**项目名称：矿山长距离输浆管道液固两项流电阻层析检测机理研究**

**完成人（限11人）：王湃，汪梅，秦学斌，杨学存，侯媛彬李楠，王美，张小燕，张波，孙伟傅，邱华富**

**完成单位（所有单位）：西安科技大学 北京工业大学**

**1项目简介：**

由于矿浆管道输送安全的迫切需要，本项目依托第一申报人主持并完成的国家自然科学基金青年项目“金属材料矿浆输送管道内部液固两相流电阻层析检测机理及评价方法研究”，发展一种针对导体管道液固两相流的电阻层析检测方法，实现输浆管道内部浆体流态的可视化检测。本项目通过对ERT检测敏感场的研究，构建ERT敏感场的有限元模型，分析了ERT的“软场”特性与“边缘效应”，揭示ERT的检机理；提出一种壁自适应式导体壁ERT传感器，将模式识别技术引入传感器设计，使ERT传感器具有流型识别能力，可以针对不同流型进行自动优化，达到自标定与自校准的目的；通过建立一种统一的模糊评价函数，将量纲、物理意义完全不同的ERT传感器的各项指标，统一为对ERT指标的满意度，并在满意程度上具有可比性。这种新的多指标优化方法，有效的解决了ERT传感器不同属性指标之间的矛盾性与不可比性的难题；将支持向量机与退火粒子群算法相结合对ERT图像进行重建。该算法可以有效的抑制ERT固有的“软场”效应，提高了ERT图像重建质量。以此为基础，在模拟煤泥输送管道的静态实验中对本方法进行了应用验证，结果显示本方法可以清楚的显示结块在管道中的位置。另外通过本项目的完成，成功开发出一套具有完全自主知识产权的可用于矿山输浆管道浆体流态可视化态检测的ERT系统。该系统可以准确地对矿山输浆管道内的结块、气泡等流态进行可视化检测。综上本项目的研究成果将为矿浆管道输送的可视化检测供理论及技术支撑，具有重要理论及工程应用意义。

**2 主要创新点及其主要研究进展**

1构建ERT敏感场的有限元模型，对ERT检测敏感场的研究分析了ERT的“软场”特性与“边缘效应”，揭示ERT的检机理；

2提出一种自适应式导体壁ERT传感器。该传感器采用动态结构，并具有流型识别功能，可以根据实时的流型变化，自适应地优化感器结构。实验表明该传感器对 芯流、泡状流、层流、环流等4种典型流型的识别率分别为：88%、91%、90%、85%。针对不同流型，经动态优化后的传感器可使ERT图像重建的质量显著提高。

3 提出一种基于模糊评价的多指标优化方法。该方法通过定义ERT指标满意度（ERTIS）和ERT指标综合满意度（ERTIOS）的概念，构造满意度函数，建立一种模糊评价方法。它把量纲、物理意义完全不同的ERT传感器的各项指标，统一为对ERT指标的满意度。为ERT传感器进行在线的多指标的优化和标定，提供了一种高效实用的新方法。

4 提出一种SAP算法用与ERT图像重建。首先利用LS-SVM预测不同流型时，由软场效应引起的重建误差利用该误差构造退火粒子群算法的适应度函数,并采用退火粒子群算法进行寻优。实验结果表明该算法可以明显改善图像重建精度。

5 提出基于粒子群优化核函数极限学习机（PSOKELM）的煤泥输送管道堵塞预测方法，该方将支持向量机核函数引入极限学习机，并通过粒子群算法进行参数优化。实验表明：与粒子群算法优化支持向量机（PSOSVM）预测模型和核函数极限学习机（KELM）预测模型进行比较，基于PSOKELM的预测模型在预测速度和准确性方面均优于PSOSVM预测模型，在预测精度上优于KELM预测模型。

6 成功开发出一套具有完全自主知识产权的可用于矿山输浆管道浆体流态可视化态检测的ERT系统。该系统可以准确地对矿山输浆管道内的结块、气泡等流态进行可视化检测。

**主要知识产权目录：**

1. **文章（限15篇）（文章的第一作者、通讯作者必须为奖励申报完成人）**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 文章题目 | 期刊名称 | 作者（所有人） | 发表时间 | 完成单位（所有） |
| Multi-Index Optimization Design for Electrical Resistance Tomography Sensor | Measurement | Pai Wang，Bao-Long Guo  Nan Li | 2013 | 西安科技大学  西安电子科技大学  北京工业大学 |
| Enhancing electrical capacitance tomographic sensor design | Measurement Science and Technology | Nan Li, Xiang-dong Yang, Yu Gong,Pai Wang | 2014 | 北京工业大学  西安科技大学 |
| ECT传感器的模糊优化设计 | 仪器仪表学报 | 李 楠 ,  杨祥东,  龚 裕,  王 湃,  刘秀成, | 2014 | 北京工业大学  西安科技大学 |
| Pressure Prediction of Coal Slurry Transportation Pipeline Based on Particle Swarm Optimization Kernel Function Extreme Learning Machine | Mathematical Problems in Engineering | Xue-cun Yang, Xiao-ru Yan,Chun-feng Song | 2014 | 西安科技大学  西川交通职业技术学校 |
| Blockage Localization Research of Coal Slurry Transportation Pipeline | Journal of Information & Computational Science | Xue-cun Yang, Jiao Dang, Ling-hong Kong, Jing-ping Cao | 2015 | 西安科技大学 |
| Fingertip Detection and Gesture Recognition Based on Contour Approximation. | ·International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence | Mei Wang, Jzau-Sheng Lin, and Guo-Qing Meng. | 2015 | 西安科技大学  台湾勤益科技大学 |
| Fault Sensing Using Fractal Dimension and Wavelet | Algorithm | Mei Wang  Liang Zhu Ya-nan Guo | 2016 | 西安科技大学 |
| The Coal Slurry Pipeline Pressure Prediction Research Based on Quantum Genetic BP Neural Network | Applied Mechanics and Materials. | Xue-cun YANG,Yuan-bin HOU | 2013 | 西安科技大学 |
| Research on the Bounding-inbox Localization Algorithm for Wireless Sensor Networks Based on RSSI | Applied Mechanics and Materials. | Xue-cun YANG,Yuan-bin HOU | 2011 | 西安科技大学 |
| The modeling research on complex coal slurry pipeline pressure distribution[ | Energy Education Science and Technology Part | X-C. Yang, Y-B. Hou, J. Dang | 2014 | 西安科技大学 |
| 输浆管道液\_固两相流静电场特性研究 | 工矿自动化 | 王湃， 汪梅， 马宪民 | 2015 | 西安科技大学 |
| 输煤管道内部液-固两相流电阻层析检测方法研究 | 煤炭技术 | 王 湃， 汪 梅， 秦学斌 | 2016 | 西安科技大学 |
| 基于遗传神经网络的煤泥输送管道压力建模方法 | 煤炭工程 | 杨学存,侯媛彬. | 2013 | 西安科技大学 |
| 基于参数优化支持向量机的煤泥输送管道压力预测 | 煤炭工程 | 杨学存,侯媛彬,洪卫林 | 2013 | 西安科技大学 |
| 基于机理分析法的煤泥输送管道压力分布数学建模研 | 煤炭工程 | 杨学存,侯媛彬, | 2014 | 西安科技大学 |

1. **专利&软著**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 专利（软著）名称 | 完成人 | 权人 | 专利（软著）号 |
| 一种基于ERT传感器的自适应多相流测量装置 | 王湃 | 西安科技大学 | ZL201710976992.5 |
| 一种基于图像处理的胶结充填体微观参数敏感性分析方法 | 秦学斌 ; 刘浪 ; 张波 ; 王湃 ; 陈柳 ; 王美 ; 张小艳 ; 孙伟博 ; 邱华富 ; 王燕 ; 方治余 ; 朱超 ; 辛杰 | 西安科技大学 | ZL201810097843.6 |
| 深井含冰充填料浆充填及充填体应力分布实验装置及方法 | 王美；刘浪；陈柳；张小艳；姬长发；张波；秦学斌；邱华富；孙伟博；王湃；贾宇航；方治余；朱超；辛杰 | 西安科技大学 | ZL201711178655.8 |
| 深井含冰充填料浆充填及采场降温实验室模拟装置及方法 | 王美；刘浪；张小艳；陈柳；张波；姬长发；孙伟博秦学斌；王湃；邱华富；王燕；王诗琪；方治余；辛杰；朱超 | 西安科技大学 | ZL201711178659.6 |
| 电阻层析成像系统敏感场仿真软件v1.0 | 王湃 | 西安科技大学 | 02016RS255000 |
| 电阻层析成像系统敏感场有限元剖分软件v1.0 | 王湃 | 西安科技大学 | 2016RS249009 |

1. **专著等**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 名称 | 作者 | 出版社 | 出版时间 |
| 火力安全发电关键设备故障诊断 | 李宁 侯媛彬 赵建文 | 西按电子科技大学出版社 | 2013年7月 |