

一、项目名称

钢/煤渣固废分离回用关键技术研究与应用

二、提名单位、提名意见及等级

提名单位： 青岛市

提名意见：该项目围绕钢/煤渣等大宗工业熔渣高效清洁利用需求，针对熔融炉渣“热-铁-渣”协同分质回用及资源化利用中的关键技术问题开展研究，形成多介质耦合淬冷、智能输送与穿透换热等核心技术。在熔融钢/煤渣组分调控、多级穿透共轭换热与机械力耦合淬冷、装备智能感知与运维等方面取得相关技术进展，构建了覆盖多炉型、多渣系的成套技术与装备体系。

本项目共获授权且有效知识产权49件，其中授权发明专利36件，其他授权知识产权13件，另有主导/参与制修订标准15项。核心发明已在成果完成单位及转化单位实现量产应用。

项目成果已在火电、冶金、化工及能源等领域实现工程应用，形成多类型熔废渣处理装备系统，累计应用112个工程、186套系统及300余项改造项目，应用范围覆盖全国并出口20余个国家，在国家能源集团、华能、华电及包钢等企业完成工程验证。近三年实现销售收入18.80亿元、利润7.75亿元，在节水、节电、减排及固废资源化方面产生一定综合效益，对煤电与冶金行业绿色低碳转型具有促进作用。同时，相关成果获得国家制造业单项冠军产品等荣誉，具备良好的工程推广基础。

拟提名该项目为2026年度山东省科学技术进步奖一等奖。

三、项目简介

传统钢/煤渣资源化利用技术，多孤立回用钢渣或煤渣中“热”资源、“铁”组元或特定“渣”矿相，年排放超过5亿吨的钢/煤渣，累计堆存近70亿吨，引发的积存占地、淋溶浸出、热污废气污染等生态环境问题日益突出；借助高温重构和碳酸化，可进一步实现钢/煤渣中铁等有价值组元的强制均化富集，但体系面临富铁弱磁“铁”矿相与惰性矿相分质成本高、尾渣活性并稳定化水平低难利用，熔渣显热回收率效能差等卡脖子问题，突破大宗钢/煤渣“热-铁-渣”分质分离回用，对推动工业行业减污降碳协同增效意义重大。

本研究成果首次提出了熔融钢/煤渣关键组元形态结构原位调控技术，开发了熔融钢/煤渣多处置流程的“热-铁-渣”原位分质回用共性关键技术，形成了具有完全自主知识产权，覆盖矿物基因重组设计、核心关键工艺适配、系统装备绿色智造与全生命周期诊断运维的综合能力体系。成果填补了国内外大宗钢/煤渣有价值组分提取和分质分离利用技术与规模化系统装备空白。本项目主要技术内容如下：

（1）以融合矿物基因学与重构费效比的顶层设计为纲，以熔渣破碎-激冷-相变-胶凝瞬态时空演变梯度的模拟成果为据，耦合“场-域-相-元”耦合作用参数矩阵多层级实验验证，开发了熔融钢/煤渣铁/钙/硅/铝组元优势形态/结构跨尺度精准识别与调控技术，实现了钢/煤渣铁/钙/硅/铝关键矿相的原位分质与经济调控。

（2）发明了适用不同渣系的废气携废渣粉料长距离输送、气液固多介质耦合辊挤压多元机械力淬冷、多级穿透共轭板轴链鳞斗输渣等单元功能模块技术与组件装备，结构化组合系统安全可靠运行，实现了多元熔渣混、淬、输、用分质回用关键环节的广域适应性。

（3）基于工厂实时数据优化调节与生产管理系统快速精准响应的无缝对接，并融合边缘计算与数字孪生技术，开发了“感知-孪生-决策-执行”“可视可控”系统装备智慧运维管理平台，系统全生命周期自感知、自诊断水平大幅跃升，引领行业提升规范化、集约化、数字化水平。

该成果已形成三大类76种规格产品出口20余个国家，“电站锅炉炉渣输送节能环保处理一体化装备”2022年获得国家制造业单项冠军产品；近三年实现销售收入18.8亿元；项目授权发明专利36件，其他授权知识产权13件，主导/参与制修订各标准15项，权威期刊发表论文10篇，该项目技术成果经权威专家评价达到国际领先水平。

四、主要完成人情况

1.王勇，高级工程师，行政职务董事长，工作单位青岛达能环保设备股份有限公司，完成单位青岛达能环保设备股份有限公司，排名1，项目总负责人，对本项目中所列主要技术创新点一、二、三均做出了创造性贡献；主导了熔融钢/煤渣铁/钙/硅/铝组元优势形态/结构跨尺度精准识别与调控技术的总体方案设计，提出了融合矿物基因学与重构费效比原则的顶层设计理念；牵头开发了适用不同渣系的废气携废渣粉料长距离输送、气液固多介质耦合辊挤压多元机械力淬冷、多级穿透共轭板轴链鳞斗输渣等单元功能模块技术与组件装备；参与了“感知-孪生-决策-执行”闭环系统装备智慧运维管理平台的研发与产业化落地； 授权发明专利21件，参与制修订标准8项，发表论文3篇；与本项目相关工作占本人工作量的70%。

2.常景彩，研究员，无行政职务，工作单位山东大学，完成单位山东大学，排名2，本项目主要完成人，对本项目中所列主要技术创新点一和创新点二做出了创造性贡献；冶金行业炉渣处理技术的主要贡献者，发明了钢渣改性工艺，在余热大幅度回收的基础上提高了固废资源化利用率；授权发明专利4件，参与制修订标准2项，发表相关论文4篇；与本项目相关工作占本人工作量的60%。

3.李蜀生，正高级工程师，行政职务总经理，工作单位青岛达能环保设备股份有限公司，完成单位青岛达能环保设备股份有限公司，排名3，本项目主要完成人，主导了辊压/挤压大渣破碎单元、多级穿透冷却共轭板轴链鳞斗输渣等核心装备的研发与工程化设计，对本项目中所列主要技术创新点二和创新点三做出了创造性贡献；负责项目技术成果的产业化转化与规模化推广应用；.授权发明专利32件，参与制修订标准5项；与本项目相关工作占本人工作量的65%。

4.潘晓林，教授，行政职务常务副主任、副所长，工作单位东北大学，完成单位东北大学，排名4，项目组主要成员，主导研发了钢/煤渣改质尾渣制备高附加值材料技术，对本项目中所列科技创新点一、二做出了创造性贡献；发表相关SCI论文5篇；与本项目相关工作占本人工作量的 55%。

5.沈卫明，教授，加拿大工程院院士，工作单位华中科技大学，完成单位华中科技大学，排名5，项目组主要成员，对本项目中所列主要技术创新点三做出了创造性贡献；参与了基于物理信息神经网络（PINN）的换热器换热系数预测方法研究，为智慧运维管理平台提供了算法支撑；参与了废渣处置系统装备数字孪生模型的构建与优化；与本项目相关工作占本人工作量的50%。

6.张代林，副教授，无行政职务，工作单位华中科技大学，完成单位华中科技大学，排名6，项目组主要成员，对本项目中所列主要技术创新点三做出了创造性贡献；主导了边缘计算与数字孪生技术在废渣处置系统中的集成应用研究；参与开发了“感知-孪生-决策-执行”闭环系统装备智慧运维管理平台；发表相关SCI论文1篇；与本项目相关工作占本人工作量的50%。

7.吴鸿飞，博士后，无行政职务，工作单位山东大学，完成单位山东大学，排名7，项目组主要成员，对本项目中主要技术创新点一做出了创造性贡献；参与研发了钢/煤渣改质技术及其尾渣制备高附加值材料技术；发表相关SCI论文4篇；与本项目相关工作占本人工作量的55%。

8.高旭，高级工程师，行政职务副总经理，工作单位青岛达能环保设备股份有限公司，完成单位青岛达能环保设备股份有限公司，排名8，项目组主要成员，对本项目中所列主要技术创新点二做出了创造性贡献；参与了辊压破碎机、钢渣处理系统等核心装备的研发与设计；参与了基于气水联合淬化回收钢渣余热发电系统的开发；负责项目技术成果的工程化验证与现场实施；授权发明专利8项；发表论文1篇；与本项目相关工作占本人工作量的60%。

9.张光荣，正高级工程师，行政职务副总经理，工作单位青岛达能环保设备股份有限公司，完成单位青岛达能环保设备股份有限公司，排名9，项目组主要成员，对本项目中所列主要技术创新点二做出了创造性贡献；作为主要起草人参与制修订行业标准《风冷干式排渣机》（DL/T 1128-2022）；参与了多级穿透共轭板轴链鳞斗输渣等单元功能模块技术的研发与优化；授权发明专利15项，参与制修订行业标准7项；与本项目相关工作占本人工作量的55%。

10.李吉业，高级工程师，行政职务总工程师，工作单位青岛达能环保设备股份有限公司，完成单位青岛达能环保设备股份有限公司，排名10，项目组主要成员，对本项目中所列主要技术创新点一、二做出了创造性贡献；参与了钢渣辊压破碎机、钢渣冷却余热回收系统等核心装备的机械设计；负责项目技术成果的工艺优化与装备制造；授权发明专利3项，参与制修订标准3项，发表相关SCI论文1篇；与本项目相关工作占本人工作量的55%。

11.于永强，高级工程师，行政职务技术部长，工作单位青岛达能环保设备股份有限公司，完成单位青岛达能环保设备股份有限公司，排名11，项目组主要成员，对本项目中所列主要技术创新点二做出了创造性贡献；作为主要起草人参与制修订行业标准《风冷干式排渣机》（DL/T 1128-2022）；授权发明专利8项，参与制修订行业标准6项；与本项目相关工作占本人工作量的50%。

12.赵志硕，高级工程师，行政职务技术经理，工作单位青岛达能环保设备股份有限公司，完成单位青岛达能环保设备股份有限公司，排名12，项目组主要成员，对本项目中所列主要技术创新点二做出了创造性贡献；参与了钢渣辊压破碎机、钢渣处理系统、钢渣冷却余热回收系统等核心装备的研发与设计；授权发明专利12项；与本项目相关工作占本人工作量的50%。

13.冷旭，高级工程师，行政职务销售总监，工作单位青岛达能环保设备股份有限公司，完成单位青岛达能环保设备股份有限公司，排名13，项目组主要成员，对本项目中所列主要技术创新点二做出了贡献；参与了项目技术成果的市场推广与工程应用，负责多个典型应用项目的商务对接与现场协调；授权发明专利2项，发表相关论文1篇。

14.韩栋，高级工程师，行政职务技术经理，工作单位青岛达能环保设备股份有限公司，完成单位青岛达能环保设备股份有限公司，排

名14，项目组主要成员，对本项目中所列主要技术创新点二和创新点三做出了创造性贡献；参与了基于气水联合淬化回收钢渣余热发电系统的研发；参与了废渣处置系统装备智慧运维管理平台的开发与现场部署；授权发明专利3项；与本项目相关工作占本人工作量的50%。

15.赵鹏，高级工程师，行政职务技术经理，工作单位青岛达能环保设备股份有限公司，完成单位青岛达能环保设备股份有限公司，排名15，项目组主要成员，对本项目中所列主要技术创新点二做出了贡献；参与了钢渣辊压破碎机等核心装备的机械设计与制造工艺优化；授权发明专利3项，参与制修订标准1项；与本项目相关工作占本人工作量的40%。

五、主要完成单位情况

1.第一完成单位： 青岛达能环保设备股份有限公司

作为本项目的第一完成单位，全面负责项目的总体规划、组织实施与产业化推广，主要贡献如下：

- （1）主导了项目总体技术路线的制定与实施（对应创新点一、二、三），参与完成了熔融钢/煤渣“热-铁-渣”原位分质回用共性关键技术的研发与系统集成；
- （2） 自主研发了适用不同渣系的废气携废渣粉料长距离输送、气液固多介质耦合辊挤压多元机械力淬冷、多级穿透共轭板轴链鳞斗输渣等核心单元功能模块技术与组件装备；
- （3）协助开发了“感知-孪生-决策-执行”闭环系统装备智慧运维管理平台；
- （4）负责项目技术成果的规模化生产与产业化应用推广；
- （5）5. 作为主要起草单位参与制修订行业标准15项，获授权发明专利36件，其他授权知识产权13件。

2.第二完成单位： 山东大学

作为本项目的第二完成单位，协助处理本项目立项、科学研究、技术创新、产品方案设计优化等工作，主要贡献如下：

- （1）参与了创新点一的研究，包括对于现有技术的市场调研，尤其是钢渣市场，提出现有技术的主要不足和市场需求；研究并发明了钢渣改性工艺，极大的提高了钢渣余热利用和资源化利用；
- （2）参与了创新点二的研究，参与了分级冷却排渣和穿透换热技术的研究，并率先提出了风淬钢渣技术，搭建了实验测试平台，开发了工业化装备；
- （3）共同研发了钢渣改性技术；
- （4）授权发明专利4件，参与制修订标准2项，发表相关权威论文3篇；
- （5）对本项目的相关技术的产业化应用有一定贡献，推动了国内产业化进程；尤其是冶金行业产业化有首要贡献。

3.第三完成单位： 华中科技大学

作为本项目的第三完成单位，协助完成项目立项、科学研究、技术创新、产品方案设计优化等工作，主要贡献如下：

- （1）参与了创新点三的研究，主导了边缘计算与数字孪生技术在废渣处置系统中的集成应用研究；
- （2）参与了基于物理信息神经网络（PINN）的换热器换热系数预测方法研究；
- （3）参与开发了“感知-孪生-决策-执行”闭环系统装备智慧运维管理平台；
- （4）相关技术的产业化应用。

4.第四完成单位： 东北大学

作为本项目的第四完成单位，协助处理本项目立项、科学研究、技术创新、产品方案设计优化等工作，主要贡献如下：

- （1）参与创新点一的研究，尤其是熔融废渣钙/硅关键组元原位重构精准调控技术的研发；
- （2）参与创新点二的研究，改质尾渣资源化利用制备水泥复合粉、硅酸钙粉体、超轻陶粒等技术研发；
- （3）相关技术的产业化应用。