

项目情况简介（省科技进步奖三等奖）

1、项目名称

大功率重载电动轮矿用车辆研发制造与集群作业智能协同管控

2、主要完成人

周旭、贾柱、张宏涛、魏鑫、张勇、邓辉、王全海

3、提名单位

西安市人民政府

4、提名意见

1. “重载大功率电动轮矿车设计制造及其作业协同管控”项目由三一智能装备有限公司联合三一重型装备有限公司共同完成，面向国家“双碳”战略和矿山智能化发展需求，突破了重载矿车大功率多动力耦合供能技术、长寿命结构设计和恶劣环境无人驾驶协同管控等关键技术瓶颈，形成了具有完全自主知识产权的成套技术与装备。

2. 项目主要技术内容包括：1）实现了重载大功率电动轮矿车多动力耦合供能系统设计；2）实现了基于数据驱动的电动轮矿车智能制造关键技术；3）实现了基于大数据云平台的无人驾驶电动轮矿车协同管控。

3. 研究成果获授权发明专利 20 件、软著 10 项，形成国家标准 4 项。开发的产品在 8 个国家 30 余个矿区成功应用，设备出勤率 $\geq 90\%$ ，累计在矿运行超 5000 万公里，运输土方量超 1 亿方，现场平均减人 $> 50\%$ ，节约人工成本 $> 70\%$ ，经以院士为组长的专家组鉴定一直认为成果达到国际先进水平，其中多动力耦合供能系统、达到国际领先水平，成果得到广泛应用，经济和社会效益显著。

5、项目简介

矿用自卸车是露天矿山物料运输核心装备，其技术水平直接决定矿山生产效率、运营成本与本质安全。国外在矿卡动力传动、电控及结构可靠性领域持续研发，大型电动轮驱动、辅助系统自动化技术已实现矿山规模化应用。随着矿山智能化建设加速与极端工况对装备性能要求不断提高，现有矿用自卸车在整车动力性能、承载结构可靠性、作业协同效率等方面短板逐步显现，研发高可靠、高智能、强适应、高经济性的新一代国产矿用自卸车，是实现矿山安全高效绿色开采的重要前提。

项目依托企业重大课题，经多年技术攻关，自主攻克大功率重载电动轮矿车

多动力耦合供能、数据驱动智能制造、大数据云平台无人驾驶协同管控等关键技术，完成大功率重载电动轮矿车国产化设计-制造-运行管控全链条开发。

项目形成三项核心创新：一是提出多发动机-发电机-动力电池耦合驱动方案，开发混联整车控制器能量管理系统，研制总功率 2984kW、载重 300t 以上重载电动轮矿车，实现上坡助力驱动、下坡制动能量回收，油耗降低 12% 以上；二是研发加强型箱式截面直纵梁车架，负载能力提升 30%，搭建焊接质量视觉在线检测系统与全要素自动化装配产线，实现关键工序质量实时管控与智能制造；三是提出数据驱动自适应鲁棒控制方法，开发复杂封闭路况 L4 级无人驾驶系统，建立“采-装-运-排”全链路耦合模型，构建线控底盘-云平台-无人套件一体化协同管控系统，兼顾恶劣工况下作业安全、运行流畅与系统稳定高效。

项目获发明专利 20 项、软著 10 项，参与制定国家标准 4 项。产品已在 8 个国家 30 余个矿区落地应用，设备出勤率 $\geq 90\%$ ，累计运行超 5000 万公里，运输土方超 1 亿方，现场减人超 50%，节约人工成本 70% 以上，实现经济效益约 50 亿元。由沈政昌院士任组长的专家组鉴定，项目整体达到国际先进水平，多动力耦合供能系统达到国际领先，有力推动矿山高端装备产业升级。

6、客观评价

本项目面向露天矿山绿色智能开采重大需求，攻克重载大功率电动轮矿车多动力耦合供能、高可靠结构智能制造、复杂矿区 L4 级无人驾驶集群协同管控三大核心技术，构建了从设计-制造-运行管控的全链条国产化技术体系，研制出 150-320t 系列重载电动轮矿车成套装备。

经第三方多轮科技成果评价，项目整体技术达到国际先进水平，其中多动力耦合供能系统国际领先水平。对比国外小松、卡特彼勒同类矿卡，项目产品总功率达 2984kW，油耗低至 $0.075\text{L/t} \cdot \text{km}$ ，优于国外对标产品；车架负载能力提升 30%，设计寿命可达 15 年；无人驾驶人工接管率低于 0.3 次/百公里，运输效率超越人工作业，在动力性能、节能效果、无人作业指标上形成明显优势。

项目累计取得授权发明专利 20 项、软件著作权 10 项，主导参与制定国家标准 4 项，建成 29 套大型试验台架与数字化智能装配产线。成果已推广至 8 个国家 30 余个矿区，设备出勤率 $\geq 90\%$ ，累计运行超 5000 万公里，运输土方超 1 亿方，现场减人 50% 以上，大幅降低矿山人工成本，创造显著经济与社会效益。

项目突破海外大功率矿车技术垄断，实现大吨位电动轮矿车完全国产化，推动国内露天矿山运输装备升级，为智慧矿山建设提供核心装备支撑，但极端高寒、高腐蚀工况下部件耐久性仍有进一步优化提升空间。

7、应用情况

项目研发的系列重载大功率电动轮矿车及无人驾驶协同管控系统，已在国内黑岱沟露天煤矿、南芬露天铁矿、新疆天池南矿等矿山，以及海外 8 个国家 30 余个矿区实现规模化应用。装备设备出勤率≥90%，累计在矿运行里程超 5000 万公里，运输土方量超 1 亿方。项目实现矿区运输少人化作业，现场平均减人 50% 以上，有效降低人工投入，提升运输效率。产品完成多场景工况验证，打破国外装备垄断，实现大吨位电动轮矿车国产化替代，为露天矿山智能化、绿色化开采提供成套装备解决方案，经济与应用成效突出。

主要应用单位情况如下表：

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 (MW)	应用起止 时间	单位联系人/电 话
1	三一重型装备有 限公司	电动轮矿车及 协同控制系统	重载大功率电动轮 矿车产业化	2023.01- 至今	刘华 13050507322
2	Pt Sany Heavy Industry indonesia	电动轮矿车及 协同控制系统	库页岛煤矿	2023.01- 至今	/
3	Partnership, Investments, Development, Llc	电动轮矿车及 协同控制系统	碧沙露天矿	2023.01- 至今	Michail V. Zusman +7(812)426- 75- 60
4	Enter Machineries Service	电动轮矿车及 协同控制系统	努库斯铁矿	2023.01- 至今	/
5	神华准格尔能源 有限责任公司黑 岱沟煤矿	电动轮矿车及 协同控制系统	黑岱沟煤矿	2023.01- 至今	郭贵明 0477-4311784
6	三一智矿科技有 限公司	电动轮矿车及 协同控制系统	重载大功率电动轮 矿车产业化	2023.01- 至今	徐帅 18838281541
7	新疆天池能源有 限责任公司	电动轮矿车及 协同控制系统	新疆天池南矿	2024.01- 至今	吕萌 1860094193770
8	紫金矿业物流 (厦门) 有限公司	电动轮矿车	罗斯贝尔金矿	2023.08- 至今	李旭华 18005971144
9	北京首钢矿山建 设工程有限责任 公司	电动轮矿车及 协同控制系统	秘鲁马科纳铁矿	2023.11- 至今	顾颀颖 18842686367

10	Bisha Mining Share Company	电动轮矿车	碧沙金矿	2023.10-至今	/
11	GRAND MINING EQUIPMENT LLC	电动轮矿车及协同控制系统	塔旺陶勒盖煤田	2025.01-至今	/
12	TTJVCO LLC	电动轮矿车及协同控制系统	塔旺陶勒盖煤田	2024.08-至今	/
13	紫金国际融资租赁(香港)有限公司	电动轮矿车及协同控制系统	罗斯贝尔金矿	2024.07-至今	陈堃淇 18884841939
14	本溪钢铁(集团)矿业有限责任公司南芬露天铁矿	电动轮矿车及协同控制系统	南芬露天铁矿	2023.08-至今	马梓懿 18253368612

8、主要知识产权和标准规范等目录

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	多动力混合传动系统和电动轮设备	中国	CN114872536B	2025-11-04	8439791	三一重型装备有限公司	贾柱; 周旭; 杨圣俊
2	发明专利	多源动力系统、驱动方法、制动能量回收方法和车辆	中国	CN116512923	2025-10-28	8407317	三一重型装备有限公司, 三一智能装备有限公司	张宏涛; 沈元科; 吴南
3	发明专利	混合动力车辆发动机控制方法、车辆和可读存储介质	中国	CN112389411B	2025-05-23	7954051	三一重型装备有限公司	张宏涛, 赵涛, 倪莹祥
4	发明专利	双发动机起动控制装置和车辆	中国	CN117028103B	2024-06-28	7144596	三一重型装备有限公司, 三一智能装备有限公司	魏鑫; 冯园刚
5	发明专利	取力机构及车辆	中国	CN110654234B	2025-04-22	7890765	三一重型装备有限公司	贾柱
6	发明	一种矿用自卸车的	中国	CN111	2025-0	7922238	三一重型	张勇, 戚

	专利	混合驱动系统		77592 7B	5-06		装备有限公司	建,满军城,贾柱,梁海莎
7	发明专利	液压制动系统和工程机械	中国	CN116 65389 1B	2025-0 9-19	8275681	三一重型装备有限公司,三一智能装备有限公司	宋克俊;邓辉;姜振波;杨洋;苗恒新
8	发明专利	驱动系统和车辆	中国	CN11 60620 35B	2025-0 4-18	7884679	三一重型装备有限公司	王全海;何成林;徐伟;侯成;孙艳林
9	发明专利	轮辋组件、车轮和车辆	中国	CN11 05253 84B	2024-0 5-14	6999015	三一重型装备有限公司	贾柱;梁海莎;周旭
10	发明专利	发动机防护装置	中国	CN11 24408 94B	2025-1 2-09	8556656	三一重型装备有限公司	贾柱;周旭;梁海莎

9、主要完成人情况

序号	完成人	行政职务	技术职称	工作单位	完成单位	对本项目的贡献
1	周旭	矿车总体所所长	高级工程师	三一智能装备有限公司	三一智能装备有限公司	总体负责项目 SET150S、SET240S、SET320S 电动轮矿车开发工作,完成基于多发动机-发电机与动力电池为核心的多动力耦合供能系统研究,开发了轮边控制模型,
2	贾柱	机械工程师	正高级工程师	三一重型装备有限公司	三一重型装备有限公司	开发了基于载荷谱的抗疲劳设计方法,完成了疲劳损伤机理建模,完成了载荷谱数据库的构建与分析,协助完成了 SET150S、SET240S、SET320S 电动轮矿车结构开发工作
3	张宏涛	系统集成工程师	高级工程师	三一重型装备有限公司	三一重型装备有限公司	开发了三发动机动力耦合的扭转共振控制方法,设计了多动力混合传动系统和电动轮

						设备，协助研发了轮边控制模型，构建了VCU能量管理系统，
4	虢鑫	电气工程师	工程师	三一智能装备有限公司	三一智能装备有限公司	构建了基于载荷谱的抗疲劳设计方法，参与设计了一套适用于电动轮矿车的能量回收系统，参与设计了矿车的智能管控系统
5	张勇	项目经理	高级工程师	三一重型装备有限公司	三一重型装备有限公司	开展了基于车辆实时电驱动参数、滑移率等，估算车辆行驶滚动阻力系数和路面附着系数，基于电驱动矿用车成本考虑，进一步优化控制算法，实现通过合理控制分布式电驱动矿用车轮滑转率，并充分利用地面附着作用，达到发挥电机最大驱动力矩的工况，为电动轮矿用车分布式驱动控制算法提供一种优化技术
6	邓辉	液压技术所所长	高级工程师	三一智能装备有限公司	三一智能装备有限公司	实现了固定预瞄距离控制策略适应性分析，协助完成了完成了融合多源数据的自适应生产任务调度引擎的开发，实现了矿车的智能管控系统，建立了面向多装载点的空车实时调度模型
7	王全海	机械工程师	工程师	三一重型装备有限公司	三一重型装备有限公司	设计了一套适用于电动轮矿车的能量回收系统，协助完成了融合多源数据的自适应生产任务调度引擎的开发，实现了固定预瞄距离控制策略适应性分析，实现了矿车的智能管控系统，开发了混动总成和混动总成的控制方法、混动矿车的电平衡控制方法和装置

10、主要完成单位及创新推广贡献

排序	完成单位	对本项目的贡献
1	三一智能装备有限公司	提出了多发动机-发电机-动力电池耦合的矿车动力驱动设计方案，开发了混联整车控制器（VCU）能量管理系统，研制出总功率达到 2984kW、承载 300t 以上的重载电动轮矿车，实现了上坡辅助驱动、下坡助力制动能量回收，油耗降低达 12%以上。构建了基于机器视觉与深度学习算法的车架焊接质量在线智能检测系统和“人-机-料-法-环”全要素连接的电动轮矿车自动装配产线，实现了关键部件焊接缺陷的实时管控和电动轮矿车的智能制造。
2	三一重型装备有限公司	开展了基于车辆实时电驱动参数、滑移率等，估算车辆行驶滚动阻力系数和路面附着系数，基于电驱动矿用成本考虑，进一步优化控制算法，实现通过合理控制分布式电驱动矿用车车轮滑转率，并充分利用地面附着作用，达到发挥电机最大驱动力矩的工况，为电动轮矿用车分布式驱动控制算法提供一种优化技术。

11、完成人合作关系说明

本项目通过对行业痛点分析，共同完成鉴定项目重载大功率电动轮矿车设计制造及其作业协同管控,共同合作项目 SET150S 电动轮矿车、SET240S 电动轮矿车、SET320S 电动轮矿车。

1. 贾柱、周旭共同授权发明专利：“多动力混合传动系统和电动轮设备”（授权号：CN114872536B）
2. 张勇、贾柱共同授权发明专利：“矿用自卸车的混合驱动系统”（授权号：CN111775927B）
3. 贾柱、周旭共同授权发明专利：“发明专利 轮辋组件、车轮和车辆”（授权号：CN110525384B）
4. 贾柱、周旭共同授权发明专利：“发动机防护装置”（授权号：CN112440894B ）