

· 联合资助方经验交流 ·

## 智能电网联合基金执行情况分析与展望

吕运强<sup>1†</sup> 徐 翀<sup>2†</sup> 周 翔<sup>1</sup> 魏冠元<sup>2\*</sup> 王冠群<sup>2</sup>

1. 国家电网有限公司 科技部, 北京 100031

2. 国网能源研究院有限公司 国网科技项目咨询中心, 北京 102209

**[摘要]** 2017年, 国家自然科学基金委员会与国家电网有限公司签署成立“国家自然科学基金委员会—国家电网公司智能电网联合基金”。本文从联合基金资助与管理的角度, 站在企业立场, 探讨了联合基金5年(2017—2021年)资助管理工作的亮点, 系统梳理了联合基金资助5年来取得的成效, 对未来联合基金重点关注方向进行了展望, 并从企业参与联合基金的角度提出了意见与建议。

**[关键词]** 智能电网联合基金; 能源电力; 资助管理; 执行情况; 展望

为贯彻落实“国家创新驱动发展战略”, 进一步加强面向国家能源战略需求的前沿技术研究, 强化支持基础研究<sup>[1]</sup>, 2017年3月, 国家自然科学基金委员会(以下简称“自然科学基金委”)与国家电网有限公司(以下简称“公司”)签署成立智能电网联合基金的协议, 该联合基金命名为“国家自然科学基金委员会—国家电网公司智能电网联合基金”(以下简称“联合基金”)。

近年来, 联合基金在智能电网、特高压、新能源、电工新材料、储能等领域资助开展了基础性、前瞻性和创新性研究, 为推进我国能源电力领域发展发挥了积极作用。本文从联合基金资助与管理的角度, 站在企业立场, 探索了联合基金5年(2017—2021年)资助管理工作的亮点, 对未来联合基金重点关注方向进行了展望, 并从企业参与联合基金的角度提出了意见与建议。

### 1 联合基金执行情况及成效

#### 1.1 联合基金概况

2017—2021年, 联合基金共发布5批指南, 24所高校以及中国科学院、中国电科院、国网电科院等3家科研单位共获批73个资助项目, 其中清华大学(11个)、中国电科院(9个)和西安交通大学(9个)



吕运强 博士, 国家电网有限公司科技部主任, 教授级高级工程师, 中国电机工程学会常务理事。长期从事电网调度、国际化发展、科技战略规划、科技创新管理等工作。主持制定了国家电网有限公司“十四五”科技发展规划、国家电网能源互联网技术研究框架等多项能源战略重大课题和科技创新战略研究工作。先后获得国家级创新成果一等奖1项, 省部级一等奖3项。



徐翀 博士, 国网能源研究院有限公司国网科技项目咨询中心常务副主任, 高级工程师。长期从事科技项目管理、能源电力统计、电力情报、企业战略研究等工作。牵头完成了国家电网科技项目立项组织模式优化、科学管理工具与方法等研究。先后获得省部级二等奖2项。



魏冠元 硕士, 国网能源研究院有限公司国网科技项目咨询中心研究员, 工程师。主要从事科技项目管理支撑服务工作、科技创新政策研究等。

获批项目数量最多, 获批资助的依托单位及项目数量如图1所示。国内高校、科研机构参与联合基金项目的积极性十分高涨, 包括中国电科院、国网电科院在内的公司系统内科研单位获批项目10个, 占总

收稿日期: 2021-06-21; 修回日期: 2021-08-12

\* 通信作者, Email: 781407553@qq.com

† 共同第一作者

获批项目的 13.7%；高校等公司系统外单位获批项目 63 个，占项目总数的 86.3%。在教育部第四轮学科评估中，电气工程学科排名 B 及以上的 25 所高校中，15 所高校牵头承担了 52 个联合基金项目，占全部获批项目的 71.2%，充分体现了电气学科优势高校参与智能电网联合基金的积极性，也反映出联合基金在能源电力科学领域的广泛影响力。

联合基金的资助类型包括集成项目和重点支持项目两类。截至 2021 年，联合基金已资助集成项目 7 项，投入直接费用 8 854 万元，平均资助强度 1 264.9 万元/项；资助重点支持项目 66 项，投入直接费用 18 026 万元，平均资助强度 273.1 万元/

项。从技术领域分布情况看，联合基金资助项目数量最多的技术领域是大电网控制与保护(12 个)，其次是输变电及高压(10 个)和综合能源与用户互动(8 个)，各技术领域及其获资助项目数量如表 1 所示。针对电力系统高比例可再生能源和高比例电力电子装备的“双高”发展趋势，联合基金资助了高比例可再生能源电力系统供需平衡理论及方法、电力电子化电力系统多尺度非线性耦合振荡基础理论研究等一系列具有重大现实意义和科学研究价值的项目，布局了一批亟待攻坚的“卡脖子”关键核心技术，为大电网安全稳定运行提供了有力支撑。

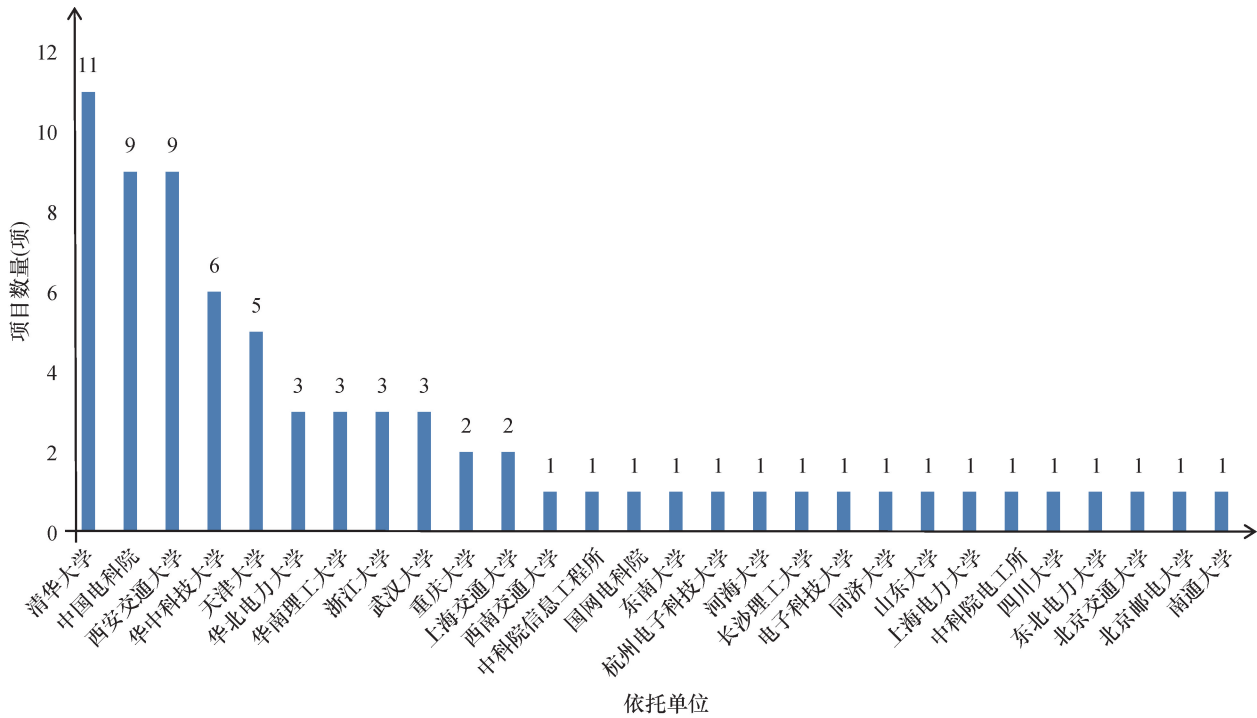


图 1 获批资助的依托单位及项目数量

表 1 技术领域及其获资助项目数量

技术方向	所获资助项目数量
大电网控制与保护	16
综合能源与用户互动	13
输变电及高压	11
基础材料及器件	8
智能传感	7
信息与网络安全	7
配电网	5
大容量储能	3
新能源运行控制	3
总计	73

## 1.2 联合基金资助执行情况

考虑到联合基金集成项目和重点支持项目均为 4 年执行期，暂无结题验收项目，且 2020 年获批的 19 个项目还处于研究启动阶段，本文仅针对 2017—2019 年度获批的 54 个在研项目进行分析。根据调研收资反馈，54 个在研项目均按照计划任务书要求顺利实施，并取得了阶段性成果，部分成果已在生产运行中得到初步应用，推动了学科建设、行业技术进步。

### 1.2.1 资助成果情况

新能源运行控制方面，制定了规模化风电接入场景下电网一次调频主动支撑控制解决方案，提出

了分布式新能源发电阻抗自适应双模式切换控制策略,构建了北极放大效应和局地边界层效应相结合的气候影响风资源理论机制。

大电网控制与保护方面,构建了交直流混联电力系统灵活运行理论,形成了大电网仿真人工智能分析方法体系,研发了电力系统全电磁暂态仿真、源网荷一体化电力电量平衡规划等平台,支撑了公司“十四五”电网规划等工作。

综合能源与用户互动方面,提出高比例清洁能源接入下区域综合能源系统能源网络随机规划方法,建立了多能互补系统运行优化体系并研发了多能源系统仿真平台,提出了基于多市场均衡的综合能源市场机制理论,在天津、南京等地综合能源系统中得到初步应用。

输变电及高压方面,突破了压接型 IGBT 器件内部多芯片电流及温度分布测量理论难题,研制了 4.5 kV/3 000 A 硅基 IGBT 器件并应用于柔直换流阀样机,电场自适应的非线性复合材料性能调控理论应用于 $\pm 1100$  kV 直流套管样机研制,高压直流电流转移与开断机理在苏州直流配网工程中实现应用。

信息与网络安全方面,实现了电网及调度信息网融合建模仿真与耦合风险分析,提出了局部调度数据网的生长演化模型、电网信息物理系统攻击策略,研发了电力工控协议漏洞挖掘工具、电力工控设备固件深度脆弱性分析与关联平台以及电网入侵攻击检测工具,搭建了覆盖发、变、配、调度等环节的电力网络安全仿真验证环境。

另外,在配电网、大容量储能、基础材料与器件、智能传感等方面,也取得了一系列成果。

### 1.2.2 资助论文、专利及人才情况

截至 2021 年 6 月,公司系统内受联合基金资助的 10 个科研单位共发表论文 238 篇,其中 EI 检索论文 131 篇,SCI 检索论文 98 篇;项目平均发表论文 23.8 篇,平均 SCI 检索论文 9.8 篇。共申请专利 82 项,项目平均申请专利 8.2 项。产出的论文和专利情况反映了联合基金在促进学术成果形成和知识产权产出方面成效显著。

论文署名单位数超过 30 家,除国家电网有限公司外,还包括中国南方电网有限责任公司、中国长江三峡集团有限公司、清华大学、华中科技大学等国内企业和知名高校及阿卜杜勒阿齐兹国王大学等国外

高校。培养了硕士研究生 138 名、博士研究生 85 名。从国内、国际合作和人才培养等方面,充分体现了联合基金广泛的影响力与被国内、国际社会的高度认可。

2020 年 1 月 8 日至 10 日,自然科学基金委在武汉组织了 2017 年获批的 23 个联合基金资助项目中期检查,被审查项目中有 8 个项目的综合评价结果为“进度超前”,占审查项目总数的 35%。评审专家一致认为,联合基金项目研究质量较高,对推动电力学科建设和能源行业技术进步发挥着重要作用。

### 1.3 联合基金资助成效

成立 5 年来,联合基金成效斐然,在推动我国能源电力领域基础和应用研究、学科建设和高端人才培养等方面,发挥了重要作用。

(一) 将能源电力领域重大基础理论和技术需求提升到国家层面。充分利用自然科学基金的国家级品牌效应,调动国内高校、科研机构以及其他相关单位的积极性,汇聚全国范围优秀人才围绕能源电力需求,开展基础性、前瞻性和创新性研究,加快电网及其外延领域的技术瓶颈突破速度。

(二) 促进产学研用深度融合,营造协同创新的良好发展局面。通过冠名联合基金和深度参与基金项目指南策划,进一步扩大公司的社会影响力,促进学科与行业的深度融合。突出联合基金行业特点,以工程难题为攻关导向,挖掘提炼科学问题,鼓励学术界围绕行业难点、痛点、卡脖子问题等开展科研攻关。

(三) 为电力学科中远期发展提供技术和人才储备。与国内优势科研力量合作开展研究,进一步完善电力学科科研创新链条,弥补了企业在基础研究方面的短板,增强了企业核心竞争力,带动了电气学科发展,为学科和行业培养储备了高层次人才。

## 2 联合基金组织管理情况

### 2.1 组织机构和保障措施

公司高度重视联合基金各项工作,在组织架构、策划与过程实施、经费使用等方面出台相关措施,加强各环节管控,保障了联合基金高效运作。

(一) 完善联合基金组织架构。公司会同国家自然科学基金委员会组建联合基金管理委员会和管理办公室,公司分管领导、有关院士及公司科技部主要负责同志代表公司参加管理委员会,联合基金日

常业务由公司科技部负责对接,加强顶层设计,强化基金项目与公司参与的其他国家项目、公司自管科技项目的协同,确保联合基金各环节工作高效有序开展。

(二) 院士深度参与基金策划。公司分管基金项目院士对指南方向、内容严格把关,并作为行业和学术专家积极参与项目评审,为指南编制、承担单位确定等出谋划策,发挥高端人才作用。

(三) 规范经费使用管理。公司出台文件《国家自然科学基金委员会—国家电网公司智能电网联合基金项目管理费使用办法》,规范公司方涉及联合基金的相关经费支出,为会议、差旅费用等各项支出提供依据。

(四) 组建专家团队,保障项目研究深度和成果推广应用。根据项目研究方向,遴选专家,建立项目专家组。组织召开项目开题启动会,根据需要召开项目过程跟踪会议,为基金成果在公司系统推广应用提供支撑服务。

## 2.2 指南策划原则

在联合基金的指南策划工作中,公司积极探索并确立了三方面原则。

(一) 坚持把服务国家发展大局作为战略任务。紧密围绕“碳达峰、碳中和”目标,深刻把握我国能源安全新形势和战略新要求,充分发挥社会主义市场经济条件下关键核心技术攻关新型举国体制优势,支撑服务国家重大需求,聚焦重点领域、重点项目,加快基础性、前瞻性自主创新,积极融入国家创新体系。

(二) 坚持把能源技术和数字技术融合应用作为重要方向。持续巩固提升大电网、新能源、特高压等领域技术领先优势,主动顺应能源清洁化转型、能源革命和数字革命融合创新趋势,强化“大云物移智链”等先进信息通信技术在能源电力系统的广泛、深度融合,推动电网技术、功能、形态全面超越发展。

(三) 坚持把行业发展和学科进步协调统一作为重要遵循。科学布局“卡脖子”技术、基础研究、前瞻研究技术攻关方向,坚守电网安全底线,加强中长期技术储备,加快实现核心技术全面自主可控和重大装备国产替代,为能源电力领域高质量发展提供持续动能。

## 2.3 指南编制工作亮点

在联合基金指南编制工作中,公司立足行业需

求,结合能源电力科技项目管理经验,在国家自然科学基金委员会的支持下,创新工作思路,高效开展指南编制工作。

(一) 加强顶层设计,围绕公司战略目标,瞄准企业发展遇到的技术难点和痛点,梳理提炼科学问题。2022年指南策划中,结合新型电力系统构建需求,提出新能源运行控制、大容量储能、多能综合利用与终端资源互动等9个重点方向,发挥国家自然科学基金委员会国家级平台优势,引导学术界开展基础性、前瞻性攻关,突出联合基金行业特色。

(二) 坚持开放搞科研,面向电气学科优势高校和公司直属科研单位,围绕重点研发方向,征集指南需求。2022年面向清华大学、西安交通大学等15所电气学科优势高校和6家公司直属科研、产业单位,征集重大需求,各单位在广泛征集的基础上履行内部决策程序,择优推荐了一批指南需求。

(三) 充分发挥行业专家和学术界专家作用,公平、公正、公开,充分研讨,提炼整合共性需求形成指南。指南评审专家由国内知名高校电力专业院系以及公司直属科研单位负责同志或学术带头人组成。首先,将征集到的需求按技术领域进行分类,由小同行专家对需求进行遴选、整合,并提出指南推荐建议。接下来,大同行专家在各技术领域小同行专家推荐的基础上,独立、公正投票。最后,根据投票结果和指南规模,形成报送基金委的指南建议。

## 3 联合基金重点关注方向

2021年3月15日,习近平总书记对碳达峰、碳中和作出了进一步部署,强调要构建以新能源为主体的新型电力系统<sup>[2]</sup>。构建以新能源为主体的新型电力系统是一场战略性、革命性、全局性的变革,是一个逐步演进的过程。在演进过程中,需要重构系统的认知、控制和风险防御体系,促进新能源大规模高效利用,推动传统电力系统转变为深度低碳、甚至零碳、负碳的新型电力系统,有力支撑我国碳达峰、碳中和目标实现。

电力系统形态特征的调整,对基础研究提出了新要求。需要统筹考虑2030年前碳达峰与2060年前碳中和目标,结合电力系统形态演变趋势,统筹近期、中远期研发需求,围绕源、网、荷多环节,选择重点方向开展系统性攻关。下一步,联合基金拟在新型电力系统六个方面开展重点研究:

(一) 开展构建新型电力系统顶层设计研究, 加强源网荷储各环节协同发展。统筹考虑电网发展与安全、电力供应与清洁转型、电力资产存量与增量的关系, 研究新型电力系统实施路径, 明确源网荷储各环节演进趋势, 制定新型电力系统技术路线图, 开展源网荷储各环节的统一规划、协调开发和科学配置研究。

(二) 开展促进新能源消纳的市场机制研究, 加强绿色低碳市场体系构建。开展碳—电力市场协调发展机制、碳价与电价传导机制研究, 开展适应高比例新能源发展的交易模式研究, 开展促进灵活调节资源参与系统调节的各类辅助服务模型和关键技术研究。

(三) 开展数字化技术与能源电力技术的融合应用研究, 加强电力系统可观、可测、可控能力建设。推动智能量测、大云物移智、先进通信、数字孪生等数字化技术与能源电力技术的深度融合, 推动区块链等技术及电力交易、金融等业务的深度融合, 开展电力系统全场景安全防护体系、核心装备及数据安全技术研究。

(四) 提升新能源发电主动支撑能力, 助推新能源由辅助电源转变为主导电源。开展主动支撑型新能源发电及大规模组网运行、海量分布式电源接入配电网全景感知与主动支撑、陆上及远海大规模新能源基地直流外送等关键技术研究, 提升新能源发电主动支撑能力与运行风险感知防控水平。

(五) 提升电力系统安全稳定运行水平, 促进新能源灵活高效消纳。开展新型电力系统供需平衡理论、稳定理论和控制理论等基础理论研究, 开展不同时间尺度机电/电磁暂态建模和仿真方法、大规模全电磁暂态仿真技术、电力系统全景态势感知和安全防御韧性提升技术研究。

(六) 提升终端电气化水平和互动调节能力, 助推清洁低碳、互动高效能源消费体系构建。开展工业、交通、建筑等领域电能替代关键技术与装备研究, 开展电力与多种能源的相互转换与互补应用、需求侧灵活调节资源集群优化控制等关键技术研究。

## 4 意见与建议

(一) 搭建应用落地桥梁, 建立成果转化纽带。联合基金重点关注基础性、前瞻性研究<sup>[3]</sup>, 资助方与

项目承担方就成果进一步深化研究与应用转化的交流还不够顺畅。国家电网有限公司作为国家特大型能源骨干企业, 自然科学基金委作为支持我国基础研究的主渠道, 应充分发挥各自优势, 强化合作, 建立顺畅的研究方、应用方沟通机制。一是项目承担方与出资方定期召开项目协调会议, 项目承担方介绍研究成果, 出资方对研究路径与成果落地提出建议。二是项目立项与验收阶段, 增加出资方专家参与比例, 引导研究方向和成果支撑行业应用。

(二) 拓宽依托单位渠道, 支持央企科研单位承担项目。目前, 联合基金资助方所属研究单位由于科研转制等原因, 暂不具备基金依托单位资质。习近平总书记强调“要发挥企业技术创新主体作用”。央企所属科研机构具有从事基础研究的科研人员和必备的研究条件, 拥有完善的财务管理机构和制度, 具有较好的研究基础。央企所属科研单位对所处行业研究较深, 参与项目研究有利于研究成果的落地应用, 充分体现联合基金的行业特色<sup>[4]</sup>。建议调整基金依托单位注册资质要求, 支持央企所属科研单位注册成为该行业联合基金依托单位。

(三) 明确知识产权归属, 鼓励企业加大基础研究投入。现有的联合基金协议, 对基金项目产生的研究成果及其形成的知识产权归属, 未做明确约定, 存在一定的法律风险。实际执行中, 企业作为主要出资方和项目成果主要应用方, 没有得到相应的知识产权保障。知识产权归属问题, 一定程度上影响了联合资助方资助基础研究的积极性, 不利于基础研究事业的壮大发展。建议进一步明确联合基金知识产权归属, 保护出资方应有权益, 加强成果共享, 引导企业持续加大基础研究投入。

## 参 考 文 献

- [1] 李静海. 抓住机遇推进基础研究高质量发展. 中国科学院院刊, 2019, 34(5): 586—596.
- [2] 中央财经委员会. 构建以新能源为主体的新型电力系统 加快推进碳排放权交易. 中国能源报, 2021-3-16.
- [3] 李静海. 深化科学基金改革 推动基础研究高质量发展. 中国科学基金, 2020, 34(5): 5—8.
- [4] 赵敏, 吴鸣然, 王艳红. 我国研发投入、科技创新及经济效益初探——基于复合系统发展水平及协调度的研究. 中国科学基金, 2017, 31(2): 193—199.

## Analysis and Prospect of the Implementation of Joint Research Fund of Smart Grid

Lyu Yunqiang<sup>1†</sup> Xu Chong<sup>2†</sup> Zhou Xiang<sup>1</sup> Wei Guanyuan<sup>2\*</sup> Wang Guanqun<sup>2</sup>

1. *Department of Science and Technology, State Grid Corporation of China, Beijing 100031*

2. *Consulting Center of State Grid Science and Technology Projects, State Grid Energy Research Institute, Beijing 102209*

**Abstract** Joint Research Fund of Smart Grid was established by National Natrual Science Foudation of China and State Grid Co. Ltd in 2017. In fund support and management view, from the perspective of enterprises, we discuss highlights of fund work in the past five years (2017—2021), sort out the achievement supported by the Joint Research Fund, look forward the fund future key directions, and offer suggestions from the perspective of enterprises participating.

**Keywords** Joint Fund of Smart Grid; energy power; funding management; implementation; prospect

(责任编辑 姜钧译)

---

\* Corresponding Author, Email: 781407553@qq.com

† Contributed equally as co-first authors.