# 金属所等开发出高速列车关键构件疲劳寿命预测软件系统

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/11900.html

*本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！*

高速列车关键构件服役可靠性是制约高速列车发展的核心因素之一，高速列车关键构件材料疲劳寿命预测与性能优化是亟待解决的关键问题。然而，材料疲劳性能优化多停留在依靠“试错”阶段，不仅费时费力，而且难以确保优化效果。尽管已有多种疲劳寿命预测软件，但是国内仍缺少同类商用软件。同时，我国高速列车关键构件服役安全评价缺少材料疲劳性能预测与优化理论支撑，相关国际标准复杂，评价方法难以在企业快速普及，性能数据及相关参数源于国外材料及工艺条件下获得，在我国出现“水土不服”的问题。

中国科学院金属研究所研究员张哲峰带领材料疲劳与断裂研究团队经过多年努力，发展出系列原创疲劳理论模型，为解决上述问题提供了关键理论支撑。近日，该团队研究员张鹏、副研究员白鑫与中车长春轨道客车有限公司高速列车系统集成国家工程实验室合作，针对高速列车转向架等关键构件材料，将这些原创理论模型与传统理论相结合，联合开发出“轨道客车常用材料和焊接结构疲劳分析平台”，并已完成所有软件调试与验收工作。该平台功能与国产高速列车材料及焊接结构开发需求契合，得到中车长客的支持和认可。

该团队博士刘睿、王斌，副研究员张振军、庞建超，与研究员张鹏，针对低周疲劳寿命、疲劳强度与疲劳裂纹扩展速率，提出系列疲劳性能预测与优化理论模型，作为解决材料疲劳性能大都依靠“试错”问题的关键理论，被首次集成于疲劳分析软件中。低周疲劳寿命方面，提出基于滞回能参数的低周疲劳寿命预测模型，建立起金属材料低周疲劳寿命与微观损伤机制之间的联系，并根据拉伸静力韧度与加工硬化速率等重要参数，实现了低周疲劳寿命定量预测；疲劳强度方面，基于大量疲劳强度实验结果和前人数据，提出高周疲劳强度预测模型，通过引入合金成分、微观组织及宏观缺陷等参量，实现了金属材料高周疲劳强度定量预测与优化；疲劳裂纹扩展速率方面，通过大量疲劳裂纹扩展实验与断裂力学理论分析，在经典Paris公式的基础上，通过引入强度因子和韧性因子，提出了疲劳裂纹扩展速率预测模型，通过等疲劳裂纹扩展速率线图解法快速预测和提高疲劳裂纹扩展寿命。此外，该平台还集成了团队成员提出的强度与硬度关系、断裂韧性-强度关系、断裂韧性尺寸效应模型、等效疲劳寿命方法（EQ）及蒙特卡洛概率疲劳强度方法（MS），为简化相关性能测试与分析提供了新的理论与方法。这些原创研究成果在*Acta Materialia*、*Physical Review B*、*Journal of Materials Science Technology*、*Materials Science and Engineering: A*、*International Journal of Fatigue*
等期刊上发表论文10余篇，申请授权专利10余项。研究工作得到国家自然科学基金重点项目、汽车联合基金项目、面上项目，国家重点研发计划及中科院战略性先导科技专项的支持。

在疲劳理论创新的基础上，该团队副研究员白鑫集成了商用疲劳寿命分析软件方法，建立基于国产材料与焊接接头的组织与性能数据库，解决了商业疲劳分析软件与国产材料/焊接接头疲劳分析方法在平均应力修正、结构应力修正、疲劳强度修正的方法及参数差异问题，集成了相应的经典修正理论，建立了该软件平台的构件寿命预测模块。针对我国高速列车设计使用的焊接接头及母材评价标准涉及较多、使用复杂、学习成本高等问题，在算法上集成了ISO 12107、Eurocode 3、Eurocode 9、BS 7608、BS 7910、DVS 1608、DVS 1612、IIW、prEN 17149、FKM等高速列车焊接接头及母材常用标准，使设计人员可以直接调用相关标准的程序模块进行计算，简化了高速列车焊接接头及母材评价流程，为高速列车关键构件可靠性设计提供了便利。

该平台目前已在中车长春轨道客车有限公司安装运行，双方将继续进行深入和全面合作，针对传统理论的不足，进一步完善该软件平台，使之更好地服务于高速列车关键构件的服役性能评价。通过发展，该软件平台未来有望进一步向航空、船舶、机械制造等重要领域关键构件推广应用。




轨道客车常用材料和焊接结构疲劳分析平台主要模块与特色

研究团队单位：金属研究所

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发