

2026 年度拟提名陕西省科技进步奖项目公示内容

一、项目名称

复兴号动车组用难变形铝型材滚弯装备、工艺及故障智能诊断系统研发

二、提名者及提名意见

提名者：陕西省科技厅

提名意见：

复兴号高速列车对车头结构性能和精度要求严苛，关系到列车空气动力学性能与运行安全。项目组针对异型变曲率铝型材成型难题，研制了难变形铝型材滚弯整机装备，开发多辊轮分布式位置跟踪、负载转矩实时控制及滚弯工艺与质量协同控制技术，研制出弯曲度多参数自学习协同控制系统，实现装备国产化与工艺自主化，打破日德垄断。成果已推广至西重公司、辽宁忠旺、中车唐车、中车长客、中车青岛四方、天津钢管及瑞士 Zwaehlen & Mayr SA 等企业，实现 30 余种复兴号车头铝型材批量生产。经鉴定，项目成果具有自主知识产权，总体技术达到国际领先水平。

提名该项目为陕西省科学技术进步奖三等奖

三、项目简介

在国家制造强国、质量强国及“双碳”战略指引下，复兴号高速列车对车头结构件轻量化与精度提出严苛要求。针对大型、薄壁、多腔、非对称复杂截面铝型材滚弯成形中截面畸变、扭转、回弹及曲率一致性控制等难题，项目开展装备设计、工艺控制与故障智能诊断系统研发，实现关键装备国产化与工艺自主化。

主要创新：（1）提出三主动辊驱动加中心辊约束的“3+1”式滚弯新原理，研制出国内最大的大模量滚弯装备，开发多辊轮分布式位置跟踪与负载转矩实时控制技术，实现大滚弯模量难变形铝型材精密成形；（2）建立回弹预报模型，提出基于模糊神经网络的变曲率弯弧精确控制方法，构建精密滚弯工艺数据库，开发高精密滚弯工艺与成形质量协同控制技术；（3）构建融合深度学习与主动学习的弯曲度多参数自适应检测模型，提出数据驱动的智能诊断方法，研制系统控制硬软件，实现全产线智能控制与全生命周期可靠运行。

项目获授权发明专利 12 件（含国际 PCT 专利 6 件）、软件著作权 5 件，发表论文 7 篇。装备辊轮位移定位精度 $\leq 0.5\text{mm}$ ，转矩控制精度 $\leq 0.5\%$ ，伺服油缸定位精度 $\leq 0.05\text{mm}$ ，故障检测率 99%；铝型材加工工艺控制精度 0.05mm，成品弧度精度 0.5mm 以内，合格率 99.5%。成果已在辽宁忠旺等实现 30 余种产品批量生产，推广至瑞士 Zwaehlen & Mayr SA、天津钢管等，产品应用于中车唐山、中车青岛四方等，近 3 年累计新增销售收入 48.11 亿元、利税 13.83 亿元，打破国外技术垄断。

经中国有色金属学会评价，项目整体技术达到国际先进水平，其中“3+1”式复杂截面型材滚弯技术处于国际领先水平。

四、客观评价

2026 年 5 月 15 日，中国有色金属学会在西安组织召开本项目的科技成果评价会议，给出如下客观评价：

项目针对高速动车组边梁复杂截面铝型材滚弯成形难题，突破截面畸变、扭转、回弹及曲率一致性控制技术，形成参数匹配、辊模配置与精度补偿方法，研制了国内最大的“3+1”型大模量滚弯装备及具有多辐轮分布位置跟踪、参数实时控制与故障诊断功能的工艺装备，开发了高精密滚弯工艺与成形质量协同控制技术，实现了定制边梁铝型材稳定高精度成形。装备辊轮位移定位精度 $\leq 0.5\text{mm}$ ，转矩控制精度 $\leq 0.5\%$ ，伺服油缸定位精度 $\leq 0.05\text{mm}$ ，传感器和电极故障检测率达 99%；铝型材加工工艺控制精度 0.05mm，成品弧度精度 0.5mm 以内。

成果建立了从产品、工艺、装备到批量生产的完整技术路线，累计生产复杂截面难变形铝型材结构件 30 余种，推广至辽宁忠旺、瑞士 Zwahlen & Mayr SA 等企业，产品应用于中车唐山、中车青岛四方等，近 3 年累计新增销售收入 48.114 亿元、利税 13.83 亿元，打破国外技术封锁与垄断。

项目获授权发明专利 12 件（含国际 PCT 专利 6 件）、软件著作权 5 件，发表论文 7 篇。整体技术达到国际先进水平，其中“3+1”式复杂截面型材滚弯技术处于国际领先水平。

五、应用情况

项目装备工艺关键技术被应用到西安重型技术有限责任公司、辽宁忠旺机械设备制造有限公司，工艺控制精度达到 0.05mm，成品弧度精度控制到 0.5mm 以内，实现了复兴号 CR 系列高铁车头关键铝材结构件的批量稳定供货；复杂截面铝型材产品被应用到中车唐山机车车辆有限公司、中车长春轨道客车股份有限公司、中车青岛四方机车车辆股份有限公司，为高铁列车车头的高强化、轻量化提供了支撑；同时，故障诊断、伺服控制等技术被推广到天津钢管、瑞士 Zwahlen&Mayr SA 等相关企业，推动了高能耗企业向绿色低碳转型升级。促进了高铁装备制造业的高质量发展与我国高铁技术的全球领跑，彻底打破了日本三菱、意大利 COMAC 等国外厂商的技术封锁，得到了用户的高度认可。

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	应用起止时间	单位联系人/电话
1	辽宁忠旺机械设备制造有限公司	滚弯装备及工艺	高速动车车体大型铝合金构件成型加工，大批量生产	2022 年至今	于潮泳 15809854784
2	中车唐山机车车辆	滚弯装备及工艺	高速动车车厢的构件、大批	2022 年至今	程浩 13363213910

	有限公司		量生产		
--	------	--	-----	--	--

六、主要知识产权和标准规范等目录（限 10 条）

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	OPTIMIZATIONMETHOD FOR BENDING REBOUND QUANTITY OF ALUMINUM ROLL FORMING (一种铝材滚弯成形弯曲回弹量优化方法)	美国	US1228010B1	2025-04-22	US1228010B1	Xi'an Heavy Technology Co.,Ltd. Xi'an University Of Technology	Xiaohui ZHAO; Yali WU; Dahao WANG; Bo YANG; Feng DING; Jianfeng CHEN
2	发明专利	一种用于异型截面铝型材滚弯成形过程的回弹量预测方法	中国	ZL202410955368.7	2025-04-18	7879372	西安重型技术有限责任公司	王大号; 赵晓辉; 杨博; 陈建峰; 柴佐华
3	发明专利	一种基于头脑风暴发明机制的滚弯机辊轮状态自适应调控方法	中国	ZL202410610135.3	2024-11-12	7515660	西安理工大学	吴亚丽; 周傲然; 李琦玥; 王梓人; 杨延西
4	发明专利	一种压力传感器故障检测装置	中国	ZL202410570840.5	2024-08-16	7295086	西安重型技术有限责任公司	王大号; 赵晓辉; 杨博; 丁锋; 陈建峰; 吴凡; 王震
5	发明专利	VARIABLE CURVATURE BENDING ARC CONTROL METHOD FOR ROLL BENDING MACHINE (滚弯机变曲率弯弧控制方法)	美国	18/959,714	2025-10-30	US2025/035737 A1	Xi'an Heavy Technology Co.,Ltd. Xi'an niversity of	Dahao WANG Yali WU; Xiaohui ZHAO; Bo YANG; Fan WU; Yali GAO; Huimin YU; Huaiyu JIA

							Technology	
6	发明专利	蜂コロニーアルゴリズムに基づくロール曲げ機の負荷トルクのリアルタイム制御方法 (一种基于蜂群算法的滚弯机负载转矩实时控制方法)	日本	特願 2 0 2 4 - 2 1 9 4 1 8	令和 7 年 7 月 4 日	WP24-0819	西安重型技术有 限责任公司	趙曉輝；王大号；楊博；柴 佐華；王震；余慧敏；秦路 宇；任偉倬；王家興
7	发明专利	ロール曲げ成形のマルチロ ールの分散協調式位置追跡 制御方法 (滚弯成形多辊轮分布式协 同位置跟踪控制策略)	日本	特願 2 0 2 4 - 2 1 8 6 5 0	令和 7 年 6 月 2 4 日	WP24-0822	西安重型技术有 限责任公司	楊博；趙曉輝；王大号；秦 路宇；丁鋒；曲格；安啓 航；任偉倬；王瑜琛
8	发明专利	アルミニウム材のロール曲 げ成形曲げ反発量の最適化 方法 (一种铝材滚弯成形弯曲回 弹量优化)	日本	特願 2 0 2 4 - 1 9 1 1 9 2	令和 7 年 5 月 26 日	WP24- 0744(7687641)	西安重型技术有 限责任公司 西安理工大学	趙曉輝；吳亜麗；王大号； 丁鋒；陳建峰；柴佐華
9	发明专利	一种铝材滚弯成形弯曲回弹 量优化方法	中国	ZL202410 610157X	2024-08- 16	7292734	西安理工大学	吴亚丽；李琦玥；党方笑
10	发明专利	ロール曲げ機の可変曲率ア ーク曲げの制御方法 (滚弯机变曲率弯弧控制方 法)	日本	特願 2 0 2 4 - 2 1 8 6 4 8	令和 7 年 7 月 8 日	WP24-0817	西安重型技术有 限责任公司 西安理工大学	楊博；吳亜麗；王大号；趙 曉輝；吳凡；高雅麗；王 震；賈懷玉；余慧敏

七、主要完成人情况

姓名	排名	行政职务	技术职称	工作单位	完成单位	对本项目贡献
赵晓辉	1	副总经理	正高	中国重型机械研究院股份公司	西安重型技术有限责任公司	主要负责三主动辊驱动加中心辊约束的 3+1 式复杂截面型材滚弯原理研发、异型截面铝型材滚弯成形过程的回弹量预测方法研究、压力传感器故障检测装置研制等工作，技术研发总负责。
王大号	2	副总经理	正高	西安重型技术有限责任公司	西安重型技术有限责任公司	主要负责三主动辊驱动加中心辊约束的 3+1 式复杂截面型材滚弯原理研发、异型截面铝型材滚弯成形过程的回弹量预测方法研究、压力传感器故障检测装置研制等工作，技术研发总负责。
杨博	3	总经理	正高	西安重型技术有限责任公司	西安重型技术有限责任公司	主要负责复杂截面铝型材滚弯过程回弹预报模型、基于机器学习的滚弯机电机故障诊断方法、复杂截面铝型材弯曲度多参数自学习的系统控制硬软件系统研发等工作。
吴亚丽	4	无	教授	西安理工大学	西安理工大学	主要负责高精度滚弯协同控制技术、长距离变曲率数控插补算法、铝材滚弯反弹因子动态补偿模型、智能滚弯控制决策系统、孪生环境下的多模态数据驱动控制模型等研发工作，模型与算法开发负责人。
陈建峰	5	无	高工	西安重型技术有限责任公司	西安重型技术有限责任公司	主要负责三主动辊驱动加中心辊约束的 3+1 式滚弯机研制、高铁用难变形、变曲率、异形截面铝型材滚弯加工工艺研发等工作。
杨茜	6	无	工程师	西安重型技术有限责任公司	西安重型技术有限责任公司	负责项目管理，尤其是质量、安全，协调制造、安装与调试全过程，为项目顺利交工做出了贡献
吴凡	7	无	高工	西安重型技术有限责任公司	西安重型技术有限责任公司	主要负责压力传感器故障检测装置设计、复杂截面铝型材长距离变曲率弯弧精确控制的模糊神经网络方法研发等工作，电控设计负责人

八、主要完成单位情况及创新推广贡献

完成单位	排名	对本项目科技创新和应用推广情况的贡献
西安重型技术有限责任公司	1	西安重型技术有限责任公司主持完成高铁动车组复杂截面铝型材精密智能化滚弯工艺装备及应用的所有研发工作，主要负责三主动辊驱动加中心辊约束的 3+1 式复杂截面型材滚弯新原理、滚弯成形技术与整机装备、高精精密滚弯工艺与成形质量协同控制技术、复杂截面铝型材弯曲度多参数自学习的系统控制硬软件系统等研发工作。并将装备与技术成功推广到辽宁忠旺、中车唐山、中车长客、中车青岛四方等国际著名企业，制造出国产加工能力最大的滚弯机，工艺控制精度达到 0.05mm，成品弧度精度控制到 0.5mm 以内，实现了复兴号高铁车头关键铝型材结构件的批量稳定供货，促进了高铁装备制造行业的高质量发展与我国高铁技术的全球领跑
西安理工大学	2	西安理工大学负责复杂截面铝型材滚弯过程的回弹预报模型、铝型材长距离变曲率弯弧精确控制的模糊神经网络方法以及滚弯过程多参数自适应检测与故障智能诊断系统的开发，解决了传统的滚弯装备及工艺无法满足复杂截面难变形铝型材的高质量成形制备的难题。同时，西安理工大学积极将研究工作转化为项目成果，研发复杂截面难变形铝材滚弯装备的检测和控制算法，通过搭建“铝型材弯曲度多参数自学习协同控制软件系统”，完成了滚弯回弹量预测平台、滚弯曲率预测平台及智能故障诊断平台，满足高铁边梁等铝材结构件的多样化需求和高精度加工

九、完成人合作关系说明

第一完成人赵晓辉，本项目核心研究工作在西安重型技术有限责任公司原单位完成。

赵晓辉（第 1 完成人）、王大号（第 2 完成人）、杨博（第 3 完成人）、吴亚丽（第 4 完成人）、陈建峰（第 5 完成人）、杨茜（第 6 完成人）、吴凡（第 7 完成人）自 2020 年 1 月至 2024 年 12 月，以共同科技成果方式合作，产出成果“高速动车组边梁铝型材滚弯关键工艺装备研发及应用”。