



内蒙古电力(集团)有限责任公司
INNER MONGOLIA POWER (GROUP) CO.,LTD

内部资料
注意保存

内蒙古电力（集团）有限责任公司 “十四五”科技发展规划

科技部
2021年10月

规划管理要求

一、“十四五”各项规划是集团公司内部重要资料，使用者需严格按照《保密管理标准》（Q/ND 21410 01-2016）相关要求 进行保管和使用。

二、“十四五”各项规划仅限使用人阅读、使用，严禁以任何形式向外泄露有关内容。

三、电子文档限集团公司内网分发，严禁使用人转发。

四、规划使用部门（单位）主要负责人对规划保管负有第一责任，需对本部门（单位）使用人进行监督管理。

五、对于违反规划管理要求的使用人，将严肃追究其相关责任。

六、本规划的使用人为：科技分管领导及相关处室。

签 发：贾振国

审 核：郝智强 闫 军

编 写：王小海 吴集光 张文战 葛利宏
苏日娜 经 权 胡宏彬 李晓鹏
高正平 杨晓辉 李 岩 孙 夏
马 迪 车传强 尹柏清 董永乐
张爱军 曹 斌 韩俊飞 贾俊青
郭红兵 高政南 王文国 苏雅亨
赵启新 高 博 范宸华 王素芬
吕 鑫 刘勇勇 郭 俊 李雨佳

目 录

1 前言.....	1
2 概述.....	3
2.1 规划背景.....	3
2.2 规划依据.....	4
2.3 规划范围.....	5
2.4 规划原则.....	5
2.4.1 立足电网安全生产，加强科技服务支撑.....	5
2.4.2 强化新技术供给，持续优化营商环境.....	6
2.4.3 发挥内蒙电网优势，构建新型电力系统.....	6
2.4.4 聚焦关键技术问题，系统开展科技创新.....	6
2.4.5 坚持全面覆盖原则，做好辅助和支撑.....	6
2.5 规划目的.....	6
3 “十三五”回顾.....	7
3.1 发展现状.....	8
3.1.1 电网安全与控制技术.....	8
3.1.2 输变电技术.....	10
3.1.3 配用电技术.....	12
3.1.4 新能源并网及综合利用技术.....	14
3.1.5 信息与通信技术.....	18
3.1.6 电力市场技术.....	20

3.2 “十三五”规划完成情况.....	22
3.2.1 科技获奖方面.....	23
3.2.2 技术标准制定方面.....	23
3.2.3 实验室建设方面.....	24
3.2.4 人才团队建设方面.....	24
3.2.5 对外合作方面.....	24
3.2.6 科技成果转化应用推广方面.....	25
3.2.7 知识产权方面.....	26
3.2.8 科技创新制度建设方面.....	26
3.3 存在的困难和问题.....	27
4 当前环境分析.....	27
4.1 外部环境分析.....	28
4.1.1 大力推动成果转化，落实创新驱动发展战略.....	28
4.1.2 电力体制改革深入推进，电力行业转型升级提速.....	29
4.1.3 能源生产和消费绿色升级，现代能源经济高速发展....	30
4.2 内部环境分析.....	30
4.2.1 电网安全运行水平和营商环境亟待进一步提升优化....	30
4.2.2 创新开展智能电网建设，加快电网数字化转型.....	32
4.2.3 发挥蒙电资源禀赋，构建以新能源为主体的新型电力 系统.....	33
4.3 对标分析.....	34
5 指导思想和总体目标.....	34
5.1 指导思想.....	34
5.2 总体目标.....	35

6 重点工作	36
6.1 以新能源为主体的新型电力系统技术.....	37
6.1.1 新能源并网与消纳技术.....	37
6.1.2 源网荷储协调控制技术.....	38
6.1.3 综合能源灵活接入配电网技术.....	38
6.2 智能电网技术（电网数字化转型）.....	38
6.2.1 协调智能的调度控制体系.....	38
6.2.2 安全坚强的输变电技术.....	39
6.2.3 灵活可靠的配电技术.....	40
6.2.4 支撑提高营商环境的先进技术.....	40
6.2.5 信息通信技术.....	41
6.2.6 开放共享的智能电力市场技术.....	41
6.3 能源互联网技术.....	41
6.3.1 人工智能技术.....	41
6.3.2 区块链技术.....	42
6.3.3 电力物联网技术.....	42
6.3.4 大数据应用技术.....	42
6.4 辅助决策与支撑技术.....	42
6.5 深化科技基础能力及实验平台建设.....	42
6.5.1 新能源电力系统仿真中心.....	43
6.5.2 关键电力电子装备实验室.....	43
6.5.3 智能运检管控中心.....	43
6.5.4 新能源电力系统大数据中心.....	44
7 投资效益分析	44

7.1 指标性效益.....	44
7.2 管理性效益.....	44
8 保障措施.....	47
8.1 以大科技理念引领科技创新，推动各部门、单位创新融合， 形成创新合力.....	48
8.2 强化高效的科技创新体系建设.....	49
8.3 探索科技投资效益指标体系建设.....	49
8.4 加强科技项目组织策划和全过程闭环管理.....	50
8.5 加强高水平科技平台与人才团队管理.....	50
8.6 培育高层次科技成果并加强推广应用.....	50
8.7 加强知识产权管理.....	51
8.8 进一步完善科技评价和奖励体系，激励员工创新热情.....	51
8.9 加强合作与交流，推动集团公司创新提升新高度.....	52
附录 1：参考项目.....	53
附录 2：参考项目列表.....	120

1 前言

“十四五”时期是我国全面建成小康社会后，开启全面建设社会主义现代化强国“两个十五年”新征程的第一个五年规划期，是全面落实高质量发展要求，深入推进能源生产和消费革命的关键时期；也是实现“碳达峰、碳中和”目标，严格落实能耗“双控”要求，实现2030年“碳达峰”开篇布局的关键时期。要充分发挥科技的支撑作用，顺应第四次工业革命发展趋势，把握数字化、网络化、智能化发展机遇，大力推动科技创新，推动能源产业低碳升级，形成绿色发展新动能。

未来五年，电力体制改革势必深入推进，电力行业转型发展将步入快车道，也是内蒙古自治区以“生态优先、绿色发展”为导向，落实“科技兴蒙”战略行动，推动能源高质量发展，加快建设现代能源经济的关键时期。内蒙古电力（集团）有限责任公司（以下简称：集团公司）是自治区直属的国有特大型企业，肩负着助力现代能源经济发展，推进供给侧结构性改革，推动产业结构优化调整，引领能源消费绿色升级的重要责任。未来三到五年，是集团公司贯彻新发展理念、推动高质量发展的转型期和关键期。集团公司将坚定不移贯彻创新、协调、绿色、开放、共享的新发展理念，全面构建绿色智慧高效共享开放的内蒙古电网，全力建设治理科学绩效优良的现代化企业，将努力推动与华北主网互联工程，提高电网柔性灵活输送能力，输送更多绿色能源，全面建成“四横五纵”500kV主干网，新能源消纳水平进一步提升。

当前，全区上下正在认真学习贯彻习近平总书记对内蒙古重要讲话重要指示批示精神，全力创建国家现代能源经济示范区。自治区党委十届十一次全会暨全区经济工作会议，动员全区上下要坚定不移贯彻新发展理念，坚决把以生态优先、绿色发展为导向的高质量发展作为全局性、方向性、战略性要求，下决心把结构调过来、动能转过来、质量提上来。集团公司要主动适应新形势新要求，主动适应电网数字化转型、能源互联网发展要求，在转型升级中实现高质量发展新跨越。这就要充分发挥科技的力量，用创新推动发展，集团公司要以国家、自治区科技创新规划纲要为指引，以保障和促进内蒙古电网安全稳定运行和电力营商环境优化为基础，进一步健全创新体系，优化管理模式，加强成果转化，加大创新激励力度，在以新能源为主体的新型电力系统、智能电网、能源互联网等领域全方位加强创新合作，努力实现具有内蒙古电网特色的技术创新和应用突破，用高水平创新成果促进集团公司高质量发展。

本规划是在全面总结“十三五”科技工作的基础上，按照国家、自治区的战略部署，结合自身实际，紧跟先进企业步伐，深入分析企业改革发展面临的形势，提出具有前瞻性的战略目标、发展方向和整体路径，为企业转型升级、持续发展明确目标方向。本规划第二章节是对“十三五”科技工作的全面总结，第三、四章节提出了下一步科研创新工作的新形势和新任务，以及“十四五”科技发展思路和目标。第五章节为规划的核心内容，本部分以适应电力体制改革新形势、把握电力科技创新

最新动态和发展趋势、解决电网现有的实际问题为导向，紧跟“云大物移智链”等新技术应用，力求创新与实际相结合，研究开发和推广应用相结合，围绕构建以新能源为主体的新型电力系统技术、智能电网技术（电网数字化转型）、能源互联网技术、辅助决策与支撑技术等重点方向，提出了集团公司“十四五”期间科技支撑技术及重点攻关方向。第六章节结合集团公司实际需求，规划了科技基础能力及实验平台建设内容，第七、八章节结合集团公司人力、财力和物力实际情况，编制了集团公司“十四五”科技研发投入计划，并提出了保障集团公司科技发展的相关措施。附录部分结合集团公司“十四五”科技支撑技术提出 101 个参考项目，随着现有技术的发展和成熟，以及新技术的革新，参考项目的适用性和先进性会发生变化，参考项目的内容和题目需相应改变。参考项目仅作为选题的参考，不能作为立项的依据。

2 概述

2.1 规划背景

“十三五”是世界科技迅猛进步的五年，是生产、消费、技术与体制四个层面的“能源革命”驱动能源行业重大变革的五年，是科技创新驱动发展战略深化实施的五年，也是内蒙古集团公司持续推动转型升级，以技术进步支撑集团公司高质量发展的五年。

集团公司在“十三五”期间积极开展能源替代和节能服务，全力支持建设清洁低碳、安全高效的现代能源体系建设，主动

参与电动汽车、清洁能源供热、智能小区、储能技术应用等新兴产业发展。不断优化电网运行方式，全力保障风电、光伏等可再生能源上网消纳。同时，有效提升人工智能与电网应用技术的融合，增强驾驭复杂电网的能力。加快建成基于互联网、大数据发展的智能电网，加快建设满足新能源消纳输出的绿色电网，努力建设各类市场主体公平共享、互利共赢的开放电网。在电网安全与控制、新能源并网、输变电、配用电以及信息与通信技术等领域开展了系列研究和技术应用，电网科技含量和运行水平明显提高；同时公司加大科技经费投入和科研立项力度，建立健全科技项目、科技经费、新技术推广应用、实验室、专利、科技奖励等机制和制度建设，科技管理水平有了大幅提高。

未来五年，是集团公司践行“生态优先、绿色发展”高质量发展道路的关键时期。集团公司将全力发挥科技的支撑作用，大力推动新方法、新工艺、新技术、新装置在电网的应用，系统开展关键技术领域的科技攻关与创新工作，支撑电网安全、坚强、灵活运行，推进大规模新能源接入、电网智能互联，推动电网数字化转型，努力建设新一代高比例新能源电力系统。通过科技创新积极落实“科技兴蒙”行动，支撑自治区现代能源经济发展，推动“碳达峰”、“碳中和”目标实现。

2.2 规划依据

《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》

《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》

《内蒙古自治区党委关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》

《内蒙古自治区国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》

《建设现代能源经济推动能源高质量发展实施方案》

《关于确保完成“十四五”能耗双控目标任务若干保障措施》的通知（内发改环资字〔2021〕209号）

《关于加快推进“科技兴蒙”行动支持科技创新若干政策措施》

《内蒙古电网“十四五”发展规划》

《内蒙古电力公司智能电网发展规划》

2.3 规划范围

按照“大科技”理念，本规划以科技项目为重点，覆集团公司建设工程、配网工程、生产技改工程、营销技改工程、信息化工程中的新技术、新产品应用，以及科研人员薪酬等方面，为集团公司“十四五”期间科技发展提供顶层设计。

2.4 规划原则

2.4.1 立足电网安全生产，加强科技服务支撑

坚持科技创新来源于生产、服务于生产的原则，用科技的力量解决生产实际问题，提升电网安全稳定运行水平，把科技打造为服务支撑电网安全生产的“生力军”。

2.4.2 强化新技术供给，持续优化营商环境

引进数字技术、人工智能先进技术和成果，在与用户体验相关的关键业务环节持续加强科技供给，为用户提供更优质的服务，持续优化营商环境。

2.4.3 发挥内蒙电网优势，构建新型电力系统

充分发挥内蒙古电网区域新能源禀赋，继续发挥集团公司在新能源消纳方面的特色和优势，围绕构建以新能源为主体的新型电力系统开展科技创新工作。

2.4.4 聚焦关键技术问题，系统开展科技创新

重点聚焦以新能源为主体的新型电力系统技术、智能电网技术（电网数字化转型）、能源互联网技术三个方面开展新技术研发和应用，持续加大科技供给水平。

2.4.5 坚持全面覆盖原则，做好辅助和支撑

坚持科技全面覆盖，在电网辅助决策、科技基础能力及实验平台建设方面进行规划，为集团公司高质量发展做好辅助和支撑。

2.5 规划目的

通过实施本规划，力争通过五年时间的建设，使得拥有自主知识产权的科技成果显著增加，成果转化力度大幅提高，电网技术水平显著提升，以解决集团公司生产和经营中的实际需求为目标，形成具有内蒙古电网特色的先进技术；力争多获得国家、省部级科技奖励。在科技创新体系建设、科研平台建设、创新团队和人才培养等方面取得突破。建成布局合理、结

构优化、特色鲜明、具有较强创新能力的科技创新体系。充分利用现有的国家级企业技术中心、博士后工作站及自治区重点实验室，在新能源消纳、电力市场现货交易等重点领域开展持续性研究，支撑内蒙古电网安全生产和科技创新发展需要，形成具有内蒙古电网特色的技术创新平台，进一步提升科技开发与实验能力；培养适应内蒙古电网发展需要的科技创新人才和团队，依托“草原英才”、“蒙电英才”等创新团队建设，形成以高科技人才为核心、具有较强原始创新能力的科技攻关人才梯队，为建设“责任蒙电、绿色蒙电、数字蒙电”提供有力的技术支撑。

3 “十三五” 回顾

“十三五”期间，集团在电网安全与控制、新能源并网、输变电、配用电以及信息与通信技术等领域开展了系列研究和技术应用，电网科技含量和运行水平明显提高，为保障安全生产、优化营商环境做出应有的贡献。

“十三五”期间，集团公司科技工作投资力度显著加大，与之对应，科技成果数量、特别是拥有自主知识产权专利数量也急剧增加，投资成效显著。由调控中心和清华大学等单位共同参与完成的“复杂电网自律-协同自动电压控制关键技术、系统研制与工程应用”项目，荣获国家科学技术进步一等奖。加强与国内知名高校的合作，与华北电力大学、浙江大学分别联合建设新能源电力系统国家重点实验室内蒙古实验研究基地和电力电子应用技术国家工程研究中心内蒙古试验研究基

地，在合作中培育创新团队和个人。通过科技工作的深入开展，为企业培养了大量科技人才，以人才驱动科技创新，促进集团公司科技进步发展，形成良性循环。

3.1 发展现状

3.1.1 电网安全与控制技术

① 行业研究现状

我国在大规模交直流混联电网安全分析、工程建设和运行保障技术方面达到了国际领先水平，并行计算和 CPU 多核的大电网电磁暂态仿真技术取得了突破，含大量电力电子装置的精细化建模和机电-电磁、全电磁暂态仿真技术取得了实用化应用，大电网安全稳定特征量的认识和识别方法有了新认识，电网安全控制保护设备及运维的数字化、标准化、自动化水平得到了提升，广域继电保护、新型安控技术、广域监测系统的在线分析和预警技术实现了示范性应用，电网自动控制和智能调度水平进一步提高。此外，次/超同步振荡监测、保护与抑制技术进一步推广，电网调度自动控制、辅助决策支持技术、智能调度技术水平持续提升，新一代电力系统自动化技术的应用为“网、源、荷”互动、协调运行提供了新的方法，配电自动化和有源配电网的调度、运行控制技术在区域电网得到了应用。

② 集团公司研究现状

电网安全分析方面，开发了适用于大规模新能源并网技术研究的电磁暂态仿真平台，建成了内蒙古电网全过程动态仿真

平台，开发了基于电网运行数据的离线仿真系统，研究了大规模可再生能源的电网转动惯量分析、宽频振荡分析方法，研究了电力电子设备交互影响及实证技术，研究了蒙西地区与华北特高压交流网互联对内蒙古电网的影响，提出了内蒙古电网黑启动方案，提出了地区电网过电压和短路电流超标问题的解决方案，提出了采用 STATCOM、同步调相机、可控高抗等新技术解决地区新能源送出受限问题的方案。

电网安全运行与控制方面，开展了源网综合协调控制及火电机组深度调峰技术研究及应用；开展了电网运行监控系统报文规范化和优化试点应用，开发了电网动态负荷增容系统调度监控平台；开展了就地化继电保护挂网试点研究，建成了内蒙古电网继电保护定值智能辅助审核系统；开展了调度自动化系统应急运维技术和调度智能语音识别技术的研究与应用；开展了新能源场群安稳策略、光伏发电的快速调频和“以调代切”试点的研究与应用；开展了新能源电力系统运行模式和运行技术研究；开展了安控装置数字-物理混合仿真研究和应用；开发了变电站继电保护现场集成测试技术和试点应用；开展了基于移动智能终端的继电保护运维试点应用。

电网调度运行方面，提出了适用于新能源消纳的网源荷调度控制方法，建成了新一代电网调控系统平台，在国内率先开发和应用了基于功率预测的电网调度辅助支持平台，采用了世界领先的集合预报，新能源消纳比例处于国内领先水平，开发了基于需求侧响应的主动配电网的优化调度仿真平台。

但是，内蒙古电网通过长链式 500kV 线路与华北电网弱联系，受动态稳定因素制约，外送华北及内部“西电东送”断面输电能力不足，关键断面长期压极限运行，西部“窝电”与东部供电紧张局面并存，电源结构与分布不合理，部分负荷发展较快地区 500kV 供电能力不足；受网架限制，部分地区新能源送出受限，边远地区供电可靠性、电能质量较差。

电网运行结构日益复杂导致安全控制难度增加，发电机组和新能源涉网性能不足对网源协调运行也提出了更高要求。国家对采用新能源详细模型和以新能源为主体的交、直流电网的计算分析提出了新的要求，使得目前计算分析能力、调度运行控制水平及支撑能力不能满足需求。新能源场站、机组与电网的协调控制能力不够，输配电网可观测性和可控性程度较低，负荷的可控性和灵活性需要进一步研究。电网安全稳定控制防线的智能决策、远方操作和智能运维等支撑性不足，需要打破各业务信息数据壁垒。配电自动化建设滞后、实用化水平低，需要进一步开发高级应用功能，有源配电网“源、网、荷”协同能力较弱，需要进一步提升电网调度、管理自动化水平、智能化水平。

3.1.2 输变电技术

①行业研究现状

为全力打造“智能、高效、可靠、绿色”的新型现代电网，国家电网公司将坚强智能电网作为推动绿色发展转型的战略支点。“十三五”期间，已初步突破了 1000kV 交流及 $\pm 1100\text{kV}$

直流特高压输变电的规划、设计、施工、运行和设备制造的关键技术难题，一次设备实现了智能化体系框架规划设计，变压器、开关等关键主设备研制技术总体达到国际先进水平。设备运维管理方面，基本掌握了直升机巡检、全球定位系统（GPS）线路巡检、输电线路覆冰在线监测等前沿技术。输变电设备检测和状态监测研究方面突破了多项关键技术，制定了系列化设备状态评价导则、状态检修导则，在输变电设备状态检修领域取得了阶段性创新成果。

南方电网公司建成了目前世界上规模最大、结构最复杂的交直流混合电网，率先探索了直流输电设备运维技术，逐步建立了高压直流设备运行与检修技术规范和管理规范。试点开展了带电测试、在线监测、带电作业、防雷防风防冰等关键技术的示范应用；积极推广检修规范化工作，初步制定了基于设备风险与健康状况差异化的运维策略指导原则。运用先进的信息、通信、设备控制技术，完成了110kV及以上变电站综合自动化建设，基本实现了变电站无人值守。

②集团公司研究现状

“十三五”期间，输变电领域基本解决了大型变压器状态精确评价及其检修决策方案、干式空心电抗器匝间绝缘诊断、SF₆断路器爆炸原因分析及其防范措施研究等技术难题；构建了新一代雷电监测系统、研发了内蒙古电网气象预警服务平台，建立了基于故障风险的SF₆断路器高级评价系统；实现了GIS带电多维多频带检测、复合绝缘子老化特性评估、电缆隧

道机器人等关键技术的研究和应用。探究了变电设备带电清洗、多种巡检机器人整站协调智能巡检等先进技术，初步探索了智能化变电站建设、蒙西地区与华北特高压联网等相关技术。

但是仍存在一些问题，输变电设备的试验和评估手段不足以支撑电网的智能化要求，还需大力推广智能巡检技术、智能运维技术，保证电网安全、坚强运行。具体来说，输变电设备的精确状态评价与高效风险评估尚未形成系统化诊断方法；带电检测、在线监测、现场试验和智能测试手段的欠缺，致使快速响应电网突发事件的应急处理速度相对滞后；输变电设备和缺陷管理及其智能化程度的现状和需求之间，仍然呈现供求不平衡态势，关键支持技术、平台和体系仍不甚完善；需要引进新技术、新材料和新装备，支撑电网的智能巡检和运维，并且针对内蒙古地区特殊气候、气象和地理环境，开展输变电设备的影响研究；还需要结合集团公司整体规划，在智能变电站、特高压相关技术方面加强技术储备。

3.1.3 配用电技术

①行业研究现状

开放互动、主动自愈的智能配电网是配网发展的主要方向，是实现可靠供电、双向互动、能源优化、创新服务的重要环节。目前配电网技术研究集中在：拓扑结构优化算法、故障诊断、定位、隔离、自愈控制研究，无功优化、低电压治理、电能质量治理提升配电网节能降损水平研究，高度数字化可靠

性发展模式及精益分析模型研究，分布式电源对配电网可靠性、即插即用接口与分布式能源接入、能量路由关键技术研究等领域。同时，配电网精细化运行、配电网降损及节能、智能配电网以及配电网可靠性的提升等研究领域与云计算、大数据分析、人工智能等新技术、新方法的融合也日益增多。

在用电技术领域，国家电网公司提出了“能源互联网”概念。南方电网公司建设“数字电网”的思路推进了智慧用电服务进程，主要开展了用电智能感知、安全预警、侵入式和非侵入式负荷预测、能源管理与智能交易、用电行为分析和主动服务等技术领域研究。同时，南方电网公司积极推进提升用电服务相关先进技术的研究及应用，已开展的主要工作有 IR46 电能表、电动汽车充电桩的研制、检测、型评工作，互感器、电能表等电能计量装置的在线状态监测、诊断及风险预警工作，电子式互感器的研究以及评价分析，边缘计算在电能量信息采集与处理环节的应用研究，电能量信息采集与 HPLC、双模通信、5G 技术、北斗卫星等通信新技术结合的研究与应用。

②集团公司研究现状

“十三五”期间，开发了配电网规划设计分析系统，研究了配网变电站柔性互联的自愈式电力交换器关键技术、配电网无功设备监测及联动分析的关键技术研究，借助人工智能开发了智能配网故障诊断定位综合系统。在配电网的规划和新技术应用方面取得了一定的成绩，但是整体而言，配网网架优化改造及设备治理工作任重道远，新技术在配网的应用率较低，配

电自动化系统建设依然不健全；配电网节能降损水平有待提升，无功不平衡、低电压、重负载、高损耗问题依然严重；随着经济的不断发展，电网内非线性、冲击性、非对称性以及敏感性负荷不断增长，对电网的安全稳定运行冲击风险加大，同时用户对电能质量和供电可靠性要求也在不断地提高，需要根据用户需求，提高可靠性指标，逐步建设结构规范、灵活可靠、适应性强的配电网，引进先进技术和成果，提高自动化水平，改善用电条件，优化营商环境。

“十三五”期间集团公司在用电技术领域科技含量有了明显的提升，但整体水平相对于行业先进水平依然有一定程度落后。目前，通过营销计量改造已基本实现了用户智能用电，计量自动化终端防窃电技术的成果也较为突出，但仍需继续深入推进研究。针对用电技术的发展需求，已建成 500kV 计量用互感器标准装置，开展了电气化铁路等非线性负荷对计量准确性影响的研究，在计量装置的在线监测、HPLC 数据通信、终端上行通信等方面也有了长足的发展与进步。但是，还需要以优化营商环境为目标，加快需求侧响应、智慧用电物联网、用户需求分析和预测、主动服务、先进量测技术在内蒙古电网落地，提升智能电网用电效能。

3.1.4 新能源并网及综合利用技术

① 行业研究现状

在新能源调频技术研究领域，国外已经开展了较多研究并取得了一定的研究成果，提出了风电场装机容量的 1.5% 作为

备用容量用于调频、装机容量 100 兆瓦以上的风电场应具备 2%备用容量的一次调频能力等要求。在国内，中国电科院开展了风电机组一次调频控制策略及相关试验检测技术研究，西北电网联合中国电科院完成了西北送端大电网新能源场站快速频率响应功能检测。

中国电科院完成了新能源并网性能要求系列标准的编制，开展了新能源发电建模及参数辨识技术、新能源发电并网运行控制技术、光伏/储能电站发电性能评估与评价、风电机组/风电场及光伏逆变器/光伏电站等检测技术和检测系统的研发工作。

在网源协调及消纳方面，开展了能源结构优化、风电与光伏消纳比例增加、电力系统信息化、自动化与智能化水平提升以及多源互补等方面的研究。

②集团公司研究现状

大规模新能源消纳是内蒙古电网的重要特色，“十三五”期间开展了许多开创性的工作，以提高电网的新能源消纳比例。本章节按照仿真能力提升和新能源并网支持技术两方面进行专题总结，并结合现状找准以后努力的方向。

a. 仿真能力提升

建设了集数字、数模混合技术于一体的大规模新能源并网电磁暂态仿真平台，开发了内蒙古 220kV 及以上新能源电力系统全电磁暂态仿真模型，实现了多核并行技术的内蒙古电网全电磁暂态精确仿真分析；建立了半实物仿真的新能源并网电磁

暂态平台。具备对过电压与绝缘配合、电网潮流与稳定分析、电网电磁暂态分析、新能源电力接入后的影响与交互作用等研究的能力。

依托内蒙古自治区电力系统智能化电网仿真企业重点实验室，能够开展多种场景下柔性直流换流器本体及换流器对电网特性影响研究，为以新能源为主体的内蒙古电网安全稳定运行提供理论和技术储备；新引入 RTDS 自动测试系统，并搭建了真实的励磁控制器与 RTDS 闭环测试系统，提升对电网系统弱阻尼功率振荡风险抑制研究的能力。

建设了电力系统全过程动态仿真平台，通过多核管理与并行计算，实现电力系统机电暂态、中长期等多时间尺度的全过程动态仿真，有效提高了仿真能力和效率。

b. 新能源并网支持技术

通过综合通信管理终端，实现了新能源信息实时数据和历史数据的混合采集、功率预测信息的上传下达以及 AGC/AVC 控制指令的接收和转发，实现了新能源运行信息的全方位监控。

研发了基于功率区间近邻距离样本筛选和支持向量机的光伏发电短期功率预测算法；研发了结合支持向量回归和数值天气预报、基于相似度和遗忘因子的样本筛选和辐照度修正算法的光伏发电超短期功率预测算法；研发了以经验分布函数非参假设为核心结构，结合预测条件分类与模糊推理模型的概率预测算法。

自主研发了国内首个弃风、弃光自动统计系统。以弃风自动统计为例，该系统通过使用准确度高、适应内蒙古电网现状的单台风机统计风速-功率曲线结合实时运行数据的弃风电量计算方法，对风电场、区域、全网进行日、月、年弃风电量及弃风率的统计，统计结果符合电网实际。

与清华大学开展了产学研用联合攻关，攻克了 AVC 从单控制中心到多控制中心、从常规电网到可再生能源电网、从中国电网到国际电网应用中的系列关键技术难题，荣获 2018 年国家科技进步一等奖。提出了优先调用风机无功的新能源 AVC 技术思想，制定了全国采用的新能源 AVC 控制技术路线，技术要求被国家标准 GB/T 19963—2011 采纳。内蒙古电网自动电压控制系统投运以来，已闭环运行变电站 179 座，发电厂 49 座，新能源场站 386 座。电压合格率由 2004 年 65.1% 提高到 2019 年 99.43%，取得良好的经济效益和社会效益。

创造性地提出了基于二次规划法的新能源 AGC 主站系统，使用二次规划优化模型，解决嵌套断面、交叉断面等多种复杂情况下的新能源有功自动控制，在保证电网安全的前提下实现断面输电容量的最大化利用。

c. 努力的方向

“十三五”期间，内蒙古电网在新能源一次调频方面开展了初步探索，完成了首个光伏电站一次调频改造测试工作。风电超短期功率预测（获自治区一等奖），内蒙古电网新能源调度技术支持系统研发与应用（获自治区二等奖），新能源功率

预测（国家重点研发计划），大规模新能源并网的电磁暂态平台建设等一系列项目实施落地。为自治区落实现代能源经济发展奠定基础。但是，随着新能源并网规模不断增加，电网的转动惯量变化使得电网运行特征发生变化，需要加强对新能源汇集系统稳定特性与送出能力、电网谐振、接纳新能源能力、抽水蓄能电站与新能源汇集地区协同控制优化等方面技术的研究，并结合储能工程建设，探索提高新能源消纳的电力交易机制。

3.1.5 信息与通信技术

① 行业研究现状

网络安全技术方面，随着工业互联网、物联网、云计算、移动互联网等技术的深入发展，网络空间安全形势日趋复杂，网络安全运营中心、态势感知系统已成为电力行业网络安全监管的核心手段；工业互联网安全、云安全、零信任技术、5G安全等方面研究与应用都是当前热点研究对象。国家电网公司与南方电网公司持续推进防御体系建设，不断完善网络安全实验室及支撑环境建设，在移动安全、监测预警、数据安全、工控安全、云安全等方面都进行了深入研究与应用，建立了“云大物移智链”等新技术的安全防护架构。

信息技术方面，移动智能终端、5G通信、先进传感器等成为新一代信息技术创新重点，物联网、云计算、大数据、IPv6、区块链等技术被大量研究与应用。国家电网公司与南方电网公司的信息化建设已从高速、大规模建设转入了全面优化提升，

注重集成融合，着力提升一体化平台的数据采集、智能交互、分析处理、安全接入等管理能力，持续推进物联网、大数据、云平台等新技术深化应用，为智能电网建设提供关键技术支撑。

通信技术方面，我国有线通信正在建设双千兆网络，逐步向高带宽、低时延、高可靠推进。国家电网公司和南方电网公司主要使用 ADSS、OPGW 等电力光缆，目前已完成 10G OTN 骨干网建设，计划进一步建设 100G OTN 骨干网络，对光缆状态、传输过程进行监控检测。无线通信方面，国家电网公司、南方电网公司已完成电力无线专网初期试点，并开始探讨 5G 在电网的可行性应用研究。

②集团公司研究现状

集团公司在“十三五”期间持续加强网络安全基础设施建设，建立了信息系统安全测评体系并搭建了测评平台，进一步推进了网络安全实验室的建设；逐步完善了网络安全防护及人才队伍建设，构建了智能移动应用顶层设计规划、国产商用密码及红蓝攻防体系，促进了数字证书认证系统建设，推进了密码技术与电力应用的融合发展。随着国家网络安全防护要求的不断提升，集团公司网络安全支撑平台及系统建设还有待加强，网络安全监测及防护手段亟待丰富，体系与机制的建立仍需不断完善；电力工业控制系统安全防护存在较大风险，急需开展工控漏洞挖掘及防护技术研究，提升电力工业控制系统网络安全水平。

信息技术方面，集团公司基础设施、支撑环境已初具规模，各类应用系统已覆盖大部分核心业务，标准数据模型正在逐步建立，对人、财、物等信息基本做到了整合与贯通；集团公司基本完成了云平台、移动管理平台、IT 资产一体化管控平台等支撑环境的建设，构建了信息化项目预算体系，丰富了业务培训支撑系统，信息化建设水平得到较大提高。但是，各业务系统间仍然存在数据难以共享、缺乏流程贯通等问题，需要对现有信息系统进行持续优化与改造，加强对“云大物移智链”等新一代信息技术的应用研究，不断提高对核心业务的支撑能力。

通信技术方面，集团公司已经完成了远程视频监视指挥系统建设，完成了统一融合通信系统的开发，开展了电力通信网反事故演习和优化关键技术研究及应用，开展了基于 5G 无线公网的智能配用电通信技术研究，构建了合理有效的通信技术评估模型体系。但是，通信传输建设方面仍有不足之处，有线通信缺乏相应的故障定位、应急策略体系与状态监测途径，无线通信存在研究深度不够、适用性和可操作性不强等问题，需要提高带宽，满足智能电网发展的要求。

3.1.6 电力市场技术

① 国内外研究现状

“十三五”期间电力市场化交易规模持续提高，2019 年全国电力市场化交易电量达到 28344 亿千瓦时（省内中长期交易电量占比 81%，省间交易电量占比 19%）。电力交易机构独

立规范运行工作进一步形成共识而提速，全国已建立北京、广州两个区域电力交易中心和 33 个省（区、市）电力交易中心。首批 8 个电力现货市场建设试点进入结算试运行，东北三省一区电力现货方案完成初步设计，广东、广西、云南、贵州、海南五省区现货市场均纳入南方区域电力现货市场框架内实施。

可再生能源配额制及绿色证书（以下简称“绿证”）交易机制作为最广泛使用的可再生能源激励政策，已在美国、英国、澳大利亚等多个国家实施开展。各国的绿证交易建设都是基于完善的电力市场交易机制，在促进新能源消纳的同时，还能以绿证的形式获得一部分环境外部效益。现阶段我国多个省份已经着手开展了可再生能源现货交易机制研究。此外，国外已有少数企业尝试将区块链技术在电力交易中进行实际应用，比如美国能源公司于布鲁克林地区建立了一个基于区块链系统的可交互电网平台，可实现不依赖第三方的绿色能源交易。国内也有不少应用区块链技术的交易机制的探索研究。

②集团公司研究现状

集团公司开展了电力多边市场新能源消纳方案研究，理清了新能源在电力市场发展不同阶段的参与程度与关键要素，为衔接中长期与现货市场提供了比较清晰的指导。研究规划了内蒙古电力多边交易现货市场建设路径，深入研究了中长期交易与现货交易衔接、结算机制等现货市场关键技术，制定了可指导现货市场实际运行的方案与规则，设计并搭建了内蒙古电力多边交易现货市场模拟仿真平台，实现了对内蒙古电力多边交

易现货市场运行流程的模拟仿真及结果分析评估，保障了内蒙古电力多边交易现货市场平稳起步，有力支撑了内蒙古电力多边交易现货市场的模式、体系和机制设计，深度探索了技术支持系统建设存在的问题，为内蒙古电力多边交易现货市场提供了决策支撑，对现货市场建设、市场仿真验证及交易主体组织提供指导。

“十三五”期间，集团公司不断探索用电市场机制，努力提高新能源消纳水平，减少弃风弃光，2017年底首次完成新能源准现货交易。并于2020年7月，首次完成电力现货结算试运行，标志着内蒙古电力多边交易市场进入了新阶段，向建设“中长期交易为主，电力现货为辅”的内蒙古电力多边交易市场迈出扎实一步。目前，正借助移动互联网、云平台、大数据等技术，开展基于多边交易大数据的收集、整理、加工、应用的全过程管理解决方案研究，构建电力市场风险评估指标体系，构建大数据挖掘研究及市场信息可视化展示平台。这些研究都为集团公司发掘电力市场资源优化配置潜力，为适应市场化改革的电力市场平台关键技术打下基础。“十四五”期间，要继续深化电力交易市场建设，完善新能源消纳机制，优化营商环境，促进电力市场各主体共享改革红利。

3.2 “十三五”规划完成情况

“十三五”期间集团公司加大科技经费投入和科研立项力度，2016—2020年，集团公司累计科技研发投入费用36.25亿元，其中科技项目研发费用合计7.1亿元，增幅明显。生产

技术类科技项目投资占比 21%，信息化类科技项目投资占比 39%，新能源及前沿战略类科技项目投资占比 28%，营销服务类科技项目投资占比 12%。

同时建立健全科技项目、科技经费、新技术推广应用、实验室、专利、科技奖励等机制和制度建设，科技管理水平有了大幅提高。

3.2.1 科技获奖方面

截至 2020 年底，“十三五”期间正式下达科技项目 427 项，获得国家级、自治区级及行业内各类奖项共计 68 项，获奖比例 15.93%。其中，国家科学技术进步一等奖 1 项；获得自治区科学技术进步奖 26 项，其中一等奖 3 项、二等奖 5 项、三等奖 18 项。

“复杂电网自律-协同自动电压控制关键技术、系统研制与工程应用”项目，荣获2018年度国家科学技术进步一等奖，既是集团公司科技发展史上的重大突破，也实现了自治区国家级科技进步一等奖零的突破，该项目研发的AVC系统自投运以来，大幅提高了电压合格率，降低了系统损耗，节约了无功设备投资，新能源接纳能力大幅提升，创造了巨大的经济效益、社会效益和生态环境效益。

3.2.2 技术标准制定方面

鼓励相关科研人员参加各级标委会事务，并参与国家、行业和团体标准制定，参与了包括国家强制标准《电力系统安全稳定导则》和《电力系统技术导则》在内的43项标准制定。

3.2.3 实验室建设方面

建设国家级实验室内蒙古试验研究基地2个(与华北电力大学、浙江大学分别联合建设新能源电力系统国家重点实验室内蒙古实验研究基地和电力电子应用技术国家工程研究中心内蒙古试验研究基地)。拥有自治区重点实验室2个(电力系统智能化电网仿真实验室、高电压与绝缘技术实验室)，国家企业技术中心1个，博士后科研工作站1所，国家级创新工作室3个，自治区级创新工作室27个，自治区级草原英才创新创业基地3个，为集团公司构建了良好的科技创新平台。

3.2.4 人才团队建设方面

通过科技工作的深入开展，为企业培养了大量科技人才。截至2020年，集团公司具有高层次人才称号（大国工匠、草原英才、蒙电英才）、科技评审专家以及参与标准制定（国家级、行业级）的人才总人数为130人，其中草原英才23人，蒙电英才26人，蒙电工匠5人，大国工匠1人。依托国家、自治区重点项目研发培养出大规模风电系统仿真研究、高电压与绝缘技术等多个创新人才团队。

3.2.5 对外合作方面

对外广泛合作、交流互鉴，促进“产学研”融合发展，与浙江大学、华北电力大学、中国电科院、正泰集团等16家国内知名高校及科研院所建立了战略合作关系，合作研发项目38项。合作过程中，获得了较多知识产权形式的科技成果，解决了集团公司部分生产实际难题，提升了集团公司技术人员的科技研

发能力，特别是电网仿真能力有了长足的进步。

3.2.6 科技成果转化应用推广方面

集团公司围绕电网安全生产和经营管理问题开展科技创新研究，注重科技成果应用效果。科技成果在新能源电力系统仿真计算、AVC（自动电压控制）控制、变压器精确评价等方面推广应用效果明显。

在新能源电力系统仿真计算方面，项目成果已成功应用于内蒙古电网所有新能源并网安全稳定分析，并推广至其他网省电网安全稳定运行和新能源消纳。完成了220kV和500kV输变电工程过电压计算22项、新能源汇集区线路电流不平衡分析1项、谐振计算2项、直流电流偏置分析1项，风机控制器并网低电压穿越能力测试1项，解决了谐振、直流偏置、不平衡等困扰电网工程实际技术难题，产生经济效益4000多万元。

集团公司积极推动AVC（自动电压控制）技术的研究和应用，保证电网安全、经济、优质运行，提高电网电压质量、降低网损、增加稳定储备。仅三年间就节约网损电量4.58亿度，增加接纳新能源电量8.78亿度，减少二氧化碳排放120.24万吨。

变压器精确评价项目开创了内蒙古电网通过对变压器历史数据分析，提前发现非停电设备重大隐患的先例。依据项目成果，成功预诊断出16台在运变压器潜伏的绕组变形情况，避免了变压器突然损坏造成的2027.7万元直接经济损失，为社会创造直接产值1309.17万元。

此外，在变电站巡检机器人、输电线路无人机巡检技术应

用，适应大规模新能源消纳的源网协调控制技术的研究及应用，配网自动化技术、带电作业技术、机械化施工、智能开关站等技术应用，智能费控、终端采控、95598平台、营销大数据等智能技术的研究和应用方面均取得了显著的效果。

3.2.7 知识产权方面

取得专利 619 项(其中发明专利 221 项,其他专利 398 项),比“十三五”以前集团公司历年获得的专利总数(218 项)增长一倍有余,发明专利数量增长 380%。总计发表论著、论文数量 692 篇,其中完成论著 12 篇,SCI、EI 同等级别检索论文 106 篇,核心论文 61 篇。

3.2.8 科技创新制度建设方面

参照国家、自治区和电力行业科技管理流程,集团公司 2016 年至今累计修订发布《科技管理标准》、《科技项目储备库管理办法》、《科技项目申报指南管理办法》、《科技项目预算编制与计算规定》、《科技成果转化管理办法》等 8 项制度标准,基本构建了公司级管理和所属单位自主管理的两级科技管理体系。科技管理全过程及其制度标准梳理情况如图 3.1 所示。

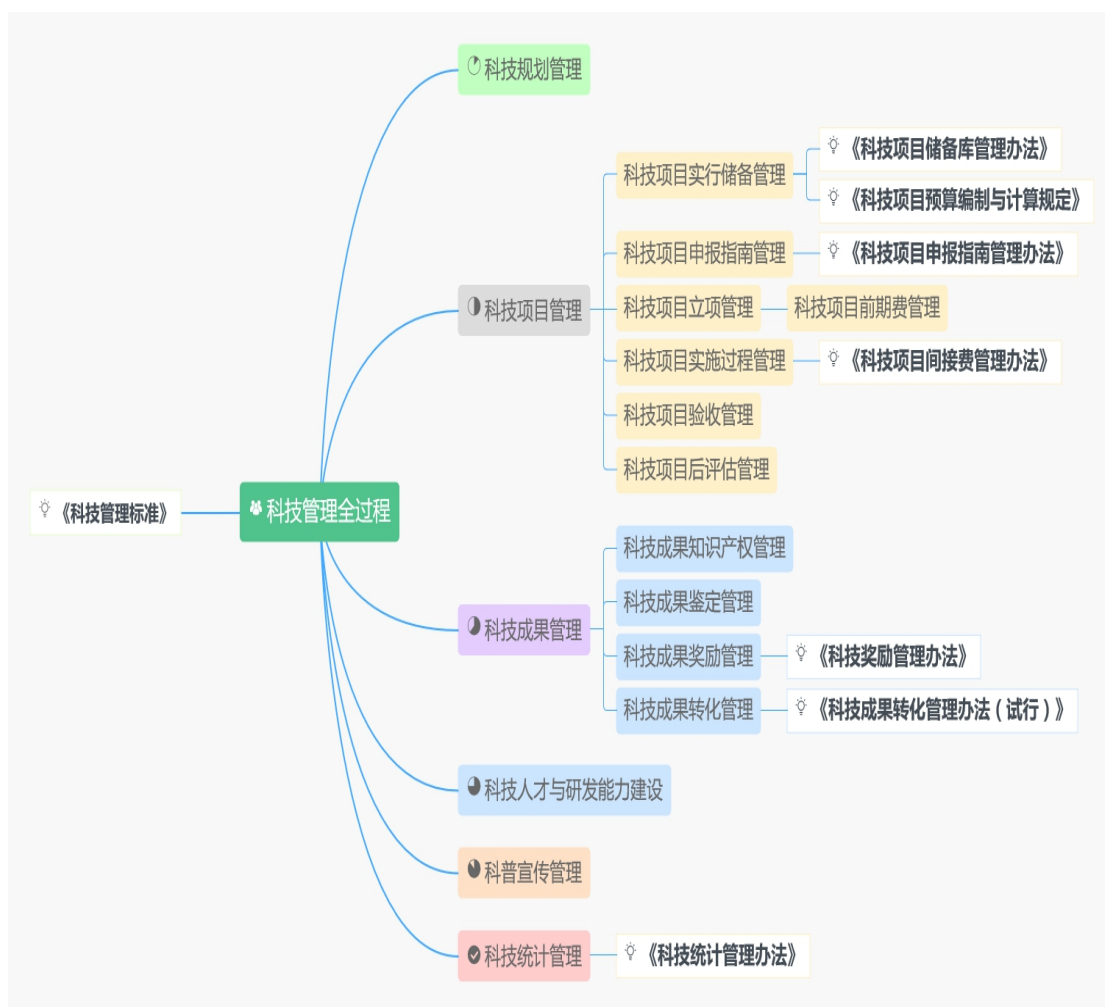


图 3.1 科技管理全过程及其制度标准

3.3 存在的困难和问题

以上成绩为“十四五”期间主动适应新形势新要求，在转型升级中实现高质量发展奠定了良好的基础。但从外部对标来看，还存在如下问题：

- ①重点实验室对科技创新的基础支撑作用有待提升。
- ②创新激励机制需进一步健全，员工参与科技创新热情还需带动提升。
- ③科研团队建设及人才梯队培育机制有待进一步健全，人

才对科研的支撑力度还需进一步提升。

④科研方向选题开拓性、前瞻性还需进一步提升，对前沿技术的研究有待加深，科技对集团公司发展的示范引领还需进一步拓展。

⑤科技成果的转化应用能力有待加强，科技成果还不能及时转化直接影响成果的价值。

4 当前环境分析

4.1 外部环境分析

4.1.1 大力推动成果转化，落实创新驱动发展战略

国家和自治区大力推动科技成果转化，努力建立以企业为主体、产学研深度融合的科技成果转化机制，发挥企业在研究开发投入、方向选择、项目实施和成果应用中的主导作用。国家、自治区均鼓励国有及国有控股企业加大科技成果转化投入，并且把企业研究开发投入、科技成果转化绩效等指标纳入企业负责人经营业绩考核体系。科技成果转化工作是集团公司完成自治区考核任务的重要指标之一，更是集团公司内在发展的需求，只有把作为第一生产力重要体现的科技成果在生产实践中得到广泛应用，才能有效提高集团公司发展质量，使集团公司更有生命力，走创新驱动发展之路。

“企业是科技和经济紧密结合的重要力量，应该成为技术创新决策、研发投入、科研组织、成果转化的主体”，习近平总书记的讲话，点明了企业在科技创新中的角色定位，也为集团公司科技体系建设指明了方向。集团公司在新形势下的科技

创新也必须以习近平新时代中国特色社会主义思想为统领，以改革驱动创新，以创新驱动发展，激发创新创效新动能，实现集团公司高质量发展。注重科技项目立项指导，加强过程管理，提升项目质量；完善科技项目评价体系建设，通过投资效益指标体系建设和项目后评价为后续科研立项提供指导；推动科技成果应用和转化，完善成果转化和奖励机制，营造全员创新创效良好氛围；形成科研立项、里程碑节点管理、项目验收、后评价和成果转化“四位一体”的科研闭环管理体系。

4.1.2 电力体制改革深入推进，电力行业转型升级提速

当前世界经济增长持续放缓，国内经济下行压力持续加大，中美经济“脱钩”为行业发展带来不确定性增大，企业经营困难增大。党中央、国务院明确要求降低制造业用电成本，全部放开规模以上工业企业参与电力市场化交易，支持民营企业以控股或参股形式开展发电、配电、售电业务。新一轮输配电价预计将再次下调。电网企业传统经营理念和发展方式亟待变革，“十四五”期间是集团公司贯彻新发展理念，推动高质量发展的转型期和关键期。加快电网和企业转型升级步伐，推动集团公司下一步发展战略、发展路径、发展方式和发展目标的全方位转变，探索一条以“生态优先、绿色发展”为导向，具有蒙电特色的高质量发展新路子是时代的要求，也是集团公司发展的内在需求。

在集团公司面临的投資压力和运营风险持续增大的形势

下，亟需加强培育新业务，提升综合能源服务质量，加快综合能源公司以新能源为核心，稳妥参与电能替代、增量配电、近电产业等领域，培育新利润增长点就显得尤为重要。

4.1.3 能源生产和消费绿色升级，现代能源经济高速发展

内蒙古地区作为新能源资源富集的地区，已经成为全国最大的电力输出和保障基地、新能源生产和消纳地区，“十四五”期间，自治区要实施新能源倍增工程，预计到“十四五”末，蒙西地区新能源装机占比将突破50%，内蒙古将在全国率先建成以新能源为主体的新型电力系统。用科技的力量进一步推动新能源消纳，研究源网协调控制，特别是储能等技术在提高新能源利用率、推动新能源消纳方面的应用是时代留给集团公司的课题。

电网贯穿从发电到供热、供冷、供电等各个环节，是现代能源体系的核心。紧跟能源技术革命新趋势，以技术创新带动产业创新，加强能源及相关领域的创新驱动动力，是自治区现代能源经济的重点发力方向之一。与之对应，集团公司需要大力开展技术创新，强化安全生产领域科技支撑，引进和开发新技术、新方法、新产品，强化移动变电站、电力特种车辆、智能机器人、直升机和无人机巡检等科技手段的应用，提升安全生产质效。发挥好自治区作为国家重要能源基地的优势，服务自治区现代能源经济发展，服务国家能源安全战略。

4.2 内部环境分析

4.2.1 电网安全运行水平和营商环境亟待进一步提升优化

目前华北五省电网已全部升级为特高压，内蒙古电网亟待提档升级，一是优化网架结构，提升区内电力输送能力，增强电网电能互济；二是提升电力汇集外送能力，升级网架结构，提升电网抵御风险的能力。要统筹推动主网、配网与通信网一体化建设，加快网内特高压输电通道研究规划，协调推进与华北电网联网方式研究，加快实现与国家特高压电网互联互通，提升电网输送能力；优化完善主网、配网网架结构，提升电网安全运行水平；同时加快推进配电网建设，提升配电网对可再生能源、分布式发电、储能的接纳能力，由单向供电向综合能源接入电网友好型转变。

集团公司大力落实自身社会责任，围绕售电量和获得电力指标，持续提升服务品质，及时解决生产运行困难，帮助用户稳定生产，全力服务地区经济社会稳定发展。集团公司也面临着投资压力和运营风险持续增大，降本增效需求日益迫切，输配电价带来的挑战与机遇并存，一方面需要利用新技术提升服务客户质量和效率。另一方面，也需要着力发展新业务，培育新的利润增长点，如通过加快数字新型技术深度融合，提供智慧能源综合服务；也可以通过挖掘电力大数据价值等形式，为用户创造增值服务。这些服务都有利于优化集团公司营商环境，并且为集团公司探索新的利润增长点。不管是从经济效益，还是从社会责任出发，均要求集团公司持续优化电力营商环境，提升用户“获得电力”满意度。集团公司要加强科技在配、用电等直接与用户相关领域的支撑，利用先进技术保证供电质

量、提升用户体验，切实提升客户电力获得感和满意度，补齐营销信息化建设短板，着力解决信息化支撑不足等突出问题，持续提升“互联网+营销服务”水平。率先在负荷稳定、用电量大的工业园区开展供能与服务一体化试点示范，打造以用户为中心的“一站式”解决方案。不断深化电力交易市场建设，持续完善“中长期交易为主，现货交易为补充”的市场体系，稳步推进现货交易市场建设，完善新能源消纳机制，促进电力市场各主体共享改革红利，更加凸显内蒙古电网固有的新能源消纳和电力市场交易特色。

4.2.2 创新开展智能电网建设，加快电网数字化转型

智能电网是能源革命的关键环节，是推动自治区现代能源经济体系建设的有力抓手。集团公司要通过坚强智能电网建设，推动能源产业升级，为现代能源经济转型升级和核心技术攻关提供支撑；把坚强智能电网作为现代能源经济发展的核心纽带，推动智慧能源、智慧城等建设。当前，能源生产和消费革命正在向纵深推进，能源消费低碳化、供需格局多元化、源网荷储协同化趋势明显。清洁能源在电源结构中的占比不断提升，分布式电源、大规模储能、电动汽车等新模式、新业态迅速兴起，5G移动通信、物联网、区块链、人工智能等新一代信息技术加速突破应用，深刻影响和改变着电力能源产业发展。推进智能电网建设，是集团公司推动数字化转型、电网智能升级、生态融合创新的有力抓手。

智能电网建设中，集团公司应主动用数字技术和信息技术

为传统电网赋能，建立数字经济发展体系，推动传统电网业务的数字化转型，集合多方优势，实现数据贯通。创新开展“生产业务管理数字化”和“设备运检智能化”，提前进行智能电网前瞻性布局，为电网前期建设提供有力支撑，推进变电站“无人值班+集中监控”，提升电网感知能力、互动水平和运行效率，主动跟进学习，发挥后发优势，科学谋划集团公司数字化发展方向、建设路径和战略举措，加快提升信息化建设水平，积极融入电网数字化转型和能源互联网建设，全力打造“责任蒙电、绿色蒙电、数字蒙电”。

4.2.3 发挥蒙电资源禀赋，构建以新能源为主体的新型电力系统

作为全国重要的能源和战略资源基地，自治区大力发展现代能源经济，以“生态优先、绿色发展”为导向，努力构建覆盖能源绿色生产与消费的全链条衔接体系。集团公司也必须投身现代能源经济建设之中，发挥资源优势，加快以新能源为主体的新型电力系统关键技术的集中攻关、试验示范和推广应用，推动能源高质量发展。牢牢把握电网发展趋势和规律，加大关键技术攻关力度，努力构建以新能源为主体的新型电力系统，全面提升电网系统平衡调节和安全稳定控制能力。通过场景构建、仿真建模等手段模拟分析新能源接入电力系统运行特性和稳定机理，关注源网协调、集群协调等控制技术，并针对电网中出现的次同步、超同步震荡、宽频震荡等问题进行研究和应对。同时推进发电侧、电网侧合理配置储能系统，示范应

用电化学储能，打造源荷互动绿色大数据中心，开展“源网荷储”一体化绿色供电新型工业园区综合示范，推动清洁能源消纳。

4.3 对标分析

当前，集团有限公司在科技创新体系建设、科技成果质量和数量、科研人才培养等方面与国家电网、南方电网的头部省网公司还有一定差距，但是，集团有限公司立足内蒙实际，在高比例新能源并网、电力市场交易等方面也有自身的优势和特色。

5 指导思想和总体目标

5.1 指导思想

坚持以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，认真贯彻落实国家科技创新政策、自治区“科技兴蒙”措施总体要求，主动迎接电网转型挑战，发挥科技创新的引领示范作用，按照集团公司战略决策，科技工作提出“1 2 4”发展思路。即一个定位：坚持“科技创新、新技术应用双轨推进”的科研定位。两大主线：一是提升电网安全生产运行水平，二是持续优化电力营商环境。四方面开展科技创新工作：一是构建以新能源为主体的新型电力系统，二是加快智能电网建设和电网数字化转型，三是推进能源互联网建设，全力打造“责任蒙电、绿色蒙电、数字蒙电”，四是完善科研体系，营造全员创新的良好氛围。

科技创新、新技术应用双轨推进。推动新方法、新工艺、新技术、新装置在电网的应用，解决安全生产和经营管理中的

实际问题；精选研究方向，系列开展关键技术领域的科技攻关，催生一批具有原始创新和重大应用价值的成果，为集团公司高质量发展提供有力的技术支撑。

5.2 总体目标

集团公司上下要树立“科技兴电”、“大科技”理念，切实发挥科技引领作用。以科技规划方向引领各专业发展方向，各相关部门、各单位要结合工作实际，共同承担科技研发、推广应用和技术改造等任务，推动集团公司科技创新水平和生产经营管理水平不断提高。在科技创新体系建设、科研平台建设、创新团队、人才培养和重点领域技术创新等方面取得突破。

①积极参与国家级科技项目，牵头承担自治区重大专项，把首台（套）设备应用、典型示范工程与关键领域技术创新纳入科技立项范围，形成“科研引领的大科技”局面。

②完善科技创新体系建设，持续构建完善科技创新、管理创新、员工创新体系，探索完善由科研立项、里程碑节点管理、项目验收、后评价和成果转化组成的“四位一体”的科研闭环管理体系，为科技决策提供支持。

③加快推动实验室高质量发展，深化研发平台应用，提升平台的人才优势与创新能力，引导各类创新要素的集聚。

④加强对外合作，推动与战略合作单位协同创新，培育科研领军人才和团队，激发人才创新活力，铸牢科技创新的基础。

⑤结合蒙电特色，在重点研究领域形成具有内蒙古电网特色的先进技术，拥有自主知识产权的科技成果数量显著增加，服务自治区现代能源经济高质量发展。

6 重点工作

结合内蒙古电网所面临的形势、任务，针对集团公司科技发展需求，结合当前电力技术发展趋势，需要进一步提升电网的科技创新能力与科技供给水平，着力构建以新能源为主体的新型电力系统。聚焦公司发展重点领域，建立“3+1”的科技支撑体系。“3”即3个研究方向：以新能源为主体的新型电力系统技术、智能电网技术（电网数字化转型），加快人工智能、区块链、电力物联网、大数据等先进技术在能源互联网各环节的深度融合应用。“1”即1个支撑：注重发展电网的辅助决策与支撑技术，并加强科技基础能力及实验平台管理，在重点技术方向取得突破，支撑电网安全生产、基建工程、经营管理、企业管理、党建工作，提升电网安全生产运行水平，优化电力营商环境，推进智能互联、数字化转型，并推动科技创新能力提升。“十四五”科技发展支撑技术的体系结构如图6.1所示。

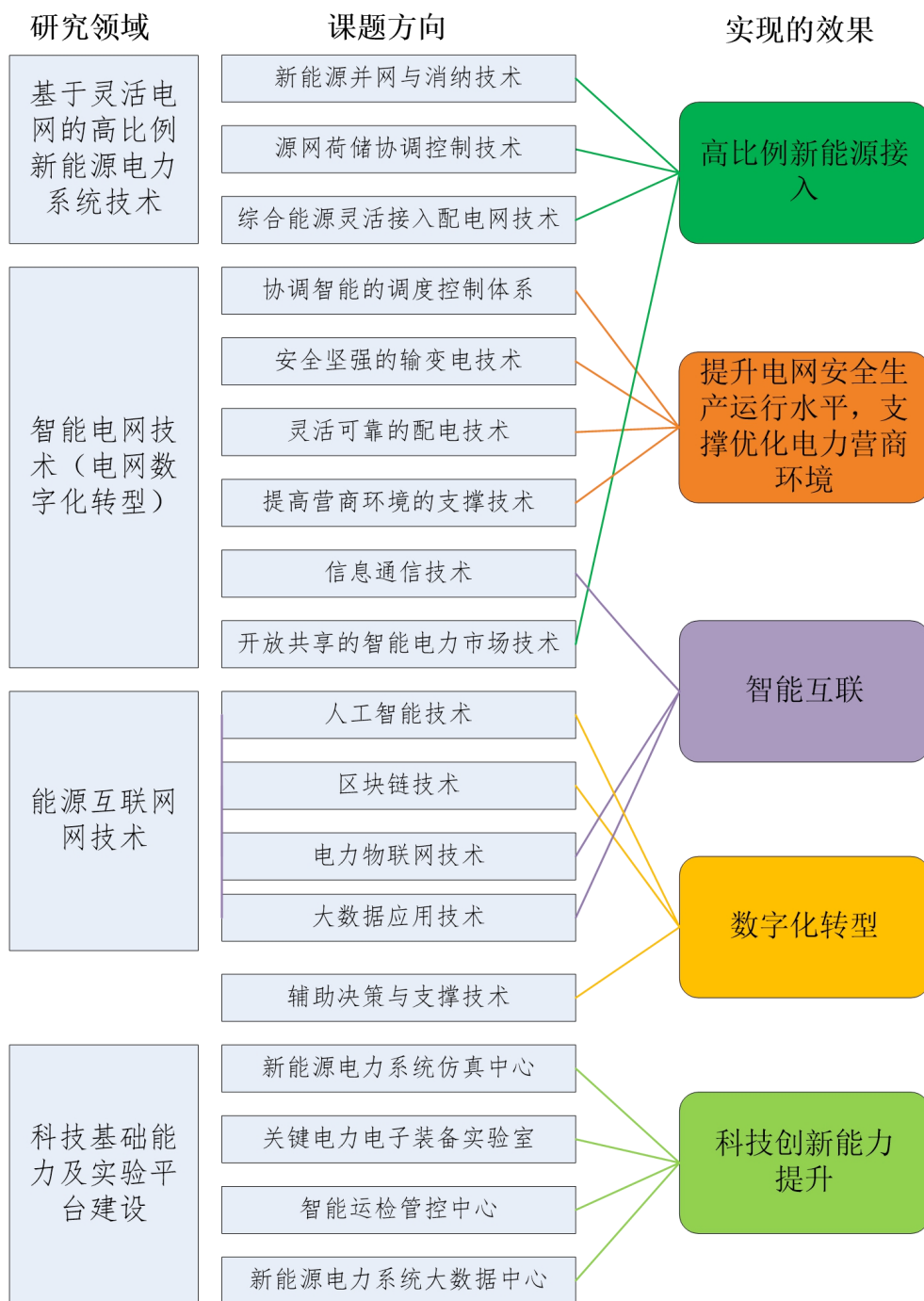


图 6.1 科技发展支撑技术的体系结构

6.1 以新能源为主体的新型电力系统技术

6.1.1 新能源并网与消纳技术

开展新能源单机、站级调频技术，新能源参与调频对电网

的影响研究；研究新能源仿真技术；研究新能源出力预测技术；研究多类型电源协同优化调控技术，开展多能源的经济运行技术研究；开展新能源系统稳定特性与消纳能力研究。

6.1.2 源网荷储协调控制技术

依托储能科技示范项目，开展源网荷储协调控制、新能源消纳、电网调峰调频及储能电价机制方面的研究，对电网储能项目经济运行、风险及效益评估方面进行专题研究，并研究源网荷储协调发展的现代能源示范区发展思路及技术实现路径。

6.1.3 综合能源灵活接入配电网技术

研究多种供能的综合能源多元主体灵活便捷接入系统的关键技术。

6.2 智能电网技术（电网数字化转型）

6.2.1 协调智能的调度控制体系

① 电网安全分析技术

开展以新能源为主体的新型电力系统仿真技术研究 and 应用，研究大规模新能源接入对电网的影响；研究系统惯量与阻尼监测、评估技术；研究电网频率安全在线评估与预警技术；研究大规模新能源接入系统的安全预警技术；研究互联电网的安全稳定水平分析及综合防御技术。

② 电网安全控制与运行技术

研究大电网保护、运行控制及决策关键技术；研究互联电网背景下二、三道防线的适应性及频率协调控制技术；研究大规模新能源集群并网的电网安全稳定控制技术。

③ 电网智能调度技术

研究电网人工智能调度支撑技术；研究基于调控人员语音和行为分析的调控知识自学习关键技术应用；研究新一代调控系统的人机交互关键技术。

6.2.2 安全坚强的输变电技术

① 输变电设备新型技术研究与应用

研究新型设备在电网的应用；研究输变电设备现场大型试验技术和检测技术；开展新型智能传感技术，机器人，遥感卫星，北斗卫星通讯，计算机视觉技术等新兴技术研究在输变电设备性能监测方面的应用；探讨环境友好型、新型绝缘材料的研制、应用、检测以及寿命评估关键技术；研究金属材料防腐技术。

② 输变电设备状态监测、评估与诊断技术

研究输变电设备状态监测数据中心和数据平台建设关键技术，状态监测评估方法，故障诊断技术，电气设备过电压保护及其防治技术，新型输变电设备在线监测及带电检测技术；研究应用人工智能技术、大数据等的输变电设备智能巡检技术；构建输变电设备智能管理体系。

③ 特殊环境下输变电设备运行特性研究与应用

开展寒冷、高海拔、大温差、风沙等特殊气象、气候环境下输变电设备的运行特性及其防治技术研究；研究特殊地矿地质条件下输变电设备运行维护要求。

④ 变电站智能化及智慧运维技术

研究智能变电站光纤通信技术；研究设备全寿命周期信息管理技术、设备事故智能诊断技术、设备运维技术；开展变电站机器人智能巡检、变电站安防、消防或动力环境智能监控。

6.2.3 灵活可靠的配电技术

①配电网运行及调控技术

开展配电网运行状态监视、故障定位，智能配电网调度，多元化负荷接入配电网技术研究；跟踪主动配电网技术，研究配电网自愈控制技术应用，农网电气化提升技术，配电网互动化服务技术。

②配电网线损分析及节能降损技术

开展电网线损分析及节能降损技术研究；开展无功优化、无功补偿技术研究；开展低压配电网低电压、高损耗、重过载综合治理研究；开展电能质量分析与治理研究。

③智能配电网技术

跟踪能量路由关键技术研究；开展微电网中的“源—网—荷—储”技术研究；开展配电网可观、可测、可控研究，实现实时监测；开展分布式能源接入配电网技术研究。

④供电可靠性提升技术

开展多约束条件（天气、负荷变化、潮流或设备等）影响的可靠性评估研究；开展数据挖掘的可靠性分析；研究蒙西地区配网结构特点，开展配电网供电可靠性简易评估分析。

6.2.4 支撑提高营商环境的先进技术

①智慧用电技术

研究智慧物联网关键技术；研究需求侧管理技术；研究智慧能管技术；研究用电安全智能感知、预警及防窃电关键技术及应用。

②智能客服技术

研究人工智能客服关键技术；开展用电大数据分析技术研究；开展客户需求挖掘分析与主动服务技术研究及应用；开展智能交互服务关键技术研究；探索多渠道综合缴费的新技术。

6.2.5 信息通信技术

①信息网络安全分析监测与防护技术

开展网络安全应急指挥体系及网络安全攻防体系的研究与应用；开展能源互联网、电力工控系统的安全防御技术研究；开展数据采集与传输控制安全技术、设备可信和通信可信技术研究；电力物联网终端设备安全检测及防护技术、零信任网络访问分析技术研究；开展大数据安全技术与应用研究；开展信息安全检测及实验技术研究。

②开展 5G 在电力系统中的现场应用

推动 5G 通信技术在电力行业的应用研究。

6.2.6 开放共享的智能电力市场技术

研究规范、高效的电力多边交易市场技术；研究智能化能源交易平台关键技术；研究面向电力市场的新能源协调调控技术；研究电力市场仿真模拟方法。

6.3 能源互联网技术

6.3.1 人工智能技术

跟踪人工智能技术在电网的应用，构建电力人工智能主体大脑，借助机器学习、图像识别、自然语言处理等工具，分领域构建电力知识图谱，为电网设备智能运维和智能客服等应用提供决策支持。

6.3.2 区块链技术

跟踪区块链技术在电力业务中的应用研究，开展基于区块链技术在数据资产交易、电力交易中的应用研究。

6.3.3 电力物联网技术

开展基于智能传感器的输变电设备状态感知、电能质量感知、终端智能监控技术，推动物联网技术在电网的应用研究及试点建设。

6.3.4 大数据应用技术

跟踪能源互联网关键技术，结合边缘计算、大数据挖掘等技术开展应用研究，把数据作为资产进行深入挖掘，并实现交易，推动能源数字经济发展。

6.4 辅助决策与支撑技术

开展电力规划支撑电网主网、配电网的关键技术研究；研究电网态势实时决策技术，提升电网稳定控制的辅助决策技术研究；开展技术标准体系建设，参与国家、行业、团体标准编制，特别是把内蒙古电网有关新能源消纳、电力市场交易等特色技术标准，在全国、全行业推广。

6.5 深化科技基础能力及实验平台建设

为进一步提高新能源电力系统仿真能力，切实提高集团公

司的基础实验能力，为建设打造“责任蒙电、绿色蒙电、数字蒙电”提供坚强的技术支撑，“十四五”期间进一步深化以下4个实验平台建设。

6.5.1 新能源电力系统仿真中心

新能源电力系统仿真中心充分利用先进的仿真技术，建设数字、物理及数字物理混合仿真，电磁、机电及电磁机电混合仿真等平台，从不同技术手段和时间尺度上对内蒙古电力系统进行仿真模拟，支撑大规模新能源电力系统消纳技术的研究，为新能源电力系统特性认知、消纳技术研究及新技术的测试提供研究平台支撑。

6.5.2 关键电力电子装备实验室

实验室主要围绕先进电力变换装备研发、直流输电换流技术研究以及电力电子领域前瞻性的研究工作，进一步提升自治区电力电子技术科学研究和技术攻关能力。通过建设关键电力电子装备实验室，为综合分析不确定性情况下智能电网的调控与优质运行方案提供实验研究基地，进一步增强、完善内蒙古电网灵活、高效、优质运行，促进智能电网的发展。

6.5.3 智能运检管控中心

借助物联网、人工智能、云计算与大规模数值计算等技术，开展适用于内蒙电网的智能管控新技术开发，通过部署电网运检智能分析管控系统，对电网生产运维工作进行信息汇集、预警研判、作业过程管控和生产指挥协调，实现“生产指挥一体化、运检协同一体化、应急联动一体化”，为实现“数字蒙电”

提供有力的技术保障。

6.5.4 新能源电力系统大数据中心

新能源电力系统大数据中心涵盖新能源电力系统发输配用各个环节以电源、电网、负荷三个数据中心为基础，对内蒙古电网全区域数据进行分析，实现电力大数据中心全景展示、新能源消纳能力分析、系统状态感知与预警、系统可靠性评估等功能，为新能源电力系统规划、运行、研究提供数据支撑。

7 投资效益分析

7.1 指标性效益

加大科研投入，提升科研质量。

① “十四五”期间科技研发投入费用不低于营业总收入3%，达到自治区国资委考核指标要求。

②科技项目获奖比例由15.69%提升到20%。

③专利数量占科技项目数量比例不低于40%。

④论文数量占科技项目数量比例达到150%。

7.2 管理性效益

①创新机制，探索科技积分制、揭榜挂帅等制度，激发人才团队创新活力。

改进科技项目组织管理方式，试点引入积分制、重点科技项目攻关“揭榜挂帅”等创新机制，打破科技体制机制上论资排辈的条条框框，让经过检验的团队、领军人才有机会揭榜，有机会挂帅。给科研人才更多创造的自由，更多自主权，也要建设与之匹配的更科学高效的分配激励机制。积极组织申报国

家、自治区各类科技奖励，集团公司内部也要高质量开展科技成果评奖工作，完善科技评价机制，优化科技奖励项目。充分发挥科技奖励的激励引导作用，继续营造鼓励创新、鼓励创造的氛围，激发人才团队创新热情和活力。

②深入实验平台建设实体运行，加强与华北电力大学、浙江大学联合建设国重实验室内蒙古试验研究基地建设管理，并加大对实验室定向科技投入，强化科技创新格局。

推动“新能源电力系统国家重点实验室内蒙古实验研究基地”和“电力电子应用技术国家工程研究中心内蒙古试验研究基地”实体运行。在充分利用现有的企业技术中心、博士后工作站及自治区重点实验室基础上，紧扣集团公司主营业务发展和技术创新的需要，加大实验室定向科技投入。对标世界一流企业，按照立足当下、适度超前、系统设计、差异化布局的原则积极开展实验平台建设，实现试验研究资源的合理配置和高效利用，强化科技创新格局，支撑集团公司技术进步。

③加强对外合作，扩大开放共享水平，进一步强化知识产权保护意识、加强专利保护工作，切实维护集团公司合法权益。

借助国企力量走开放合作之路，促进科技开放合作。与国际、国内一流的科技机构和学术单位合作，采用走出去、请进来等方法，共同承担科研任务，攻克技术难题。深入与战略合作单位的交流互鉴，开展关键技术领域联合科技攻关，在共同承担科技项目工作中，强化知识产权保护意识，明确知识产权权益归属，加强知识产权维护，切实保障集团公司合法权益。

④完善科技创新制度体系建设，实现“四位一体”的科研闭环管理体系。

建设以企业为主体、市场为导向、产学研相结合、特色鲜明的科技创新体系，建成与之相适应的科技创新管理平台，推进科技创新和管理创新的融合，加强与职工创新的协同效应，全面提升集团公司创新能力。不断完善科技管理制度体系建设，建设由科研立项、里程碑节点管理、项目验收、后评价和成果转化组成的“四位一体”的科研闭环管理体系。即提高立项指导，加强过程管理，保证科研质量；完善科研评估体系建设，对科研决策提供依据；推动科技成果应用和转化，最大化实现成果价值。

⑤加强科研信息化建设，建成科技创新管理平台。

深入分析集团公司科技创新各层级应用需求，梳理优化业务流程体系，建成与创新体系相适应的科技创新管理平台，满足集团公司科技创新管理信息化需求，助力集团公司科技创新发展。

⑥依托科技项目评估，推动科技投资效益指标体系建设。

加强科技项目后评价工作的管理、协调和监督，建立健全科技项目后评价制度，推动科技项目后评价的标准化建设，通过科技项目投入产出分析，推动科技投资效益指标体系建设，为科研决策提供指导。

⑦加强科技项目全过程管理，提升项目质量。

完善科技项目全过程管理相关制度体系，保证科技项目的高质量开展。强化科技项目前期储备管理，实现项目储备库、专家库动态管理，进一步加强科技立项任务书深度管理。采用里程碑节点计划模式管控科技项目进度；常态化开展科技项目中期检查及进度推进工作；统筹组织重点科技项目验收工作。

⑧以集团公司新技术目录的形式，推动创新技术内部应用。

鼓励科技成果在集团公司内部分类推广应用，有计划、有步骤地安排和实施重大科技项目与技术改造项目，依靠科技进步和科技创新，提高电网科技含量，为内蒙古电网的安全稳定运行奠定坚实的基础。不断更新编制重点推广新技术目录，大力推广新技术、新工艺、新产品推广在生产经营中的应用，优选科技成果纳入新技术推广目录，为创新技术在集团公司内部应用创造条件。同时推动科技成果转化制度落地，借助第三方转化平台，遴选有自主知识产权的典型项目开展成果转化试点。

8 保障措施

为确保集团公司“十四五”科技发展规划各项关键支撑技术能够顺利开展和完成，完成“十四五”的科技规划目标和重点任务，需要在科技工作的理念和管理、科技创新体系建设、科技评价体系建设、过程管理、支撑平台与人才队伍建设以及合作与交流等方面提供强有力的保障，如图 8.1 所示。

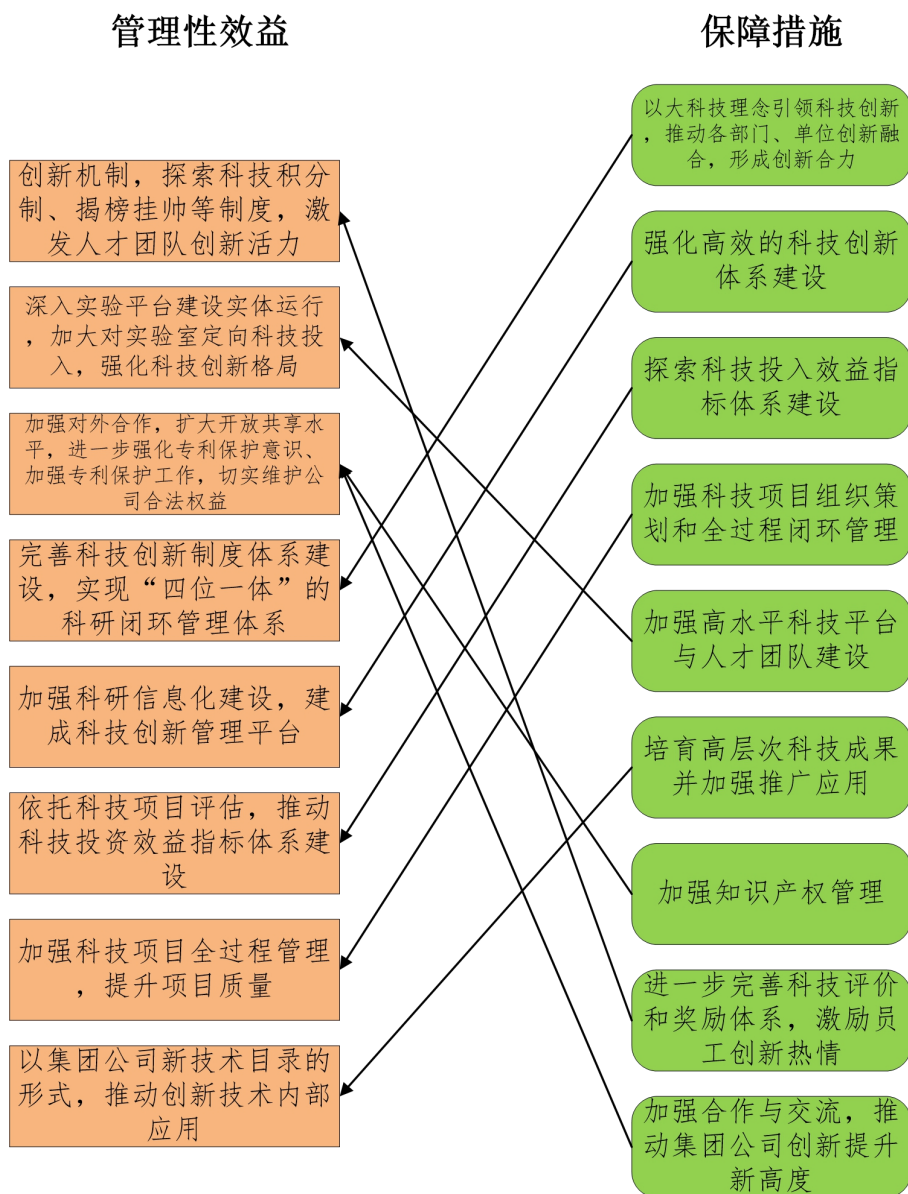


图 8.1 保障措施对“十四五”重点效益的支撑示意图

8.1 以大科技理念引领科技创新，推动各部门、单位创新融合，形成创新合力

把首台（套）设备应用、典型示范工程与关键领域技术创新纳入科技立项范围，形成“科研引领的大科技”局面。积极参与规范科技研发投入统计工作，将工程基建（含配网项目）、生产技改、通信技改、营销技改、信息系统开发与升级改造等

项目中涉及新技术应用的资产购置纳入科技投资统计。加强与集团公司相关部门的沟通协调，强化科技创新和管理创新的联动，用科技创新铸造技术核心能力，用管理创新赋能科技创新的全员全要素和全过程，形成创新合力，推动集团公司创新能力提升；另一方面，加强与职工创新的融合，“职工创新工作室”的领军人物和骨干成员往往也是科研工作的重要参与者，需要将“职工创新工作室”的创新内容与集团公司科研方向加强融合，形成联动机制，更好地突出科研经费的支持力度。

8.2 强化高效的科技创新体系建设

科技创新体系建设是贯彻集团公司“科技兴企”战略、建设创新型企业的关键环节，对加快集团公司科技创新具有重要基础性作用。通过统筹规划、强化管理、整合资源、理顺关系，建立布局合理、层次清晰、分工明确、协作高效的科技创新体系，全面提升集团公司科技创新的整体实力。积极争取国家、自治区各级、各层次科技立项支持，健全多元化科技立项与资金支持体系。

8.3 探索科技投资效益指标体系建设

探索科技投资效益指标体系建设，对科技项目整体开展情况进行评估，用于指导后续科技工作。科技效益指标主要包括经济效益、社会效益、科技成果等一级指标，一级指标下面还有相应的二级指标。对不同类型的科技项目，设置相应的一级、二级效益指标权重，在此基础上形成科技投资效益指标体系。应用该体系对集团公司科技投入产生的效益进行评估，一方面

对所属单位（部门）科技工作开展评价，另一方面为后续科技立项方向提供参考。

8.4 加强科技项目组织策划和全过程闭环管理

加强对研发方向的指导和把握，按年度发布指导性文件；优化调整科技布局，加大基础和前瞻性技术的长期持续投入。优化调整研发管理模式，构建制度健全、流程合理、手段先进、控制有力、运作高效的研发管理体系。完善科技项目全过程闭环管理、经费管理、无形资产管理、审计管理、专家管理等相关制度体系。建立科技创新管理平台，提高科技项目管理效率，加强科技项目的监督和技术指导。

8.5 加强高水平科技平台与人才团队管理

紧密围绕集团公司“十四五”科技发展规划，进一步搭建与集团公司发展战略相匹配的技术研发、创新、支持、服务平台，充分发挥内蒙古电网科技资源整体优势，建成以电网核心技术自主研发为重点的优势明显、特色鲜明的技术创新与研发平台。加快推进自治区重点实验室及集团公司重点实验室管理。建立多渠道、多层次的人才引进和培养机制，着力解决部分专业基础研究薄弱、专家人才缺乏的问题。立足自主培养，加强科技攻关团队规划布局和重点培育，继续加大跨领域专家人才培养；实施分类培养、分类评价、多通道发展的科技人才培养模式；在电力科技前沿和集团公司发展重点领域，做好专家人才与创新团队的引进工作，深入推进招才引智工作。

8.6 培育高层次科技成果并加强推广应用

加快建立集团公司科技成果共享平台，健全完善集团公司科技成果共享和有偿转让机制，推动科技成果在集团公司内部分类推广应用；建立科技成果产业化机制，通过专利授权、专利转让等方式实现产业化，获取产业收益；建立健全成果和新技术推广制度，充分发挥总部各部门在新技术推广中的作用，提出新技术推广计划；大力支持“首台首套”工程建设，积极落实新技术试验示范工程与推广应用工程，积极推荐先进适用技术，并及时纳入集团公司新技术推广目录。

8.7 加强知识产权管理

加大知识产权保护力度，在科技项目中明确约定知识产权归属，并对于现有知识产权加强维护。做好知识产权保护技术布局，围绕关键技术领域，在各环节形成一批有价值的知识产权；综合考虑专利、商标、商业秘密（技术秘密）、著作权带来的价值和影响，建立起立体式保护格局。

8.8 进一步完善科技评价和奖励体系，激励员工创新热情

加强科学技术评价工作的宏观管理和统筹协调，建立健全科技评价制度。针对科技计划、机构、人员等不同对象，新技术应用研究、新技术创新研究、首台（套）工程示范等不同类型科技活动的特点，确定不同的评价指标、内容和标准。开展科技成果评价试点工作，推动科技项目的标准化评价。

进一步完善科技奖励制度，充分发挥科技奖励在引导科技发展方向和创新模式、激励和表彰科技创新人才、促进企业进

步和发展中的重要作用。

8.9 加强合作与交流，推动集团公司创新提升新高度

及时掌握国际、国内电力科技发展最新动态，选派各种专业的优秀人才，参加国际、国内的学术组织和标准化组织，经常组织各种层次的技术交流，参加各种国际、国内的学术会议，提高自身能力，开拓国际视野，抢占技术制高点。与国际、国内一流的科技机构和学术单位合作，采用走出去，请进来等方法，共同承担科技任务，攻克科技难题。积极参与国家级科技项目，牵头承担自治区重大专项，推动科技工作“提档升级”，推动集团公司创新提升新高度。

附录 1：参考项目

规划提出的 101 个参考项目，与《“十四五”科技发展规划》关键支撑技术相对应（见附表 2.1）。随着现有技术的发展和成熟，以及新技术的革新，参考项目的适用性和先进性会发生变化，参考项目的内容和题目需相应改变。参考项目仅作为选题的参考，不能作为立项的依据。

1.1 以新能源为主体的新型电力系统技术

1.1.1 新能源并网与消纳技术

① 研究内容

开展新能源单机、站级调频技术，新能源参与调频对电网的影响研究；研究新能源仿真技术；研究新能源出力预测技术；研究多类型电源协同优化调控技术，开展多能源的经济运行技术研究；开展新能源系统稳定特性与消纳能力研究。

② 预期目标

建立风力发电、光伏发电并网特性完整检测能力，提升新能源电力系统并网的安全稳定运行；提出适合内蒙古电网的新能源参与电网调频方案、调频技术要求，以及场站协调配合和性能评价指标；提出含大规模新能源场站的电力系统网源协调频率稳定控制策略及相关措施，提升内蒙古电网新能源发电的接入能力；提出抽水蓄能发电等常规能源与可再生能源发电的联合运行方案；提升重点工程新能源汇集系统稳定特性与送出能力提出抽水蓄能电站、新能源汇集地区的协同控制优化方案，提升能源消纳能。

③重点科技项目

项目 1：新能源站参与电网一次调频技术

研究内容：研究适合于内蒙古电网新能源场站调频关键技术、方案、试验及运行性能评估方法；研究风电参与内蒙古电网调频关键技术及控制策略，构建风电机和风电场精细化模型；研究内蒙古电网频率时空特性；开展内蒙古电网新能源电源主动提供调频/调峰容量的需求分析；研究新能源集中并网电站参与电网一次调频方案；研究新能源站级快速协调控制关键技术；研究内蒙古电网新能源场站一次调频试验及运行性能评价方案。

预期成果：提出适合于内蒙古电网新能源场站调频方案、场站协调配合及性能评价，便于新能源场站参与内蒙古电网调频的推广应用和运行管理；针对内蒙古地区新能源电站建设现状，提出新能源电站参与电网一次调频快速通讯技术方案，解决不同技术条件下的通讯瓶颈实现快速通讯，保障新能源厂站具备一次调频能力；实现新能源电站一次调频系统与 AGC 二次调频系统一体化，提升稳控控制精细度；实时掌握系统惯量和一次调频能力，评估系统承受功率扰动的能力，实现频率安全的预警预防。

项目 2：大规模新能源并网的电网频率稳定分析与控制技术

研究内容：研究大规模新能源接入电力系统后对电网频率稳定性的影响；研究新能源的有功频率控制特性及相应的集群

优化等值建模方法；研究多类型新能源场站的快速频率响应特性，开展多类型新能源一次调频功能优化研究；研究新能源场站间及与常规机组间不同时间尺度下的调频相互作用；研究考虑不同调频特性的新能源与常规能源一次调频协调控制策略；研究大干扰下含大规模新能源场站的电力系统暂态频率失稳机理及其频率稳定控制技术。

预期成果：掌握新能源对电力系统频率特性的影响规律；揭示新能源的有功频率快速响应特性，掌握可以反映新能源场站有功频率调节特性的等值建模方法；提出基于不同调频特性下新能源与常规能源一次调频协调控制策略；提出可充分发挥各类型机组调频能力优势、协同响应频率变化的多电源 AGC 协调方法；提出含大规模新能源电力系统网源协调的频率稳控措施，提升内蒙古电网新能源发电的接入能力。

项目 3：新能源数模混合仿真技术研究与应用

研究内容：开展新能源单机、新能源场站、无功补偿装置、AGC 和 AVC 控制器、快速调频装置等数模混合仿真平台建设和技术研究；开展新能源场站级并网仿真及现场一致性评估技术研究；开展有功/无功控制、数模混合仿真策略优化研究；研究新能源机组与无功补偿、电网及直流系统的交互影响；研究满足电网安全稳定水平的新能源渗透率极限；研究大型风力发电设备稳定性仿真技术；研究新能源机组并网的各类动态、暂态响应指标，并分析影响不同指标的设备及环境因素；利用新能源场站的历史和运行数据辨识在线聚合模型，开展新能源在

线仿真研究，开展电力系统电磁暂态仿真模型的非线性修正和准确性验证。

预期成果：建立完善的新能源关键设备控制器数模混合仿真平台，掌握新能源场站内关键设备数模混合仿真技术；建立完善的新能源单机、无功补偿装置、AGC和AVC控制器、快速调频装置等控制器的硬件在环并网性能仿真测试，具备评估与现场一致性的能力；提出风电场、光伏电站的电磁暂态通用模型结构及等值建模方法；掌握大型风力发电设备稳定性仿真技术；提出适用于电磁暂态问题分析的风电场、光伏电站分群（聚类）指标；新能源场站在线聚合模型建模规范和在线仿真试点应用。

项目 4：新能源并网检测技术研究与应用

研究内容：开展新能源场站风电机组、光伏逆变器、无功补偿装置高电压穿越、电压和频率适应性、无功动态响应等技术的研究与应用；研究大规模新能源接入电力系统新特性；开展基于新能源同步机的风电场并网关键技术研究。

预期成果：建立新能源场站风电机组、光伏逆变器、无功补偿装置高电压穿越、电压和频率适应性、无功动态响应等性能试验能力；提出风电场多逆变器汇聚驱动新能源同步机并网的新方法，解决新能源电网惯性缺失及电压波动的问题。

项目 5：内蒙古电网接纳新能源能力分析评估研究及应用

研究内容：深入分析内蒙古电网大规模新能源消纳瓶颈；研究新能源消纳能力计算分析算法；结合电源、电网规划及负

荷增长情况，研究电网次年新增新能源消纳空间评估计算方法并开发评估预测软件，支持多场景新能源消纳空间合理性评估核算。

预期成果：提出针对大规模新能源切实可行的消纳解决措施及实施方案；开发软件实现新能源消纳能力预测及评估；提出电网次年新增新能源消纳空间评估计算方法并开发评估预测软件，合理评估新能源消纳空间，提升消纳水平。

项目 6：提升可再生能源消纳能力的控制方法及应用研究

研究内容：研究提高可再生能源消纳的广域联合发电控制、多类型电源调控等技术；开展基于云平台的新能源全网实时消纳辅助决策体系及可视化研究；充分评估分析内蒙古电网新能源消纳水平和电源结构，研究考虑内蒙古电网通道约束的电力电量平衡方法；研究面向可再生能源平滑消纳的源荷物联机制与运行控制技术。

预期成果：提出适用于提高清洁能源消纳的控制策略优化方案；建立考虑新能源多层次消纳、常规电源调节能力等优化运行辅助决策体系及全景可视化展示方式；基于内蒙古电网新能源消纳水平评价指标体系和电源结构合理配比，提出内蒙古电网考虑通道约束的电力电量平衡方法；提出支持平滑消纳的网源荷协同调控方法，促进新能源消纳。

项目 7：新能源发电短期出力预测研究

研究内容：分析影响新能源发电的几种重要因素，研究粒子群优化最小二乘支持向量机算法 (PSO-LSSVM)，并以电站的

历史出力数据和气象数据为输入变量，构造新能源发电的短期功率预测模型，对短期出力进行预测。

预期成果：通过对新能源发电短期出力的预测，提前做好客户有序用电工作；优化常规机组方式安排，保证地区电网安全稳定运行；提高新能源发电短期出力预测的精度，有效释放新能源消纳空间。

项目 8：面向电力市场的新能源协调调控方法和机制研究

研究内容：分析电力市场开放对可再生能源出力特性的影响，基于对可再生能源的分布结构、分布特点的分析，研究针对不同季节、不同时间、不同区域的可再生能源出力特性与电力市场运营机制的相关性。基于市场化的可再生能源出力特性，研究规模化可再生能源接入电网的运营策略，分析可再生能源参与电力市场交易对电网调度运行的影响，提出可再生能源参与电力市场下电网调度提升措施。研究可再生能源并网系统 AVC 的优化策略，推动大规模可再生能源接纳。

预期成果：提出规模化可再生能源接入电网的运营策略。提出可再生能源参与电力市场下电网调度的提升措施。提出可再生能源并网系统 AVC 的优化策略。

1.1.2 源网荷储协调控制技术

① 研究内容

依托储能科技示范项目，开展源网荷储协调控制、新能源消纳、电网调峰调频及储能电价机制方面的研究，对电网储能项目经济运行、风险及效益评估方面进行专题研究，并研究源

网荷储协调发展的现代能源示范区发展思路及技术实现路径。

② 预期目标

依托示范工程，掌握多元储能装置接入对电网的影响，实现规模化储能与新能源发电集群的联合运行优化控制，构建多元一体化可再生能源电站的选型、容量配置、经济性分析评估体系，实现源、网、荷、储的协同规划。

③ 重点科技项目

项目 1：大规模新能源与储能联合运行适应性及经济型研究

研究内容：研究不同储能方式和容量配置条件下储能单元在风、光发电系统的适应性；研究储能系统及风光储联合发电系统的协同优化运行控制技术；研究多类型储能装置选型、容量配置优化、运行特性及经济性分析评估方法。

预期成果：构建多元一体化可再生能源电站的选型、容量配置、经济性分析评估体系、控制系统架构及复合控制策略，实现规模化储能与新能源发电集群的联合运行优化。

项目 2：网源荷储协同控制与运行技术研究

研究内容：研究有源配电网源、网、荷协同控制与运行技术，研究分布式能源大规模接入下安全稳定控制终端智能协同控制方法，构建源网荷储协同控制及调度仿真平台，研究协调优化调度实用技术，对源网荷储各类可控资源进行时空协同优化调度。

预期成果：实现源网荷智能互动、资源优化配置及能源高

效利用，提升系统安全稳定水平和新能源消纳能力。

项目 3: 基于大规模新能源储能的内蒙古电网多种电源和电网协同规划研究

研究内容: 以电网各断面潮流，以及包含新能源储能的多能源发电系统环境、经济和电网稳定为目标，研究电网优化潮流和电源控制的优化策略；基于内蒙古电网区域经济社会发展规划、现有网架结构、电源结构，以及新能源配置储能后的特性，研究内蒙古电网和电源的协同规划方法，实现源、网、荷的协同规划，并比较新能源未配置储能的方案。

预期成果: 提出以经济和电网稳定为目标的包含新能源储能的多能源发电系统电网优化潮流和电源控制的优化策略；提出协同规划方法，实现源、网、荷、储的协同规划。

1.1.3 综合能源灵活接入配电网技术

①研究内容

研究多种供能的综合能源多元主体灵活便捷接入系统的关键技术。

②预期目标

提出较为完善的综合能源系统优化规划方法；提出改善综合能源利用效率的综合评价体系；形成多种供能的综合能源多元主体灵活便捷接入系统的综合调节评价体系；提出多种能源的综合能源系统优化协调，提高能源利用率。

③重点科技项目

项目 1: 综合能源系统协同规划研究及规划评估软件开发

研究内容：提取分析综合能源系统典型应用场景基础数据；研究综合能源系统“源-荷-储”互补特性；开展综合能源系统协同规划研究并进行软件开发。

预期成果：建立综合能源系统典型应用场景基础数据库；掌握综合能源系统的“源-荷-储”互补特性；优化规划研究并开发评估软件。

项目 2：低碳经济下综合能源系统的碳排放分析与优化规划方法

研究内容：运用生命周期分析方法，分析综合能源系统中不同能源链迁移转化过程中的碳排放，计算碳排放指标；以碳排放量最小，综合经济性最高为目标，计及综合能源系统多能源形式的碳排放，对系统进行低碳的管网优化，建立针对综合能源系统的优化规划模型。

预期成果：提出考虑经济与环保的节能低碳管网优化方案；提出综合能源系统低碳模式的规划方法。

项目 3：基于“云、大、物、移、智、链”的综合能源交易平台关键技术

研究内容：调研分析国内外典型能源交易所技术支持系统，研究可再生能源消纳责任权重和绿色电力证书交易系统的关键技术，研究基于“云、大、物、移、智、链”的综合能源交易平台关键技术。

预期成果：建成具体自我预测、自我修复、自我调节等鲜明特点、覆盖整个能源系统的智能化能源交易平台，支撑可再

生能源消纳权重转让、绿证交易、碳排放交易和电力市场上下游产品交易业务顺利开展。

1.2 智能电网技术（电网数字化转型）

1.2.1 协调智能的调度控制体系

① 电网安全分析技术

a. 主要研究内容

开展大规模新能源电力系统仿真技术研究和应用，研究大规模新能源接入对电网的影响；研究系统惯量与阻尼监测、评估技术；研究电网频率安全在线评估与预警技术；研究大规模新能源接入系统的安全预警技术；研究互联电网的安全稳定水平分析及综合防御技术。

b. 预期目标

提出基于全过程动态仿真的内蒙古电网安全稳定措施及要求，实现具有同步惯量、虚拟惯量和电源一次调频能力的监测、预测、校验功能的电网运行方式的预防控制，提出新版《电力系统安全稳定导则》要求下内蒙古电网安全稳定计算原则和方法，提出适用于内蒙古异步联网后电力系统安全稳定综合防御方案，提升含大规模新能源电网特性的认知能力。

c. 重点科技项目

项目 1：大规模新能源电力系统的安全稳定分析及措施验证研究

研究内容：研究考虑复杂非线性因素的同步发电机电磁暂态模型，研究建立考虑负荷增长、过励磁限制、有载调压变压

器、AGC 等动态模型的全过程仿真数据；研究考虑动态模型之后，电力系统的旋转备用配置、动态无功配置、AGC 配置、有载调压变压器调整策略变化及适应性；研究扰动后较长时间的系统性能，比如系统解列、频率稳定、低周减载方案的适应性；研究电力系统电压稳定特点及形成机理。

预期成果：构建能够计及饱和曲线随运行工况变化的同步发电机改进模型，掌握基于 PSD-FDS 全过程动态仿真程序的仿真原理和方法；总结考虑动态模型之后内蒙古电网安全稳定措施变化特点和电压稳定特点；提出内蒙古电网旋转备用、动态无功设备的安排和分布策略。

项目 2：系统惯量与调频能力在线监测及频率安全预警技术开发与应用

研究内容：研究系统同步惯量、虚拟惯量在线监测与评估技术，研究常规机组、新能源场站一次调频能力在线监测及动作评价技术，研究电网频率安全在线评估与预警技术。

预期成果：建成内蒙古电网系统惯量与调频能力实时在线监测及频率安全预警系统。

项目 3：基于短路比分析的电网安全风险在线预警技术研究

研究内容：研究适应新能源并网的电网广义短路比指标、系统暂态稳定特性、短路电流、小扰动特性，研究火电机组灵活性改造对原动机调节系统对电力系统动态稳定及 PSS 低频振荡抑制效果的影响，研究用于抑制系统大扰动低频振荡的发

电机阻尼系统与励磁系统协调控制技术，研究大规模新能源接入后电网宽频带振荡、次/超同步振荡问题和对策。

预期成果：提出基于广义短路比等系统的稳定裕度在线测量算法、在线稳定预警方法，实现新能源大规模接入后内蒙古电网的稳定风险在线监测，提出次/超同步振荡的关键影响因素和解决方法，提出基于监测数据的实时振荡溯源方法以及紧急控制方案。

② 电网安全控制与运行技术

a. 主要研究内容

研究大电网保护、运行控制及决策关键技术，研究互联电网背景下二、三道防线的适应性及频率协调控制技术，研究大规模新能源集群并网的电网安全稳定控制技术。

b. 预期目标

提升大电网实时数字仿真支撑技术，提出互联电网下内蒙古电网安全稳定控制策略及三道防线改进措施，并结合区域安全稳定控制系统进行校核，提升新能源送出能力和电网安全运行控制水平。

c. 重点科技项目

项目 1：基于异构并行计算技术的互联大电网运行控制关键技术研究与应用

研究内容：研究和应用基于异构并行计算的电网实时仿真技术，研究含大规模新能源的送端电网的交互影响、协调控制与保护技术，研究电网互联后内蒙古电网各稳控策略的适应

性，研究统一潮流控制器、调相机、磁控高抗、柔性直流在新能源集中区域应用的特性，研究汇集新能源直流送出的保护、控制策略及其对电网二、三道防线的影响。

预期成果：建成交互联大电网控制和保护实时数字仿真支撑平台，具备开展含有大规模新能源特征的大电网仿真分析能力，完成互联电网下内蒙古电网二、三道防线适应性校核并提出改进措施。

项目 2：基于大数据、物联网及移动终端的继电保护智能运维、故障诊断技术研究及应用

研究内容：运用互联网、物联网、智能移动终端、电子标签、大数据技术的进步，整合继电保护数据资源，将现有统计分析系统、SCD 文件管理系统、图纸电子化系统、二次设备在线监测系统数据资源进行整合优化，实现继电保护设备台账、运行检修数据、缺陷统计智能维护，开发地区电网快速故障诊断定位系统，深度挖掘网络拓扑、故障录波信息、继电保护装置及断路器动作等信息及数据，采用智能算法进行诊断、推理、决策。

预期成果：实现继电保护缺陷智能分析、设备状况评估、故障诊断、科学决策、远程更改定值及纠错和设备的全寿命周期管理等。

项目 3：新能源汇集区无功电源调用及控制优化技术研究

研究内容：研究新能源场站无功控制精细化模型建立及参数辨识方法，研究电网主站 AVC 和子站的协调控制方法、子站

无功电源协调控制优化方法，研究大规模新能源并网区域的动态无功储备评估方法。

预期成果：建成电网无功电压控制技术研究平台，解决新能源汇集区无功环流、电压波动问题，提升电网电压稳定裕度和新能源送出能力。

项目 4：适用于电网新特征的同步波形测量技术研究与应用

研究内容：研究含有大规模新能源和电力电子装置的系统波形新特征，研究基于人工智能的快速扰动识别方法，分析电力系统典型扰动过程的最优采样频率，研究基于窗函数法的采样方法。

预期成果：提出基于人工智能的快速扰动识别方法和自适应波形测量方法，提出数据压缩方法与通信协议，研制和应用适用于电网新特征的同步波形测量装置，为电网安全监控和动态特性分析提供可靠的实时波形测量数据。

项目 5：基于数据挖掘和专家规则的电网设备参数辨识与继电保护整定精益化研究

研究内容：基于现有电网模型数据交互规范，建立设备参数标准；基于数据挖掘研究电网参数关联关系，对已有参数进行审核、对新增设备模型从不同数据维度进行智能预审；开发继电保护整定计算与定值在线校核管控平台，研究继电保护定值同一设备定值关联关系及双套保护间、线路两侧保护的定值的关系，构建继电保护定值精益化审核体系；基于大数据角度

从不同维度对已有定值单进行定值校核，同时对新生成定值单进行精益化预审。

预期成果：建成继电保护整定计算与定值在线校核管控平台，应用于供电单位，实现电网设备参数的规范化和智能审核，促进继电保护标准化、精益化发展。

③ 电网智能调度技术

a. 主要研究内容

研究电网人工智能调度支撑技术，研究基于调控人员语音和行为分析的调控知识自学习关键技术应用，研究新一代调控系统的人机交互关键技术。

b. 预期目标

提升调度智能化水平，基于调度电话语音的智能识别和人工智能自学习技术，提出适用于在线运行的系统稳定状态判断和决策方法，实现人机交互的多场景应用。

c. 重点科技项目

项目 1：电网人工智能调度关键技术研究

研究内容：研究继电保护、安控系统、综合自动化设备等数据融合技术，打通调度运行数据壁垒，研究基于设备监控和状态监测信息关联技术，研究基于自然语言处理技术的电网告警信息的智能解析，研究基于机器学习的监控故障信息事件化诊断分析，研究故障简报的自动生成技术，研究基于 GSM 模块的故障信息智能处置方法，研究基于设备监控信息的大数据挖掘研究与应用，开发抽水蓄能电站级机组优化调度运行控制系

统。

预期成果：实现保护、自动化及设备监控运行数据与设备缺陷、输变电设备在线监测、状态评价、检修操作、日常巡检等数据关联，实现电网告警信息的可视化展示、智能解析、事故简报的自动生成、故障快速定位及故障处置过程的闭环，实现地区电网调度对新能源功率控制，包括断面控制、发电计划深度优化及性能统计分析，实现呼蓄电站智能优化调度运行与综合效益量化评估。

项目 2：基于大数据和人工智能技术的电力系统运行智能辅助决策的关键技术研究

研究内容：针对大规模新能源发电波动性带来的电力系统运行方式多变问题，借鉴传统大电网分析理论和人工经验，基于实际系统的大量电网数据和历史结果，研究运检大数据规范化建模技术，研究面向电网运行方式稳定性（稳定裕度和性质）的智能辅助分析和决策方法，研究考虑新能源发电预测、负荷预测的稳定性变化发展趋势和优先调度策略，研究基于强化学习的电网事件处置预案，动态优化风险防控策略，研究基于知识图谱与深度学习的电网调控人工智能协同决策技术，研究智能感知故障及故障处置分析、决策及电子化流程。

预期成果：提出适应于在线运行的基于人工智能技术的系统稳定状态判断和决策方法，适应区域电网未来运行方式多变的运行状态，将电网事件处置预案应用于电网运行风险防控。

项目 3：基于新一代调控系统的通用人机云终端关键技术

研究

研究内容：研究基于新一代调控系统的通用人机云终端关键技术研究，解除人机云终端与调度场所、系统及资源的绑定。研究基于目录的人机部署控制框架，实现同一个人机工作站部署运行多套人机程序。研究人机云终端主备调远程灵活访问技术，通过远程访问机制，将人机请求发送给异地系统。研究私有协议广域转发技术，支持 II 区采用非平台服务应用的异地访问。研究多应用人机展示融合框架，使不同类型的应用人机采用不同的方式整合在一起。

预期成果：实现通用人机云终端的主备调以及 I、II 区应用的灵活访问、人机部署、主备调远程功能整合。

1.2.2 安全坚强的输变电技术

① 输变电设备新型技术研究与应用

a. 主要研究内容

研究新型设备在电网的应用；研究输变电设备现场大型试验技术和检测技术；开展新型智能传感技术，机器人，遥感卫星，北斗卫星通讯，计算机视觉技术等新兴技术研究在输变电设备性能监测方面的应用；探讨环境友好型、新型绝缘材料的研制、应用、检测，以及寿命评估关键技术；研究金属材料防腐蚀技术。

b. 预期目标

实现绝缘油、绝缘气体多参数、多技术融合检测，提高绝缘介质性能检测正确性和准确度；示范应用和推广新型智能传

感技术、声光电联合无损检测技术、多光谱技术等新型试验和检测技术；研发输变电设备轻型、小型智能试验装置，实现现场快速试验测试；推动新型材料应用，加快外绝缘材料试验和检测能力的提升；加强生产运行和基建建设的测试、试验的关联程度，有机结合新技术和传统电气试验技术，提出交接、验收创新试验方法；学习输变电领域相关的新技术、新方法，研发新装备，利用新成果完善智能监测、巡检技术；基于卫星遥感、北斗卫星通讯、计算机视觉技术等技术，提升电网智能化水平；研究新型老化检测和评估方法，构建复合材料寿命评估模型，试点应用后形成指导意见；结合生产需求，研发试制新型智能机器人；试点应用环境友好型绝缘材料作为绝缘介质的输变电设备；提升变电站金属部件耐腐蚀水平。

c. 重点科技项目

项目 1：基于卫星遥感、计算机视觉技术等的电网应急装备新技术的研究和应用

研究内容：学习掌握卫星遥感勘测技术；学习掌握无人机摄影勘测技术；掌握移动式应急供电和抢修施工技术。研究基于北斗卫星通讯的输变电设备在线监测数据高可靠性传输技术。

预期成果：研发一体化应急通讯指挥系统应急装备，如实现对变电站等大面积设施的地质形变监测和安全评估。开展卫星遥感、计算机视觉技术、视频监控、图像分析等新技术的应用验证和示范，提升电网应急处理能力。实现基于卫星导航和

基站通讯全线路覆盖的互补通讯方式。

项目 2: 基于智能检测技术的输变电设备寿命评估方法研究

研究内容: 研究高压电缆整缆频域介电谱特性检测技术, 研究高压电缆缺陷的时域、频域联合定位技术, 研究基于光纤测温技术的电缆故障诊断技术; 研究干式绝缘设备(变压器、干抗、套管等)活化能的智能检测和获取方法; 研究基于活化能的干式绝缘设备缺陷检测与老化评估方法。

预期成果: 形成基于整缆频域介电谱和阻尼振荡电压的高压电缆电气特性整缆测量和试验技术, 形成高压电缆缺陷的时域、频域联合定位技术, 形成基于光纤测温技术的电缆故障诊断方法; 建立基于电气特性整缆测量和缺陷定位的高压电缆剩余寿命评估技术规范。建立干式绝缘设备缺陷检测与老化评估方法。研制一套基于活化能特征参量的干式绝缘设备老化评估与寿命预测方法、技术和装置。

项目 3: 多参数、多技术融合的绝缘油、绝缘气体性能检测技术

研究内容: 开展绝缘油、绝缘气体的光学检测、红外检测、能量谱等测试技术研究; 利用光学集成检测法, 探索充油、充气输变电设备的电场分布、绝缘性能、密封性能等性能检测方法。开展基于多种测试原理、多参数、多维度、多算法修正的测试和诊断技术研究。

预期成果: 形成多种测试原理、多重参数、多融汇算法的

绝缘油、气测试和诊断方法；研制测试样机，开展现场测试。

项目 4：输变电设备外绝缘性能综合检测技术和示范应用

研究内容：针对运行维护阶段劣化后新产生的零值、低值绝缘子，开展绝缘电阻、电压分布、绝缘耐压、红外、超声等不同停电、带电检测方法的适用性研究，开展绝缘子零值、低值、污秽程度、界面张力等检测技术研究。

预期成果：形成绝缘子零值、低值、污秽程度、界面张力等检测技术理论依据，针对不同检测原理，提出不同判别标准、依据、经验数据。指导生产运维单位不停电状态下快速、有效、准确判别零值、低值绝缘子；基于新方法、新原理等开展绝缘子污秽程度、界面张力等检测技术应用。项目 5：新型复合绝缘材料全寿命的评估研究

研究内容：研究不同结构形式复合材料全寿命的差异；研究横担材料本体在不同的老化因素作用下随时间的性能衰减，探究横担达到最佳寿命周期所需的性能要求。

预期成果：形成新型复合材料寿命评估模型；选用一种运用复合材料制作的输变电设备编写相关入网检测标准及推荐方案。

项目 6：输变电埋地金属部件腐蚀状态无损评价技术研究

研究内容：建立地网材料腐蚀与扩散规律的模拟试验台；研究腐蚀元素分布与地网腐蚀状态关系，研究基于腐蚀元素分布检测的腐蚀状态无损评估方法。

预期成果：编写输电线路钢管杆及埋地锚杆导波检测技术

导则；实现输变电埋地金属部件腐蚀状态的评价。形成变电站接地网腐蚀诊断方法以及评定技术方法。

项目 7：新型输变电设备的引进和应用技术

研究内容：探索并试制基于新拓扑、新材料、新原理的输变电设备，例如集成高精度、抗饱和、标准协议数字输出的智能型电压/电流互感器设备。

预期成果：提出电容式电压互感器的高精密测量技术，研制集成高精度、抗饱和、标准协议数字输出的智能型电流和电压互感器设备。

②输变电设备状态监测、评估与诊断技术

a. 主要研究内容

研究输变电设备状态监测数据中心和数据平台建设关键技术，状态监测评估方法，故障诊断技术，电气设备过电压保护及其防治技术，新型输变电设备在线监测及带电检测技术；研究应用人工智能技术，大数据等的输变电设备智能巡检技术；构建输变电设备智能管理体系。

b. 预期目标

建立基于带电检测、智能装备、大数据深化应用等技术的状态评估和故障诊断体系，实现输变电设备运行状态监测数据的可视化与共享，形成精准的检修技术策略，服务输变电设备智能运检管控；实现基于多物理场融合技术、设备运行特征在线监测技术、智能检测技术等输变电设备在线检测，以及运行状态和设备寿命评估研究；结合输变电设备的智能缺陷检测

方法，探究高级评价及检修决策技术，提升状态评估和故障诊断的准确性；紧跟输变电设备智能巡检技术的发展，试点推广输变电设备智能巡检技术，加快推进新型巡检技术在生产工作中的应用；立足生产需求，强化先进在线监测技术在生产工作中的支持作用，全面推进设备全寿命周期管理进度，构建输变电设备智能管理体系。

c. 重点科技项目

项目 1：输变电设备智能巡检技术研究

研究内容：在直升机、无人机、智能机器人等巡检技术研究和应用的基础上，探索应用现代通讯新技术和交互式、可视化巡检设备开展智能化巡检工作；调研面向特殊环境微型机器人智能巡检、检测与维护技术；探讨智能机器人巡检系统与其他系统信息共享与信息融合技术；开展直升机与无人机的巡检特性和巡检效果检查；探索直升机与无人机协同巡检作业模式与策略；探索实施直升机与无人机巡检信息互联与共享；开展输变电巡检路径优化技术研究。

预期成果：建立面向智能电网的巡检技术标准体系，通过智能巡检综合信息分析，实现巡检设备自动定位、跟踪、巡检全过程数字化记录、在线智能诊断缺陷等功能，实现多系统间信息共享与信息融合。通过直升机与无人机协同巡检作业，实现直升机与无人机巡检信息互联与共享，并建立技术标准体系。开发基于 PDA 掌上电脑的线路智能导航巡检系统和输变电路线巡检路径规划系统。

项目 2: 多源状态数据融合的智能检修技术研究

研究内容: 借助多源状态数据融合机制与手段、无人机或直升机等智能巡检作业技术支持系统, 研究设备不停电检测数据的自动获取及动态关联; 建立基于不停电检测数据的诊断分析模型; 依据设备缺陷演化发展规律, 建立电力设备事故失效概率预测模型, 研究不停电情况下设备风险管控技术。

预期成果: 研发并应用基于不停电检测、带电作业等的输变电设备状态智能综合管理系统, 实现设备状态管理的自动化及精益化, 达到节约资源、提高效率及保障设备及人身安全的目的。

项目 3: 融合带电检测技术的电气特项试验技术的应用研究

研究内容: 研究交流耐压试验与局部放电带电检测技术相结合的高压开关交流耐压方法, 研究特项试验前后 SF₆分解物测试结果的判定标准; 研究融合多种检测技术的交流耐压试验的关键实施环节。

预期成果: 提出并应用交流耐压试验与局部放电带电检测技术相结合的高压开关交流耐压验收方法, 明确融合多种检测技术的交流耐压试验的关键环节的现场实施流程, 明确特项试验前后 SF₆分解物测试结果的判定标准。

项目 4: 基于多源数据信息的输变电设备状态评估和故障诊断体系的构建与应用

研究内容: 依托大数据应用技术, 建设输变电站设备生产

监测和管控系统，开展海量数据信息的提取和融合技术研究；构建设备在线监测和带电检测技术体系，开展输变电设备深度状态评估研究；结合调度自动化、带电检测、带电监测等设备“动态”运行信息，融合视频、图像、设备信息、运检业务、通道环境、调度自动化系统等多源数据信息，深度挖掘大数据，深化多源数据信息的技术研究和应用。

预期成果：实现输变电设备多源数据的自动获取、批量处理、分析决策，推动信息汇集、过程管控、预警研判。建立动态评价、预测预警、故障研判等分析模型。提升设备状态预控能力，深度优化检修策略，推动设备状态评价机制提升和创新。

项目 5：输变电设备运行状态关键技术研究及其示范应用

研究内容：开展集团公司生产 MIS 数据治理技术研究；开展统一的断路器、输电线路等关键输变电设备的健康评估研究；开展变电站接地装置故障诊断和防治研究；开展以多算法融合的数据识别和处理为基础的状态评估方法。

预期成果：建立集团公司生产 MIS 中输变电一次设备基本台账信息正确性和运行数据完整性核查规则，提升生产 MIS 数据质量；各单位统一建立变压器、断路器、输电线路等关键输变电设备的健康评估系统，并与集团公司生产 MIS 的数据交互，具备对电力变压器和 SF₆ 断路器开展故障风险评估的能力，有效指导设备检修。利用新型综合算法，发掘输变电设备在线监测数据，服务设备状态评估和故障诊断。

③特殊环境下输变电设备运行特性研究与应用

a. 主要研究内容

开展寒冷、高海拔、大温差、风沙等特殊气象、气候环境下输变电设备的运行特性及其防治技术研究；研究特殊地矿地质条件下输变电设备运行维护要求。

b. 预期目标

明确绝缘油、绝缘气体、混合绝缘气体、油纸绝缘、电瓷、复合橡胶等绝缘介质在内蒙古特殊气候气象环境中的性能特征；明确特殊气象气候环境中输变电设备的运行特征；为提升设备选型、运维、试验技术奠定研究基础。

c. 重点科技项目

项目 1：严寒地区绝缘介质绝缘劣化过程研究及其应用

研究内容：结合模拟试验和多维场仿真计算，探究油纸、电瓷、SF₆气体等绝缘介质在低温条件下、温度快速变化过程中电气绝缘、介电和散热等特性，掌握其工作特性。研究低温条件下、温度快速变化过程中，负荷变化、设备过载、故障冲击等因素对典型充油、充气、瓷套等设备温度场和电磁场分布的影响，明晰其绝缘劣化过程。

预期成果：制定或补充严寒地区电气设备的运维检修新策略，形成充油设备、SF₆（SF₆+CF₄）充气设备及电瓷产品在低温和大温差等气候条件下的初步运行指导意见。

项目 2：大温差下气体绝缘设备绝缘气体性能研究和应用

研究内容：针对内蒙古地区大温差气候特点，开展气体绝缘电气设备绝缘气体（SF₆）绝缘性能的在线监测技术研究，

开发适用于内蒙古大温差环境下包含绝缘气体密度、温度、微水含量的一体化在线监测装置。研究大温差环境下 GIS 站长 GIL 管道形变情况与温度的关系。

预期成果：建立气体绝缘电气设备绝缘气体（SF₆）绝缘性能监测系统；对 GIL 管道热胀冷缩形变状态进行采集、存储、告警，并研制一套监控系统。降低现场运维人员的工作量，提升气体绝缘设备的智能化水平，保障电网的安全稳定运行。

项目 3：计及环境因素影响的电气设备潜在缺陷预警及诊断分析系统

研究内容：构建典型电气设备缺陷仿真模型，结合高低温循环、雨水喷淋及长时间施加电压等方法，模拟内蒙古电网在运典型电气设备的真实运行环境，研究特殊气候因素对典型电气设备性能的影响。

预期成果：进一步明确特殊气候因素对典型电气设备性能的影响，为电气设备缺陷预警提供技术支撑，为故障诊断提供分析手段。

项目 4：采空区地质检测及输电线路运行风险评估

研究内容：研究地表形变监测和塔杆基座及周边地质稳定性安全评估方法。开展变电站的地质形变监测，研究和改进面向面域目标形变监测的方法。研究煤矿采空区输电线路基础变形的模拟技术，研究煤矿采空输电线路杆塔结构的荷载工况组合方法，研究基础变形和大风等运行荷载组合下输电线路杆塔结构有限元分析模型及受力分析方法。开展煤矿采空区输电线

路杆塔结构承载力的状态评估。

预期成果：形成采空区输电线路高压铁塔及变电站风险普查与安全评估，实现不同情况下采空区输变电设备变形风险的定期自动排查，实现对变电站内大型输变电设备的地质形变监测和安全评估，为内蒙古所有电力设施形变安全排查奠定基础。

④ 变电站智能化及智慧运维技术

a. 主要研究内容

研究智能变电站光纤通信技术；研究设备全寿命周期信息管理技术、设备事故智能诊断技术、设备运维技术；开展变电站机器人智能巡检、变电站安防、消防或动力环境智能监控。

b. 预期目标

通过标准化、规范化和专业化的设计理念，充分利用当前成熟的物联网技术，结合高速网络通信和智能移动终端技术，实现继电保护设备进行全寿命周期管理和运检工作移动化、网络化、智能化，从根本上改变传统的工作模式，有效规范继电保护设备运行维护管理，提升现场运维工作的安全、质量、效率；通过变电站全方位监控技术研究，提升变电站智能化运行水平。

c. 重点科技项目

项目 1：基于大数据、物联网及移动终端的继电保护智能运维技术研究及应用

研究内容：基于大数据、物联网及移动终端技术，整合继

电保护数据资源，将现有统计分析系统、SCD 文件管理系统、图纸电子化系统、二次设备在线监测系统数据资源进行整合优化。

预期成果：实现继电保护设备台账、运行检修数据、缺陷统计智能维护；挖掘数据信息，实现继电保护缺陷智能分析、设备状况评估、科学决策、远程更改定值及纠错和设备的全生命周期管理等。

项目 2：智能变电站智能化运维系统研究及移动应用

研究内容：基于驾驶舱、大数据分析挖掘、移动互联网、电力监控系统信息安全等技术，应用智能变电站智能化运维技术；探讨智能变电站过程层交换机在线监测技术；研究基于虚拟现实的智能变电站远方监控技术；探讨基于巡检机器人的智能变电站程序化顺序操作技术；调研智能变电站时间同步系统建模技术和在线监测技术，提出智能变电站时间同步状态监测方案。

预期成果：研发基于变电站全景信息的智能化运维平台，并完成试点应用及移动端应用。开发可视化监控软件，实现过程层交换机关键监测数据的获取及传输，提高对过程层交换机的监控及管理。研发时间同步状态监测分析软件，实现变电站时钟故障有效分析和评估。实现基于虚拟现实的智能变电站远方监控，实现基于巡检机器人的智能变电站程序化顺序操作。

项目 3：变电站机器人集群控制技术研究与应

研究内容：针对变电站内单台运检机器人作业时间长，以

及机器人集群作业目标难以调整优化的问题，研究多机作业模式以及机器学习在机器人集群控制上的应用。开展机器人集群作业的工作模式及效率分析研究，提出缩短作业时间的机器人集群作业模式。开展机器学习在机器人运动控制及任务规划等方面研究，提出机器学习在多种作业目标下智能优化作业路径和作业顺序的应用方案。

预期成果：提高机器人作业的速率，缩短作业时间。实现机器人集群控制的自优化。通过多机协作模式研究和机器学习在规划控制上的研究，解决单机作业效率低下、多机作业模式控制难的问题，为变电站内的快速机器人作业提供支撑。

项目 4：智能变电站二次回路主动监测技术研究与应用

研究内容：针对智能变电站二次路由由电缆物理回路转变为数字化光缆回路不可视、不可测的现状，研究二次回路主动监测技术，开展分合闸开出回路无盲区智能检测技术研究，开展采样回路阻抗动态检测技术研究，提出分合闸开出回路无盲区智能检测和采样回路阻抗动态检测技术方案。

预期成果：实现出口接点、压板、传统控制回路的整个回路无盲区监测，实现对电压电流互感器二次回路阻抗异常的早期预警和主动感知，解决端子松动，采样小 CT 老化等不易检查的问题，为二次回路评价、在线监视及诊断等技术分析和专业管理发挥重要支撑作用。

项目 5：智慧电站系统应用研究

研究内容：借助计算机视觉、深度学习以及机器人应用等

人工智能手段，结合 5G、移动应用等先进技术，融合智能调度、智能巡检、安保及反恐、无人机巡检、应急救援等模块，实现全数据感知和应用，开展智慧电站管理系统应用研究。

预期成果：实现生产关键环节实时监控，提高作业过程的可控性和安全性，减少人工干预所造成的错误操作及数据误差，全面提升调度、巡检、安全和应急处置等方面工作的智能化水平，搭建智慧电站系统应用试点。

1.2.3 灵活可靠的配电技术

①配电网运行及调控技术

a. 主要研究内容

开展配电网运行状态监视、故障定位，智能配电网调度，多元化负荷接入配电网技术研究；跟踪主动配电网技术，研究配电网自愈控制技术应用，农网电气化提升技术，配电网互动化服务技术。

b. 预期目标

建立配网故障监测系统，完善并推广调控一体化技术，解决接地故障诊断、定位、隔离问题，实现配网分支开关保护设置规范化和实用化，提升供电可靠性；提升配电网调控运行智能化水平，提升多元化负荷接入配网水平，推动配电网中新能源消纳；提升农网电气化水平，提升农网供电可靠性。

c. 重点科技项目

项目 1：配电网保护技术与故障诊断快速定位研究

研究内容：研究配电网建模技术和智能化保护定值计算技

术；配网“一键式”整定计算技术、电子化定值单计算书自动生成技术；研究配网的数据管理功能；研究架空线路及电缆线路故障预警定位技术；10kV 配电线路单相接地故障特征仿真和现场试验；研究基于区域差分处理的故障辨识技术，实现不同故障类型可靠辨识；研究配电网单相接地故障行波特征提取方法，实现故障点位置的初步判定；研究配电线路故障指示器布设策略；研究完善配电线路分支分段开关设备保护设置原则；研究配网分支分段开关保护与主网保护配合方案，并探索保护差异化设置原则。

预期成果：掌握配电网拓扑结构建模及保护定值的自动计算技术，提出智能化配电网保护整定计算方案。针对不同接地方式配电网定值整定、不同接地电阻故障及不同位置安装的故障指示需求，确立对应的故障处理综合判据，提高暂态识别的准确度和灵敏度，实现配电线路故障类型的可靠识别和故障源位置准确定位，对集团公司配电网发展具有重要意义。

项目 2：多元化负荷接入配网适应性及主配网协同故障恢复研究

研究内容：研究新能源消纳能力评估方法；研究多元化负荷预测模型；研究多类型接入条件下的配电网规划原则；研究配电网供电能力评估提升技术。综合利用各监测数据和运行数据，通过故障模式分析方法分析系统内的故障和正常供电状态。建立停电时间最小为目标的故障恢复模型。考虑主网运行状态对配网的影响、源-网-荷-储多种资源的优化利用，研究

综合考虑多种资源优化配置和主配网协同的多阶段故障恢复优化方法。

预期成果：给出提升新能源消纳能力的相关措施、构建多元化负荷预测模型；以可靠性、经济性、安全性、灵活性等方面为前提，构建新能源及多元化负荷接入的指标评价体系；提出复杂运行环境下主配网协调故障恢复方法，协调利用主配网电源的供电能力，有效改善系统的供电可靠性。开发网络结构智能动态感知核查、基于大数据与计算智能的反窃电、用户接电“三零”服务智能辅助决策等功能，具备可视化展示功能。

项目 3：数据驱动的配电网拓扑精确辨识方法研究

研究内容：研究数据驱动的复杂配电网节点连接关系分析方法，识别配电线路与配电变压器、配电台区与终端用户之间的从属关系；研究数据驱动的复杂配电网拓扑结构构建方法，建立复杂配电网的实时拓扑结构模型；研究数据驱动的复杂配电网拓扑参数辨识方法，研究配电网拓扑参数的实时校正与更新策略。

预期成果：掌握数据驱动的复杂配电网拓扑精确辨识技术，识别复杂配电网节点连接关系，建立复杂配电网实时拓扑结构模型，提出复杂配电网拓扑参数的实时校正与更新策略。

项目 4：配电网调度控制核心指标及微电网优化调度研究

研究内容：研究智能配电网调度控制系统核心指标，分析智能配电网运行状态，从安全可靠、经济高效、环境友好等不同方面分层级提出量化评估指标；分析微电网系统结构及各类

能源运行特性；建立并网运行条件下的微电网系统优化调度总体框架，得出微电网优化调度策略。

预期成果：全面准确反映配电网调控运行状态与关键问题，指导配电网运维人员提升业务能力，支撑配电网经济调度高级应用功能开发；满足微电网经济调度，满足电网经济运行。

项目 5：面向网架强化和低电压治理的农村配电网研究

研究内容：研究农村地区配电网网架结构特点，针对高压配电网提出解决供电半径和供电质量问题的规划方案，针对中压配电网提出主干网架建设方案，提高供电安全可靠水平、提升农村配电网 N-1 通过率和联络率；研究农村配电网的低电压问题，明确增加电源及配变布点对低电压情况的影响；研究中压配网线路的供电半径和线径、无功补偿装置等对农村配电网低电压情况的影响，提出相应的农村配电网规划方案。

预期成果：明确农村配电网的网架结构特征，针对高压和中压配电网，分别提出相应的网架强化方法；明确农村配电网的低电压情况，提出解决低电压问题的规划方案。

② 配电网线损分析及节能降损技术

a. 主要研究内容

开展电网线损分析及节能降损技术研究；开展无功优化、无功补偿技术研究；开展低压配电网低电压、高损耗、重过载综合治理研究；开展电能质量分析与治理研究。

b. 预期目标

建立能够精确评估含分布式电源的配电网运行的安全性、

经济型的关键指标体系及评估方法；提出配电网降损技术方案，提高电网运行的效率；掌握含分布式电源的配电网的无功优化方法；提出低电压治理原则，解决典型配网低电压问题；提出配电网电能质量治理原则及方案，完善电能质量监督制度，制定非线性入网方案。

c. 重点科技项目

项目 1：含分布式电源的中低压配电网低电压及综合无功优化与治理

研究内容：低电压、高损耗、重过载线路及配电台区情况排查及典型问题归纳。研究含分布式电源的配电系统运行的安全性、稳定性、经济性指标评价体系；分析比较各类电压及无功调节设备的稳态及暂态特性以及应用场景；研究重、过载的配电系统安全、稳定、经济运行的影响；开发配电网多目标优化及辅助决策软件，建立多目标优化函数，利用智能优化算法，最终给出综合升压、降损、经济性的辅助决策方案。

预期成果：掌握含分布式电源的配电网运行的安全性、稳定性、经济性指标评价体系及评价方法；建立中压配电线路末端监测网络试点，扩大电压监测范围，形成从变电站出现、配电线路、配电台区低压出现、用户的全面监测；掌握含分布式电源的配电网多目标综合优化方法；通过编制典型案例及技术原则，使配网低电压相关问题的治理专业化、流程化。

项目 2：配电网降损决策及技术投资经济分析研究与应用

研究内容：研究多源数据融合及校核治理方法；研究支撑

配网理论线损计算的多源数据贯通及数据融合方法；研究配电网多算法对比分析及异常智能定位；基于理论线损计算结果，研究异常、高损设备智能定位，分析损耗原因；研究配电网降损方案优选；研究配电网中压线路、台区低电压治理；研究配电网改造后各类评估指标量化模型，定性定量分析配电网投资改造成效；研究配电网综合评估方法，包含前预评估和后评估。

预期成果：通过对配电网降损决策及技术投资经济分析的研究，采用仿真、模拟更换配电网设备、加装无功设备等手段对配电网进行改造，再利用大数据算法实现方案优选；构建配电网改造后各类评估指标量化模型，分析配电网投资改造成效；利用研究成果实现对配电网已改造、待改造项目的技术投资经济效益分析。

项目 3：新能源接入的配电网电能质量治理及风险预防控研究

研究内容：新能源接入配电网建模及其对电能质量的影响机理研究；配电网接入极限容量计算原则和提升策略研究；规模化新能源接入配电网台区的运行安全风险评估及预控措施研究；光伏接入台区三相不平衡控制及换相策略研究；研究光伏接入台区后的不平衡控制措施，通过换相器进行负荷均衡，从而改善台区电能质量；分布式能源接入的配电网电能质量综合治理装置研制及试用。

预期成果：提出相应的电能质量治理措施建议；提出配电网规划原则和提升新能源接入极限容量的策略；提出配电网运

行安全风险评估模型和方法，提出相应的预控措施，保障新能源接入后配电网的运行可靠性；研制适用于分布式新能源低压接入的配电网电能质量治理装置，实现三相不平衡度、谐波、电压偏差等的集中治理；开展配电网电能质量治理装置的试点应用；制定非线性电压接入原则。

③智能配电网技术

a. 主要研究内容

跟踪能量路由关键技术研究；开展微电网中的“源—网—荷—储”技术研究；开展配电网可观、可测、可控研究，实现实时监测；开展分布式能源接入配电网技术研究。

b. 预期目标

实现对分布式电源及设备的检测与评估；实现不同分布式能源的能量流及信息流高度融合，大幅提高综合能源利用率及能效；掌握含分布能源的配电网适应性分析方法，做好分布式可再生能源接入配网在安全运行和供电可靠性方面的准备；增加配电网新技术在智能配电网方向上的应用。

c. 重点科技项目

项目 1：城市配网侧能源枢纽关键技术及多微网区域配电网协同技术研究

研究内容：城市用户侧综合能源需求及应用场景分析、用户侧综合能源枢纽多能流优化调度运行策略研究、即插即用，研究适用于各种分布式能源友好接入的配网侧能源枢纽控制系统；开展理论研究的实验验证试点工程建设；研究电力市场

机制和相关政策，分析区域配电网与多微网交互作用机理；分析微网分散多点接入对配电网的影响。

预期成果：开发能量路由器应用平台能量管理与运行控制系统，开发配网侧能源枢纽控制系统；提出市场环境下计及多主体利益的配电网协同规划场景构建技术；提出市场环境下含多微网的配电网变电站选址定容方法。

项目 2：智能电网配电自动化技术研究

研究内容：结合新型电力电子技术、信息技术、互动策略等，研究智能电网配电自动化涉及的重大问题；研究分布式电源、电动汽车充电站和微网的接入、配电与用电互动等内容；研究配网故障自愈技术。

预期成果：掌握智能配电网要多个信息及功能模块的有机集成，通过跨平台的数据信息管理、先进的电网快速仿真、可视化的工具、智能专家系统等，实现更多、更高级的应用。实现需方响应，系统和用户的双向互动，逐步提高配电网自动化水平。

④供电可靠性提升技术

a. 主要研究内容

开展多约束条件（天气、负荷变化、潮流或设备等）影响的可靠性评估研究；开展数据挖掘的可靠性分析；研究蒙西地区配网结构特点，开展配电网供电可靠性简易评估分析。

b. 预期目标

针对电力管理设备年度总体运行状况等数据分析实现辅

助业务决策，提升可靠性指标；对各类设备检修及故障抢修过程评级体系不合理、生产检修的薄弱环节、天气、设备参数、负荷变化、潮流约束等进行识别，开展可靠性提升研究，提升内蒙古电网可靠性指标。

c. 重点科技项目

项目 1：电力可靠性数字化转型设计与数据质量提升研究

研究内容：数字化转型方法和数字化技术架构实践案例研究；宏观经济形势及电力改革对内蒙古电网可靠性数字化转型的驱动和挑战研究；集团公司数字化技术应用设计规划研究。可靠性关联系统设备台账数据、业务数据治理与应用研究；可靠性系统协同数据质量整改；可靠性关联系统元数据与主数据清洗治理。

预期成果：企业数字化转型方法和数字化技术架构的领先实践案例研究分析报告、电力可靠性数字化转型背景分析报告和可靠性数字化转型规划设计。利用质量提升后的成果数据，针对电力管理设备年度总体运行状况、台账数及总占比趋势等多维度分析实现辅助业务决策；完成数据治理配套提升工具。

项目 2：基于数据图谱及指标可视化的可靠性全业务策略研究

研究内容：研究数据融合以及深度挖掘技术；利用配网线路数据、组织结构数据等深化可靠性的监督分析管理；研究分析影响配电网可靠性指标的构成因素；分析基于数据图谱的数据追溯，客观、直观地对频繁故障存在的问题精确输出；研究

供电可靠性精益分析的评估模型。

预期成果：实现数据深度融合及其电网数据整体价值提升；进一步深化可靠性管理的监督分析管理职能，提升运检阶段供电可靠性；构建基于配电网可靠性数据的电网诊断分析评估实施方案及相关工作标准体系，创新、改善、规范、提升可靠性支撑检修合理性与经济性。

项目 3：电能质量对典型用户供电可靠性及经济损失的影响及治理措施研究

研究内容：电能质量对供电可靠性的量化影响研究；电能质量对典型用户经济损失的量化影响研究；研究典型用户典型工艺过程的电压暂降免疫特性评估方法；考虑成本-效益的典型用户电能质量治理方案研究，开发电能质量治理辅助决策软件；形成具备成本效益优势的电能质量治理措施建议；提出典型用户电能质量经济损失的量化评估方法。

预期成果：建立关键电能质量因素对典型用户供电可靠性影响的量化分析模型；提出考虑成本-效益最大化的电能质量治理方案，推动电力用户主动开展电能质量治理，达到降低电能质量影响的目的；形成《电能质量对典型用户供电可靠性及经济损失的影响及治理措施研究》技术报告及电能质量治理辅助决策软件。

项目 4：基于供电可靠性精益分析的评估模型研究

研究内容：研究可靠性算法模型及相关规范；研究蒙西地区配网结构特点，开展配电网供电可靠性简易评估方法及工具

研究；结合供电可靠性预安排停电和故障停电的精益分析，考虑设备水平、运行管理水平等实际情况，进行电网薄弱环节分析。

预期成果：提出配电网供电可靠性提升发展建议；选取典型区域进行可靠性计算，构建配网参数模型，通过规模化输入地区配电网线路类型、长度、电网结构等参数，实现对地区配电网可靠性简易快速评估。

1.2.4 支撑提高营商环境的先进技术

①智慧用电技术

a. 主要研究内容

研究智慧物联网关键技术；研究需求侧管理技术；研究智慧能管技术；研究用电安全智能感知、预警及防窃电关键技术及应用。

b. 预期目标

根据智慧用电物联网的系统特征，制定用电物联网模型和响应策略，提升用户用电质量、用电安全和用电管理水平；研究售电市场环境下的智慧能管和智能交易技术，为客户提供更多个性化的用电服务；掌握用电安全智能感知及预警关键技术，开发远程双向用电智能感知平台，深度挖掘用电数据。

c. 重点科技项目

项目 1：智慧用电物联网关键技术研究及应用

研究内容：研究智慧用电系统架构、系统特征；研究基于智慧用电管理平台用电数据采集、传送与统计分析技术；研究

基于用户远程监控及故障预警、故障定位、故障诊断技术；研究双向互动智慧用电支撑技术。

预期成果：建立基于物联网的智慧用电管理平台；建立智能用电网络感知管理平台，提出用电智能感知、预警、定位、诊断关键技术设计与实施方案。

项目 2：智慧能管与交易关键技术研究及应用

研究内容：开展智慧能管与智能交易融合技术研究；开展架构设计、功能实现、数据对接技术研究；开展电力数据实时高自由度的挖掘研究，开展多种新型技术和技术特性整合技术研究；开展售电市场环境下智能交易平台研发；开展“虚拟现实技术”、“实体建模技术”、“数字地图技术”、“时间轴和关键帧技术”以及突发情况应急处置技术等全新的智能技术模块研究及应用。

预期成果：充分挖掘数据价值，以海量用电数据为基础，整合不同来源的数据，结合外部气象和经济数据，建立集发电、输电、配电、用电、交易数据于一体的数据中心；多维度、多角度分析用电产生的海量负荷数据，利用大数据技术，建立预测模型，实现短、中、长期电力负荷预测，实现有序用电方案的自动编制；开发基于大数据分析、比较、归纳海量数据、可视化的智慧能管与智慧交易平台。

项目 3：用户行为在线自动诊断研究与应用

研究内容：研究物联边缘处理单元采集实时数据及采控系统数据；归纳出用户窃电或其他用电行为的关键特征；构建窃

电或其他用电行为的识别模型。

预期成果：实现采集数据实时化，利用物联边缘处理单元采集到的数据及采控系统数据，调用窃电或其他违规用电行为的识别模型，排查出用电信息异常用户，为防窃电、防其他违规用电业务提供智能化决策，推动数据的双向互动，促进服务标准化、规范化、流程化。

项目 4：新一代电能计量装置关键技术和仿真检测技术研究

研究内容：研究 IR46 相关标准，梳理单三相多芯模组化设计要求，并提出相应解决策略；研究符合 IR46 标准的集团公司多芯模组化智能电能表实现关键技术；研究电能表软硬件仿真测试系统，研究电能表软硬件可靠性要求，研究软硬件可靠性综合自动化测试方法和方案；研究 5G 技术、模组化在采控终端的应用场景，研究基于 5G 技术的模组化采控终端软件故障失效模型，建立故障库；研究基于 5G 技术的模组化采控终端软硬件可靠性评价方法；研究分析计量用新型互感器的实现关键技术，探索新型互感器的检测、检定方法。

预期成果：制定集团公司基于 IR46 的多芯模组化电能表技术规范及检测规范并搭建基于 IR46 的多芯模组化电能表的检测系统；制定集团公司基于 5G 技术的模组化采控终端技术规范及检测规范并研发基于 5G 技术的模组化采控终端及软硬件检测技术；实现新型计量用互感器的评价分析，制定出有效的检测、检定方法。

②智能客服技术

a. 主要研究内容

研究人工智能客服关键技术；开展用电大数据分析技术研究；开展客户需求挖掘分析与主动服务技术研究及应用；开展智能交互服务关键技术研究；探索多渠道综合缴费的新技术。

b. 预期目标

全面提升人工智能客服服务水平；开展客户需求挖掘分析与主动服务技术研究；实现多样化增值服务，为客户提供更有针对性的主动服务。

c. 重点科技项目

项目 1：基于用电数据分析的客户特性模型及服务策略研究

研究内容：开展用电数据深度挖掘研究；开展用电客户隐藏的偏好用电行为特征研究；开展电力用户多维度研究，充分利用数据资源，深度挖掘数据价值，开展客户敏感度需求数据分析研究；开展客户信息行为的关联分析；开展客户特性综合模型研究；开展主动执行模板的服务执行技术研究；研究不同条件下，不同类型客户的服务风险，以及化解风险的服务策略；开展客户满意度评价体系研究。

预期成果：建立基于用电大数据分析的客户模型分析平台；建立客户标签库；建立供电公司内部用户信用等级体系；建立客户需求挖掘分析；提出多样化、更有针对性的主动服务方案；建立客户服务风险计算模型及评价模型。

项目 2：人工智能语音技术及交互语术库研究与应用

研究内容：开展人工智能语音平台技术研究；研究自然语言理解技术，开展智能交互配置；开展交互过程中对客户需求的识别和理解技术研究；开展客户语音业务办理自动引导及智能提问技术研究。

预期成果：提升 95598 电话和电子渠道接通率；为用电客户的业务需求提供多维度、全方位的服务；实现回访工单的智能外呼。

项目 3：多渠道综合缴费方式应用研究

研究内容：分析梳理现阶段集团公司电费收取模式，对其优缺点进行评估分析；开展电网行业内和电信、邮政、供水、供暖、银行等其他各行业的费用收取模式的分析，进行数学建模；研究国家电网公司、南方电网公司和其他行业针对互联网收费模式的应用，对标分析与集团公司现阶段电费收取模式的差异；进一步强化数据安全研究，夯实大额电费互联网缴纳的基础；深化推进基于互联网的缴费渠道建设。

预期成果：进一步研究互联网技术的深入应用，推进一般工商业和大工业电费互联网交付手段落地，促进 A、B、C 级客户服务中心的功能定位转变。

1.2.5 信息通信技术

① 信息网络安全分析监测与防护技术

a. 主要研究内容

开展网络安全应急指挥体系及网络安全攻防体系的研究

与应用；开展能源互联网、电力工控系统的安全防御技术研究；开展数据采集与传输控制安全技术、设备可信和通信可信技术研究；电力物联网终端设备安全检测及防护技术、零信任网络访问分析技术研究；开展大数据安全技术与应用研究；开展信息安全检测及实验技术研究。

b. 预期目标

实现基于威胁情报的高级威胁检测与分析，提高未知威胁监测精准度；制定零信任网络访问的仿真环境和风险评估标准，提高网络访问的安全性；规划基于 IPv6 电网网络安全防护的方案；初步建立电力工控系统安全防护机制，搭建安全防护系统；建立电力监控特定场景下的网络安全防护解决方案；实现系统的可信启动和运行，以及风险识别和预警；保障电力物联网设备和数据传输安全检测及防护。

c. 重点科技项目

项目 1：威胁监测技术分析研究与应用

研究内容：开展 DNS 威胁监测技术研究，对 DNS 解析数据以及访问的所有域名进行分析研判，掌握全 DNS 流量的获取方法及解析原理，通过借助多种高级威胁算法建立安全专属模型，研究 DNS 威胁分析和基于情报的高级监测技术；开展 AI 驱动的高级威胁检测技术研究，通过对基于 AI 网络威胁行为建模模型的研究以及实际环境中的攻击报警及原始数据、漏报或误报的分析结果，研究 AI 恶意代码检测方法。

预期成果：通过对威胁监测及分析技术研究，设计 DNS

威胁监测系统，构建行为、安全模型、情报等多种威胁分析手段有机关联机制，减少威胁分析的漏报和误报，为安全运维提供精确的排查范围和排查内容，实现实时化、精细化安全运维；建立利用人工智能提升对未知恶意代码的检测能力，提升对可疑样本的研判速度，解决无特征库进行恶意代码检测问题，同时利用人工智能技术提升对安全大数据的处理能力，解决网络安全高效运维问题，提升对安全事件的响应速度。

项目 2：零信任网络访问技术应用研究

研究内容：研究掌握零信任网络访问技术的原理和方法，设计和搭建基于零信任技术的仿真环境；研究网络访问会话建立前的根据多种安全要素进行判断的技术，确定各种安全因素的标准和权重；研究访问会话建立过程中，持续评估网络访问的风险的缝隙技术，以及根据风险情况自动化响应的技术。

预期成果：掌握零信任网络访问的关键技术，建立零信任网络访问的仿真环境，研究基于零信任网络访问的终端、用户、网络、应用相关的评估模型，持续安全分析以及根据安全风险自动化安全响应技术。

项目 3：IPv6 网络环境下的 IT 智能安全检查和分析方法研究

研究内容：以业务和应用的实时运行状态和健康指标为切入点，逐层深入分析网络、应用软件、数据库、设备、网络攻击等多个维度的异常和安全分析。通过数据采集、数据内容还原、关键 KPI 指标计算、构建业务异常指标模型、大数据关联

分析，建设出一套简洁、直观、高效的可视化呈现平台。

预期成果：构建基于 IPv6 环境 IT 智能安全检查和问题定位分析方法，设计和搭建基于 IPv6 环境 IT 智能安全检查和综合分析系统。基于大数据及 AI 技术，实现对网络、应用软件、数据库、设备以及网络安全五个方面的综合分析，清晰展示整体 IT 安全态势。

项目 4：电力工控系统的安全防御技术研究

研究内容：开展电力工控系统安全防御技术攻关，使用逆向分析方法，感知闭源系统在多个阶段产生的多数据域信息，解析系统底层运行机理，确定攻击时系统底层信息的特征变化规律，自学习电力工控系统安全稳定运行基线，最终建立多点监测、云端计算的“云/网/端”协同防御模型，实现不依赖特征库匹配的恶意行为自动识别、安全威胁有效预测，解决恶意代码隐蔽性强的问题。开展闭源电力工控系统“云/网/端”协同防御技术研究，解决安全防御模型的布置问题。

预期成果：设计电力工控系统安全防御体系结构及业务架构，确定安全防御模型的技术架构、应用条件；构建协同防御模型的训练数据集，解决闭源电力工控系统中不同种类底层数据的融合问题，开发闭源电力工控系统控制软件逆向软件、电力控制软件后门植入检测系统原型；结合多域底层数据构建的训练数据集，构建闭源电力工控系统安全防御模型。

项目 5：工控系统漏洞自动挖掘技术研究

研究内容：研究工控协议的规约，构造 Fuzzing 测试数据

集合，编写精准的测试用例套件，进行高效的漏洞挖掘扫描、全面的协议实现分析，利用二进制比对技术与静态分析技术对工控系统进行挖掘分析。

预期成果：掌握工控系统漏洞自动挖掘技术，构造 Fuzzing 测试数据集合，研发实验新型工控系统漏洞自动挖掘系统，实现多维度自动化工控系统漏洞挖掘。

项目 6：网络安全监管技术研究

研究内容：研究分层分布式的网络安全监测和管控技术，包括网络资产管理、安全状态采集、安全风险评估、网络自动拓扑、行为过程审计等技术，以及分层分布式协同的安全管理技术。

预期成果：利用主动和被动两种模式，实现网络空间的资产发现、安全状态采集以及网络自动拓扑等功能，并基于关联业务的层次分析进行网络系统的风险计算和评估，实现系统的基线核查、运行过程审计等功能，在区域内实现多层次分布式的协同进行的网络安全管理技术。

项目 7：基于电力监控系统的可信技术研究

研究内容：研究设备可靠性、装置安全启动、可信引导、可信加载、可信连接、可信度量等设备可信和通信可信技术，开展可信接入管控系统开发研究。

预期成果：建立电力监控系统网络空间的可信链，包括设备的可靠性、装置内部的硬件上电、系统引导、程序加载执行的可信设计，以及多个网络节点构成的通信连接的身份可信和

数据可信，并结合网络安全监管技术，实现系统的可信启动和运行，以及风险识别和预警。

项目 8：基于人工智能的电力物联网终端设备安全攻击评估与监测技术研究

研究内容：针对电力物联网终端设备安全分析与攻击建模，开展电力物联网终端设备攻击生成方法研究；研究基于对抗强化学习的电力物联网终端设备边信道安全监测应用技术。

预期成果：排除物联网终端设备安全隐患，解决多源异构数据汇聚、集成难题。

②开展 5G 在电力系统中的现场应用

a. 主要研究内容

推动 5G 通信技术在电力行业的应用研究。

b. 预期目标

开展 5G 应用试点，完成对部分在配电网数据采集、配电自动化、移动应用的 5G 技术升级。

c. 重点科技项目

项目 1：面向电力系统的 5G 通信技术应用性研究

研究内容：研究 5G 在智能电网典型业务场景应用和未来技术发展趋势以及 5G 关键技术及网络切片在电网的应用；开展电力 5G 回传与光无线融合技术、5G 网络与其他无线网络协同演进技术研究；研究 5G 通信技术在智能电网中的应用和 5G 技术在移动互联网中的应用；开展 5G 技术在配电自动化、配网差动保护、高级计量、用电负荷需求侧响应、分布式能源调

控、无人机巡线、应急通信等场景的可行性研究。

预期成果：形成 5G 关键技术在电力系统应用报告，形成 5G 技术在智能电网、移动互联网的应用技术方案，出具 5G 技术在配电自动化、配网差动保护、高级计量、用电负荷需求侧响应、分布式能源调控、无人机巡线、应急通信等场景的可行性研究报告。

项目 2：基于 5G 技术的输电线路数字化信息管理研究

研究内容：分析研究输电线路地理环境特点，结合 5G 技术研究数据监管平台；分析 5G 技术传输速率、时延水平、网络容量、频谱效率等网络特点，研究新型高能高效的视频监控；研究以超大网络容量为基础，协同多种设备入网的数字化智能输电物联网；探讨新型输电线路数字化监管设备发展方向；开展 5G 技术支持终端 APP 研究。

预期成果：建立基于 5G 技术的输电线路数字化信息平台，实现基于大数据下视频类监控设备发现隐患、隐患分析、地形分析、处理方案、处理结果等功能；开展 5G 技术支持终端 APP 研究，实现综合展示输电线路地形地貌、交通信息、线路参数、通道情况的可视化用户交互界面。

项目 3：5G 技术在变电物联网的应用研究

研究内容：开展重要变电站 5G 网络建设，进行变电站与电力指挥中心高清交互研究；研究低时延和大宽带特性的定制化 5G 电力切片，满足电网高可靠性、高安全性的要求，提供输变电设备及环境实时采样、测试与故障定位联网分析等智能

服务。

预期成果：通过 5G 电力无线通道，实现现场事故处理远程指导；通过 5G 切片技术，实现输变电设备及环境实时采样、测试与故障定位联网分析等应用。

1.2.6 开放共享的智能电力市场技术

① 研究内容

研究规范、高效的电力多边交易市场技术；研究智能化能源交易平台关键技术；研究面向电力市场的新能源协调调控技术；研究电力市场仿真模拟方法。

② 预期目标

提出适应内蒙古电网高质量发展的电力中长期市场与电力现货市场、电能量市场与辅助服务、区内市场与跨省区市场、电能量交易与可再生能源消纳责任权重及绿色证书交易、批发市场与零售市场等协同机制。构建适用于自治区实际情况的市场征信体系和完善的电力市场仿真模拟体系。建成具体自我预测、自我修复、自我调节等鲜明特点、覆盖整个能源系统的智能化能源交易平台，支持可再生能源消纳权重转让、绿证交易和电力市场上下游产品交易业务顺利开展。

③ 重点科技项目

项目 1：适应内蒙古电网高质量发展的电力多边交易市场机制研究

研究内容：调研国内外电力现货交易市场体制机制，结合内蒙古电网近年来风光等新能源投产规模较大、新能源电量较

多、发电预测困难、需要灵活市场交易模式等特点，研究适合内蒙古电网的电力市场交易模式。研究符合内蒙古电网运行实际的中长期交易与现货交易协同运作机制、电能量与辅助服务交易组合优化协同机制、可再生能源超额消纳量和绿色证书交易机制、电力批发市场与零售市场协同运作机制、风险防控和信息披露机制等。结合国家、省（自治区）级电力现货市场建设目标，分析电力现货市场建设路径特点及外部呈现，研究基于核心指标体系评价的内蒙古电力多边交易现货市场建设路径。

预期成果：建立能从安全性、经济性、社会影响等角度反映电力现货市场建设路径的量化指标体系，提出内蒙古电网电力现货市场多边交易机制及建设方案。

项目 2：电力市场仿真模拟体系、理论与方法研究

研究内容：研究电力市场仿真模拟体系的整体框架、流程和场景设计方法。研究电力市场仿真模拟交易模型的构建技术，包括多交易品种交易出清模型、结算模型等。研究电力市场仿真模拟体系的设计技术，包括运行边界、结算方式等的设计和研发。研究包含运行效率、运行风险、成员效率等关键指标的电力市场模拟仿真评估体系及评估方法。

预期成果：建立完善的电力市场仿真模拟体系，满足电力市场仿真模拟的准确性运行需求和精确性分析需求。

项目 3：电力多边交易市场智能技术支持系统关键技术研究

研究内容：调研分析国内外成熟电力市场技术支持系统、国内先进电商平台和证券交易系统，研究适应现货交易开展的中长期智能交易平台和智能结算平台关键技术，研究服务运营机构、市场主体、监管部门、政府部门的市場大数据管理监视和信息披露系统关键技术，研究电力多边交易市场框架下零售市场交易系统关键技术，研究适应发用电全面放开的市场主体注册管理系统关键技术，研究服务各类市场成员的仿真培训和交易员认证考试系统关键技术。

预期成果：建成服务集团公司全部市场运营管理工作的统一技术支持系统，全天候支撑电力中长期交易、现货交易和零售交易等电力市场全流程业务。

项目 4：不同现货市场模式下内蒙古电网调度策略研究及市场运营状态分析评估

研究内容：集中式现货市场模式下内蒙古电网多时间尺度调度策略研究。设计集中式现货市场模式下的交易流程及结算流程，并基于集中式交易框架与内蒙古电网实际数据，构建内蒙古电网多时间尺度优化调度模型，分析输变电设备检修计划变更对调度策略的影响，并对调度模型进行修正。构建内蒙古电力多边交易现货市场运营状态评估体系。建立一套包含市场指标、安全指标的指标体系，用于评估内蒙古电力多边交易现货市场运营状态。集中式与分散式两种模式下内蒙古电力多边交易现货市场运营状态分析评估。在现货市场运营评价指标体系基础上，分析集中式和分散式两种交易模式在电价波动、资

源配置效率以及电网安全性方面的差异。

预期成果：从组织流程、结算流程以及数学模型三个方面对分散式和集中式两种模式下电力现货市场运营进行研究，分析评估两种现货市场模式下的调度结果和市场出清结果，得到关于内蒙古电力多边交易现货市场运营状态评价的总体结论，给内蒙古电力多边交易市场组织建设工作提出有效建议。

项目 5：基于中长期合约物理执行的内蒙古电力多边交易现货市场模式中电网阻塞管理技术及成本分摊机制研究

研究内容：中长期交易电量物理执行下的电网阻塞成本快速计算算法研究。建立阻塞线路功率对交易功率灵敏度矩阵，求取交易阻塞临界点，计算内蒙古电网现状下的阻塞成本费用，形成快速计算算法。构建计及中长期交易电量日分解的阻塞管理多目标优化模型。以中长期交易电量完成进度偏差最小、阻塞成本最小为双目标构建阻塞管理多目标优化模型，通过计算挑选出适合内蒙古电网实际运行的中长期交易电量占比。考虑用户侧参与的阻塞成本分摊机制研究。研究用户侧参与的阻塞成本分摊机制，保障阻塞成本在市场参与者间公平合理地分摊。分析阻塞成本分摊机制对电力大用户的用电价格影响，设计出大用户可接受的阻塞成本分摊机制。

预期成果：研究适合内蒙古的用户侧参与阻塞成本分摊机制，为输电容量的合理使用及长期规划提供适当的价格信号，保障阻塞成本在市场参与者间公平合理地分摊。

1.3 能源互联网技术

1.3.1 人工智能技术

① 研究内容

跟踪人工智能技术在电网的应用，构建电力人工智能主体大脑，借助机器学习、图像识别、自然语言处理等工具，分领域构建电力知识图谱，为电网设备智能运维和智能客服等应用提供决策支持。

② 预期目标

提升电力人工智能应用能力，实现电网智能调度，输变电设备智能巡检、预测性维护等电力智能化应用，基于电力知识图谱，自动给出电网的控制、运行和营销等策略。

③ 重点科技项目

项目 1：基于大数据分析和 AI 的数据资源特征分析与溯源工具研究

研究内容：开展基于数据资源特征智能提取的数据溯源分析；学习基于 AI 技术的溯源工具应用技术；基于溯源工具开展电力典型应用研究。

预期成果：掌握数据溯源分析及溯源工具应用技术，为大数据分析及人工智能技术实现提供技术支撑。

项目 2：基于人工智能的电网企业级知识图谱构建技术研究

研究内容：开展电网企业级知识提取技术研究；研究电网企业级知识表示技术应用；研究多数据源、多业务场景下的知识融合及更新技术，开展基于电网业务的知识对齐和实体匹配

及迭代化研究。

预期成果：构建电网企业级知识图谱，为实现电网人工智能技术夯实基础。

项目 3：电网故障研判辅助决策技术研究

研究内容：开展基于人工智能技术的多源数据采集技术研究，研究层次化指标评价体系下的电网运行诊断和辅助决策系统应用技术。

预期成果：综合电网稳态数据、监控股警信息、保护故障数据、故障录波信息等数据，搭建电网故障研判辅助决策系统，实现电网告警的多源协同分析及综合研判，实时准确地定位电网故障并给出故障影响范围分析结果，有效保障设备安全稳定运行。

项目 4：基于深度学习的电气设备紫外与红外全景光谱拍摄与识别技术的研究

研究内容：开展基于图像融合优化算法的高清全景谱图呈现技术研究；学习基于三维虚拟建模技术构建电气设备的瞬态 3D 实景模型构建；开展基于深度学习的图像识别算法下设备运行状态和故障类型的有效识别与定位技术应用。

预期成果：开发一套基于红外（紫外）谱图的电气设备运行状态智能化分析平台，实现集图像获取、图像融合、目标识别于一体的电网设备智能检测，解决谱图数据处理瓶颈。

1.3.2 区块链技术

①研究内容

跟踪区块链技术在电力业务中的应用研究，开展基于区块链技术在数据资产交易、电力交易中的应用研究。

② 预期目标

实现区块链技术在数据资产集成共享、电力交易等业务中的应用及实践。

③ 重点科技项目

项目 1：多源异构数据资产化集成共享技术研究与应用

研究内容：开展基于区块链技术在领域数据资产的分布式集成共享方法、数据资产化管理技术、数据加密机制、基于区块链智能合约技术等方面的研究。

预期成果：形成以分布管理、独立自主、按需获取、协同分析的领域大数据治理与共享的技术方案，实现领域内多源机构数据共享平台建设，构建领域数据共享生态图。

项目 2：基于区块链的电力交易技术研究

研究内容：研究基于区块链的绿色证书交易机制，包括考核机制、电力交易与绿证交易协调机制等，建立基于区块链的绿色证书交易平台。研究分布式安全智能合约等区块链技术在可再生能源碳交易市场中的应用，为可再生能源碳交易市场建立奠定基础。研究风电、光伏等新能源发电站并网功率安全监测与管理技术、安全可信的发电补贴计算和网损分摊策略、参与电网协同调控的互动机理等，提出基于智能合约的新能源发电站并网控制自动响应方法。研究电动汽车分时租赁运营商、充电桩运营商、平台用户等多方参与共建的共享充电联盟构建

技术，实现基于区块链技术的充电桩共享。

预期成果：解决发电企业在电力市场和绿证市场的协调、可再生资源分布不平衡、能源供需逆向分布等问题，通过绿证交易平台实现以更低的成本提供更灵活的配额义务完成方式，为配额责任主体完成配额指标提供更多选择。建立面向新能源发电站并网功率安全监管的方法与技术体系，促进新能源发电的市场化交易与发展。建立基于区块链技术的充电桩共享体系。

1.3.3 电力物联网技术

① 研究内容

开展基于智能传感器的输变电设备状态感知、电能质量感知、终端智能监控技术，推动物联网技术在电网的应用研究及试点建设。

② 预期目标

通过智能传感器的应用，实现物联网各类传感器及节点设备的互联互通，实现海量物联网数据存储和多源异构物联网数据的开放式接入。

③ 重点科技项目

项目 1：物联网技术在变电站中的应用研究及试点建设

研究内容：基于云端数据资源开展深度状态感知、缺陷主动预警和故障智能决策技术研究；研究物联网应用全景可视化展示；开展站端变压器、GIS、电抗器、开关柜、巡检机器人、辅助控制系统、移动作业终端的感知层技术研究；开展数据汇

聚层应用技术和电力物联网云技术研究；基于边缘计算模块和物联网云平台的开放式算法容器架构技术应用研究；开展云端变电高级应用层技术研究。

预期成果：通过各种智能感知终端实现感知量的采集、监测，辅助巡检人员在站端实时获取全面设备状态感知信息，同时为数据上报提供有效支撑；提出不同种类物联网传感器的通用接入的解决方案；实现云边协同和物驱动运检工作新模式，提高运检工作效率。实现物联网各类传感器及节点设备进行管理、协调与监控，具备物联网边缘计算算法远程配置功能，实现海量物联网数据存储和多源异构物联网数据的开放式接入。提高站内物联互动和云边协同应用的能力。通过三维可视化技术营造超现实全景交互环境，为变电站的安全运转、检修提供重要的辅助支撑。

项目 2：配电台区电能质量智能化感知与提升关键技术研究

研究内容：研究基于物联网技术的配电台区电能质量全景感知系统架构；研究配电台区电能质量指标、算法、统计等监测技术；研究智能配电终端电能质量监控功能的检测技术；研究基于电能质量问题数据特征和成因分析模型研究台区治理决策技术；研究电能质量治理设备优化配置以及基于智能配电终端的治理设备调控技术。

预期成果：提出配电台区电能质量智能感知系统方案；制定配电台区电能质量监测技术规范；研发智能配电终端电能质

量监测微应用；提出面向配电台区的电能质量主动感知策略；提出智能配电终端电能质量监控功能的检测方法；建立配电台区电能质量问题治理决策库；提出基于智能配电终端的多电能质量治理设备协调控制策略；提出台区电能质量提升效果评价方法，保证电能质量问题治理有效性。

项目 3：电能计量智能传感与智能量测技术研究

研究内容：研究轻负荷、超负荷条件下电流互感器运行状况，研究电流互感器切换及二次转换单元的自适应控制策略；研究电力物联网研究智能传感技术，研究互感器一次电流和二次电压的精准测量、同步采集、数字处理、特征提取、大数据分析、定向发送及风险评估技术；研究远传控制与感知单元的远程交互、数据传输技术；研究计量错误接线的识别方法，研究一种基于电能表平台的错误接线智能识别技术，通过电能表内采样得到的电流、电压、相位角度关系，自动判断接线正确性。

预期成果：提出解决轻负荷或超负荷时计量失准造成电能漏计的解决办法，搭建对轻负荷或超负荷线损的精益化管理平台；实现互感器误差在线状态诊断及风险预警系统的开发，实现互感器检定技术由停电检定向状态监测方向发展；实现电能表内按实际接线方式与更正正确的接线方式两套模式进行计量，通过比较两套接线方式的差额电量，提供错误接线期间电量追退计算的直接依据。

1.3.4 大数据应用技术

①研究内容

跟踪能源互联网关键技术，结合边缘计算、大数据挖掘等技术开展应用研究，把数据作为资产进行深入挖掘，并实现交易，推动能源数字经济发展。

②预期目标

解决目前输变电状态信息来源多、信息异构、数量庞大、属性繁多等问题，实现数据共享和业务能力提升，提高生产管理、状态检测、运行调度等指挥、监控、巡查、维护管理等工作效率。

③重点科技项目

项目 1：基于云边协同架构的电力物联网关键技术研究

研究内容：开展电力物联网平台层架构及应用模式应用研究；学习基于云边协同架构的数据共享及综合能源承载中心关键技术；掌握边缘物联代理数据交互及标识解析关键技术研究；开展基于云边模式的信息物联网智能管控平台研发及应用。

预期成果：构建信息物联网智能管控平台，实现数据共享和业务能力提升。

项目 2：基于云架构的视频多源数据汇聚与算法仓库组件接口及应用技术研究

研究内容：通过对电网多种监控对象及异常特性分析，掌握设备本体关键要素正常及故障状态以及人工活动、异常侵入和环境参量变化，开展隐患监测技术应用；研究建立全方位、

多源多渠道视频监控数据获取策略；统筹分析各类监测对象和监测手段数据量，分析通信网络覆盖状态及通信量需求，建立基于云架构的多源数据通信链路传输模型，实现可稳定运行的高效、灵活、安全、可靠的区域内通信链路全覆盖；基于大数据特征分析和数据规范化建模开展电网运行、设备状态、环境等关键参量研究，制定多源跨平台视频大数据处理规范；研究多源跨平台视频大数据质量快速检测和多源异构数据的清洗方法；构建各类监控对象适应的神经网络训练模型，开展现场特定监控对象的状态分析及判断应用；建立相应的大数据全耦合分析模型，实现数据挖掘分析结果和规律的多精度、多维度分析，并构建异常提醒规则、建立预警策略，实现视频大数据的一体化、智能化动态监测预警业务能力。

预期成果：搭建具备逐层汇集、实时交换能力的视频信息处理平台，解决目前输变电状态信息来源多、信息异构、数量庞大、属性繁多等问题。实现多源跨平台数据库的高速并发读取和跨平台数据安全传输，满足电力系统生产管理、状态检测、运行调度等指挥、监控、巡查、维护管理职能。

项目 3：基于数字孪生技术的设备管理应用研究

研究内容：将变电站设备关键数据本身的数字孪生同设备运维过程中其他形态的数字孪生进行高度集成，通过高度协同的过程，实现设备运维的关键技术参数与变电站数字模型在空间位置上进行对应，模拟不同产品、不同参数、不同外部条件下的设备运维全过程。

预期成果：根据既定的故障知识库，自动完成在不同条件组合下的故障预测与判断。通过提取模型的设备属性、运维、试验及监测等信息，真正实现变电站设备状态的智能综合监测与管理。

1.4 辅助决策与支撑技术

① 研究内容

开展电力规划支撑电网主网、配电网的关键技术研究；研究电网态势实时决策技术，提升电网稳定控制的辅助决策技术研究；开展技术标准体系建设，参与国家、行业、团体标准编制，特别是把内蒙古电网有关新能源消纳、电力市场交易等特色技术标准化，在全国、全行业推广。

② 预期目标

提出能源发展改革下内蒙古电网清洁能源承载能力及网架发展典型模式，为电网规划和优化提供技术支撑；提出考虑电源和负荷不确定性的高可靠性配电网规划方法；实现电网运营者和利益相关方全面即时感知电网/用户的运行状态；实现电网运行数据的深度挖掘与应用，提升新能源接纳能力和电网运行经济性的辅助决策能力，提升电网稳定控制的辅助决策能力。

③ 重点科技项目

项目 1：电力系统规划评价指标体系研究

研究内容：针对内蒙古电网大规模新能源接入、大跨度潮流转移等特点，综合考虑经济性、安全性和可靠性，对内蒙古

电网系统规划评价指标进行定义，通过电力电量供需平衡、网架结构布局合理程度以及系统潮流分布的均匀性、电动汽车兴起对负荷的影响等因素对电力系统规划评价指标进行描述。

预期成果：提出内蒙古电网系统规划评价指标体系，对诸多不同量纲评价指标进行定量整合，实现指标体系实用化。

项目 2：能源发展改革下内蒙古电网清洁能源承载能力及网架发展典型模式研究

研究内容：针对能源革命背景下多元参与诱发电网波动性和可控性增强的发展特征，研究荷侧、源侧调峰容量就地协同模式及经网侧广域协同模式，评估基于该约束的内蒙古电网清洁能源承载力。从系统调频、电网局部稳定特性两方面评估大规模清洁能源接入及大规模电力电子化背景下内蒙古电网临界承载能力研究。研究新型技术提升清洁能源承载力的适用场景及内蒙古电网典型发展模式。

预期成果：掌握电力电子高渗透率场景下内蒙古电网清洁能源承载能力及约束条件，提出提升清洁能源承载能力的电网发展模式，为电网规划和优化提供技术支撑。

项目 3：考虑电源和负荷不确定性的高可靠性配电网规划方法研究

研究内容：研究多类型分布式电源和客户需求侧响应对高可靠性配电网发展形态的影响，提取发展过程中各类技术的关键特征；构建涵盖典型关键技术特征的电网规划模型，提出高可靠性配电系统的发展趋势和演化路线；研究不同规模下高可

靠性配电系统接入用户的运行机理和能量转化特性，结合供给侧和需求侧互动需求，提出适用于各类场景的高可靠性配电网规划方法；研究分布式电源、储能、电动汽车、主动负荷等新型配电网元素对配电网规划的影响；综合考虑各类关键技术指标约束，以技术经济性指标综合最优为目标，研究高可靠性配电网在典型场景下的规划设计方案。

预期成果：明确高可靠性配电系统发展过程中的主要影响因素及关键技术特征，提出其演化路线和发展形态；明确各类负荷接入的电气特性，提出适用于各类场景的高可靠性配电网规划方法；明确各类因素对高可靠性配电网规划过程的影响，提出典型规划方案。

项目 4：面向供电网格对象的高可靠性配电网规划方法研究

研究内容：分析各层级电网供电能力及特性，提出“网格化”规划中影响供电网络、供电单元划分的基础要素，研究网格划分指导性原则、划分标准和优化调整方法；以供电网格或供电单元内不同用户类别为对象，研究典型负荷特性随时间演变特性，拟合供电网格不同阶段的负荷特性曲线和变化过程，提出不同结果过程性负荷特性指标；研究网格内部与网格之间网架搭建、设备配置等优化方法；研究分布式电源、储能、电动汽车等新技术在配电网中的定位与关系，提出提高供电网格内外自治、自愈能力的技术方法；结合典型地块负荷用电需求和空间发展格局，研究网格内外电力设施空间布局规划优化方

法。

预期成果：明确“网格化”规划中供电网格和供电单元划分基础要素，提出网格划分指导原则、划分标准和优化调整方法；构建网格负荷特性拟合分析，提出负荷特性曲线测算和预测方法及适应多场景需求的电力设施空间布局规划优化方法。

项目 5：基于多信息源的电网状态监测与态势感知技术研究

研究内容：研究基于多信息源的交直流电网运行状态监测及在线可视化技术，推进鲁棒控制、在线辨识自适应控制等现代控制理论在广域控制中的应用；研究反映电网信息系统与物理系统当前状态以及未来变化趋势的电网态势感知与分析方法，以及基于多信息源的电网态势实时决策体系与传统的安全稳定控制策略之间的协调配合技术；研究基于态势预测的电网故障诊断与协调控制方法、连锁故障机理、传播途径、风险预警评估方法与预防机制；利用电网离线数据、准实时数据及实时数据等多类型、多时间尺度数据，开展基于多信息源的电网态势实时监测、实时分析、实时决策技术研究，构建基于电力大数据的态势感知与辅助决策技术支撑体系。

预期成果：提出基于多信息源的交直流电网运行状态监测方法，建成透明城市电网；提出电网态势感知与分析方法，构建基于大数据的态势感知与辅助决策技术支撑体系，实现电网运营者和利益相关方全面即时感知电网/用户的运行状态，全面提升配电网运行品质和可靠性。

项目 6: 基于多源大数据的新能源高渗透电网运行特征挖掘与辅助决策技术

研究内容: 研究基于大数据技术的新能源出力特征挖掘方法; 研究新能源出力时空分布与电网网损等经济性指标之间的关联规律; 研究提升电网稳态运行性能的新能源优化规划与调度的辅助决策方法; 研究新能源高渗透型电网受扰动态行为特征挖掘方法; 研究新能源运行工况与电网稳定性之间的关联敏感因素; 研究基于大数据技术的稳定控制辅助决策方法。

预期成果: 实现电网稳态运行数据与暂态受扰数据的深度挖掘与应用, 掌握新能源高渗透型电网稳态运行特征, 提升新能源接纳能力和电网运行经济性的辅助决策能力; 掌握新能源高渗透型电网稳定性关键影响因素, 提升电网稳定控制的辅助决策能力。

附录 2：参考项目列表

领域	子领域	参考项目	对应章节	计划投资年度	项目类型
以新能源为主体的新型电力系统技术领域	新能源并网与消纳技术	新能源站参与电网一次调频技术	5.1.1	2021-2022	应用技术类
		大规模新能源并网的电网频率稳定分析与控制技术	6.1.1	2021-2022	关键技术研发类
		新能源数模混合仿真技术研究与应用	6.1.1	2021-2022	应用技术类
		新能源发电短期出力预测研究	6.1.1	2021-2022	关键技术研发类
		新能源并网检测技术研究与应用	6.1.1	2023-2025	应用技术类
		内蒙古电网接纳新能源能力分析评估研究及应用	6.1.1	2023-2025	关键技术研发类
		提升可再生能源消纳能力的控制方法及应用研究	6.1.1	2023-2025	应用技术类
		面向电力市场的新能源协调调控方法和机制研究	6.1.1	2023-2025	关键技术研发类
	源网荷储协调控制技术	大规模新能源与储能联合运行适应性及经济型研究	6.1.2	2021-2022	关键技术研发类
		网源荷储协同控制与运行技术研究	6.1.2	2023-2025	关键技术研发类
		基于大规模新能源储能的内蒙古电网多种电源和电网协同规划研究	6.1.2	2023-2025	应用技术类
	综合能源灵活接入配电网技术	综合能源系统协同规划研究及规划评估软件开发	6.1.3	2021-2022	应用技术类
		低碳经济下综合能源系统的碳排放分析与优化规划方法	6.1.3	2023-2025	应用技术类
		基于“云、大、物、移、智、链”的综合能源交易平台关键技术	6.1.3	2023-2025	应用技术类
	智能电网（电网数字化转型）	协调智能的调度控制体系	系统惯量与调频能力在线监测及频率安全预警技术开发与应用	6.2.1	2021-2022
基于短路比分析的电网安全风险在线预警技术研究			6.2.1	2021-2022	应用技术类
新能源汇集区无功电源调用及控制优化技术研究			6.2.1	2021-2022	关键技术研发类
适用于电网新特征的同步波形测量技术研究与应用			6.2.1	2021-2022	应用技术类
大规模新能源电力系统的安全稳定分析及措施验证研究			6.2.1	2023-2025	关键技术研发类
基于异构并行计算技术的互联大电网运行控制关键技术研究与应用			6.2.1	2023-2025	关键技术研发类

领域	子领域	参考项目	对应章节	计划投资年度	项目类型
型) 技术领域		基于大数据、物联网及移动终端的继电保护智能运维、故障诊断技术研究及应用	6.2.1	2023-2025	应用技术类
		基于数据挖掘和专家规则的电网设备参数辨识与继电保护整定精益化研究	6.2.1	2023-2025	应用技术类
		电网人工智能调度关键技术研究	6.2.1	2023-2025	应用技术类
		基于大数据和人工智能技术的电力系统运行智能辅助决策的关键技术研究	6.2.1	2023-2025	应用技术类
		基于新一代调控系统的通用人机云终端关键技术研究	6.2.1	2023-2025	应用技术类
	安全坚强的输变电技术	基于智能检测技术的输变电设备寿命评估方法研究	6.2.2	2021-2022	关键技术研发类
		多参数、多技术融合的绝缘油、绝缘气体性能检测技术	6.2.2	2021-2022	应用技术类
		输变电埋地金属部件腐蚀状态无损评价技术研究	6.2.2	2021-2022	应用技术类
		基于多源数据信息的输变电设备状态评估和故障诊断体系的构建与应用	6.2.2	2021-2022	关键技术研发类
		输变电设备运行状态关键技术研究及其示范应用	6.2.2	2021-2022	应用技术类
		严寒地区绝缘介质绝缘劣化过程研究及其应用	6.2.2	2021-2022	应用技术类
		采空区地质检测及输电线路运行风险评估	6.2.2	2021-2022	应用技术类
		智能变电站智能化运维系统研究及移动应用	6.2.2	2021-2022	应用技术类
		智能变电站二次回路主动监测技术研究与应用	6.2.2	2021-2022	应用技术类
		基于卫星遥感、计算机视觉技术等的电网应急装备新技术的研究和应用	6.2.2	2023-2025	应用技术类
		输变电设备外绝缘性能综合检测技术和示范应用	6.2.2	2023-2025	应用技术类
		新型复合绝缘材料全寿命的评估研究	6.2.2	2023-2025	关键技术研发类
		新型输变电设备的引进和应用技术	6.2.2	2023-2025	应用技术类
		输变电设备智能巡检技术研究	6.2.2	2023-2025	应用技术类
		多源状态数据融合的智能检修技术研究	6.2.2	2023-2025	关键技术研发类
融合带电检测技术的电气特项试验技术的应用研究	6.2.2	2023-2025	应用技术类		
大温差下气体绝缘设备绝缘气体性能研究和应用	6.2.2	2023-2025	应用技术类		

领域	子领域	参考项目	对应章节	计划投资年度	项目类型	
		计及环境因素影响的电气设备潜在缺陷预警及诊断分析系统	6.2.2	2023-2025	应用技术类	
		基于大数据、物联网及移动终端的继电保护智能运维技术研究及应用	6.2.2	2023-2025	应用技术类	
		变电站机器人集群控制技术研究与应用	6.2.2	2023-2025	应用技术类	
		智慧电站系统应用研究	6.2.2	2023-2025	应用技术类	
	灵活可靠的配电技术	配电网保护技术与故障诊断快速定位研究	6.2.3	2021-2022	应用技术类	
		数据驱动的配电网拓扑精确辨识方法研究	6.2.3	2021-2022	应用技术类	
		含分布式电源的中低压配电网低电压及综合无功优化与治理	6.2.3	2021-2022	应用技术类	
		配电网降损决策及技术投资经济分析研究与应用	6.2.3	2021-2022	应用技术类	
		电力可靠性数字化转型设计与数据质量提升研究	6.2.3	2021-2022	应用技术类	
		基于供电可靠性精益分析的评估模型研究	6.2.3	2021-2022	应用技术类	
		多元化负荷接入配网适应性及主配网协同故障恢复研究	6.2.3	2023-2025	关键技术研发类	
		配电网调度控制核心指标及微电网优化调度研究	6.2.3	2023-2025	应用技术类	
		面向网架强化和低电压治理的农村配电网研究	6.2.3	2023-2025	应用技术类	
		新能源接入的配电网电能质量治理及风险预防控制研究	6.2.3	2023-2025	关键技术研发类	
		城市配网侧能源枢纽关键技术及多微网区域配电网协同技术研究	6.2.3	2023-2025	应用技术类	
		智能电网配电自动化技术研究	6.2.3	2023-2025	关键技术研发类	
		基于数据图谱及指标可视化的可靠性全业务策略研究	6.2.3	2023-2025	应用技术类	
		电能质量对典型用户供电可靠性及经济损失的影响及治理措施研究	6.2.3	2023-2025	应用技术类	
		支撑提高营商环境的先进技	新一代电能计量装置关键技术和仿真检测技术研究	6.2.4	2021-2022	应用技术类
			基于用电数据分析的客户特性模型及服务策略研究	6.2.4	2021-2022	关键技术研发类
多渠道综合缴费方式应用研究	6.2.4		2021-2022	应用技术类		

领域	子领域	参考项目	对应章节	计划投资年度	项目类型
	术	智慧用电物联网关键技术研究及应用	6.2.4	2023-2025	应用技术类
		智慧能管与交易关键技术研究及应用	6.2.4	2023-2025	应用技术类
		用户行为在线自动诊断研究与应用	6.2.4	2023-2025	应用技术类
		人工智能语音技术及交互语术库研究与应用	6.2.4	2023-2025	应用技术类
	信息通信技术	威胁监测技术分析研究与应用	6.2.5	2021-2022	应用技术类
		工控系统漏洞自动挖掘技术研究	6.2.5	2021-2022	应用技术类
		网络安全监管技术研究	6.2.5	2021-2022	应用技术类
		零信任网络访问技术应用研究	6.2.5	2023-2025	应用技术类
		IPv6 网络环境下的 IT 智能安全检查和分析方法研究	6.2.5	2023-2025	应用技术类
		电力工控系统的安全防御技术研究	6.2.5	2023-2025	应用技术类
		基于电力监控系统的可信技术研究	6.2.5	2023-2025	应用技术类
		基于人工智能的电力物联网终端设备安全攻击评估与监测技术研究	6.2.5	2023-2025	关键技术研发类
		面向电力系统的 5G 通信技术应用性研究	6.2.5	2023-2025	应用技术类
		基于 5G 技术的输电线路数字化信息管理研究	6.2.5	2023-2025	应用技术类
		5G 技术在变电物联网的应用研究	6.2.5	2023-2025	关键技术研发类
		开放共享的智能电力市场技术	电力市场仿真模拟体系、理论与方法研究	6.2.6	2021-2022
	不同现货市场模式下内蒙古电网调度策略研究及市场运营状态分析评估		6.2.6	2021-2022	关键技术研发类
	适应内蒙古电网高质量发展的电力多边交易市场机制研究		6.2.6	2023-2025	应用技术类
	电力多边交易市场智能技术支持系统关键技术研究		6.2.6	2023-2025	应用技术类
	基于中长期合约物理执行的内蒙古电力多边交易现货市场模式中电网阻塞管理技术及成本分摊机制研究		6.2.6	2023-2025	关键技术研发类
能源互联	人工智能技术	基于深度学习的电气设备紫外与红外全景光谱拍摄与识别技术的研究	6.3.1	2021-2022	应用技术类
		基于大数据分析和 AI 的数据资源特征分析与溯源工具研究	6.3.1	2023-2025	应用技术类

领域	子领域	参考项目	对应章节	计划投资年度	项目类型
网技术领域		基于人工智能的电网企业级知识图谱构建技术研究	6.3.1	2023-2025	应用技术类
		电网故障研判辅助决策技术研究	6.3.1	2023-2025	关键技术研发类
	区块链 技术	多源异构数据资产化集成共享技术研究与应用	6.3.2	2023-2025	应用技术类
		基于区块链的电力交易技术研究	6.3.2	2023-2025	应用技术类
	电力物 联网技 术	配电台区电能质量智能化感知与提升关键技术研究	6.3.3	2021-2022	关键技术研发类
		电能计量智能传感与智能量测技术研究	6.3.3	2021-2022	应用技术类
		物联网技术在变电站中的应用研究及试点建设	6.3.3	2023-2025	应用技术类
	大数据 应用技 术	基于数字孪生技术的设备管理应用研究	6.3.4	2021-2022	应用技术类
		基于云边协同架构的电力物联网关键技术研究	6.3.4	2023-2025	应用技术类
		基于云架构的视频多源数据汇聚与算法仓库组件接口及应用技术研究	6.3.4	2023-2025	应用技术类
	辅助决策与支撑技术领域	/	电力系统规划评价指标体系研究	6.4	2021-2022
面向供电网格对象的高可靠性配电网规划方法研究			6.4	2021-2022	应用技术类
能源发展改革下内蒙古电网清洁能源承载能力及网架发展典型模式研究			6.4	2023-2025	关键技术研发类
考虑电源和负荷不确定性的高可靠性配电网规划方法研究			6.4	2023-2025	应用技术类
基于多信息源的电网状态监测与态势感知技术研究			6.4	2023-2025	应用技术类
基于多源大数据的新能源高渗透电网运行特征挖掘与辅助决策技术			5.4	2023-2025	应用技术类