

辽宁省自然科学学术成果奖提名项目公示材料

项目名称：钢铁材料基因工程数据挖掘与设计系统

提名者：东北大学

提名意见：

钢铁材料基因工程数据挖掘与设计系统可大幅提升新材料研发效率。基于该方法，完成了超高强不锈钢的高通量合金成分与热处理制度耦合设计与实验室性能验证。在实验室成果基础上，进一步推进应用转化，在国家“十三五”装备发展部共性技术重点项目支持下，完成了工业化原型合金设计与制备、实现了棒材制造、样件的锻造和热处理；研制了某型号舰载机主起外筒等比例样件，通过静力试验，完成并通过规定的加载测试，达到军用环境实际要求。通过物理冶金数据指导人工智能的计算设计方法指导，从原型合金研发至最终达到军用环境实际要求的全尺寸样件制备与性能考核通过仅用时4年时间，充分体现了材料基因工程的理念。装备发展部预研项目结题评语为：“该项目在合金的韧性调控及强韧化匹配控制方面具有创新性，制备的XXX全尺寸样件通过静力试验考核”。

基于该方法还实现了高强韧性抗氧化免镀层热成形钢复相组织柔性调控，最终基于动力学行为机制研究完成了实验室力学响应评价。其实验室成果在本溪钢铁集团国际先进的2300热轧带钢生产线成功转化，工业量产了抗拉强度1700MPa级高强韧性免镀层热成形钢，形成了全流程一体化组织性能与表面氧化调控技术。与通用汽车、长城汽车以及理想汽车等国内外一线主机厂开展合作，成功试制了防撞门槛梁及扭力梁等热成型零件以及变厚度一体成型门环等集成部件。2022年1月15日，经中国钢铁工业协会组织鉴定，“1700MPa免镀层热成型钢产品为全球首发，成果达到国际领先水平”。该产品“利用高Cr-Si合金成分体系以及全流程表面调控技术，解决铝硅镀层热成形钢生产中的专利成本问题，并大幅降低热冲压生产线建造与运营成本。该成果填补了国内、国外在超高强热轧抗氧化免镀层热成形钢研制技术方面的空白，打破安塞洛米塔尔铝硅镀层专利垄断，经济效益与社会效益显著。”

该项目实用性强，有广阔的应用前景和推广价值。提名材料齐全、规范，申报材料真实有效，对照辽宁省自然科学学术成果奖授奖条件，同意提名该项目为辽宁省自然科学学术成果奖。

项目简介：

材料基因工程以其大幅度降低材料研发时间及资金成本的理念，已逐步成为推动金属材料设计与制备技术变革的颠覆性前沿技术，同时在化工等短机制大数据材料体系下形成了大量成功示范。然而，钢铁材料体系多尺度长链条机制的争议性、体系化的高质量数据不足等特性问题，显著制约了多尺度机理建模等传统材料基因理念在钢铁材料体系下的有效应用。申请人针对钢铁材料基因工程难以实现落地示范的共性瓶颈问题，创新性开发了“钢铁材料基因工程数据挖掘与设计系统”。该系统随着控制钢铁材料性能的核心基元由相变能量基元逐步深化为复相组织基元和隐形控制基元，针对性建立的小样本可解释性深度学习策略也由增维式卷积神经网络，逐步深化为多模态回归网络和损失累积式迁移学习算法。而最终面向的性能设计目标也由单一的强度设计，逐步扩增至强塑形协同设计，乃至疲劳、蠕变等复杂性能设计。此方法体系不单指导形成了丰富的钢铁原型合金设计结果，更最终指导完成了原型合金到工业转化的示范案例。

主要知识产权目录

1. Physical metallurgy-guided machine learning and artificial intelligent design of ultrahigh-strength stainless steel, *Acta Materialia* (2019)
2. A generic high-throughput microstructure classification and quantification method for regular SEM images of complex steel microstructures combining EBSD labeling and deep learning, *Journal of Materials Science & Technology* (2023)
3. Characteristics of nucleation and transformation sequence in deformation induced martensitic transformation, *Materials Characterization* (2020)
4. Modeling retained austenite in Q&P steels accounting for the bainitic transformation and correction of its mismatch on optimal conditions, *Acta Materialia* (2020)
5. New insights on nucleation and transformation process in temperature induced martensitic transformation, *Materials Characterization* (2019)
6. 基于物理冶金学指导下机器学习的 QRP钢的设计方法, 中国, 专利号: ZL 2019 1 0698740. X

主要完成人情况：

徐伟（东北大学）

王灵禺（东北大学）

张玉琪（东北大学）

李亦庄（东北大学）

胡军（东北大学）