2022年度山东省科技进步奖公示内容

|  |  |
| --- | --- |
| **项目名称** | 复杂条件下百万千瓦机组电厂特种结构关键设计技术及应用 |
| **申报奖种** | 山东省科技进步奖 |
| **提名单位** | 山东省能源局 |
| **项目简介** | 本项目属于电力工程技术领域。  百万千瓦超超临界发电技术代表着当今电力工程的最高水平,其特种结构，即汽轮发电机动力基础、超大型冷却塔和高耸烟囱是电厂重要的基础设施，对电厂的长期安全稳定运行起着至关重要的作用。汽轮发电机组作为电厂的核心，超长轴系的振动与动力基础的设计密切相关，动力基础的多项设计指标需突破现有规范的限值。另外，冷却塔向超大型发展，风致灾变问题日益突出；横风作用下高耸烟囱的涡激振荡严重影响着结构的安全。当厂址位于强风、高烈度地震、岩溶与软土等复杂环境时，问题变得更加突出。针对上述工程难题，依托国内首批百万千瓦二次再热超超临界机组华能莱芜电厂、“一带一路”项目中单机容量最大的百万千瓦机组印尼爪哇7号工程等项目，历经十余年的系统研究和工程实践，取得了如下创新成果：  **1.研发了复杂条件下超长轴系汽轮发电机组动力基础设计及地基勘测关键技术。**研发了超长轴系汽轮发电机变刚筏板-弹簧隔振动力基础设计技术，提出了考虑机组-基础相互作用的动力分析方法，攻克了高转速下超长轴系汽轮发电机组基础在地震和扰力耦合作用下的振动控制难题。针对复杂地质条件，提出了复杂地电结构电阻率模拟推演方法，研发了起伏地形及动态温、湿度环境下的地下空间探测解译技术，研制了桩基水平承载试验装置，改进了群桩综合系数，提升了动力基础振动控制的精确性。  **2.发展了强风作用下超大型冷却塔风荷载理论，研发了高耸烟囱结构的风振控制技术。**提出了超大型双曲线冷却塔塔群干扰因子模型，完善了其风致效应分析理论，建立了紊流强度、脉动风压分布与阻尼比取值模型，揭示了脉动风压非定常、非高斯特性、负压极值与特征湍流的相关性等流场作用机理。提出了内吸力风振系数新概念，弥补了超大型冷却塔结构设计风荷载理论体系的不足。研发了强台风下高耸烟囱的摩擦阻尼-悬挂内筒组合耗能风振控制技术，突破了常规依靠自身刚度抵抗强风作用的局限。  **3．研发了地下三维空间连续探测技术及复杂工艺系统和特种结构的高效一体化设计技术。**通过瑞雷面波技术与岩土工程勘察的深度融合，研发了地下三维空间连续探测及关键岩土物理力学指标数据云技术；开发了高密度工艺设施区域的精细化结构设计软件，提升了三维模型智能管控技术，实现了电力系统多平台的数据同源，形成了复杂工艺与特种结构的协同设计方法，开发了基于BIM的特种结构智慧化设计软件。  本项目获授权发明专利18项、实用新型专利17项、软件著作权16项，编制标准1部，发表论文34篇。本项目成果被评定为达到国际领先水平，技术成果在多个百万千瓦机组电力工程中推广应用，经济效益显著。引领了百万千瓦机组特种结构的技术发展，对推动我国电力工程的技术进步做出了突出贡献。 |

**提名意见及等级**

|  |  |
| --- | --- |
| **提名意见** | 我单位认真审阅了该项目提名书及其附件材料，确认全部材料真实有效，相关栏目均符合山东省科学技术奖励委员会办公室的填写要求。  按照要求，项目完成单位已对该项目的拟提名情况进行了公示，公示期间无异议。  该项目针对复杂条件下百万千瓦机组电厂特种结构的振动控制、抗风设计关键技术问题，进行了系统的试验、理论、设计关键技术研究。研发了超长轴系汽轮发电机变刚筏板-弹簧隔振基础设计技术，提出了考虑机组-基础相互作用的动力分析方法，攻克了高转速下超长轴系汽轮发电机组基础在地震和不同频率扰力耦合作用下的振动控制难题。提出了超大型双曲线冷却塔塔群干扰因子模型，创立了极值风压和设计风荷载的确定方法；研发了摩擦阻尼-悬挂内筒组合耗能的高耸烟囱抗风设计技术，解决了超高风速下的柔体结构横风共振问题。开发了基于BIM的特种结构智慧化设计软件，研发了复杂工艺和特种结构的高效一体化设计技术，实现了三维模型智能检碰技术，构建了三维智慧化特种结构设计系统。  上述成果成功应用于华能莱芜电厂2×1000MW机组“上大压小”扩建工程、山东能源内蒙古盛鲁电厂一期2×1000MW超超临界空冷机组发电工程、国投湄州湾第二发电厂2×1000MW机组工程、神华国华印尼爪哇7号2×1050MW燃煤发电工程等百万千瓦机组工程。经多年的运行表明结构安全可靠，设备运行稳定，具有良好的示范作用。该项成果经评价委员会评价，认为本项目总体技术达到了国际领先水平。 |
| **提名等级** | 对照山东省科学技术奖授奖条件，提名该项目为山东省科学技术进步奖二等奖。 |

**主要完成单位情况**

|  |  |
| --- | --- |
| **完成单位排序及创新推广贡献** | **主要完成单位排序：1.山东电力工程咨询院有限公司；2.南京航空航天大学**  **1.山东电力工程咨询院有限公司，排名1。**  **对本项目贡献：**（1）对创新点1研发了超长轴系汽轮发电机变刚筏板-弹簧隔振基础设计技术，提出了考虑机组-基础相互作用的动力分析方法，攻克了高转速下超长轴系汽轮发电机组基础在地震和不同频率扰力耦合作用下的振动控制难题；针对复杂地质条件，提出了基于复杂地电结构电阻率模拟推演方法，获得了起伏地形及动态温、湿度环境下的地下空间探测解译的专有技术；研制了桩基水平承载试验装置，改进了群桩综合系数，提升了动力基础振动控制的精确性。负责组织该技术在百万千瓦发电机组的实施应用。  （2）对创新点2提出了超大型双曲线冷却塔塔群干扰因子模型，完善了其风致效应分析理论，与南京航空航天大学共同研究和发展了超大型双曲线冷却塔的抗风设计技术；研发了高耸烟囱结构的风振控制技术，解决了超高风速下的横风共振问题。负责组织该技术在百万千瓦发电机组的实施应用。  （3）对创新点3研发了频散曲线频率波数域提取技术，开发了基于BIM的特种结构智慧化设计软件，提出了复杂工艺和特种结构的高效一体化设计技术，实现了三维模型智能检碰，构建了三维智慧化地下三维与地上特种结构设计系统。负责组织该技术在百万千瓦发电机组的实施应用。  **2.南京航空航天大学，排名2。**  **对本项目贡献：**对创新点2进行了风洞试验，在结构动力分析的模型上提出了结构自振频率和阻尼比取值模型，发展了多尺度建模方法。建立了基于保证率与相关性的超大型冷却塔表面非高斯极值风压模型，发展了典型组合形式下的塔群干扰因子模型。揭示了超大型冷却塔及塔群动力荷载规律，与山东电力工程咨询院有限公司合作共同研究和发展了超大型双曲线冷却塔的抗风设计技术。 |

**主要完成人情况**

|  |  |
| --- | --- |
| **全部完成人排序及对项目的贡献** | **主要完成人：徐俊祥、孙文、孙旭、柯世堂、李旭、杨庆义、亓乐、陈德文、郝倩、徐士倩 （下述主要完成人情况包含：姓名、排名、行政职务、技术职称、工作单位、完成单位、对本项目贡献）**  **1.徐俊祥，排名1，发电设计研究院副院长，正高级工程师，山东电力咨询院有限公司，第一完成单位。**  **对本项目贡献：**项目负责人，对创新点1、2、3有贡献，负责技术研发方案制定和技术推广应用。  **2.孙文，排名2，发电设计研究院土建部副主任，研究员级高级工程师，山东电力工程咨询院有限公司，第一完成单位。**  **对本项目贡献：**对该项目创新点2、3具有较大贡献。  **3.孙旭，排名3，勘测事业部高级项目经理，高级工程师，山东电力工程咨询院有限公司，第一完成单位。**  **对本项目贡献：**对创新点1、3有贡献。  **4.柯世堂，排名4，民航学院副院长，教授，南京航空航天大学，第二完成单位。**  **对本项目贡献：**对创新点2有贡献。  **5.李旭，排名5，发电设计研究院主任工程师，高级工程师，山东电力工程咨询院有限公司，第一完成单位。**  **对本项目贡献：**对创新点2、3有贡献。  **6.杨庆义，排名6，勘测事业部副总经理、地质专业高级专业总工程师，教授级高级工程师，山东电力工程咨询院有限公司，第一完成单位。**  **对本项目贡献：**对创新点1、3有贡献。  **7.亓乐，排名7，县域开发工作组总经理兼勘测事业部副总经理，教授级高级工程师，山东电力工程咨询院有限公司，第一完成单位。**  **对本项目贡献：**对创新点1有贡献。  **8.陈德文，排名8，发电设计研究院副主任工程师，高级工程师，山东电力工程咨询院有限公司，第一完成单位。**  **对本项目贡献：**对创新点2有贡献。  **9.郝倩，排名9，发电设计研究院副主任工程师，高级工程师，山东电力工程咨询院有限公司，第一完成单位。**  **对本项目贡献：**对创新点3有贡献。  **10.徐士倩，排名10，科技与信息部副主任，教授级高级工程师，山东电力工程咨询院有限公司，第一完成单位。**  **对本项目贡献：**对创新点2有贡献。 |

**主要知识产权和标准规范等目录（不超过10件）**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 知识产权（标准）类别 | 知识产权（标准）具体名称 | 国家  （地区） | 授权号（标准编号） | 授权（标准发布）日期 | 证书编号（标准批准发布部门） | 权利人（标准起草单位） | 发明人（标准起草人） | 发明专利（标准）有效状态 | 第一完成人是否为发明人（标准起草人） | 第一完成单位是否为权利人（标准起草单位） |
| 设计标准 | 汽轮发电机组弹簧隔振基础设计规程 | 中国 | T/CSEE0067-2018 | 2018.12.25 | 中国电机工程学会 | 中国电力工程顾问集团华北电力设计院有限公司、中广核工程有限公司、中国电力工程顾问集团华东电力设计院有限公司、中国电力工程顾问集团中南电力设计院有限公司、中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司、隔而固（青岛）振动控制有限公司、河北省电力勘测设计研究院、山东电力工程咨询院有限公司 | 李兴利、周向群、周建军、宋远齐、干梦军、熊瑜、张略秋、尹学军、邵卫东、张兰春、王浩、萧超雄、朱绍军、林少波、周兴乐、尹谦钧、邵晓岩、赵春晓、徐俊祥、周代表、吴建军、孙昕、郑伯兴、苑森、祝红山、郑志刚 | 有效 | 是 | 是 |
| 论文 | 几何缺陷对薄壁塔式容器稳定性的影响 | 中国 | 第33卷第6期 | 2012.06 | 电力建设 | 山东电力工程咨询院有限公司 | 徐俊祥、张兰春 | 有效 | 是 | 是 |
| 发明专利 | 一种冷却塔内表面等效风荷载取值方法 | 中国 | ZL201610594044.0 | 2019.09.10 | 第3522447号 | 南京航空航天大学 | 柯世堂、杜凌云、王浩、余玮、朱鹏、余文林、徐璐 | 有效 | 否 | 否 |
| 发明专利 | 自然通风湿式冷却塔水池 | 中国 | ZL201210196475.3 | 2014.01.01 | 第1331226号 | 山东电力工程咨询院有限公司 | 孙文，高建光，陈德文，张永飞，陈奎玉，谭永明 | 有效 | 否 | 是 |
| 发明专利 | 预应力混凝土管桩水平承载特性试验模型及数据测试方法 | 中国 | ZL201410142805.X | 2016.05.18 | 第2076055号 | 山东电力工程咨询院有限公司 | 王基文、宋修广、亓乐、张宏博、任宪骏、庄培芝、杨庆义、周志东、岳红亚、吴建清 | 有效 | 否 | 是 |
| 发明专利 | 适用于复杂地形条件下的高密度地电阻率测量系统及方法 | 中国 | ZL201610780940.6 | 2020.11.03 | 第4065865号 | 山东电力工程咨询院有限公司 | 孙旭、李振宇、卢晓东、张文波、王基文、高兰、杨庆义、王强恒、高鹏、刘浩、李仁杰、范沛军、孙长帅、王毅、赵哲胜 | 有效 | 否 | 是 |
| 发明专利 | 一种土壤电阻率湿度校正方法 | 中国 | ZL201610765879.8 | 2019.07.16 | 第3455430号 | 山东电力工程咨询院有限公司 | 孙旭、高兰、王强恒、李振宇、于生飞、张文波、亓乐、边磊、刘灿、李仁杰、张勇、焦学文、王冰、张庆辉 | 有效 | 否 | 是 |
| 发明专利 | 预应力混凝土管桩水平承载特性试验模型及试验方法 | 中国 | ZL201410142288.6 | 2016.02.03 | 第1943139号 | 山东电力工程咨询院有限公司 | 王基文、宋修广、亓乐、张宏博、任宪骏、庄培芝、杨庆义、周志东、岳红亚、吴建清 | 有效 | 否 | 是 |
| 软件著作权 | 美标烟囱设计软件V1.0 | 中国 | 2020SR0560126 | 2020  06.03 | 第5438822号 | 山东电力工程咨询院有限公司 | 徐俊祥、王君鹏、张中宇、李旭 | 有效 | 是 | 是 |
| 实用新型专利 | 一种内置隔烟及导流装置的烟囱 | 中国 | ZL201920961715.1 | 2020.06.30 | 第10878437号 | 山东电力工程咨询院有限公司 | 张兰春、徐俊祥、孙晓红、李旭、申加胜、董斌、张维刚 | 有效 | 是 | 是 |

**论证专家：山东大学 张 文 教 授**

**山东省科学院能源所 孙荣峰 研究员**

**济南大学 郭培全 教 授**