

DOI:10.13296/j.1001-1609.hva.2019.09.012

专利视角下的全球智能输电运维关键技术创新发展研究

赵 淳^{1,2}, 谷山强^{1,2}, 周 洪^{3,4,5}, 魏 凤^{3,4,5}, 邓阿妹^{3,4,5}, 赵 倩^{1,2}

(1. 南瑞集团有限公司(国网电力科学研究院), 南京 211106; 2. 国网电力科学研究院武汉南瑞有限责任公司, 武汉 430074; 3. 中国科学院武汉文献情报中心, 武汉 430071; 4. 中国科学院大学图书情报与档案管理系, 北京 100191; 5. 湖北省科技大数据重点实验室, 武汉 430071)

摘要:文中通过对全球智能输电运维技术专利数据进行挖掘,分析全球智能输电运维关键技术创新发展情况。采用专利情报分析方法和DDA专利分析工具,基于专利数据分析了专利申请态势、技术生命周期、技术分布、优势国家及机构和技术最新发展动向。结果表明,全球智能输电运维领域的技术创新非常活跃,专利申请量呈明显增长态势,该领域当前仍处于快速发展阶段;专利技术主要集中于探测电缆/传输线或电网中的故障、对电网提供远距离控制的电路装置、电力部门的数据处理系统或方法、用于安装/维护/修理或拆卸架空线路或电缆的方法或设备、从电线或电缆上除冰或雪的装置等领域;机械手、资源/工作流/人员或项目管理、测试介电强度或击穿电压等技术领域是近年来技术创新的热点;中国专利数量远多于日本、美国、韩国、俄罗斯等发达国家,且技术类别多,覆盖领域广,竞争优势非常明显;越来越多地利用信息技术、通信技术、人工智能、物联网等先进技术来提高运维的效率和效果将是该领域未来的发展趋势。

关键词:智能输电;运行维护;专利数据;专利分析;技术创新

Research on the Innovation and Development of Global Intelligent Transmission Operation and Maintenance Key Technologies from a Patent Perspective

ZHAO Chun^{1,2}, GU Shanqiang^{1,2}, ZHOU Hong^{3,4,5}, WEI Feng^{3,4,5}, DENG Amei^{3,4,5}, ZHAO Qian^{1,2}

(1. NARI Group Corporation (State Grid Electric Power Research Institute), Nanjing 211106, China; 2. Wuhan NARI Limited Company, State Grid Electric Power Research Institute, Wuhan 430074, China; 3. Wuhan Documentation and Information Center of Chinese Academy of Sciences (CAS), Wuhan 430071, China; 4. Department of Library, Information and Archives Management, Chinese Academy of Sciences (CAS), Beijing 100191, China; 5. Hubei Key Laboratory of Science and Technology Big Data, Wuhan 430071, China)

Abstract: By mining the global patent data of intelligent transmission operation and maintenance technology, this paper analyses the innovation and development of key technologies of global intelligent transmission operation and maintenance. Patent information analysis method and DDA patent analysis tool are used to analyze patent application situation, technology life cycle, technology distribution, dominant countries and institutions, and the latest development trend of technology based on patent data. This study draws the following conclusions: ①Technological innovation in the field of intelligent transmission operation and maintenance is very active, and patent applications are increasing significantly, which is still in the stage of rapid development; ②Patent technology mainly concentrates on the detection of faults in cables/transmission lines or power grids, circuit devices providing remote control of power grids, data processing systems or methods of power departments, methods or equipment for installing/maintaining/repairing or dismantling overhead lines or cables, deicing or snow removal devices from wires or cables, etc; ③In recent years, technology fields such as manipulator, resource/workflow/personnel or project management, dielectric

收稿日期:2019-06-20; 修回日期:2019-08-24

基金项目:国家电网公司总部科技指南项目(基于标准与专利关系分析的技术标准发展布局管理策略研究)。

Project Supported by Science and Technology Project of SGCC(Research on Development Strategy of Technical Standard Layout Management Based on Standard and Patent Relationship Analysis).

strength testing or breakdown voltage testing are the hotspots of technological innovation; ④The number of patents in China is much larger than that in developed countries such as Japan, the United States, South Korea, Russia, and so on. The number of patents in China is large, covering a wide range of fields, and its competitive advantage is obvious; ⑤More and more advanced technologies, such as information technology, communication technology, artificial intelligence, internet of things, will be used to improve the efficiency and effectiveness of operation and maintenance.

Key words: intelligent transmission; operation and maintenance; patent data; patent analysis; technological innovation

0 引言

输电线路是电力系统的重要组成部分,发挥着从供电方到电力用户的桥梁作用。当前,中国输电线路总长度超过了 58 000 km,且大多位于偏远位置,运行条件复杂,容易受到各种外部因素的影响,输电线路的运行和维护工作显得尤为重要。

长期以来,业界高度重视输电线路运维技术的研究和应用,并形成了一套较为系统、完善的输电线路运维技术体系,包括雷击跳闸与防治^[1-3]、外力破坏故障的防治^[4-7]、鸟害与防^[8-9]治、覆冰分析与防治^[10-12]、绝缘子污闪防治^[13-15]、风偏闪络与防治^[16-17]、高压架空线路的巡视^[18]、架空输电线路检修及抢修^[19-20]、带电作业^[21-23]等技术。运维技术的发展和运用极大地保障了输电线路的正常运行,显著增强了中国电网的运维水平。根据《中国电力行业年度发展报告 2018》,中国电力生产运行安全可靠,没有发生重大的电力人身伤亡事故、设备事故和电力安全事故与事件。2017 年,中国 10 kV 供电系统用户平均供电可靠率高达 99.814%,处于全球最优水平。2019 年初,国家电网提出“三型两网、世界一流”的战略目标,对智能输电运维的效率和质量提出了更高的要求。此外,国内电网规模不断扩大,特高压输电工程持续推进,中国输电线路的运行和维护面临严峻挑战。这些都要求中国需要继续加大对输电线路运维技术的创新和研发,不断去探索和应用新的技术,以进一步提高运维效率和降低运维成本。

专利文献是一类非常重要的科技情报信息源,它能够反映某一领域技术创新的现状和历程,并预测技术的发展方向^[24-25]。文中针对智能输电运行和维护技术领域开展全球专利分析,通过分析专利申请态势、技术生命周期、专利技术分布、主要优势国家和机构、技术最新动向等,揭示全球智能输电运维技术创新的现状和竞争格局,为中国把握技术发展方向、制定技术发展战略、开展关键技术的研发和攻关、专利的申请和保护等提供参考。

1 研究对象与研究方法

1.1 研究对象

在科技文献调研和专家咨询的基础上,本研究首先确定了全球智能输电运维领域所包含的关键技术类别以及相关的技术关键词,见表 1。根据技术的关键词构建专利检索式,在德温特创新索引数据库(derwent innovations index, DII)中进行专利检索,获得了 6 858 项全球智能输电运维技术专利,并以这些专利为对象开展分析工作。专利检索日期为 2019 年 4 月 20 日。

1.2 研究方法

本研究采用科睿唯安 DDA 专利分析工具对获取的专利数据进行挖掘,通过分析专利申请态势、技术生命周期、专利技术分布、主要国家及机构和技术最新动向,揭示全球智能输电运维领域技术创新的发展现状、重点技术领域、研发热点、竞争态势以及技术未来的发展趋势。

2 研究结果

2.1 技术创新态势和技术生命周期分析

根据专利申请量的年度变化情况分析全球智能输电运维领域技术创新的总体发展态势,见图 1。近二十年来(1999—2018),全球智能输电运维领域的专利申请量呈显著上升趋势。具体来说,2005 年以前,专利申请量增长缓慢,每年专利数量仅为 40 项左右,2005 年以后,专利申请量呈快速增长态势,专利数量逐年攀升,2017 年达到 1 022 项。这反映出,全球智能输电运维领域技术创新活动日益活跃,发展势头良好。

根据专利申请量和发明人数量两个指标随时间的变化趋势分析全球智能输电运维技术所处的生命周期阶段。见图 2,1970—2005 年,专利申请量和发明人数量均很少,该阶段为技术的萌芽期;2006 年至今,专利申请量和发明人数量一直保持快速增长,说明当前智能输电运维技术仍处于快速成长期。

表1 智能输电运维领域的关键技术及技术关键词

Table 1 Key technologies and keywords in intelligent transmission operation and maintenance

主要技术类别	关键技术	技术关键词(中/英文)
覆冰预测预警技术	输电通道冰情监测技术	输电线路(transmission line/channel)
	输电线路覆冰精细化预测预警技术	冰情监测(ice detection/monitoring) 冰情预测预警(ice forecasting/warning)
山火监测预警技术	基于广域雷达的通道山火监测技术	输电线路(transmission line/channel)
	输电线路山火发生密度预测技术	山火监测(fire detection/ monitoring)
	基于移动互联的山火预警与反馈技术	山火预测预警(fire forecasting/warning)
台风监测预警技术	多层级台风及强对流灾害防御监测网技术	输电线路(transmission line/channel)
	台风、强对流的判别、跟踪与灾害影响评估技术	台风监测(typhoon detection/monitoring) 台风跟踪(typhoon tracking)
	输电线路台风灾害预警技术	台风预测预警(typhoon forecasting/warning)
		台风灾害评估(typhoon disaster evaluation)
舞动监测预警技术	输电线路覆冰舞动监测、预测及特性分析技术	输电线路(transmission line/channel)
		舞动监测(galloping detection/monitoring)
	输电线路舞动防治及评价技术	舞动预测预警(galloping forecasting/warning)
		舞动特性分析(galloping characteristic analysis)
	输电塔线体系的动态载荷特性及其受损风险评估技术	舞动防治(galloping prevention)
		舞动评价(galloping evaluation)
数值天气预报预警	电力微气象灾害监测与预警技术 电网气象监测网组网及应用关键技术 基于气象参数的输电线路电气可靠性实时评估与预警技术	微气象灾害监测(microclimate hazard detection/monitoring)
		微气象灾害预测预警(microclimate hazard forecasting /warning)
		气象监测网(climate monitoring network)
		气相参数(meteorological parameter)
		输电线路电气可靠性评估(transmission line electrical reliability evaluation)
地质灾害监测预警	输电线路地质灾害智能监测预警技术 输电通道地质灾害评估与现场应急处置技术	输电线路(transmission line/channel)
		地质灾害监测(geological hazard detection/monitoring)
		地质灾害预测预警(geological hazard forecasting /warning)
		地质灾害评估(geological hazard evaluation) 地质灾害应急处置(geological hazard emergency disposal)
直升机巡检技术	直升机飞巡技术 直升机巡检拍摄技术 巡检数据管理技术	输电线路(transmission line/channel)
		直升机巡检(helicopter inspection/ detection)
		直升机飞巡(helicopter flying patrol)
		巡检数据管理(patrol data management)
无人机巡检技术	无人机飞巡技术 无人机拍摄技术 巡检数据管理技术	输电线路(transmission line/channel)
		无人机巡检(unmanned aerial vehicle inspection)
		无人机拍摄(unmanned aerial vehicle photography)
		巡检数据管理(patrol data management)
机器人巡检技术	智能巡检机器人越障技术 智能巡检机器人巡检策略及故障研判技术 巡检机器人轻量化及优化配置技术	输电线路(transmission line/channel)
		智能巡检(intelligent inspection)
		机器人巡检(robot inspection)
		机器人越障(robot obstacle-surmounting) 故障研判(failure/fault determination)

移动巡检技术	便携式单兵移动巡检装备技术	输电线路(transmission line/channel)
	RFID标签装备与射频识别技术	巡检装备(inspection equipment)
	智能巡检终端设备	RFID标签装备(RFID label-armed equipment)
	移动巡检作业标准规范	巡检终端设备(inspection terminal equipment)
	输电专业移动巡检安全移动互联技术	巡检作业(inspection operation)
		巡检安全移动互联技术(security mobile interconnection technology for patrol inspection)
输电线路故障研判及处置技术	故障时间及区段判定技术	输电线路(transmission line/channel)
	故障数据获取及分析技术	故障判定(failure/fault identification)
	故障评价与决策技术	故障数据获取(failure/fault data acquisition)
		故障数据分析(failure/fault data analysis)
		故障评价(failure/fault evaluation)
输电线路灾害防治技术		故障决策(failure/fault decision-making)
		输电线路(transmission line/channel)
	通道及设备本体地质滑坡防治技术	地质滑坡防治(landslide prevention)
	相地防舞动间隔棒与防舞拉线	防舞动间隔棒(anti-galloping spacer)
	线路绝缘子并联间隙	防舞拉线(anti-galloping guy wire)
	直流融冰装备	并联间隙(parallel gap)
	输电通道灭火设备	融冰装备(deicing device)
	防风偏绝缘拉索	灭火设备(fire-fighting equipment)
	线路避雷器和雷击闪络限制器	防风偏绝缘拉索(insulative dragline for windage yaw prevention)
		避雷器(arrester)
		雷击闪络限制器(lightning flashover limiter)

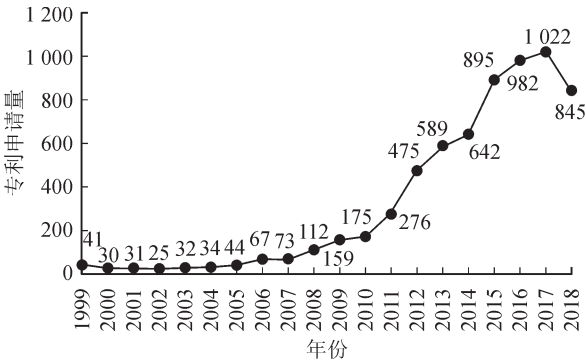


图1 全球智能输电运维技术领域技术创新发展态势分析

Fig. 1 Analysis on the development trend of technological innovation in the field of global intelligent transmission operation and maintenance technology

2.2 专利技术布局分析

基于IPC分类法,对全球智能输电运维技术专利涉及的主要技术领域进行分析。专利数量较多的前10个IPC小类见表2,可以看出专利技术主要集中于测量电变量、供电或配电的电路装置或系统、电缆或电线的安装、专门适用于行政/商业/金融/管理/监督或预测目的的数据处理系统或方法、紧急保护电路装置、电数字数据处理、机械手等技术领域。

对专利数量较多的前20个完整的IPC分类号进行分析,见表3,全球智能输电运维技术专利主要

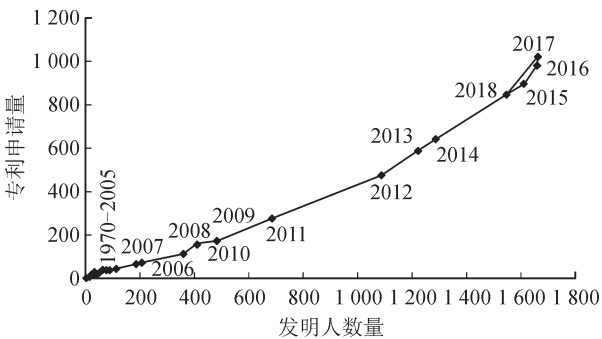


图2 智能输电运维关键技术生命周期分析

Fig. 2 Life cycle analysis of key technologies in intelligent transmission operation and maintenance

涉及探测电缆/传输线或电网中的故障、对电网提供远距离控制的电路装置、电力部门的数据处理系统或方法、用于安装/维护/修理或拆卸架空线路或电缆的方法或设备、从电线或电缆上除冰或雪的装置等技术方向。其中,机械手(57%)、资源/工作流/人员或项目管理(47%)、测试介电强度或击穿电压(44%)、用于安装/维护/修理或拆卸架空线路或电缆的方法或设备(41%)等技术方向最近3年的专利申请活动非常活跃,专利申请量占该技术领域专利总量的40%以上,反映出这些技术领域是近3年专利申请的热点。

表2 全球智能输电运维技术专利数量较多的前10个IPC小类分析

Table 2 Analysis of top ten subclass IPCs with large number of intelligent transmission operation and maintenance technology patents in the world

IPC 小类	技术内容	专利数量/项	数量占比/%
G01R	测量电变量	1 563	22.8
H02J	供电或配电的电路装置或系统	1 120	16.3
H02G	电缆或电线的安装	884	12.9
G06Q	专门适用于行政/商业/金融/管理/监督或预测目的的数据处理系统或方法	543	7.9
H02H	紧急保护电路装置	523	7.6
G06F	电数字数据处理	393	5.7
B25J	机械手;装有操纵装置的容器	328	4.8
H04L	数字信息的传输	287	4.2
G05B	一般的控制或调节系统以及系统的功能单元	281	4.1
G08B	信号装置或呼叫装置;指令发信装置;报警装置	281	4.1

表3 全球智能输电运维专利数量较多的前20位IPC分类号分析

Table 3 Analysis of top twenty complete IPCs with large number of intelligent transmission operation and maintenance technology patents in the world

IPC 分类号	技术内容	申请 量/项	时间跨 度/年	近3年申请 量占比/%
G01R-031/08	探测电缆/传输线或电网中的故障	912	1966—2019	27
H02J-013/00	对电网提供远距离控制的电路装置	611	1973—2018	24
G06Q-050/06	电力部门的数据处理系统或方法	490	2009—2018	32
H02G-001/02	用于安装/维护/修理或拆卸架空线路或电缆的方法或设备	459	1989—2018	41
H02G-007/16	从电线或电缆上除冰或雪的装置	282	1968—2018	17
G01R-031/02	对电设备/线路或元件进行短路、断路、泄漏或不正确连接的测试	269	1976—2018	18
G01R-031/00	电性能的测试装置和电故障的探测装置	233	1985—2018	19
H02H-007/26	电缆或线路系统的分段保护	217	1972—2019	20
G06Q-010/06	资源、工作流、人员或项目管理	215	2009—2018	47
G08C-017/02	采用无线电路表征的信号传送装置	195	2005—2018	27
G01D-021/02	用不包括在其他单个小类中的装置来测量两个或更多个变量	183	2005—2018	36
H04N-007/18	闭路电视系统	163	1994—2018	33
H02J-003/00	交流干线或交流配电网络的电路装置	162	1974—2018	37
G06Q-010/04	预测或优化	129	2008—2018	36
B25J-011/00	不包含在其他组的机械手	128	1999—2018	57
G05D-001/02	自动驾驶设备的二维位置或航道控制	120	1988—2018	38
G06F-019/00	专门适用于特定应用的数字计算或数据处理的设备或方法	106	1991—2017	3
H02J-007/00	用于电池组的充电或去极化或用于由电池组向负载供电的装置	102	1999—2018	22
H02B-003/00	制造、装配或维修盘或开关装置的专用设备	101	1998—2018	39
G01R-031/12	测试介电强度或击穿电压	100	1993—2018	44

2.3 技术创新优势国家分析

根据专利申请量,对全球智能输电运维领域技术创新的优势国家进行分析见图3。优势国家主要为中国、日本、美国、韩国、俄罗斯(含前苏联)等,其中,中国专利的数量最多,占全球专利总量的近80%,远多于其他国家。另外,德国、加拿大、法国、英国、瑞典等也申请了少量专利。

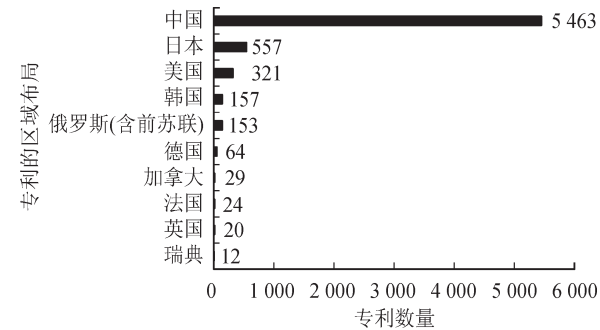


图3 全球智能输电运维领域技术创新优势国家分析
Fig. 3 Analysis of technological innovation dominant countries in the field of intelligent transmission operation and maintenance in the world

根据各国专利的前5个IPC分类号,对主要优势国家在智能输电运维技术领域的技术创新的重点方向进行分析见表4。中国技术创新的重点方向为:探测电缆/传输线或电网中的故障、对电网提供远距离控制的电路装置、专门适用于电力部门的数据处理系统或方法等;日本技术创新的重点方向为:对电网提供远距离控制的电路装置、探测电缆/传输线或电网中的故障、电缆或线路系统的分段保护等;美国技术创新的重点方向为:探测电缆/传输线或电网中的故障、对电网提供远距离控制的电路装置、电缆或线路系统的分段保护等;韩国技术创新的重点方向为:探测电缆/传输线或电网中的故障、采用无线线路表征的信号传送装置、对电设备/线路或元件进行短路/断路/泄漏或不正确连接的测试等;俄罗斯(含前苏联)技术创新的重点方向为:从电线或电缆上除冰或雪的装置、探测电缆/传输线或电网中的故障等。

表4 主要优势国家智能输电运维技术创新的重点方向分析

Table 4 Analysis of key technological directions of intelligent transmission operation and maintenance technological innovation in major dominant countries				
国 家	IPC 分类号	技术领域	专利数量	在本国专利总量中的占比/%
中 国	G01R-031/08	探测电缆/传输线或电网中的故障	711	13.0
	H02J-013/00	对电网提供远距离控制的电路装置	498	9.1
	G06Q-050/06	电力部门的数据处理系统或方法	465	8.5
	H02G-001/02	用于安装/维护/修理或拆卸架空线路或电缆的方法或设备	414	7.6
	H02G-007/16	从电线或电缆上除冰或雪的装置	231	4.2
	H02J-013/00	对电网提供远距离控制的电路装置	50	8.9
日 本	G01R-031/08	探测电缆/传输线或电网中的故障	45	8.1
	H02H-007/26	电缆或线路系统的分段保护	35	6.3
	H04Q-009/00	用于从主局选择地呼叫一个分局的遥控或遥测系统的装置	31	5.6
	H04B-010/08	用于监视、测试或故障测量的设备	26	4.7
美 国	G01R-031/08	探测电缆/传输线或电网中的故障	49	15.3
	H02J-013/00	对电网提供远距离控制的电路装置	38	11.8
	H02H-007/26	电缆或线路系统的分段保护	26	8.1
	G01R-031/02	对电设备/线路或元件进行短路/断路/泄漏或不正确连接的测试	24	7.5
	G01R-031/00	电性能的测试装置和电故障的探测装置	23	7.2
	G01R-031/08	探测电缆/传输线或电网中的故障	31	19.7
韩 国	G08C-017/02	采用无线线路表征的信号传送装置	16	10.2
	G01R-031/02	对电设备/线路或元件进行短路/断路/泄漏或不正确连接的测试	13	8.3
	H02J-013/00	对电网提供远距离控制的电路装置	12	7.6
	B64C-039/02	以特殊用途为特点的飞行器	8	5.1
俄罗斯 (含前苏联)	H02G-007/16	从电线或电缆上除冰或雪的装置	46	30.0
	G01R-031/08	探测电缆/传输线或电网中的故障	24	15.7
	H02H-007/26	电缆或线路系统的分段保护	7	4.6
	H02H-003/08	对过电流响应的自动断开紧急保护电路装置	6	3.9
	H02H-003/16	对接地、接框架或接物体的故障电流响应的自动断开紧急保护电路装置	6	3.9

根据各国专利在前十位IPC中的专利数量分布及占比情况,对主要优势国家在智能输电运维领域的技术优势进行分析,见表5和图4。从国家间的对比角度来看,在每个技术领域上,中国的专利数量均占该技术领域专利总量的一半以上(54.8%~96.3%),远多于其他国家,这说明中国在全球智能输电运维技术领域占有绝对的优势地位。从每个国家的自身角度来看,中国的优势技术较多,包括资源/工作流/人员或项目管理(G06Q-010/06)、电力部门的数据处理系统或方法(G06Q-050/06)、采用无线电路表征的信号传送装置(G08C-017/02)、用于安装/维护/修理或拆卸架空线路或电缆的方法或设备

(H02G-001/02)等;日本的优势技术主要为电缆或线路系统的分段保护(H02H-007/26)、对电设备/线路或元件进行短路/断路/泄漏或不正确连接的测试(G01R-031/02)等;美国的优势技术主要为电缆或线路系统的分段保护(H02H-007/26)、电性能的测试装置和电故障的探测装置(G01R-031/00)等;韩国的优势技术主要为采用无线电路表征的信号传送装置(G08C-017/02)、对电设备/线路或元件进行短路/断路/泄漏或不正确连接的测试(G01R-031/02)等;俄罗斯(含前苏联)的优势技术主要为从电线或电缆上除冰或雪的装置(H02G-007/16)。

表5 主要优势国家在前十位IPC中专利数量分布情况

Table 5 Number of dominant countries' patents distributed in top ten IPCs

IPC分类号	中国	日本	美国	韩国	俄罗斯(含前苏联)
G01R-031/08	711(77.9%)	45(4.9%)	49(5.4%)	31(3.4%)	24(2.6%)
H02J-013/00	498(81.5%)	50(8.2%)	38(6.2%)	12(1.9%)	3(0.5%)
G06Q-050/06	465(94.9%)	8(1.6%)	11(2.2%)	3(0.6%)	0(0%)
H02G-001/02	414(90.2%)	21(4.6%)	9(1.9%)	8(1.7%)	0(0%)
H02G-007/16	231(81.9%)	0(0%)	1(0.4%)	1(0.4%)	46(16.3%)
G01R-031/02	187(69.5%)	25(9.3%)	24(8.9%)	13(4.8%)	3(1.1%)
G01R-031/00	191(81.9%)	6(2.6%)	23(9.9%)	5(2.1%)	0(0%)
H02H-007/26	119(54.8%)	35(16.1%)	26(11.9%)	3(1.4%)	7(3.2%)
G06Q-010/06	207(96.3%)	0(0%)	7(3.3%)	0(0%)	0(0%)
G08C-017/02	177(90.8%)	0(0%)	3(1.5%)	16(8.2%)	0(0%)

注:括号内数据为该国家在该技术领域的专利数量占该技术领域专利总量的百分比。

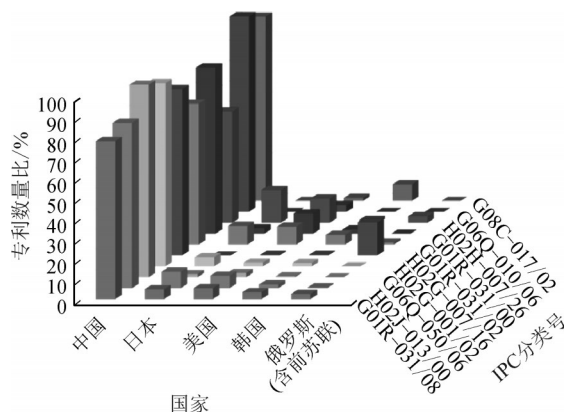


图4 主要优势国家在前十位IPC中的专利数量占比情况分析

Fig. 4 Analysis on the proportion of patents in the top ten IPCs of dominant countries

2.4 技术创新主体分析

对主要优势国家在智能输电运维领域的主要技术创新主体进行分析,见表6。中国技术创新的主体较多,且主要为企业和高校,包括国家电网有

限公司、中国南方电网公司、华北电力大学、武汉大学等,其国家电网有限公司的专利数量远多于国内外其他机构。其他国家的技术创新的主体主要为企业,日本的企业有东芝公司、日本电气株式会社等;美国的企业有通用电气公司、Schweitzer工程实验有限公司等;韩国的企业主要为韩国电力公司;俄罗斯的企业主要为ENERGOSETPROEKT公司、UNIV NOVCH TECH等;德国的企业主要为西门子子公司。

2.5 技术创新最新动向分析

基于近3年(2017—2019年)首次出现的IPC分类号,对全球智能输电运维技术领域近年来涌现的新专利技术进行分析,其结果见表7。新专利技术主要集中于基于神经网络模型的计算、图像分析和处理、卫星无线电信标定位系统、办公自动化管理等技术领域。其中,基于神经网络模型计算领域涌现的新技术最多,主要涉及利用卷积、LSTM等神经网络模型计算对输电线路故障的监测预警以及对

表6 全球智能输电运维技术领域主要的技术创新主体分析

Table 6 Analysis of main technological innovation agents in the field of intelligent transmission operation and maintenance technology in the world

国 家	机构名称	专利数量
中 国	国家电网有限公司	2 108
	中国南方电网公司	555
	华北电力大学	95
	武汉大学	56
	湖南湘电试研技术有限公司	45
	中国能源建设股份有限公司	43
	重庆大学	39
	华南理工大学	38
日 本	东芝公司(TOSHIBK)	55
	日本电气株式会社(NEC)	38
	日本中电公司(CHUGOKU DENRYOKU)	36
	富士通公司(FUJITSU)	35
	日立公司(HITACHI)	30
美 国	通用电气公司(GE)	15
	美国 Schweitzer 工程实验有限公司	15
	ABB公司	10
韩 国	韩国电力公司 (KOREA ELECTRIC POWER CORP)	30
俄罗斯 (含前苏联)	ENERGOSETPROEKT 公司	8
	UNIV NOVCH TECH	8
德 国	西门子公司(SIEMENS)	22

输电部件及设备的监测、检测和故障识别;图像分析和处理领域主要是利用图像分析和处理技术来提高输电线路故障识别的准确率;卫星无线电信标定位系统领域主要是利用卫星无线定位系统实现对输电线路的高效监测和巡检;办公自动化管理领域主要是将计算机、大数据等用于输电线路技改项目的性能评价以及灾情上报等。

3 结论

通过上述分析可以得出以下结论:

- 1)从2005年至今,全球智能输电运维领域的技术创新活动日益活跃,专利申请量呈快速增长态势,2017年的专利申请量已突破1 000项。当前智能输电运维技术仍处于快速成长阶段。
- 2)全球智能输电运维领域的技术创新主要涉及探测电缆/传输线或电网中的故障、对电网提供远距离控制的电路装置、电力部门的数据处理系统或方法、用于安装/维护/修理或拆卸架空线路或电缆的方法或设备、从电线或电缆上除冰或雪的装置等技术领域,其中,机械手、资源/工作流/人员或项目管理、测试介电强度或击穿电压等是近三年技术创新的热点领域。
- 3)中国智能输电运维技术专利数量多、覆盖领域广,是全球该领域技术创新最主要的国家,技术优势非常明显。此外,日本、美国、韩国、俄罗斯等发达国家也申请了一定数量的技术专利。
- 4)基于神经网络模型计算对输电线路故障的监测预警以及对输电设备的监测/检测和故障识别、利

表7 近3年全球智能输电运维技术领域新出现的主要专利技术分析

Table 7 Analysis of new patent technologies in the field of intelligent transmission operation and maintenance technology in recent three years

首次出现的IPC/技术领域	专利公开号	专利名称	技术特点	申请年份
G06N-003/04 基于神经网络模型的计算	CN107274451A	基于共享卷积神经网络的绝缘子检测方法 & 装置	利用共享卷积神经网络实现了机器人巡检图像中绝缘子的精确识别和定位	2017
	CN107729808A	一种用于输电线路无人机巡检的图像智能采集系统 & 方法	利用改进的卷积神经网络算法实现了输电线路无人机巡检的图像智能采集	2017
	CN107784395A	一种基于LSTM人工神经网络的输电线路覆冰厚度预测方法	利用LSTM人工神经网络算法实现了对输电线路覆冰厚度的动态预测	2017
	CN108182514A	一种电网覆冰舞动风险预测方法、系统及存储介质	利用限玻尔兹曼机算法建立了电网覆冰舞动预测模型	2017
	CN108257114A	一种基于深度学习的输电设备缺陷自动识别方法	识别过程具有准确率高、处理速度快、可靠性好等优点	2017

	CN108599863A	基于浅层CNN分类模型的架空输电线路风舞监测预警系统及方法	能够实现对长距离输电线的实时风舞监测预警	2018
	CN108734143A	一种巡检机器人的基于双目视觉的输电线路在线检测方法	对包含输电线、绝缘子、防震锤、杆塔在内的多种输电线路部件均具有很高的准确度和鲁棒性	2018
	CN109117732A	一种输电线路涉鸟故障鸟种图音识别及防治方法	将鸟种图像识别和声音识别相结合,提高了涉鸟故障预警和防治工作的及时性、科学性和有效性	2018
	CN109255345A	一种基于卷积神经网络的电缆隧道铁锈识别方法	利用卷积神经网络对铁锈进行识别与定位,可以减少电缆隧道内故障的发生,确保电能的可靠输出	2018
	CN109459671A	一种基于遗传算法的改进神经网络的开关柜状态监测方法	通过引入遗传算法对BP神经网络进行优化,实现了开关柜故障早期预警,有效降低开关柜故障率	2018
G06T-007/136 图像分析和处理	CN106934418A	一种基于卷积递归网络的绝缘子红外诊断方法	能够改进现有技术的不足,具有较高的精度和收敛速度,且可适应性较强	2017
	CN107169966A	一种基于温度分布的输电线路山火辨识方法	通过考虑火焰区域温度分布的不均匀性,能有效识别图像中山火区域	2017
	CN107665348A	一种变电站数字仪表的数字识别方法和装置	可应用于机器人,使机器人替代人工对变电站进行巡检,能够大幅提高巡检效率	2017
	CN107680095A	基于模板匹配与光流法的无人机图像的输电线路异物检测	通过异物特征点匹配追踪识别异物,准确度高,适应性强	2017
	CN109215020A	基于计算机视觉的高压输电线路故障识别方法	采用边缘检测算法处理输电线路图像,降低了高压输电线路在线监测系统的误报率	2018
G01S-019/01 卫星无线电信 标定位系统	CN106932688A	输电线检测仪及基于无人机的输电线检测系统	可以较为准确地从复杂的背景环境下检测到输电线路,提高电力巡检的有效性和可靠性	2017
	CN206684257U	一种基于GPS实时定位的配电线路状态监测分析装置	能够实现配电网线路日常运行的实时跟踪,便于对配电线路的实时分析和故障溯源	2017
	CN108931711A	一种无人机机载紫外脉冲电晕定位系统及其定位方法	利用紫外脉冲对紫外光信号的响应速度快以及抗干扰能力强的特点,进行电晕检测,实现了输电线路的高效巡检	2018
	CN109242238A	一种基于无人机的农网建设及管理 系统	能集建设和管理于一体,便于农网建设的电杆布置线路规划及打桩,利于对电网的检查及人员的管理	2018
G06Q-010/10 办公自动化管理	CN106845821A	一种防覆冰舞动技改项目综合评价方法和系统	通过计算目标输电线路防覆冰舞动技改项目的最终得分对其进行评价	2017
	CN106845822A	一种防覆冰舞动技改项目效能评价方法和系统	根据各项效能指标的得分判定防覆冰舞动技改项目效能	2017
	CN108182516A	一种输电线路地质灾害灾情的评论 上报方法及系统	快速精确地得到输电线路地质灾害灾情评论结果,极大节省了地质灾害灾情上报时间	2017

用图像分析和处理技术提高输电线路故障识别的准确率、利用卫星无线定位系统实现对输电线路的高效监测和巡检、将计算机/大数据等用于输电线路运维管理等将是未来智能输电运维领域技术创新的重点方向。

建议中国相关机构一方面加大对智能输电运维领域关键技术的攻关,掌握具有自主知识产权的输电运维核心技术,制定专利发展战略;另一方面把握技术的发展趋势,积极探索信息技术、人工智能、区块链、云平台等新技术在智能输电运维领域的应用,确保中国该领域在未来的技术竞争中占据有利位置。

参考文献:

- [1] 赵伟,童杭伟,史海锋.基于杆塔的雷击跳闸风险评估[J].高压电器,2017,53(8):134-139.
ZHAO Wei, TONG Hangwei, SHI Haifeng. Risk assessment of lightning trip-out based on power transmission tower[J]. High Voltage Apparatus, 2017, 53(8): 134-139.
- [2] 谷山强,陈家宏,陈维江,等.架空输电线路雷击闪络预警方法[J].高电压技术,2013,39(2):423-429.
GU Shanqiang, CHEN Jiahong, CHEN Weijiang, et al. Method for lightning flashover warning of overhead transmission line[J]. High Voltage Engineering, 2013, 39(2): 423-429.
- [3] 陈家宏,赵淳,王剑,等.基于直接获取雷击参数的输电线路雷击风险优化评估方法[J].高电压技术,2015,41(1):14-20.
CHEN Jiahong, ZHAO Chun, WANG Jian, et al. Optimal lightning risk assessment method of transmission line based on direct acquisition of lightning stroke parameter[J]. High Voltage Engineering, 2015, 41(1): 14-20.
- [4] 陆佳政,周特军,吴传平,等.输电线路差异化防山火技术与策略[J].高电压技术,2017,43(8):2524-2532.
LU Jiazheng, ZHOU Tejun, WU Chuanping, et al. Differentiation technology and strategy of wildfire protection for transmission lines[J]. High Voltage Engineering, 2017, 43(8): 2524-2532.
- [5] 何立夫,陆佳政,刘毓,等.输电线路山火可见光-红外多光源精准定位技术[J].高电压技术,2018,44(8):2548-2555.
HE Lifu, LU Jiazheng, LIU Yu, et al. Precise positioning technology of wild fire nearby transmission lines by visible and infrared vision[J]. High Voltage Engineering, 2018, 44(8): 2548-2555.
- [6] 陈莹,王松岩,陈彬,等.台风环境下考虑地理高程信息的输电通道结构失效故障概率评估方法[J].电网技术,2018,42(7):2295-2302.
CHEN Ying, WANG Songyan, CHEN Bin, et al. Evaluation of the failure probability of power transimmission corridors during typhoons using digital elevation information[J]. Power System Technology, 2018, 42(7): 2295-2302.
- [7] 黄勇,魏瑞增,周恩泽,等.台风灾害下输电线路损毁预警方法[J].电力系统自动化,2018,42(23):142-147.
HUANG Yong, WEI Ruizeng, ZHOU Enze, et al. Early warning method of transmission line damage under typhoon disaster[J]. Automation of Electric Power Systems, 2018, 42(23): 142-147.
- [8] 巢亚锋,徐志强,岳一石,等.湖南输电线路鸟害故障特征分析及防范措施[J].高电压技术,2016,42(12):3853-3860.
CHAO Yafeng, XU Zhiqiang, YUE Yishi, et al. Characteristics analysis and prevention countermeasures of bird-caused damages for overhead transmission lines in hunan power grid[J]. High Voltage Engineering, 2016, 42(12): 3853-3860.
- [9] 朱子剑.输电线路的鸟害防护[D].长春:长春工业大学,2018.
ZHU Zijian. Pest protection of transmission lines[D]. Changchun: Changchun University of Technology, 2018.
- [10] 代洲,马晓红,周羽生,等.输电线路高频融冰大功率激励电源设计与控制方法[J].南方电网技术,2018,12(5):30-36.
DAI Zhou, MA Xiaohong, ZHOU Yusheng, et al. Design and control solution to high-frequency de-icing large power excitation source for transmission lines[J]. Southern Power System Technology, 2018, 12(5): 30-36.
- [11] 赵建利,张晓妍,赵建坤,等.基于图像和应力的输电线路覆冰监测方法研究[J].自动化与仪器仪表,2018,33(10):54-58.
ZHAO Jianli, ZHANG Xiaoyan, ZHAO Jiankun, et al. Research on icing monitoring method of transmission lines based on image and stress[J]. Automation & Instrumentation, 2018, 33(10): 54-58.
- [12] 周赞东,龚浩,吴念.基于决策树的输电线路覆冰故障诊断分析[J].高压电器,2019,55(1):165-169.
ZHOU Zandong, GONG Hao, WU Nian. Fault diagnosis of transmission line icing based on decision tree[J]. High Voltage Apparatus, 2019, 55(1): 165-169.
- [13] 刘晓华,杜勇,沈小军,等.输电线路绝缘子污闪预警与自动观测系统研制[J].仪器仪表与分析监测,2018(3):1-4.
LIU Xiaohua, DU Yong, SHEN Xiaojun, et al. Development of warning and remote automatic observation system for pollution flashover of transmission line insulators[J]. Instruments and Analytical Monitoring, 2018(3): 1-4.
- [14] 吴念,王钊,林卿,等.基于信息融合的绝缘子污闪故障诊断研究[J].电瓷避雷器,2018(2):199-203.
WU Nian, WANG Zhao, LIN Qing, et al. Fault diagnosis and analysis of insulator pollution flashover based on information fusion[J]. Insulators and Surge Arresters, 2018(2): 199-203.

- [15] 于昕哲,周 军,刘 博,等. ± 1 100 kV线路长串盘形绝缘子污闪特性研究[J]. 电网技术,2018,42(2):393-399.
YU Xinzhe, ZHOU Jun, LIU Bo, et al. Research on pollution flashover performance of ± 1 100 kV long line disc insulator string[J]. Power System Technology, 2018, 42(2): 393-399.
- [16] 王海涛,谷山强,吴大伟,等. 基于数值天气预报的输电线路风偏闪络预警方法[J]. 电力系统保护与控制,2017,45(12):121-127.
WANG Haitao, GU Shanqiang, WU Dawei, et al. Method for windage yaw flashover warning of transmission lines based on numerical weather prediction[J]. Power System Protection and Control, 2017, 45(12): 121-127.
- [17] 楼文娟,吴登国,苏 杰,等. 超高压输电线路风偏闪络及导线风荷载取值讨论[J]. 高电压技术,2019,45(4):1249-1255.
LOU Wenjuan, WU Dengguo, SU Jie, et al. Discussion on wind-induced swing flashover and conductor wind load of ehv transmission lines[J]. High Voltage Engineering, 2019, 45(4): 1249-1255.
- [18] 彭向阳,王 珂,肖 祥,等. 大型无人直升机电力线路智能巡检宽带卫星通信系统[J]. 高电压技术,2019,45(2):368-376.
PENG Xiangyang, WANG Ke, XIAO Xiang, et al. Broad-band satellite communication system in the intelligent inspection of electric power line base on large scale unmanned helicopter[J]. High Voltage Engineering, 2019, 45(2): 368-376.
- [19] 范 畅. 高压输电线路运检工作技术难点与应对方法[J]. 低碳技术,2018(12):54-55.
FAN Chang. Technical difficulties and solutions in operation and inspection of high voltage transmission lines [J]. Low Carbon World, 2018(12): 54-55.
- [20] 姚京松,杜 勇,吴 军,等. 基于无人机巡检的输电线路故障智能定位方法与研究[J]. 自动化与仪器仪表,2019(3):11-14.
YAO Jingsong, DU Yong, WU Jun, et al. Research on intelligent fault location method of transmission line based on UAV patrol inspection[J]. Automation & Instrumentation, 2019(3): 11-14.
- [21] 刘 超,阮江军,杜志叶,等. 不同导线排列下500 kV输电线路直升机带电作业平台侵入路径[J]. 电力自动化设备,2017,37(1):151-156.
LIU Chao, RUAN Jiangjun, DU Zhiye, et al. Approaching paths of helicopter live-line work platform to 500 kV UHV AC transmission lines for different conductor arrangements [J]. Electric Power Automation Equipment, 2017, 37(1): 151-156.
- [22] 霍 锋,卢 威,黄道春,等. 特高压交流输电线路跨越500 kV塔顶带电作业电场特性及安全防护研究[J]. 电网技术,2019,43(1):349-355.
HUO Feng, LU Wei, HUANG Daochun, et al. Study on electric field distribution characteristics of live - working and protection for crossing project of 1 000 kV-over-500 kV AC transmission lines[J]. Power System Technology, 2019, 43(1): 349-355.
- [23] 唐 波,吴玮华,刘 任,等. 500 kV紧凑型同塔双回路输电线路带电作业进入等电位方法[J]. 高压电器,2018,54(4):113-119.
TANG Bo, WU Weihua, LIU Ren, et al. Entering the equipotential method for live working of 500 kV compact double circuit transmission line[J]. High Voltage Apparatus, 2018, 54(4): 113-119.
- [24] 陈 燕. 专利信息采集与分析[M]. 北京:清华大学出版社,2006:1-30.
CHEN Yan. Patent information collection and analysis[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2006: 1-30.
- [25] 赵亚娟,董 瑜,朱相丽,等. 专利分析及其在情报研究中的应用[J]. 图书情报工作,2006,50(5):19-22.
ZHAO Yajuan, DONG Yu, ZHU Xiangli, et al. Patent analysis and its application in information research[J]. Library and Information Service, 2006, 50(5): 19-22.
- 赵 淳(1985—),男,博士,从事电网防灾减灾与输电运维技术研究开发与工程应用推广工作。
- 谷山强(1981—),男,研究员级高工,博士(后),从事雷电监测防护与预警技术、智能输电运检技术研究及推广工作。
- 周 洪(1987—)男,博士,助理研究员,从事专利、标准等科技情报的分析和研究工作。
- 魏 凤(1977—),女,博士,研究员,从事专利、标准等科技情报的分析和研究工作。
- 邓阿妹(1981—),女,博士,副研究员,从事专利、标准等科技情报的分析和研究(通信作者)。
- 赵 倩(1986—),女,工程师,硕士研究生,从事科技成果服务管理工作。