表5所示。出现频次较高的研究方法有OODA作战环、装备体系仿真、D-S证据推理、指标聚合、复杂网络等。总体上以定量模型居多，在指标的选取和聚合中辅以定性分析。鉴于武器装备体系作为“巨系统”的复杂性、非线性、层次性、涌现性等特点，近年来在方法的创新演变中，呈现由传统的层次聚合分析向复杂网络、智能算法过渡的趋势。

表5 装备体系贡献评估方法统计

研究方法	频次
OODA 作战环	24
装备体系仿真	19
D-S 证据推理；指标聚合	17
复杂网络；专家评分	12
AHP 层次分析法	11
ANP 网络层次分析；TOPSIS 理想点法	7
SEM 结构方程模型；指数法	6
区间数；价值中心法；差分进化算法；模糊综合评判	5
探索性分析；图论；熵权法；元模型	4
ADC 模型	3
DEA 数据包络分析；DoDAF 框架；回归分析法；系统动力学；GM 灰色模型	2
ABMS 系统；博弈论；粗糙集；故障树；兰彻斯特方程；投资组合模型/SVM 支持向量机；遗传算法；概率模型	1

4 知识基础与研究前沿

4.1 高被引重要文献

一般来说，高被引文献是指在某研究领域中学术价值较大、影响范围较广的一批文献，也是该领域知识基础的重要来源。“装备体系贡献”领域被引量排名前十的文献信息如表6所示，通过细读文本内容，可以按研究重点将文献样本分为4个类别。

1) 理论探究。管清波等^[18]提出了新型武器装备体系贡献度的概念，对其内涵和分类进行界定，并提出了评估数据综合利用、评估指标突出重点、评估内容分级分层、作战诱导、远近结合5项基本

原则。李怡勇等^[19]提出了装备体系贡献度评估的一般过程：确定评估目的与对象，设计作战背景，建立评估指标体系与计算模型，实施评估数据采集与指标计算，最后提出评估结果、问题与建议。

2) 装备体系作战能力评估。程贲等^[20]基于证据推理方法，来求取装备体系能力需求满足度分布。赵丹玲等^[21]基于作战环理论和能力需求满足度方法，通过对作战环中各环节的作战效率值进行累乘，来计算装备体系的作战能力。

3) 装备体系作战效能评估。杨峰^[22]运用元模型跨层次建模，提出一种适应于体系对抗框架的新的武器系统作战效能评估方法。罗小明等^[23]将体系效能指标分解为作战效果、作战效率、作战代价3方面，运用结构方程模型来评估装备作战体系贡献度。张晓航^[24]采用 Sobol 指数法对作战效能的影响因素进行全局敏感性分析，以确定关键因素。黄炎焱^[25]则提出了一种基于扩展贝叶斯法的多数据源融合评估方法，并采用 UML 建模语言设计了一个作战效能稳健评估支撑系统。

4) 武器装备体系结构建模。舒宇^[26]综合运用网络层次分析法、理想解法和灰色关联法等，研究了从需求到体系结构、体系结构本身(组成、层次结构、组成元素间的关系等)、从体系结构到能力3部分的建模方法。李际超等^[27]基于复杂网络与作战环理论，提出了构建装备体系作战网络的一般流程：确定敌军目标、装备单元节点建模、边关系建模、构建网络模型。

表6 高被引文献

文献标题及发表年份	第一作者	被引量
新型武器装备体系贡献度评估问题探析(2015)	管清波	69
面向效能评估的平台级体系对抗仿真跨层次建模方法研究(2003)	杨峰	62
基于 SEM 的武器装备作战体系贡献度评估方法(2015)	罗小明	59
基于能力需求的武器装备体系结构建模方法与应用研究(2009)	舒宇	59
武器装备体系贡献度评估刍议与示例(2015)	李怡勇	50
基于证据推理的武器装备体系能力需求满足度评估方法(2011)	程贲	50
基于作战环的武器装备体系贡献度评估(2017)	赵丹玲	48
防空导弹武器装备体系作战效能全局敏感性分析方法研究(2010)	张晓航	46
基于武器装备体系作战网络模型的装备贡献度评估(2016)	李际超	44
武器装备作战效能稳健评估方法及其支撑技术研究(2006)	黄炎焱	43

注：数据更新时间为2022年3月29日。

4.2 关键词共现分析

关键词是对文献内容特色的高度概括和精炼表达,是文献检索的重要依据,高频关键词往往是其研究领域的热点所在。将节点类型选择为“关键词(Keyword)”,其余参数设置与第 4 节相同。表 7 列出了排名前 20 的高频关键词。通过频数统计不难发现,作战环和复杂网络理论、作战效能和作战能力的评估方法与指标体系、体系对抗与作战试验等是当前研究的重点。

表 7 高频关键词

关键词	频数	中介 中心性	关键词	频数	中介 中心性
装备体系	26	0.30	指标体系	7	0.03
作战环	14	0.14	复杂网络	7	0.06
作战效能	13	0.04	体系能力	6	0.05
武器装备	13	0.14	作战体系	5	0.04
贡献度	11	0.18	作战试验	5	0.07
评估	11	0.12	体系效能	4	0.07
评估方法	10	0.08	体系对抗	4	0.04
效能评估	8	0.12	涌现性	4	0.02
贡献率	8	0.06	证据推理	3	0.08
作战能力	7	0.01	能力评估	3	0.07

4.3 关键词聚类分析

接下来,采用谱聚类算法 LLR 对数极大似然率对关键词进行聚类,进一步分析关键词之间的联系。软件运行后,共生成 46 个聚类,选取规模排名前 10 的聚类,标签名称为各聚类主要关键词的第 1 个。

聚类规模是指该聚类中包含的关键词数量,从表中可以看出,规模较大的聚类有#0、#1、#2、#3、#4 号聚类。一般来说,平均轮廓值(S 值)若大于 0.7,则意味着聚类具有非常高的可信度,若聚类模块化值(Q 值)大于 0.3,则意味着划分出来的聚类结构是显著的。根据统计,前 10 个聚类的 S 值均高于 0.7,且求得所有关键词聚类的平均 S 值为 0.869 6,整体聚类 Q 值为 0.695 3,表明笔者得到的关键词聚类结构是显著的,聚类结果是有效的。

如图 5 所示,聚类时间线视图可以更直观地呈现出某研究领域随时间的演变趋势,图中的连线反映出各聚类之间的相互影响。整体上看,出现时间较早的聚类主要有#0 装备体系、#1 作战环、#9 证据理论,总持续时间较长的聚类主要有#0 装备体系、#1 作战环,2010 年之后出现并发展至今的聚类主要有#2 体系、#3 评估、#5 作战试验、#7 灰色评估。下面重点分析#0 装备体系这个聚类的演进脉络。装备体系聚类的研究重点呈现出“作战能力—

作战效能—贡献率—体系结构”的演化脉络。2008 年该聚类开始出现,针对装备体系作战能力的评估,李兴兵等^[28]和张腾^[29]分别提出了效用函数法、层次分析和模糊综合评估结合法。2011 年于芹章等^[30]提出了基于整体效果的装备体系作战效能评估方法,此后关于效能评估的研究成果逐渐增多。2016 年,体系贡献率评估成为研究热点,任晓军等^[31]和钰^[32]分别提出了基于完成任务概率的解析计算方法、基于证据推理算法的信度规则库推理方法。2019 年,罗承昆等^[1]将装备体系贡献率分解为结构贡献率、能力贡献率和效能贡献率,近年来,围绕体系结构展开贡献率评估成为新的研究方向。

4.4 关键词突现分析

CiteSpace 中的突变检测(burst detection, BD)可以根据节点的突变信息来发现研究热点的演化规律。基于出现频次,笔者进一步对关键词开展突现分析,图 6 列出了突现强度排名前 15 的关键词。

从突现开始时间来看,突现较早的有试验设计(2009)、证据推理(2011),突现时间较近的有作战能力(2018)、作战环(2019)、多任务(2019)。从突现持续时长来看,贡献度、证据推理、作战效能、作战能力均持续了约 4 年时间,且作战能力的持续时间大概率还将继续延长。从突现强度来看,贡献度、作战环、证据推理、作战效能均大于 1.5,说明这些关键词的频次在一段时期内发生了很大的变化。综上所述,结合样本文献内容与时政方针演变,可以推断出:证据推理是早期最受关注的研究方法,2014 年全军装备工作会议提出装备体系贡献率标准之后,贡献度和作战效能一度成为重点研究课题;近年来,作战环理论、作战能力评估、面向多任务的贡献率评估逐渐成为新的前沿热点。

5 结论

笔者将文献计量法和内容分析法相结合,对装备体系贡献研究领域发展现状进行比较完整的概述,主要结论有:

1) 2014 年是“装备体系贡献”领域的分水岭节点,主要发文期刊是系统工程与电子技术。作者合作网络较为分散,机构合作网络相对集中,国防科技大学的谭跃进、杨克巍团队与装备学院的何榕、罗小明团队是该领域的领军力量。

2) 微观层面的应用研究是当前的主流视角,数据来源以仿真试验和示例假定为主,研究方法以定

量模型居多，逐渐由传统方法向复杂网络、智能算法过渡。

3) 该领域的知识基础主要包括：体系贡献的内涵分类、评估原则与一般流程；体系作战能力评估；

作战效能评估；体系结构建模。该领域的研究重点呈现出“作战能力—作战效能—贡献率—体系结构”的演化路径，作战环理论和面向多任务的贡献率评估是近期的研究前沿。

CiteSpace, v. 5.8.R3(64-bit)
 April 11, 2022 9:00:55 PM CST
 CSSCI: C:\Users\86173\Desktop\cnki-关键词\data
 Timespan: 2003-2021(Slice Length=1)
 Selection Criteria: g-index(k=25), LRF=3.0, L/N=10, LB=5, e=1.0
 Network: N=216, E=405(Density=0.0174)
 Nodes Labeled: 1.0%
 Pruning: None
 Modularity Q=0.6953
 Weighted Mean Silhouette S=0.7483
 Harmonic Mean(Q, S)=0.7209

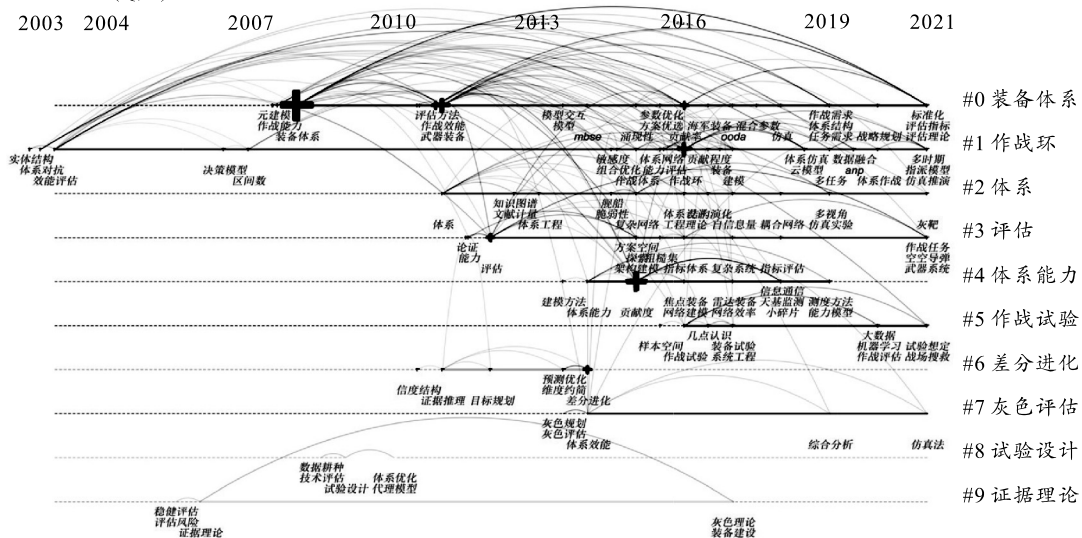


图 5 聚类时间线

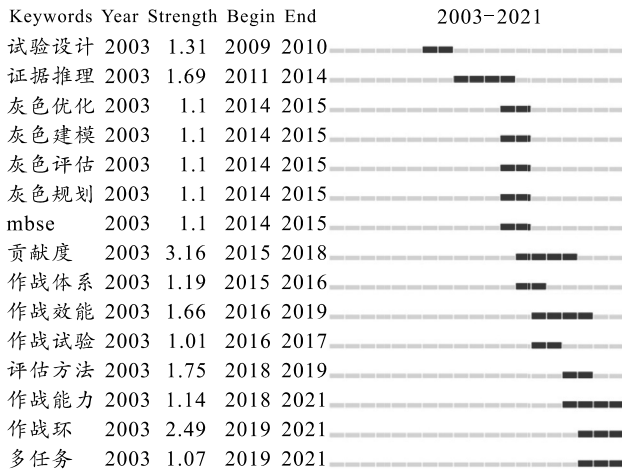


图 6 突现强度排名前 15 的关键词

限于 CiteSpace 的适用范围，笔者未进行主题词和文献的共被引分析，未来可改进或综合多种计量工具，开展更全面的文献计量分析。我军“装备体系贡献”研究领域已经取得了许多创新性成果，但目前仍处于初期“发散”阶段，还存在模型可解释性较差、数据可信度较低、实际应用转化程度不够等不足。基于对抗仿真和实装演习数据，将复杂网

络理论与软计算方法相结合，探索数据驱动的非线性体系贡献评估方法，拓宽体系贡献评估结果的应用范围，是未来需重点关注的发展趋势。

参考文献：

- [1] 罗承昆, 陈云翔, 项华春, 等. 装备体系贡献率评估方法研究综述[J]. 系统工程与电子技术, 2019, 41(8): 1789-1794.
- [2] 杨克巍, 杨志伟, 谭跃进, 等. 面向体系贡献率的装备体系评估方法研究综述[J]. 系统工程与电子技术, 2019, 41(2): 311-321.
- [3] 杜敏, 程中华, 董恩志. 装备体系贡献率评估综述[J]. 现代防御技术, 2022(1): 1-13.
- [4] 王涛, 汪刘应, 刘硕. 武器装备体系贡献率评估方法综述[J]. 兵工自动化, 2019, 38(3): 10-15.
- [5] DU M, CHENG Z, DONG E. Contribution Rate Evaluation Method of Equipment System of Systems Based on Fault Tree[J]. Mathematical Problems in Engineering, 2021: 1-16.
- [6] LIU P, LI J C, XIA B Y, et al. Weapons equipment portfolios selection based on equipment system contribution rates[J]. Journal of Systems Engineering and

- Electronics, 2021, 32(3): 584-595.
- [7] LI J C, ZHAO D L, JIANG J, et al. Capability oriented equipment contribution analysis in temporal combat networks[J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems, 2018, 51(2): 696-704.
- [8] LU H, WU B, CHEN J. Fighter Equipment Contribution Evaluation Based on Maneuver Decision[J]. IEEE Access, 2021, 9: 132241-132254.
- [9] WANG Z, LIU S, FANG Z. Research on SoS-GERT network model for equipment system of systems contribution evaluation based on joint operation[J]. IEEE Systems Journal, 2019, 14(3): 4188-4196.
- [10] DOU Y J, ZHOU Z X, ZHAO D L, et al. Weapons system portfolio selection based on the contribution rate evaluation of system of systems[J]. Journal of Systems Engineering and Electronics, 2019, 30(5): 905-919.
- [11] CHEN C, SONG M. Visualizing a field of research: A methodology of systematic scientometric reviews[J]. PLoS ONE, 2019, 14(10): e0223994.
- [12] ASTLEY W G, VANDV A H. Central perspectives and debates in organization theory[J]. Administrative science quarterly, 1983, 28(2): 245-273.
- [13] 李丹, 杨建君. 国内绿色技术创新文献特色及前沿探究[J]. 科研管理, 2015(6): 109-118.
- [14] KOIVISTO J, HAMARI J. The rise of motivational information systems: A review of gamification research[J]. International Journal of Information Management, 2019, 45: 191-210.
- [15] 陈立新. 一种通用的装备体系贡献率评估框架[J]. 军事运筹与系统工程, 2020, 34(2): 33-38.
- [16] 陈立新, 韩安利, 胡振宁. 一种新的装备体系贡献率评估方法的构想[C]//复杂系统体系工程论文集一. 2019: 18-24.
- [17] 陈立新. 关于装备体系贡献率研究的几点思考[J]. 军事运筹与系统工程, 2018, 32(3): 37-43.
- [18] 管清波, 于小红. 新型武器装备体系贡献度评估问题探析[J]. 装备学院学报, 2015, 26(3): 1-5.
- [19] 李怡勇, 李智, 管清波, 等. 武器装备体系贡献度评估刍议与示例[J]. 装备学院学报, 2015, 26(4): 5-10.
- [20] 程贵, 姜江, 谭跃进, 等. 基于证据推理的武器装备体系能力需求满足度评估方法[J]. 系统工程理论与实践, 2011, 31(11): 2210-2216.
- [21] 赵丹玲, 谭跃进, 李际超, 等. 基于作战环的武器装备体系贡献度评估[J]. 系统工程与电子技术, 2017, 39(10): 2239-2247.
- [22] 杨峰. 面向效能评估的平台级体系对抗仿真跨层次建模方法研究[D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2003.
- [23] 罗小明, 朱延雷, 何榕. 基于 SEM 的武器装备作战体系贡献度评估方法[J]. 装备学院学报, 2015, 26(5): 1-6.
- [24] 张晓航. 防空导弹武器装备体系作战效能全局敏感性分析方法研究[D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2010.
- [25] 黄炎炎. 武器装备作战效能稳健评估方法及其支撑技术研究[D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2006.
- [26] 舒宇. 基于能力需求的武器装备体系结构建模方法与应用研究[D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2009.
- [27] 李际超, 杨克巍, 张小可, 等. 基于武器装备体系作战网络模型的装备贡献度评估[J]. 复杂系统与复杂性科学, 2016, 13(3): 1-7.
- [28] 李兴兵, 谭跃进, 杨克巍, 等. 基于体系对抗仿真的装甲装备体系效能评估[J]. 指挥控制与仿真, 2008(6): 59-62.
- [29] 张腾. 通信电子战装备体系作战能力评估方法研究[D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2008.
- [30] 于芹章, 张英朝, 张静, 等. 基于整体效果的装备体系作战效能评估方法研究[J]. 系统仿真技术, 2011, 7(3): 183-189.
- [31] 任晓军, 涂震颺. 一种装备对体系贡献率评估方法研究[J]. 新技术新工艺, 2016(9): 49-53.
- [32] 和钰. 基于 RIMER 方法的反导武器装备体系作战能力贡献率研究[D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2016.