



科技创新驱动电力行业高质量发展

张素香¹, 刘雯静¹, 赵子岩¹, 曹津平¹, 张娜², 滕玮³, 吴翔宇⁴

- (1. 国家电网有限公司信息通信分公司, 北京 100761;
2. 国网山西省电力公司电力科学研究院, 山西 太原 030000;
3. 国网山东省电力公司电力科学研究院, 山东 济南 250002;
4. 北京科东电力控制系统有限责任公司, 北京 100092)

摘要: 电力行业是关系到国计民生的基础性行业, 具有重要战略价值, 技术和资本密集型特征明显, 且近年来科技成果丰硕, 多次获得国家科学技术奖。选取了特高压输电技术、大电网安全与运行技术、新能源技术三大典型领域, 阐述了获奖项目展现的强大技术生命力、国际影响力、人才培育力、产业带动力, 充分验证了国家科技奖获奖项目对电力行业强大的促进作用, 有力推动电力行业协同创新发展, 对我国及早实现“碳达峰、碳中和”具有重大意义。

关键词: 国家科学技术奖励; 特高压输电技术; 大电网安全运行技术; 新能源技术

中图分类号: G311

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2021274

Technological innovation drives the high-quality development of the power industry

ZHANG Suxiang¹, LIU Wenjing¹, ZHAO Ziyang¹, CAO Jinping¹, ZHANG Na², TENG Wei³, WU Xiangyu⁴

1. State Grid Information & Telecommunication Technology Branch, Beijing 100761, China
2. State Grid Shanxi Electric Power Research Institute, Taiyuan 030000, China
3. State Grid Shandong Electric Power Research Institute, Jinan 250002, China
4. Beijing Kedong Electric Power Control System Co., Ltd., Beijing 100092, China

Abstract: The power industry is a basic industry related to the national economy and people's livelihood and has important strategic value. It has obvious characteristics of technology and capital intensiveness. In recent years, there has been fruitful scientific and technological achievements which have won many national science and technology awards in this industry. Three typical areas were selected: the UHV transmission technology, the safety and operation technology of the large power grid and the new energy technology to elaborate the strong technical vitality, the international influence, the talent cultivation ability and the industrial driving capabilities of the award-winning projects. It

收稿日期: 2021-05-15; 修回日期: 2021-12-14

通信作者: 张素香, zsuxiang@163.com

基金项目: 国家科技奖励工作办公室项目“国家科技奖励促进电力科技发展影响力研究”

Foundation Item: The Project of National Office for Science and Technology Awards “Research on the Influence of National Science and Technology Awards to Promote the Development of Electric Power Science and Technology”

was fully verified the National Awards have a strong role in promoting the power industry and the technological innovation can effectively promote the collaborative innovation and development of power grid technology, and it is of great significance to support China to achieve “carbon peak and carbon neutrality” as soon as possible.

Key words: national science and technology awards, UHV transmission technology, safety and operation technology of the large power grid, new energy technology

1 引言

中国已形成国家最高科学技术奖、国家自然科学奖、国家技术发明奖、国家科学技术进步奖和中华人民共和国国际科学技术合作奖五大奖项的国家科技奖励制度^[1], 对于促进科技支撑引领经济社会发展、加快建设创新型国家和世界科技强国具有重要意义。国家科学技术奖励始终坚持鼓励自主创新, 以科技服务国家经济社会发展, 引导科技研发方向始终契合国家重大需求、世界科技前沿和国际经济主战场, 激励自主研发与技术创新, 对我国电力技术进步和产业结构优化升级起到了巨大指引与推动作用。研究获奖项目的后续贡献尤其重要, 已有研究关注国家科技奖励成果本身的转化与应用、经济效益贡献情况^[2-4], 但缺乏电力行业科技创新角度的整体考虑, 本文梳理了电力行业科技进步历程, 收集整理了近 20 年电力行业获国家科学技术奖励成果, 为本文研究提供了充足样本; 通过对电力行业关键技术领域科技创新与技术的梳理总结, 以特高压输电技术、大电网安全运行技术、新能源技术为例, 阐述国家科学技术奖获奖项目对电力行业的发展和促进作用。

2 电力行业总体获奖情况

本文统计了 2002—2019 年年间电力行业获奖情况, 共获国家科技奖 179 项, 其中, 国家科学技术进步奖 144 项, 技术发明奖 35 项; 获奖等级为特等奖 3 项, 一等奖 20 项。其中, 火电、水电、核电、光伏、电网以及创新团队获奖比例分布如图 1 所示。不同年度获奖数量分布情况如图 2 所

示。从获奖饼图可以看出, 由于电网领域涉及输电、变电、配电、调度、用电等各个技术领域, 获奖数量稳居前茅。

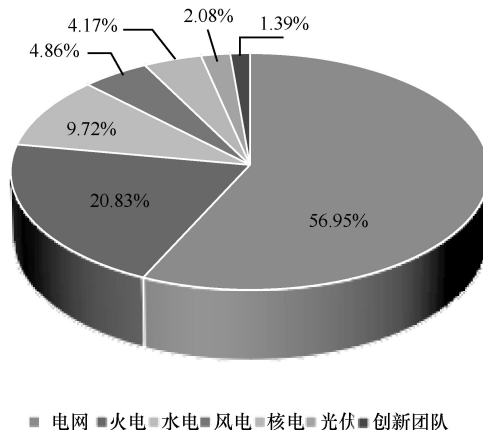


图 1 2002—2019 年年间电力行业获国家科技进步奖领域分布

从统计数据分析, 电力行业目前获奖成果以科学技术进步奖为主, 表明电力行业的原创性和特别重大的基础性技术创新仍需不断提升。在进步奖和发明奖中, 电网领域获奖比例最高, 分别为 56.94% 和 54.29%。从电力行业获奖第一完成单位性质看, 企业牵头获奖占比达 49.16%, 是绝对的主力军, 是把握电力行业发展步伐的中坚力量; 高校牵头获奖占比 43.58%, 稳居第二, 是高水平、前瞻性科研力量的主体; 科研单位获奖占比 7.26%, 电力行业中央企/国企的获奖数量要远高于民企, 是民企获奖总数的 7.8 倍。这主要是由中国的国情和电力行业的基础属性决定的。

3 国家科技奖励制度驱动科技创新发展

3.1 紧密结合国家经济社会需要, 激励自主创新

创新是中华民族最鲜明的民族禀赋, 是任何时代都不可或缺的精神特质。国家奖评审始终把

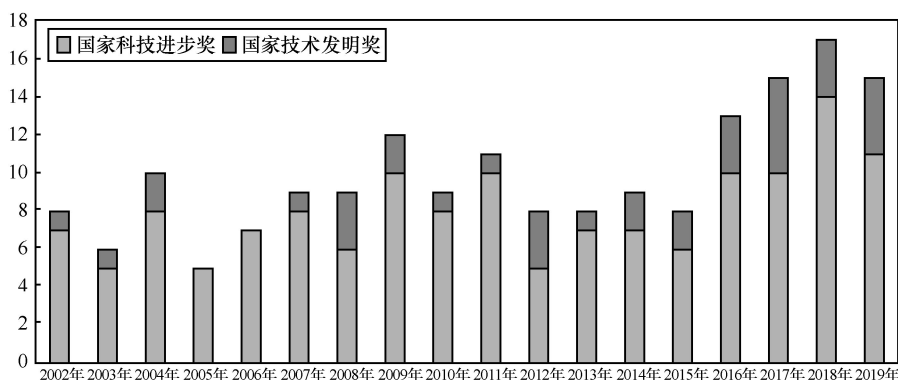


图2 2002—2019年年度电力行业获国家奖情况统计

鼓励自主创新作为根本遵循，把科技服务国家经济社会发展作为根本导向，例如，科技进步一等奖明确要求：要符合面向国家重大需求、面向世界科技前沿、面向经济主战场总原则，技术上有重大创新，总体技术水平和主要技术经济指标达到国际先进水平，市场竞争力强且产生重大经济效益，成果转化程度高，对行业的技术进步和产业结构的优化升级具有重大作用。众多国家奖获奖项目很好地印证了授奖导向，如“中国载人航天工程”“第四代移动通信系统（TD-LTE）关键技术与应用”“特高压交流输电关键技术”“成套设备及工程应用”“特高压 ± 800 kV 直流输电工程”等都是面向国计民生、走在世界科技前沿的项目。电网领域在满足提升输电能力、提高清洁能源消纳比例的重大需求下，一大批科技获奖成果在新能源、电网安全运行、重大装备制造等方面实现了重大技术创新，核心设备实现自主研制，且目前相关成果仍持续推动着行业发展，发挥着巨大的经济和社会效益。

3.2 坚持弘扬科学家精神，激发人才活力

国家奖作为衡量科技成果水平的标志，不仅是科研论文、专利、成果鉴定等单一评价，更是对科研水平和研究成果的综合衡量和评价^[5]。近年来，国家科技奖励工作持续深化改革、强化政策导向、控制评审数量、提高奖励质量、完善公开公平评审制度、强化全流程全环节监督，彰显了国家奖的严肃性、权威性、公正性和荣誉性，

已经成为科技工作者科技追求的最高褒奖，是对获奖科学家和广大科技工作者的巨大鼓励和嘉奖，对激发创新活力、培养具有国际水平和全球视野的战略科技人才、科技领军人才、青年科技人才和高水平创新团队具有重大作用。

3.3 坚持正确价值导向，营造良好创新氛围

国家奖具有重要的导向和示范作用，倡导了良好的学术风气，加速了科技成果的转化和应用，对于营造良好的科学研究氛围、激发科研人员的创新动力具有重要意义。在国家奖的带动和引领下，各行业团体、各省、各单位奖励工作有序开展，从政策层面实现了对社会力量办奖的集中统一管理，确保奖励的正确价值导向，为科研立项、人才评价提供了支撑。近年来，国家奖持续规范有关规章制度及评审程序和方法，建立了规范、有序的奖励推荐评审流程和技术创新成果评价等方法，严格执行项目推荐、形式审查、申报项目公示等程序，对申报单位、申报人、评审专家均建立科技奖励诚信档案，纳入科研信用体系，为各级单位和行业协会科技奖励工作提供了示范和引导，在全社会营造了公平公正的科技奖励环境，为科技奖励工作稳定有序开展提供了重要保障。

4 电力科技成果持续发力，促进行业蓬勃发展

近年来，国家在特高压输电、智能电网、大

电网安全、新能源等领域产出了若干国家级、世界级创新成果,实现了核心技术从跟随到赶超的转变,并正在推进从技术赶超向技术引领的跨越。这些获奖成果创新性高、持续应用时间长、应用范围广、协同创新推动电力行业整体技术进步的特征显著,是驱动电力行业蓬勃发展的有力印证。

4.1 特高压输电技术领域

特高压指 1 000 kV 交流、 ± 800 kV 及以上直流的输电技术,具有输电距离远、容量大、效率高、占地少等综合优势,是中国原创、世界领先的重大创新技术。广大电网科技工作者不懈努力取得了重大突破,实现了特高压输电技术世界引领。

在面向国家“西电东送”能源需求重大战略下,为满足长距离输送能力提升需求,科研团队完成 1 000 kV 特高压交流技术研究,既面临高电压、强电流的电磁与绝缘技术的世界级挑战,又面临重污秽、高海拔的严酷自然环境,而国际上没有成熟适用的技术和成套设备,创新难度极大。按照“基础研究-工程设计-设备研制-试验验证-系统集成-工程示范”的技术路线,攻克了世界上最高电压等级的输电关键技术,实现了我国特高压输电的创新突破。2009 年投运的“晋东南-南阳-荆门”线路是中国第一条南北向能源输送大通道,在 2009—2012 年年间,依托项目建成的试验示范工程已成为我国南北方向的一条重要能源输送通道,3 年累计输电 277 亿 kW·h,输电销售收入 93 亿元,新增利润 4.8 亿元,还取得火电南送替代输煤约 600 万 t,极大缓解了华中地区严重缺电局面,拉动 GDP 增长达 2019 亿元、水电北送节约用煤 300 余万 t、减排二氧化碳近 900 万 t 等效益。2012 年,“特高压交流输电关键技术、成套设备及工程应用”获得国家科技进步特等奖。项目带动我国输变电装备制造企业实现全面升级,特高压设备设计研发、生产装备和检验检测能力达到国际领先水平,并全面进军国际超高压设备

市场,实现了高端产品出口零突破。

特高压 ± 800 kV 直流输电技术具有输电损耗低、输电走廊有效利用率高的优点,但相关技术复杂,国内外无可借鉴经验,研究难度极大。科研团队攻克了过电压、外绝缘等方面的世界级难题,提出双阀组均衡串联主接线拓扑结构,完成世界首批 ± 800 kV 特高压直流输电成套装备研制并实现了产业化,成功解决了大容量特高压直流接入系统的世界性难题,保证了电力系统的安全稳定运行,充分调度并发挥了 ± 800 kV 特高压直流输电能力,经济效益和社会效益巨大;2010 年建设落成的“800 kV 云广”“向上”两个国家级示范工程及其他 5 个直流工程,“特高压 ± 800 kV 直流输电工程”获得 2017 年度国家科学技术进步特等奖。

随着国家能源战略实施、输电能力需求提升,清洁能源大比例接入,充分利用两个特等奖项目先进成果陆续建成一批技术水平国际领先的重大工程,成为中国“西电东送”“北电南供”的能源大通道;2020 年 12 月 30 日全面建成投运了世界首个新能源远距离输送大通道:青海—河南 ± 800 kV 特高压直流工程,青海可开发太阳能发电规模达 10 亿 kW、风电规模达 4 亿 kW。

电力行业已全面掌握特高压交、直流输电核心技术,在过电压控制、外绝缘配置、电磁环境控制、潜供电流抑制、成套设备研制、检验检测能力 6 个方面取得重大创新突破,占领了国际高压输电技术制高点。自主研制特高压交、直流成套装备,整体提升了中国电工装备技术水平。截至目前,我国已累计建成“14 交 18 直”特高压工程,在运、在建特高压工程线路长度达 4.6 万 km,累计输电超过 2 万亿 kW·h。同时,输电技术走向国门,巴西美丽山 ± 800 kV 特高压直流输电一期、二期等工程顺利建成投运,带动中国高端电工装备出口到德国、波兰、菲律宾等 100 多个国家和地区。



4.2 大电网安全运行技术领域

大电网安全运行是国家安全的重要组成部分。大范围、长时间电力中断将对社会造成难以估量的损失和影响，是现代社会的灾难。2020年美国得州暴风雪大停电造成500万用户停电，民众的生命财产受到严重威胁。我国电网从上百个地方电网发展到省级电网、区域电网、除台湾外的全国联网，电压等级不断提高，电网规模不断扩大。电力是特殊商品，目前尚无法大规模存储，发、输、配、用瞬时完成，电力系统必须保持实时动态平衡，这使得大电网成为迄今为止最复杂的人工系统。近20年，美国、加拿大、英国、俄罗斯、巴西、印度等国电网多次发生大面积停电事故，而我国没有发生类似事故，得益于我国坚持科技创新引领，构建了完善的大电网安全运行和控制技术体系，技术成果发展图见图3所示。

建国初期，我国电力工业基础薄弱、百废待兴。1978年，我国基本建立较为完整的电力工业体系，330 kV及以下输变电工程实现自主设计和自主建造，形成基于行政区划的省级电网。1972年自主建设的第一条330 kV线路“刘家峡-关中”

获得1978年全国科学大会奖。

改革开放后，随着经济发展，中国电力需求和发电装机规模快速增长，对电网发展提出了新的要求。通过技术引进和消化，中国电网装备水平快速提升，跨省联网规模不断扩大。截至2000年，基本形成以500 kV（西北330 kV）为骨干网架的六大区域电网^[4]。

进入21世纪^[6]，中国工业化、城镇化进程加快，资源、环境对经济社会发展的制约日益突出，电力发展面临保障电力供应与优化能源结构双重任务，我国全面推进能源的可持续、协调发展，目前已成为能源利用效率提升最快的国家。

由1985年的获奖项目“电力系统分析综合程序的开发及其推广利用”、2003年的“大型电力系统中电力电子与FACTS装置仿真软件包EMTPE的研究与开发”“大电网大机组安全稳定控制的研究”“全国电力二次系统安全防护体系的研究及实施”，直到2009年国家科技进步一等奖项目“电力系统全数字实时仿真关键技术研究、装置研制和应用”、2013年的一等奖获奖项目“特大电网一体化调度控制系统关键技术及规模化应用”、2016年的



图3 国家科技奖对中国三代电网创新演进的激励作用

一等奖获奖项目“互联电网动态过程安全防御关键技术及应用”及 2018 年的“交直流电力系统连锁故障主动防御关键技术与应用”等,我国已全面掌握国际领先的大电网仿真技术、大电网调度及安全稳定运行技术,为保障大电网安全运行提供了强有力的技术支撑。同时也在防灾、减灾领域取得了重大理论和技术创新,多次获授国家科学技术奖。可见,国家奖所要求的技术创新、行业进步以及经济效益为不断推进电网领域科技创新、有效解决国家重大需求指明了方向,充分发挥了科学技术的社会功能,对促进行业和社会进步具有重要价值。

2012 年,“电力系统广域监测分析与控制系统的研发及应用”获国家科学技术进步奖二等奖,该项目构建了电力系统广域监测分析与控制体系,实现了广域空间中电网安全稳定各道防线内的控制决策自适应优化,协调优化了各类控制决策的控制时机,实现了电网安全稳定的闭环自适应紧急控制和校正控制,完成辅助决策和实时预警。

2013 年,“特大电网一体化调度控制系统关键技术及规模化应用”荣获国家科技进步奖二等奖,该项目研发了适用于特大电网调度的分布式实时数据库、图形界面远程浏览和大电网统一建模等关键技术,建立了“横向集成、纵向贯通”的一体化调度业务支撑平台;攻克了事件触发与周期触发相结合的全网在线联合安全预警、多级调度协同的大电网协调控制与智能告警、安全约束下的经济调度和日前安全约束机组组合等重大技术难题,建立一套完整的电网调度控制技术支撑体系。

2013 年,“电网大范围冰冻灾害预防与治理关键技术及成套装备”获国家科学技术进步奖一等奖。由于 2008 年年初中国电网因冰灾遭受了最严重的损害,倒塔 70 万余基,直接经济损失 250 亿元。1 亿多人口停电、停水,京广铁路停运 7 天,

严重影响了正常的社会秩序。获奖成果攻克了电网覆冰数值预测技术、在线覆冰监测与决策系统、高效大容量直流融冰技术与装备、高可靠防冰闪技术,具有实质性创新和重大突破,成果集理论、技术、装备于一体,为电网安全运行提供了有效的技术手段。后续国内未发生冰冻灾害造成的大面积停电事件。

2015 年,“电网雷击防护关键技术及应用”获国家科学技术进步奖二等奖。研制了覆盖全国电网的广域雷电地闪监测系统,实现了 20 个省的输电线路雷击监测系统应用、27 个省级电网的雷击风险评估模型与软件应用及全国各电压等级线路、通道的雷击差异化防护技术深度应用。2017—2019 年国网公司输电系统雷击故障率的平均值较 2014—2016 年的平均值下降 40%;近 10 年两大监测系统已指导处置输电线路雷击故障超万次;京—沪高铁及城市轨道交通雷击故障率降低 70%以上。

2016 年,“互联电网动态过程安全防御关键技术及应用”获国家科学技术进步奖一等奖^[6]。该成果解决了电网故障导致的互联电网输电断面连锁断开、受端电网电压崩溃问题。在输电断面功率动态控制与分析、动态全过程仿真建模、受端电网电压稳定控制技术与评估方面取得重大创新成果,大幅提升了互联电网的动态过程安全防御能力,已在 34 个省级及以上电网规划调度运行和高校科研教学中应用,提升了中国复杂大电网的安全运行可靠性,提升了供电质量。

中国电网发展至今,一直安全稳定运行,已成为世界上规模最大、电压等级最高、结构最复杂、资源配置能力最强的交直流混联电网。

4.3 新能源技术领域

气候变化已是国际核心议题,对中国而言,改变以煤炭为主的高碳能源结构,转向清洁能源为主的低碳能源结构是大势所趋和必由之路^[7],2010—2020 年风电装机容量如图 4 所示。中国迎

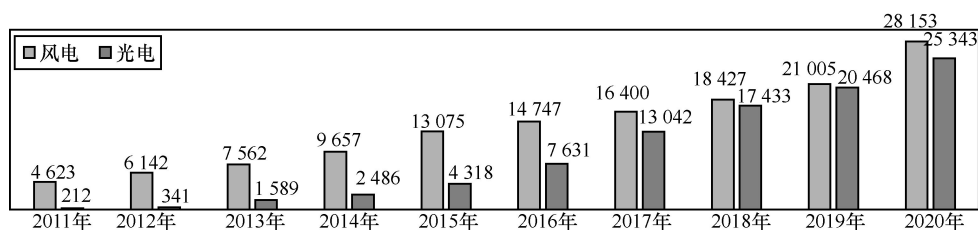


图4 2010—2020年风电装机容量
(数据来源:《中国能源大数据报告(2020)》)

来了能源结构转型、电力体制改革、电力供需变化。毫无疑问,未来风、光等新能源将从配角上升为主角,这给传统电力系统带来了从技术、成本、市场、安全等多方面的挑战。

新能源发电的随机性、波动性、不确定性致使大规模地消纳新能源成为世界性难题。相比国外,我国新能源发展规模更大、速度更快,资源禀赋与分布、电源属性与结构以及市场条件存在较大差异,因此新能源消纳的相关问题更为突出。在2016年前后,风能弃风率一度超过30%。但是后来依托众多获奖项目成果的具体应用和国家制定的大量有效政策,2017年之后弃风现象迅速缓解,2017年以后弃风率下降趋势如图5所示,成果加速促进了高比例清洁能源的消纳。

2013年,“大型风电并网运行与试验检测关键

技术及应用”获得国家科技进步奖二等奖,在世界上首次提出了风电机组电网适应性试验方法,建成了具有国际领先水平的张北风电试验基地,建成世界上规模最大、检测能力最强、检测项目最全的新能源检测中心,完成国内200多个型号机组的试验检测,有效促进后续国产风机技术水平不断提高。

应用获奖项目成果,张北国家风光储输示范工程实现集光伏、风电发电、储能、智能输电于一体,成为世界上规模最大、运行方式最灵活、综合控制水平最高的新能源综合利用项目,是中国新能源技术和设备的试验基地,已接待60多个国家、28个国际组织及1000多位专家到此参观,成为中国新能源建设的“国家名片”。

2016年,“新能源发电调度运行关键技术及应

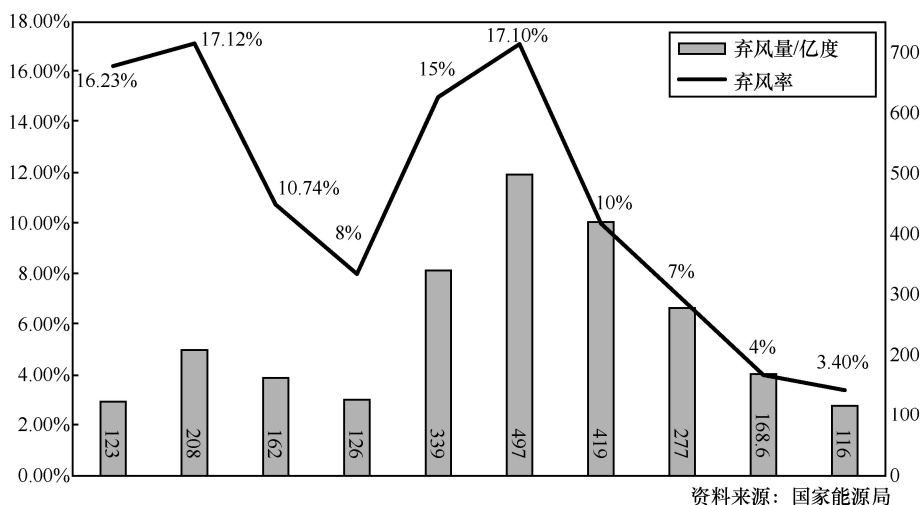


图5 2017年以后弃风率下降趋势

资料来源:国家能源局

用”荣获国家科技进步奖二等奖,项目成果促进了电网互联互通、构建了完善统一的调度系统,在提升系统平衡调节能力的同时,缓解了新能源消纳矛盾,推动了新能源大规模开发和大范围配置;设立了国网公司数值天气预报中心,基于实时观测数据,实现高分辨率数值预报,预测精度达到国际先进水平。项目成果有效促进了后续新能源进一步消纳问题。

2019 年,“千万千瓦级风光电集群源网协调控制关键技术及应用”获国家科技进步奖二等奖。酒泉是世界首个千万千瓦级风电基地,是西部大开发的又一标志性工程。获奖项目突破了千万千瓦级风光电集群的预测评估、源源控制、网源控制、装备研制、系统集成等系列关键技术难题,取得了一系列创新性成果,研制了“有功-无功-安全稳定”一体化的控制装置,在河西走廊首次建成了千万千瓦级风光电集群源网协调控制系统示范工程,填补了国际千万千瓦级风光电集群源网协调控制技术的空白;相关科技创新成果持续支撑新能源消纳难题,是新能源与特高压输电技术、大电网调度和安全运行协同创新的典范工程。世界首个新能源远距离输送大通道青海—河南±800 kV 特高压直流工程,太阳能发电规模达 10 亿 kW、风电规模达 4 亿 kW。截至 2019 年年底,青海可再生能源装机为 2 776 万 kW。该工程可满足青海千万千瓦级新能源基地的开发外送需要,每年可向华中地区输送 400 亿 kW·h 清洁电能,将河南全社会用电量的 1/8 转变为绿电。

风电、光伏产业对未来十年年均新增装机规模预测分别为 5 000 万~6 000 万 kW 和 7 000 万~9 000 万 kW。这一预测下,届时新能源装机规模将大大超过 12 亿 kW 的国家承诺下限,达到 17 亿 kW 以上,增速也将显著超过“十三五”时期。过去 5 年,风电年均新增约 3 000 万 kW(其中,2020 年新增超过 7 000 万 kW),光伏年均新增约 5 000 万 kW。

中国正在加快构建安全高效、清洁低碳的能源体系,坚定不移地推行绿色发展理念,正面应对碳排放带来的全球气候变化问题,持续推进碳减排,引领全球化治理行动。各项技术的协同创新发展才是中国实现“碳达峰、碳中和”的重要支撑力量^[8]。

5 结束语

本文围绕电力行业,以获奖项目为例,阐述了科技创新驱动电力行业高质量快速发展情况,选取特高压输电技术、大电网安全运行、新能源技术领域,论证了项目获奖后的持续影响力及其对国家能源发展战略实施、加快促进科技与经济深度融合所持续发挥的巨大作用,国家科技创新战略正成为推动中国高质量发展、尽早实现“碳达峰、碳中和”的强大基础动力。

参考文献:

- [1] 国家科学技术奖励工作办公室. 国家科技奖励制度的发展及重要作用[J]. 中国科技奖励, 2017(7): 28-29.
National Office for Science & Technology Awards. The development and important role of national science and technology reward system[J]. China Awards for Science and Technology, 2017(7): 28-29.
- [2] 王萌, 刘涛, 陈天金, 等. 2001—2018 年农业领域国家科技奖励获奖成果分析[J]. 农学学报, 2021, 11(1): 75-79.
WANG M, LIU T, CHEN T J, et al. Analysis of the national science and technology awards in the field of agriculture in 2001-2018[J]. Journal of Agriculture, 2021, 11(1): 75-79.
- [3] 张成伟. 国家科技奖励工作后评估指标体系的理论构建与实证检验[J]. 科技管理研究, 2020, 40(19): 77-85.
ZHANG C W. Theoretical construction and empirical test of post-evaluation index system of national science and technology awards[J]. Science and Technology Management Research, 2020, 40(19): 77-85.
- [4] 姬莉. 电力企业科技成果转化的难点与对策研究[J]. 科技创新与应用, 2018(33): 129-130.
JI L. The difficulties and countermeasures of the electric power enterprise transformation of scientific and technological achievements[J]. Technology Innovation and Application, 2018(33): 129-130.
- [5] 吴昕芸. 新中国成立以来我国科技奖励制度演变研究[D]. 南京: 南京信息工程大学, 2015.
WU X Y. The study of evolution on the science and technology



award system (CSTAS) since the founding of new China[D]. Nanjing: Nanjing University of Information Science & Technology, 2015.

- [6] 王辉. 用科学保障电网安全: 记2016年度国家科技进步奖一等奖获奖项目“互联网动态过程安全防御关键技术及应用”[J]. 中国科技奖励, 2017(3): 69-71.

WANG H. Ensure the safety of power grid with science—"Key Technologies and Applications of Security Defense for Dynamic Process of Interconnected Power Grid" the first prize of the State Scientific and Technological Progress Award of 2016 [J]. China Awards for Science and Technology, 2017(3): 69-71.

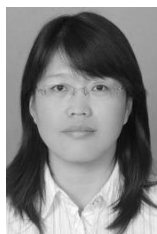
- [7] 本刊编辑部. 国内外新能源开发资料选登[J]. 水电与新能源, 2017(1): 79-80.

The editorial office of Hydropower and New Energy. The development of new energy at home and abroad [J]. Hydropower and New Energy, 2017(1): 79-80.

- [8] 国家电网公司. “碳达峰、碳中和”行动方案[N]. 国家电网报, 2021-03-02(1).

State Grid Corporation. "carbon peak, carbon neutral" action plan[N]. The State Grid Newspaper, 2021.

[作者简介]



张素香(1973-), 女, 国家电网有限公司信息通信分公司教授级高级工程师, 主要研究方向为科技管理、人工智能、电力信息通信等。



刘雯静(1984-), 女, 博士, 国家电网有限公司信息通信分公司高级工程师, 主要研究方向为科技成果培育管理、电力通信等。



赵子岩(1975-), 男, 博士, 国家电网有限公司信息通信分公司高级工程师, 主要研究方向为电力系统及其自动化研究。

曹津平(1977-), 女, 博士, 国家电网有限公司信息通信分公司高级工程师, 主要研究方向为电力系统自动化研究。

张娜(1990-), 女, 国网山西省电力公司电力科学研究院工程师, 主要研究方向为电力系统人工智能成像及图像识别研究。

滕玮(1990-), 男, 国网山东省电力公司电力科学研究院工程师, 主要研究方向为大规模新能源、智能配电网研究。

吴翔宇(1989-), 女, 北京科东电力控制系统有限责任公司工程师, 主要研究方向为科技管理。

《电信科学》2021 年（第 37 卷）

总目次

专题：移动通信（5G）测试

5G 信道建模与性能测试方法	魏贵明, 张 翔, 郭宇航, 乔尚兵	2	[2021034](15)
5G 终端 MIMO OTA 测试方法研究现状与展望	马 楠, 余 菲, 杨晓丽, 许晓东, 张 治	2	[2021035](22)
面向汽车的 MIMO OTA 测试技术	李 雷, 魏贵明, 姜国凯, 冯家煦, 吴 翔	2	[2021040](32)
5G 毫米波 OTA 测试技术	凌云志, 张 煜, 许 虎, 陈 婷	2	[2021042](39)
5G NR 的小区搜索改进算法	董宝江, 彭 琛, 卢 贺	2	[2021036](48)
城市场景 5G eMBB 网络速率提升研究与应用	周 胜, 李天璞	2	[2021038](55)
物联网终端评测体系发展研究	谢金凤, 严涵琦, 邓炳光, 张 炎	2	[2021037](63)

专题：内生安全

基于拟态架构的内生安全云数据中心关键技术和实现方法	张 帆, 谢光伟, 郭 威, 扈红超, 张汝云, 刘文彦	3	[2021056](39)
生物免疫启发下的一种内生安全技术框架	李玉峰, 曹晨红, 李江涛, 王 鹏	3	[2021051](49)
有限异构资源条件下的工业控制拟态调度算法	张汝云, 李合元, 李顺斌	3	[2021047](57)
网络空间内生安全试验场管理技术	朱泓艺, 陆肖元, 李 毅	3	[2021048](66)
资源公钥基础设施 RPKI: 现状与问题	苏莹莹, 李 丹, 叶洪琳	3	[2021050](75)
基于区块链的云数据匿名确定性删除方法	王双星, 罗劲璜, 帅莉莎, 张佳敏, 张 敏, 阳小龙	3	[2021049](90)
基于机器学习和深度学习的网络流量分类研究	顾 玥, 李 丹, 高凯辉	3	[2021052](105)

专题：通信与 AI 融合

人工智能在 5G 系统中的应用综述	章坚武, 王路鑫, 孙玲芬, 章谦骅, 单杭冠	5	[2021109](14)
AI 使能的 5G 节能技术	徐 丹, 曾 宇, 孟维业, 李力卡	5	[2021104](32)
智能运维中 KPI 异常检测的研究进展	王 速, 卢 华, 汪 硕, 蔡 磊, 黄 韬	5	[2021105](42)
基于行为画像的物联网业务保障方法	赵龙刚, 刘汉生, 王 峰, 狄 爽	5	[2021113](52)
智能语音业务质量评估保障方案	李光宇, 梁燕萍, 余 立, 王 昆, 陈扬铭, 刘思佳	5	[2021110](64)
基于云边协同的计算机视觉推理机制	唐博恒, 柴鑫刚	5	[2021107](72)



基于深度学习的调制识别综述	孙姝君, 彭盛亮, 姚育东, 杨 喜	5	[2021114](82)
采用完整局部二进制模式的伪装语音检测	徐 剑, 简志华, 于佳祺, 金易帆, 游 林, 汪云路	5	[2021108](91)

专题: 5G+6G

面向 6G 网络的信息时效性度量及研究进展	孙径舟, 王乐涵, 孙宇璇, 周 盛, 牛志升	6	[2021127](3)
基于生成对抗网络的 MIMO 信道估计方法	华郁秀, 李荣鹏, 赵志峰, 吴建军, 张宏纲	6	[2021135](14)
基于 CP-free OFDM 的上行 SCMA 收发机设计和性能分析	周 立, 刘喜庆	6	[2021132](23)
太赫兹无线组网: 原理、现状与挑战	周天航, 杨 闯, 刘子乐, 彭木根, 于 丽	6	[2021122](33)
紫外光通信散射信道模型分析与发展现状	袁仁智, 王志峰, 彭木根	6	[2021126](45)
面向 B5G 和 6G 的边缘计算与网络切片资源管理			
	孙 茜, 田 霖, 周一青, 冯 晨, 王园园, 周继华	6	[2021128](55)
软件定义的星地融合智能无线网络	袁 硕, 任奕璟, 王则予, 孙耀华, 彭木根	6	[2021123](66)
6G 卫星通信接入及移动性管理技术	吴晓文, 凌 翔, 朱立东, 焦侦丰, 程 剑, 杨 博	6	[2021131](78)
6G 室内定位技术原理与展望	万潇阳, 孙耀华, 王则予	6	[2021118](91)

专题: 海洋物联网

海洋数据传输网络体系结构及挑战	姜胜明, 葛丽阁, 徐艳丽	7	[2021142](16)
海洋物联网关键技术研究与应用	瞿逢重, 来杭亮, 刘建章, 涂星滨, 姜 园	7	[2021149](25)
面向海工装备智能化的海洋异构物联网架构	付振华, 李 杰, 季 飞, 余 华	7	[2021150](34)
海洋探测无人艇: 平台设计及应用	王伟平, 何 西, 董 超, 郑 兵, 李 雪	7	[2021146](40)
水面无人艇远距离通信系统设计与实现	李 雪, 胡海驹, 王伟平, 陈焱琨, 郑 兵, 董 超	7	[2021141](48)

专题: 6G

知识定义的意图网络自治			
.....王敬宇, 周 铖, 张 蕾, 刘 聪, 庄子睿, 杨红伟, 陈丹阳, 朱艳宏, 陆 璐, 廖建新	9	[2021220](1)	
上下文感知的 6G 无线网络			
孙军帅, 赵 芸, 王莹莹, 李 娜, 张慧敏, 孙 欣, 闫 敏, 赵 泉, 李 刚, 刘 璇, 刘光毅	9	[2021227](14)	
6G 网络智能内生的思考	李 琴, 李唯源, 孙晓文, 胡玉双, 孙 滔	9	[2021219](20)
智能超表面在波束及信息调控中的应用	程 强, 戴俊彦, 柯俊臣, 梁竞程, 王思然	9	[2021226](30)
超奈奎斯特传输技术: 面向 6G 的应用价值与挑战	苏 鑫, 王 森, 杨鸿文, 金 婧, 王启星	9	[2021222](38)
面向大规模天线系统的稀布阵技术与评估	楼梦婷, 金 婧, 王菡凝, 王启星, 王江舟	9	[2021218](48)
OTFS 技术研究现状与展望	龙 航, 王 森, 徐林飞, 贾寅华, 代 璐	9	[2021221](57)
端到端确定性网络架构和关键技术	刘 鹏, 杜宗鹏, 李永竞, 陆 璐, 段晓东	9	[2021223](64)

专题：数据网与算力网络

互联网的设计理念与网络 5.0 技术	蒋林涛, 聂秀英, 张 杰	10	[2021232](24)
全维可定义网络能力	范琮珊, 周 旭, 覃毅芳, 李泰新	10	[2021235](31)
面向业务和网络协同的未来 IP 网络架构演进	黄 兵, 谭 斌, 罗 鉴, 郭 勇	10	[2021234](39)
泛在 IP 协议体系	周 旭, 蒋 胜, 张 杰, 雷 波, 郑秀丽, 李泰新	10	[2021237](47)
面向大规模确定性网络的全局循环排队与转发机制	莫益军, 杨子涵, 刘辉宇, 何天流	10	[2021240](55)
Klonet: 面向技术创新的网络模拟实验平台			
.....	谢景昭, 单 炜, 肖 畅, 马 铁, 陈 力, 虞红芳, 孙 罡	10	[2021241](66)
面向算网一体化演进的算力网络技术	段晓东, 姚惠娟, 付月霞, 陆 璐, 孙 滔	10	[2021248](76)
一种基于域名解析机制的算力网络实现方案	赵倩颖, 邢文娟, 雷 波, 蒋林涛	10	[2021233](86)
云网向算网演进中的若干关键技术问题	曹 畅, 张 帅, 刘 莹, 唐雄燕	10	[2021231](93)

研究与开发

一种新型的基于深度学习的时变信道预测方法	张 捷, 杨丽花, 王增浩, 呼 博, 聂 倩	1	[2021011](39)
一种基于黏性隐马尔可夫模型的多频带频谱感知方法	贾忠杰, 金 明, 宋晓群	1	[2021018](48)
基于统计建模的 HEVC 快速率失真估计算法	孟 翔, 殷海兵, 黄晓峰	1	[2021021](58)
基于人工蜂群算法的基站天线方位角与下倾角自优化方法	蔡佳祺, 万海斌, 孙友明, 覃团发	1	[2021006](69)
一种使用边缘增强技术提高相似图片检索召回率的方法	曹靖城, 张继东, 史国杰	1	[2021008](76)
毫米波大规模 MIMO 系统基于等效信道的全连接混合预编码设计			
.....	曹海燕, 马智尧, 智应娟, 刘仁清, 许方敏, 方 昕	1	[2021017](85)
一种复杂场景下的视频流人脸隐私保护技术	张 驰, 陆 晔, 罗渝平, 孙晓凯, 祝涵珂	1	[2021015](94)
美国 5G 频谱战略概述及启迪	许 颖, 任 红, 王 坦	1	[2021003](102)
基于相关性分析的 5G 高铁站间距计算方法	杨 艳, 张 涛, 郭希蕊	1	[2021022](112)
基于信道反转的 C-V2X 动态功率控制方案	翟捷萍, 刘小兰, 肖海林	2	[2021030](71)
基于自编码器与多模态数据融合的视频推荐方法	顾秋阳, 琚春华, 吴功兴	2	[2021031](82)
基于 GAN 的无监督域自适应行人重识别	郑声晟, 殷海兵, 黄晓峰, 章天杰	2	[2021016](99)
基于深度学习的流量工程算法研究与应用	胡道允, 齐 进, 陆钱春, 李 锋, 房红强	2	[2021027](107)
面向能源互联的电力物联网安全架构及技术	张翼英, 周保先, 庞浩渊, 曹津平, 张桐嘉	2	[2021028](115)
基于网络流量的用户网络行为被害性分析模型	周胜利, 徐啸炆	2	[2021041](125)
一种降低复杂度的压缩感知水声信道估计方法	于 玄, 耿 烜	3	[2021039](114)
一种基于增强奇偶校验码级联极化码的新型编译码方法	王 燕, 刘顺兰, 奚珍珍, 包建荣	3	[2021033](125)



一种融合 MeanShift 聚类分析和卷积神经网络的 Vibe++背景分割方法		
.....刘子豪, 贾小军, 张素兰, 徐志玲, 张俊	3	[2021046](133)
非视距环境下基于二阶锥规划的 RSS 定位算法.....	金小萍, 梁俊, 谢少枫	3 [2021032](146)
基于图数据库的 5G 数据流转安全防护机制.....	栗栗, 陆黎, 张星, 刘畅	4 [2021058](28)
基于扩展传染病模型和马尔可夫链的物联网可用度评估方法.....	叶晓彤, 孙文飞, 沈士根	4 [2021063](37)
非正交多址接入无线能量采集协作系统.....	金小萍, 吴青, 翟文超, 包建荣	4 [2021054](46)
基于混合高斯变分自编码网络的异常检测算法.....		
.....陈华华, 陈哲, 郭春生, 应娜, 叶学义, 章坚武	4	[2021044](54)
大型 IP 网络时延的主成分分析.....	韦烜, 黄晓莹	4 [2021059](62)
基于深度学习的快速 QTMT 划分.....	彭双, 王晓东, 彭宗举, 陈芬	4 [2021062](73)
降低 GFDM 峰均功率比的低复杂度算法.....	蔡建辉, 李光球, 沈静洁	4 [2021064](82)
基于多层感知机模型的天线方位角诊断.....	陈向荣	4 [2021061](90)
一种动态特征匹配的部分重叠点云配准方法.....	杜辉, 郑长亮, 苗春雨, 张小孟	4 [2021010](97)
基站设备断电节能凝露现象的研究.....	付吉祥, 张瑞艳, 张敏, 陶琳, 邓伟	4 [2021057](108)
基于幅度和相位联合分区的无线物理层密钥生成方法.....	李楠楠, 韩瑜, 高宁, 金石	5 [2021106](100)
一种大规模 MIMO 系统的联合用户活跃性和信号检测方法.....	宋晓群, 金明, 贾忠杰	5 [2021002](113)
面向物联网轻量级隐私保护的真值发现机制.....	何英杰, 李启伟, 孙涵, 郜迪, 董剑峰, 杨书华	5 [2021100](124)
基于最大信息系数的软件缺陷数目预测特征选择方法.....	刘国庆, 王兴起, 魏丹, 方景龙, 邵艳利	5 [2021025](133)
基于区块链的生鲜奶供应链可信追溯系统方案.....	刘应, 范洪博, 马首群, 高志伟, 刘锦江	5 [2021103](148)
一种基于合作干扰的主窃信道安全传输方法.....	徐赛, 韩帅, 孟维晓	6 [2021121](105)
反向散射辅助的无线供能通信网络的节点间通信.....	陶杰, 葛海江, 吴旻媛, 邵奇可, 池凯凯	6 [2021120](115)
基于 GRW 和 FastText 模型的电信用户投诉文本分类应用.....	赵进, 杨小军	6 [2021125](125)
基于时延约束的广域网络拓扑设计和容量规划.....	徐晓青, 唐宏, 阮科, 武娟, 刘晓军	6 [2021137](132)
基于 KVM 的虚拟机 Post-Copy 动态迁移算法稳定性优化.....		
.....陈双喜, 赵若琰, 刘会, 吴春明, 阮伟	7	[2021145](57)
一种新型低复杂度双层分组天线选择算法.....	张沛昌, 安万年, 钟世达, 黄磊, 庄春生, 张伟	7 [2021111](67)
基于持续同调性的人脑认知过程格式塔模式识别拓扑分析.....		
.....刘再生, 倪霏, 李荣鹏, 张宏纲, 刘畅, 张解放, 谢松云	7	[2021124](77)
5G 在铁路智能车站中的应用.....	陈瑞凤, 李君, 徐春婕, 程清波, 吕晓军	7 [2021117](86)
基于吸引模式的局部二阶梯度轮廓人脸识别算法.....	叶学义, 钱丁炜, 应娜, 王涛	7 [2021140](96)
频谱资源经济价值评估和定价机制研究及展望.....	董洁, 李恒志, 陈岩, 王文娟	7 [2021138](107)
基于电力大数据的中国工业增加值现时预测.....	彭放, 彭高群, 祁亚茹, 刘甜甜, 周晓磊	7 [2021143](115)

基于神经网络与马尔可夫组合模型的视频流行度预测算法·····	马学森, 陈树友, 许向东, 储昭坤	8	[2021116](18)
基于无人机中继的星地认知网络波束成形算法·····	·····李艳丽, 林 志, 王子宁, 许 拔, 程 铭, 欧阳键	8	[2021202](27)
基于改进典范分解的嵌套阵列 DOA 估计·····	程思备, 骆 骁, 蒋博筹, 王玉婷, 吴寰宇	8	[2021119](38)
改进 YOLOv4 算法的复杂视觉场景行人检测方法·····	康 帅, 章坚武, 朱尊杰, 童国锋	8	[2021198](46)
TAGAN: 一种融合细粒度语义特征的学术论文对抗推荐算法·····	孙金杨, 刘柏嵩, 任 豪, 钱江波	8	[2021197](57)
面向人脸识别的口罩区域修复算法·····	李 悦, 钱亚冠, 关晓惠, 李 蔚, 王 滨, 顾钊铨	8	[2021193](66)
基于 IAFS 算法的毫米波大规模 MIMO 混合预编码方法·····	陈浩椅, 李光球, 李 辉	8	[2021192](77)
基于移动蜂窝网的机器学习室外指纹定位方案·····	·····周志超, 冯 毅, 夏小涵, 冯瑜瑶, 蔡 超, 邱佳慧, 杨立辉, 乌云霄	8	[2021201](85)
5G 行业无线专网技术与业务需求模型·····	张学智, 赵婧博, 赵慧杰	8	[2021194](96)
基于预测的 5G 网络切片算法·····	张佳庚, 祝 敏, 杜 丰, 王 齐, 刘 俊, 锁志海, 王 力	9	[2021225](74)
基于改进遗传算法的 STSK 系统色散矩阵和 3D 星座的联合优化·····	·····金小萍, 刘家瑜, 蒋 晨, 郭 强	9	[2021228](86)
MF 中继选择系统的物理层安全性能·····	程 英, 李光球, 沈静洁, 韦 亮	9	[2021213](95)
FALB: 一种 FC 协议链路聚合算法·····	王兆辉, 沈剑良, 张 霞, 陈 艇	9	[2021215](105)
基于聚类的安全分级虚拟网络映射方法·····	陆 颢, 徐 雷, 张曼君	9	[2021224](112)
基于云计算的政务信息系统整合研究·····	陈志宏, 姚 元	9	[2021199](118)
5G 城市轨道交通场景分类及信道建模·····	·····何睿斯, 艾 渤, 钟章队, 杨 汨, 黄 晨, 马张枫, 孙桂琪, 米 航, 周承毅, 陈瑞凤	10	[2021243](102)
区块链在轨道交通边缘计算网络中的应用·····	·····谢高畅, 卢 华, 唐琴琴, 朱 涵, 梁成昊, 文 雯, 谢人超	10	[2021238](117)
基于时频矩阵局部对比度的跳频信号参数估计·····	刘佳敏, 赵知劲, 尚俊娜, 叶学义	10	[2021239](126)
改进自训练模型在业务质差用户识别中的应用·····	余 立, 李 哲, 高 飞, 袁向阳, 杨 永	10	[2021191](136)
面向确定性网络的按需智能路由技术·····	伍仲丽, 曹园园, 黄文睿, 戴 彬, 莫益军	11	[2021245](11)
DDoS 攻击恶意行为知识库构建·····	刘飞扬, 李 坤, 宋 飞, 周华春	11	[2021257](17)
一种轻量可信的物联网通信协议·····	马军锋, 刘芷若, 李观文, 杨 飞, 党娟娜	11	[2021229](33)
机器类通信中集中式与分布式 Q 学习的资源分配算法研究·····	余云河, 孙 君	11	[2021244](41)
基于无监督聚类 and 频繁子图挖掘的电力通信网缺陷诊断与自动派单·····	·····吴季桦, 朱鹏宇, 吴子辰, 顾 彬, 洪 涛, 郭 波, 王 晶, 王敬宇	11	[2021253](51)
一种基于差分进化的鲁棒音频隐写算法·····	苏兆品, 沈朝勇, 张国富, 岳 峰, 胡东辉	11	[2021246](64)
基于贝叶斯攻击图的 SDN 安全预测方法·····	尹彦尚, 索同鹏, 董黎刚, 蒋 献	11	[2021212](75)



多模型融合的客服工单文本分类方法的研究与实现	张 亮, 代晓菊, 郑 荣	11	[2021236](86)
非共轴 OAM 通信系统的波束管理研究	郑 凤, 段高明, 池连刚	12	[2021272](1)
基于改进 Henon 映射和超混沌的双重语音加密算法	张秋余, 宋宇杰	12	[2021271](11)
基于 MBER 的联合预编码与时空编码 GFDM 功率分配策略	蔡建辉, 李光球, 段彦旭	12	[2021261](25)
体域网中一种基于无线信道特征的密钥生成方法研究	黄晶晶	12	[2021260](32)
基于北斗三号卫星非差多普勒观测信号的优化测速模型	王泽杰, 王潜心, 商天文	12	[2021267](42)
5G 上行带宽探测与应用研究			
.....徐国斌, 符哲蔚, 刘 明, 邓志吉, 王存刚, 钟广海, 李 辉, 孟 伟, 吴云杰		12	[2021262](51)

综 述

抢抓数字经济发展和数字化转型机遇, 加快推进信息通信科技创新

——从 2020 年中国通信学会科学技术奖看信息通信科技发展趋势	中国通信学会	1	[2021024](1)
面向移动内容分发网络环境的移动视频预取技术研究进展			
.....张世行, 罗雅文, 张 敏, 孙奇福, 阳小龙		1	[2021020](8)
元学习研究综述	朱应钊, 李 嫚	1	[2021009](22)
移动设备生物特征识别多模态融合标准研究及展望	林冠辰, 王智飞	1	[2021007](32)
面向复杂网络的异构网络表示学习综述	颜铭江, 董一鸿, 苏江军, 陈华辉, 钱江波	2	[2021013](1)
通信人工智能的下一个十年			
.....欧阳晔, 王立磊, 杨爱东, 马利克·萨哈, 大卫·贝兰格, 高同庆, 韦乐平, 张亚勤		3	[2021055](1)
智慧城轨交通通信技术的分析与展望	赵军辉, 张丹阳, 贺 林	4	[2021029](1)
大规模 MIMO 信道测量与建模综述	卢艳萍, 刘 留, 付丽琴, 邱佳慧, 刘 凯	4	[2021067](14)
智简 5G 无线网络技术初探	黄宇红, 孙 奇, 贾民丽, 段 然, 陈 卓	5	[2021099](1)
新型举国体制下建设网络强国的思考	宋灵恩	5	[2021112](9)
面向 6G 的卫星通信网络架构展望	吴晓文, 焦侦丰, 凌 翔, 刘 冰, 朱立东, 韩 磊	7	[2021147](1)
智能物联网 AIoT 研究综述	吴吉义, 李文娟, 曹 健, 钱诗友, 张启飞, BUYYA Rajkumar	8	[2021204](1)
硅基光电子在通信中的应用和挑战	李德钊, 许鹏飞, 朱科健, 周治平	10	[2021247](3)
网络智能化标准、开源与产业研究			
.....邓灵莉, 顾宁伦, 袁向阳, 余 立, 冯俊兰, 邓 超, 杨志强, 张同须, 吴荣宇, 张新鹏		10	[2021217](14)
6G 网络下的全息技术发展及业务趋势	侯文军, 白 冰, 杨本植	11	[2021254](1)

专栏: 5G 网络建设助推数智化转型

面向垂直行业的 5G 网络规划设计方法论及产品化解决方案			
.....肖子玉, 吕红卫, 赵 存, 韩 研, 苏 坚		6	[2021136](143)

5G 核心网面向 3GPP R16 演进关键技术及引入策略	杨 旭, 肖子玉, 张 明, 邵永平	6	[2021133](150)
5G 融合计费系统架构及关键技术	齐 磊, 顾慧琼, 祝 好, 陈 旭	6	[2021134](160)
5G 消息系统共建共享建设方案	牛晓丹, 徐 忱, 陈静霞, 教湘飞	6	[2021130](167)
电信运营商中台能力运营中心建设思路	顾 欣, 倪晓熔, 刘 昭, 方晓楠, 李岳梦	6	[2021129](174)

专栏：云网融合

基于 ONAP 开源架构的云网操作系统研究	王 栋, 孙 琼, 徐洪磊	8	[2021208](105)
基于 SRv6 的云网融合承载方案	王 巍, 王 鹏, 赵晓宇, 徐洪磊	8	[2021205](111)
云网融合 PCEP 应用及端到端保障方案	王 越, 王爱俊, 徐洪磊	8	[2021203](122)
5G 核心网云网一体化运维	张 雪	8	[2021200](128)
基于随愿网络的运营商云网融合业务的研究与实现	张 鑫	8	[2021207](136)

专栏：5G 技术与组网应用

基于核心网分析和决策的 5G 网络智能调度	王庆扬, 杨智斌, 龙 彪, 梁灏泉	9	[2021216](129)
面向 5G 前传的新型 CWDM 承载方案	程 明, 杜 喆, 张德智	9	[2021206](139)
面向 5G 业务的乡镇 SPN 规划及组网架构	邓 旭, 陈 骋	9	[2021210](147)
物流智能仓储的 5G 专网性能	董石磊, 赵婧博, 黄 鹏	9	[2021151](153)
5G 基站辐射安全与网络规划研究	许 浩, 曹弘毅	9	[2021196](159)
基于现网挖潜的 4G/5G 低成本无线覆盖方案	杨 丹, 张 婧, 吕沛锦, 陆 赟, 杨占春	9	[2021211](168)

专栏：5G+时代的可编程网络

5G+时代的软件定义安全技术架构研究与实践·····	全 硕, 王旭亮, 朱泽亚	12	[2021277](60)
KubeTelecom: 一种面向 5G 网络切片的多云多容器集群管理与运维引擎 ·····	武宇亭, 王旭亮, 全 硕	12	[2021276](72)
面向 6G 的新型可编程网络架构研究·····	王旭亮, 全 硕, 刘增义, 章 军	12	[2021266](84)
灰盒光传输设备的 SDN 管控技术研究及应用·····			
·····	胡 骞, 赵国永, 霍晓莉, 李俊杰, 荆瑞泉, 闫 飞, 武晓锋	12	[2021273](93)
SDN 协同控制器的智能内生技术研究与实现·····	张 乐, 吴艳芹, 张 珂, 毛东峰, 姜 松, 胡华伟	12	[2021275](101)

工程与应用

统一数据湖技术研究和建设方案	刘志勇, 何忠江, 刘敬龙, 阮宜龙, 孟照方	1	[2021019](121)
面向工业互联网的 5G 边缘计算发展与应用	张呈宇, 李红五, 屈 阳, 魏进武	1	[2021026](129)
SD-WAN 隧道技术与组网模式	牛 佳, 颜永明, 林志华	1	[2021004](137)
基于 LTE 资源块感知的自适应无线流媒体系统	蔡秉江	1	[2021001](147)
中国电信 BSS 中台架构的研究与设计	刘智琼, 陈 娜, 刘开开, 华竹轩	2	[2021005](135)



基于 PBFT 区块链技术的电网企业仓储系统	杨春燕, 宾冬梅, 黎 新	2	[2021023](144)
网络遥测技术及其在网络自动化运维中的应用	毛东峰, 贾 曼, 何晓明, 刘志华	2	[2021012](154)
电力通信运行管理中典型业务数据的智能关联方法	吴桂龙, 杨志敏, 黄 昱	2	[2021014](164)
行业竞合变革下移动通信市场格局趋势	刁 塑, 蒋 成	3	[2021053](154)
高铁场景网络质量和用户感知提升方法	梁松柏, 郭颖悟, 李新卫	3	[2021045](162)
以 OSU 为核心的 M-OTN 技术创新与验证	荆瑞泉, 霍晓莉, 李俊杰, 丁 一	4	[2021060](116)
5G 终端空闲态节能方案分析	杨 拓, 胡丽洁, 王 飞, 刘建军, 胡 南, 李 男, 胡臻平	4	[2021066](125)
Wi-Fi 6 的多用户技术	王姣姣, 邵 震, 黄国瑾	4	[2021065](132)
5G 时代 4G/5G 共天馈面解决方案	余勇昌, 张 典, 丁明玲	4	[2021043](140)
5G 室内新型覆盖方案对比与分析	陈燕雷, 孟俊仙, 刘 玮, 王 勋	4	[2021069](151)
大数据安全特征与运营实践	刘志勇, 何忠江, 阮宜龙, 单俊峰, 张 超	5	[2021102](160)
家庭光纤组网技术方案探讨	马智勇	5	[2021101](170)
面向 5G STN 承载网络 FlexE 切片技术	尹远阳, 林贵东, 杨广铭, 卢 泉, 蓝双凤	7	[2021068](126)
5G 网络上行覆盖增强研究	胡煜华, 王鑫炎, 李 贝	7	[2021148](134)
基于 5G 的水泥行业数字矿山应用场景及网络建设难点	赵慧杰, 张学智, 谢 东	7	[2021098](142)
5G 赋能海上无人值守平台	夏如君	7	[2021144](148)
计算机视觉在智慧安防中的应用	陈志宏, 王明晓	8	[2021195](142)
5G 频段间协同技术	曹丽芳, 江天明, 邓 伟, 陈 卓	8	[2021139](148)
基于 5G 切片专线的组网技术和实现方法	张 艳	10	[2021230](143)
智能专线业务编排系统架构设计与实现	陈慧光, 李 欢	10	[2021209](152)
宽带私网双栈地址溯源的云化实现	张承立, 何肖嵘, 宋蔚芳	10	[20211115](162)
面向工业场景的 5G 专网解决方案研究	董石磊, 赵婧博	11	[2021250](97)
基于 5G 医疗定制网的远程手术的实践与思考	李英忠	11	[2021251](104)
全国携号转网服务方案设计与政策研究	戴 维	11	[2021258](115)
基于数字化转型的电信综合网格管理的研究和实践	朱明英, 华竹轩, 史 萌	11	[2021252](128)
基于 XDR 大数据分析的高架用户识别技术	汪保友, 姚赛彬, 黄久成, 潘 晖	11	[2021214](135)
基于 AI 深度学习的面向业务 5G 基站节能系统研究	徐孟强	11	[2021249](143)
5G 基站与邻频系统之间的干扰问题研究	姚建明	11	[2021242](152)
互联网 BGP 路由可视及安全检测技术架构与实践	叶朝阳, 沈 辰, 黄明庆, 张士聪, 刘伊莎	12	[2021263](110)
基于光电混合交叉技术的电力光传送网络优化	赵 阳, 宋 伟, 段程煜, 申 昉, 张晓宏, 赵继华	12	[2021264](121)
聚焦场景的 10G PON 精准部署方案	林 银, 覃晓霞, 王国栋, 韦书田	12	[2021259](133)
科技创新驱动电力行业高质量发展	张素香, 刘雯静, 赵子岩, 曹津平, 张 娜, 滕 玮, 吴翔宇	12	[2021274](144)

Telecommunications Science

2021 (Vol.37)

Loosing no time to deploy digital economy and digital transformation to spur ICT innovation ——The latest ICT development trend showcased in the science and technology award of CIC in 2020China Institute of Communications	1	[2021024](1)
Research progress of mobile video prefetching for mobile content distribution networks ZHANG Shihang, LUO Yawen, ZHANG Min, SUN Qifu, YANG Xiaolong	1	[2021020](8)
Review on meta-learning.....ZHU Yingzhao, LI Man	1	[2021009](22)
Research and prospect of standard for biometric multi-modal fusion used with mobile devices LIN Guanchen, WANG Zhifei	1	[2021007](32)
A novel deep learning based time-varying channel prediction methodZHANG Jie, YANG Lihua, WANG Zenghao, HU Bo, NIE Qian	1	[2021011](39)
A multi-band spectrum sensing method based on sticky hidden Markov modelJIA Zhongjie, JIN Ming, SONG Xiaoqun	1	[2021018](48)
Statistical modeling based fast rate distortion estimation algorithm for HEVC MENG Xiang, YIN Haibing, HUANG Xiaofeng	1	[2021021](58)
Artificial bee colony algorithm based self-optimization of base station antenna azimuth and down-tilt angles... CAI Jiaqi, WAN Haibin, SUN Youming, QIN Tuanfa	1	[2021006](69)
A method for improving recall rate of similar image retrieval by using edge enhancement technology CAO Jingcheng, ZHANG Jidong, SHI Guojie	1	[2021008](76)
Design of full-connected hybrid precoding based on an equivalent channel in millimeter-wave massive MIMO system..... CAO Haiyan, MA Zhiyao, ZHI Yingjuan, LIU Renqing, XU Fangmin, FANG Xin	1	[2021017](85)
A novel approach for face privacy protection based on surveillance video in complex scene..... ZHANG Chi, LU Ye, LUO Yuping, SUN Xiaokai, ZHU Hanke	1	[2021015](94)
Overview and inspiration of the America's 5G spectrum strategy.....XU Ying, REN Hong, WANG Tan	1	[2021003](102)
Calculation method of 5G high-speed railway station spacing based on correlation analysis YANG Yan, ZHANG Tao, GUO Xirui	1	[2021022](112)
Technology research and construction scheme of unified data lake LIU Zhiyong, HE Zhongjiang, LIU Jinglong, RUAN Yilong, MENG Zhaofang	1	[2021019](121)
5G edge computing development and application for industrial internet ZHANG Chengyu, LI Hongwu, QU Yang, WEI Jinwu	1	[2021026](129)
SD-WAN tunnel technology and network construction.....NIU Jia, YAN Yongming, LIN Zhihua	1	[2021004](137)



LTE resource-aware dynamic adaptive wireless multimedia streaming system	CAI Bingjiang	1	[2021001](147)
A survey of heterogeneous network representation learning for complex networks.....	YAN Mingjiang, DONG Yihong, SU Jiangjun, CHEN Huahui, QIAN Jiangbo	2	[2021013](1)
Channel modeling and performance test method for 5G	WEI Guiming, ZHANG Xiang, GUO Yuhang, QIAO Shangbing	2	[2021034](15)
Research status and prospect of MIMO OTA test methods for 5G terminals	MA Nan, YU Fei, YANG Xiaoli, XU Xiaodong, ZHANG Zhi	2	[2021035](22)
MIMO OTA performance testing of vehicles · LI Lei, WEI Guiming, JIANG Guokai, FENG Jiaxu, WU Xiang		2	[2021040](32)
5G mmWave OTA test technologies.....	LING Yunzhi, ZHANG Yu, XU Hu, CHEN Ting	2	[2021042](39)
Improved cell search algorithm for 5G NR	DONG Baojiang, PENG Chen, LU He	2	[2021036](48)
Research and application of 5G eMBB network rate improvement based on urbans scenarios	ZHOU Sheng, LI Tianpu	2	[2021038](55)
Development research of terminal evaluation system of internet of things	XIE Jinfeng, YAN Hanqi, DENG Bingguang, ZHANG Yan	2	[2021037](63)
Dynamic power control scheme for C-V2X communication with channel inversion.....	ZHAI Jieping, LIU Xiaolan, XIAO Hailin	2	[2021030](71)
Fusion of auto encoders and multi-modal data based video recommendation method.....	GU Qiuyang, JU Chunhua, WU Gongxing	2	[2021031](82)
GAN-based unsupervised domain adaptive person re-identification.....	ZHENG Shengsheng, YIN Haibing, HUANG Xiaofeng, ZHANG Tianjie	2	[2021016](99)
Research and application of traffic engineering algorithm based on deep learning.....	HU Daoyun, QI Jin, LU Qianchun, LI Feng, FANG Hongqiang	2	[2021027](107)
Electric internet of things security framework and technologies for energy interconnection	ZHANG Yiyi, ZHOU Baoxian, PANG Haoyuan, CAO Jinping, ZHANG Tongjia	2	[2021028](115)
Victimization analysis model of user network behavior based on network traffic.....	ZHOU Shengli, XU Xiaoyang	2	[2021041](125)
Research and design of China Telecom BSS middle platform.....	LIU Zhiqiong, CHEN Na, LIU Kaikai, HUA Zhuxuan	2	[2021005](135)
Storage system of power grid corp enterprise based on PBFT blockchain technology.....	YANG Chunyan, BIN Dongmei, LI Xin	2	[2021023](144)
Network telemetry technology and its application in automatic network operation and maintenance	MAO Dongfeng, JIA Man, HE Xiaoming, LIU Zhihua	2	[2021012](154)
Intelligent correlation method of typical business data in power communication operation management	WU Guilong, YANG Zhimin, HUANG Yu	2	[2021014](164)
Next decade of telecommunications artificial intelligence	OUYANG Ye, WANG Lilei, YANG Aidong, SHAH Maulik, BELANGER David, GAO Tongqing, WEI Leping, ZHANG Yaqin	3	[2021055](1)
Key technologies and implementation methods of endogenous safety and security cloud data center based on mimic architecture.....	ZHANG Fan, XIE Guangwei, GUO Wei, HU Hongchao, ZHANG Ruyun, LIU Wenyan	3	[2021056](39)

An endogenous safety and security technical framework inspired by biological immune system·····			
····· <i>LI Yufeng, CAO Chenhong, LI Jiangtao, WANG Peng</i>	3	[2021051](49)	
Mimic security scheduling algorithm for industrial control under limited heterogeneous resource constraints			
····· <i>ZHANG Ruyun, LI Heyuan, LI Shunbin</i>	3	[2021047](57)	
Management technologies of cyberspace endogenous safety and security test site·····			
····· <i>ZHU Hongyi, LU Xiaoyuan, LI Yi</i>	3	[2021048](66)	
Resource public key infrastructure RPKI: status and problems·····	<i>SU Yingying, LI Dan, YE Honglin</i>	3	[2021050](75)
Cloud data anonymous assured deletion approach based on blockchain·····			
····· <i>WANG Shuangxing, LUO Jintang, SHUAI Lisha, ZHANG Jiamin, ZHANG Min, YANG Xiaolong</i>	3	[2021049](90)	
Research on network traffic classification based on machine learning and deep learning·····			
····· <i>GU Yue, LI Dan, GAO Kaihui</i>	3	[2021052](105)	
A reduced-complexity compressed sensing channel estimation for underwater acoustic channel·····			
····· <i>YU Xuan, GENG Xuan</i>	3	[2021039](114)	
A novel method for encoding and decoding based on enhanced parity-check-concatenated polar codes·····			
····· <i>WANG Yan, LIU Shunlan, XI Zhenzhen, BAO Jianrong</i>	3	[2021033](125)	
Vibe++ background segmentation method combining MeanShift clustering analysis and convolutional neural network·····	<i>LIU Zihao, JIA Xiaojun, ZHANG Sulan, XU Zhiling, ZHANG Jun</i>	3	[2021046](133)
RSS localization algorithm based on second-order cone programming in non-line-of-sight environment·····			
····· <i>JIN Xiaoping, LIANG Jun, XIE Shaofeng</i>	3	[2021032](146)	
Trend of mobile communication market pattern under the reform of industry co-competition·····			
····· <i>DIAO Su, JIANG Cheng</i>	3	[2021053](154)	
Network quality and user perception improvement of high-speed rail scene·····			
····· <i>LIANG Songbai, GUO Yingwu, LI Xinwei</i>	3	[2021045](162)	
Analysis and prospect of communication technology in smart urban rail·····			
····· <i>ZHAO Junhui, ZHANG Danyang, HE Lin</i>	4	[2021029](1)	
A survey of massive MIMO channel measurement and model·····			
····· <i>LU Yanping, LIU Liu, FU Liqin, QIU Jiahui, LIU Kai</i>	4	[2021067](14)	
Graph database based security protection mechanism of 5G network data flow·····			
····· <i>SU Li, LU Li, ZHANG Xing, LIU Chang</i>	4	[2021058](28)	
Availability evaluation method for extended epidemic model and Markov chain based IoT·····			
····· <i>YE Xiaotong, SUN Wenfei, SHEN Shigen</i>	4	[2021063](37)	
Non-orthogonal multiple access wireless energy harvesting cooperative system·····			
····· <i>JIN Xiaoping, WU Qing, ZHAI Wenchao, BAO Jianrong</i>	4	[2021054](46)	
Anomaly detection algorithm based on Gaussian mixture variational auto encoder network·····			
····· <i>CHEN Huahua, CHEN Zhe, GUO Chunsheng, YING Na, YE Xueyi, ZHANG Jianwu</i>	4	[2021044](54)	
Principal component analysis of time delay in large IP network·····	<i>WEI Xuan, HUANG Xiaoying</i>	4	[2021059](62)
Fast QTMT partition decision based on deep learning·····			
····· <i>PENG Shuang, WANG Xiaodong, PENG Zongju, CHEN Fen</i>	4	[2021062](73)	
Low complexity algorithm for PAPR reduction in GFDM system·····	<i>CAI Jianhui, LI Guangqiu, SHEN Jingjie</i>	4	[2021064](82)
Antenna azimuth diagnosis based on multi-layer perceptron model·····	<i>CHEN Xiangrong</i>	4	[2021061](90)



A partial overlapping point cloud registration method based on dynamic feature matching		
.....DU Hui, ZHENG Changliang, MIAO Chunyu, ZHANG Xiaomeng	4	[2021010](97)
Research on condensation phenomenon during energy-saving shutdown of base station		
.....FU Jixiang, ZHANG Ruiyan, ZHANG Min, TAO Lin, DENG Wei	4	[2021057](108)
OSU based M-OTN technology innovation and verification		
.....JING Ruiquan, HUO Xiaoli, LI Junjie, DING Yi	4	[2021060](116)
Power saving techniques for 5G RRC_Idle mode UE		
.....YANG Tuo, HU Lijie, WANG Fei, LIU Jianjun, HU Nan, LI Nan, HU Zhenping	4	[2021066](125)
Multi-user coordination technology	WANG Jiaojiao, SHAO Zhen, HUANG Guojin	4 [2021065](132)
Solution of common antenna of 4G/5G in 5G Era	YU Yongchang, ZHANG Dian, DING Mingling	4 [2021043](140)
Comparison and analysis about 5G indoor new coverage solutions		
.....CHEN Yanlei, MENG Junxian, LIU Wei, WANG Xun	4	[2021069](151)
An intelligent and simplified 5G wireless network technology		
.....HUANG Yuhong, SUN Qi, JIA Minli, DUAN Ran, CHEN Zhuo	5	[2021099](1)
Thoughts on cyberpower under the new nationwide system	SONG Ling'en	5 [2021112](9)
An survey on application of artificial intelligence in 5G system		
.....ZHANG Jianwu, WANG Luxin, SUN Lingfen, ZHANG Qianye, SHAN Hangguan	5	[2021109](14)
AI-enabled 5G energy-saving technology	XU Dan, ZENG Yu, MENG Weiye, LI Lika	5 [2021104](32)
Research progress of KPI anomaly detection in intelligent operation and maintenance		
.....WANG Su, LU Hua, WANG Shuo, CAI Lei, HUANG Tao	5	[2021105](42)
IoT business guarantee method based on behavioral portrait		
.....ZHAO Longgang, LIU Hansheng, WANG Feng, DI Shuang	5	[2021113](52)
AI based scheme on voice service quality evaluation and assurance		
.....LI Guangyu, LIANG Yanping, YU Li, WANG Kun, CHEN Yangming, LIU Sijia	5	[2021110](64)
Cloud-edge collaboration based computer vision inference mechanism	TANG Boheng, CHAI Xingang	5 [2021107](72)
A survey of deep learning based modulation recognition		
.....SUN Shujun, PENG Shengliang, YAO Yudong, YANG Xi	5	[2021114](82)
Completed local binary pattern based speech anti-spoofing		
.....XU Jian, JIAN Zhihua, YU Jiaqi, JIN Yifan, YOU Lin, WANG Yunlu	5	[2021108](91)
Joint amplitude and phase partition based physical layer key generation method		
.....LI Nannan, HAN Yu, GAO Ning, JIN Shi	5	[2021106](100)
Joint user activity and signal detection for massive multiple-input multiple-output		
.....SONG Xiaoqun, JIN Ming, JIA Zhongjie	5	[2021002](113)
A lightweight privacy-preserving truth discovery mechanism for IoT		
.....HE Yingjie, LI Qiwei, SUN Han, GAO Di, DONG Jianfeng, YANG Shuhua	5	[2021100](124)
Feature selection method for software defect number prediction based on maximum information coefficient		
.....LIU Guoqing, WANG Xingqi, WEI Dan, FANG Jinglong, SHAO Yanli	5	[2021025](133)
Blockchain based trusted traceability system scheme for raw milk supply chain		
.....LIU Ying, FAN Hongbo, MA Shouqun, GAO Zhiwei, LIU Jinjiang	5	[2021103](148)

Big data security features and operation practices		
..... <i>LIU Zhiyong, HE Zhongjiang, RUAN Yilong, SHAN Junfeng, ZHANG Chao</i>	5	[2021102](160)
Discussion on technical solutions to fibre-optic home networking	<i>MA Zhiyong</i>	5 [2021101](170)
Information timeliness metrics and research progress for 6G network		
..... <i>SUN Jingzhou, WANG Lehan, SUN Yuxuan, ZHOU Sheng, NIU Zhisheng</i>	6	[2021127](3)
GAN-based channel estimation for massive MIMO system		
..... <i>HUA Yuxiu, LI Rongpeng, ZHAO Zhifeng, WU Jianjun, ZHANG Honggang</i>	6	[2021135](14)
Transceiver design and performance analysis for uplink SCMA based on CP-free OFDM		
..... <i>ZHOU Li, LIU Xiqing</i>	6	[2021132](23)
Terahertz wireless networking: principles, status and challenges		
..... <i>ZHOU Tianhang, YANG Chuang, LIU Zile, PENG Mugen, YU Li</i>	6	[2021122](33)
Analysis and status of the scattering channel model for ultraviolet communications		
..... <i>YUAN Renzhi, WANG Zhifeng, PENG Mugen</i>	6	[2021126](45)
Resource management in sliced networks with mobile edge computing for B5G and 6G		
..... <i>SUN Qian, TIAN Lin, ZHOU Yiqing, FENG Chen, WANG Yuanyuan, ZHOU Jihua</i>	6	[2021128](55)
Software defined intelligent satellite-terrestrial integrated wireless network		
..... <i>YUAN Shuo, REN Yijing, WANG Zeyu, SUN Yaohua, PENG Mugen</i>	6	[2021123](66)
Access and mobility management technologies for 6G satellite communications network		
..... <i>WU Xiaowen, LING Xiang, ZHU Lidong, JIAO Zhenfeng, CHENG Jian, YANG Bo</i>	6	[2021131](78)
Principle and future trends of indoor positioning in 6G		
..... <i>WAN Xiaoyang, SUN Yaohua, WANG Zeyu</i>	6	[2021118](91)
A secure transmission method based on cooperative jamming for correlated main and wiretap channels		
..... <i>XU Sai, HAN Shuai, MENG Weixiao</i>	6	[2021121](105)
Communication between nodes in backscatter-assisted wireless powered communication network		
..... <i>TAO Jie, GE Haijiang, WU Minyuan, SHAO Qike, CHI Kaikai</i>	6	[2021120](115)
Application on text classification of telecom user complaints based on GRW and FastText model		
..... <i>ZHAO Jin, YANG Xiaojun</i>	6	[2021125](125)
Topology design and capacity planning of wide-area network based on delay constraint		
..... <i>XU Xiaoqing, TANG Hong, RUAN Ke, WU Juan, LIU Xiaojun</i>	6	[2021137](132)
Methodology of 5G network planning and design for vertical industry with product solutions		
..... <i>XIAO Ziyu, LV Hongwei, ZHAO Cun, HAN Yan, SU Jian</i>	6	[2021136](143)
Key technologies and introduction strategies for 3GPP R16 oriented evolution of 5G core network		
..... <i>YANG Xu, XIAO Ziyu, ZHANG Ming, SHAO Yongping</i>	6	[2021133](150)
Architecture and key technologies of 5G converged charging system		
..... <i>QI Lei, GU Huiqiong, ZHU Hao, CHEN Xu</i>	6	[2021134](160)
Scheme of 5G message system co-construction and sharing		
..... <i>NIU Xiaodan, XU Chen, CHEN Jingxia, JIAO Xiangfei</i>	6	[2021130](167)
Construction ideas of the middle platform capability operation center of telecom operators		
..... <i>GU Xin, NI Xiaorong, LIU Zhao, FANG Xiaonan, LI Yuemeng</i>	6	[2021129](174)



Outlook on satellite communications network architecture for 6G		
..... WU Xiaowen, JIAO Zhenfeng, LING Xiang, LIU Bing, ZHU Lidong, HAN Lei	7	[2021147](1)
Architecture and challenges of system models for marine data transmission networks		
..... JIANG Shengming, GE Lige, XU Yanli	7	[2021142](16)
Research and application on key techniques of marine IoT.....		
..... QU Fengzhong, LAI Hangliang, LIU Jianzhang, TU Xingbin, JIANG Yuan	7	[2021149](25)
Architecture of a heterogeneous marine Internet of things for intelligent offshore engineering.....		
..... FU Zhenhua, LI Jie, JI Fei, YU Hua	7	[2021150](34)
Marine survey unmanned surface vessel: platform design and application		
..... WANG Weiping, HE Xi, DONG Chao, ZHENG Bing, LI Xue	7	[2021146](40)
Design and implementation of unmanned surface vessel long-distance communication system.....		
..... LI Xue, HU Haiju, WANG Weiping, CHEN Yankun, ZHENG Bing DONG Chao	7	[2021141](48)
Stability optimization of dynamic migration algorithm for Post- Copy of virtual machine based on KVM.....		
..... CHEN Shuangxi, ZHAO Ruoyan, LIU Hui, WU Chunming, RUAN Wei	7	[2021145](57)
A novel low-complexity two-tier group antenna selection algorithm		
..... ZHANG Peichang, AN Wannian, ZHONG Shida, HUANG Lei, ZHUANG Chunsheng, ZHANG Wei	7	[2021111](67)
Persistent homology based topological analysis on the gestalt patterns during human brain cognition process		
..... LIU Zaisheng, NI Fei, LI Rongpeng, ZHANG Honggang, LIU Chang, ZHANG Jiefang, XIE Songyun	7	[2021124](77)
Application of 5G in railway smart stations		
..... CHEN Ruifeng, LI Jun, XU Chunjie, CHENG Qingbo, LV Xiaojun	7	[2021117](86)
Face recognition algorithm based on attractive local second gradient contours		
..... YE Xueyi, QIAN Dingwei, YING Na, WANG Tao	7	[2021140](96)
Research and prospect on economic value evaluation and pricing mechanism of spectrum resources.....		
..... DONG Jie, LI Hengzhi, CHEN Yan, WANG Wenjuan	7	[2021138](107)
Nowcasting of China's industrial added value based on electric power big data.....		
..... PENG Fang, PENG Gaoqun, QI Yaru, LIU Tiantian, ZHOU Xiaolei	7	[2021143](115)
FlexE slicing technology for STN bearer network to 5G.....		
..... YIN Yuanyang, LIN Guidong, YANG Guangming, LU Quan, LAN Shuangfeng	7	[2021068](126)
Research on uplink coverage enhancement of 5G network		
..... HU Yuhua, WANG Xinyan, LI Bei	7	[2021148](134)
Application scenarios and difficulties in network construction of digital mines in cement industry based on 5G		
..... ZHAO Huijie, ZHANG Xuezhi, XIE Dong	7	[2021098](142)
5G technology enabling unmanned offshore platform.....		
..... XIA Rujun	7	[2021144](148)
AIoT: a taxonomy, review and future directions.....		
..... WU Jiyi, LI Wenjuan, CAO Jian, QIAN Shiyong, ZHANG Qifei, BUYA Rajkumar	8	[2021204](1)
Neural network and Markov based combination prediction algorithm of video popularity.....		
..... MA Xuesen, CHEN Shuyou, XU Xiangdong, CHU Zhaokun	8	[2021116](18)
Beamforming algorithm for cognitive satellite and terrestrial network based on UAV relay		
..... LI Yanli, LIN Zhi, WANG Zining, XU Ba, CHENG Ming, OUYANG Jian	8	[2021202](27)
Improved CPD based DOA estimation of nested array		
..... CHENG Sibe, LUO Xiao, JIANG Bochou, WANG Yuting, WU Huanyu	8	[2021119](38)

An improved YOLOv4 algorithm for pedestrian detection in complex visual scenes		
.....KANG Shuai, ZHANG Jianwu, ZHU Zunjie, TONG Guofeng	8	[2021198](46)
TAGAN: an academic paper adversarial recommendation algorithm incorporating fine-grained semantic features		
.....SUN Jinyang, LIU Baisong, REN Hao, QIAN Jiangbo	8	[2021197](57)
Region inpainting algorithm of mouth-muffles for facial recognition		
.....LI Yue, QIAN Yaguan, GUAN Xiaohui, LI Wei, WANG Bin, GU Zhaoquan	8	[2021193](66)
Hybrid precoding method for millimeter-wave massive MIMO systems based on IAFS algorithm		
.....CHEN Haoyi, LI Guangqiu, LI Hui	8	[2021192](77)
Outdoor location scheme with fingerprinting based on machine learning of mobile cellular network		
.....ZHOU Zhichao, FENG Yi, XIAXiaohan, FENG Yuyao, CAI Chao, QIU Jiahui, YANG Lihui, WU Yunxiao	8	[2021201](85)
5G industry wireless private network technology and business requirement model		
.....ZHANG Xuezhi, ZHAO Jingbo, ZHAO HuiJie	8	[2021194](96)
Research of cloud-network operating system based on ONAP open-source architecture		
.....WANG Dong, SUN Qiong, XU Honglei	8	[2021208](105)
Cloud-network convergence solution based on SRv6		
.....WANG Wei, WANG Peng, ZHAO Xiaoyu, XU Honglei	8	[2021205](111)
PCEP application in cloud-network convergence and end to end traffic assurance scheme		
.....WANG Yue, WANG Aijun, XU Honglei	8	[2021203](122)
5G core network cloud and network integration operation & maintenance		
.....ZHANG Xue	8	[2021200](128)
Research and implementation of the IBN for cloud-network convergence service of operators		
.....ZHANG Xin	8	[2021207](136)
Application of computer vision in intelligent security		
.....CHEN Zhihong, WANG Mingxiao	8	[2021195](142)
5G inter-band cooperation technology		
.....CAO Lifang, JIANG Tianming, DENG Wei, CHEN Zhuo	8	[2021139](148)
Knowledge-defined intent-based network autonomy		
.....WANG Jingyu, ZHOU Cheng, ZHANG Lei, LIU Cong, ZHUANG Zirui, YANG Hongwei,		
.....CHEN Danyang, ZHU Yanhong, LU Lu, LIAO Jianxin	9	[2021220](1)
6G context-aware wireless network		
.....SUN Junshuai, ZHAO Yun, WANG Yingying, LI Na, ZHANG Huimin, SUN Xin, YAN Min,		
.....ZHAO Quan, LI Gang, LIU Xuan, LIU Guangyi	9	[2021227](14)
Thinking of native artificial intelligence in 6G networks		
.....LI Qin, LI Weiyuan, SUN Xiaowen, HU Yushuang, SUN Tao	9	[2021219](20)
Application of reconfigurable intelligent surface in beamforming and information modulation		
.....CHENG Qiang, DAI Junyan, KE Junchen, LIANG Jingcheng, WANG Siran	9	[2021226](30)
Faster-than-Nyquist signaling: value and challenges of 6G-oriented applications		
.....SU Xin, WANG Sen, YANG Hongwen, JIN Jing, WANG Qixing	9	[2021222](38)
Research and evaluation of sparse array for massive MIMO		
.....LOU Mengting, JIN Jing, WANG Hanning, WANG Qixing, WANG Jiangzhou	9	[2021218](48)
OTFS technology research and prospect		
.....LONG Hang, WANG Sen, XU Linfei, JIA Yinhua, DAI Lu	9	[2021221](57)
End-to-end deterministic networking architecture and key technologies		
.....LIU Peng, DU Zongpeng, LI Yongjing, LU Lu, DUAN Xiaodong	9	[2021223](64)



5G network slicing algorithm based on prediction		
..... ZHANG Jiageng, ZHU Min, DU Feng, WANG Qi, LIU Jun, SUO Zhihai, WANG Li	9	[2021225](74)
Joint optimization of dispersion matrix and 3D constellation for STSK system based on improved genetic		
algorithm..... JIN Xiaoping, LIU Jiayu, JIANG Chen, GUO Qiang	9	[2021228](86)
Physical layer security performance of MF relay selection systems.....		
..... CHENG Ying, LI Guangqiu, SHEN Jingjie, WEI Liang	9	[2021213](95)
FALB: a FC protocol link aggregation algorithm.....		
..... WANG Zhaohui, SHEN Jianliang, ZHANG Xia, CHEN Ting	9	[2021215](105)
Safe hierarchical virtual network mapping method based on clustering.....		
..... LU Xie, XU Lei, ZHANG Manjun	9	[2021224](112)
Research on integration of government information system based on cloud computing.....		
..... Chen Zhihong, YAO Yuan	9	[2021199](118)
5G network intelligent scheduling based on core network analysis and decision.....		
..... WANG Qingyang, YANG Zhibin, LONG Biao, LIANG Haoquan	9	[2021216](129)
A novel CWDM bearer scheme for 5G fronthaul network.....		
..... CHENG Ming, DU Zhe, ZHANG Dezhi	9	[2021206](139)
SPN planning and networking architecture in townships for 5G services.....		
..... DENG Xu, CHEN Cheng	9	[2021210](147)
Performance of logistics intelligent storage scene in 5G private network		
..... DONG Shilei, ZHAO Jingbo, HUANG Peng	9	[2021151](153)
Research on 5G base station radiation safety and corresponding network planning.....		
..... XU Hao, CAO Hongyi	9	[2021196](159)
4G/5G low-cost wireless coverage scheme based on tapping the potential of existing networks.....		
..... YANG Dan, ZHANG Jing, LV Peijin, LU Yun, YANG Zhanchun	9	[2021211](168)
Applications and challenges of silicon-based optoelectronics in communication		
..... LI Dezhao, XU Pengfei, ZHU Kejian, ZHOU Zhiping	10	[2021247](1)
Network intelligence standards, open source and industry research.....		
..... DENG Lingli, GU Ninglun, YUAN Xiangyang, YU Li, FENG Junlan, DENG Chao,		
..... YANG Zhiqiang, ZHANG Tongxu, WU Rongyu, ZHANG Xinpeng	10	[2021217](14)
Internet design concepts and network 5.0 technologies.....		
..... JIANG Lintao, NIE Xiuying, ZHANG Jie	10	[2021232](24)
Full-dimensional definable network capabilities		
..... FAN Congshan, ZHOU Xu, QIN Yifang, LI Taixin	10	[2021235](31)
Future IP network architecture evolution for service and network collaboration		
..... HUANG Bing, TAN Bin, LUO Jian, GUO Yong	10	[2021234](39)
Ubiquitous IP protocol system.....		
..... ZHOU Xu, JIANG Sheng, ZHANG Jie, LEI Bo, ZHENG Xiuli, LI Taixin	10	[2021237](47)
Global cyclic queuing and forwarding mechanism for large-scale deterministic networks.....		
..... MO Yijun, YANG Zihan, LIU Huiyu, HE Tianliu	10	[2021240](55)
Klonet: a network emulation platform for the technology innovation.....		
..... XIE Jingzhao, SHAN Wei, XIAO Chang, MA Tie, CHEN Li, YU Hongfang, SUN Gang	10	[2021241](66)
Computing force network technologies for computing and network integration evolution.....		
..... DUAN Xiaodong, YAO Huijuan, FU Yuxia, LU Lu, SUN Tao	10	[2021248](76)

A solution of computing power network based on domain name resolution		
..... ZHAO Qianying, XING Wenjuan, LEI Bo, Jiang Lintao	10	[2021233](86)
Some key technical issues in the evolution from cloud network to computing network		
..... CAO Chang, ZHANG Shuai, LIU Ying, TANG Xiongyan	10	[2021231](93)
5G urban rail traffic scenario classification and channel modeling		
..... HE Ruisi, AI Bo, ZHONG Zhangdui, YANG Mi, HUANG Chen, MA Zhangfeng, Sun Guiqi, MI Hang,		
..... ZHOU Chengyi, CHEN Ruifeng	10	[2021243](102)
Application of blockchain in urban rail traffic edge computing network		
..... XIE Gaochang, LU Hua, TANG Qinqin, ZHU Han, LIANG Chenghao, WEN Wen, XIE Renchao	10	[2021238](117)
Parameter estimation of frequency hopping signal based on time-frequency matrix LCM		
..... LIU Jiamin, ZHAO Zhijin, SHANG Junna, YE Xueyi	10	[2021239](126)
Application of improved self-training model in the identification of users with poor service quality		
..... YU Li, LI Zhe, GAO Fei, YUAN Xiangyang, YNAG Yong	10	[2021191](136)
Networking technology and implementation method based on 5G slice private line		
..... ZHANG Yan	10	[2021230](143)
Orchestration system architecture design and implementation of smart line service		
..... CHEN Huiguang, LI Huan	10	[2021209](152)
Privatize modification of broadband dual IP stack on cloud platform		
..... ZHANG Chengli, HE Xiaorong, SONG Weifang	10	[2021115](162)
Research on the development and business trend of holographic technology under 6G network		
..... HOU Wenjun, BAI Bing, YANG Benzhi	11	[2021254](1)
On-demand intelligent routing technology for deterministic network		
..... WU Zhongli, CAO Yuanyuan, HUANG Wenrui, DAI Bin, MO Yijun	11	[2021245](11)
Construction of DDoS attacks malicious behavior knowledge base		
..... LIU Feiyang, LI Kun, SONG Fei, ZHOU Huachun	11	[2021257](17)
A lightweight and trusted communication protocol for IoT		
..... MA Junfeng, LIU Zhiruo, LI Guanwen, YANG Fei, DANG Juanna	11	[2021229](33)
Research on resource allocation algorithm of centralized and distributed Q-learning in machine communication		
..... YU Yunhe, SUN Jun	11	[2021244](41)
Fault diagnosis and auto dispatchin of power communication network based on unsupervised clustering and frequent subgraph mining		
..... WU Jihua, ZHU Pengyu, WU Zichen, GU Bin, HONG Tao, GUO Bo, WANG Jing, WANG Jingyu	11	[2021253](51)
A robust audio steganography algorithm based on differential evolution		
..... SU Zhaopin, SHEN Chaoyong, ZHANG Guofu, YUE Feng, HU Donghui	11	[2021246](64)
SDN security prediction method based on bayesian attack graph		
..... YIN Yanshang, SUO Tongpeng, DONG Ligang, JIANG Xian	11	[2021212](75)
Research and implementation of text classification method for customer service orders based on multi-model fusion		
..... ZHANG Liang, DAI Xiaojun, ZHENG Rong	11	[2021236](86)
Research on 5G private networking schemes for industry		
..... DONG Shilei, ZHAO Jingbo	11	[2021250](97)
Remote surgery based on 5G medical customized network practice and thoughts		
..... LI Yingzhong	11	[2021251](104)
Research on the design and policy of national number portability service plan		
..... DAI Wei	11	[2021258](115)



Research and practice of telecom integrated grid management based on digital transformation		
..... ZHU Mingying, HUA Zhuxuan, SHI Meng	11	[2021252](128)
Identification technology for city freeway users based on XDR big data analysis		
..... WANG Baoyou, YAO Saibin, HUANG Jiucheng, PAN Hui	11	[2021214](135)
Research on business oriented 5G base station energy saving system based on AI deep learning		
..... XU Mengqiang	11	[2021249](143)
Study on interference problems between 5G base stations and adjacent frequency systems		
..... YAO Jianming	11	[2021242](152)
Research on beam management of non-coaxial OAM communication system		
..... ZHENG Feng, DUAN Gaoming, CHI Liangang	12	[2021272](1)
A dual speech encryption algorithm based on improved Henon mapping and hyperchaotic		
..... ZHANG Qiuyu, SONG Yujie	12	[2021271](11)
MBER power allocation for joint precoding and space-time coding GFDM		
..... CAI Jianhui, LI Guangqiu, DUAN Yanxu	12	[2021261](25)
Research of secret key generation based on wireless channel characteristics in body area network		
..... HUANG Jingjing	12	[2021260](32)
Optimal velocity estimation model based on non-differential Doppler observations from BDS-3 satellites		
..... WANG Zejie, WANG Qianxin, SHANG Tianwen	12	[2021267](42)
Research of 5G upstream bandwidth detection technology and application		
..... XU Guobin, FU Zhewei, LIU Ming, DENG Zhiji, WANG Cungang, ZHONG Guanghai, LI Hui, MENG Wei, WU Yunjie	12	[2021262](51)
Research and practice of software-defined security technology architecture in the 5G+ era		
..... QUAN Shuo, WANG Xuliang, ZHU Zeya	12	[2021277](60)
KubeTelecom: a multi-cloud multi-container cluster management and operation engine for 5G network slicing		
..... WU Yuting, WANG Xuliang, QUAN Shuo	12	[2021276](72)
Research on architecture of novel programmable networks for 6G		
..... WANG Xuliang, QUAN Shuo, LIU Zengyi, ZHANG Jun	12	[2021266](84)
Application and research of SDN-based management and control technology for optical transport grey-box devices		
..... HU Qian, ZHAO Guoyong, HUO Xiaoli, LI Junjie, JING Ruiquan, YAN Fei, WU Xiaofeng	12	[2021273](93)
Research and implementation of intelligent endogenous technology for SDN cooperative controller		
..... ZHANG Le, WU Yanqin, ZHANG Ke, MAO Dongfeng, JIANG Song, HU Huawei	12	[2021275](101)
Architecture and practice of BGP internet routing visibility and security detection		
..... YE Chaoyang, SHEN Chen, HUANG Mingqing, ZHANG Shicong, LIU Yisha	12	[2021263](110)
Optimization of power optical transmission network based on photo-electronic hybrid cross-connection technology		
..... ZHAO Yang, SONG Wei, DUAN Chengyu, SHEN Fang, ZHANG Xiaohong, ZHAO Jihua	12	[2021264](121)
Precise deployment scheme of 10G PON based on different scenarios		
..... LIN Yin, QIN Xiaoxia, WANG Guodong, WEI Shutian	12	[2021259](133)
Technological innovation drives the high-quality development of the power industry		
..... ZHANG Suxiang, LIU Wenjing, ZHAO Ziyang, CAO Jinping, ZHANG Na, TENG Wei, WU Xiangyu	12	[2021274](144)

收录声明

本刊已被中国核心期刊遴选数据库(万方)、中国学术期刊数据库(知网)全文收录,被本刊录用的文稿,将一律由编辑部统一纳入中国核心期刊遴选数据库(万方)、中国学术期刊数据库(知网)。若作者不同意被收录,将在来稿时向本刊说明,本刊将做适当处理。若无特别声明,视同将录用文稿的电子网络版、汇编或合订本的使用权授予本期刊社,本刊支付的稿费中已包含上述费用。

The articles of *Telecommunications Science* have been embodied by WANFANG DATA and CNKI. The accepted articles will be unified into WANFANG DATA and CNKI. If the author does not agree to his or her article to be included, the author must illustrate when the article is submitted. The editorial department will properly handle. If the authors do not give a special announcement, the editorial department believes that the authors have granted the right of their articles to *Telecommunications Science*. The expenses have been included in the fee paid by editorial department.

道德声明

本刊发表的文稿是作者独立取得的原创性研究成果,无一稿多投;文稿内容不涉及国家机密;未曾以任何形式用任何文种在国内外公开发表过;文稿内容不侵犯他人著作权和其他权利。若发生一稿多投、侵权、泄密等问题,文稿作者将承担全部责任。

The authors of *Telecommunications Science* guarantee that their submitted articles are original and contain nothing confidential. The said article is only submitted to *Telecommunications Science*. The said article has not been published before and has not been submitted elsewhere for print or electronic publication consideration. The said article is in no way whatever a violation or an infringement of any existing copyright or license from the third party. Otherwise, the authors of the said article shall take the blame for the violation or infringement of the related copyright and the leakage of secrets.

电信科学

Telecommunications Science



邮发代号: 2-397 国外代号: M841 定价: 68.00元

ISSN 1000-0801

