

分类号 G306
密 级

学 校 代 码 10408
研究生学号 2220081007



景德镇陶瓷大学
JINGDEZHEN CERAMIC UNIVERSITY

专业硕士学位论文

专利视角下工程机械技术创新态势及网络演化研究

Research on Construction Machinery Industry Situation and
Network Evolution from Patent Perspective

学 位 申 请 人

王宇

导师姓名及职称

柳炳祥教授

专业学位论文名称

图书情报

专业学位代码

1255

研 究 方 向

专利信息分析

所 在 学 院

管理与经济学院

论文提交日期

2025-05-27

摘要

中国工程机械产业在快速发展的同时也面临着一些问题和挑战，国内部分高端工程机械的核心技术（液压系统、控制系统和关键零部件）仍依赖进口，说明国内工程机械产业的自主创新能力不足。研究工程机械的目的在于推动产业技术革新、优化生产制造效能、提升国际竞争优势、实现产业生态的可持续性发展。基于持续的技术研发与创新突破，助力工程机械制造业加速向智能控制、环境友好及高端制造方向转型升级。

论文聚焦于工程机械领域的发展与热点技术这一中心议题，通过对工程机械专利文档的细致分析，结合了多种科学分析手段，旨在揭示该行业的演变规律及关键技术。以确定的主线为导向，提出了一套系统且可实施的分析框架：“工程机械领域态势分析→工程机械技术路线以及申请人演化分析→工程机械主要创新主体主题演化分析”，用于探讨和评估工程机械领域的动态发展趋势及其关键技术热点。

首先，论文研究以工程机械领域的相关专利作为数据基础，以梳理该领域的发展现状。通过对专利申请趋势、技术构成以及生命周期等多个维度的分析，来探讨工程机械行业的演变态势。其次，技术路线的制定和实施至关重要，为实现特定技术目标根据工程机械专利数据而制定的技术发展方向和策略。然后通过 incoPat 对工程机械四大关键技术分支领域的申请人进行演化分析。最后选取广西柳工机械股份有限公司、三一重工股份有限公司以及徐工集团工程机械股份有限公司，为得到工程机械领域重点创新主体的研究热点，利用 ItgInsight 软件对工程机械专利数据进行预处理，提取专利标题和摘要的关键词，构建了专门针对工程机械领域的语料库，并从中提炼出该领域的热点主题词。对这三家重点创新主体的技术实施了聚类分析，对其关键技术的申请人及核心技术主题进行了系统的演化分析，最终绘制出了技术发展路线图。

结果显示，国外工程机械领域专利技术主要涉及土方机械领域，而国内在该领域专利技术主要涉及起重机械和土方机械领域。通过申请人演化分析来看，网络密度是逐年增加的，高网络密度表明申请人之间有着较多的互动与合作，这有助于创新主体在工程机械领域进行多方面研发能力、制造技术、工艺和装备水平大幅度提升。通过工程机械技术演化可知工程机械的未来发展方向涵盖了智能化与自动化、绿色环保技术、新材料与新工艺、多功能化与模块化、无人化与远程操作等多个方面。

关键词：工程机械 网络演化 技术发展路径 专利分析 发展态势

Abstract

China's construction machinery industry in the rapid development of the industry is also facing some problems and challenges, the domestic part of the core technology of high-end construction machinery (hydraulic system, control system and key components) is still dependent on imports, indicating that the domestic construction machinery industry is not enough independent innovation ability. The purpose of research on construction machinery is to promote industrial technological innovation, optimise manufacturing efficiency, enhance international competitive advantage and achieve sustainable development of industrial ecology. Based on continuous technology research and development and innovation breakthroughs, it helps the construction machinery manufacturing industry accelerate its transformation and upgrading in the direction of intelligent control, environmental friendliness and high-end manufacturing.

The paper focuses on the development and hot technologies in the field of construction machinery as the central theme, and aims to reveal the evolution pattern and key technologies of the industry through the detailed analysis of construction machinery patent documents and the combination of various scientific analytical tools. A systematic and implementable analytical framework is proposed, guided by the main lines identified: "analysis of the situation in the field of construction machinery → analysis of the evolution of the technical routes of construction machinery and applicants → analysis of the evolution of the themes of the main innovation subjects of construction machinery", which is used to explore and assess the dynamic development trend of the field of construction machinery and its key technological hotspots.

First of all, the thesis study takes the relevant patents in the field of construction machinery as the data base in order to sort out the development status of the field. Through the analysis of patent application trends, technology composition and life cycle and other dimensions, to explore the evolution of the construction machinery industry. Secondly, the formulation and implementation of technology routes is crucial, in order to achieve specific technology goals based on the construction machinery patent data to develop the direction and strategy of technology development. Then the applicants in the four key technology branches of construction machinery are analyzed for evolution through incoPat. Finally, Guangxi LiuGong Machinery Co, Ltd, Sany

Heavy Industry Co, Ltd and XCMG Group Construction Machinery Co, Ltd were selected as the research hotspots of the key innovation subjects in the field of construction machinery, and the ItgInsight software was used to pre-process the patent data of construction machinery, extract the keywords of the patent titles and abstracts, and construct the corpus specialized in the field of construction machinery, from which the hot topics in the field were extracted. extracted the hot topic words in this field. The technologies of these three key innovation subjects were analyzed by clustering, and the applicants of their key technologies and core technology themes were analyzed by systematic evolution, and finally the technology development roadmap was drawn.

The results show that foreign patent technologies in the field of construction machinery are mainly involved in the field of earth moving machinery, while domestic patent technologies in this field are mainly involved in the field of lifting machinery and earth moving machinery. Through the analysis of applicants' evolution, the network density is increasing year by year, and the high network density indicates that there is more interaction and cooperation between applicants, which helps the innovation body to carry out multi-faceted R&D capability, manufacturing technology, process and equipment level in the field of construction machinery to be greatly improved. Through the evolution of construction machinery technology, it can be seen that the future development direction of construction machinery covers many aspects such as intelligentization and automation, green technology, new materials and new technology, multifunctionalization and modularization, unmanned and remote operation.

**Keywords: construction machinery network evolution technology
development path patent analysis development situation**

Yu Wang (Library and Information Science)

Directed By Professor :Bingxiang Liu

目录

图目录	VII
表目录	VIII
1 绪 论	1
1.1 研究背景及意义	1
1.1.1 研究背景	1
1.1.2 研究意义	1
1.2 国内外研究现状	2
1.2.1 国外研究综述	2
1.2.2 国内研究综述	3
1.2.3 国内外技术演化相关研究	4
1.3 研究内容和研究思路	6
1.3.1 研究内容	7
1.3.2 研究思路	7
1.4 创新点	9
2 研究方法及数据来源	10
2.1 研究方法	10
2.2 数据来源及检索策略	12
2.2.1 数据来源	12
2.2.2 专利数据文本预处理	13
2.2.3 技术分解表	13
3 工程机械领域专利发展态势分析	15
3.1 国外工程机械技术领域专利信息分析	15
3.1.1 国外工程机械领域专利申请趋势分析	15
3.1.2 国内外工程机械领域专利市场布局分析	16
3.1.3 国外工程机械领域主要技术构成分析	17
3.2 国内工程机械领域专利信息分析	18
3.2.1 国内工程机械领域专利申请趋势分析	18
3.2.2 国内工程机械领域专利技术生命周期分析	20
3.2.3 国内工程机械领域各省市专利分布情况	21
3.2.4 国内工程机械领域专利法律状态分析	23
3.2.5 国内工程机械领域专利技术构成分析	24
3.2.6 国内工程机械领域协同创新专利分析	25
3.2.7 国内工程机械领域专利运营趋势	26
3.2.8 国内工程机械领域技术路线图	27
3.3 本章小结	29
4 我国工程机械专利技术创新网络演化分析	31

4.1	工程机械重点技术分支主题演化分析	31
4.2	工程机械重点技术申请人演化分析	34
4.2.1	路面机械重点技术申请人演化分析	35
4.2.2	混凝土机械重点技术申请人演化分析	36
4.2.3	起重机械重点技术申请人演化分析	41
4.2.4	土方机械重点技术申请人演化分析	45
4.3	工程机械重点技术发展路线图	49
4.3.1	路面机械改进技术路线图	49
4.3.2	混凝土机械改进技术路线图	50
4.3.3	起重机械改进技术路线图	52
4.3.4	土方机械改进技术路线图	54
4.4	本章小结	56
5	我国工程机械主要创新主体技术演化分析	57
5.1	国内工程机械领域重点创新主体的选取及分析	57
5.2	广西柳工机械股份有限公司	60
5.2.1	广西柳工专利申请趋势分析	60
5.2.2	广西柳工专利布局分析	61
5.2.3	广西柳工重点技术分支分析	62
5.2.4	广西柳工技术主题演化分析	63
5.2.5	广西柳工专利技术聚类分析	64
5.3	三一重工股份有限公司	65
5.3.1	三一重工专利申请趋势分析	65
5.3.2	三一重工专利布局分析	66
5.3.3	三一重工重点技术分支分析	67
5.3.4	三一重工技术主题演化分析	68
5.3.5	三一重工专利技术聚类分析	69
5.4	徐工集团工程机械股份有限公司	70
5.4.1	徐工机械专利申请趋势分析	70
5.4.2	徐工机械专利布局分析	71
5.4.3	徐工机械重点技术分支分析	72
5.4.4	徐工机械技术主题演化分析	73
5.4.5	徐工机械专利技术聚类分析	74
5.5	本章小结	75
6	结论与建议	77
6.1	研究结论	77
6.2	研究建议	78
6.3	研究不足及未来展望	80
	参考文献	81

附录 A 攻读硕士学位期间的研究成果	85
致 谢	86

图目录

图 1-1 工程机械研究流程图	8
图 3-1 国外工程机械技术专利申请趋势	16
图 3-2 国外工程机械领域技术专利流向图	17
图 3-3 国外工程机械专利技术构成图	18
图 3-4 国内工程机械技术专利申请趋势	20
图 3-5 国内工程机械技术专利技术生命周期	20
图 3-6 国内工程机械分选装备技术区域分布图	21
图 3-7 国内工程机械技术领域专利法律状态	24
图 3-8 国内工程机械专利 IPC 主分类号申请数量分布	25
图 3-9 国内工程机械协同创新专利趋势图	26
图 3-10 国内工程机械专利许可质押转让趋势图	27
图 3-11 工程机械技术路线图	28
图 4-1 国内工程机械重点技术分支专利申请趋势	33
图 4-2 国内路面机械申请人合作网络结构演化图	36
图 4-3 国内混凝土机械申请人合作网络结构演化图	39
图 4-4 国内起重机械申请人合作网络结构演化图	41
图 4-5 国内土方机械申请人合作网络结构演化图	45
图 4-6 路面机械改进技术路线图	50
图 4-7 混凝土机械改进技术路线图	50
图 4-8 起重机械改进技术路线图	52
图 4-9 土方机械改进技术路线图	54
图 5-1 广西柳工机械股份有限公司专利申请趋势图	61
图 5-2 广西柳工 IPC 技术分布趋势图	62
图 5-3 广西柳工重点技术分支分布趋势图	63
图 5-4 广西柳工技术主题演化	64
图 5-5 广西柳工专利技术聚类图	65
图 5-6 三一重工专利申请趋势图	66
图 5-7 三一重工 IPC 技术分布趋势图	67
图 5-8 三一重工重点技术分支分布趋势图	68
图 5-9 三一重工改进技术主题演化	69
图 5-10 三一重工专利技术聚类图	70
图 5-11 徐工机械专利申请趋势图	71
图 5-12 徐工机械 IPC 技术分布趋势图	72
图 5-13 徐工机械重点技术分支分布趋势图	73
图 5-14 徐工机械改进技术主题演化	74
图 5-15 徐工机械专利技术聚类图	75

表目录

表 2-1 工程机械技术分解表	14
表 3-1 工程机械专利 IPC 含义	17
表 3-2 工程机械专利 IPC 含义	25
表 4-1 1984—2024 年混凝土机械专利申请人合作网络特征指标演化表	40
表 4-2 1985—2024 年起重机械专利申请人合作网络特征指标演化表 ...	42
表 4-3 1983—2024 年土方机械专利申请人合作网络特征指标演化表 ...	46
表 5-1 申请人名称标准化.....	57
表 5-3 国内工程机械领域主要创新主体	59

1 绪 论

1.1 研究背景及意义

1.1.1 研究背景

工程机械是指用于凡土石方施工工程、路面建设与养护、流动式起重装卸作业和各种建筑工程所需的综合性机械化施工工程所必需的机械装备的统称，是中国装备制造业的重要组成部分^[1]。这些设备广泛应用于国防建设、交通运输、能源开发与生产、矿山等原材料工业、农林水利建设、工业与民用建筑、城市发展以及环境保护等领域^[2]。

国内工程机械行业起步较晚，1978 年实行改革开放后开始快速发展，短短 40 年取得了令人瞩目的成就。2024 年 6 月，英国《国际建筑》杂志发布“2024 年全球工程机械制造商 50 强榜单”，国内知名工程机械制造企业徐工集团、三一重工、中联重科、柳工机械等 13 家中国企业上榜，且上榜中国企业数量最多。成绩只能代表过去，工程机械行业正结合产品种类多、生产批量小、产品复杂、生产周期长、工艺复杂、生产组织难度大的行业特点，积极探索和寻找前沿科技的融合之路。虽然国内工程机械发展水平取得了一定成绩，但核心技术与国外先进工程机械设备仍有差距。关键零部件研发制造投入不足，部分核心零部件仍依赖国外进口。以工程机械重要组成部分液压元件为例，国产液压元件的承载能力、耐用性、可靠性、精确度、耐磨性等方面与国外知名企业相比，仍有较大差距，部分液压元件企业仍处于模仿和跟随阶段，自主创新能力不足。此外，工程机械与前沿科技结合的智能控制、精准作业、远程监测、远程故障诊断等新技术，国内基本只有龙头企业在研发，而国内大多数工程机械企业生产的产品面向于中低端市场。核心技术的研发、创新不足，势必会影响国内工程机械的发展^[3]。

基于当前发展现状，亟需深入探索工程装备制造领域前沿技术的创新发展路径。通过系统性地研究行业技术发展趋势、关键技术演进规律等核心问题，突破国内工程装备核心技术创新能力不足的瓶颈制约，推动产业产品结构优化升级，为国内工程装备关键技术的突破性发展提供科学指引，已成为当前重要的研究命题。

1.1.2 研究意义

以专利文献资料为依托，并融合多种研究技术，对工程机械设备专利进行周全的专利研究，找出工程机械设备的核心技术。针对工程机械热点技术的研究可促进该行业的技术革新，提高设备性能及运行效率，还能推

动企业研制出更有竞争力的产品，提高市场份额及经济效益，推进工程机械行业的升级步伐，从传统制造向高端制造的转型过渡。论文还计划在社会层面推进工程机械技术领域实现升级，通过引入环保技术及可持续发展策略，全力促进工程机械行业的绿色转型。这种多范畴的价值呈现，再次凸显了持续关注、钻研工程机械领域热点技术的重要性。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 国外研究综述

18 世纪末至 20 世纪初是国外工程机械发展初期阶段。18 世纪 60 年代，英国发起的第一次工业革命，开创了以机器代替手工工具的时代，蒸汽机成为重要生产工具^[4]。19 世纪初，美国发明家威廉·奥蒂斯设计了一台蒸汽动力挖掘机^[5]。之后，法国的 Louis Lemoine 就展示了一种蒸汽压路机的原型。1866 年，Aveling & Porter 公司制造了一台原型蒸汽压路机。20 世纪初至 20 世纪中叶是国外工程机械机械化阶段，早在 19 世纪法国发明家艾蒂安·勒努瓦发明了第一台内燃机，到 20 世纪内燃机的普及^[6]和钢结构的改进，推动了工程机械的机械化。

20 世纪中叶至 20 世纪末，属于国外工程机械液压阶段，众多工程机械的种类与品牌纷纷问世，液压技术开始把应用范围扩大至工程机械领域^[7]，法国的波克兰公司研制出首台液压式挖掘机^[8]，液压技术成熟的状态达成后，工程机械在控制操作上愈发灵活，20 世纪末过渡到 21 世纪初，国外工程机械进入到电子化与自动化阶段，挖掘机、推土机跟起重机都安装了电子控制系统，该控制系统不仅提高了设备的性能和可靠性，还为操作人员创造出更便利高效的工作体验^[9]。

21 世纪初至今则是国外工程机械智能化与绿色化阶段，智能控制系统更加先进和完善，能够实现对设备的精确控制和自动化操作。例如，挖掘机、装载机等设备配备了更加精准的位置传感器^[10]和力度传感器，提高了施工质量和效率。2024 年，电动^[11]、氢能^[12]、混合动力^[13]等新能源工程机械主机、关键零部件、检验检测、充换电^[14]、加氢等运维技术及设备得到了更广泛的应用。

国外工程机械技术发展呈现出智能化、绿色化、数字化、自动化的显著趋势，并在核心技术、产品结构、应用场景等方面持续创新。国外工程机械技术智能化发展已进入深度融合阶段，主要围绕无人化作业、数字孪生、AI 决策优化等方向展开，并已在矿山、建筑、物流等领域实现规模化应用。例如卡特彼勒和小松已推出无人驾驶矿卡和 AI 智能挖掘机，采用 GPS 高精度定位（厘米级）和激光雷达环境感知技术，实现自主作业。从

北欧的零排放建筑工地试点到加州的重卡零排放区，从欧盟的“绿色协议”到中国的“双碳”目标，世界各主要经济体正通过立法和市场机制加速工程机械的低碳转型。这一转型不仅涉及动力系统的革新，更涵盖材料科学、制造工艺、使用场景和回收体系的全面升级，呈现出多维度、全产业链协同的特征。工程机械自动化技术的发展与工业革命进程紧密相连，经历了从机械化到电气化，再到数字化、智能化的演进过程。20 世纪 90 年代被视为国外工程机械自动化发展的关键转折点，随着微电子技术向工程机械领域的渗透，现代工程机械开始向智能化和机电一体化方向快速发展。当前，工程机械自动化技术正朝着网络化协同和全流程自主化方向发展。5G 通信技术的应用使得多台工程机械能够实时共享数据和协同作业；数字孪生技术实现了物理机械与虚拟模型的同步互动；边缘计算和云计算相结合，为复杂的自动化算法提供了强大的算力支持。

1.2.2 国内研究综述

中国工程机械行业虽然起步较晚，但经过几十年的发展，已经取得了显著的进步^[15]。1949-1978 年是国内工程机械起步阶段。1949 年新中国成立，工程机械行业开始萌芽，主要依赖进口设备。到了 1950 年国内开始自主生产简单的工程机械，如推土机^[16]、机械式挖掘机^[17]、步行式长臂挖掘机^[18]等。随后 1960 年，第一批工程机械制造厂成立，如徐工集团^[19]（1960 年）、柳工集团（1958 年）等，为中国工程机械行业奠定了基础。

1978-1990 年是国内工程机械初步发展阶段。1978 年中国改革开放，工程机械行业进入快速发展期，市场需求增长^[20]。80 年代则是通过引入国际领先技术，促进行业技术水平的提升。例如，徐工与卡特彼勒合作^[21]，中国引进德国技术^[22]。80 年代至 90 年代初国内数家挖掘机公司利用自身的实力和丰富的挖掘机生产经验，纷纷在液压挖掘机的技术改造、试验研究、新产品开发方面下大功夫，改型或新设计开发的液压挖掘机其工作可靠性和作业效率得到很大的提高^[23]。

1990-2000 年是国内工程机械快速发展阶段。90 年代，市场经济体制确立，基础设施建设和城市化进程加速，工程机械需求激增^[24]。1994 年，三一重工成立，成为行业后来居上的重要企业^[25]。90 年代末，国内企业开始规模化生产，产品种类和质量显著提升，逐步替代进口设备。

2000-2010 年是国内工程机械高速发展阶段。自 2001 年中国加入 WTO，工程机械行业迎来国际化机遇，出口快速增长^[26]。2008 年全球金融危机，国家推出“四万亿”经济^[27]刺激计划，带动工程机械行业爆发式增长。到了 2010 年随着行业状况回暖，龙头企业持续扩大规模，其中有徐工集团、三一重工、中联重科等多家企业跻身全球前列^[28]。

2010 年至今是国内转型升级阶段。2011 年，工程机械行业进入调整期，市场需求从高速增长转向高质量增长。2012 年：三一重工收购德国普茨迈斯特^[29]，标志着中国企业开始国际化并购。2015 年，国家提出“中国制造 2025”战略，推动工程机械行业向智能化、绿色化转型^[30]。随后 2020 年，工程机械行业全面复苏，受益于新基建和“一带一路”倡议，出口大幅增长^[31]。2021 年电动化工程机械成为行业新趋势^[32]，多家企业推出电动挖掘机、电动装载机等产品。

国内工程机械技术演化呈现出从引进模仿到自主创新，再到智能化、绿色化、国际化的转型路径。根据《2025-2030 年中国工程机械行业发展趋势分析与未来投资研究报告》指出，我国工程机械行业虽已取得显著成就，但在核心技术领域与国际先进水平仍存在差距，特别是在液压元件、发动机、控制系统等关键部件上依赖进口的局面尚未根本改变。直到 2017 年国产品牌市占率 50.4%，2023 年提升至 86.8%，同时徐工、三一等企业在高端起重机、挖掘机等领域已具备全球竞争力，说明国内逐渐突破核心技术并且实现了国产化替代。工程机械行业正经历着由传统制造向智能制造的深刻变革，数字化、智能化转型已成为行业发展的主旋律。智能互联时代，以 5G、大数据、云计算、工业互联网、生成式人工智能为代表的新技术得到广泛应用，为工程机械的智能化发展提供了强大技术支撑。这一转型过程虽然面临技术、资金和人才等多重挑战，但无疑是行业未来发展的必然方向。在“双碳”战略目标的推动下，中国工程机械行业正加速向绿色化、电动化方向转型。2024 年 5 月，国务院印发《2024~2025 年节能降碳行动方案》，明确推动交通运输装备低碳转型，为工程机械的电动化发展提供了强有力的政策支持。这一政策背景下，国内龙头企业纷纷加大新能源产品研发投入，电动挖掘机、电动装载机、电动叉车等产品相继问世，推动行业能源结构逐步变革。与此同时，中国工程机械企业的国际化步伐正不断加快，技术输出能力显著提升。2023 年，中国工程机械出口量达 25.86 万台，其中挖掘机、升降工作平台和装载机三大品类占比达 88.56%，显示出中国制造在国际市场的强劲竞争力。中国工程机械正从传统的发展中国家市场向欧美高端市场突破，实现全球化布局。

1.2.3 国内外技术演化相关研究

工程机械是用于工程施工、基础设施建设以及工业生产中的各类机械设备的总称。其主要包括四大技术分支：路面机械、混凝土机械、起重机械和土方机械。这些设备在建筑、矿业、道路建设、桥梁施工、港口作业等领域发挥着重要作用。工程机械演化发展经历了多个阶段，以下是四大技术分支经演化要历程：

（1）路面机械

从 20 世纪起始到 20 世纪末期，属于国外路面机械早期发展阶段，内燃机的普及推动压路机、平地机等设备完成了动力方面的升级，采用液压系统增强了机械操作的精准度与效率^[33]，20 世纪末到 21 世纪中叶期间为国外路面机械发展的现代阶段，实施电子控制系统与自动化技术^[34]，增强了路面机械的精度与作业效率，21 世纪中叶起始直至现今的当代阶段，路面机械实现了在 GPS、传感器^[35] 及物联网技术^[36] 方面的运用，实现了施工实时进度的监控及优化调整。

20 世纪 50 年代以前国内路面施工还依靠依赖人力和简单工具，到 20 世纪 50 年代至 80 年代，中国开始引进国外先进技术和设备，通过消化吸收，逐步实现了自主生产^[37]，如压路机和平地机。20 世纪 90 年代，国产路面机械开始向现代化发展并且进入大规模生产阶段^[38]，产品种类逐渐丰富，性能显著提高，国产设备逐渐在市场中占据主导地位。21 世纪至今，随着国内高速公路网的逐步完善，路面机械市场需求激增^[39]。紧接着，GPS/GPRS 远程通信技术^[40]、传感器^[41] 在路面机械上的研究与运用。如今国内路面机械侧重环保与节能，电动和混合动力机械得到研发和推广，减少了对环境的影响。

（2）混凝土机械

1903 年，德国工程师 Stephen Stepanian 设计了第一台电动混凝土搅拌机，显著提升了搅拌效率。20 世纪初，混凝土搅拌机逐渐普及，主要用于小型建筑工程，结构简单，功能有限。二战后，建筑需求激增，推动了混凝土机械的快速发展^[42]。20 世纪 50 年代，液压技术的引入使设备操作更加灵活^[43]。20 世纪 70 至 80 年代，电动^[44] 和自动化控制系统应用于混凝土机械，提升了设备的精度和效率。21 世纪以来，环保要求促使国外混凝土机械向节能、低排放方向发展^[45]。

中国自 20 世纪 70 年代开始从日本和东欧国家引进混凝土机械，如混凝土搅拌机和混凝土搅拌站等^[46]。改革开放后，国内企业开始从欧美、日本等发达国家引进先进技术，并通过消化吸收逐步提升自身技术水平，国内还涌现出一批混凝土机械制造企业，如中联重科、三一重工等，开始在国内市场占据重要地位^[47]。进入 21 世纪，国内企业加大研发投入，逐步实现混凝土机械的数据化、智能化以及电信一体化^[48]。同时随着电子技术与自动化控制技术的不断进步，国内混凝土机械逐渐实现智能化^[49] 和自动化^[50]，提高了施工效率和精度。

（3）起重机械

国外工业革命带来了蒸汽机，极大地提升了起重机械的动力和效率。20 世纪初，电动机逐渐取代蒸汽机，成为起重机械的主要动力源。电动起

重机具有更高的效率和可控性^[51]。20 世纪 50 年代，液压技术开始应用于起重机械，提高了设备的操作灵活性和精度^[52]。70 年代至 80 年代，计算机控制和传感器^[53] 技术广泛应用于起重机械，提升了设备的自动化水平。21 世纪至今，通过物联网实现远程监控和故障诊断^[54]，提升了设备的智能化水平。

国内起重机械的发展也经历了不断革新。20 世纪 70 年代，中国开始从东欧国家引进起重机械，如履带式起重机^[55] 和汽车起重机。改革开放后，国内企业开始从欧美、日本等发达国家引进先进技术，并通过消化吸收逐步提升自身技术水平^[56]。之后在 80 年代至 90 年代，国内起重机械产品逐渐多样化，出现了塔式起重机、汽车起重机、履带起重机等新型设备，满足了不同行业和施工需求。随着经济和科技水平的快速发展，大型化和专用化是国内起重机械发展的主要趋势^[57]。同时，由德国推出的“工业 4.0”概念，即以智能制造为主导的第四次工业革命^[58]，通过该战略，将信息技术与物理系统深度融合，推动起重机械向智能化方向转型升级^[59]。

（4）土方机械

国外土方机械的发展历程可以追溯到 19 世纪，随着工业革命的推进和工程建设的需求，土方机械经历了从简单工具到复杂设备的演变。19 世纪中叶，随着蒸汽机的发明，出现了蒸汽驱动的土方机械，如蒸汽铲^[60] 和蒸汽推土机。20 世纪 70 年代，液压技术开始应用于土方机械^[61]，进一步提高了设备的控制精度和操作灵活性。21 世纪初，随着环保意识的增强，土方机械开始采用更环保的发动机^[62] 技术，以减少污染物的排放。近年来，国外土方机械行业也加速向智能化和自动化转型^[63]。设备能够通过传感器和自动化控制系统实现远程监控和自动化作业。

中国土方机械行业从 20 世纪 50 年代起步，当时主要以手工作坊和简易机械为主，生产规模小，技术水平低。20 世纪 70 年代，随着石油化工产业的兴起和大型工程项目的开展，土方机械行业进入快速发展阶段。20 世纪 80 年代至 90 年代是中国土方机械行业快速发展的阶段。国内企业开始生产各类土方机械，如液压挖掘机和挖掘装载机等^[64]，技术水平逐步提高。进入 21 世纪，随着国内经济的持续增长，基础设施建设投入加大，土方机械市场需求旺盛。

1.3 研究内容和研究思路

通过对工程机械专利数据分析，了解工程机械重点技术领域的不同发展时期，梳理工程机械的发展脉络，了解不同时期工程机械的技术演化，旨在创新主体的技术研发提供有力的参考。

1.3.1 研究内容

论文研究共分为六章内容，具体如下：

第1章，绪论。本章节首先详细介绍了研究的背景及其重要性，明确了工程机械重点技术与技术演化进程的研究范围，并对文章的核心内容和研究方法进行了说明。此外，本章还特别指出了论文的创新之处，为深入探讨后续章节奠定基础。

第2章，研究方法及数据来源。本章根据构建检索策略，将得到的工程机械专利数据进行数据筛选与处理，采用数理统计方法对处理后的数据进行量化分析，为研究提供数据支持。

第3章，工程机械领域专利发展态势分析。本章通过对国内外工程机械专利数据进行态势分析，其中包括：技术生命周期、法律状态、产业集群和主要技术构成等。

第4章，工程机械专利技术创新网络演化分析。本章采用社会网络分析方法，对工程机械重点技术领域的专利申请人合作网络的拓扑结构指标进行量化测度。同时，还对工程机械重点技术领域的技术发展路线进行深入分析。

第5章，工程机械主要创新主体技术热点分析。本章通过专利数据分析选取了三个重要创新主体：广西柳工机械股份有限公司、三一重工股份有限公司和徐工集团工程机械股份有限公司。然后依次分析了这三家公司的申请趋势、专利技术布局及技术演化。

第6章，结论与建议。根据论文实验得到的专利数据，总结工程机械的研究成果，同时还指出该行业目前发展的局限性，提出相应的建议，并探讨了未来工程机械的研究方向。

1.3.2 研究思路

首先，搜集国内外工程机械的发展现状、技术背景、应用领域及市场动态等相关资料；其次，基于所搜集的资料，编制工程机械关键技术的详细分解表，并据此确定检索关键词，进而构建针对性的检索表达式。这一过程包括对关键技术点进行细致分类和定义，从而确保检索词汇的准确性和检索式的有效性，为后续的数据搜索与分析提供坚实的基础。接着，利用 incoPat 检索平台进行数据检索，通过数据清洗和去噪，形成完整且准确的数据集；最后，对工程机械专利数据进行分析，对获取的相关数据进行标注和统计处理，并据此挑选适宜的分析方法与工具。此过程涉及对数据的系统性整理及初步分析，确保后续能够运用最恰当的技术手段进行深入探究。研究流程详见图 1-1。

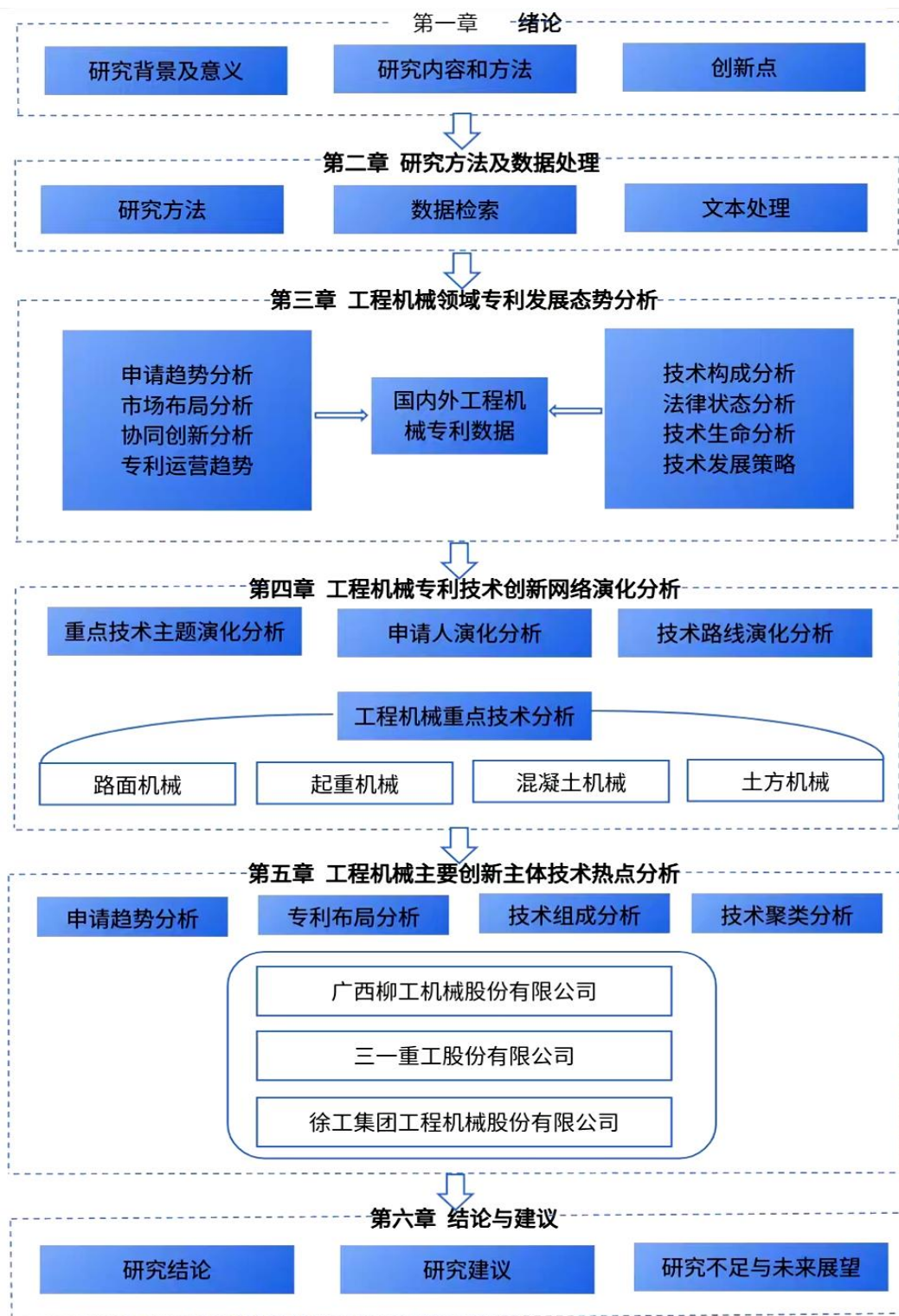


图 1-1 工程机械研究流程图

Figure1-1 Research Flow Chart of Construction Machinery

1.4 创新点

（1）通过运用专利信息对工程机械领域的态势进行研究，这一方法不仅深化了对该领域技术发展趋势的理解，同时也拓宽了专利情报分析的应用范围。

（2）对工程机械专利数据进行可视化分析，多维度对该领域的主要创新主体和关键技术进行演化研究。

2 研究方法及数据来源

2.1 研究方法

专利研究方法在技术创新和知识产权管理当中起着极为关键的效用，同时还是企业、学术机构以及政府部门搜集技术情报、制定战略规划、促进产业进步的关键途径，采用符合科学规范的专利研究举措，可充分挖掘专利信息价值并加以利用，带动技术提升、提高市场竞争水平，同时助力重点技术领域实现升级，进而支撑社会经济地可持续发展。

专利研究方法为企业开拓了一个有效的平台，让企业在激烈的市场竞争里识别新兴技术和潜在合作机会，同时也对企业规避侵权风险、有效配置资源有促进作用；从学术机构的角度看，这些方法可辅助追踪最新的科研动态与技术发展动向，为学术研究提供导向与支持；对于政府部门来说，可以凭借专利分析来评估国家或地区的创新能力高低，从而对科技政策的制定予以指导，以实现整体经济结构的优化升级。

如下是论文所采用的研究方法：

（1）文献分析法

在论文研究开展期间，最先对工程机械技术领域相关文献做了大范围的搜集，这一阶段的工作不仅囊括从各类学术数据库、行业报告以及政府发布的统计数据中获取的信息，还包含对重要专利文件和专业书籍进行检索得到的资料，在执行文献筛选的阶段，以如下几个标准为依据评估文献的质量：1. 文献的出版源头，优先选定来自高影响力学术期刊以及知名出版社的材料；2. 作者的专业领域背景及研究成果的既往记录，更倾向于引用此领域内经验丰富且贡献突出的相关作品；3. 文献期刊发表的时间，优先选用最新发布的数据与观点，以保障研究依托最新的行业动态和技术发展。

对经过筛选而选定的文献做详细阅读和深度的剖析，基于这一基础，对文献中的关键信息进行了整理归纳，并把不同出处的观点进行对比与整合，总结出具有代表性的观点，利用这种成体系的归纳手段，归纳出自己的观点与结论，这些结论不仅体现出目前工程机械的技术发展特征，还揭示了其中存在的挑战与机遇。

基于上述分析结果，构建了论文的研究框架与思路。该框架明确了研究的主要方向和目标，设定了合理的章节结构，并为每一部分制定了详细的研究计划。通过这种方式，确保了整个研究过程逻辑清晰、论证充分，并能够为读者提供一个全面而深刻的视角，以理解工程机械技术领域的发展现状及其未来走向。

（2）文本聚类分析法

运用 incoPat 专利数据库对工程机械领域的专利进行了大范围的初步检索，为保证数据的全面性与准确性，论文会执行多次反复的检索策略，以覆盖全部相关的专利档案，经过这一流程，将收集到大量原始专利数据，这些数据含有从早期到近期的各类技术发展详情。

当处理收集到的原始专利数据时，要开展全面的数据清洗及预处理工作，包含去掉重复记录、修正数据谬误及统一数据格式等一系列做法，这些举措旨在提升数据的整体质量与准确性，经严格筛选、处理后的专利数据被用作分析样本，为保证后续分析可靠且有效。借助 ITGinsight 软件对处理好的专利数据做了进一步的预处理，ITGinsight 作为专业的数据分析工具，可以实施复杂的数据挖掘与文本分析等相关任务，依靠此款软件，可以执行多项关键流程，诸如执行关键词抽取、主题分类、同现网络构建等，进而为深入开展专利分析奠定了坚实的基础。

（3）社会网络分析法

对工程机械领域的专利按照 IPC 分类，由网络图进行呈现，从图中可以明显看出工程机械不同技术类别之间的连接点，能更透彻地理解哪些技术彼此紧密相联，并且能够同时带动行业的发展。网络图还能用来追踪技术的变化趋势，展示哪些技术正在变成新的研究焦点，哪些技术逐渐失去关注度，这对于预估未来技术发展走向意义重大。

论文里还进一步对工程机械领域的重点申请人进行了网络图的呈现与解析，采用这种可视化手段，不仅能直观呈现重点申请人在该领域的布局及其相互关系，还能呈现技术合作模式、竞争态势以及技术创新热点的分布情形。经过分析网络图里节点大小或者连接密度，可鉴别特定技术领域里最有影响力的申请人或机构，这有利于明确谁是技术创新的主要贡献者，以及他们在工程机械产业里所处的位置。

（4）对比分析法

采用对比分析法对比工程机械重点技术分支的发展路径，利用归纳与对比方法的综合施行，将零散且欠缺系统性的数据进行整合，提升至系统化、理论化的级别，由此对比总结工程机械重点技术的演化轨迹与发展走向。就每个关键技术分支而言，深入跟进其从早期发展阶段到当下的技术演变进程。通过对比不同时段内技术的特点、创新亮点及应用情形，绘制出各技术分支的发展路径图，解析其演变规律与技术进步的关键节点。采用对比分析法，不仅提供了一个全面且深刻的视角以理解工程机械领域的技术创新动态，还为后续研究打造了坚实的理论后盾。

2.2 数据来源及检索策略

2.2.1 数据来源

以工程机械为检索主题，基于 incoPat 专利检索平台进行检索，检索日期设定为 2024 年 12 月 31 日，申请号合并后，检索出的全球工程机械专利的总数为 45976 件，来自中国的专利申请共计 31231 件，来自国外的专利申请有 14745 件。（由于工程机械领域中涉及外观设计的专利仅几千件，且外观设计不涉及核心技术，故而数据仅包含发明专利和实用新型专利。）

找准研究的核心主题，也就是工程机械领域内专利技术的发展走向，这一步骤对后续的数据收集与分析极为关键，它为整个研究奠定了方向。基于已确认的主题，选取 E02F（挖掘机、疏浚机、推土机等）、B66C（起重机、绞车等）、E01C（道路、铁路或机场施工机械）、F15B（流体压力执行机构；一般液压技术或气动技术）等国际专利分类号作为初步检索的基础。依据选定的分类号在 incoPat 专利数据库中进行初步检索，得到初步数据集，对这些初步检索结果进行分析后，筹划更为详细的检索策略，涵盖关键词选取、时间范围划定等内容，依照上述策略，在 incoPat 中构建了专门针对工程机械领域的检索式。对于工程机械专利检索关键词的选取，论文以工程机械核心设备为基础，选定四个重点技术领域即：路面机械、混凝土机械、起重机械以及土方机械。通过查找相关资料、阅读大量文献对四个重点技术领域的重点设备进行关键词扩充，其中覆盖了从传统基建到新兴应用的各类机械设备。同时在构建英文检索式时还需要注意工程机械领域，许多技术术语存在多种表达方式。例如，“挖掘机”在英文专利中可能表述为“excavator”、“mechanical shovel”或“digging machine”等多种表达。

构建的表达式综合考虑了多个维度的信息，诸如关键词、分类号码、申请人名称及申请日期等，以保证检索的全面性。为了进一步提高检索的精准度，需要阅读大量文献资料，对构建的检索表达式进行多次迭代式的检索，在实施这个过程中，还要对检索表达式中的关键词进行必要的补充与修改，以覆盖所有潜在的相关内容。对检索所得结果进行分类号的统计剖析，识别并排除了那些明显与研究主题不相关的分类号，进而降低了无关数据的干扰，通过多轮验证与优化，最终确定了一个可全面反映工程机械领域专利实际情况的总检索表达式。采用 incoPat 检索获取最终的统计数据，通过精炼后的数据，可进行更细致入微的分析，发掘工程机械领域的技术创新动向、关键技术及主要创新主体的演化路径。

2.2.2 专利数据文本预处理

专利数据的预处理是在对工程机械专利文献进行分析之前，对原始数据开展一系列的清洗及转换操作，从而使这些数据能在后续分析、文本挖掘或机器学习相关任务里发挥有效作用，这一过程对增强数据分析的质量与准确性极为关键，以下是专利数据预处理的关键步骤：

先要对收集到的工程机械原始专利文本数据进行初步整理，保证其能契合进一步分析的要求，其中包含数据清理的相关工作，去除无用信息、修正差错以及规整文本结构等，以关键词和分类号，配合人工形式对专利数据去噪，按照工程机械领域的技术分割表单，把专利文献系统性地划分到四个关键技术领域中，如此的分类形式不仅有益于细化研究范畴，还能更精准地把握各技术分支的发展变化和趋向，依靠这种细致的划分，可以给后续的技术分析及策略制定提供明确方向与支持。

接下来，通过使用 ItgInsight 软件对工程机械专利数据的“标题”和“摘要”进行关键词筛选。详细步骤如下：将这些经过初步整理的数据保存到 Excel 然后导入该软件，在该软件中选择术语长度为“2-4”，得到工程机械主题词并以 txt 的格式进行保存，经过人工查阅，将与工程机械领域热点技术不相关的主题词提取到单独的 Excel 中，建立“停用词”文档。以同样的方法，利用 ItgInsight 软件对工程机械数据进行处理，选取与热点技术相关的关键词，建立“主题词字典”文档。

随后还需开展细致的数据清洗工作，把上述得到的“停用词”文档跟“主题词字典”文档导入 ItgInsight 当中，调整主题词来源为摘要及标题部分，在系统设置中挑选“仅限主题词”模式，进而启用“中英文混合使用”的对应选项，把时间选为 1924 年 1 月 1 日到 2024 年 10 月 30 日，同时把系统中的时间、作者、机构、国家、省份、出版物、项目、关键词、主题词勾选上，最后依靠 ItgInsight 对清洗的数据实施可视化处理。

依据上述一系列预处理措施，工程机械领域的专利文本数据经处理后优化，为后续的研究工作奠定了坚实的基础，这种方法不光提升了数据的精准度，也为整个研究项目的有效实施筑牢了稳固的根基。

2.2.3 技术分解表

技术分解表是专利分析和技术创新的重要工具，它可以系统地对技术主题进行梳理，把专利检索和分析流程进行优化，促进高价值专利布局，而且为技术研发以及市场决策提供科学的参考，基于相关资料及文献对工程机械领域技术设备进行类别划分，如表 2-1 所示：

表 2-1 工程机械技术分解表

Table2-1 Technical Decomposition of Construction Machinery

一级分支	二级分支	三级分支
路面机械	沥青搅拌设备	
	沥青摊铺机	
	水泥摊铺机	
	碎石撒布机	
	稳定土设备	
混凝土机械	布料车	
	布料杆	
	混凝土泵	
	混凝土搅拌机	
	混凝土搅拌站	
	混凝土摊铺机	
起重机械	轮式起重机	汽车起重机
		越野轮胎起重机
		全路面起重机
		随车起重机
	门式起重机	门式起重机
		简易梁门式起重机
		冶金专用门式起重机
	桥式起重机	单主梁桥式起重机
		双梁桥式起重机
		欧式桥式起重机
		箱型梁桥式起重机
	塔式起重机	塔式起重机
		塔吊
土方机械	铲运机	
	平地机	
	推土机	
	挖掘机	
	装载机	

3 工程机械领域专利发展态势分析

以国内外工程机械领域的关键词和 IPC 分类号为基础构建检索表达式,采用 incoPat 专利数据库,按照给定的检索条件下载国内外相关领域的原始数据,通过人工审查、关键词匹配和分类号标注的方法对下载所得的专利文档进行筛选,利用这一阶段,辨认并剔除无关文献,进而获得精准反映工程机械领域的专利数据。

为保障数据具有准确性与代表性,在数据预处理阶段,不仅借助了自动化工具对关键词和分类号进行初步的过滤,还添入了人工审核阶段,以进一步提升数据集的质量水平,这种双重验证机制可消除潜在的误差情况,让最终获得的数据既全面又真实可靠,合乎学术研究中的严格规范。

3.1 国外工程机械技术领域专利信息分析

3.1.1 国外工程机械领域专利申请趋势分析

国外工程机械领域相关专利申请共 14745 件,图 3-1 是工程机械专利申请趋势图,由图可知,专利申请数量总体呈现出稳步增长的趋势。国外创新主体于 1916 年开始出现该领域的专利申请,其申请涉及一种轮式起重机,主要用于装卸重物和安装作业。由于其机动性好、转移方便的特点,在风力发电机的安装过程中,能够快速、高效地完成安装任务,显著缩短工期。由于 1916 年至 1973 年间处于世界第一次世界和第二次世界大战,生产力遭到破坏、工业生产力下降,经济长期处于萧条阶段,故而工程机械发展受到阻碍,该期间工程机械处于发展初级阶段。1976 年至 1988 年是国外工程机械领域专利数量快速增长期,1988 年专利数量最多,共计 448 件。这一时期,内燃机和电机的发明及应用极大地推动了工程机械的发展。同时第二次工业革命的推动使得机械制造技术得到了飞跃式的发展。蒸汽机、内燃机和电机的广泛应用,极大地提升了生产效率和机械性能,使得工程机械在多个领域实现了广泛的应用。1989 年至 1998 年工程机械专利申请趋势开始下降,在这段时间内,全球经济经历了多次波动,包括广场协议后的日本经济泡沫、1990 年的全球经济低迷以及 1997-1998 年的亚洲金融危机。这些经济波动对工程机械行业产生了显著影响,导致需求减少和产能过剩。往后 1999 年至 2009 年,国外机械专利申请趋势趋向平缓。2010 年至 2018 年,国外工程机械专利申请整体趋势持上升状态,到 2012 年实现专利申请数量小高峰,共有 427 件。这一阶段工程机械行业的技术水平持续提升,自主创新能力不断增强,产品结构也不断优化,智能化和自动化将成为工程机械行业的主流发展趋势。

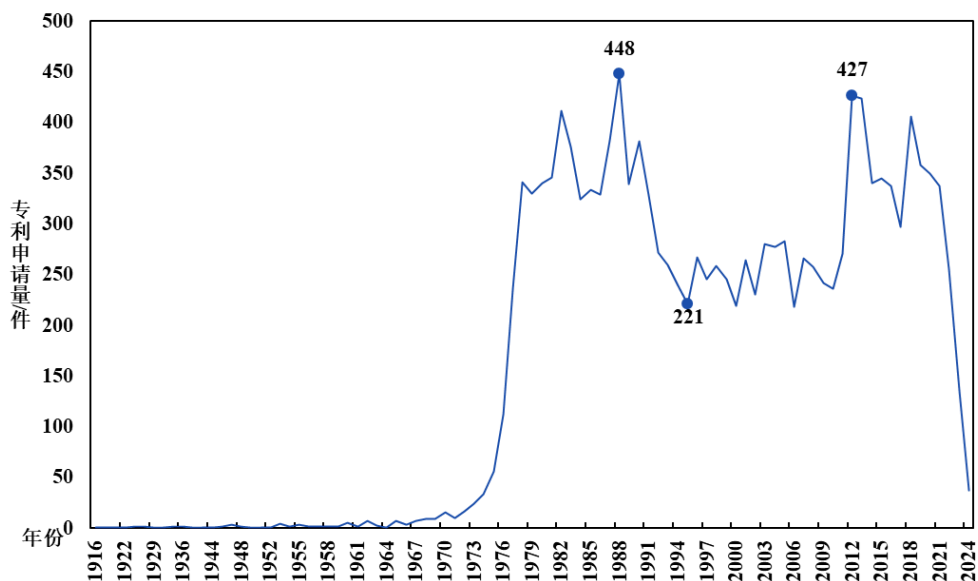


图 3-1 国外工程机械技术专利申请趋势

Figure3-1 Trend of Foreign Engineering Machinery Technology Patent Applications

3.1.2 国内外工程机械领域专利市场布局分析

图 3-2 是国内外工程机械领域技术专利流向图，首先注意到，在国际工程机械技术领域，其技术分布明显不均衡。该领域专利申请总量占比最大的国家是中国，专利申请量为 31232 件，创新主体布局和技术输出主要集中在本国。其次专利申请量最多的是日本，专利申请量为 3781 件。日本工程机械企业国际市场中展现出显著的竞争优势，特别是在技术创新、产品结构调整和海外市场拓展方面表现突出，是主要技术输出国之一。尽管在法国、韩国、德国等国家有少量布局，且在美国申请了 310 件专利，但绝大多数的专利布局仍然在本国，值得一提的是，其在国内申请的数量同样也是最大的，为 3232 件，技术输出较少，说明其目标市场主要还是在在本国。排名第三的美国同样主要是在本国申请，其主要输出国为加拿大，申请量达到了 212 件。美国和德国在工程机械领域的合作涉及展会参与、市场合作、企业并购、研发合作等多个层面，这些合作促进了两国工程机械行业的发展和技术进步。除以上两个国家，其他国家韩国、德国以及加拿大也都非常重视工程机械领域的发展，他们的创新主体布局主要集中在本国，其次技术输出主要国家是美国，各国通过创新、与美国产业链进行合作、同时政府支持以及环保和可持续发展的战略，推动了各自国家工程机械行业的进步和国际竞争力。

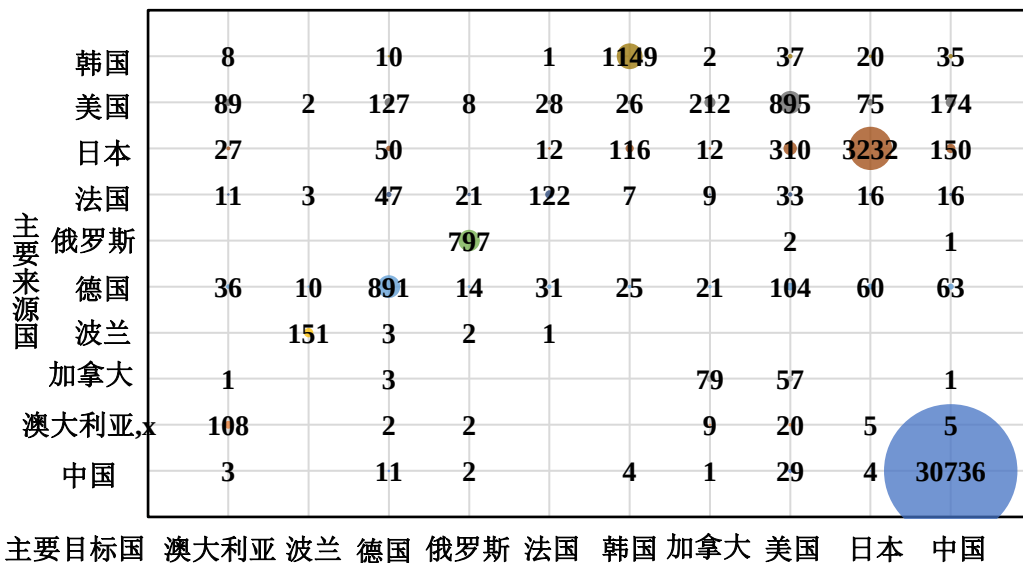


图 3-2 国内外工程机械领域技术专利流向图

Figure3-2 Flow Chart of Technical Patents in the Field of Foreign Construction Machinery

3.1.3 国外工程机械领域主要技术构成分析

在企业技术知识复杂性的测量中，IPC 分类被用来代表专利中包含的技术元素。多个 IPC 分类的涉及表明了复杂的知识结构，这反映了企业的技术知识复杂性。

图 3-3 是国外工程机械专利排名前 10 的 IPC 技术，结合表 3-1 可知，国外工程机械专利主要集中在 E 部，即固定建筑物相关的技术领域。值得注意的是，在这一大类中，技术领域 E02F3/76（平土机）成为了最为集中的部分，共 945 件，说明各国创新主体更侧重于平地机、推土机等领域的研究。专利申请量排名第二 IPC 是 E02F3/40（铲斗；挖土），共 669 件，该 IPC 涉及的技术领域主要是土方机械，可以看出土方机械中挖掘机设备是国外创新主体的主流研究方向之一。而专利申请量排名第三的 IPC：E02F9/22（液压装置）、排名第六的 E02F3/43（控制程序）、排名第七的 E02F3/34（挖斗臂）以及排名第十的 E02F9/00（一种挖掘机或疏浚机的部件），同样主要涉及土方机械这一技术分支的挖掘机设备，同时根据 Off-highway 的数据显示，2021 年全球土方机械销量为 129 万台，销售额约为 1230 亿美元，挖掘机是最大的细分市场。这表明土方机械在全球工程机械市场中占据重要地位。土方机械在国外市场具有显著的重要性，在全球工程机械市场规模中、在不同区域市场的需求、技术发展、市场份额和市场增长潜力中都是不可或缺的。

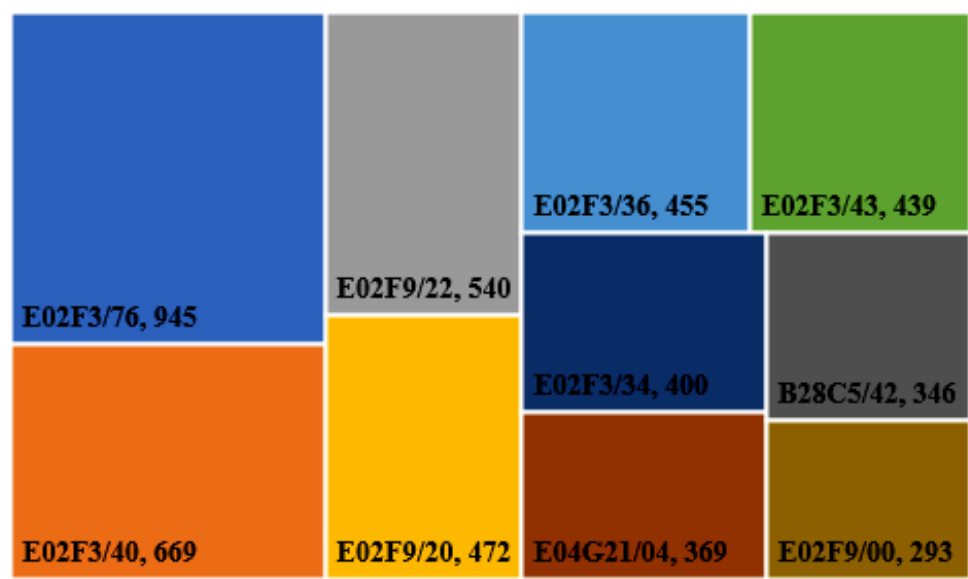


图 3-3 国外工程机械专利技术构成图

Figure3-3 Composition of Foreign Engineering Machinery Patent Technology

表 3-1 工程机械专利 IPC 含义

Table3-1 Meaning of IPC for Engineering Machinery Patents

序号	IPC 主分类号	IPC 含义
1	E02F3/76	平土机，推土机，或带刮板或与犁斗类似的部件的机具（土壤加工入 A01B）；平整设备
2	E02F3/40	铲斗；挖斗
3	E02F9/22	液压或气压驱动装置
4	E02F9/20	驱动装置；控制装置
5	E02F3/36	结构部件
6	E02F3/43	铲斗或挖斗位置的控制；驱动操作的程序控制
7	E02F3/34	挖斗臂可旋转地直接装在牵引机或自动推进机的机架上
8	E04G21/04	既能用于输送又能用于布配的设备
9	B28C5/42	专门适用于装在车上用于在运输时搅拌的装置
10	E02F9/00	不限于从 3/00 至 7/00 内所属的一种挖掘机或疏浚机的部件

3.2 国内工程机械领域专利信息分析

3.2.1 国内工程机械领域专利申请趋势分析

国内工程机械专利申请趋势如图 3-4 所示，图中包括专利类型及专利申请趋势。由图可知，国内在 1983 年申请了第一件工程机械领域的专利，

该专利涉及土方机械的推土机设备。国内相较于国外在工程机械领域起步较晚，这可能由于早期的中国正处在西方国家严密封锁之中，技术信息十分闭塞，工程机械技术人员在十分艰苦的条件下进行研究和开发工作。由于技术水平落后，市场长期被国外垄断，导致国内工程机械设备在 1983 年至 2000 年发展缓慢。2001 年至 2012 年，国内工程机械领域专利申请趋势处于缓慢增长阶段。该阶段中国经济正处于快速发展阶段，但工程机械行业可能还没有完全跟上整体经济发展的步伐，因此在专利申请方面增长缓慢。同时在该时期，中国工程机械行业可能还没有完全形成成熟的市场和政策环境，这也影响了专利申请的快速增长。2013 年到 2014 这两年，专利申请的幅度稍微有所下降，这或许是国内工程机械专利市场从快速增长过渡到稳定增长的调整阶段，企业或许在这段时期更看重专利的质量与效益，并非只看重数量的增长。2015 年至 2020 年这一阶段，国内专利申请量呈直线上升，到 2020 年时申请量达到峰值，合计有 3856 件。这体现于两个维度：2013 年之后中国出台了《促进中小企业专精特新发展指导意见》，开始逐步加大对专精特新企业的税收优惠力度，这些政策显著地激励企业加大研发投入，进而拉动了专利申请量的上升；企业研发经费支出呈现出稳定上涨的趋势，与前一年度对比，有效发明专利平均研发投入明显增多。这暗示企业在技术创新与研发投入不断增加，进而助力工程机械领域专利申请量的上涨。自 2021 年起至今，国内专利申请呈下滑趋势，这大概是由于目前工程机械行业可能受政策调整与市场环境变化的作用，这些因素会促使企业在专利申请时更为小心。蓝皮书也说明，在压实机械、隧道掘进机械、桩工相关机械、市政及环卫机械、应急救援机械和农业生产机械等领域，从 2012 年往后，全球专利申请量呈现持续增长的趋势，反映出行业各领域此兴彼衰的情形，某些领域正慢慢过渡为技术创新的新兴热点，这大概显示国内工程机械行业的技术创新重点也在发生转移，进而影响到专利申请的总体数量。

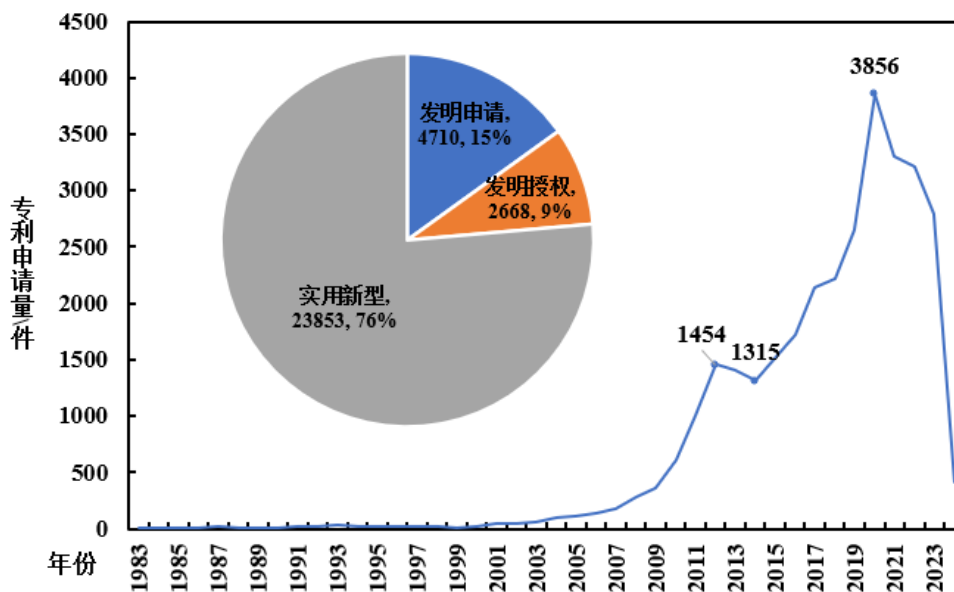


图 3-4 国内工程机械技术专利申请趋势

Figure3-4 Trend of Domestic Engineering Machinery Technology Patent Applications

3.2.2 国内工程机械领域专利技术生命周期分析

采用技术生命周期分析法，明晰工程机械技术领域内主题演变的结构路径，图 3-5 呈现出中国境内工程机械行业技术生命周期的详细情形，该图不仅显示了时间轴上的动态起伏，还详细地勾勒出专利申请次数和参与者数量随时间推进的发展情形，鉴于之前的章节已经对整个行业成长阶段做了全面介绍，因而在当前小节，聚焦于申请人数量的变化趋势，以实现更深入的理解。

专利申请的数量和申请人数量均表现出持续上升的趋势，这体现了工程机械行业中创新活动的活跃度比较高，针对 2000 年以前这个阶段的数据，鉴于当时专利申请数量未超过 100 件，同时申请人较少，若在图表中展示相关数据，会引发标签重叠情况，故而这部分数据在此图中不呈现，仅针对 2001 年起的数据开展分析。由图中可以发现，自 2001 年起至 2009 年期间，这是工程机械行业发展的一个起步阶段，每年专利申请量均未冲破 400 件关口，每年参与申请的人员数量亦未超 300 人，这一阶段中国工程机械行业处在技术积累与技术能力构建的起始阶段，技术水平整体偏低，缺少足够的技术储备以及创新能力，从而限制了行业规模的拓展与热点技术的革新。

由图所示，2010 年至 2021 年，中国工程机械行业在经历了初期的高速增长后，进入了调整期，随后又迎来了新一轮的增长。在该发展阶段，专利申请的数量以及申请人的数目呈现出显著的增长趋势。特别是到了

2012 年，专利申请量实现了里程碑式的突破，达到了超过一千件的水平，申请人近 500 人，直至 2020 年，专利申请量达到顶峰，共计 3856 件。该时期国内工程机械行业的快速发展期，也属于工程机械技术的发展期。行业整体呈现出波动增长的态势，原因有两方面，一方面与国家宏观经济政策、基础设施建设投资以及国际市场的需求变化密切相关，另一方面行业规模快速增长，技术进步显著，产品种类和市场范围不断扩大，同时伴随着政策的支持和市场的积极响应。

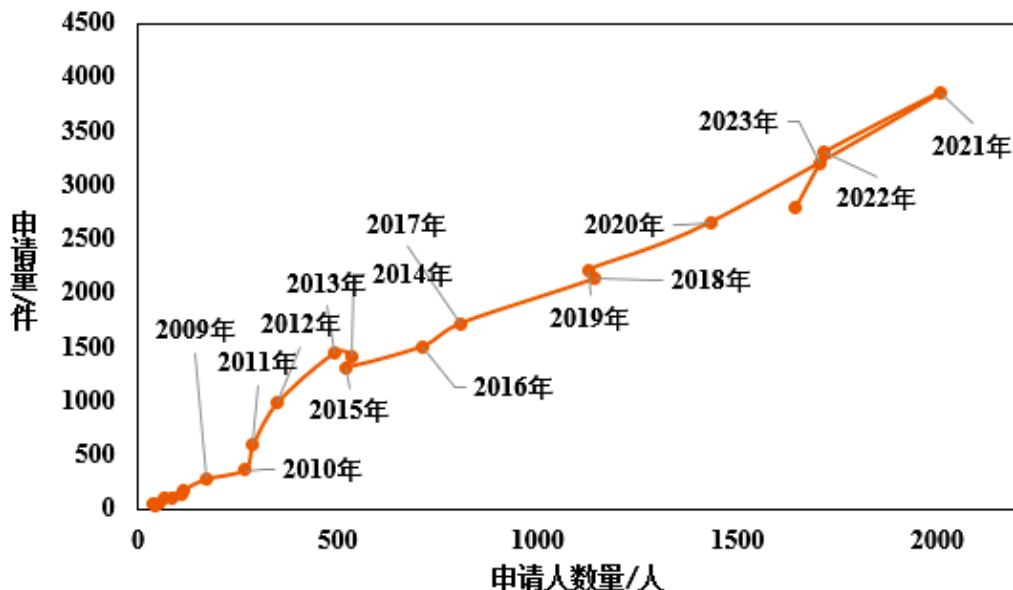


图 3-5 国内工程机械技术专利技术生命周期

Figure3-5 Domestic Engineering Machinery Technology Patent Technology Life Cycle

3.2.3 国内工程机械领域各省市专利分布情况

通过分析专利的地域分布以及申请人的分布状况，可以洞察国内工程机械设备研究的集中程度。在本部分中，利用 Tableau 软件绘制了国内工程机械领域的技术区域分布图。首先，使用 Excel 软件对原始专利文档中的申请人所在省份的申请数量进行了统计。随后，将这些专利数据导入至 Tableau 平台。在 Tableau 中，选择标记选项里的地图功能，并将工程机械专利的数量以及各省市的标识拖拽到标签栏位。同时，将省市名称、纬度和经度的信息也添加到了详细信息栏位中。接着，调整了图表的颜色和字体大小，最终生成了一张反映国内工程机械技术区域分布的地图。如图 3-6 所示。

国内工程机械行业专利申请的核心区域聚焦在江苏、山东、河南、浙江、广东、福建、安徽、广西、北京、上海等省份，这些地区所涉及的专利申请总数均超一千件，合起来占据全国总申请量的 75.21%，于上述地区

而言，江苏省的专利申请数量最多，达到了 5448 件。进一步分析得出，江苏省徐州市是专利申请集中程度最高的城市，合计提交了 1892 份申请，而该市专利申请规模最大的实体是徐工集团工程机械股份有限公司，其呈交了 503 件申请，占到徐州市总申请量的 26.58%，国内工程机械领域中，山东省的专利申请量排第二，累计提交了 4723 件相关申请，占据全国总量的 15.12%，于山东省内而言，济宁市是该省专利申请的主要源头地，其主要创新主体——山推工程机械股份有限公司，总计提出了 537 件申请，大约占据济宁市全部申请量的 58.68%。

国内工程机械领域专利技术相关的创新主体主要集中在东、中部地区，这与这些地区的经济发展速度、工业基础积累以及政策支持的有效性密切相关，江苏作为国内工程机械领域的主要基地，其专利申请数量远远超过其他省份，此现象可从多个维度来进行解释：江苏省存在一批创新能力较强的企业（徐工集团、三一重工等），这些企业不断在工程机械领域提升研发水平，拉动了专利申请数量的上涨；江苏省在多个技术领域的创新能力表现突出，尤其在人工智能、电商、半导体、软件、加工制造这些领域，专利数量增长速度迅猛，这些领域的快速拓展为工程机械行业的技术创新提供了有力支持。



图 3-6 国内工程机械分选装备技术区域分布图

Figure3-6 Regional Distribution of Intelligent Ore Sorting Equipment Technology in China

3.2.4 国内工程机械领域专利法律状态分析

图 3-7 展示了国内工程机械技术领域发明专利和实用新型专利的法律状态分布情况。从这些数据中可以得出一些有价值的见解：首先，发明专利申请共计 7378 件，其中 1402 件（占比 19%）处于审中状态，这表明有一部分发明正在接受审查。进一步细分，有 1319 件处于实质审查阶段，这意味着它们已经通过了初步审查，并正在经历更加严格的审查程序以确定是否能够获得授权。这说明在未来一段时间内，随着这些专利逐步完成审查流程，预计会有一批新的发明专利得到授权，从而为该领域的技术创新提供更多的法律保护和支持。其次，有效状态的发明专利共有 2137 件，占总数的 29%。这一比例反映了当前市场上活跃的技术创新成果，它们已经被认为具有足够的新颖性、创造性和实用性，因而得到了法律的认可和保护。有效专利的数量是衡量一个行业或地区创新能力的重要指标之一，它不仅体现了现有技术水平，还预示着未来的研发方向和技术发展趋势。再者，失效专利数量达到了 3939 件，占比高达 52%。这部分专利由于各种原因未能维持其有效性，包括未缴纳年费（531 件，占比 7%）以及被驳回的专利（1110 件）。未交年费可能是由于专利权人认为维持成本过高或者专利不再具备商业价值；而驳回则可能是因为在审查过程中发现不符合专利法的要求。失效专利的数据提供了关于市场动态和技术生命周期的重要信息，帮助理解哪些技术可能正在失去竞争力或是已被更先进的解决方案所取代。

关于实用新型专利的数据表明，总共提交了 23,853 份申请。在这之中，有 12,229 项专利目前处于有效状态，而 11,624 件则已失效，二者分别占据了总量的 51%与 49%。在失效专利中未缴年费有 10178 件，占比 43%，期限届满共计 1006 件专利，占比 4%。实用新型有效专利数量远超发明有效专利数量，这说明工程机械领域技术快速发展，实用新型专利由于其快速的审查和授权流程，能够更快地保护技术创新，该因素降低了申请门槛，使得更多的发明创造选择申请实用新型专利，从而增加了工程机械有效专利的数量。

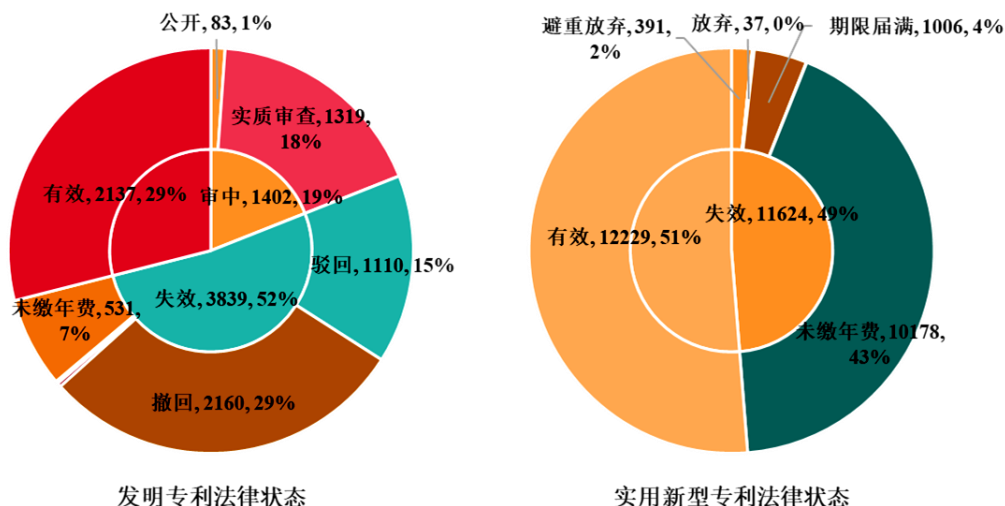


图 3-7 国内工程机械技术领域专利法律状态

Figure3-7 Legal Status of Patents in the Domestic Engineering Machinery Technology Field

3.2.5 国内工程机械领域专利技术构成分析

图 3-8 是国内工程机械专利 IPC 主分类号申请数量分布，表 3-2 是工程机械专利 IPC 含义，结合来看，国内工程机械领域专利申请涉及结构特征或零件改进（B66C23/62）的专利最多，共计 1821 件，占比 18.69%；其次是绕垂直或陡斜轴线运转的搅拌器（B28C5/16），共计 1490 件，占比 15.30%；不限于从 3/00 至 7/00 内所属的一种挖掘机或疏浚机的部件（E02F9/00）相关专利共计 1089 件，占比 11.11%；具有在固定或可移动的桥架或门架上行走的台车或小车的起重机（B66C19/00），共计 1003 件，占比 10.29%。

根据 IPC 分布数据来看，国内工程机械的研发核心主要在土方机械和起重机械，根据《2024-2029 年中国工程机械行业全景调研与发展战略研究报告》显示，2024 年中国工程机械总产值预计达到 1.6 万亿元，同比增长 8.6%。挖掘机、装载机、起重机、压路机、推土机等是工程机械行业的主要产品，其中挖掘机市场全年销量预计将突破 20 万台，装载机市场全年销量预计将突破 15 万台。技术创新是推动工程机械行业发展的重要动力。预计未来将有更多具有自主知识产权的核心技术和产品涌现，特别是在土方机械和起重机械领域。

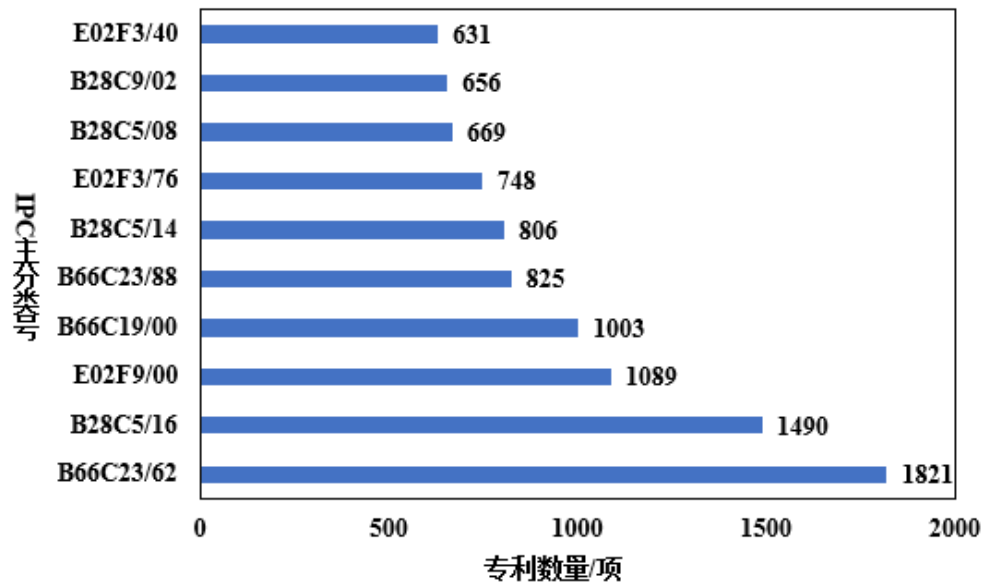


图 3-8 国内工程机械专利 IPC 主分类号申请数量分布

Figure3-9 Distribution of Number of IPC Main Classification Number Applications for Domestic Construction Machinery Patents

表 3-2 工程机械专利 IPC 含义

Table3-3 Meaning of IPC for Engineering Machinery Patents

序号	IPC 主分类号	IPC 含义
1	B66C23/62	结构特征或零件
2	B28C5/16	具有绕垂直或陡斜轴线运转的搅拌器
3	E02F9/00	不限于从 3/00 至 7/00 内所属的一种挖掘机或疏浚机的部件
4	B66C19/00	具有在固定或可移动的桥架或门架上行走的台车或小车的起重机
5	B66C23/88	安全装置
6	B28C5/14	具有绕水平或基本水平轴线运转的搅拌器
7	E02F3/76	平土机，推土机，或带刮板或与犁斗类似的部件的机具
8	B28C5/08	用机械驱动装置实施搅拌的
9	B28C9/02	生产黏土或水泥与其他材料的混合料的
10	E02F3/40	铲斗；挖斗

3.2.6 国内工程机械领域协同创新专利分析

协同创新专利数量是衡量企业与外部其他创新主体进行协同创新程度的重要指标。数量越多，表明企业越倾向于进行协同创新，与外部企业的合作更加频繁和深入。

图 3-9 是国内工程机械协同创新专利趋势图，图示，在 1510 件协同创新专利中，实用新型的专利数量比较多，共计 1081 件，占到了总协同创新专利的 72%，其次共有 429 件发明申请，占比为 28%。2001 年至 2004 年，中国工程机械协同创新专利数量增长缓慢；在 2005 年至 2012 年，该领域协同创新专利数量开始平稳增长；直到 2013 年至 2017 年，专利数量相对持平，该领域的市场需求和技术创新之间可能达到了一种平衡状态，没有新的重大技术突破或市场需求激增，协同创新专利的数量可能会保持稳定；2018-2020 年，可以观察到一个显著的增长趋势，特别是在 2019 年和 2020 年间，专利申请的数量出现了较为明显的同比增长，在 2020 年国内协同创新专利数量达到顶峰，共有 176 件，这说明工程机械行业已经由传统的劳动密集型产业逐步转变为技术密集型+知识密集型产业，企业竞争方式由注重价格竞争逐步向以高价值专利为支撑的高附加值竞争方式转变。

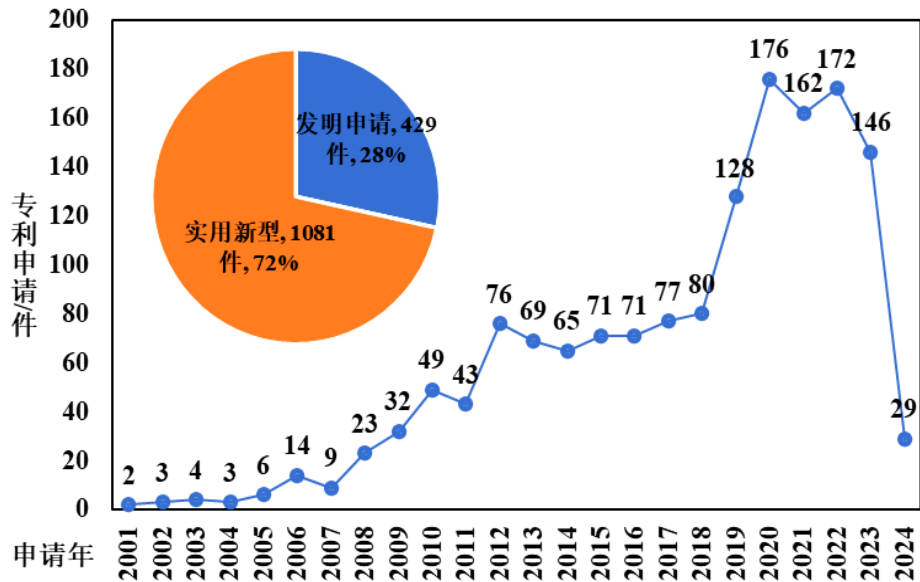


图 3-9 国内工程机械协同创新专利趋势图

Figure3-10 Trend of Collaborative Innovation Patents in Domestic Construction Machinery

3.2.7 国内工程机械领域专利运营趋势

专利运营有助于推动专利成果更好更快地转化为现实生产力，促进技术创新和专利成果的产业化。图 3-10 是国内工程机械专利 2001 年到至今的许可质押转让趋势图。由图可知，在国内工程机械领域的专利运营情况中，涉及转移或转让的专利数量最多，共有 1842 件；其次是质押专利，共有 348 件；排名最后的许可专利共有 175 件。

对于专利运营而言，转让专利排名首位，2001 年至 2011 年这一阶段，转让专利呈不断上升的趋势，2011 年达到小高峰，累加起来有 118 件；2013

年至 2020 年这一阶段，专利数量虽有轻微的起伏，但整体趋势是逐渐上升的，到 2020 年的时候专利数量达到最高值，合计有 229 件；然而从 2020 年之后，转让专利的数量逐渐下降，随着智能化、自动化及信息化技术的广泛应用，这些先进手段将成为引领工程机械行业创新的核心驱动力，进而引领整个行业的进步与发展，工程机械产品将进一步实现智能化、高效化和绿色化。应市场需求，企业兴许更聚焦内部研发以及利用这些前沿技术，而不是借助转让来实现技术更新。

专利权质押是指以专利权中的财产权作为质押标的物，当债务人届期不履行债务时，债权人有权以该专利转让的价款优先受偿，这种质押属于权利质押^[65]。由图所示，2001 年至 2009 年，质押专利的数量为零；2010 至 2019 年，质押专利数量开始逐渐上升，在 2020 年专利质押数量达到 83 件。在工程机械装备运营相关的专利中，获得许可的专利数量相对较少。这可能与专利的实际使用率不高有关，意味着许多专利并未被真正投入市场应用或商业化。此外，这种现象也可能反映出国家在知识产权许可方面的法律法规尚不够完善，导致企业在处理许可协议时面临一系列挑战。例如，在协议的有效性确认、权利的合法转移等方面可能会遇到障碍或不确定性。

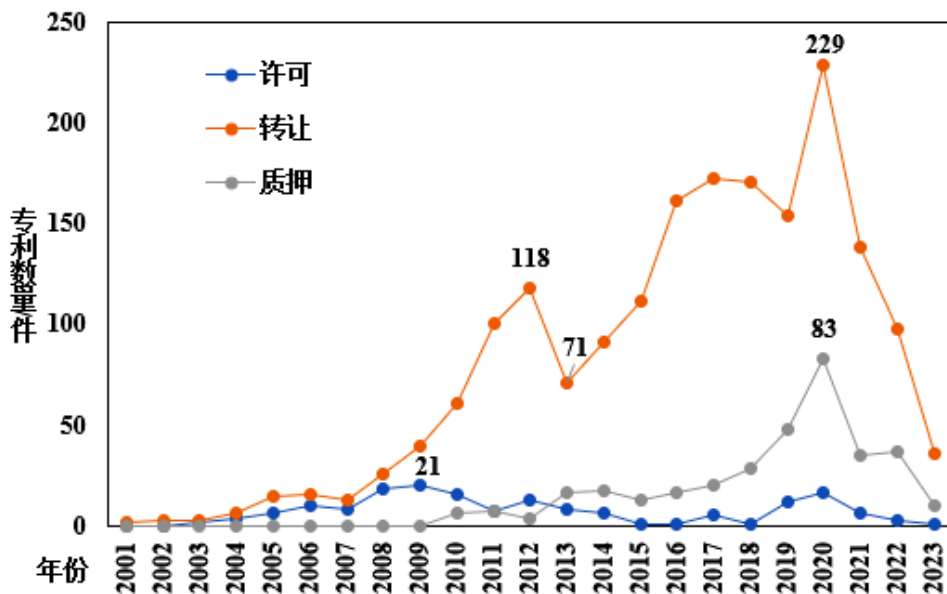


图 3-10 国内工程机械专利许可质押转让趋势图

Figure3-11 Trend of Domestic Engineering Machinery Patent License Pledge Transfer

3.2.8 国内工程机械领域技术路线图

如图 3-11 所示，由于工程机械领域专利繁多，此处将从四大分支的重点专利来介绍工程机械技术发展路线。四大分支包括：路面机械、混凝土

机械、起重机械和土方机械。

在工程机械路面机械分支中,国内较早的专利是寿光市公路局在 1993 申请的稳定土拌合机尾门控制器(CN93231835.5),该专利具备成本低廉、拌合面平整的优势,同时有助于提升工程质量和加快施工进度。在 2005 年,无锡龙立工程机械有限公司通过无锡市大为专利商标事务所代理机构申请了沥青搅拌设备刮板输送机放料门结构(CN200520073226.0),该专利涉及一种用于沥青搅拌设备的刮板输送机放料门结构,能够实现三个位置的选择功能,同时具有降低成本的优点。湖南三一路面机械有限公司在 2015 年通过北京友联知识产权代理事务所申请了一种立式烘干塔及沥青搅拌设备(CN201510933513.2),本发明中分流板的向下倾斜角度可通过调节机构调节,具有分流板无积料、节约燃料和原材料的优点。在 2020 年,唐山隆和泰环保材料有限公司社申请了沥青搅拌设备(CN202010436942.X),该发明属于沥青搅拌改良设备,可以大大提升搅拌的效率。

在混凝土机械技术分支中,早在 1984 年颜海波申请了专利橄榄型混凝土搅拌机进料、倒料转动控制机(TW073203445)。普茨迈斯特工程有限公司在 2005 年申请了混凝土泵的分配杆(CN200580042724.1),该专利提供了不同材料混凝土分配杆,从而提高混凝土泵的适配性。三一重工股份有限公司通过北京集佳知识产权代理有限公司在 2010 年申请了一种移动式混凝土搅拌站及其配料机(CN201010193094.0),本发明提供的配料机具有更好的转场运输性能。在 2015 年,上海三航奔腾海洋工程有限公司申请了混凝土搅拌机的旋转筒(CN201710754405.8),该专利可以大幅提高混凝土的混匀效果,并节约能量。贵州互惠混凝土机械服务有限公司在 2021 年申请了一种工作高效的四级混凝土搅拌站(CN202111650374.4),该发明具备便于搬运、配料称量精准、自动化程度高以及支持连续生产等优势,同时有效降低了人工上料和监控等方面的人力成本。

在起重机械技术分支中,最早在 2005 年日立创新工业科技股份有限公司申请的塔式起重机(TWI350266B)。之后在 2010 年三菱重工业株式会社通过北京市柳沈律师事务所申请了馈电装置以及包括其的橡胶轮胎门式起重机(CN201010249292.4)。在 2017 年,湖北科技学院申请了一种通用门桥式起重机主梁扰度监测装置(CN201711259719.7),同年,江苏众建达丰机械工程有限公司申请了塔式起重机回转控制单元(CN201710996828.0),该专利通过操作台电位器的电压指令调节力矩电机的转速,从而实现塔机回转机构的平稳启动、运行和停止。此外,该控制器还配备了故障报警功能。济南恒起工程机械有限公司在 2022 年申请了拉伸配重平衡塔吊(CN202210215528.5),该专利可有效来进行平衡保

障使用，提高使用稳定性。

在土方机械技术分支中，卡特彼勒拖拉机公司早在 1983 年申请了推土机（HK16883）。株式会社小松制作所在 2004 年通过北京集佳知识产权代理有限公司申请了轮式装载机（CN201010235596.5），本发明能使发动机以高功率输出能力运转，同时以低功率输出能力运转。该公司又在 2008 年申请了机动平地机及机动平地机的离合器控制方法（CN200880010229.6）。在 2010 年，斗山工程机械(中国)有限公司申请了一种挖掘机及其斗杆的液压系统（CN201010295778.1），该发明能够在倒土作业中可靠地保持斗杆的位置，简单且有效地防止因斗杆意外下沉而引发的安全隐患。徐州徐工挖掘机械有限公司在 2022 年，一种驾驶室的防翻滚安装机构及挖掘机（CN202210585927.0）被徐州徐工挖掘机械有限公司申请，该专利通过限位板的设计，有效防止驾驶室安装处出现松动或脱落现象，从而避免因驾驶室与车架连接不稳固而引发的安全事故。

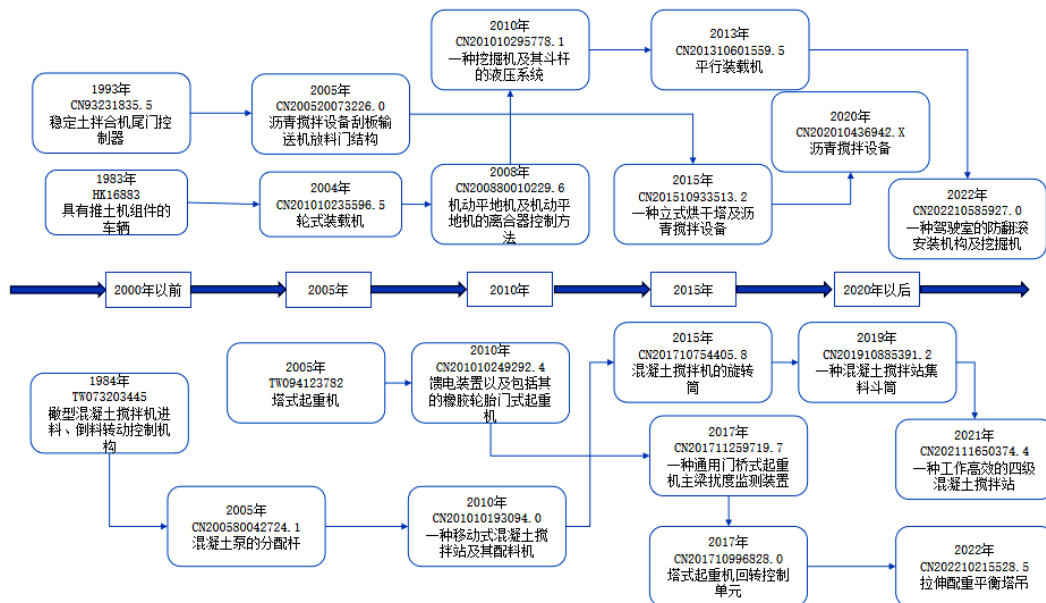


Figure3-12 Construction Machinery Technology Roadmap

3.3 本章小结

本章对国内外工程机械领域专利进行了一番全面的综合态势分析，覆盖了专利申请的变化趋势、市场的战略布局以及关键技术的基本构成等多个维度，采用系统评估的方法对专利引用次数、维持年限及运营状况等关键指标进行考量，进一步从该行业筛选出核心专利，并对其引证关系进行了深度分析，绘制了关键技术的发展脉络图。

对国内外工程机械领域专利申请趋势作对比分析后发现，即便国内在这一领域的起步比较滞后，但通过积极开展技术引进与持续推进自主创新，

国内专利申请的总体数量呈现出明显的增长走势，尤其是在发明专利这一领域。即便国内有效发明专利在总数中的占比相对少，但实用新型专利在整体中占比很大，这反映出国内企业在技术创新初始阶段重视实用性和快速应用的特质，国外企业的发明专利更多表现为失效状态，这也许跟技术快速更新以及市场竞争激烈相关。

就关键技术的构成而言，国外工程机械领域的专利技术基本集中在土方机械领域，诸如挖掘机、推土机等设备的研制与改进，而国内该领域的专利技术展现出更广泛的分布情形，不光有土方机械，对于起重机械等领域同样展现出较强的技术积累和发展后劲，国内企业在起重机械范畴的专利数量较多，展现出其在大型基础设施建设中的技术长处与优势。

依据专利引用次数、维持的年限及运营情况等要素，进一步筛出了行业中具有代表性的核心专利，并对它们之间的引证关系进行了深入的分析与探讨，通过绘制关键技术的发展路线图，明确了各技术分支的演化路径及其彼此间的联系，这种分析不仅能协助识别行业内的关键技术节点，还为后续研究与技术开发提供了关键参考依据。

国内外工程机械领域的专利发展趋向展现出各自的特点及发展途径，国内企业虽说起步较晚，但在技术创新和市场拓展方面收获了明显进展，尤其在起重机械与土方机械的相关领域，国外企业于土方机械领域的技术积累更为厚实，但面临技术更新的压力较大，未来研究需进一步留意国内外企业在新兴技术领域的竞争状态，探寻如何借助国际合作与自主创新达成更高质量的技术提升。

4 我国工程机械专利技术创新网络演化分析

工程机械行业的发展不仅是经济增长的重要引擎，也是技术进步、社会进步和可持续发展的重要推动力。近年来中国推进“新基建”，加大对5G、特高压、城际交通等领域的投资，带动工程机械需求。同时发布《中国制造2025》，将高端装备制造业列为重点，推动工程机械向智能化、绿色化发展。

4.1 工程机械重点技术分支主题演化分析

基于国内工程机械领域的关键词及国际专利分类号（IPC），构建工程机械专利检索表达式。利用 incoPat 专利数据库，依据上述表达式提取相关专利的初始数据。对初始数据中基于同一优先权申请，在不同国家或地区提交的相同或类似技术内容的专利进行合并同族，合并同族的标准包括：共同优先权、内容一致性、专利文献关联性等。之后剔除专利权被宣告无效的专利，对于宣告无效的专利权视为自始即不存在。对上述所得数据进行进一步的数据清洗，将所下载的专利信息经过人工校验，并结合特定关键词和技术分类号进行了细致的标注工作。

在完成数据清洗以去除无关信息之后，根据预先设定的技术分解标准，将这些专利分配到了各自对应的关键技术领域。然后利用 Excel 中的数据透视表统计各技术分支的热点技术专利数量，从而完成国内工程机械二级分支领域重点技术发展情况。如图 4-1 所示，其中包括四个重点技术领域：路面机械，混凝土机械、起重机械以及土方机械，由图可知工程机械重点技术分支近年来专利申请呈现的发展趋势。

从路面机械重点技术领域发展趋势来看，整体呈上升趋势，特别关注沥青搅拌设备技术分支的专利申请情况。具体而言，该技术分支的专利申请数量呈现显著的波动性。特别是在 2020 年，这一领域的专利申请量达到了顶峰，共计提交了 65 件申请。然而，自此之后，申请数量开始呈现出递减的趋势；其次是沥青摊铺机，该技术领域的专利申请数量在 2022 年达到峰值，共计 49 件专利；稳定土设备技术分支申请趋势幅度波动较小，在 2021 年申请量最多，共有 16 件。水泥摊铺机和碎石撒布机申请数量较少，申请趋势并不明显。

从混凝土机械重点技术领域发展趋势来看，混凝土搅拌机技术分支的专利申请量最多，在 1984 年便开始申请了一件该领域的专利，之后专利申请一直呈上升趋势，在 2020 年的专利申请量最多，共有 543 件；其次专利申请数量最多的是混凝土搅拌站技术分支，其同混凝土搅拌机申请趋势相似，在 2020 年达到峰值（436 件）后专利申请呈下降趋势。

从起重机械重点技术领域发展趋势来看，起重机械主要包括四个技术分支，分别是轮式起重机、门式起重机、桥式起重机以及塔式起重机。其中塔式起重机专利申请数量最多，而且整体申请趋势直线上升，到 2022 年专利申请量高达 790 件；门式起重机和桥式起重机专利申请量波动幅度相似，均在 2022 年达到顶峰，分别申请了 281、283 件专利；轮式起重机同起重机械其他技术分支相比专利申请在 2011 年达到顶峰（101 件）之后便呈现下降趋势，可能是由于中国轮式起重机市场逐渐趋于饱和，市场需求从快速增长阶段进入稳定阶段，这导致企业对新专利的申请需求减少。

从土方机械重点技术领域发展趋势来看，虽然装载机技术分支的专利申请数量最多，在 2020 年申请专利高达 453 件，但是其专利申请趋势上下起伏、波动幅度较大，这可能是政府政策的调整和市场导向的变化影响了企业的专利申请策略；挖掘机技术分支专利申请同装载机一样，在 2020 年达到峰值 421 件，之后呈下降趋势；推土机、平地机和铲运机虽然专利申请趋势并不明显，但是整体趋势都是上升的。

由上述研究发现，工程机械的四个重点技术分支的专利申请均呈上升趋势，且每个技术分支的热点技术各不相同，如图所示，路面机械技术分支侧重沥青搅拌设备以及沥青摊铺机的研发，促使沥青摊铺机技术不断升级，智能化、自动化程度显著提高。例如，一种智能自主集尘的新型沥青搅拌机械设备（专利号：CN201520326465.6），本实用新型能够自动收集粉尘和废气，具有显著的环保优势，同时通过智能自动化控制，大幅提高了工作效率；混凝土机械技术分支的重点技术是混凝土搅拌机、混凝土搅拌站，通过研发高效搅拌技术以及系统智能化控制从而促进混凝土搅拌机和搅拌站的发展；塔式起重机是起重机械技术领域的研发重点，通过集成传感器、物联网、大数据等技术，实现全面的数据采集与分析，提高塔式起重机工作效率及安全性。例如，中联重科获得的“塔式起重机”专利（申请号：CN202420542588.2）展示了其在智能化控制方面的创新；土方机械技术分支主要侧重装载机和挖掘机，装载机的研发重点在于提高设备的效率、可靠性和环保性能。例如，一种节能环保型装载机（申请号：CN201920714415.3），该专利不仅提高了工作效率，还极大的降低了灰尘污染与废气污染，环保节能。挖掘机的研发重点在于提高设备的智能化、自动化水平和环保性能。例如，一种智能挖掘机铲斗轨迹自动控制方法及系统（申请号：CN202410366174.3）。综上所述，机械智能化、自动化以及绿色环保是工程机械技术领域未来发展的主要方向。

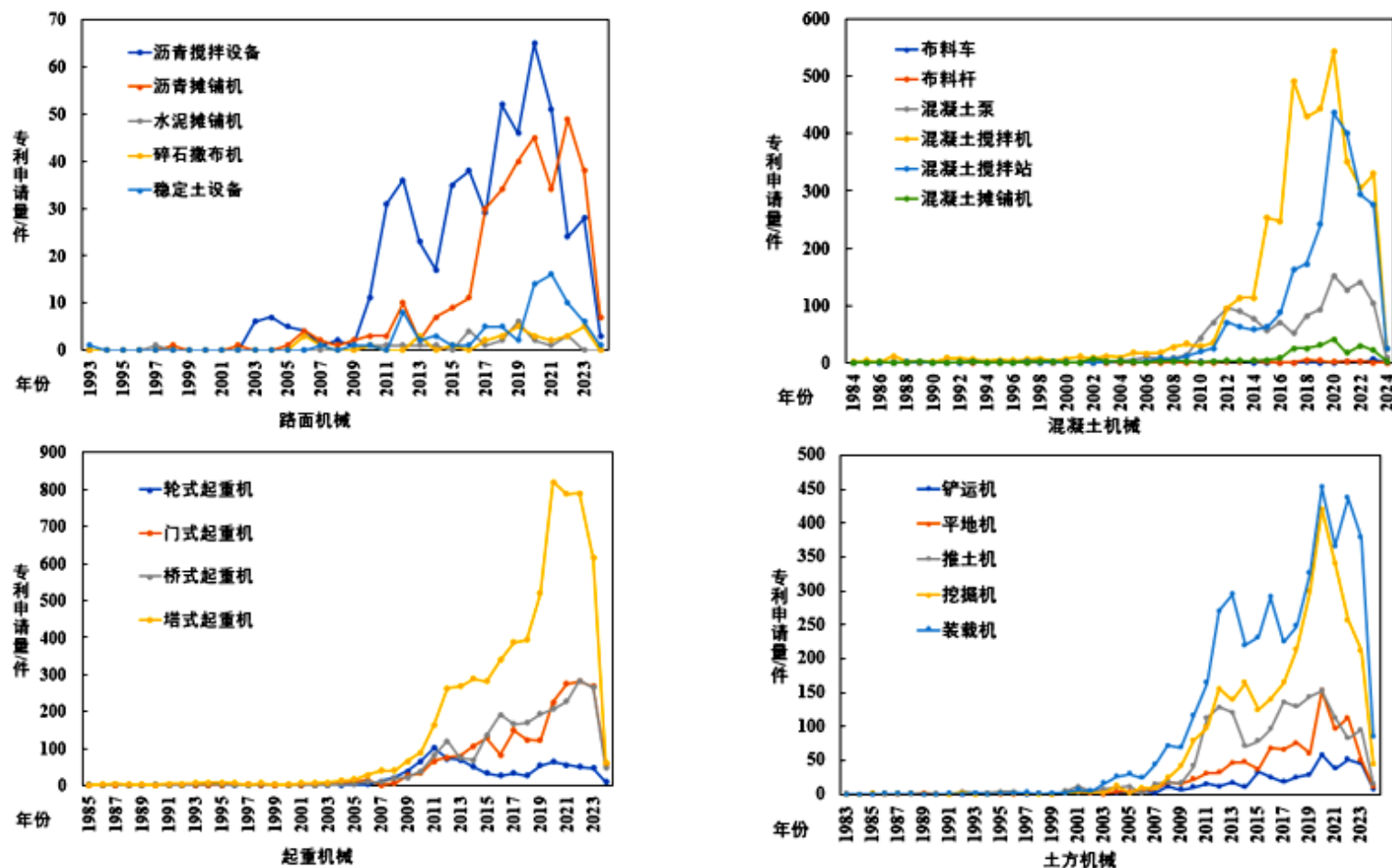


图 4-1 国内工程机械重点技术分支专利申请趋势

Figure4-1 Trend of Patent Applications for Key Technical Branches of Domestic Construction Machinery

4.2 工程机械重点技术申请人演化分析

为进一步研究工程机械领域技术的演化路径和发展状态,通过对国内重点技术申请人的演化分析,可以清晰地梳理出工程机械领域的发展历程和脉络,从而帮助研究人员、企业和政策制定者了解技术的起源、发展路径以及未来的发展方向。

通过社会网络对工程机械领域的四个重点技术分支不同时间段的申请人进行分析,从而了解申请人之间的合作关系。通过上节得到的国内工程机械专利数据,选取数据中公开公告号以及技术分支的申请人序列利用 Excel 中的 Power Query 按分隔符进行拆分列,并通过逆透视列统计申请人数据,将得到的申请人数据进行整合以 csv 的格式进行保存。然后采用 Gephi 软件绘制技术分支创新主体合作图,导入技术分支领域专利申请人数据,图的类型选择无向,选择“Fruchterman-Reingold”布局算法来运行,将标签 Id 复制到 Label,经过调整后,从而生成了一个清晰且具有代表性的合作网络图。之后采用社会网络分析法对专利申请人合作网络的拓扑结构指标进行量化测度,进而深入分析专利合作网络结构特征的演变规律,从而进一步分析专利合作网络结构特征的演化。申请人合作网络的拓扑特征分析主要基于网络科学中的量化方法,通过 Gephi 软件平台实现关键指标的测量与计算。具体而言,该分析框架包含两个核心组成部分:一是基于节点权重的中心性评估,二是运用社群检测算法进行的群体划分。这些量化方法的数学表达如下所示。

(1) 度 (Degree)

在 Gephi 软件中进行网络分析时,节点权重的确定方法需要根据具体研究目的进行选择。该参数可以通过多种中心性指标来量化,也可以根据研究需求自定义权重值。针对专利申请人的影响力评估,研究采用度 (Degree) 作为核心指标,该指标通过统计节点直接连接边的数量来反映目标节点在网络的活跃程度及其直接影响范围。其计算原理可表述为:

$$Degree(v) = \text{Number of edges connected to node } v \quad (1)$$

其中 v 是匀速运动质点的速度,其原理是 Gephi 无向图中度的计算公式。具体实现路径为:通过 Statistics 模块进入 Network Overview 分析界面,选择 Average Degree 功能后,系统将自动完成网络中各节点连接数的统计运算。最终计算结果会以属性数据的形式保存在 Data Laboratory 的节点特征表中,得到供后续分析调用。这一过程完整实现了对无向网络节点连接强度的量化评估。

(2) 社群划分 (Community Detection)

Gephi 中的社群划分 (Community Detection) 用于识别网络中紧密连接的子群 (模块),是社交网络分析等领域的重要功能。Gephi 提供多种社群划分算法,每种算法有不同的划分标准和适用场景。论文中主要运用 Louvain 算法:

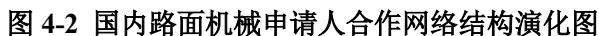
$$Q = \frac{1}{2m} \sum_{i,j} \left[A_{ij} - \frac{k_i k_j}{2m} \right] \delta(c_i, c_j) \quad (2)$$

A_{ij} 是节点 i 和 j 之间的边权重, k_i 表示节点 i 的度。 M 为网络总边数。 $\delta(c_i, c_j)$ 代表若 i 和 j 属于同一社群则为 1, 否则为 0。

Louvain 算法中分辨率参数 (Resolution) 是控制社群划分的粒度, 值越大划分的社群越多、规模越小。通常为 0.1~5.0, 默认值为 1.0。针对工程机械领域专利申请人数庞大的特点, 本研究通过实证分析发现, 将分辨率参数控制在 0.5~1.0 的区间范围内, 能够获得更具解释力的社群划分结果。在 Gephi 软件平台中, 可通过以下路径进行参数调整: 首先进入 Statistics 功能模块, 选择 Community Detection 分析工具中的 Modularity (Louvain) 算法, 最后在 Resolution 参数设置栏输入目标数值。这一参数优化过程对于准确识别技术合作网络中的子群体结构具有重要作用。

4.2.1 路面机械重点技术申请人演化分析

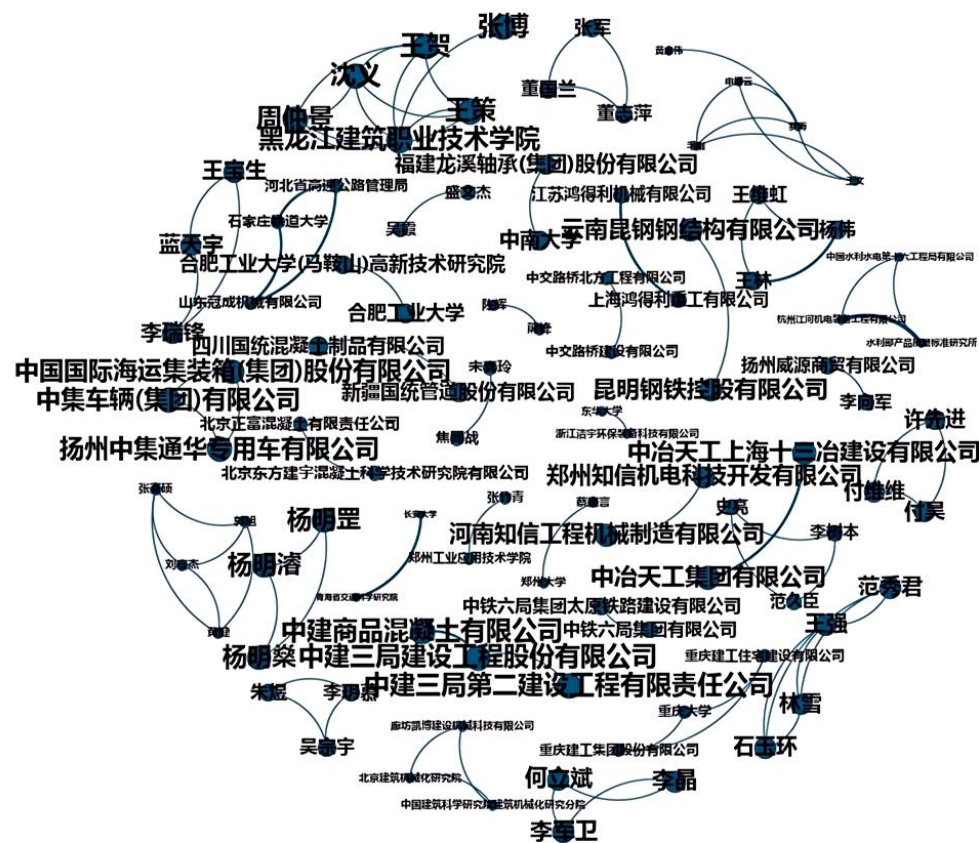
如图 4-2 所示, 图中节点大小代表创新主体的专利申请总量, 节点大小与之成正比, 连线越粗, 表示边的权重越大, 即两个节点之间的关系越强。由图所示, 在申请人合作关系之间, 自然人之间的节点普遍比公司之间的节点大, 这表明自然人在该领域的研发活动较为活跃, 专利产出丰富。以曾利文、蒋丽、长安大学为代表的申请人团队的节点比较大, 这说明他们合作伙伴比较多。其中与长安大学经常合作的创新主体有中铁七局集团第三工程有限公司、陕西高速机械化工程有限公司、西藏天路股份有限公司等。除此之外, 西安长大智能装备研究所有限公司和山西安程合创设备有限公司之间、广西交建工程检测咨询有限公司和广西交通职业技术学院之间合作较为紧密。



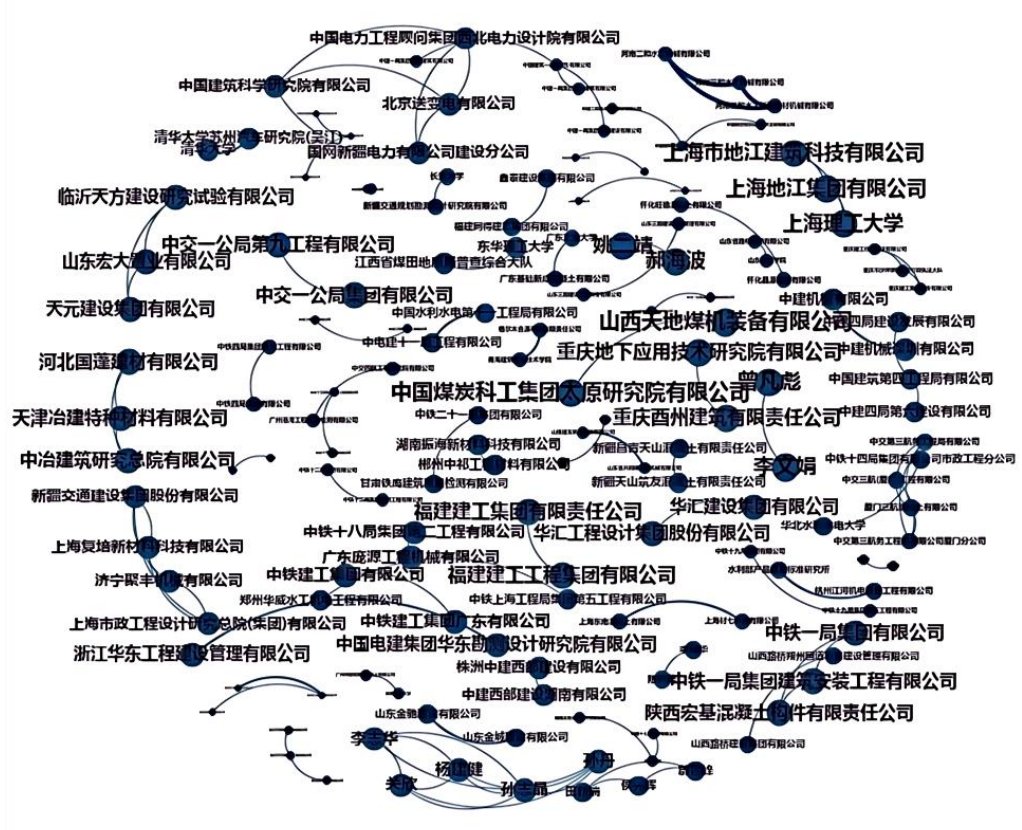
4.2.2 混凝土机械重点技术申请人演化分析

如图 4-3 所示, 1984-2010 年, 黄育进、孟昭彬、曹惠民、郝向东等申请人的节点较大, 他们之间合作关系比较密切。2011-2015 年, 节点最大的是黑龙江建筑职业技术学院, 其在网络中具有更高的重要性, 说明该段时间学院在混凝土机械领域进行了多项技术研发和创新工作, 这不仅提高了学院的实践教学能力, 也为企业的技术升级和市场竞争能力提升提供了有力支持。到 2016-2019 年, 国内混凝土机械领域的专利数量明显增多, 在申请人合作关系中, 不仅自然人之间合作关系密切, 公司之间的专利合作关系也比较密切。以自然人为代表的专利申请团队主要有三个, 分别是吴丹团队、郭红亮团队以及宋希团队。节点最大的公司是郑州三和水工机械有

限公司，经常合作的创新主体主要有河南三和水工机械有限公司、郑州恒基混凝土有限公司等。2021-2024 年，虽然杨建健、孙志晶等人的节点比较大，但是该段时间公司之间合作关系更加密切。



b.2011-2015 年



d.2021-2024 年

Figure4-3 Evolution diagram of the cooperative network structure of concrete machinery applicants in China

此外，为进一步分析专利合作网络结构特征的演变，采用社会网络分析法对专利申请人合作网络的拓扑结构指标进行量化测度^[66]。本课题一开始便进行了系统化的数据收集工作，为后续数据分析奠定了基础，经分析发现，国内混凝土机械发明专利合作网络先后经历了四个发展阶段，其节点数量自一开始的 60 个逐渐上升到最后的 153 个，这种增长不光呈现出参与合作的申请人数量持续上升，还反映出合作活动愈发积极。随着节点数目的增多，说明更多的个体或机构投身于这一领域的专利合作，推动了技术创新与知识共享，见表 4-1。

表 4-1 1984—2024 年混凝土机械专利申请人合作网络特征指标演化表

Table 4-1 Evolution of Cooperative Network Characteristics Indicators of Concrete Machinery

Patent Applicants from 1984 to 2024				
指标	1984-2010	2011-2015	2016-2020	2021-2024
网络节点数/个	60	97	193	153
网络边数/条	77	99	215	126
网络密度	0.04	0.019	0.009	0.01
平均路径长度	1.053	1.082	1.022	1.076
平均聚类系数	0.974	0.967	0.951	0.844
平均度	2.367	1.835	1.824	1.451
平均加权数	2.6	2.041	2.228	1.765

由图 4-3 和表 4-1 可知，在专利申请人合作网络的演变过程中，网络规模呈现持续扩张的态势，尤其以第三阶段的增长幅度最为突出，其规模较前期增长逾三倍，且网络边数与连接频次均达到峰值。这一现象表明，混凝土机械研发领域的专利合作参与度显著提升，申请人之间的协同创新活动日益频繁。从网络结构特征来看，边数与连接次数均表现出显著的增长趋势，其中第四阶段的边数达到历史最高值，较初始阶段净增 138 条，其增长比例与节点规模的变化趋势基本吻合。这一数据特征反映出，新加入的申请主体主要依托于新型合作关系的建立来开展技术创新活动。

网络密度反映出节点间联系的紧密程度，采用对国内混凝土机械领域合作网络的量化研究，发现网络密度指标显示出明显的递减趋势，从初始阶段的 0.04 逐步降低至末期的 0.01，这种变动趋势说明，在合作网络规模持续扩展的进程里，有限时间限制下网络的快速扩张，对密度提升起到了明显的抑制效果。就网络拓扑结构的角度进行分析，密度指标持续降低，显示出新加入节点对现有合作网络产生了稀释效果，这种结构上的转变导致知识传播效率降低，信息传递的速度开始下降，进而对整体合作效能造成负面结果。

以平均路径长度作为衡量网络可达性的关键指标，可有效体现节点间创建连接的效率特征，实际资料表明，国内混凝土机械技术领域专利申请人合作网络可达性指标呈现出明显的上升走向，由初始观测期的 1.053 逐渐上升到 1.076，这一变化趋势说明申请人之间建立协同创新关系的难度正在增大。从网络结构特征这一角度而言，直径指标的降低一般表明网络密度的提升，然而研究得出结论，在申请主体规模逐步扩大的背景下，主体相互间的合作紧密度却呈现出下降态势。可达性指标持

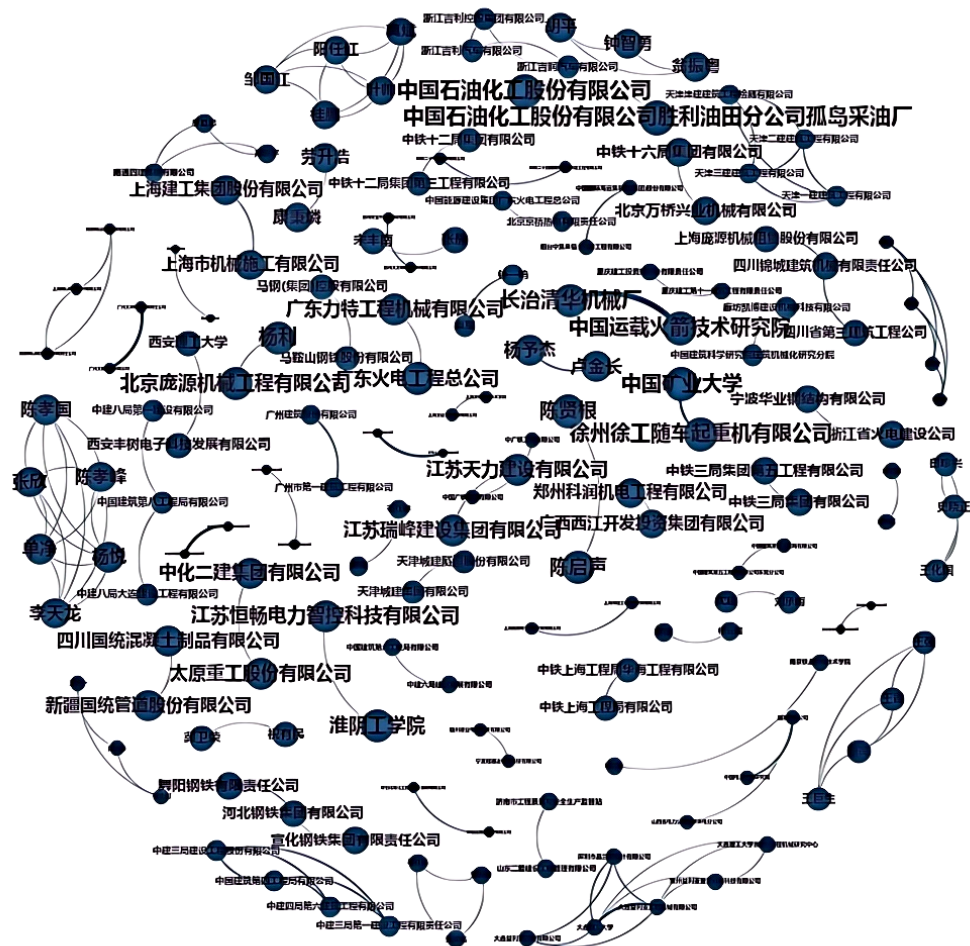
持续增长的状况揭示出,国内混凝土机械领域在专利协同创新方面仍有很大的提升空间,该发现为优化该领域的技术合作网络提供了关键的实证依据。

研究结果表明,从1984年到2024年的四个观测周期里,该指标呈现出明显的下降态势,且在最终的阶段下降到1.451的历史低位,该数值特征展现出,网络上各参与主体维系着单一的合作联系。值得注意的是,经对比分析发现,混凝土机械技术领域的加权平均度显著高于简单平均度水平,该差异说明了部分合作节点之间存在重复性的技术协作。网络聚类系数的持续降低,进一步验证了合作主体间知识共享效率呈现下降趋势,这一实证很好说明国内混凝土机械领域专利合作网络的整体连通性还有优化的空间。

通过以上研究分析可知,国内混凝土机械创新主体主要以公司为主,其在2016年至2020年专利活跃度最高,具有较高的应用价值和市场转化潜力。但是国内混凝土机械创新主体之间的关联度降低,这可能是因为企业为了保持自身的技术优势 and 市场份额,更倾向于独立研发,减少与其他创新主体的合作,从而导致创新主体之间的关联度降低,使得知识和信息资源的传递速度有所减缓,同时合作效率也呈现下降趋势。

4.2.3 起重机械重点技术申请人演化分析

图4-4是国内起重机械创新主体合作演化图,如图所示,1985-2010年是起重机械领域发展萌芽期,专利申请数量比较少,该时期专利申请合作主要以自然人为主,其中节点最大的申请人是杜海彬,与其合作紧密的创新主体有牟景海、路书河、隋志强和崔波。2011-2015年,节点最大的是大连理工大学,与其合作密切的创新主体有大连益利亚工程机械有限公司、深圳市嘉兰图设计有限公司等。其次连线粗细表示节点之间的关系强度,长治清华机械厂和中国运载火箭技术研究院之间连线最粗,这说明两者之间关系密切。2016-2020年,创新主体的数量增长趋势较为明显,节点最大的是中国建筑一局(集团)有限公司,与其合作的创新主体中国建筑股份有限公司与北京中建柏利工程技术发展有限公司之间连线最粗,这说明他们中间在起重机械领域专利申请进行了多次合作。2021-2024年,创新主体以公司为主,中联重科股份有限公司节点最大,其与中交二航局第四工程有限公司专利申请合作密切。其次是中国建筑第二工程局有限公司,北京霍里思特的合作伙伴超过10位,经常合作的创新主体有中国机械有限公司、中国建筑股份有限公司、中建工程产业技术研究院有限公司等。



b.2011-2015 年

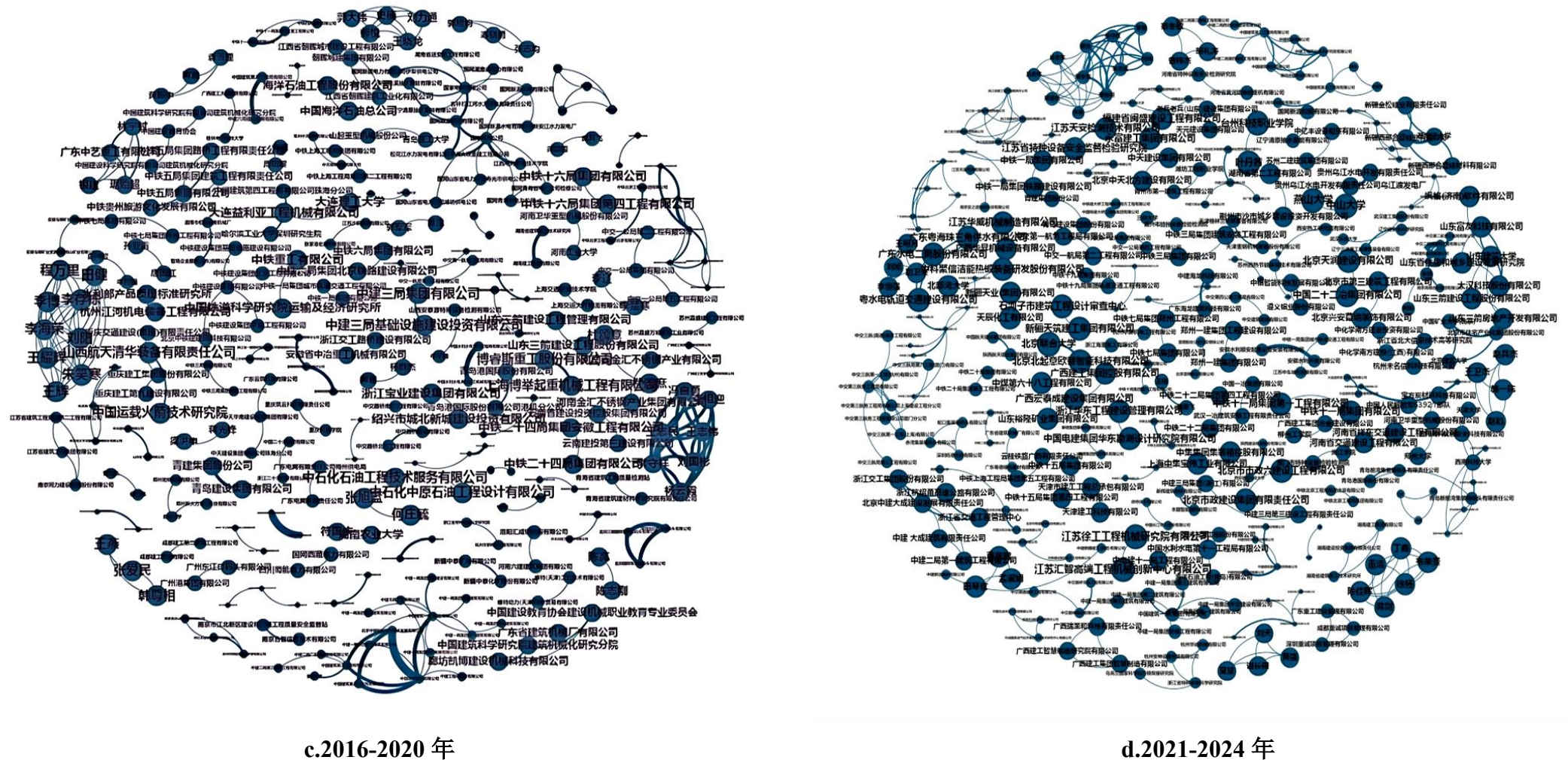


图 4-4 国内起重机械申请人合作网络结构演化图

Figure4-4 Evolution diagram of the cooperative network structure of applicants for lifting machinery in China

表 4-2 是对国内起重机械领域专利合作网络进行系统性分析。如表 4-2 所示，基于 1985-2024 年间的专利数据，运用社会网络分析方法对申请人合作网络的拓扑特征进行量化研究。实证结果表明，在观测期内，国内起重机械产业专利合作网络的节点规模呈现显著扩张趋势，从初始阶段的 118 个参与主体增长至 344 个，增幅达 191.5%。这一量化数据充分证实了该领域专利合作参与主体的数量持续增加，同时反映出技术创新合作活动的活跃度不断提升。通过对网络结构指标的动态分析，可以清晰地观察到国内起重机械产业协同创新网络的发展轨迹与演变特征。

表 4-2 1985—2024 年起重机械专利申请人合作网络特征指标演化表

Table 4-2 Evolution of Cooperative Network Characteristics Indicators for Crane Machinery

Patent Applicants from 1985 to 2024				
指标	1985-2010	2011-2015	2016-2020	2021-2024
网络节点数/个	118	168	304	344
网络边数/条	101	216	435	417
网络密度	0.013	0.01	0.006	0.005
平均路径长度	1.033	1.054	1.709	1.393
平均聚类系数	0.925	0.917	0.816	0.857
平均度	1.492	1.667	1.829	1.831
平均加权数	1.712	2.595	3.046	2.541

通过对国内起重机械领域专利申请人合作的网络演化分析发现，其网络规模呈现持续扩张态势，特别是在第三发展阶段，扩张速率达到峰值。网络边数与连接频次等关键指标同步呈现快速增长趋势，这一现象表明创新主体间的技术信息与研发资源流动显著增强。从参与主体维度来看，越来越多的创新主体通过建立专利合作关系参与到起重机械技术研发活动中，反映出该领域协同创新网络的活跃度与开放性不断提升。这一发展趋势不仅体现了行业技术创新模式的转变，也预示着起重机械领域正朝着更加开放、协同创新的方向演进。与此同时，第三阶段网络边数最多，共计 435 条，比第一阶段多 334 条，这表明新加入的申请人在新建立的合作关系中开始了创新合作，创新主体之间的互动会更加频繁。

网络密度可衡量网络中各个节点之间的连接紧密程度，网络密度愈发增高，说明网络中节点相互连接更为紧密，网络的连通性也更强，国内起重机械合作网络的网络密度在第一阶段是 0.0133，持续降至第四阶段的 0.005，主要是源于网络规模的急剧扩大、合作关系的淡化、核心—边缘结构的作用、合作深度的欠缺、行业政策的影响以及市场竞争的激化等多方面原因共同影响的结果，这些因素造成合作关系的增长速度赶不上网络规模的扩展，进而造成网络密度逐渐下降。

从平均路径长度来看，国内起重机械领域在专利申请人合作网络中，平均路径长度总体呈现上升趋势，从第一阶段的 1.033 增长至第三阶段的 1.709，平均路径长度与网络边数成反比，说明申请人之间建立合作关系的难度有所增加。通过对国内起重机械领域专利申请人合作网络的动态监测发现，随着参与主体数量的持续增加，网络内部合作密度呈现逆向变化趋势。具体而言，在第四观测周期内，网络密度指

标较第三阶段出现明显下降,这说明网络结构变得更加紧密,创新主体之间的连接更加直接。

从平均度指标来看,在 1985-2024 年四个阶段的演化过程中表现为一直增加的状态,到第四阶段平均度指标最大,为 1.831,这反映了申请人之间合作的活跃度,较高的平均度通常意味着网络具有更强的稳定性。而起重机械的平均聚类系数整体呈下降趋势,第三观测周期内,网络聚类系数降至 0.816 的最低水平,这一量化指标的变化趋势表明,创新主体间的知识共享效率与信息传递效能显著下降。

根据上述研究可知,国内起重机械创新主体主要以公司为主,2016 至 2020 年专利活跃度最高,而且在该段时间创新主体之间的交互最为频繁,使得国内起重机械重点技术或资源流动更加顺畅。虽然起重机械创新主体之间的连接更加直接,然而,依据上述研究结果,创新主体间在知识共享与信息传递方面的能力有所下降,这进一步证实了国内起重机械领域合作专利申请主体间合作网络的连通性尚未达到理想水平。

4.2.4 土方机械重点技术申请人演化分析

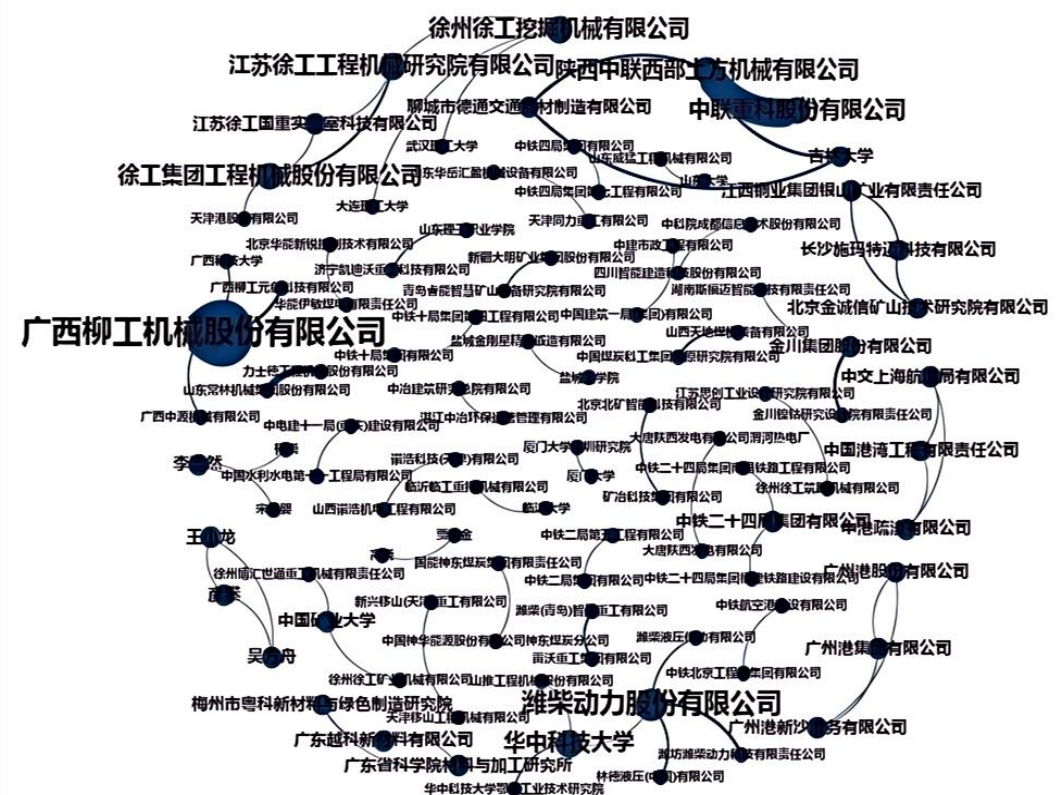
图 4-5 是国内土方机械申请人合作网络关系图,由图所示,1983-2010 年,广西柳工机械有限公司节点最大,表明其在土方机械领域的研发活动较为活跃,专利产出丰富。其次是龙工(上海)机械制造有限公司,与其密切合作的申请人包括中国龙工控股有限公司、河南龙工机械制造有限公司等。其中中南大学和湖南山河智能股份有限公司之间连线最粗,可以看出他们在土方机械专利申请合作较为密切。2011-2015 年,广西柳工机械有限公司占据核心节点位置,其网络影响力最为突出;龙工(上海)机械制造有限公司紧随其后,位居次席。值得注意的是,龙工(上海)机械制造有限公司与龙工(福建)机械有限公司均隶属于中国龙工控股有限公司这一企业集团,二者在技术创新活动中形成了紧密的协同关系,在技术研发与专利布局方面建立了深度的战略合作关系。这一发现揭示了企业集团内部子公司间在技术创新领域的协同效应,为研究企业集团创新网络构建提供了典型案例。2016-2020 年和 2021-2024 年,节点最大的申请人都是广西柳工机械股份有限公司,其次是中联中科股份有限公司。



b.2011-2015 年



c.2016-2020 年



d.2021-2024 年

图 4-5 国内土方机械申请人合作网络结构演化图

Figure 4-5 Evolution diagram of the cooperative network structure of applicants for earthmoving machinery in China

表 4-3 所示，基于 1983-2024 年间的专利数据，运用社会网络分析法对申请人合作网络的拓扑特征进行量化研究。实证结果表明，在四个观测周期内，国内土方机械产业专利合作网络的节点规模呈现显著增长趋势，从初始阶段的 52 个参与主体持续扩展至 101 个，增幅达 94.2%。这一量化数据充分证实了该领域专利合作网络的规模持续扩张，反映出技术创新合作网络的开放性与包容性不断提升。

表 4-3 1983—2024 年土方机械专利申请人合作网络特征指标演化表

Table 4-3 Evolution Table of Cooperative Network Characteristics Indicators of Earthmoving

Machinery Patent Applicants from 1983 to 2024				
指标	1983-2010	2011-2015	2016-2020	2021-2024
网络节点数/个	52	57	98	101
网络边数/条	62	170	193	159
网络密度	0.026	0.024	0.013	0.014
平均路径长度	1.195	1.159	1.157	1.495
平均聚类系数	0.724	0.863	0.767	0.633
平均度	1.308	1.368	1.286	1.406
平均加权数	3.115	8.105	5.612	4.139

由表所示，网络节点数一直呈上升趋势，第四个阶段的网络节点数量最多，说明有更多的创新主体在土方机械领域有更多的连接和互动，而且会显著提升网络的价值。从整体来看，网络边数虽然呈上升趋势，但是第三阶段网络边数最多，共计 193 条，是第一阶段的三倍，边数的增加可以缩短网络中任意两个节点之间的平均路径长度，从而提高信息传播的效率，从而增强申请人之间的联系。

从网络密度这一维度看，合作网络的密度指标体现出明显的递减趋势，自初始观测期的 0.026 逐步减低至第三阶段的 0.013，降幅高达 50%，网络密度逐步下降表明申请人之间的连接有所减少，信息传送的路径变长，传播效率减退，导致申请人在起重机械领域专利合作信息传递延迟且有误差，对网络的整体功能造成影响。

国内土方机械领域专利申请人合作网络的平均路径长度，由初始观测期的 1.195 持续增加到第四阶段的 1.495，增幅达到了百分之二十五点一，这或许存在两方面的缘由：随着时间不断流逝，土方机械领域内专利申请人合作网络规模一直扩大，节点数跟边数明显增多；土方机械合作网络的复杂局面升级，新的合作机会不断涌现，但这些新合作可能分布在距离较远的节点中间，由此导致平均路径长度增大。

从平均聚类系数来看，国内土方机械领域专利申请人合作网络的平均聚类呈先上升后下降的趋势，这表明合作网络在初期发展阶段形成了较为紧密的社区结构，但随着网络规模的扩大和跨区域合作的增加，合作的深度和紧密性可能没有同步提升，导致平均聚类系数下降。

从土方机械的平均度来看，由第一阶段的 1.308 一直增至第四阶段的 1.406，表明合作网络的连接性、活跃度、规模以及合作的深度和广度都在逐渐提升。这种趋势有助于促进创新资源的流动和共享，提高合作效率，推动土方机械领域的技术进步和创新发展。反观土方机械的平均加权数在第二阶段达到顶峰后的又呈下降趋势，

在第二阶段,合作网络经历了快速的发展,新的合作机会不断涌现,合作主体之间的联系逐渐紧密,形成了更多的小团体或社区结构,从而导致土方机械的平均加权数达到顶峰。

根据上述研究可知,国内土方机械创新主体依然以公司为主,土方机械申请人网络演化与其他技术分支一致,网络密度是逐渐下降的,说明申请人在起重机械领域专利合作信息传递的延迟和不准确,导致传播效率降低。除此之外,国内土方机械专利申请活跃度、创新主体之间的合作规模以及合作深度都在逐渐提升。这种趋势不仅有助于促进创新资源的流动和共享,还提高合作效率,有效推动土方机械领域的技术进步和创新发展。

4.3 工程机械重点技术发展路线图

4.3.1 路面机械改进技术路线图

图 4-6 是路面机械技术路线图。从路面机械领域的沥青搅拌设备分支重点专利来看,镇江华晨华通路面机械有限公司在 2005 年申请了一件沥青搅拌设备两级水除尘装置(CN200420062280.0),本实用新型专利在较简单的结构方案下大大提高了设备的除尘率。中联重科股份有限公司通过北京润平知识产权代理有限公司在 2011 年申请了沥青搅拌设备(CN201120378919.6),该沥青搅拌设备不仅能够确保生产的连续性,还能根据配方要求灵活生产多种规格的沥青成品料,满足多样化的生产需求。2012 年福建南方路面机械有限公司申请了一种连续式沥青混合料搅拌设备(CN201220471851.0),该专利保证沥青搅拌设备生产的连续性,还能根据配方需要生产不同规格沥青成品料。福建铁拓机械有限公司在 2016 年申请了一种高掺量厂拌热再生沥青搅拌设备(CN201621002584.7),该专利技术显著提升了回收料的掺加比例,同时确保了成品料的搅拌质量,完全满足施工的各项技术要求。紧接着在 2017 年徐工集团工程机械有限公司通过中国国际贸易促进委员会专利商标事务所申请了重力除尘装置及沥青搅拌设备(CN201710645355.X),该专利能够实现导流角度的自适应性能,确保除尘效率,满足除尘要求。到了 2021 年无锡泰特筑路机械有限公司申请了一种连续式沥青搅拌设备可计量防离析成品仓(CN202122211492.7),该设计便于成品仓本体内的物料实现循环输送,从而提升物料的均匀性,有效防止离析现象的发生。

从路面机械领域的沥青摊铺机分支重点专利来看,早在 2002 年孙祖望便申请了沥青摊铺机的数字式自动找平装置(CN02260442.1),该装置提高了沥青摊铺机响应速率、减少稳态误差、降低超调。陕西长大实业有限公司在 2010 年申请了移动式沥青撒布装置及沥青摊铺机(CN201010271193.6),该专利被引次数高达 18 次,该技术有效解决了摊铺机在低速作业时因喷嘴持续喷洒沥青而导致的分布不均问题,从而显著提升了摊铺质量。2011 年天津鼎盛工程机械有限公司通过天津市鼎和专利商标代理有限公司申请了一种液压履带式小型沥青摊铺机

(CN201120130283.3)，本发明具备功能全面、技术先进、操作便捷、经济实用以及摊铺平整度高等显著优势。到 2019 年滕小茶通过深圳龙图腾专利代理有限公司申请了一种摊铺均匀的防堵型沥青摊铺机 (CN201910671404.6)，共被引用 13 次 (含同族被引用)，该专利利用刮板将沥青铺平，使沥青摊铺更加均匀。

从路面机械领域的其他装置分支重点专利来看，在 2010 年陕西长大实业有限公司申请了稳定土摊铺机 (CN201020220177.X)，该专利有利于减少物料离析，摊铺精度得到提高，同时保证物料摊铺的稳定性，保证质量。西安达刚路面机械股份有限公司通过西安智邦专利商标代理有限公司在 2017 年申请了一种可适应复杂路面的碎石撒布机构 (CN201721621814.2)，本发明提高了道路铺设质量，降低了人工成本。

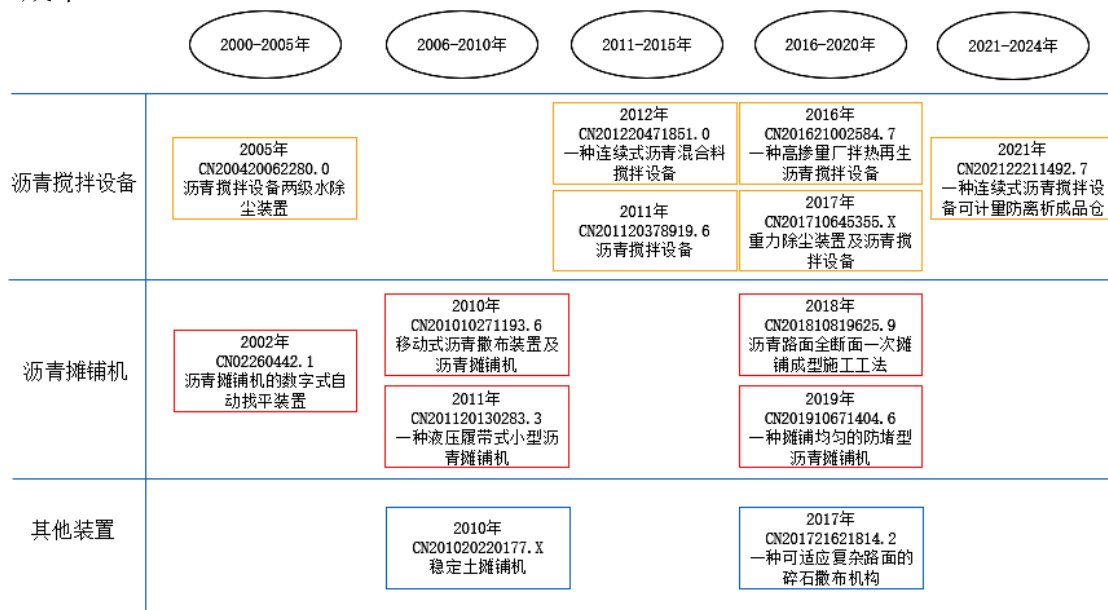


图 4-6 路面机械改进技术路线图

Figure4-6 Roadmap of Road Mechanical Improvement Technology

4.3.2 混凝土机械改进技术路线图

图 4-7 是混凝土机械改进技术路线图，由图可知，工程机械重点技术分支混凝土机械改进相关技术发展路径主要分为六部分，即：布料车、布料杆、混凝土泵、混凝土搅拌机、混凝土搅拌站和混凝土摊铺机。

在 2007 年浙江大学通过杭州求是专利事务所有限公司申请了一件涉及混凝土泵技术的专利：混凝土泵智能监测和控制系统 (CN200710164414.8)，本发明能对混凝土泵进行实时在线及远程状态监测、故障诊断和智能控制，提高混凝土泵的整体性能。一种新型混凝土布料车 (CN201310544613.7)，本发明制造成本大大降低，为经济型混凝土布料车，特别是适用于小型工程的对混凝土进行泵送和布料。同年，黑龙江省龙建路桥第三工程有限公司申请了沥青混凝土摊铺机 (CN201320242742.6)，本实用新型用于沥青混凝土摊铺。三一重工股份有限公司

在 2014 年申请了一种布料杆及其爬升系统（CN201420725261.5），该专利涉及布料车技术领域，其优化了的布料杆爬升系统，拆装更为便捷，移动更为简单，提高了生产效率。

从混凝土机械领域的混凝土搅拌机分支重点专利来看，早在 2004 年福建南方路面机械有限公司^[67]申请了双卧轴双螺旋混凝土搅拌机（CN200420039221.1），共计被引次数 26 次，该专利可以加快搅拌机内物料的整体连续循环流动，实现高性能、高速化的搅拌。苏晓玲在 2015 年申请了一种可自动加水的高效混凝土搅拌机（CN201510339105.4）。紧接着信阳农林学院在 2016 年申请了一种建筑用带有筛选装置的混凝土搅拌机（CN201620079831.7），本发明便捷性和实用性高，工作稳定性强，延长了使用寿命。

从混凝土机械领域的混凝土搅拌站分支重点专利来看，宋斌早在 2003 年通过广州粤高专利代理有限公司申请了一种用于混凝土搅拌站的盘式物料给料装置（CN03267545.3），该专利被引次数高达 27 次，其设计巧妙，性能优良，方便实用，社会效益及经济效益都较显著。2007 年宋斌申请了砂浆预搅拌型连续式水泥混凝土搅拌站（CN200720179078.X），该技术对提升水泥混凝土的和易性、强度以及耐久性等关键指标起到了决定性作用。广东惠利普路桥信息工程有限公司在 2013 申请了混凝土搅拌站控制系统（CN201310269061.3），该系统通过 ARM 主控模块实现对物料储存、运送、计量及搅拌等环节的现场集中控制。2017 年北京鑫源诺美环保科技有限公司申请了地下混凝土搅拌站（CN201720098658.X），该专利可以有效地减少设备的成本，减少危险系数，并且可以减少灰尘、噪音的产生。2021 年江西海富机电设备有限公司申请了一种混凝土搅拌站的辅料自动投加器（CN202311571263.3），该专利通过少量多次的搅拌方式，使辅料与水泥充分混合，从而显著提升后续搅拌出的混凝土质量。

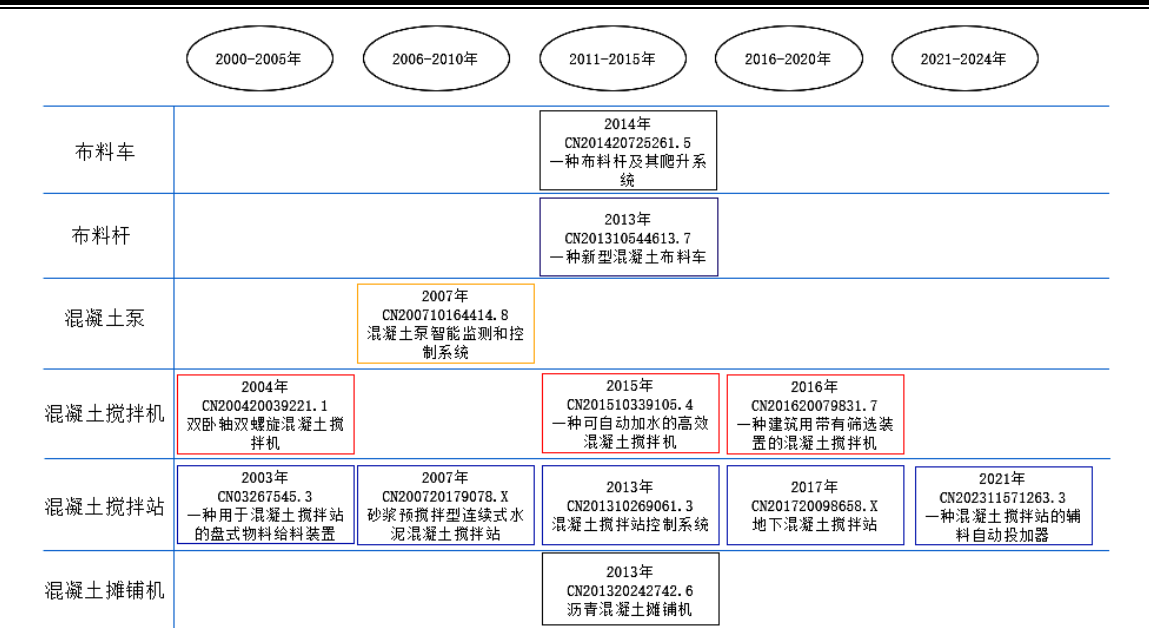


图 4-7 混凝土机械改进技术路线图

Figure 4-7 Roadmap of Concrete Machinery Improvement Technology

4.3.3 起重机械改进技术路线图

图 4-8 是起重机械改进技术路线图，由图可知，工程机械重点技术分支起重机械改进相关技术发展路径主要分为四部分，即：轮式起重机、门式起重机、桥式起重机、塔式起重机。

从起重机械领域的轮式起重机分支重点专利来看，2008 年三一重工股份有限公司申请了汽车起重机的前摆动支腿及有该前摆动支腿的汽车起重机（CN200820176517.6），该专利保证前摆动支腿收起后两侧的最大尺寸与整车宽度保持基本一致。徐州徐工随车起重机有限公司在 2009 年申请了随车起重机防倾翻装置（CN200920232690.8），该专利可靠性大大提高，该设计有效保障了整机的安全性，避免了倾翻事故的发生。2011 年长沙桑尼重工机械有限公司申请了具有智能操作控制系统的智能随车起重机（CN201120285787.2），本实用新型通过采用先进的电子技术和信息处理技术，该设备具备多种显示功能，能够实现系统故障的报警和保护，显著提升了随车起重机的技术性能和整体品质。2017 年徐工集团工程机械有限公司申请了起重机的变幅液压系统和随车起重机（CN201711455493.8），该专利改善臂架在下降过程中的抖动问题。

从起重机械领域的门式起重机分支重点专利来看，2001 年江西日月明实业有限公司申请了组合式液压门式起重机（CN01221267.9），与现有技术相比，该专利显著提升了液压门式起重机的支腿伸缩行程和速度，增幅可达 1 倍或更多，使其更好地满足工程施工和货物吊运的需求，同时能够适应不平路轨的使用条件。2006 年山东丰汇设备技术有限公司申请了圆形钢管桁架结构门式起重机（CN200620087058.5）。李保亮在 2017 年申请了一种防晃动龙门式起重机装置

(CN201720733560.7)，本实用新型不仅提高了起重机的工作效率，而且减缓了起重体的晃动程度，避免了吊钩上物体的滑落。2020 年赣州市兴顺辉科技有限公司 (CN202011532403.2)，通过对两端的液压油缸进行伸缩调节，将倾斜的横梁板调节至水平状态。

从起重机械领域的桥式起重机分支重点专利来看，西安神力起重运输机械有限公司申请了轻型双梁桥式起重机(CN200920245960.9)，该专利具有维修更换方便、自重轻、轮压小、性能可靠和能耗低的特点。2011 年陈家星申请了一种具有爬升功能的桥式起重机(CN201110270188.8)，该技术使普通桥式起重机实现了爬升功能，同时具备起重量大和起重效率高的显著优势。2016 年广州五杰机械有限公司申请了一种桥式起重机 (CN201621410267.9)。河南豫中起重集团有限公司在 2020 年申请了可自动平衡电动葫芦重量的单梁桥式起重机 (CN202020499549.0)，该专利达到了防止横梁两侧压力不同导致对其中一侧造成压力过大引起材料的疲劳强度下降的目的。

从起重机械领域的塔式起重机分支重点专利来看，2022 年三一重工股份有限公司申请了塔式起重机运行监控装置 (CN02283215.7)，本发明大大提高塔式起重机的安全性能，有效防止了因机械式力矩限制器被随意调节而导致力矩限制失效的人为故障问题。2010 年张培霞申请了汽车式上回转塔吊 (CN201010232703.9)，其为狭窄地域的房屋建筑实现机械化施工提供了可行性条件。中国建筑第二工程局有限公司在 2016 年申请了一种超高层外挂动臂塔吊爬升支撑装置(CN201610609659.6)，该专利可以根据塔吊与建筑物之间的实际距离，定制相应长度的支撑梁及附墙框架，确保施工的精准性和安全性，从而避免了材料的浪费。2020 年徐州国联建机有限公司申请了一种高稳定性管材用塔式起重机 (CN202010216620.4)，该专利有效提升了工作效率，设置的弹性牵引机构和减震导向机构能起到对起重过程中的弹性减震效果，管材起重的平稳度显著提升。

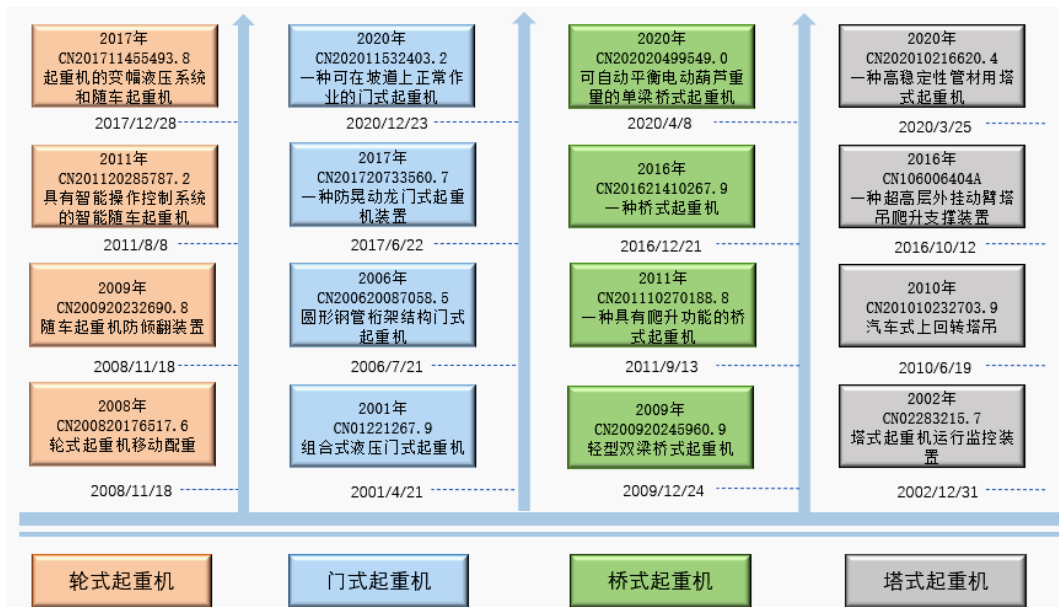


图 4-8 起重机械改进技术路线图

Figure4-8 Roadmap for Improvement Technology of Crane Machinery

4.3.4 土方机械改进技术路线图

图 4-9 是土方机械改进技术路线图，由图可知，工程机械重点技术分支土方机械改进相关技术发展路径主要分为五部分，即：铲运机、平地机、推土机、挖掘机、装载机。

从起重机械领域的铲运机分支重点专利来看，胡明登在 2000 年申请了履带自行式铲运机（CN00111246.5），本发明显著提升了牵引和通过性能，同时充分发挥了车速高的优势，确保设备在运行中能够正常发挥其效能。烟台兴业机械股份有限公司在 2013 年申请了地下铲运机的故障智能诊断监视系统（CN201320518810.7），本发明可以在发动机、变速箱、整机液压系统出现故障时能够迅速查明故障点。2015 年北京安期生技术有限公司和安期生鑫茂（北京）矿山机械有限公司共同申请了地下铲运机用负载敏感转向液压系统（CN201520606065.0），该发明有效简化了系统结构，降低了成本，同时显著提升了系统的可靠性和安全性。2018 年深圳市晟达机械设计有限公司申请了（CN201810023970.1），该专利与地面控制中心保持实时数据传输，更有助于控制中心对井下铲运机的工作状况的了解。

从起重机械领域的平地机分支重点专利来看，2001 年三一重工股份有限公司申请了平地机摆架锁定装置（CN01213685.9），本发明使操作者能够集中精力观察摆架的运行状态，确保操作的准确性和可靠性。罗嘉好在 2014 年申请了一种新型平地机（CN201420508680.3），该专利结构简单，安全性能高，制造成本低，工作效率好，使用寿命长。2016 年山东临工工程机械有限公司申请了平地机摆架机构（CN201620205770.4），本发明能够解决摆架机构加工、装配性工艺较差的问题。东栋宏业建设集团有限公司在 2017 年申请了一种高效平地机（CN201720138914.3），

该专利可以平整路面，也可以对路面进行压实，避免二次操作。

从起重机械领域的推土机分支重点专利来看，2003 年三一重工股份有限公司申请了全液压推土机行驶纠偏装置（CN200320114350.8），本发明系统工作平稳，履带无停顿，作业效率高。山推工程机械股份有限公司在 2015 年申请了一种遥控推土机工作装置控制系统及方法（CN201510423129.8），其使用方便、性能稳定，性价比高。2016 年福建狄恩纪商贸发展有限公司申请了一种具有碎土功能的推土机（CN201620626241.1），该专利有碎土功能，能提高工作效率。南京天辰礼达电子科技有限公司在 2017 年申请了一种推土机引导系统（CN201710552959.X），本发明实现了完全无桩化施工，推平精准高效。

从起重机械领域的挖掘机分支重点专利来看，2015 年力士德工程机械股份有限公司申请了一种液压挖掘机动臂势能回收系统（CN201510339700.8），显著降低了能耗，减少了发热问题，同时实现了能量的高效再利用。2017 年贵州詹阳动力重工有限公司申请了一种用于挖掘机机械发动机的起停控制系统（CN201710800922.4），该专利降低了挖掘机操作过程中事故发生的风险。广西柳工机械股份有限公司在 2018 年申请了挖掘机斗杆油缸液压控制系统及控制方法（CN201810519320.6），本发明控制逻辑简单，控制效果好。2019 年三一重工股份有限公司申请了防撞方法、挖掘机动臂的防撞系统及挖掘机（CN201911215394.1），该专利解决了容易造成动臂与障碍物磕碰造成坍塌的技术问题。

从起重机械领域的装载机分支重点专利来看，2013 年安徽惊天液压智控股份有限公司申请了一种新型的破碎挖掘装载机（CN201320600379.0），本发明既提高了工作效率，又大大提高了安全系数。贵州詹阳动力重工有限公司在 2014 年申请了高速轮式多功能装载机挖掘动臂锁定机构（CN201420142278.8），该专利是一种用于锁定高速轮式多功能装载机挖掘动臂的机构。2015 年徐工集团工程机械股份有限公司申请了装载机用新型复合式散热器（CN201520588812.2），该专利提高了散热效率同时通过副水箱可加速排出水散热器以及发动机内空气，缩短了加注时间。2016 年山东海宏重工有限公司申请了装载机用多功能铲斗（CN201620024256.0），本发明有效防止了铲斗作业时物料从前部和侧部撒漏，实现了铲斗容积的最大化利用，显著提高了工作效率，同时具备灵活、便捷的使用特点。

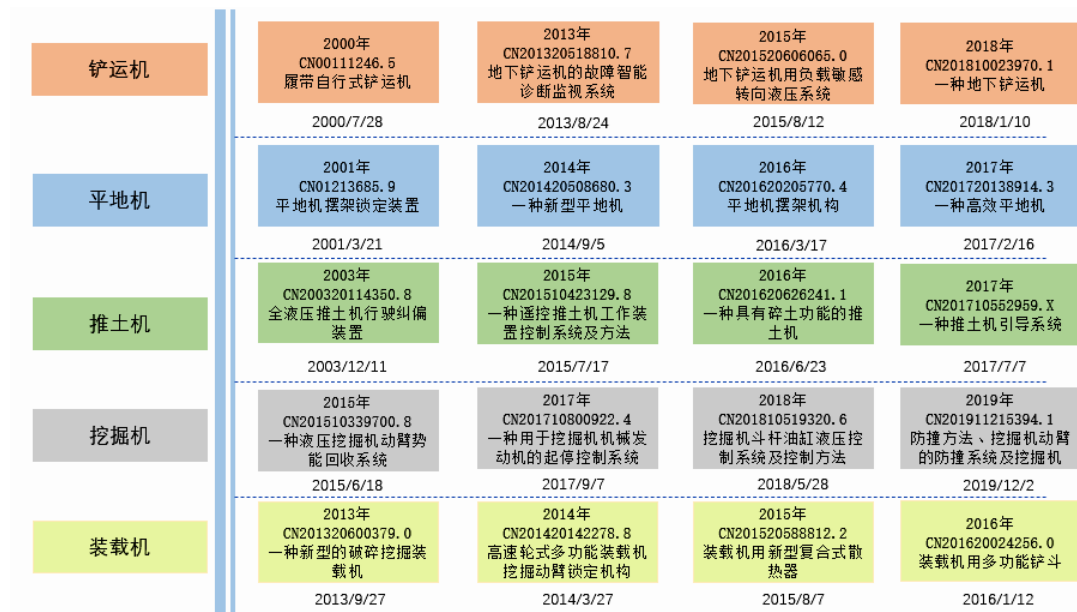


图 4-9 土方机械改进技术路线图

Figure4-9 Roadmap for Improvement Technology of Earthmoving Machinery

4.4 本章小结

本章节主要聚焦工程机械领域关键技术分支的发展状况，选定了其中四个核心分支进行深度分析，通过构建申请人专利合作网络演化模型的方式，同时配合可视化分析途径，呈现出工程机械领域关键技术的发展路线图。这项研究试图全面把握各技术分支的发展路线及其相互关系，为行业内技术创新及发展提供科学依据。

研究挑选出四个具有代表性的关键技术分支，分别为：土方机械、起重机械、混凝土机械和路面机械，通过对这些技术分支的专利申请趋势进行详细分析，发现整体上这些领域的专利申请数量均呈现上升趋势。自 2020 年起，专利申请数量普遍减少，这种变化可能表明，随着技术领域的研发日趋成熟，市场需求趋于饱和，技术创新的步伐有所减缓，虽然专利申请数量开始下降，但申请人之间的合作密度呈增长态势。随着时间推移，申请人之间合作网络的密度显著上升，说明行业内企业彼此合作的情况日益频繁，这种合作不光推动了知识共享和技术转移，还促进了新技术的应用与推广。网络的高密集程度还显示了申请人之间存在较多的互动及合作，这有助于提升创新主体在工程机械领域的研发能力、制造技术水平以及工艺装备的水准。之后的研究可以深入探究如何借助国际合作及跨领域合作，促进工程机械领域的不断创新与技术进步，政策制定者需留意怎样支持中小企业投身高端技术研发，从而带动整个行业的健康发展。

5 我国工程机械主要创新主体技术演化分析

掌握核心创新主体的技术研发热点，对工程机械行业技术发展态势及预测未来创新方向有着重要的理论与实践意义。本章节凭借构建科学的评价指标体系，筛选出具有代表性的重点创新主体，并对其专利活动开展多维度的分析，具体要研究的内容有：创新主体的专利申请趋向、专利的布局情形、核心技术主题的演化以及技术主题的聚类等，该分析框架不仅能展现工程机械领域的技术创新格局，也可以为相关企业研发战略的制定提供决策兴性参考。

5.1 国内工程机械领域重点创新主体的选取及分析

在识别和筛选专利创新主体过程中，考虑到企业实体可能存在的名称变更、组织架构重组以及子公司设立等复杂情况，这些因素往往导致创新主体名称表述存在差异。为确保研究数据的准确性与可比性，本章节对专利申请人名称进行了系统的规范化处理。如表 5-1 所示。然后根据国内工程机械专利数据，利用 Excel 中的数据透视表以专利公开公告号为值，申请人为列，以申请人所在省份、专利数量、专利类型、专利有效性以及平均被引次数作为筛选得到国内工程机械排名前二十的重要创新主体，如表 5-3 所示。

表 5-1 申请人名称标准化

Table5-1 tandardization of Applicant Names	
标准化名称	申请人名称
山推工程机械股份有限公司	山推楚天工程机械有限公司
	山推(德州)工程机械有限公司
	山东山推机械有限公司
	山推工程机械股份有限公司液力变矩器厂
	山推铸钢有限公司
中联重科股份有限公司	中联重科建筑起重机械有限责任公司
	中联重科股份有限公司渭南分公司
	中联重科土方机械有限公司
	中联重科建筑机械(江苏)有限责任公司
	湖南中联重科混凝土机械站类设备有限公司
	湖南中联重科专用车有限责任公司
广西柳工机械股份有限公司	常德中联重科液压有限公司
	江苏柳工机械有限公司
	柳州柳工挖掘机有限公司
	柳工常州机械有限公司
	安徽柳工起重机有限公司
	天津柳工机械有限公司
	柳工柳州传动件有限公司
	柳州柳工液压件有限公司
	柳工建机江苏有限公司
	柳工常州挖掘机有限公司

续表 5-2 申请人名称标准化

Continued Table5-1 tandardization of Applicant Names	
标准化名称	申请人名称
徐工集团工程机械股份有限公司	徐州徐工施维英机械有限公司
	徐工集团工程机械股份有限公司科技分公司
	徐州徐工特种工程机械有限公司
	徐工集团工程机械股份有限公司建设机械分公司
	徐工重庆工程机械有限公司
	徐州徐工铁路装备有限公司

从表 5-3 可以看出，国内前 20 位重要创新主体中来自江苏的创新主体最多，其次是湖南、广西、山东等省份。江苏 6 个创新主体共申请专利 1233 件，从企业规模与技术创新能力的维度来看，该省企业在工程机械领域呈现出明显的竞争优势。

从法律状态上来看，在失效专利占比方面，无锡石油化工起重机有限公司以 100.00%的比率位居首位，其次分别为广西大学（92.64%）、长安大学（80.61%）和徐州重型机械有限公司（66.84%），上述主体的失效专利比例均超过 50%，反映出其专利维持能力有待提升。相比之下，在专利申请量排名前十的主体中，徐州建机工程机械有限公司（62.83%）、山东临工工程机械有限公司（57.14%）和广西柳工机械股份有限公司（53.85%）的有效专利占比位居前列。这一数据特征表明，有效专利占比与专利质量呈正相关：专利质量越高的创新主体，其维持有效专利的能力越强，高价值专利储备也相对更为丰富。

从专利平均被引频次这一核心指标来看，在专利申请量排名前十的创新主体中，广西大学、三一重工股份有限公司以及徐州重型机械有限公司表现尤为突出，其专利平均被引的次数均超过 4 次；中联重科股份有限公司、广西柳工机械股份有限公司、徐工集团工程机械股份有限公司的专利平均被引频次也维持在 3 次以上，这一数据现象充分说明，上述创新主体在工程机械领域的技术创新成果具有较高的学术价值和应用价值，其研发成果在行业内产生了广泛的技术影响力。

从专利活跃度来看，在国内该领域排名前 10 的创新主体中，近 5 年专利申请数量最多的四位创新主体分别为徐工集团工程机械股份有限公司（40.98%）、徐州徐工挖掘机械有限公司（40.97%）、广西柳工机械股份有限公司（40.70%）和山东临工工程机械有限公司（37.75%）。专利活跃度高表明企业在创新方面投入较多，能够持续产生新的技术成果。这有助于企业在技术上保持领先地位，推动产品和服务的不断更新迭代。

基于前述多维度的实证分析结果，同时综合考虑各创新主体的行业地位、技术影响力及研究代表性，本研究最终确定以广西柳工机械股份有限公司、三一重工股份有限公司和徐工集团工程机械股份有限公司作为重点研究对象。

表 5-3 国内工程机械领域主要创新主体

Table5-1 Main Innovators of Domestic Intelligent Ore Sorting Equipment

序号	申请人	所在 省份	专利 数量	发明专 利占比	失效专 利占比	有效专 利占比	平均被 引次数	专利活 跃度
1	中联重科股份有限公司	湖南	599	34.55%	46.58%	44.74%	3.44	37.56%
2	广西柳工机械股份有限公司	广西	570	47.19%	39.29%	53.85%	3.11	40.70%
3	三一重工股份有限公司	湖南	565	32.74%	61.76%	33.09%	4.55	30.97%
4	山推工程机械股份有限公司	山东	561	21.74%	47.59%	49.55%	2.85	31.72%
5	徐工集团工程机械股份有限公司	江苏	510	39.01%	38.62%	48.43%	3.21	40.98%
6	广西大学	广西	204	78.43%	92.64%	5.88%	5.34	2.45%
7	山东临工工程机械有限公司	山东	196	20.41%	37.24%	57.14%	2.97	37.75%
8	徐州重型机械有限公司	江苏	190	33.15%	66.84%	26.84%	4.11	14.21%
9	徐州建机工程机械有限公司	江苏	148	27.70%	32.43%	62.83%	2.33	28.37%
10	徐州徐工挖掘机械有限公司	江苏	144	30.55%	26.38%	60.41%	2.62	40.97%
11	徐州徐工筑路机械有限公司	江苏	140	43.57%	29.28%	60.00%	2.53	51.42%
12	中国建筑第二工程局有限公司	北京	137	8.75%	52.55%	45.25%	2.63	72.26%
13	雷沃工程机械集团有限公司	山东	121	13.22%	4.13%	90.91%	1.68	97.52%
14	无锡石油化工起重机有限公司	江苏	101	52.47%	100.00%	0.00%	2.44	0.00%
15	中国建筑第八工程局有限公司	上海	91	19.78%	52.74%	39.56%	2.15	38.46%
16	长安大学	陕西	86	32.55%	80.61%	18.51%	4.74	16.27%
17	福建南方路面机械有限公司	福建	63	14.28%	65.7%	33.33%	4.51	0.00%

18	北汽福田汽车股份有限公司	北京	61	34.42%	67.21%	32.78%	3.58	1.63%
19	河南省大方重型机器有限公司	河南	58	10.34%	22.41%	74.13%	2.63	67.24%
20	河南省晟源起重机械有限公司	河南	56	8.92%	1.78%	94.64%	2.09	92.85%

5.2 广西柳工机械股份有限公司

广西柳工机械股份有限公司（简称“广西柳工”）隶属于中国制造业 500 强企业——柳工集团，是其核心子公司。作为国内工程机械领域的先锋和广西首家上市公司，广西柳工享有“中国工程机械行业领军者”的美誉。公司主要产品包括轮式装载机、履带式液压挖掘机、压路机及中大吨位叉车，并涵盖了如沥青摊铺机、平地机、铣刨机和路拌机等路面机械设备。此外，广西柳工还提供一系列灵活多用的小型设备，例如滑移装载机和挖掘装载机，以满足不同施工场景的需求^[69]。

5.2.1 广西柳工专利申请趋势分析

如图 5-1 所示，广西柳工早在 2004 年便开始申请了两件专利，第一件专利是 2004 年 10 月 22 日申请的“挖掘机铲斗”，该专利防止了铲斗开裂，提高了铲斗的寿命。第二件专利是 2024 年 11 月 15 日申请的“挖掘机动臂”，该专利大大降低了挖掘机动臂的使用难度。2007 年至 2018 年，专利申请趋势呈现波动，但是整体趋势是上升的，在 2018 年专利申请量达到顶峰，共计 68 件。该段时间广西柳工的装载机、挖掘机、推土机、压路机、平地机等主要工程机械产品的销量增速远高于行业平均增速。装载机销量同比增长 40%，市场占有率同比提升 2.3 个百分点。从专利类型上来看，实用新型专利要多于发明专利，广西柳工在工程机械领域的创新可能更侧重于产品的结构改进、部件优化等方面，这些创新更适合申请实用新型专利。

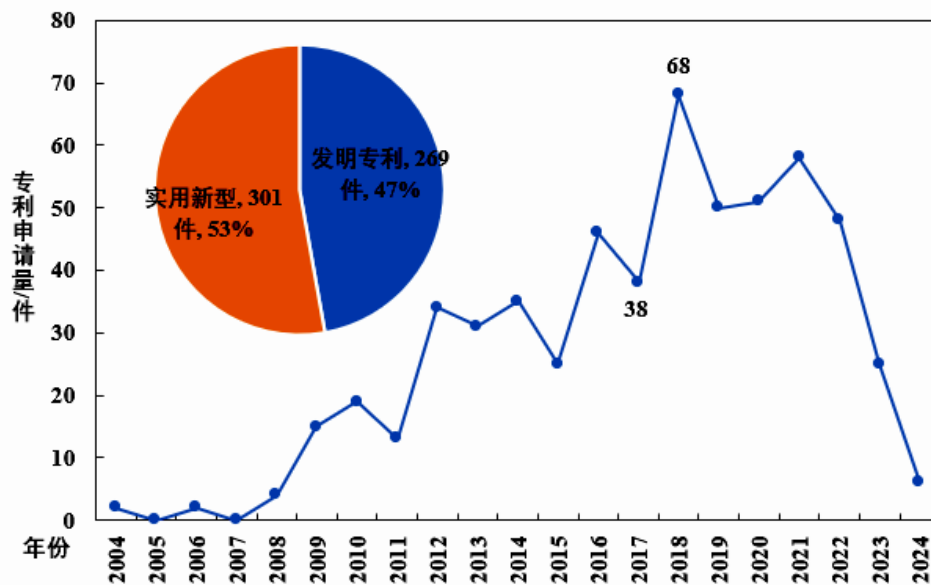


图 5-1 广西柳工机械股份有限公司专利申请趋势图

Figure5-1 Patent Application Trend of Guangxi Liugong Machinery Co., Ltd

5.2.2 广西柳工专利布局分析

从国际专利分类号的视角出发,对广西柳工工程机械领域的专利技术分布与发展情况进行深入分析,有助于准确把握该企业的重点研发领域及技术布局特征。图 5-2 为广西柳工 IPC 技术分布图,从图中可以看出天津美腾科技专利申请主要集中在 2018-2022 年,其中涉及最多的 IPC 为 E02F(挖掘;疏浚),其次是 F15B(一般流体工作系统;流体压力执行机构,如伺服马达;不包含在其他类目中的流体压力系统的零部件^[68]), B66C(起重机;用于起重机、绞盘、绞车或滑车的载荷吊挂元件或装置)。除了上述的专利技术外,近年来广州柳工开始涉及 B62D(机动车)和 B60S。其他 IPC 如 F16K(阀;龙头;旋塞;致动浮子;通风或充气装置)、F02D(燃烧发动机的控制)、E04G(脚手架、模壳;模板;施工用具或辅助设备,或其应用;建筑材料的现场处理;原有建筑物的修理,拆除或其他工作)等领域专利涉及较少。柳工在专利申请方面,更倾向于集中布局其核心技术领域,如装载机、挖掘机等主要工程机械产品的关键技术和创新点。这可能导致在其他一些非核心或相关性较低的 IPC 分类中专利申请数量较少。

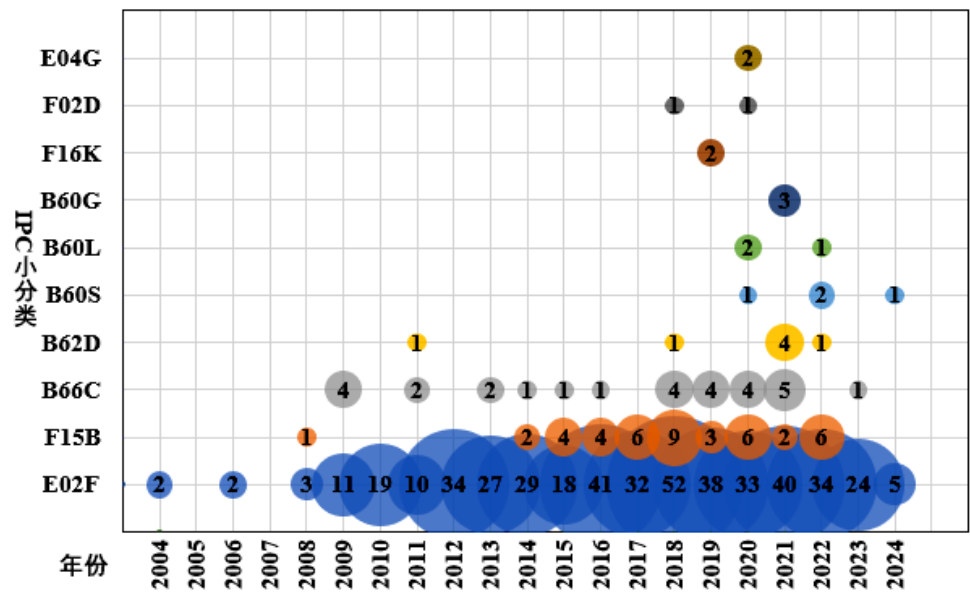


图 5-2 广西柳工 IPC 技术分布趋势图

Figure5-2 Trend of IPC Technology Distribution in Liugong, Guangxi

5.2.3 广西柳工重点技术分支分析

了解广西柳工工程机械关键技术的专利布局情况，可以更精准地把握该公司技术研发的主攻方向，图 5-3 呈现了广西柳工重点技术分支的专利申请情况，从图中可以看出，2009 年到 2023 年，广西柳工的专利申请活跃度比较高，这说明该时间段是其技术创新与发展的重要阶段。该公司涉及较多的技术分支，其中包括：装载机、挖掘机、推土机、平地机，另外还有轮式起重机，而专利申请数量最多的技术分支正是装载机，柳工在装载机行业占据领先地位，而且一直进行研发并推出了智能装载机（856H MAX 智能铲装装载机和智能遥控装载机），这些装载机借助智能控制系统，简化了操作步骤，提高了作业效率和设备使用寿命。

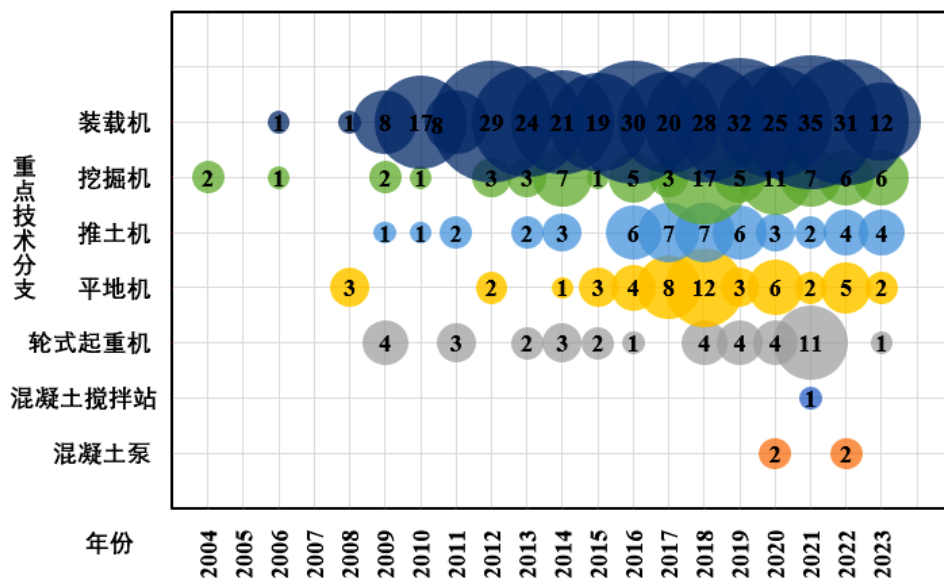


图 5-3 广西柳工重点技术分支分布趋势图

Figure5-3 Distribution Trend of Key Technical Branches in Liugong, Guangxi

5.2.4 广西柳工技术主题演化分析

专利技术主题演化分析可以深刻揭示特定技术领域的技术发展脉络和历史轨迹，帮助企业了解技术的起源、发展和演变过程。同时技术人员也可以通过专利技术主题演化分析，了解某一技术领域从起源到当前的发展历程，包括技术的萌芽、成长、成熟和衰退等各个阶段。这有助于技术人员全面掌握技术的历史背景和演变过程，为当前和未来的技术研究奠定基础。

本节采用 ItgInsight 软件对广西柳工工程机械四个核心技术领域的专利数据进行了清洗，以专利文本文件中的“标题”“摘要”字段内容为基础，使用 ItgInsight 对数据进行清洗，选择修改后的“合享”过滤器^[70]、构建的广西柳工工程机械字典和停用词文件夹，设置字典为“仅用主题词”，“术语长度”选择“2-4”，时间设置为 1924 年 1 月 1 日到 2024 年 10 月 30 日，选择可视化选项中的主题词演化分析，生成广西柳工工程机械的主题演化趋势图^[70]，如图 5-4 所示。

在广西柳工工程机械主题的演化过程中，出现频率最高的关键词包括挖掘机、平地机和推土机等。此外，在这些主题词的演变期间，不断有新的术语涌现，进而形成了广西柳工工程机械领域的主题演化图谱。2004 年至 2006 年，广西柳工重点技术主要集中在挖掘机，到 2008 年出现了平地机，紧接着起重机在 2009 年出现。2010 年至 2014 年，主题词主要集中在起重机、推土机、挖掘机、换向阀、发动机等，在 2011 出现了推土机。在 2015 年至 2020 年，挖掘机、平地机、推土机、控制阀、控制器等主题词出现频繁，直到 2024 年出现混凝土泵。综上所述，广西柳工在工程机械领域侧重土方机械和起重机械，并且在近几年广西柳工开始在混凝土机械领域进行研发与技术创新。

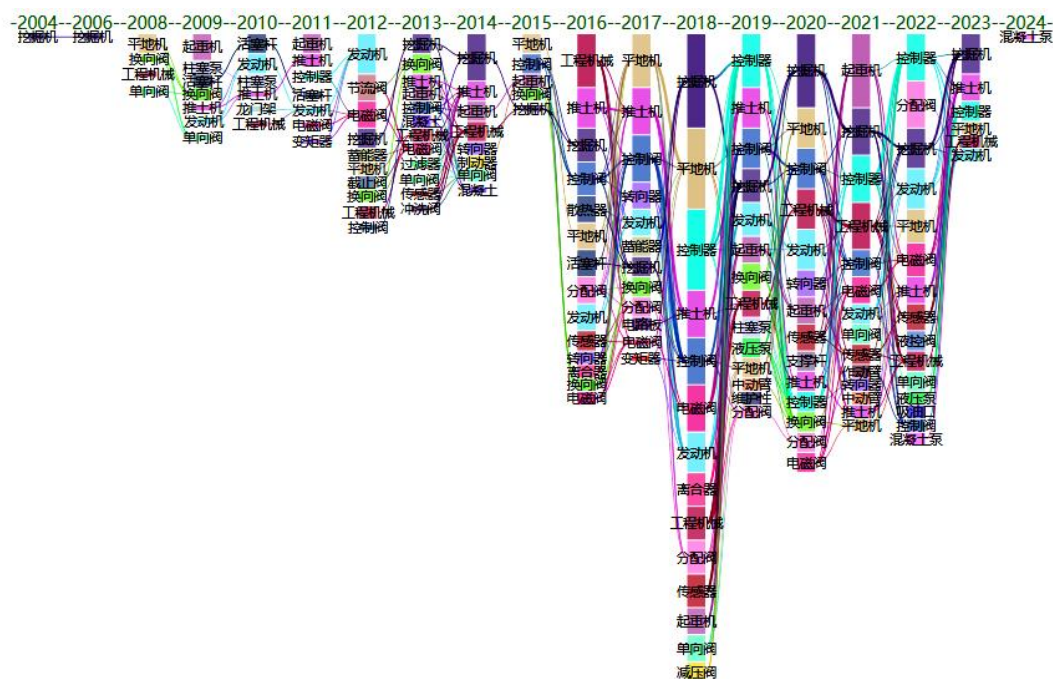


图 5-4 广西柳工技术主题演化

Figure5-4 Evolution of Guangxi Liugong Technology Theme

5.2.5 广西柳工专利技术聚类分析

为了深入分析广西柳工工程机械领域的最新专利研究动态，本研究对 2004 年至 2024 年间申请的专利文本进行了聚类处理。采用先前描述的主题词数据清洗方法，并通过可视化软件 ItgInsight 生成了广西柳工工程机械领域专利技术聚类情况的图，如图 5-5 所示。

图 5-5 是广西柳工工程机械领域专利技术聚类图，图中节点表示技术元素，连线粗细表示因素关联强度。广西柳工专利领域的研究热点主题词主要聚集于工程机械、推土机、发动机、挖掘机、起重机、平地机等。柳工工程机械主题词主要分成三大类，最大的聚类模块以挖掘机为聚类主题，其关联词以控制器、起重机、传感器和电磁阀为代表。广西柳工在挖掘机技术领域通过控制器、传感器、电磁阀等关键部件的应用，实现了高度智能化和自动化操作。这些技术不仅提高了挖掘机的工作效率和可靠性，还为工程机械行业的智能化发展提供了重要支持。第二类核心词汇围绕着工程机械及推土机展开，与之相关的术语包括但不限于发动机、离合器以及散热器等组件。此类关键词主要聚焦于提升工程机械设备性能及其可靠性的研究。第三类以平地机和控制阀为中心词，其关联词以液压泵、分配阀、转向器等。这类主题词大多研究的是工程机械的改进。如通过优化液压泵的设计，保障柳工的工程机械在高负载和低负载工况下都能保持高效运行，同时减少了液压冲击，延长了设备的使用寿命。

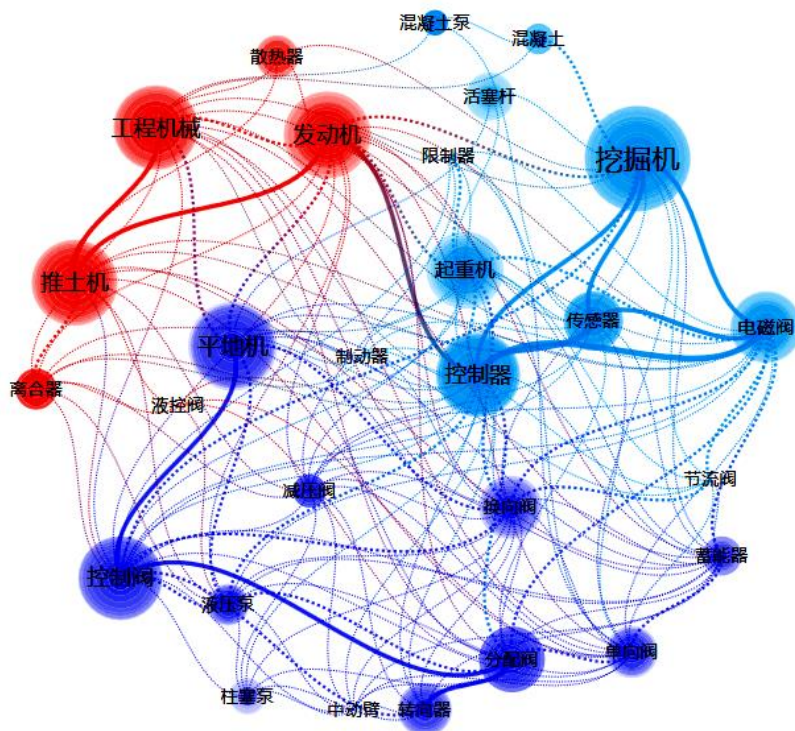


图 5-5 广西柳工专利技术聚类图

Figure5-5 Cluster Diagram of Guangxi Liugong Patent Technology

5.3 三一重工股份有限公司

三一重工股份有限公司（以下简称“三一重工”），创建于1994年，总部设在北京，专注于工程机械的研发、制造、销售和服务。其产品范围广泛，包括但不限于挖掘机、平地机、塔吊以及混凝土搅拌设备等多类产品系列。自公司成立以来，三一重工实现了稳步而迅速的成长，目前已成为全球工程机械领域的领导者，并跻身全球最大的混凝土机械制造商之列。

5.3.1 三一重工专利申请趋势分析

图 5-6 是三一重工股份有限公司专利申请趋势，从图中可以看出三一重工早在1996年申请了第一件涉及工程机械领域的专利，该件专利为混凝土机械，本实用新型主、副油路分开、简化了系统的组成，可靠性高，操作维修方便。三一重工在1997年至1999年专利申请数量为零，2001年至2005年，属于公司在工程机械领域的萌芽期，该段时间，每年的专利申请量不超过10件。2006年至2012年是三一重工工程机械技术领域快速发展期，在2012年专利申请量达到顶峰，共计81件。从2013年到2017年，专利申请数量开始呈下降趋势，在2015年仅申请了9件专利，这可能是部分技术领域已经相对成熟，新的创新点减少，导致专利申请数量下降。从2018年至2020年，专利申请趋势急速上升，说明三一重工在工程机械领域实现技术突破，尽管部分技术领域已经相对成熟，但新的创新点不断涌现，特别是在数字化、

智能化、环保等领域，推动了专利申请数量的增加。饼状图展示了三一重工的专利类型分布情况。从图表中可以看出，三一重工的实用新型专利数量显著，共有 380 件，占其全部申请专利的 67%；而发明专利的数量为 185 件，占据总申请量的 33%。

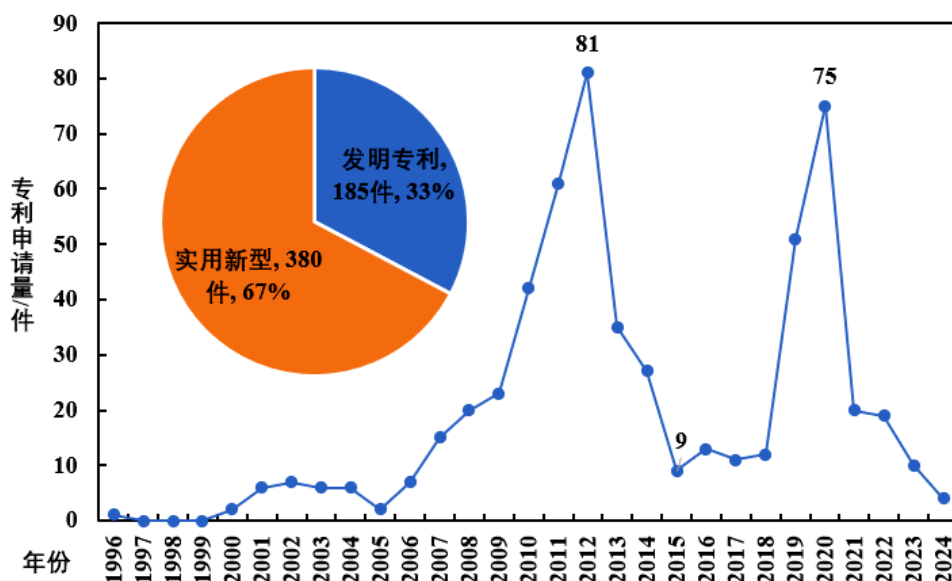


图 5-6 三一重工专利申请趋势图

Figure5-6 Trend Chart of Sany Heavy Industry Patent Applications

5.3.2 三一重工专利布局分析

以国际专利分类号 (IPC) 为视角来分析三一重工在工程机械领域的技术布局，有利于精准把握该企业核心技术的研发趋向，图 5-7 是三一重工 IPC 技术分布趋势图，三一重工的专利申请主要集中在 E02F (挖掘；铲掘)，同时在 E04G (脚手架、模板、桥梁或其他支撑结构)、B28C (混凝土或类似材料的制造) 和 B66C (起重机、绞车等提升设备) 等领域也有较多关联。经过对这些数据的深入剖析，可以清晰的看出三一重工在多个关键技术领域的布局设置，如 E02F 分类对应的专利表明该公司在挖掘及铲掘设备方面技术积累扎实，这与其在工程机械行业的领先地位相符合，E04G、B28C 和 B66C 分类下的相关专利反映出，公司在建筑材料处理、建筑结构支撑及起重设备方面也有明显的技术投入。

除了上述核心技术领域外，近年来三一重工的研发重点逐渐扩展到新的技术方向。具体而言，F15B (流体动力传输元件；液压传动)、E01C (道路施工设备)、F16L (管件连接装置)、F16H (传动装置)、F04B (泵) 和 F16C (轴承) 等技术在 2006 年至 2016 年间处于萌芽发展期。然而，自 2019 年起，三一重工明显加大了对这些 IPC 技术的研发力度，表明了公司对未来新兴技术方向的关注和重视。

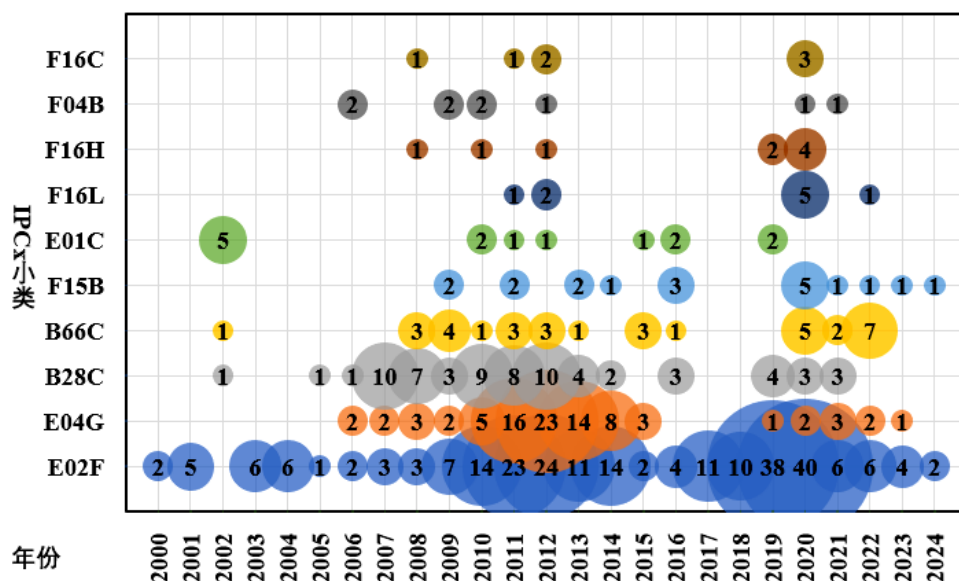


图 5-7 三一重工 IPC 技术分布趋势图

Figure5-7 Trend of IPC Technology Distribution by Sany Heavy Industry

5.3.3 三一重工重点技术分支分析

从关键技术分布的视角出发,对三一重工在工程机械领域关键技术的专利布局进行分析,能够有效识别该创新主体的主要技术研发方向。图 5-8 展示了三一重工核心技术分支的发展趋势。从图表中可以观察到,三一重工的专利申请活动主要集中于两个时期:首先是 2008 年至 2014 年,其次是 2019 年至 2021 年。其中涉及挖掘机领域的专利数量最多,共有 190 件。其次专利数量最多的领域是混凝土泵,共计 128 件。其他涉及比较多的重点技术有平地机、凝土搅拌站和门式起重机等。三一重工在沥青搅拌设备、轮式起重机和推土机领域的专利数量较少,其中推土机领域的专利早在 2000 年开始申请,但是该领域的专利自 2004 年以后便很少涉及了,这可能是由于三一重工在推土机领域的市场份额相对较小,在资源分配上可能更倾向于其他更具优势的技术领域。

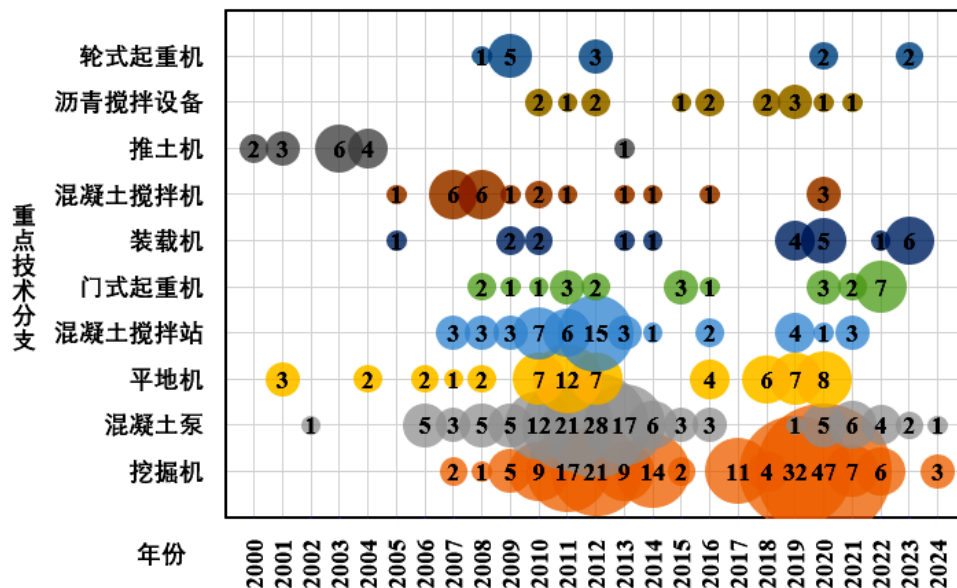


图 5-8 三一重工重点技术分支分布趋势图

Figure 5-8 Distribution Trend of Key Technical Branches of Sany Heavy Industry

5.3.4 三一重工技术主题演化分析

为了深入分析三一重工工程机械领域的最新专利研究动态，本研究对其专利文本进行了聚类处理。采用先前描述的主题词数据清洗方法，通过可视化软件 ItgInsight 生成了三一重工工程机械领域专利技术聚类情况的图表，如图 5-9 所示。

从整体上来看，三一重工在工程机械领域的主题词主要是混凝土泵、挖掘机、平地机和搅拌站等。1996 年至 2006 年，该段时期，三一重工在工程机械领域的主题词较少，在该领域的主题词最主要集中在混凝土泵、推土机、平地机等，早在 1996 年便开始有混凝土泵，之后在 2000 年出现主题词推土机，紧接着 2001 年出现了平地机、液压泵等。2007 年至 2014 年，三一重工在工程机械领域的主题词主要围绕在混凝土泵、挖掘机、混凝土、搅拌站、平地机等。在 2009 年出现新的主题词是起重机。该时间段主题词增长迅速，这一情况体现了三一重工在该技术领域内取得了显著的进步与成长。2015 至 2024 年，三一重工在工程机械领域仍然以挖掘机、平地机、混凝土泵为重点技术领域。在 2021 年出现主题词龙门架（门式起重机），2022 年和 2023 年都出现主题词起重机，这说明近年来三一重工重点技术的研发与创新在起重机领域。

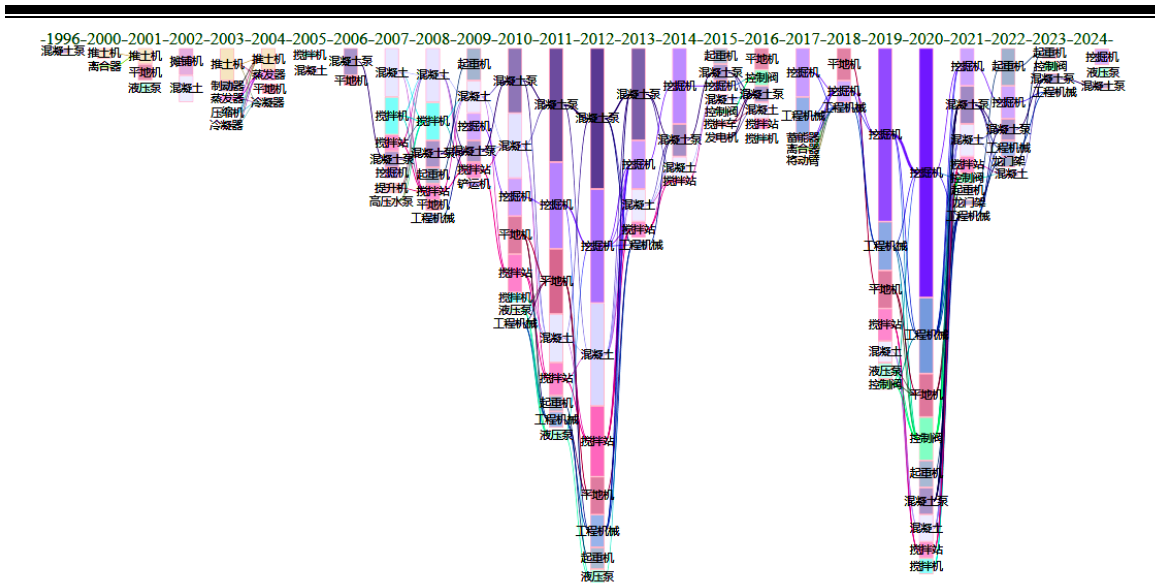


图 5-9 三一重工改进技术主题演化

Figure5-9 Evolution of Sany Heavy Industry's Improvement Technology Theme

5.3.5 三一重工专利技术聚类分析

为深入探讨三一重工在工程机械领域的最新专利研究动态，本研究对 2000 年到 2024 年申请的专利文本进行了聚类统计分析，基于这些专利文件中的“标题”和“摘要”字段内容，应用 ItgInsight 软件来进行数据清洗与分析，具体步骤包括构建同现网络，还需要把“标题”与“摘要”规定为分析字段，以实施可视化的网络分析。在执行分析期间，需剔除跟主题关联性不高且缺乏实际价值的关键词，由此得出了工程机械领域内的关键词排名，采用 ItgInsight 这一可视化工具，生成了展示三一重工工程机械领域专利技术聚类状态的图，正如图 5-10 所示。

通过对三一重工工程机械领域研究热点的可视化分析，其主题词分布呈现出显著的聚类特征。研究数据显示，高频主题词主要集中在混凝土泵送设备、土方机械（如挖掘机）、混凝土搅拌设备、路面机械（如平地机）以及起重设备等技术领域。从聚类分析结果来看，主题词可划分为四大模块，其中规模最大的模块以土方机械设备为核心，围绕其展开的关联词包括工程机械整机设计、动力系统布局以及安全防护装置等关键技术方向。这一聚类特征表明，三一重工在土方机械领域的技术研发重点集中于关键零部件的自主化研制、液压传动系统的性能优化、智能控制技术的集成应用以及设备安全防护性能的提升等方面。第二聚类模块以混凝土泵送设备及混凝土设备技术为核心主题，其关联词群涵盖了搅拌设备、搅拌装置、物料处理系统等关键技术方向。这一聚类特征表明，三一重工在混凝土机械领域的技术研发重点聚焦于混凝土搅拌设备的性能优化与功能改进。第三类是以平地机为中心词，其关联词以液压泵、换向阀、保护装置、离合器等为代表。这类主题词大多研究的是三一重工土方机械的改进。比如提高液压系统能，为土方机械提供了高效的动力传输和精确的控制；通过保护装置和紧急制动系统，确保土方机械在复杂工况下的

安全性和可靠性。

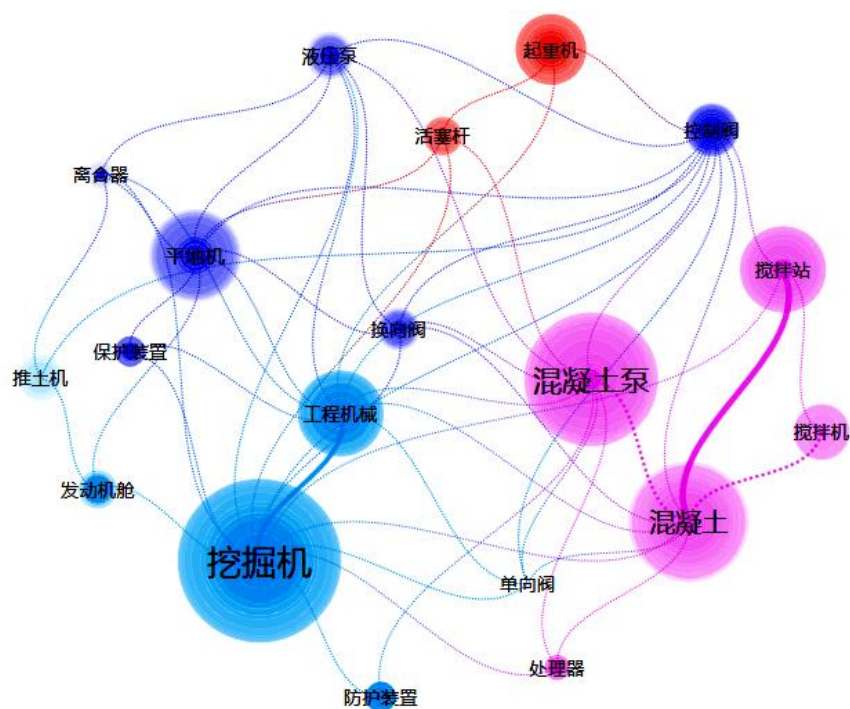


图 5-10 三一重工专利技术聚类图

Figure5-10 Cluster diagram of Sany Heavy Industry's patented technology

5.4 徐工集团工程机械股份有限公司

徐工集团工程机械股份有限公司（以下简称“徐工机械”）作为中国工程机械行业的引领者，在国内工程机械行业的主营业务收入排名中稳居前列，作为中国工程机械制造业里的杰出代表，该公司以多样的产品种类和齐全的产品系列而出名。徐工机械致力为市场提供优质的工程机械产品及服务组合，而且为客户提供系统且全面的解决方案，该公司供应的产品包含多种工程机械设备，可满足不同的市场需求。

5.4.1 徐工机械专利申请趋势分析

图 5-11 是徐工机械的专利申请趋势图，对该创新主体专利申请趋势分析后发现，其技术研发活动体现出明显的阶段性特征。从 2004 年到 2009 年期间，专利申请数量增长相对迟缓，年均增长幅度维持在低水平；自 2010 年这个节点起，其技术创新活动大幅度上升，尤其是在工程机械领域呈现出迅猛增长的势头。这一增长趋势在 2015 年达到了顶点，该年专利申请量超过了 71 件，达到历史的峰值水平，这一变化趋势显示该创新主体自 2010 年后明显加大了技术研发投入，又依靠专利布局提升了其在工程机械领域的技术竞争实力；2016 年至 2019 年，徐工机械工程机械领域的专利呈现下降趋势，这反映公司可能在技术创新方向上进行了调整，更加

聚焦于高端化、智能化、绿色化等领域的创新，导致传统工程机械领域的专利申请数量有所减少。

由专利类型占比的饼状图可看出，徐工机械实用新型专利在申请总量里占主要地位，申请数量有 311 件，占总体比例 61%；发明专利有 199 件，占总体的 39%，该分布情况说明，徐工机械的技术创新策略，更倾向实用性技术的改善与优化，同时也表明其在基础研究领域的持续投入，该专利布局结构展现了企业技术研发的侧重点，为分析其技术创新能力提供了核心依据。

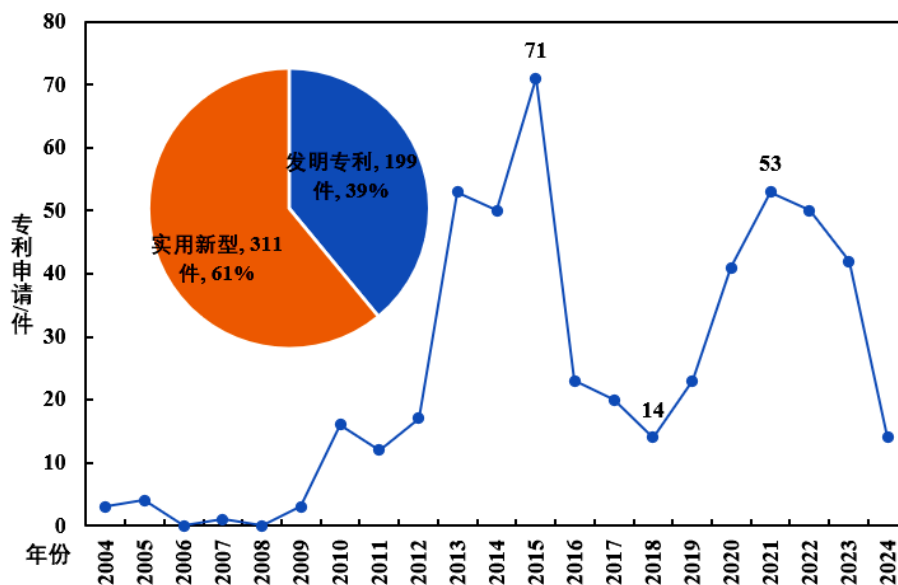


图 5-11 徐工机械专利申请趋势图

Figure5-11 Trend Chart of XCMG Machinery Patent Applications

5.4.2 徐工机械专利布局分析

从国际专利分类号这个视角来分析，通过对徐工机械在工程机械领域专利技术分布及发展趋势做系统分析，能够顺利识别该创新主体的核心技术布局与研发聚焦点。图 5-12 为徐工机械的 IPC 技术分布情况，从图中能看出，徐工机械专利 IPC 主要聚集在 E 部（固定建筑物）和 B 部（作业；运输），其中涉及最多的 IPC 为 E02F，其他涉及频次较高的 IPC 还有 B28C、E04G 等。除了上面提到的核心技术领域以外，徐工机械的研发核心点逐渐拓展到新的技术领域，尤其是 F15B（流体动力传输元件；液压传动）和 B62D（机动车；挂车）这两个分类，2010 年之前都没出现过相关专利申请，但近若干年这两个领域的专利数量明显增加，这说明徐工机械正积极去探索和投资流体动力传输技术与机动车技术。作为它新的研究及发展方向，F15B 和 B62D 领域的技术创新不光反映出公司对新兴市场的关注，也体现出其对未来技术走势的敏锐洞察力。

经过系统剖析徐工机械专利技术分布与发展走向，可得出下面这些结论：徐工机械在传统的优势领域（如挖掘与运输设备方面）继续维持强大的技术竞争力；跟

随技术进步与市场需求的变化，徐工机械正积极研究新的技术领域，尤其是在流体动力传输以及机动车等技术领域，未来的研究能够进一步考察这些新兴技术如何影响公司的长期发展战略，并分析其在全球市场中的潜在竞争优势。

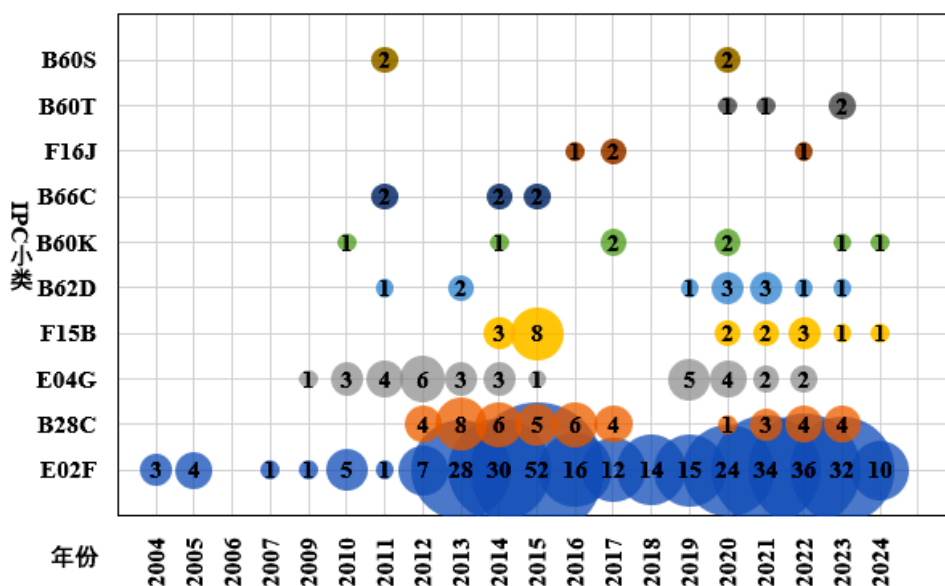


图 5-12 徐工机械 IPC 技术分布趋势图

Figure 5-12 Distribution Trend of XCMG Machinery IPC Technology

5.4.3 徐工机械重点技术分支分析

从关键技术分布的角度入手，对徐工机械工程机械领域的专利布局展开深入剖析，能够清楚呈现其技术研发的重点方向及战略布局，根据图 5-13 所示的徐工机械重点技术分支专利申请情况来看，其技术创新活动主要聚焦在 2013 年至 2023 年期间，专利申请方面，核心领域是装载机、混凝土泵及混凝土搅拌站，此分布特征彰显出，徐工机械在土方机械和混凝土机械领域具有明显的技术优势。

装载机相关的专利申请数量整体呈上升趋势，于 2015 年抵达峰值，当年申请的专利数量为 45 件，说明该领域的技术研发活动比较活跃。相比之下，混凝土泵相关专利的申请自 2009 年起步，但整体趋势体现为小幅度下滑，这大概源于企业对专利组合开展了优化调整，即通过集中资源布局高质量、高价值的专利，故而在数量上体现出一定的缩减迹象，这一策略变动体现了企业在技术创新时的精细化管理与战略聚焦。

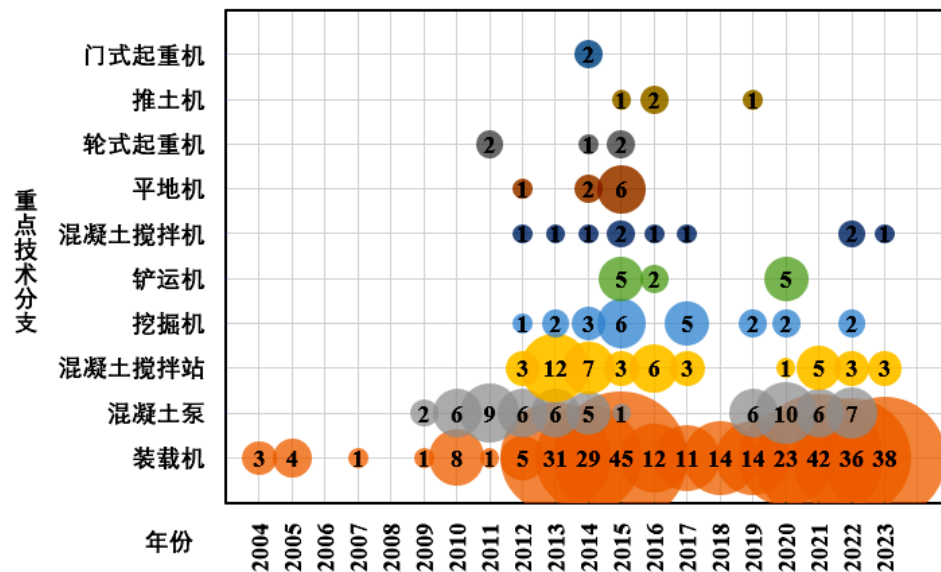


图 5-13 徐工机械重点技术分支分布趋势图

Figure 5-13 Distribution Trend of Key Technical Branches of XCMG Machinery

5.4.4 徐工机械技术主题演化分析

本研究采用 ItgInsight 数据分析工具对原始数据进行清洗与处理。在数据处理过程中，选用了优化后的“合享”过滤器，并结合自定义的徐工机械工程机械专业词典及停用词库进行数据筛选。具体参数设置为：词典匹配模式选择“仅用主题词”，术语长度范围限定为 2-4 个字符，时间跨度为 1924 年 1 月 1 日至 2024 年 10 月 30 日。通过选择可视化分析模块中的主题词演化功能，生成了徐工机械工程机械领域的技术主题演化趋势图，如图 5-14 所示。这一分析流程确保了数据处理的规范性与可视化结果的准确性，为后续技术演化分析提供了可靠的数据支持。

从整体上看，徐工机械技术主题演化过程中出现频次最高的主题词是工程机械、混凝土泵、混凝土、搅拌站等，在技术发展过程中，这些主题词不断衍生出新的关联技术方向。

在 2004 年至 2016 年期间，徐工机械的技术研发主题词主要集中在混凝土泵送设备、混凝土制备技术以及搅拌设备等领域。该创新主体在 2004 年开始有工程机械的专利申请，之后在 2009 年出现主题词混凝土泵，紧接着 2011 年出现了起重机，2012 年出现搅拌站、挖掘机等。2017 年至 2024 年，徐工机械在工程机械领域的主题词主要围绕在混凝土泵、工程机械、混凝土、搅拌站等。这两个时间段的主题词增长都比较迅速，这反映了徐工机械在工程机械技术领域通过技术创新、专利申请、市场拓展和研发投入，取得了显著的进步和发展，进一步巩固了其在全球工程机械行业的领先地位。

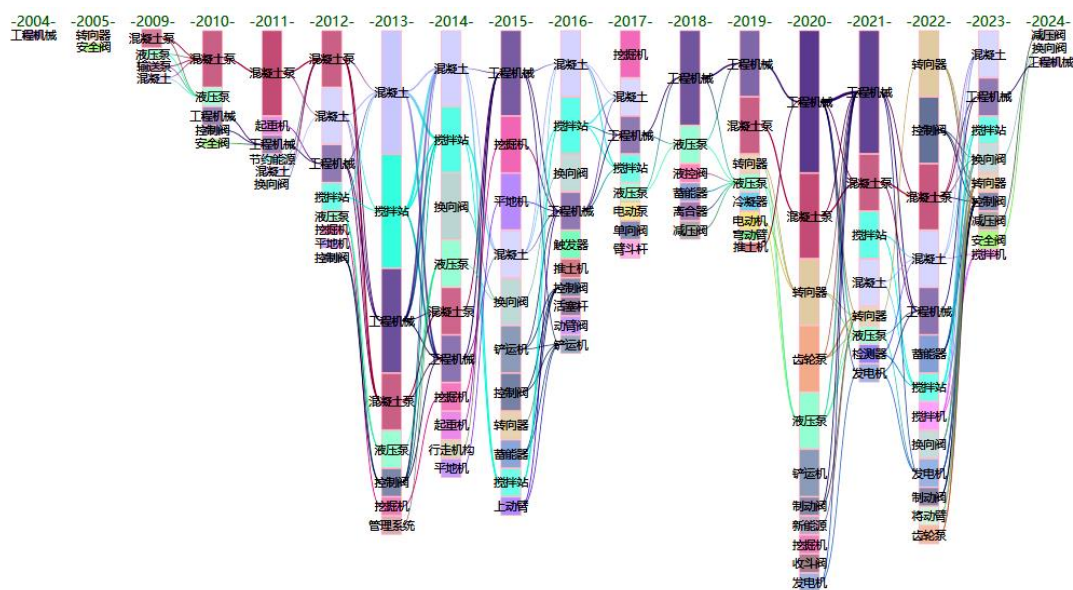


图 5-14 徐工机械改进技术主题演化

Figure5-14 Evolution of XCMG Machinery Improvement Technology Theme

5.4.5 徐工机械专利技术聚类分析

为深入探究徐工机械工程机械领域的最新研究动态，对徐工机械技术领域进行聚类分析。以专利文本中的“标题”和“摘要”字段内容为基础，利用 ItgInsight 工具对数据进行清洗与处理。选择网络分析方法，设定“标题”和“摘要”为分析字段，并通过可视化网络分析技术生成初步结果。在此基础上，剔除与主题关联性较弱或无实际意义的关键词，最终得到徐工机械工程机械领域的关键词排名。通过 ItgInsight 软件的可视化功能，生成了徐工机械工程机械领域专利技术聚类图，如图 5-15 所示。

通过对徐工机械工程机械领域专利研究热点的可视化研究，其主题词的分布有明显的聚类特点。研究数据表明，徐工机械的高频主题词主要聚焦于工程机械、混凝土制备技术、搅拌设备以及混凝土泵送设备等领域。按照聚类分析得到的结果来看，主题词可以划成两大模块，其中规模最大的模块以工程机械和混凝土泵作为核心，围绕其拓展的关联词涉及混凝土制备、搅拌设备以及搅拌装置等关键技术。这一聚类结果说明，徐工机械在混凝土机械领域的技术研发，把重点集中在设备性能优化和功能改进，就混凝土泵车技术而言，徐工机械采用第三代的智能臂架技术，极大降低了整机出现的晃动，增加了操控的平稳水平，同时把响应速度提升了 30 个百分点，进而达成了施工效率的大幅增长，此技术创新不光体现了企业在混凝土机械领域的技术素养，也为行业技术的革新进步提供了参照。

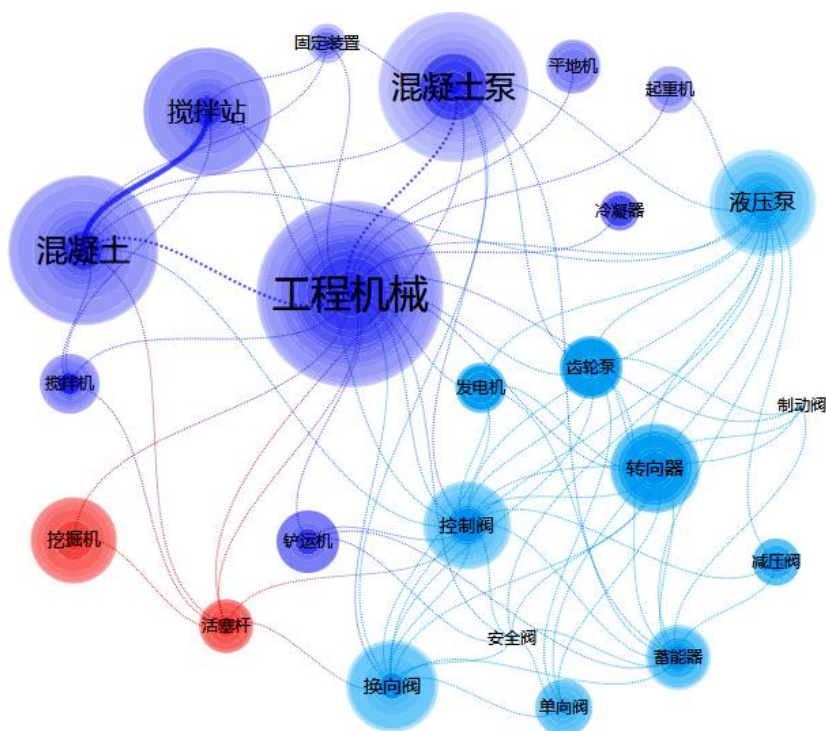


图 5-15 徐工机械专利技术聚类图

Figure5-15 Cluster Diagram of XCMG Machinery Patent Technology

5.5 本章小结

本章节重点剖析了国内工程机械领域主要创新主体的发展趋向，以广西柳工机械股份有限公司、三一重工股份有限公司以及徐工集团工程机械股份有限公司作为研究对象，通过对这三家创新主体的专利申请趋势、专利布局、关键技术分支、主题演化以及专利技术聚类进行深入探讨，以把握其技术研发的关键要点和变动脉络。

就专利申请的趋势而言，三一重工股份有限公司在开展工程机械重点技术研发上起步最早，早在行业发展的初期阶段，三一重工就着手积极开拓相关技术领域，且不断加大研发投入，广西柳工与徐工集团起步稍晚，但近年里也表现出强力的增长势头，表现出各自在技术创新上付出的努力及取得的成果。

对这三家公司的专利布局开展深入分析后，可以知道它们在不同关键技术分支上侧重各不相同：三一重工在混凝土机械和挖掘机技术方面的优势十分明显；广西柳工在装载机和推土机等技术领域表现十分突出；而徐工集团在起重机以及路面机械技术领域展现出强大竞争力。通过开展对这些公司专利主题聚类的分析，可以辨认出各公司在特定时期内的技术研发趋势，专利主题聚类分析能帮助科研人员弄清楚哪些技术领域正得到更多关注与发展，进而预估未来技术的发展走向，过去这几年当中，智能化控制系统和新能源应用逐步成为各公司聚焦的热点范畴，说明了这些技术在未来大概会有较大的发展潜力。

经过对广西柳工机械股份有限公司、三一重工股份有限公司以及徐工集团工程

机械股份有限公司专利数据的系统性分析，可以明显地看出各企业在技术研发方向上的特性和发展轨迹，这些分析既为企业界同行提供了一个重要的参考体系，还为政策制定者以及投资者给予了可靠的科学根据，以支撑其未来的战略规划与技术投资决断。未来研究方向可把重点放在如何通过跨行业及国际合作上，促成工程机械行业的持续创新与技术层面升级，探究不同行业彼此的协同效应以及跨国技术转移的最佳办法，有利于挖掘新的增长潜力点，并加速技术创新的步伐。

6 结论与建议

6.1 研究结论

论文研究聚焦于工程机械技术领域，基于专利数据，运用文献计量学、文本挖掘及社会网络分析等多种方法，对工程机械领域的专利发展趋势和技术演化进行了深入探讨。研究内容主要涵盖三个方面：首先，分析了工程机械专利的整体发展态势；其次，考察了工程机械领域申请人之间的合作网络演变；最后，探究了主要创新主体的技术演化热点。

(1) 从国内工程机械专利现状来看，中国成为工程机械领域的最大技术来源国和技术输入国。国内申请趋势可分为四个阶段：萌芽期（1983-2000）、缓慢发展期（2001-2012 年）、快速发展期（2013-2020 年）、回落期（2021 到至今），说明国内工程机械技术发展已到成熟阶段，技术的应用和创新在达到一定高度后，由于技术瓶颈、替代技术出现等原因，导致工程机械领域专利申请量或技术改进速度开始下降。

(2) 从国内工程机械申请人合作网络研究来看，国内工程机械申请人的创新资源分布存在不均衡现象，合作网络正从较为松散的状态逐渐向复杂化发展。在合作网络中，影响力最大的是企业。以土方机械为例，该领域工程机械专利的主要申请人包括广西柳工机械股份有限公司和中联重科股份有限公司。合作网络中边缘申请人的连线较为稀疏，这表明尚未形成稳定的合作团队。网络中的申请人可以把握当前机会，积极与其他申请人建立联系，同时加强现有合作关系的稳固性。通过这些措施，可以优化合作网络结构，提升专利申请主体的合作效率，进而推动工程机械领域的创新进步。

(3) 从国内工程机械重要创新主体来看，重点创新主体在工程机械领域的研究热点有所重合，其中包括挖掘机、混凝土泵、平地机等。各创新主体研究热点也各有侧重，如广西柳工工程机械主题演化过程中主要聚集在挖掘机、平地机、推土机等技术分支上。三一重工专利申请主要集中在 E02F（挖掘；疏浚），且在混凝土泵、挖掘机、平地机和搅拌站等技术领域研究颇深。徐工机械专利 IPC 主要集中在部（固定建筑物）和 B 部（作业；运输），该创新主体主要侧重混凝土、搅拌站、混凝土泵等技术领域的改进。

综上所述，国内工程机械行业技术发展已进入成熟阶段，专利申请量呈阶段性波动，合作网络逐步复杂化但仍需优化，头部企业在共性技术领域竞争的同时兼具差异化研究方向。在专利发展方面，中国作为工程机械领域最大技术来源国与输入国，历经萌芽、缓慢发展、快速增长后进入回落期，折射出行业在技术创新进程中，正面临技术瓶颈、替代技术冲击等挑战。例如，在新能源工程机械、智能化控制等前沿领域，核心技术仍存在卡脖子现象，导致创新迭代速度放缓。合作网络层面，企业虽主导创新资源流动，但边缘参与者协同不足、资源分配不均的问题凸显。以

土方机械领域为例，广西柳工、中联重科等龙头企业虽具备较强的技术辐射能力，但中小企业融入度较低，尚未形成“龙头引领、中小企业协同”的创新生态。这种松散的合作网络结构，限制了技术研发效率与成果转化速度。头部企业的技术布局展现出“竞合交织”的特点。在挖掘机、混凝土泵等共性热点领域，三一重工、徐工机械等企业展开激烈竞争；同时，各企业依托自身优势聚焦差异化方向，如三一重工深耕智能施工装备、徐工机械发力大型起重机械技术升级，这种差异化竞争推动了行业技术的多元化发展。

6.2 研究建议

通过论文研究发现，目前国内工程机械行业在高端技术的应用与创新面临瓶颈，发展高端装备制造方面仍存在短板，比如控制器、液压件、传感器等关键零部件在国内工程机械技术演化中很少出现，这些零部件的技术研发难度高、投入成本较大，而且通过技术流向可知国外合作较为频繁但是与中国之间的合作持保守态度，这说明国外企业技术垄断性强，导致中国企业在高端设备制造中面临“卡脖子”问题。除此之外，通过国内工程机械四个重点技术分支申请人之间的合作演化也能发现一些问题，虽然网络规模都是不断扩大的，但是创新主体之间的关联度普遍降低，这间接说明中国工程机械行业传统上以单打独斗为主，部分企业更倾向于内部研发和独立发展，而且一些企业在工程机械领域存在技术短板，这制约了产业集群的发展，从而导致创新主体之间的协同创新机制不健全。为解决上述出现的问题，提出以下几点建议：

（一）技术创新与升级

工程机械行业关键技术的研发复杂程度十分高，而且要投入大量的资金，为了克服掉这些挑战，建立一个政产学研用协同创新体系十分必要，凭借这种联合攻关的途径，可对各方资源进行统筹整合，使核心技术的研发进程加速。为实现在智能化、无人化和电动化方向上的突破，可依靠数字液压元件、高效传动元件以及控制元件等关键技术的革新。也可采用物联网技术对工程机械设备进行远程监控及数据分析，可明显提升售后服务水平，降低设备遭遇意外事故的几率，物联网技术还能助力企业实现生产过程的实时追踪与质量把控，由此提升生产效率及产品质量，依靠提升生产效率跟产品质量，同时缩减研发及生产成本，企业可达成更高的经济效益，依靠实时数据反馈手段，企业能及时发觉潜在的问题，并即刻采取手段予以解决，以此不断改进生产工艺，这种持续改进有益于保证产品质量的一致与稳定，还可强化企业的市场竞争力以及客户的满意程度。

为进一步加速工程机械领域重点技术的升级，政府应进一步加大相关政策支持力度，具体包含财政补贴、税收优惠等举措，促使企业开展核心技术研发及产业化应用，《中国制造 2025》提出采用奖励跟风险补偿机制，推动核心基础零部件的首批次运用，目的在于促进产业技术基础体系完备。

（二）国际化战略布局

为破除国外工程机械行业的技术垄断，实现互惠共赢，除了狠抓核心技术攻关与自主创新之外，还必须积极推动国际产能合作与联盟筹备，中国工程机械行业已成立起“国际产能合作企业联盟”，依靠整合行业的各类资源，开辟国际产能合作平台，推动企业结伴“走向海外”。这种联盟机制不仅有益于集聚各方的优势资源，还能助力国内外市场实现有效对接与资源共享，“国际产能合作企业联盟”凭借与国际组织及有关国家机构的合作，促成资源共享和市场的进一步拓展，联盟在境外打造起本地化制造集群，这既提升了国际市场的份额，还增进了企业在国际市场上的竞争水平，采用这种手段，联盟成员能更高效地挖掘全球资源，降低运营支出，并迅速应对市场需求的转变。

对企业而言，经由与国际合作伙伴打造紧密的合作关系，国内企业可系统地学习、引进先进的生产技术和方式，进而切实增进自身的技术水平和管理功效，国际合作同样利于深化技术的交流，引导双方在技术研发、产品创新等方面实现协同效益，联合研发项目可促进新技术的应用和普及，增长企业的创新能力。

提高国内企业竞争力也是打破国外技术垄断的关键措施之一，具体策略包含开拓工程机械市场服务跟租赁业务，借助设立海外备件仓库、开展设备租赁及维修服务，企业不光能提高客户满意度还有品牌忠诚度，还可增强对市场的渗透力，在海外市场设立备用件仓库，可以保障及时响应客户要求，缩减设备暂停运行时间，由此改善客户的使用体验。

（三）产业融合与协同发展

为解决创新主体相互之间协同创新机制不健全现象，进而阻滞产业集群发展的紧迫难题，采取系统举措来建立并完善协同创新机制极为关键，经过实施“链长制”和“会长轮值”这两项制度，可切实推进企业、高校及科研机构间的深度合作，划定各创新主体的权利及义务范畴，设立一个高效实施的协同创新模式。“链长制”试图指定产业链里的核心企业为“链长”，承担起协调产业链上下游企业合作和发展的任务，带动资源的合理分配与技术共享，“会长轮值”制度借助定期更替行业协会或联盟的负责人，让不同成员有机会介入决策过程，强化组织内部的民主性及透明度，这两种机制一同发挥功效，有利于形成健全的协同创新机制，明确各个创新主体的角色与职责，进而提高整体创新的实力。

为了进一步增强企业彼此间的合作意愿，创新主体需联合打造“研发共同体”及“应用共同体”，在“研发共同体”当中，各方会聚集资源实施联合研发，彼此分享知识与技术成果，形成利益共沾的协同创新样式，而在“应用共同体”的范畴内，企业彼此间将加强技术转移跟商业化应用的合作联系，加快把科技成果转变为实际生产力，这种合作不光推动了技术创新，还加大了企业在市场上的竞争筹码。

6.3 研究不足及未来展望

(1) 在研讨工程机械领域专利文本研究方法的时候,因为这些文本里有大量专业术语,普通的分词方法和基础的词库扩展无法全面精准地体现其含义,在实施工程机械专利文本预处理的时候,应采用更为专业且完备的词库及先进的分词技术。选定适合工程技术文献的专业词库,一起结合最新的自然语言处理工具,能够极大提升分词的精确性与完整性,这一过程对保证后续分析的有效性十分关键,能助力研究人员更精准地提取、理解专利文本中的关键信息,以此为深入探究搭建起稳固的基石。

(2) 论文只是总结了工程机械领域当中的重点技术分支,对于某些出现频率较低的技术分支,也许未能充分囊括,这些讨论相对少的技术领域在总体数据的热点聚类图中呈现得不够明显,为了更全面地识别和分析技术创新的热门领域,必须对更多技术分支进行详尽的列举与探讨。

(3) 鉴于作者现阶段对工程机械技术的理解还不够全面,而且在该领域关键技术创新详细研究上存在不足,未来工作会下功夫查阅更多相关资料及文献,采用系统的方式学习和分析,目的是更全面地弄清楚这些技术的发展进程及其背后的科学原理,具体措施是深入琢磨相关技术文档、行业报告以及学术论文,以此搭建一个更完整的技术知识体系架构。

参考文献

- [1] 张晓刚. 为工程机械穿上“防锈衣”[J]. 工程机械文摘, 2014, (1): 26-27.
- [2] 赵云鹏, 沈钧, 张一鸣, 等. 中国工程机械行业的发展前景[J]. 无线互联科技, 2014, (2): 186.
- [3] 王欣. 工程机械行业现状及未来发展趋势研究[J]. 中国设备工程, 2024, (20): 133-135.
- [4] 杜洁. 第一次工业革命的历史真相[J]. 黑龙江史志, 2011, (13): 46+48.
- [5] 胡明. 一种可控挖掘机构的设计与仿真分析[D]. 广西大学, 2019.
- [6] 乔英忍. 国外内燃机车的发展[J]. 国外内燃机车, 1977, (6): 1-8.
- [7] Brekke H, Duan C, Fisher K R, et al. Hydraulic Machinery And Cavitation-Proceedings Of The Xix Iahr Symposium[M]. World Scientific Publishing Company: 1998-09-07.
- [8] Berry, Thomas. The first steam shovel[J]. OEM Off-Highway, 2011, 29(2): 86.
- [9] Engineering-Control, Systems Engineering. Study Results from School of Mechanical Engineering Provide New Insights into Control and Systems Engineering[J]. Journal of Engineering, 2020.
- [10] Hong J C, Jun S N, Seok M K, et al. Structural load estimation of the wheel loader for customer usage profile monitoring[J]. Journal of Mechanical Science and Technology, 2024, 38(7): 3455-3464.
- [11] Huang X, Yan W, Tao G, et al. Energy-efficient configuration and scheduling framework for electric construction machinery collaboration system[J]. Automation in Construction, 2024, 168(PA): 105808-105808.
- [12] Anonymous. Liebherr moves first with hydrogen-fueled large wheel loader[J]. Concrete Products, 2024, 77(9): 49.
- [13] Zheming T, Yaoxing J, Shuiguang T, et al. Hybrid drivetrain with dual energy regeneration and collaborative control of driving and lifting for construction machinery[J]. Automation in Construction, 2023, 150.
- [14] 聂浩, 沈文平. 电动工程机械推广应用研究[J]. 建筑机械化, 2022, 43(5): 19-21.
- [15] 张学强, 尹彬, 孙娜, 等. 人工智能在工程机械无人驾驶领域的应用探讨[J]. 价值工程, 2022, 41(21): 97-99.
- [16] 刘昕阳. 卡特彼勒与三一的营销策略对比分析[D]. 对外经济贸易大学, 2019.
- [17] 王磊. 采矿设备的大型化与智能化(2)[J]. 矿业装备, 2011, (10): 90-92.
- [18] 原. 国内第一台步行式长臂挖掘机[J]. 科学大众, 1965, (10): 18.
- [19] 徐岩. 徐工集团的竞争力研究[D]. 华东理工大学, 2011.
- [20] 俞琨. 在改革开放中蓬勃发展的中国工程机械行业[J]. 机械工业标准化与质量,

- 2009, (12):10-13.
- [21] 中美两大企业优势互补共拓市场——徐工集团与卡特彼勒联手开发挖掘机[J]. 中国机电工业, 1994, (S1):12.
- [22] 俞慧友. 湖南湘江新区:构建“德国技术+湖南制造+全球市场”开放体系[N]. 科技日报, 2025-04-22(1).
- [23] 邵荷镜, 史青录, 王爱红, 等. 基于水平推压工况的超大型正铲液压挖掘机工作装置优化设计[J]. 工程机械, 2023, 54(9):72-78+10.
- [24] 王俊伟. 大型国企全面预算管理与资金集中管理融合研究[J]. 中国总会计师, 2021, (3):118-119.
- [25] 李全升, 苏秦, 高建民. 在位企业数字服务化转型的动力机制——基于主导逻辑转换的纵向案例研究[J]. 经济管理, 2024, 46(10):86-105.
- [26] 陈文杰. 中国加入 WTO 对工程机械行业的影响及对策[J]. 建设机械技术与管理, 2004, (7):32-36.
- [27] 李科锋. 关税风暴下的我国工程机械行业发展和机遇[J]. 建筑机械, 2025, (5):12-16.
- [28] 梁文怡. 混改后公司治理优化对国企绩效的影响[D]. 上海师范大学, 2024.
- [29] 李秀丽, 王璐璐. 基于事件研究法的三一重工并购德国普茨迈斯特价值创造研究[J]. 现代商业, 2018, (6):172-173.
- [30] 工信部提出加快实施工程机械行业绿色制造工程构建绿色制造体系[J]. 起重运输机械, 2016, (7):35.
- [31] 尹华, 胡南, 刘咪咪. 我国对“一带一路”国家工程机械出口潜力与出口效率研究[J]. 工业技术经济, 2020, 39(11):44-53.
- [32] 段芳媛. 工程机械企业纷纷发力电动化[N]. 中国证券报, 2021-12-11(A7).
- [33] DIN ISO 6195-1989, 流体动力系统和组件. 液压筒. 往复作用用的刮垢环外罩尺寸和公差[S].
- [34] Ho J L, Jae W L, Seok H Y, et al. The Development of the Manipulator and End-effector of Automated Pavement Crack Sealing Machine and Movement Test[J]. Journal of The Korean Society of Civil Engineers, 2012, 32(4D):377-386.
- [35] Čygas* D, Laurinavičius A, Paliukaitė M, et al. Monitoring the Mechanical and Structural Behavior of the Pavement Structure Using Electronic Sensors[J]. Computer - Aided Civil and Infrastructure Engineering, 2015, 30(4):317-328.
- [36] 彭细, 张盼, 许野. 基于大数据的工程机械远程监控系统研究[J]. 物联网技术, 2014, 4(1):23-26+29.
- [37] 焦生杰, 周贤彪. 沥青混凝土摊铺机国内外发展与研究现状[J]. 建筑机械, 2003, (3):17-20.

- [38] 孙祖望. 中国路面机械发展 30 年[J]. 建筑机械, 2009, (9):10-12+14+16+18+2.
- [39] 祖春生, 卢丹. 北京市银行业参与京津冀协同发展分析——以工行北京分行为例[J]. 北京金融评论, 2016, (4):76-86.
- [40] 肖作栋. 自主路面施工机器人的设计与实现[D]. 东南大学, 2021.
- [41] 程梦瑶. 工业互联网赋能平台下一个产业革命[J]. 软件和集成电路, 2019, (Z1):69-72.
- [42] 郭润坤. 混凝土泵排量测量仿真及其S管的优化设计[D]. 太原科技大学, 2015.
- [43] 孙偲. 山推日工建设机械有限公司发展战略研究[D]. 华中科技大学, 2012.
- [44] 工程机械行业“十五”发展规划[J]. 建筑机械, 2001, (9):45-56.
- [45] Yirui L, Xiaohui Z, Ye S, et al. A comparative study on mechanical properties and environmental impact of UHPC with belite cement and portland cement [J]. Journal of Cleaner Production, 2022.
- [46] 李晓芬. 早龄期商品混凝土力学性能的试验研究[D]. 郑州大学, 2005.
- [47] 中国混凝土机械市场竞争格局及未来的发展趋势[J]. 建筑机械, 2011, (23):24+26+28.
- [48] 兰毓蕃. 21世纪混凝土机械设计技术的发展[J]. 建筑机械化, 2000, (6):64-65.
- [49] 王伟, 邓侃. 混凝土机械智能化发展趋势研究[J]. 交通世界(建养. 机械), 2015, (4):21-23.
- [50] 黄钊波. 基于 EDEM 的混凝土泵车料斗与输送管结构优化[D]. 吉林大学, 2022.
- [51] JIS B8801-1974, 电动桥式移动起重机[S].
- [52] 刘帮才. 超越负载工况下轮式起重机起升系统特性研究[D]. 吉林大学, 2011.
- [53] Kennedy F J. Crane-Load Contact Sensor[J]. NASA tech briefs, 2005, 29(7):25.
- [54] 郭倩倩. 基于IOT技术的DYJ900运架一体机监控系统应用层设计及实现[D]. 郑州大学, 2014.
- [55] 钱生发. 宝钢从西德引进大型设备CC2000—300T履带式起重机技术性能测试[J]. 建筑施工, 1979, (5):41-42.
- [56] 何飞. 壁行式起重机的动态特性仿真及强度分析[D]. 武汉科技大学, 2015.
- [57] 文豪, 徐格宁. 国内起重机械的发展与趋势[C]//物流工程三十年技术创新发展之道. 太原科技大学, 2010:4.
- [58] 孙静. 基于“德国制造”的工业4.0及对中国创新的启示[J]. 重庆三峡学院学报, 2019, 35(1):107-114.
- [59] 李晓雷. 工业4.0时代的智能制造转型探讨[J]. 科技风, 2018, (10).
- [60] Berry T. The first hydraulic excavators[J]. OEM Off - Highway, 2014, 32(8):28-29.
- [61] 黄昌松. 我国液压挖掘机技术引进史实(上)[J]. 交通世界(建养. 机械), 2013, (1)

- 1):92-96.
- [62] 胡浩.《工程机械噪声限值》修订标准解读与分析[J]. 工程机械, 2011, 42(2):64-65+68+4.
- [63] Ke Y, Gang P, Lieyun D, et al. Smart T-box of unmanned earthwork machinery for Internet of Vehicles[J]. Automation in Construction, 2022, 144.
- [64] 杨贺绪. 装载机座椅动态舒适性研究与分析[D]. 东北大学, 2017.
- [65] 吴贤慧, 王秀霞. 文化创意类企业专利权质押融资模式探析——基于进化博弈的视角[J]. 财会通讯, 2016, (10):28-30.
- [66] 杨武, 胡倩. 国内智能制造装备产业专利合作网络演化分析[J]. 科技管理研究, 2021, 41(22):145-153.
- [67] 郑鹏. 2006中国工程机械十大新闻暨年度产品TOP50诞生[J]. 交通世界(建养. 机械), 2007, (Z1):34-37.
- [68] 尹雪英, 梁月明, 刘爱军. 三一重工股份有限公司专利分析[J]. 科技创新与应用, 2016, (29):56.
- [69] 方维萱. 北部湾矿业产业链与产业集群发展策略[J]. 中国有色金属, 2008, (14):27-30.
- [70] 冯广宇. 专利视角下智能矿石分选装备产业态势及技术热点研究[D]. 景德镇陶瓷大学, 2024.