

专利视角下我国轨道交通装备技术创新及其价值评估*

谢璦卿 任声策

(同济大学上海国际知识产权学院, 200092, 上海)

摘要 [目的] 专利作为技术创新能力的重要标尺,对轨道交通装备的创新发展具有重要意义。当前我国轨道交通装备领域专利价值的系统性评估尚显不足,需对其创新趋势与价值进行深入分析。[方法] 通过大为 innojoy 全球专利数据库检索获得所需的专利数据信息,利用统计方法对我国轨道交通装备领域的专利进行技术创新总体分析及技术构成与演化分析;采用4个专利指标根据主成分分析法对主要申请人和主要技术领域的专利价值进行评估。[结果及结论] 我国轨道交通装备领域的技术创新呈增长趋势,但合作情况有待提升,技术大类中计算方法方向伴随数字化浪潮蓬勃兴起。高价值专利分布在主要技术领域,该领域高校的整体专利价值基本高于企业。我国轨道交通装备领域的技术创新发展趋势稳步向好,未来可聚焦高价值技术创新方向,进一步深化校企产学研合作。

关键词 轨道交通装备;技术创新;价值评估;专利

中图分类号 T-18

DOI:10.16037/j.1007-869x.2025.01.035

Technological Innovation of China's Rail Transit Equipment and Its Value Evaluation from the Perspective of Patents

XIE Aiqing, REN Shengce

(Shanghai International College of Intellectual Property, Tongji University, 200092, Shanghai, China)

Abstract [Objective] As an important yardstick for measuring technological innovation capabilities, patent is of great significance to the innovative development of rail transit equipment. Currently, the systematic evaluation of patent value in the field of rail transit equipment in China is still insufficient, and it is necessary to make an in-depth analysis of its innovation trends and value. [Method] The required patent data information is retrieved from the Dawell Innojoy Global Patent Database. Statistical methods are utilized to conduct an analysis of technological innovation in general and an analysis of the technological composition and evolution of patents in the field of rail transit equipment in China. Four patent indicators are a-

dopted to evaluate the patent value of major applicants and technological fields based on the principal component analysis method. [Result & Conclusion] The technological innovation in China's rail transit equipment presents a growing trend, but the collaboration needs to be improved. The direction of computational methods among the major technology categories is booming along with the wave of digitalization. High-value patents are distributed in the major technological fields, where universities hold patents of basically higher value as a whole than those enterprises do. The development trend of technological innovation in the field of rail transit equipment in China is steadily positive. In the future, the direction of high-value technological innovation can be the focus, and the cooperation among universities, enterprises and research institutions in production, education and research can be further deepened.

Key words rail transit equipment; technological innovation; value evaluation; patents

我国轨道交通装备制造业已构建自主研发与规模经营的完善体系^[1],但相较于国际尖端仍存在优化空间。在《中国制造2025》及“一带一路”倡议的推动下,技术创新成为增强竞争力的核心。专利作为技术创新能力的关键度量^[2],对轨道交通装备创新具有重要影响,其数据直接映射技术创新现状与走势,为创新方向提供指引。当前大多数研究侧重于现状与技术周期分析^[3],而对专利价值的系统评估相对匮乏。本文基于2005—2020年我国轨道交通装备专利数据,深入剖析技术创新趋势、技术构成及其演变过程,并综合评估专利价值。通过专利视角,全面探讨该领域创新现状与未来发展趋势,旨在为该领域技术创新发展提供参考。

1 数据来源与研究方法

1.1 数据来源

本文专利数据源自大为 innojoy 全球专利数据

* 国家自然科学基金项目(72072129)

库,针对轨道交通装备技术,检索策略依据产业链细分,聚焦于车辆制造、牵引供电等核心要素,并辅以技术细节与配件说明进行精化。为确保检索精准度,利用逻辑运算符剔除非关键设备与技术要素。经严格筛查,确保数据覆盖 2005—2020 年我国轨道交通装备全产业链的专利,包含上下游技术装备与方法创新,最终获取共 155 081 条详尽数据。

1.2 研究方法

本文基于检索结果构建 Excel 数据库,并运用统计分析与 PCA(主成分分析)法深度处理数据。评估专利技术价值时,选取了专利数量、同族数量、被引证数及维持年限等 4 项关键指标,采用 PCA 法结合 Stata 编程,自动分配各指标权重,以规避主观偏见,确保评价结果的客观性与可靠性^[4]。

PCA 法通过正交变换,将相关变量转化为线性无关的主成分,这些主成分精准反映样本特征,进而通过加权算术平均法(权重为各主成分方差贡献率)计算综合评价值,实现样本排序与比较。相关计算公式参见文献^[5]。

2 轨道交通装备领域专利技术创新总体分析

2.1 专利申请量及其变化趋势

我国轨道交通装备领域技术专利申请趋势,见图 1。由图 1 可见:我国轨道交通装备领域的专利申请量逐年攀升,反映了该领域技术的重要性不断增强。其演变轨迹可划分为三阶段:初期(2005—2010 年),专利年申请量不足 5 000 件,该阶段我国专利保护意识未普及,处于技术初探阶段;至 2010 年出现转折,专利年申请量微增,或与国际交流促进相关;随后进入平稳期(2011—2014 年),技术发展趋于稳定。至 2015 年进入飞跃期,在《中国制造 2025》政策的驱动下,该领域技术迎来爆发式增长;2015—2020 年专利年申请量约增加 2 万件,与铁路高速化、现代化进程同步;2017 年铁路运营里程超 12 万 km,高速铁路居世界之首^[6]。由此可见,我国轨道交通装备技术发展与专利申请量趋势紧密相关。

2.2 主要专利申请人分析

专利申请量作为技术创新能力的关键指标,深刻反映申请人在轨道交通装备领域的创新活力与前沿引领作用。对该领域专利申请量前 10 名申请

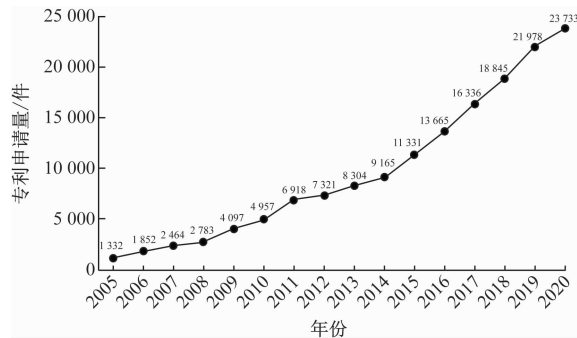


图 1 我国轨道交通装备领域技术专利申请趋势

Fig. 1 Trend of technological patent applications in the field of China rail transit equipment

人进行分析,见图 2。由图 2 可见:西南交通大学以显著优势领跑,中铁第四勘察设计院集团有限公司与北京交通大学紧随其后,构成第一、二梯队;中车青岛四方机车车辆股份有限公司等 3 家单位以约 1 336 件专利申请量并列第三梯队;末 4 位申请人专利申请量相近,平均约 937 件,同属第四梯队,波动较小。尤为瞩目的是,前 3 名的专利申请总量近乎前 10 名总和之半,反映了其在轨道交通装备技术创新中的核心引领与重大贡献。

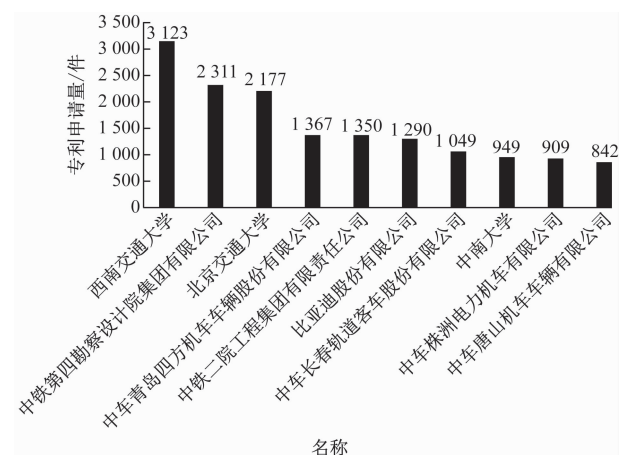


图 2 我国轨道交通装备领域专利申请量前 10 名申请人申请量

Fig. 2 Application quantities of the top 10 applicants for patents in the field of China rail transit equipment

2.3 专利合作情况分析

通过跨主体紧密协作,优化创新资源配置,高效应对复杂创新挑战^[7]。在轨道交通装备领域,联合专利申请作为产学研合作的显著标志,展现了多元合作生态。我国轨道交通装备领域合作专利申请量前 5 名专利合作情况,见表 1。分析合作专利申请量前 5 的主申请人与合作方可发现,企业与研

究机构占据主导,高校亦展现积极态势,形成互补优势。高校与研究所大多与企业龙头携手,而企业则构建了横跨学界与业界的广泛合作网。中国国家铁路集团有限公司尤为突出,成为产学研深度融

合的桥梁。然而,合作虽启航,活跃度尚低,前 5 名合作专利申请量仅占总量的 0.8%,揭示技术专利合作潜力巨大,有待深入挖掘以激发创新活力。

表 1 我国轨道交通装备领域合作专利申请量前 5 名专利合作情况

Tab. 1 Cooperation of the top 5 cooperative patent applications in the field of China rail transit equipment

主申请人	其他申请人	专利数量/件
中国神华能源股份有限公司	朔黄铁路发展有限责任公司	222
	神华铁路货车运输有限责任公司	111
	中国神华能源股份有限公司神朔铁路分公司	78
中国铁道科学研究院集团有限公司 铁道建筑研究所	中国铁道科学研究院集团有限公司	216
	中国国家铁路集团有限公司	59
	中国国家铁路总公司	52
中国铁道科学研究院	北京纵横机电技术开发公司	93
	中国铁道科学研究院机车车辆研究所	92
	北京锐驰国铁智能运输系统工程技术有限公司	60
	北京市华铁信息技术开发总公司	60
中国国家铁路集团有限公司	中国铁道科学研究院	53
	北京交通大学	43
	西南交通大学	37
西南交通大学	中国国家铁路集团有限公司	44
	中车唐山机车车辆有限公司	37
	中铁二院工程集团有限责任公司	19

3 轨道交通装备领域专利技术构成与演化

3.1 专利技术构成

IPC(国际专利分类)体系精准界定了技术领域的边界,为技术分类提供了详尽框架^[8]。在深入剖析轨道交通装备领域的专利技术构成时,聚焦于 IPC 体系的大类层级,以此揭示该领域技术创新的核心方向与总体布局。鉴于外观设计专利的技术贡献度较低,未将其纳入分析范畴。

我国轨道交通装备领域专利 IPC 大类申请量前 10 名,见表 2。表 2 中,B61 大类作为轨道交通装备技术的核心,其专利申请量遥遥领先,成为技术创新最为活跃的领域。同时,E01、G01 及 B60 大类技术也表现出色,专利申请量均达到显著水平,共同构成了该领域技术创新的重要支柱。此外,H04 大类技术的兴起,不仅反映了我国在该领域的重点发展方向,也预示着技术创新的新增长点与广阔前景。综上所述,我国轨道交通装备领域的技术构成呈现出多元化、高集中度的特点,未来有望在多个

关键技术领域实现突破与飞跃。

3.2 技术演化分析

基于专利申请量的动态变化,我国轨道交通装备技术创新历程被划分为三阶段:2005—2010 年初期,2011—2014 年平稳期及 2015—2020 年飞跃期。采用 IPC 体系框架,构建各阶段技术分布雷达图,反映我国轨道交通装备领域不同时期的重点技术创新方向,据此探讨该领域技术创新的动态演化规律和创新焦点的变迁。分析表明,技术创新路径清晰可循:初期(2005—2010 年),B61、E01 及 B60 大类技术引领创新潮流;平稳期(2011—2014 年),G01、G06 大类技术崭露头角,与既有热点并驾齐驱;至飞跃期(2015—2020 年),技术创新进入爆发期,尤以 G06 大类技术增长显著,而 B61 大类技术持续占据核心地位,B60 大类技术影响力逐渐减弱。整体而言,技术创新聚焦于 B61 大类技术,G06 大类技术实现显著发展,我国轨道交通装备领域主要发展阶段技术创新演化(见图 3)映射出技术创新活力的持续增强。

表 2 我国轨道交通装备领域专利 IPC 大类申请量前 10 名

Tab.2 Top ten IPC applications in terms of quantity in the field of China rail transit equipment

排名	IPC 大类	类别描述	专利数量/件
1	B61	铁路	32 478
2	E01	道路、铁路或桥梁的建筑	16 367
3	G01	测量;测试	13 510
4	B60	一般车辆	10 681
5	G06	计算;推算或计数	8 664
6	H02	发电、变电或配电	7 076
7	H04	电通信技术	6 064
8	H01	基本电气元件	5 037
9	E21	土层或岩石的钻进;采矿	4 546
10	F16	工程元件或部件;为产生和保持机器设备的有效运行的一般措施;一般绝热	3 850

注:本表仅含发明专利和实用新型专利;本表中类别描述均摘自国际专利分类表(2024.01 版)。

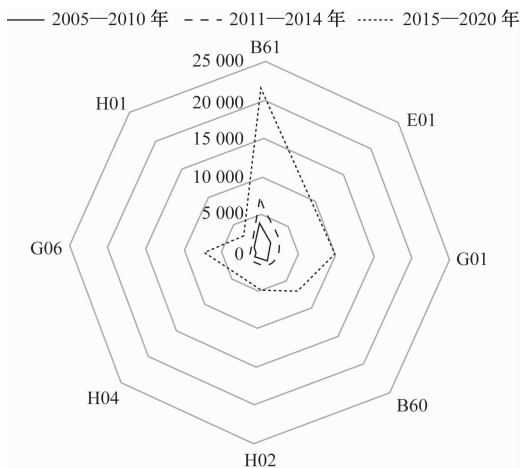


图 3 我国轨道交通装备领域主要发展阶段技术创新演化
Fig.3 Evolution of technological innovation in the main development stage of the field of rail transit equipment in China

4 专利价值评估

4.1 主要申请人专利价值评估

针对轨道交通装备领域专利申请量排名前 10 的申请人进行了专利价值评估,如表 3 所示。由表 3 可见:专利价值评估得分最高的是西南交通大学,北京交通大学与中铁第四勘察设计院集团有限公司紧随其后。值得注意的是,中南大学与中铁二院工程集团有限责任公司虽专利申请量相近,但价值评分各异,反映了申请量非衡量专利价值的唯一标尺。比亚迪股份有限公司以高价值评分脱颖而出,远超数量相当的中车长春轨道客车股份有限公司,这或可归因于专利维持年限在评估中的重要权重。整体而言,高校在专利价值上展现优势,西南交通大学与北京交通大学无疑是该领域的领航者,彰显

表 3 我国轨道交通装备领域专利申请量排名前 10 的申请人专利价值评估

Tab.3 Patent value evaluation of the top ten applicants in terms of patent application quantities in the field of China rail transit equipment

申请人	被引证次数/次	同族数量/件	专利数量/件	维持年限/年	价值评分
西南交通大学	2.37	1.04	3 123	3.69	96.50
中铁第四勘察设计院集团有限公司	1.10	1.01	2 311	3.89	80.29
北京交通大学	4.09	1.05	2 177	4.13	90.77
中车青岛四方机车车辆股份有限公司	1.52	1.18	1 367	3.91	68.99
中铁二院工程集团有限责任公司	1.28	1.01	1 350	3.57	63.04
比亚迪股份有限公司	0.92	1.24	1 290	4.37	72.11
中车长春轨道客车股份有限公司	0.88	1.11	1 049	3.70	60.00
中南大学	2.90	1.11	949	3.90	63.35
中车株洲电力机车有限公司	1.29	1.15	909	3.88	60.58
中车唐山机车车辆有限公司	1.10	1.16	842	4.03	60.92

了其在技术创新与成果转化方面的卓越实力。

4.2 主要技术领域专利价值评估

本研究评估了轨道交通装备领域专利申请量排名前8技术大类的专利价值,见表4。由表4可见:B61 大类技术专利价值遥遥领先,随后是 B60 与 G01 大类技术。E01 与 H02 大类技术专利价值相近,但排名与申请量不符,H02 大类技术在被引证次数、同族数量及维持年限上略胜一筹,重申了单一申请量非全面价值指标。总体观之,铁路技术专利价值最高,预示其为未来技术创新之重点。此外,除申请量外,其他3项评估指标亦显著影响专利价值,导致不同技术领域评分与申请量排名存在一定差异。

表4 我国轨道交通装备领域专利 IPC 大类申请量
前8名的专利价值评估

Tab.4 Patent value evaluation of the top 8 applications in terms of IPC application quantities in the field of China rail transit equipment

IPC 大类	被引证 次数/次	同族数量/ 件	专利数量/ 件	维持年限/ 年	价值评分
B61	1.71	1.43	32 478	6.00	96.50
E01	1.27	1.18	16 367	4.79	70.81
G01	1.92	1.14	13 510	4.85	77.75
B60	1.69	1.54	10 681	5.55	84.06
G06	1.98	1.14	8 664	4.87	76.19
H02	1.55	1.21	7 076	4.85	70.87
H04	1.67	1.40	6 064	4.81	74.46
H01	0.87	1.11	5 037	4.95	60.00

5 结语

1) 统计分析表明,我国轨道交通装备领域专利申请量持续增长,受政策驱动呈现波动,自2015年起技术步入快速发展期。校企合作虽初具形态,但合作深度与广度尚待挖掘。技术创新聚焦于 B61、E01、G01 及 B60 等关键 IPC 领域,其中 B60 大类技术持续引领创新热潮,而 G0 (如 G01 和 G06) 大类技术伴随数字化浪潮蓬勃兴起。高校专利价值普遍优于企业,西南交通大学与北京交通大学尤为突出,彰显其在该领域的领军地位。铁路技术专利价值虽量质并举,但未来仍以高质量创新为核心。专利价值评估多维度性显著,单一申请量难以全面反映其真实价值。

2) 展望未来,应双管齐下,推动轨道交通装备

领域创新发展。其一,聚焦高质量技术创新,提升专利价值。需强化专利申请前的质量评估,严把入口关;优化代理管理机制,提升服务效率与质量;聚焦热点与优势领域,如铁路车辆与运控系统,强化专利布局与培育,促进高价值专利涌现。其二,深化校企产学研合作,加速成果转化。探索建立长效合作机制,促进资源共享与优势互补,发挥领军企业引领作用,推动专利技术向产品转化,服务于高端装备制造业与民众出行需求;加强创新主体间合作机制建设,拓宽合作领域,深化交流层次,是提升领域创新能力的必由之路。

参考文献

- [1] 工信部装备工业司.《中国制造2025》解读之:推动先进轨道交通装备发展[EB/OL]. (2016-05-12) [2022-10-29]. http://www.gov.cn/zhuanti/2016-05/12/content_5072764.htm.
Equipment Industry Department, Ministry of Industry and Information Technology. Interpretation of 'Made in China 2025': Promote the development of advanced rail transit equipment [EB/OL]. (2016-05-12) [2022-10-29]. http://www.gov.cn/zhuanti/2016-05/12/content_5072764.htm.
- [2] 凌赵华. 浅谈如何做好一份专利检索分析报告[J]. 中国发明与专利, 2015, 12(10): 88.
LING Zhaohua. On how to do a good job of patent retrieval analysis report[J]. China Invention & Patent, 2015, 12(10): 88.
- [3] 张奔. 国内外高速轨道技术生命周期特征的比较与启示: 基于专利视角[J]. 情报杂志, 2020, 39(1): 83.
ZHANG Ben. Comparison and enlightenment of life cycle characteristics of high-speed rail technology at home and abroad: the patent perspective[J]. Journal of Intelligence, 2020, 39(1): 83.
- [4] 王子焉, 刘文涛, 倪渊, 等. 专利价值评估研究综述[J]. 科技管理研究, 2019, 39(16): 181.
WANG Ziyan, LIU Wentao, NI Yuan, et al. A review of patent value evaluation[J]. Science and Technology Management Research, 2019, 39(16): 181.
- [5] 颜惠琴, 牛万红, 韩惠丽. 基于主成分分析构建指标权重的客观赋权法[J]. 济南大学学报(自然科学版), 2017, 31(6): 519.
YAN Huiqin, NIU Wanhong, HAN Huili. Objective weight method based on principal component analysis to establish index weight [J]. Journal of University of Jinan (Science and Technology), 2017, 31(6): 519.
- [6] 刘辉. 中国高速铁路的创新与发展[J]. 领导科学论坛, 2018(12): 42.
LIU Hui. Innovation and development of China's high-speed railway[J]. The Forum of Leadership Science, 2018(12): 42.
- [7] 姚艳虹, 夏敦. 协同创新动因——协同剩余: 形成机理与促进策略[J]. 科技进步与对策, 2013, 30(20): 1.

(下转第211页)

等因素,改进了基于 MNL 模型的城市轨道交通车站接驳交通方式划分模型。该模型中仅接驳距离一个特征变量通过显著性检验,性别、年龄段及出行目的等因素最终不纳入模型的特征变量集。究其原因:若接驳距离小于 1 km,出行者倾向于选择步行、自行车等接驳交通方式;出行距离越长,出行者越倾向于选择公共汽车、出租车、电瓶车等接驳交通方式,故接驳距离对接驳交通方式选择有显著影响;除此之外,性别、出行目的等与出行方式选择间不存在明显的相关性;出行者年龄越大,越倾向于选择公共汽车、电瓶车等接驳交通方式,这符合认知,但本次研究的调查数据未捕捉到出行者年龄和接驳交通方式选择间关系的显著性。

2) 对同和站晚高峰进站客流晴天和雨天接驳交通方式划分改进模型进行检验,准确率分别为 86.0% 和 77.2%,其中部分选择肢由于调查样本较少未能对模型中变量系数进行准确标定,故准确率较低;基于预测年度客流进站量、居住人口分布等数据,利用上述模型对目标站点的客流接驳需求进行预测,为接驳设施规模测算提供基础。

参考文献

[1] IEDA H, KATO H. A Model of bicycle-user's behavior in access-

transport to railway station[J]. Journal of the City Planning Institute of Japan, 1995, 30: 643.

[2] 广州市气象局. 2021 年广州市气候公报[R]. 广州:广州市气象局, 2021.

Guangzhou Meteorological Bureau. Climate report of Guangzhou in 2021[R]. Guangzhou: Guangzhou Meteorological Bureau, 2021.

[3] 叶霞飞, 顾保南. 轨道交通线路设计[M]. 上海: 同济大学出版社, 2010.

YE Xiafei, GU Baonan. Rail transit line design[M]. Shanghai: Tongji University Press, 2010.

[4] 关宏志. 非集计模型: 交通行为分析的工具[M]. 北京: 人民交通出版社, 2004.

GUAN Hongzhi. Disaggregate model: tools for traffic behavior analysis[M]. Beijing: China Communications Press, 2004.

[5] 杨惠婷. 城市轨道交通站点接驳方式选择研究[D]. 南京: 东南大学, 2018.

YANG Huiting. Research on the access-egress mode choice of urban rail transit stations [D]. Nanjing: Southeast University, 2018.

· 收稿日期:2022-09-17 修回日期:2022-11-01 出版日期:2025-01-10

Received:2022-09-17 Revised:2022-11-01 Published:2025-01-10

· 第一作者:蔡涵哲,高级工程师,caihanzhe@ dtsjy. com

通信作者:林俊彦,硕士研究生,oceanjustinlin@gmail. com

· ©《城市轨道交通研究》杂志社,开放获取 CC BY-NC-ND 协议

© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license

(上接第 197 页)

YAO Yanhong, XIA Dun. Motivation of collaborative innovation—collaborative surplus: formation mechanism and promotion strategy [J]. Science & Technology Progress and Policy, 2013, 30(20): 1.

[8] 国家知识产权局. 国际专利分类表(2024.01 版) [EB/OL]. (2023-11-10) [2024-09-12]. https://www.cnipa.gov.cn/art/2023/11/10/art_3161_188497.html.

State Intellectual Property Office. International patent classification list (2024.01) [EB/OL]. (2023-11-10) [2024-09-12]. [https://](https://www.cnipa.gov.cn/art/2023/11/10/art_3161_188497.html)

www.cnipa.gov.cn/art/2023/11/10/art_3161_188497.html.

· 收稿日期:2022-11-29 修回日期:2023-01-11 出版日期:2025-01-10

Received:2022-11-29 Revised:2023-01-11 Published:2025-01-10

· 第一作者:谢璦卿,硕士研究生,1923521334@qq. com

通信作者:任声策,教授,renshengce@ tongji. edu. cn

· ©《城市轨道交通研究》杂志社,开放获取 CC BY-NC-ND 协议

© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license

(上接第 203 页)

[10] 谢承旺, 张飞龙, 陆建波, 等. 一种多策略协同的多目标萤火虫算法[J]. 电子学报, 2019, 47(11): 2359.

XIE Chengwang, ZHANG Feilong, LU Jianbo, et al. Multi-objective firefly algorithm based on multiply cooperative strategies [J]. Acta Electronica Sinica, 2019, 47(11): 2359.

· 收稿日期:2022-09-13 修回日期:2022-10-13 出版日期:2025-01-10

Received:2022-09-13 Revised:2022-10-13 Published:2025-01-10

· 第一作者:邓澄远,工程师,dengchengyuan@ dtsjy. com

通信作者:朱昌锋,教授,cfzhu003@163. com

· ©《城市轨道交通研究》杂志社,开放获取 CC BY-NC-ND 协议

© Urban Mass Transit Magazine Press. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license