**2020年度陕西省科技进步奖提名公示内容**

**1、项目名称**

基于全电量检测的矿热炉无功潮流优化技术

**2、提名单位**

西安市科学技术局

**3、提名意见**

在西安市科技计划项目、陕西省教育厅产业化培育项目、青海省信息服务服务专项资金项目支持计划以及多项企业技术开发委托项目支持下，围绕“矿热炉全电量检测、高低压动态无功潮流优化”目标持续攻关。历经理论研究、方法探索、算法研究、产品试制、工业试验到批量生产和规模化推广应用。研发了基于全电量检测的矿热炉高低压联合无功潮流优化技术，显著提高了矿热炉的冶炼性能、功率因数、自动化程度、产品品质与产能。

该项目选题紧密结合我国矿热炉冶炼型性能差、产量低、能耗高等生产实际，研究技术路线正确、方法得当、成果先进，创新性强，实用性好，解决了矿热炉冶炼的瓶颈问题。检测矿热炉高压侧、中压侧和低压侧的电压、电流、功率因数、有功功率、无功功率等电参数，通过控制高低压侧电容器组的投切，实现了矿热炉高低压动态无功补偿容量的动态调整和基于全电量检测的无功潮流优化，达到了自动控制及节能降耗的目的。项目的研发和推广应用为企业创造了显著的经济效益和社会效益，研究成果“无功潮流优化技术”获2006年西安市科技进步奖三等奖，“高低压联合补偿技术”获2015年获得了西安市科技进步奖二等奖奖励。

**4、项目简介**

项目针对矿热炉冶炼系统低压侧电参量难测量和无功潮流难以控制的实际问题和特点，采用向量补偿转移、三相频率跟踪、档位跟踪、高速采样和组态控制等技术，采集分相电极上的电压、电流（几万安培及以上）、功率因数、有功功率、无功功率等电气参数，分析判断矿热炉短网工作状态和能耗情况，从而实现对不同容量、不同接线方式的高中低压联合无功补偿的控制，高压侧大容量分组投切、低压侧小容量细化调解，使无功交换发生在路径最短的无功补偿装置中，动态有效地控制冶炼系统的无功潮流，提高冶炼功率因数、降低三相功率不平衡，解决企业电耗高、产量低的问题。

**项目创新点：**（1）首次提出并实现了矿热炉高低压侧的全电量检测和应用。（2）首次提出并实现了高低压联合动态无功潮流的优化。（3）开展了多种炉型的工业试验并实现了批量生产和广泛应用。

**知识产权及成果：**形成了具有完全自主知识产权基于全电量检测的矿热炉无功潮流优化技术。授权发明专利4件、实用新型专利24件，登记软件著作权12项，在审发明专利4件，培养硕士研究生5人，发表论文篇18篇。

**技术经济指标：**矿热炉的功率因数≥0.90，提高产量≥10％，冶炼系统三相功率不平衡度≤5%，节约电耗≥2％。

**应用推广及效益：**全国有矿热炉2000多台，绝大多数矿热炉的自然功率因数都在0.7～0.8之间，电力部门要收取功率因数不足的电力罚款，同时由于矿热炉电极的人工控制，三相电极间的电力不平衡有得高达达到20%以上，导致冶炼效率低下、电费增高。截止2019年底，基于全电量检测的矿热炉无功潮流优化技术已在近50台矿热炉上应用，平均每台矿热炉年获益240多万元，产生了较大的经济效益。

**5、客观评价**

**与当前国内外同类研究的综合比较：**我国在20世纪80年代初期开始研究静止无功补偿(SVC)技术及其应用，引进了BBC公司的TCR型SVC动态无功补偿技术，在湖北大冶钢厂投入使用，用以改善炼钢过程中产生的电压波动、闪变以及三相不平衡度等电能质量指标。90年代中期，引进了乌克兰的TCR型SVC动态无功补偿技术，但由于其故障率较高，限制了其应用范围。2001年工业用户使用了26套TCR型SVC装置，有效地改善了电网的电能质量，保证了用户安全、可靠生产和节能降耗。2004年辽宁鞍山红旗堡220kV枢纽变电站的TCR型SVC示范工程的成功投入运行，标志着我国拥有自主知识产权的输电系统SVC技术进入实用化阶段。在矿热炉无功补偿方面，根据长期大量调查研究、查询和科技信息资料查阅，国内外对矿热炉高压或低压无功补偿问题作了大量的研究，取得极为可观的成果。但截止目前除项目组以外，国内外还没有矿热炉高低压联合动态无功补偿装置应用的先例，更没有对矿热炉进行全电量检测并用于动态无功潮流优化的研究成果发表。本项目基于全电量检测的矿热炉无功潮流优化技术，已引起铁合金、电石和工业硅等行业的高度关注。

**科技奖励：**（1）2007年10月，“电炉电能动态优化节能运行管理专家系统”获得西安市科学技术三等奖。（2）2015年1月，“矿热炉高低压联合无功补偿控制系统”获得西安市科学技术二等奖。

**结题证明：**本项目获批的西安市科技计划项目、陕西省教育厅产业化培育项目、青海省信息服务服务专项资金项目支持计划以及多项企业技术开发委托项目等均已结题。以2014年获批的西安市科技计划项目“矿热炉高低压联合无功补偿控制系统CXY1435(2)”项目为例，2016年4月西安市科技局验收结论：该项目通过联合无功补偿过程控制、投切控制方法、模糊控制器设计、联合无功补偿系统软件，有效降低三相功率不平衡，提高了矿热炉的功率因数和产量，调平三相功率的不平衡状况，实现了系统全自动运行。

**用户证明：**湖南耒阳市长乐冶炼有限公司、青海熠晖冶金有限公司、云南盈江金和硅业有限公司、湖南蓝伯化工有限责任公司等开出了应用证明10多份。以盈江金和硅业有限公司12500kVA工业硅炉应用证明为例：安装一套动态无功补偿装置，经过2年9个月的运行，矿热炉功率因数从0.72提高到0.92以上，日产量从24吨提高到29吨，平均吨电耗下降了240kWh/t，年经济效益305.9万元。符合节能减排政策要求，起到增产降耗的作用。

**检测报告：**青海熠晖冶金有限公司安装实施后，国网青海省电力公司电力科学研究院分别对其电能质量和无功补偿装置温度进行了检测，形成了检测报告：电能质量检测结果中电压谐波、电流谐波、总电压畸变率等均在标准范围之内。

**6、应用情况**

截止2019年底， 基于全电量检测的矿热炉无功潮流优化技术已在近50台矿热炉上应用，平均每台矿热炉年获益240万元以上，产生了上亿元的经济效益。

项目应用分两个阶段：（1）2012年以前，西安科技大学自主研发，申请专利和软件著作权，培养研究生，发表学术论文，承接矿热炉冶炼企业委托的合作横向科研项目，对成果进行推广应用。（2）2012年以后，与成都中朋达电气有限公司合作，西安科技大学专业从事技术研发，由成都中朋达电气有限公司进行技术推广和产业化。目前以基于全电量检测的矿热炉无功潮流优化技术为核心的产品应用近50套，主要应用于电石炉、硅锰炉、铬铁炉、硅铁炉和工业硅炉等，实现冶炼系统的高、中、低压无功潮流优化综合控制，合理配置各级无功补偿容量，实时动态调整冶炼参数，实现增产降耗。

**主要应用单位情况如下表：**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 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(MW) | 应用起止时间 | 单位联系人/电话 |
| 1 | 耒阳市中达铁合金有限公司 | 全电量检测动态无功补偿 | 16500kVA硅锰炉 | 2010年10月-今 | 刘鹏/ 0734-4242777 |
| 2 | 耒阳市长乐冶炼有限公司 | 全电量检测动态无功补偿 | 16500kVA硅锰炉 | 2010年-今 | 吕志华/ 13575132585 |
| 3 | 盈江金和硅业有限公司 | 全电量检测动态无功补偿 | 12500kVA工业硅炉 | 2011年-今 | 金工/ 18674512744 |
| 4 | 湖南蓝伯化工有限责任公司 | 全电量检测动态无功补偿 | 30000kVA电石炉 | 2012年6月-今 | 蒋勇勇/0745-5421328 |
| 5 | 青海宜化化工有限责任公司 | 全电量检测动态无功补偿 | 30000kVA电石炉 | 2015年8月-今 | 胡守定/18955305928 |
| 6 | 青海际华江源实业有限公司 | 全电量检测动态无功补偿 | 25500kVA矿热炉 | 2015年-今 | 王克禄/13897635009 |
| 7 | 青海熠晖冶金有限责任公司 | 全电量检测动态无功补偿 | 16500kVA铬铁冶炼矿热炉 | 2015年4月-今 | 李志成/ 15902872681 |
| 8 | 福建泰达高新材料有限公司 | 全电量检测动态无功补偿 | 12500kVA工业硅炉 | 2017年-今 | 翟小煜/0598-2386909 |

**7、主要知识产权和标准规范**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 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 | 矿热炉二次无功补偿控制系统及控制方法 | 中国 | ZL201010300425.6 | 2012年2月 | 904627 | 西安科技大学 | 张传伟 |
| 2 | 发明专利 | 矿热炉高低压联合无功补偿控制系统 | 中国 | ZL201010164490.0 | 2012年8月 | 1028031 | 西安科技大学 | 张传伟 |
| 3 | 发明专利 | 一种皮带运输系统 | 中国 | ZL201610872454.7 | 2018年9月 | 3077945 | 西安科技大学 | 张传伟 |
| 4 | 发明专利 | 一种矿热炉负荷测控系统及测控方法 | 中国 | ZL201310360274.7 | 2015年3月18日 | 5526083 | 成都市中朋达电气有限公司 | 于景定 |
| 5 | 实用新型 | 一种矿热炉二次侧电流检测系统 | 中国 | ZL201520259363.7 | 2015年9月 | 4576072 | 西安科技大学 | 张传伟，王瑀 |
| 6 | 实用新型 | 矿热炉无功补偿设备采集板 | 中国 | ZL201620107039.8 | 2016年9月 | 5526067 | 成都市中朋达电气有限公司 | 于景定，严林，谢柯 |
| 7 | 实用新型 | 一种新型晶闸管触发板 | 中国 | ZL201620115691.4 | 2016年8月 | 5473493 | 成都市中朋达电气有限公司 | 于景定，严林，谢柯 |
| 8 | 实用新型 | 一种变压器漏油检测及报警的装置 | 中国 | ZL201720449334.6 | 2018年8月 | 7674068 | 西安科技大学 | 邢乐，李帅田，党蒙，杨芝 |
| 9 | 软件著作权 | 矿热炉节能监控系统软件1.0 | 中国 | 2010SR010636 | 2009年8月 | 0198909 | 西安科技大学 | 张传伟，文建平 |
| 10 | 软件著作权 | 矿热炉高低压联合无功补偿监控系统软件1.0 | 中国 | 2010SR025466 | 2010年1月 | 0213739 | 西安科技大学 | 张传伟，党蒙 |

**8、主要完成人情况**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 排序 | 完成人 | 行政职务 | 技术职称 | 工作单位 | 完成单位 | 对本项目的贡献 |
| 1 | 张传伟 | 教务处长 | 教授 | 西安科技大学 | 西安科技大学 | 建立多目标无功潮流优化模型，提出一种矿热炉全电气量信息化采集系统，确定高低压联合无功补偿地点，进行高低压联合无功补偿容量的联合优化，设计矿热炉高低压联合无功补偿集散控制系统。 |
| 2 | 文建平 | 无 | 副教授 | 西安科技大学 | 西安科技大学 | 完成以工业控制计算机为核心的数据采集、处理、贮存和控制指令信号的产生；完成功率因数和无功功率的跟踪控制采用PLC控制，使控制系统具有很高的准确性和可靠性。 |
| 3 | 党蒙 | 无 | 助工 | 西安科技大学 | 西安科技大学 | 完成高低压联合无功补偿装置的软件功能设计、程序编制；完成高低压联合无功补偿装置的软件调试和数据记录。 |
| 4 | 于景定 | 总经理 | 工程师 | 成都市中朋达电气有限公司 | 成都市中朋达电气有限公司 | 负责结合矿热炉应用企业生产现状和技术需求，制定详细的课题研究成果生产实施方案，组织并参加现场试验的开展，完成项目现场应用的成果总结。 |
| 5 | 胡广翻 | 无 | 工程师 | 西安科技大学 | 西安科技大学 | 进行机械部分设计，完成高低压联合无功补偿装置的机械结构设计；完成高低压联合无功补偿装置的现场安装图纸设计；完成高低压联合无功补偿装置的现场、调试和数据记录。 |
| 6 | 邢乐 | 无 | 助工 | 西安科技大学 | 西安科技大学 | 进行系统设计，完成高低压联合无功补偿装置的系统设计；完成电压、电流、功率因数、有功功率、无功功率的检测系统设计。 |

**9、主要完成单位及创新推广贡献**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 排序 | 完成单位 | 对本项目的贡献 |
| 1 | 西安科技大学 | 关键核心技术研发：  （1）推导出矿热炉冶炼数学模型。提出对于同一产品的同一冶炼工艺，在原料条件(即物化性能及粒度组成)相同时反应区及炉料区的功率密度存在一个最佳值，推导出电炉主要参数的数学表达式；  （2）实时数据采集与处理技术。采用实时在线检测技术将矿热炉配电用电的每一环节和产生电能参数激变的节点为动态的监测和控制点，实现每一重要的无功节点和电网交换的无功功率最小，使其在大电流低电压的二次侧的流转减小，达到节能降耗的目的。  （3）高低压联合无功动态补偿联合优化。通过根据电压、时间序列的复合控制和按电压和无功功率进行综合控制进行高低压联合动态补偿耦合。 |
| 2 | 成都中朋达电气有限公司 | 现场安装、调试及工业化应用：  基于增产降耗为目的，对矿热炉各项电气参数进行采集并进行信息化处理，实现数据的自动分析和应用，提高生产制造过程中关键环节的自动化操作水平，减少人为因素，提高生产稳定性，对冶炼生产过程控制进行技术升级和推广应用。 |

**10、完成人合作关系说明**

一、项目第一完成人张传伟教授与第二完成人文建平副教授，曾共同获西安市科技进步二等奖，合著论文，共同立项；与第三完成人党蒙助工，第五完成人胡广翻工程师、第六完成人邢乐助工，曾共同立项、合著论文，并且第一完成人张传伟教授指导第三完成人党蒙、第五完成人胡广翻、第六完成人邢乐完成硕士学位论文。

二、项目“基于全电量检测的矿热炉无功潮流优化技术”第一完成人张传伟教授与本项目第四完成人于景定工程师自2012年开始，在矿热炉高低压无功补偿方面长期开展合作研究。于景定工程师与西部矿热炉应用企业有着广泛合作，了解企业在矿热炉方面的应用需求，为高低压无功补偿控制系统的开发调试提供参数与场地支持。

西安科技大学张传伟团队长期以来从事中大容量矿热炉高低压联合无功补偿装置和无功潮流控制优化方面的研发，“矿热炉高低压联合无功补偿控制系统”获西安市科技局科技进步二等奖，为冶炼企业提供了节能降耗的新技术。

成都市中朋达电气有限公司主要为矿热炉节能服务领域，利用节能产品与整体解决方案的优势，为矿热炉企业提供节能诊断、节能设备和节能技术合作研发。

项目“基于全电量检测的矿热炉无功潮流优化技术”第一完成单位西安科技大学与第二完成单位成都中朋达电气有限公司，曾共同立项“2014年青海省信息服务专项资金项目支持计划-矿热炉电气信息化节能应用示范”等多个项目，合作紧密。