**科学技术进步奖公示内容**

**一、项目名称**

水储能主导的多源混合发电系统全时空高效协同关键技术

**二、提名者及提名意见（包含提名等级）**

提名单位：中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司

提名意见：

西北电网新能源装机占比超50%，是我国首个以新能源为主体电源的区域电网，电网现有调节和消纳能力已接近极限。传统电力系统规划与运行模式面临颠覆性变革。构建以大型水电站为主导的水储能多源混合发电系统，成为保障电力系统安全稳定的关键技术手段，但其规划、控制与价值实现环节面临"科学配置、动态协同、价值量化"三大瓶颈，亟需系统性的技术突破。该项目历经十年攻关，围绕系统时空协同规划新范式、分层分区协同控制新架构、多维价值量化与市场化新模式三方面形成重大技术创新，构建了贯穿"规划-运行-价值"全过程的一体化解决方案，为我国大型清洁能源基地的集约化、规模化开发提供了核心技术支撑。项目成果已在国家能源战略核心区域得到体系化、规模化应用，支撑了黄河上游等多个国家级大型清洁能源基地的规划设计，为国家能源安全保障和"双碳"目标实现作出突出贡献。

成果材料齐全、规范，无知识产权纠纷，人员排序无争议，符合陕西省科学技术奖提名条件。

特提名参评陕西省科学技术进步奖二等奖。

**三、项目简介**

为应对高比例新能源并网带来的不确定性与波动性挑战，传统电力系统面临深刻变革。以大型水电站为核心构建水储能多源混合发电系统，是保障电力系统安全稳定的关键。本项目面向国家重大需求，历经多年攻关，创建了系统时空协同规划新范式，构建了分层分区动态协同控制新架构，创建了多维价值量化与市场化新模式，形成了“水储能主导的多源混合发电系统全时空高效协同关键技术”，为我国大型清洁能源基地的集约化、规模化开发提供了全链条解决方案。

研究成果已在我国乃至“一带一路”沿线国家的重要清洁能源基地与标志性工程中得到成功应用。

**四、客观评价**

1.科技查新报告

教育部科技查新工作站（N04）西北农林科技大学图书馆出具对“水储能主导的多源混合发电系统全时空高效协同关键技术”的科技查新报告，查新结论为“国内外未见文献报道。”

2.项目验收意见和第三方评价

项目从验收意见和应用单位技术评价等方面进行了客观评价。项目研发的水储能主导的多源混合发电系统全时空高效协同关键技术，成果经第三方评价，整体达到国际领先水平。项目研究成果在黄河上游、西藏易贡藏布等多个国家级大型清洁能源基地等一系列标志性工程得到成功应用，有效支撑了流域水风光储电站群协同规划和联合调度工作。研究成果在国家能源战略核心区域得到体系化、规模化应用，覆盖了从顶层规划到重大工程、从国内示范到国际推广的全链条，经济社会效益巨大。

**五、应用情况**

本项目成果在黄河上游、西藏易贡藏布等多个国家级大型清洁能源基地，青海拉西瓦/李家峡扩机、玛尔挡水电站等一系列标志性工程成功应用。多能互补发电系统性能指标达到国际先进水平，极大提升了风光新能源的“可调、可控”能力，取得了显著经济和社会效益。

**主要应用单位情况表**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 单位名称 | 应用的技术 | 应用对象及规模 | 应用起止时间 | 应用单位联系人/电话 |
| 1 | 国家能源集团青海电力有限公司玛尔挡分公司 | 容量配置协同调控 | 玛尔挡水电站，232万千瓦 | 2023.07~至今 | 崇兴云/17797387773 |
| 2 | 国家电投集团黄河上游水电开发有限责任公司工程建设分公司 | 容量配置市场模式 | 拉西瓦/李家峡扩机等重大工程规划与商业模式设计 | 2022.06~至今 | 刘智莹/18697126801 |
| 3 | 国家能源集团西藏电力有限公司 | 容量配置 | 西藏易贡藏布流域水-蓄-风-光一体化基地规划（总装机超24190MW） | 2022.01~至今 | 唐文龙/18089087267 |

**六、主要知识产权和标准规范等目录**

| 序号 | 知识产权类别 | 知识产权具体名称 | 国家（地区） | 授权号 | 授权日期 | 证书编号 | 权利人 | 发明人 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 发明专利 | 基于动态频率约束的水风互补发电系统日前调度方法 | 中国 | ZL 2021 1 0932099.9 | 2024.11.15 | 7521541 | 西北农林科技大学 | 许贝贝;**陈帝伊**;韩朔;杨昀波;王枫华 |
| 2 | 发明专利 | 一种考虑分区互济的电力系统电力电量平衡方法 | 中国 | ZL 2024 1 1001034.2 | 2024.9.27 | 7410502 | 水电水利规划设计总院、水电水利规划设计总院有限公司、中国水利水电建设工程咨询有限公司 | **赵增海**;张东;朱**方亮;高洁**; 王旭;杨百银;韩冬;卢鹏;朱熠明 |
| 3 | 发明专利 | 基于水电储能工厂的多能互补发电系统电源容量配置方法 | 中国 | ZL202410222384.5 | 2024.06.04 | 7068074 | 中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司、水电水利规划设计总院 | 周恒、姜梦妍;**高洁**;董闯;闫启明;李运龙;**张娉;王社亮;朱方亮;顾建伟** |
| 4 | 发明专利 | 一种PID控制和自抗扰控制结合的风水系统控制方法 | 中国 | ZL 2022 1 1101525.5 | 2024.11.26 | 7558729 | 西北农林科技大学 | 吴凤娇;周东东;王斌;**陈帝伊**;陈建林;王绍强 |
| 5 | 标准规范 | 风光水火储多能互补发电工程规划报告编制规程 | 中国 | NB/T11082-2023 | 2023.08.06 | 国家能源局 | 中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司、中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司、水电水利规划设计总院 | **张娉;王社亮**;毕小剑;李良县等人 |
| 6 | 发明专利 | 多能互补发电系统电源容量配置优化方法及系统 | 中国 | ZL202311167856.3 | 2024.01.05 | 6604174 | 中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司 | 周恒;姜梦妍;董闯;**王社亮;张娉**;闫启明 |
| 7 | 标准规范 | 水电工程水利计算规范 | 中国 | NB/T 10083-2018 | 2019.03.01 | 国家能源局 | 中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司 | 李平;冯黎;**王社亮**;王飞;周铁柱;宋臻;**张娉**;等人 |
| 8 | 发明专利 | 一种新型超低比转速水泵水轮机 | 中国 | ZL 201910239404.9 | 2020.05.09 | 3816060 | 西北农林科技大学 | **毛秀丽**;屈波; 刘泽;江伟;**陈帝伊**;吴杰 |
| 9 | 发明专利 | 一种时滞水轮机调节系统的非线性自抗扰控制方法及结构 | 中国 | ZL 2022 1 0947142.3 | 2024.11.29 | 7567245 | 西北农林科技大学 | 王斌;艾博;吴凤娇;**陈帝伊**;周东东;张晓东 |
| 10 | 论文 | Investigation on optimization of self-adaptive closure law for load rejection to a reversible pump turbine based on CFD | 中国 | **SCI**10[.1016/j.jclepro.2020.124739](http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124739) | 2020.10 | 124739 | 西北农林科技大学等 | Xiuli Mao(**毛秀丽**);Diyi Chen (**陈帝伊**）;YuchuanWang;Gaojun Mao;Yuan Zheng |

**七、主要完成人情况**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 排名 | 姓名 | 技术职称 | 行政职务 | 工作单位 | 完成单位 |
| 1 | 陈帝伊 | 教授 | 水土保持科学与工程学院院长（中国科学院水土保持研究所所长） | 西北农林科技大学 | 西北农林科技大学 |
| 2 | 赵增海 | 正高级工程师 | 副总经理 | 水电水利规划设计总院有限公司 | 水电水利规划设计总院有限公司 |
| 3 | 益波 | 正高级工程师 | 总经理助理、院长 | 中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司 | 中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司 |
| 4 | 张娉 | 正高级工程师 | 院总工程师 | 中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司 | 中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司 |
| 5 | 高洁 | 正高级工程师 | 综合规划处处长 | 水电水利规划设计总院有限公司 | 水电水利规划设计总院有限公司 |
| 6 | 王社亮 | 正高级工程师 | 公司副总工 | 中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司 | 中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司 |
| 7 | 朱方亮 | 正高级工程师 | 规划部主任 | 水电水利规划设计总院有限公司 | 水电水利规划设计总院有限公司 |
| 8 | 毛秀丽 | 副教授 | 无 | 西北农林科技大学 | 西北农林科技大学 |
| 9 | 王筱 | 工程师 | 无 | 中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司 | 中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司 |
| 10 | 顾建伟 | 高级工程师 | 无 | 水电水利规划设计总院有限公司 | 水电水利规划设计总院有限公司 |

**八、主要完成单位及创新推广贡献**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 排 名 | 完成单位 | 创新推广贡献 |
| 1 | 中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司 | 围绕项目核心创新点，创建了以水储能为核心的多源混合发电系统时空协同规划理论与方法体系；将水储能物理增益电量进行量化，为构建市场化补偿机制提供了定量支撑，对项目成果的推广应用做出了卓越贡献。 |
| 2 | 西北农林科技大学 | 围绕项目核心创新点，开发了基于逐次线性规划（SLP）分解的并行求解算法；创建了的分层分区动态协同控制理论与方法体系；构建了“固定成本补偿+剩余效益分配”为核心的双边界容量补偿机制，对项目成果研发与推广应用做出了卓越贡献。 |
| 3 | 水电水利规划设计总院有限公司 | 作为项目顶层规划与设计单位，负责大型清洁能源基地的宏观规划与系统方案设计。其工作确保了技术路线的先进性与可行性，并参与了相关行业标准的制定。为项目成果纳入国家级能源基地规划、破解大型储能项目投资回报难题提供了关键的宏观决策支持。 |

**九、完成人合作关系说明：**

参加2025年陕西省科学技术奖申报与评审的“水储能主导的多源混合发电系统全时空高效协同关键技术”项目成果，主要由中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司、西北农林科技大学、水电水利规划设计总院有限公司3个单位共同完成和联合申请。各单位分工明确，围绕系统时空协同规划新范式、分层分区协同控制新架构、多维价值量化与市场化新模式等关键技术实行联合攻关，对水储能主导的多源混合发电系统全时空高效协同关键技术开展了深入合作研究。项目主要完成人中的陈帝伊、毛秀丽来自西北农林科技大学，益波、王社亮、张娉、王筱来自中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司，赵增海、朱方亮、高洁、顾建伟来自水电水利规划设计总院有限公司。

项目第一完成人西北农林科技大学陈帝伊，为水土保持科学与工程学院院长、中国科学院水土保持研究所所长，主要负责总体技术路线规划和主持全面工作。西北农林科技大学陈帝伊通过黄河上游及北干流多能互补基地规划研究的子题—黄河尼那“水光储一体化”清洁能源基地容量配置专题研究，与中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司益波、王社亮、张娉、王筱建立良好合作关系，进行了水电、抽水蓄能电站与新能源联合优化运行研究；与水电水利规划设计总院有限公司赵增海、朱方亮及中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司益波、王社亮共同完成了黄河上游及北干流多能互补基地规划研究，破解了千万千瓦级水风光储多能互补系统时空供需失衡与规划模型高维非线性求解难题；与西北农林科技大学毛秀丽共同完成发明专利一种新型超低比转速水泵水轮机，研究了机组在典型工况过渡过程运行中具有良好的稳定性能。

中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司张娉、王社亮、王筱与水电水利规划设计总院有限公司朱方亮、高洁、顾建伟共同完成基于水电站工程储能工厂建设关键技术研究；水电水利规划设计总院有限公司赵增海、朱方亮、高洁共同完成发明专利一种考虑分区互济的电力系统电力电量平衡方法。相关成果在黄河上游水电基地、拉西瓦水电站、李家峡水电站等工程得到成功应用。

具体合作情况见完成人合作关系汇总表。

**完成人合作关系情况汇总表**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 合作方式 | 合作者/项目排名 | 合作起始时间 | 合作完成时间 | 合作成果 | 证明材料 |
| 1 | 共同立项 | 陈帝伊/1益波/3张娉/4王社亮/6王筱/9 | 2022年7月 | 2022年12月 | 黄河尼那“水光储一体化”清洁能源基地容量配置专题研究 | 合同 |
| 2 | 共同立项 | 陈帝伊/1赵增海/2益波/3王社亮/6朱方亮/7 | 2022年7月 | 2023年9月 | 黄河上游及北干流多能互补基地规划研究 | 合同 |
| 3 | 共同知识产权 | 陈帝伊/1毛秀丽/8 | 2019年12月 | 2020年10月 | 一种新型超低比转速水泵水轮机 | 专利证书 |
| 4 | 共同立项 | 张娉/4高洁/5王社亮/6朱方亮/7王筱/9顾建伟/10 | 2022年1月 | 2024年6月 | 基于水电站工程储能工厂建设关键技术研究 | 合同 |
| 5 | 共同知识产权 | 赵增海/2高洁/5朱方亮/7 | 2024年7月  | 2024年9月 | 一种考虑分区互济的电力系统电力电量平衡方法 | 专利证书 |