矿卡“油改电”:绿色矿山建设的关键一战

■本报记者 姚美娇



在矿山运输环节,动力变革已经由“可选项”走向“必答题”,电动矿卡迎发展新阶段。据专业第三方机构高工产业研究院统计,2025年我国新能源矿卡销量突破3300台,同比增长超过35%;2026年延续高速增长态势,该数字或将达到6000台。正如业内专家所言:“当燃油车在矿山挣不到钱时,电动化的趋势已经势不可挡。”

“油改电”的另一面,是行业刚需仍待进一步满足。根据交通运输部等11部委今年5月发布的《推动新能源重卡规模化应用实施方案》,要强化矿山等行业清洁运输监管,“有序推动大宗货物干线公路运输采用新能源重卡”,并“持续推动矿山运输车辆新能源化”。战略支撑与现实需求强力呼应,但目前我国大多数矿山电动运输车辆投用不到10%,存量替代任务艰巨。

值得一提的是,这场从能源动力到装备终端的系统性变革,吸引着矿山、电池、运营、整车等各环节企业密集落子,不同型号的电动矿卡逐步跑出由单点示范拓展至批量替代的样本。政策加码、技术进步叠加多方协同,推动矿山运输加速绿色低碳转型。

矿卡电动化为绿色矿山和“双碳”目标赋能

告别柴油重卡的机声隆隆、烟尘滚滚,使用电动矿卡不仅是矿山运输装备升级,背后更有着重大意义与深远影响。

早在2024年,自然资源部等7部门印发的《关于进一步加强绿色矿山建设的通知》,明确到2028年底,持证在产的90%大型矿山、80%中型矿山要达到绿色矿山标准要求。绿色矿山建设事关“双碳”目标与环境保护,运输正是其中的关键一环。前不久,自然资源部、国家市场监督管理总局再次出手,用《绿色矿山建设规范》系列国家标准为低碳转型划定清晰标尺,标志着我国绿色矿山建设步入体系化、标准化新阶段。相应地,承担减污降碳重任的运输环节也需持续加码。

以露天矿山使用数量最多、能耗最高、碳排放最集中的矿用自卸车为例,一台220吨级燃油车,每年消耗柴油约748吨,年排放二氧化碳超过2300吨,同时伴有大量氮氧化物等污染物排放,对矿区周边大气环境和一线职工健康造成影响。排放基数乘以矿车保有量,紧迫性与挑战性清晰摆在面前。

这些排放更是能够被核算、被量化的具体数字。按照中共中央办公厅、国务院办公厅《碳达峰碳中和综合评价考核办法》,碳排放双控被纳入考核,引导绿色矿山评价从“名录管理”走向“动态考核”。顶层设计之下,部分地区还拿出“真金白银”的支持。例如,《准格尔旗新能源矿卡重卡替换燃油矿卡重卡三年行动方案》明确“保障新能源矿卡重卡电价优惠”,新疆对矿山电动化改造给予30%的投资补贴等。

多名矿山企业人士告诉记者,由于运输路线相对固定、作业场景较为集中,且多为短倒、重载运输,矿山与电动矿卡的使用特性天然适配。矿区不但有条件打造较好的补能条件,反过来还能助力新能源消耗。“比如,依托我们的土地资源配套建设风光电站,或者就近选取新能源项目实现绿电直连,都为绿电消纳开拓应用场景,推动形成‘绿电产得出、装备用得上、碳排放降得下’的良性循环,这也是从力所能及出发,为绿色矿山建设和‘双碳’标如期实现提供有力支撑。”汇工(河北)科技股份有限公司(以下简称“汇工科技”)相关人士称。

从单点突破到多矿区、多吨位的工程化验证

在电动化进程中,动力电池是电动矿卡的心脏,但电动矿卡的推广应用却远非“换一块电池”那么简单。

“以矿用自卸车为例,一方面,长期在重载起步、长距离爬坡、频繁制动、极寒或高海拔工况下连续三班倒运行,对动力系统宽温域适应性、循环寿命和瞬时功率输出的要求,远远高于普通商用车。另一方面,上述使用情境对补能方案提出更苛刻的要求。比如,若不能解决极寒条件下的充放电能力和能量保持率,车辆在冬季就可能沦为‘季节性资产’。在很多矿区,存量资产规模较大或不具备换新条件,实施‘油改电’难度更甚。”煤炭科学研究总院有限公司零碳矿山研究院张亚宁在接受《中国能源报》记者采访时表示。

除了通用技术难题,如何根据不同需求“一矿一策”进行改造更是考验。加上在传统燃油矿用自卸车领域,核心动力系统因存在“卡脖子”难题而长期依赖进口,把三电系统从“能配套”推至“自主可控、可批量交付、可现场维保”,真正整体替代进口动力链,同时也成为转型之余的另一主线任务。

历经多年研发与实践,攻关方向逐步清晰:宽温域电池适配、高倍率输出、快充快放与安全防护需同步达标。在诸多路线探索中,汇工科技为行业提供了一个可供观察的样本:专为矿用自卸车设计的动力电池模块,全球首创耐低温性能,支持零下35℃直充直放,极寒环境能量保持率超过90%,还可做到1C充放电循环寿命突破6000次;电控系统采用模块化架构和碳化硅功率器件,全国产化成为现实;电驱动系统采用高功率密度永磁同步电机,系统效率达到90%以上。突破不仅是单项参数的领先,而且精准拆解“油改电”在矿山现场最容易被卡住的环节——低温启动、连续作业循环和电驱系统协同效率。

落地案例是检验改造方案最直观的标准。据了解,由汇工科技提供改造的国内矿山行业首台MT3600型154吨矿用重型“油改电”卡车,在鞍钢矿业齐大山铁矿投运一年多时间,年可减少二氧化碳排放1042吨。包钢集团220吨、中国科学院化物所TR-100等不同吨位的投用,推动“油改电”从单台矿卡走向多矿区、多吨位的工程化验证。由国家工程机械质量检验检测中心等单位出具的专项报告,进一步证实该系列产品在性能试验及可靠性试验上均符合国家标准测试。

全生命周期“双赢”支撑“油改电”系统性变革

如果说,工程化验证需要基于长期可靠使用,撬动矿山业主的决定性因素则离不开“经济账”,这也是影响“油改电”能否真正从局部实践走向商业化、规模化的核心所在。

细数矿山生产成本,运输油耗已占采场能耗总量的50%以上。综合不同项目情景,叠加电量、电价、补能等条件,测算“油改电”后综合能源成本可降低60%—80%以上。鞍钢矿业的实践即是样本:MT3600型矿卡采用磷酸铁锂电池动力系统,在确保动力供给能力不低于柴油动力的同时,车辆维护费用大幅降低,仅一台车的改造每年就能为企业节约费用220余万元。以此为参考基数,若按照国内100至400吨级矿用自卸车保有量现约5000台,平均载重量200吨级、年运行330天测算,全部实施电动化改造后,年可节省综合成本300亿元以上,运营期6年合计节省综合成本就接近2000亿元。从全生命周期的角度出发,经济与环保效益“双赢”。

采访中,多名矿区负责人均向记者表示,电动矿卡整体处于示范成熟、蓄势待发的规模化发展阶段,随着行业标准、商业模式及更多配套逐步完善,未来2—3年国有大型露天矿山有望加速从单台试点转向车队级批量改造,行业发展模式也将从单纯的车辆改造走向“油改电”车辆、矿区充换电+光伏+储能+退役电池梯次利用的一体化解决方案。此番由“被动响应”到“主动布局”的转变,正是源自“油改电”全生命周期的成本优势,叠加充换电、光伏和储能等进一步摊薄用电成本。

“更为关键是,在绿色矿山、减污降碳等要求下,‘油改电’解决方案让矿山企业看到了用能结构优化、运营效率提升的未来空间——谁先转型,谁更能掌握降本增效与绿色低碳发展的‘主动权’。”张亚宁指出。

而在此过程中,越来越多像汇工科技这样深耕行业多年的参与者将持续贡献力量。从鞍钢齐大山到包钢白云鄂博,从154吨到220吨级,“油改电”工程样本在增多,而绿色矿山建设目标,正在把这些样本推向可复制、可推广的下一程。

在张亚宁看来,绿色矿山建设是一场涉及装备、能源、管理和商业模式的系统性变革。其中的矿用自卸车电动化改造,既是破解核心动力系统“卡脖子”问题的产业实践,也是矿山行业落实“双碳”目标、实现绿色低碳发展的重要切口和必然路径,前景可期。

全球能源转型金属供需格局深度分化

■本报记者 王林

全球能源转型加速推进,关键矿产金属作为支撑能源转型和绿色发展的重要资源,同时面临需求激增、供应链不稳定等诸多挑战。今年以来,铜在人工智能算力基础设施与电气化交通的“持久性需求”推动下,价格屡创历史新高;锂在经历深度调整后迎来转折,市场判断其已进入“第三次超级周期”,驱动力主要围绕电动汽车、储能领域。整体来看,全球矿产金属市场供需格局深度分化。

●金属勘探投资出现回升

伍德麦肯兹指出,地缘政治、能源转型、资本要求正在主导关键矿产金属市场走向。随着全球数据中心项目装机储备超过250吉瓦,电力基础设施对铜、铝等金属材料的需求正在加速增长,输电网络、变电站、专用发电所需的金属比电力基础设施还要多3—4倍,这为铜、铝等战略材料创造了新的结构性需求。

品种分化较为明显,铜受供应中断影响价格坚挺。伦敦金属交易所铜价5月首次超过每吨14000美元、9月创下每吨14875美元的历史新高,较2024年初累计上涨76%。

美国潜在铜关税政策引发买家提前抢购、囤积铜材,霍尔木兹海峡危机导致铜冶炼原料供应趋紧,也进一步推高价格。如果结构性短缺持续加剧,铜价可能面临更大的长期上行压力。

标普全球初步统计,2026年全球有色金属矿产(不含油气和煤炭)勘查投资同比增长33%至165亿美元,创10年来最大增幅。矿企特别是初级勘查公司财务状况改善助推勘查活动复苏,同时大型矿企也在持续扩大预算,其中铜是主要勘查矿种之一。

伍德麦肯兹金属与矿业研究副总裁林赛·格兰特表示:“高价触发投资,但矿产金属开发项目核准仍低于预期。如果不赶快行动,未来供应缺口将越来越大。”

今年以来,碳酸锂价格较2025年中低点上涨约130%。伍德麦肯兹表示,过去10年锂供应链投资达600亿美元,到2050年还需要再投入1500亿至2500亿美元。

●铜结构性供需失衡严重

彭博新能源财经发布《转型金属展望2026》指出,铜结构性供需失衡最为严重,供应面临两大制约,分别是矿石品位下降和勘探投资不足,这使得现有矿山开采材料更难、成本更高。

铜具有优异的导电性,是低碳能源体系的重要原材料,广泛应用于太阳能发电、电动汽车及相关电力基础设施。与此同时,数据中心快速扩张也在增加铜需求,从服务器等内部设备到维持运营所需的供电设施,都离不开铜。铜供应缺口将拖慢电动汽车、电池、电网的部署脚步。

彭博新能源财经指出,2026—2050年间,铜需求预计增长61%达到近4600万吨,仅电气化交通领域铜用量预计就将增长244%至1140万吨。铜供应短缺将从2028年开始,到2035年供应缺口将达到300万吨,相当于全球需求8%,到2050年供应缺口将扩大至2000万吨,相当于预测全球需求的44%。

针对铜供应,到2050年至少需要3320亿美元新矿投资,但即使进行必要投资,新铜矿投产平均也需要17年,这意味着短缺可能持续数十年。

根据《转型金属展望2026》,到2050年,发电、储能、电网和交通这4个领域铜用量将达到2330万吨,占当年铜总需求一半以上。届时,电气化交通将是铜需求增长最快的领域,铜用量将达到1140万吨,电网领域铜用量将达到900万吨,储能领域铜有用量将达到160万吨。

与此同时,建筑、机械、电子、电器和一般工业设备等传统领域对铜需求仍然庞大,到2050年传统领域铜用量将从2026年的1620万吨增至2250万吨。

●电池金属短缺风险仍存

彭博新能源财经金属与矿业主管马丁·滕格勒表示:“新供应投资和电池技术进步,缓解了对部分矿产金属供应风险的担忧。不过,确保可靠供应并做出正确投资决策仍然很重要。”

《转型金属展望2026》指出,受电动汽车、储能带动,到2050年,锂需求将增加2倍,从2026年的160万吨增至480万吨碳酸锂当量。随着2027年新产能投产,锂短缺将有所缓解,但从2040年开始供应将继续耗竭,到2050年将供不应求。

电动汽车是锂需求增长的主要推动力,其锂需求份额将从2026年的2/3升至近4/5。锰是电池行业中另一种重要金属,到2050年用于电动汽车和电池的锰需求量将增长两倍,供应产能将从2036年开始耗竭;石墨需求将增长超一倍,从2026年的330万吨增至690万吨。

需要注意的是,磷酸铁锂电池日益普及,使得其对钴和镍的需求有所下降。2050年,全球钴需求将从2026年的23万吨增至37万吨。消费电子继续需要高能量密度的富钴电池,航空航天和发电等高温应用需要钴超级合金,到2050年,这些用途约占钴总需求的2/3。

镍需求主要由不锈钢和长续航电动汽车驱动,全球镍需求到2035年增至530万吨,到2050年增至590万吨,高镍电池化学体系在长续航乘用车和高端交通细分市场保持强劲。

加大投资和勘探开发力度、推动技术创新并改善效率、加大回收和循环利用,将有效弥合耗竭缺口。彭博新能源财经预计,二次锂供应到2050年将增至134万吨,占锂总供应22%,目前这一比例仅为4%;二次镍供应产能到2050年增至220万吨,占镍总供应的28%。



关注

浙江首套输电无人机机巢双源供电系统投用

本报讯 10月27日,国网浙江电力研发的高密度铝金属能电池在特高压“湖州廊道”1000千伏安塘线50号塔无人机机巢正式投用,浙江首套输电无人机机巢“光伏储能+铝金属能电池”离网供电系统由此成功部署。

湖州境内有12回特高压及跨区直流输电线路,总长924.3公里,占浙江全省的42.05%。其中,特高压“湖州廊道”全长约110公里,承担近3000万千瓦电能输送任务,是“西电东送”、跨区电力互济的重要通道。国网浙江电力在此布局19座智能无人机机巢,每座可覆盖半径3至5公里线路,构建起“10分钟空中巡检圈”,覆盖精细化巡检、红外测温、通道排查、特殊工况专项巡检四大场景,实现无人机全自动、无人化常态化巡检。

此前,地处西部山区的10座驻塔式机巢长期仅靠光伏储能供电。遇到冬季覆冰、连续阴雨等低光照甚至无光照天气,光伏补能不足、储能容量受限,容易出现供电断档,影响无人机巡检连续稳定执行。针对这一痛点,国网浙江电力创新构建“光伏储能主供、铝金属能电池备用”的双源供电架构,首次将高密度铝金属能电池技术引入输电无人机机巢离网供电场景。

该技术以高纯度铝作为消耗性的阳极(燃料),空气中的氧气作为阴极,通过电解液中的电化学反应来发电。放电过程中,铝阳极会被逐渐消耗,生成氧化铝。因此,它的“补能”方式不是充电,而是更换铝阳极耗材。作为备用电源,其储存时间可长达约15年,并且能够持续备用放电30至50小时,完美匹配长时间阴雨天等极端场景下的应急需求。

研发团队还为供电系统配备自动转换开关,可根据光伏出力和蓄电池剩余电量无缝切换主备电源:当蓄电池电量降至20%设定阈值时,铝金属能电池自动启动,承接机巢供电负荷;待光照恢复、光伏储能补给充足后,再平滑切回主供模式。云端监控平台同步实时采集电源运行数据、测算剩余供电时长,并在铝阳极耗材接近更换阈值时主动推送预警,实现电源状态在线感知、主备供电自动切换、关键耗材主动预警三大功能,显著提升机巢在复杂气象条件下的自主供电韧性。 (朱斐白 程伟)