

项目情况简介（省科技进步奖三等奖）

1、项目名称

大型露天矿重载纯电宽体车无人驾驶关键技术及应用

2、主要完成人

武永亮、吴南、丛隼、谢欣燕、黄贤辉、司政勇、赵永乐

3、提名单位

西安市人民政府

4、提名意见

宽体车是露天矿矿产资源运输的关键装备，其电动化是实现降本增效、绿色低碳和智能运维的重要途径，能解决燃油宽体车油耗成本高、能源浪费大、碳排放污染大、智能化程度低等问题，但也带来重载动力不足、续航能力弱、电池寿命短、补电耗时长等急需攻克的技术瓶颈，为此，《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006-2020 年）》明确提出技术攻关要求，重点研发特种重型车辆。该项目通过产学研联合自主创新，研发了大型露天矿重载纯电宽体车，取得了以下创新成果：发明了转速同步-扭矩叠加的双电机并联动力总成、一体化框架式焊接车架总成，研发了负载自适应动力输出技术，解决了纯电宽体车动力不足、换挡动力中断、重载车架寿命短的难题；研发了车群智能调度高效充换电、机械-电制动协同能量回收、电池多热源协同管控等技术，解决了重载纯电宽体车续航能力弱、充电时间长、电池运维难的问题；研发了行驶环境动态感知、车况智能评估和安全智能驾驶技术，解决了纯电宽体车环境风险和车况异常下的安全保障和智能运行难题。

该项目成果授权中国发明专利 21 件，制定国家标准 4 项，获软件著作权 5 件。近三年，项目产品在国家能源集团、紫金矿业集团等企业推广应用 543 台，累计新增销售额 11.59 亿元，并已出口俄罗斯、印度、南非、印尼等国，经济效益显著。

鉴定委员会认为：总体技术达到国际先进水平，双电机并联驱动技术国际领先。

5、项目简介

宽体车是露天矿运输矿产资源的关键装备，由于燃油宽体车存在油耗成本高（约占总成本 50%）、能源浪费大、碳排放污染大、智能化程度低等问题，故电动化成为矿用宽体车降本增效、绿色低碳和智能运维发展的重要途径。立项前纯

电宽体车存在重载动力不足、续航能力弱、电池寿命短、车群补电效率低等难题，严重制约了纯电宽体车的工作效率和在大型露天矿的普及。为此，《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006-2020 年）》明确提出要重点研究开发替代燃料汽车整车设计、动力系统集成与控制技术，以及特种重型车辆。在工信部、国家自然科学基金委等项目资助下，产学研联合自主创新，研发了大型露天矿重载纯电宽体车，突破了大坡度重载双电机纯电驱动、电池长续航可靠管理以及复杂工况智能运行等共性关键技术难题。主要技术创新如下：

1、大坡度重载双电机纯电宽体车。首创了转速同步-扭矩叠加的双电机并联大动力协同驱动技术、重载上坡辅助控制技术，发明了一体化高强度框架式焊接车架总成，研发了负载自适应动力输出技术，解决了纯电宽体车驱动动力不足、换挡动力中断、重载车架寿命短的问题，增强了纯电宽体车对露天矿复杂地形的适应能力。

2、纯电宽体车群电池智能管理系统。研发了面向大型露天矿纯电宽体车的车群智能调度高效充换电技术、机械-电制动协同能量回收技术、电池多热源协同管控技术，构建了智能电平衡系统，解决了纯电宽体车重载运输电池续航能力弱、补电时间长、热管理难的问题，提高了纯电宽体车电池工作效率和使用寿命。

3、重载纯电宽体车智能化运行技术。研发了纯电宽体车行驶环境动态感知技术、运行车况智能评估技术，创新了串联制动和备用制动相结合的安全冗余控制模式，构建了安全驾驶智能决策系统，解决了路面损坏、障碍物等环境风险和车况异常的智能感知和可靠驾驶难题，提高了纯电宽体车运行安全性和智能化。

该项目成果授权中国发明专利 21 件，制定国家标准 4 项，获软件著作权 9 件。该项目实现了我国大型露天矿纯电宽体车技术的跨越式发展，推动了我国矿用重载纯电宽体车运输行业的技术进步，有效降低了大型露天矿矿产资源运输系统的运营成本和碳排放污染，单台纯电宽体车每年可减少 562 吨二氧化碳排放。近三年，在国家能源集团、紫金矿业集团等企业推广应用 543 台纯电宽体车，其中出口俄罗斯、印度、南非、印尼等 12 个国家 197 台，项目产品累计新增销售额 11.59 亿元，新增利润 3.7 亿元，经济和社会效益显著。

鉴定委员会认为：该成果创新性强，具有完全自主知识产权，总体技术达到国际先进水平，其中双电机并联驱动技术国际领先，填补了国内 150 吨级纯电宽体车空白。

6、客观评价

本项目为大型露天矿重载纯电无人驾驶宽体矿车关键技术及应用成套技术成果，围绕整车耐久底盘、纯电三电、矿区无人驾驶三大核心开展系统攻关，技

术资料完整、佐证材料权威客观，综合技术、经济、社会效益突出。

技术创新性方面，2025 年 8 月省级科技查新结论显示，国内外未见与本项目核心查新点完全一致的公开文献；多批次第三方成果鉴定表明成果整体达国际先进，双电机并联驱动技术达国际领先，系列车型综合性能填补国内同类装备短板。产品经国家工程机械质检中心型式检验，车架、电驱、举升等指标均达标；省市两级专项验收证实无人驾驶、能量管理、整车控制五大核心技术全部攻关落地并批量应用，成果支撑 GB/T 45048 等 4 项国家土方机械标准编制，行业技术引领作用显著。

应用与经济效益层面，SKT90E、SKT105E 系列纯电无人矿车已在新疆、四川、甘肃等多大型露天矿山规模化投运，单矿投放超 50 台，设备出勤率 95% 以上。经矿区实测，车辆运输能耗较传统燃油车降低 70%，单车年节约运营成本 46-50 万元，重载下坡能量回收提升续航 10%，综合节能与降本成效经证券日报、环球网、中国路面机械网等权威媒体实地报道验证，市场订单持续增长，产业化落地成熟。

社会价值方面，项目以纯电 + 无人驾驶融合方案替代燃油有人矿车，大幅减少矿山废气排放，契合双碳战略；同时消除人工驾驶安全风险，攻克高扬尘、动态装卸矿区自动驾驶难题，推动露天矿山绿色化、无人化转型，为国内新能源智能矿用装备自主化提供完整成套解决方案，具备广泛推广价值。

7、应用情况

项目攻克大坡度重载双电机驱动、长续航电池管理、矿区智能无人驾驶核心技术，实现纯电宽体车批量产业化，产品覆盖西藏、青海、四川、辽宁等全国多类露天矿区，累计推广应用 543 台。已在四川、西藏、甘肃、辽宁等十余家矿山企业落地，适配砂石、铜矿、电石等多剥离运输场景，可适应高温、高寒、高海拔等极限工况，设备长期稳定运行。各应用单位自 2022 年起分批批量采购，最长服役超 4 年，车辆出勤率高，充分验证产品复杂环境适配性、耐久可靠性，已形成成熟矿山绿色无人运输落地应用模式。

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	四川万坤展鹏矿业有限公司	整体技术	大型露天矿剥离层运输任务，纯电动宽体车 20 台	2024.11-至今	黄万学 13219456090
2	中国葛洲坝集团易普力股份有限	整体技术	大型露天矿剥离层运输任务，纯电动	2024.10-至今	张彦峰 13991321670

	公司禹州分公司		宽体车 20 台		
3	西藏亿顺井巷工程建设有限公司	整体技术	巨龙铜矿剥离层运输任务，纯电动宽体车 10 台	2024.09-至今	常德 13298989333
4	辽宁金源矿建工程有限公司	整体技术	大型露天矿剥离层运输任务，纯电动宽体车 10 台	2024.07-至今	刘文斌 17640663990
5	开平市盛城供应链有限公司	整体技术	大型露天矿剥离层运输任务，纯电动宽体车 12 台	2024.07-至今	薛安天 15102040505
6	鞍山安驼运输有限公司	整体技术	大型露天矿剥离层运输任务，纯电动宽体车 10 台	2024.06-至今	房鑫辰 18524226444
7	宁夏明巨电石有限公司	整体技术	电石矿剥离层运输任务，纯电动宽体车 2 台	2023.09-至今	韦学元 18095546661
8	湖北省浠水长峡新材料矿	整体技术	大型露天矿剥离层运输任务，纯电动宽体车 8 台	2023.07-至今	周超凡 15098031360

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	一种车辆控制方法、车辆控制系统及车辆	中国	CN117698732B	2024-06-18	7109318	三一重型装备有限公司，三一智能装备有限公司	武永亮，曲小飞，程乐，孙艳林
2	发明专利	移动换电车的调度控制方法、装置、系统及移动换电车	中国	CN114580984B	2022-09-06	5433312	三一重型装备有限公司	吴南，丛隽，刘杰
3	发明专利	一种车辆动力装置、车辆动力装置的控制方法及车辆	中国	CN116788061B	2023-10-20	6408111	三一重型装备有限公司，三一智能装备有限公司	程乐，司政勇，李博，武永亮，张玉源
4	发明专利	车架总成及车辆	中国	CN109131567B	2021-03-12	4293182	三一重型装备有限公司	黄汉生，黄贤辉

5	发明专利	电池最大充放电电流的估算方法、装置及存储介质	中国	CN113447824B	2024-12-13	7594260	三一重型装备有限公司	张宏涛, 赵有贤, 吴南
6	发明专利	矿车运行工况的获取方法及装置	中国	CN112907173B	2024-04-12	6896754	三一重型装备有限公司	倪莹祥, 刘杰, 丛隽
7	发明专利	基于单目相机的测距方法及装置、介质、设备	中国	CN114440821B	2023-12-12	6551993	三一智矿科技有限公司	谢欣燕, 袁丽燕, 张娜, 张锐
8	发明专利	规则道路的单目深度估计方法及装置、存储介质、终端	中国	CN115063575B	2025-09-12	8247899	三一智矿科技有限公司	谢欣燕, 康晓华, 唐晓, 袁丽燕
9	发明专利	一种车辆控制方法、装置、电子设备及存储介质	中国	CN117585019B	2024-06-18	7110572	三一重型装备有限公司	周天浦;曲小飞;丛隽;黄贤辉
10	发明专利	车辆控制方法、装置、电子设备和车辆	中国	CN116608263B	2023-09-26	6353973	三一重型装备有限公司、三一智能装备有限公司	吴兆君;丛隽;李松

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	武永亮	研发经理	工程师	三一智能装备有限公司	三一智能装备有限公司	纯电动总集成驱动控制技术研发三电机串联直驱方法, 开发双电机+变速箱并联动力系统, 解决传统动力系统经济性差、换挡动力中断问题, 降低电机与电池磨损。
2	吴南	工程技术所所长	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	纯电矿用变速箱标定及寿命预测技术 开发变速箱挡位自标定系统, 结合有限元模型预测换挡齿轮轴寿命, 解决换挡机构失效难题, 显著延长变速箱使用寿命。
3	丛隽	先行技术	工程师	三一重型装备有限公司	三一重型装备有限公司	预测性维护技术 融合长时数据评估与短时故障预警, 开发多级协同故障

		所所长				预警平台，故障预警准确率 $\geq 95\%$ ，减少系统停机时间。纯。
4	谢欣燕	算法工程师	工程师	三一智矿科技有限公司	三一智矿科技有限公司	矿区工况自动收集处理技术基于多算法融合的机器学习模型，智能识别矿车运行状态，提升工况数据获取效率与分析精度，支持个性化矿场管理需求。
5	黄贤辉	总经理	工程师	三一智矿科技有限公司	三一智矿科技有限公司	纯电动非公路矿用自卸车标准制定 牵头制定 5 部国家标准，填补行业空白，推动新能源矿用车规范化发展。
6	司政勇	高级电驱系统工程师	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	宽体车换电技术 通过车辆状态与换电站信息智能匹配，实现无人操作全流程换电，换电时间仅需 3 分钟（国内领先），提升运营效率与安全性
7	赵永乐	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	陡坡缓降与爬坡辅助技术 自研 PID 算法结合工况采集，实现重载下坡自动制动介入与上坡挡位锁定，提升复杂路况行驶安全性。

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	（1）制定了项目总体技术路线与实施方案； （2）发明了纯电宽体车双电机驱动方法和控制系统，研发了双电机协同大功率驱动技术、坡度动力自适应控制技术； （3）发明了移动换电车及其调度控制方法和系统，研发了车群智能调度高效充换电技术； （4）组织了项目技术转化与成果生产、销售和推广应用工作。
2	三一重型装备有限公司	（1）发明了纯电宽体车高强度框架式焊接车架，研发了高强度框架式焊接车架总成； （2）发明了电池最大充放电电流的估算方法，研发了大容量电池高效输出技术； （3）发明了纯电宽体车运行工况获取方法及装置，研发

		了行驶环境动态感知技术； (4) 参与组织了项目技术转化与成果生产、销售和推广应用工作。
3	三一智矿科技有限公司	(1) 发明了纯电宽体车高强度框架式焊接车架、纯电宽体车车载单目相机测距方法和装置，参与了双电机协同大功率驱动技术、运行车况智能评估技术的研发工作； (2) 开展了纯电宽体车智能感知和控制系统的生产、销售和推广应用工作。

11、完成人合作关系说明

(200 字以内)

本项目通过对行业痛点分析，自 2021 年开始，历经 3 年研发攻关，通过产学研联合自主创新，攻克了纯电无人宽体车生产、纯电宽体车无人控制技术、高能量回收与智能管理技术等关键技术，实现了无人露天矿区绿色、安全、高效运营。

项目主要完成人的合作关系如下：

1. 吴南、丛隼共同授权发明专利：“移动换电车的调度控制方法、装置、系统及移动换电车”（授权号：CN114580984B）。
2. 丛隼、黄贤辉共同授权发明专利：“一种车辆控制方法、装置、电子设备及存储介质”（授权号：CN117585019B）
3. 司政勇、武永亮共同授权发明专利：“一种车辆动力装置、车辆动力装置的控制方法及车辆”（授权号：CN116788061B）