

Research and application of pure electric drive technology for dump truck in open pit mine

Pifu Ji Yonghao Feng Yarong Yu

Yunnan Hualian Zinc and Indium Co., Ltd., Wenshan, Yunnan, 663000, China

Abstract

In this paper, taking the 50-120 ton pure electric mining dump truck running in the open pit mine of Yunnan Hualian Zinc and indium Co., LTD., as an example, Through the application of pure electric dump truck for mining in the actual working conditions of open-pit mines, Collect and analyze the operation data of pure electric dump truck for mineral use, Compared with the operation data of traditional fuel oil and mining dump trucks, Focusing on the analysis of the advantages of pure electric mining dump trucks in terms of carbon emission and cost reduction, To provide real and reliable data support for the company's mining equipment selection in the later stage, At the same time, it can also provide the application reference case of pure electric mining dump truck for open-pit mines with similar working conditions in China, Provide some experience and reference for its equipment selection.

Keywords

pure electric mining dump truck; pure electric drive technology; carbon emission

露天矿山矿用自卸汽车纯电驱动技术研究应用

计丕甫 冯永豪 余娅荣

云南华联锌铟股份有限公司, 中国·云南文山 663000

摘要

本文以在云南华联锌铟股份有限公司露天矿山运行的50-120吨级纯电矿用自卸汽车为例, 通过纯电矿用自卸汽车在露天矿山实际工况下的应用, 收集、分析纯电矿用自卸汽车的运行数据, 与传统燃油矿用自卸汽车运行数据进行对比, 重点分析纯电矿用自卸汽车在碳排放、降低成本等方面的优点, 为公司后期矿山设备选型提供真实、可靠的数据支撑, 同时也可作为国内类似工况的露天矿山提供纯电矿用自卸汽车应用参考案例, 对其设备选型提供一定的经验参考。

关键词

纯电矿用自卸汽车; 纯电驱动技术; 碳排放

1 引言

力争2030年前实现碳达峰、2060年前实现碳中和, 是以习近平同志为核心的党中央经过深思熟虑作出的重大战略决策, 是我们对国际社会的庄严承诺, 也是推动高质量发展的内在要求。

习近平总书记强调: “我们要提高战略思维能力, 把系统观念贯穿‘双碳’工作全过程”。实现碳达峰碳中和, 是一个涉及价值观念、产业结构、能源体系、消费模式等诸多层面的复杂系统工程, 必须坚持全国统筹、节约优先、双轮驱动、内外畅通、防范风险的原则, 以系统观念处理好发展和减排、整体和局部、长远目标和短期目标、政府和市场四方面的关系。

【作者简介】计丕甫(1995-), 男, 中国云南曲靖人, 本科, 工程师, 从事露天矿山设备管理、新能源矿山设备应用探索研究。

2 实施单位基本情况

云南华联锌铟股份有限公司(以下简称: 华联锌铟)坐落于云南省文山州马关县都龙镇, 是一个聚采、选为一体的国有控股露天矿山企业, 华联锌铟现年采矿能力360万吨, 日选矿能力11000吨, 已建成“机械化、大型化、数字化、现代化”国家级绿色露天矿山, 公司露天矿山类型为山坡型露天矿山, 年产360万吨, 公司矿山生产物料主要使用矿用自卸汽车运输, 运输路线以重载下坡为主。如图1所示。

3 项目实施背景

华联锌铟露天矿山现配置70余台50-120吨级矿用自卸汽车, 需使用70余台大型刚性矿用自卸汽车将剥离废土运输至三公里外的排土场, 2020年以前所使用的刚性矿用自卸汽车全部是传统燃油车, 使用过程中存在以下问题:

①传统燃油型刚性矿用自卸汽车排量大、能耗高, 是二氧化碳的主要“贡献者”, 与国家的“双碳”战略不符。华联锌铟每年需要完成7000余万 $m^3 \cdot km$ 的运输功, 根据我

公司能耗统计,能源单耗约为 $0.21\sim 0.24\text{kg}/\text{m}^3\cdot\text{km}$,以此测算,若使用传统燃油矿用自卸汽车进行拉运工作,每年至少消耗1.47万吨柴油,同时排放4.68万吨二氧化碳(燃烧1kg柴油排放3.186kg二氧化碳),不符合国家绿色矿山及“双碳”政策。



图片 1: 华联锌铟露天矿山

②传统燃油型矿用自卸汽车运行成本高,制约企业经营利润提升。长期以来,华联锌铟50~120吨级燃油型刚性矿用自卸汽车的使用成本在 $3.3\sim 4.8$ 元/ $\text{m}^3\cdot\text{km}$ 之间,其中燃油成本占45%(柴油单价约为9000元/t),备件成本占25%。近几年来,随着柴油价格的不断上涨,企业的动力成本不断上升;此外,受制造技术制约,进口发动机、变速箱等核心备件无法实现国产化,年度采购价在以8%~36%的幅度上涨,使公司的维修及备件成本不断上涨,严重制约公司利润增长[1]。

③长期面临核心技术“卡脖子”问题。目前,国内工程机械生产的几大厂家,如徐州徐工矿业机械有限公司、内蒙古北方重型汽车股份有限公司等企业生产的燃油刚性矿用自卸车配备的发动机、变速箱等核心部件均为美欧发达国家的产,发动机品牌多为康明斯、MTU,变速箱品牌多为艾里逊,国产的发动机、变速箱还无法实现全面替代工作,现随着国际贸易竞争的持续加强,国内发动机、变速箱备件涨价已成定局,后期甚至还面临限供、断供等风险,严重制约国内矿山企业的正常生产及发展。

④华联锌铟露天矿山运输工况为“重载下坡”,机械传动车辆使用缓行器控速,存在一定的制动安全风险。公司在用100吨级及以下的矿用自卸汽车均为机械传动式(鼓式刹车),重载下坡使用缓行器进行控速(刹车用于制动),在长距离重载下坡工况下,缓行器油温会急剧上升,最终损坏失效,如及时发现并采取紧急制动,车辆可能因失速引发事故。

上述四个方面的问题,应是国内大多数矿山使用燃油

矿用自卸汽车存在的难点和痛点,上述问题若不能及时解决,各矿山企业在面临资源不断缩减、品质下降、生产成本不断上升及碳减排压力不断增加等问题时,矿山生产经营压力难以言表!

4 华联锌铟应对措施

为应对后续未知的风险与挑战,华联锌铟积极求变。自2018年起,国内蓄电池技术及电路控制技术的不断进步,新能源汽车快速发展,华联锌铟在新能源汽车上找到了灵感,主动联系广州电力机车有限公司,探索开展纯电驱动矿用自卸汽车改造的可行性论证,经双方对蓄电池、驱动电机等主要部件进行充分资料论证后,得出初步结论,对矿用自卸汽车实施纯电驱动改造,在现有技术情况下是可行的。为切实解决问题,提高应变能力,华联锌铟主要通过以下三步开展应对工作,以保证自身处于行业领先地位与稳健发展轨道。

4.1 实施刚性矿用自卸汽车“油改电”,主动化解技术瓶颈

2019年3月,华联锌铟机械、电气专业委基于国内新能源汽车的高速发展,结合公司重载下坡的实际情况,提出矿用自卸车纯电驱动改造的设想,并参照瑞士chasseral矿山成功的案例,初步得出结论,华联锌铟露天矿山矿用自卸汽车运行路线多为重载下坡,空载爬坡,该种工况条件对于矿车改造具有天然的优势,纯电改造是可行的。同年,华联锌铟与广州电力机车合作,以老旧TR50刚性矿用卡为载体,启动了全国首台刚性矿用自卸汽车的“油改电”工作,改造方案为去除原车发动机及相关系统(包括柴油机、燃油箱、进排气管路、散热器)和变速箱,整车增加动力电池系统、电传动系统和整车控制系统。经过400个日夜的奋斗,国内首台“纯电动”刚性矿用自卸汽车于2020年4月在华联锌铟顺利“诞生”,在完成7个月的运行验证后,证明了矿用自卸车“油改电”技术切实可行,并有良好的降碳、降本效果。华联锌铟于2021年初投资1460万元,实施了10台TR50刚性矿用自卸汽车的“油改电”工作,开启了小吨位(50吨级)纯电车的批量运用[2]。

4.2 以“产研结合”模式探索更大吨位矿车的改造及运用

基于50吨级纯电车良好的改造及运用效果,华联锌铟于2021年7月立项实施“60至120吨级矿用自卸汽车动力源纯电池驱动试验研究”项目,开启更大吨位刚性矿用自卸汽车的纯电驱动改造及运用研究工作。与福建宏大时代新能源科技有限公司合作于2022年8月完成了国内首台60吨级、100吨级刚性矿用自卸汽车的“油改电”,与湘电重型装备有限公司合作于2022年12月完成了120吨级纯电新车的工况运用研究,从而将刚性矿用自卸汽车的电动化推进至“百吨级”。如图2所示。



图片 2: 满载的 100 吨级纯电矿用自卸汽车 (改造车)

4.3 开展设备配置优化, 推进纯电设备批量运用

基于前期良好的工况研究与运用成果, 华联锌铟开展了运输设备配置优化研究, 停用了部分成本高、能效低、安全性能差的老旧燃油车型, 于 2023 年 12 月、2024 年 12 月分别租赁了 13 台 100~120 吨级纯电矿用自卸汽车、10 台 100~120 吨级纯电矿用自卸汽车, 全面启动了大吨位纯电动刚性矿用自卸汽车的批量运用, 现租赁车辆已到货并投入生产运用, 至此, 华联锌铟露天矿山 50~120 吨级的纯电运输车辆的使用数量增加至 36 台套, 年运输能力超 3000 万 $\text{m}^3\cdot\text{km}$, 成为国内纯电车投用数量最多、吨位等级最全的矿山企业。

5 取得的成效

5.1 运输成本大幅度下降

2023 年 6 月~12 月, 华联锌铟在用的 16 台纯电车共为华联锌铟承担了 1013.63 万 $\text{m}^3\cdot\text{km}$ 的运输功, 综合单位成本为 2.70 元/ $\text{m}^3\cdot\text{km}$, 较燃油车当期费用化单位成本 (综合单位成本 - 折旧单位成本) 4.00 元/ $\text{m}^3\cdot\text{km}$ 低 1.3 元/ $\text{m}^3\cdot\text{km}$, 其间共为公司节约运输成本 1317.72 万元。

2024 年 1~12 月, 华联锌铟在用的 28 台纯电车共为华联锌铟承担了 2179.12 万 $\text{m}^3\cdot\text{km}$ 的运输功, 综合单位成本为 2.33 元/ $\text{m}^3\cdot\text{km}$, 较燃油车当期费用化单位成本 (综合单位成本 - 折旧单位成本) 3.62 元/ $\text{m}^3\cdot\text{km}$ 低 1.29 元/ $\text{m}^3\cdot\text{km}$, 其间共为公司节约运输成本 2811.06 万元。

自 2025 年起, 华联锌铟在用 36 台套 50-120 吨级纯电矿用自卸汽车, 预计每年能为公司承担 3800 余万 $\text{m}^3\cdot\text{km}$ 的运输功, 预计综合单位成本为 2.33 元/ $\text{m}^3\cdot\text{km}$, 较燃油车当期费用化单位成本 (综合单位成本 - 折旧单位成本) 3.5 元/ $\text{m}^3\cdot\text{km}$ 低 1.17 元/ $\text{m}^3\cdot\text{km}$, 预计每年可为公司节约运输成本 4446 万元。

5.2 节能减排效果明显, 积极响应国家“双碳”战略

2023 年 6 月~2024 年 12 月, 纯电动刚性矿用自卸汽车为华联锌铟完成运输功 3192.75 万 $\text{m}^3\cdot\text{km}$, 已减少柴油消耗 6704.78 吨, 实现二氧化碳减排量 21361.43 吨 (燃烧 1kg 柴

油排放 3.186kg 二氧化碳) 以上; 自 2025 年起, 华联锌铟在用的 36 台套 50-120 吨级纯电矿用自卸汽车, 预计每年能为公司承担, 3800 余万 $\text{m}^3\cdot\text{km}$ 的运输功, 至少能减少燃油消耗 7980 吨, 预计每年能实现二氧化碳减排 25424.28 吨, 节能减排效果明显, 纯电矿用自卸汽车的批量运用符合国家“双碳”战略。

5.3 解决关键备件供货期长、核心技术“卡脖子”问题

华联锌铟刚性矿用自卸汽车“油改电”项目, 推动了内蒙古北方重型汽车股份有限公司、徐州徐工矿业机械有限公司等工程机械制造商刚性矿用自卸汽车电动化项目的立项及批量化生产 [3]。刚性矿用自卸汽车在实施纯电驱动方案后, 发动机及变速箱被动力电池及电动机替代, 使刚性矿用自卸汽车实现整机国产化, 有效解决了传统燃油车“核心技术”的“卡脖子”问题, 为公司今后长期、稳定发展提供了强有力的保障。

5.4 提高矿车自卸汽车运行的安全性, 降低隐患风险

改造后的纯电车运用“能量回馈”技术, 通过势能→动力→电能的能量转换控速 (下坡为电池充电), 有效解决传统机械传动燃油车重载长距离下坡过程中的控速安全隐患, 车辆的安全性能得到有效提升; 同时降低驾驶室噪音, 提高驾驶人员的幸福感。

6 小结

本文总结了华联锌铟对纯电矿用自卸汽车的研究及应用, 华联锌铟充分考虑自身拥有的条件, 成功实现公司露天矿山纯电矿用自卸汽车从无到有的突破, 解决了公司成本高、排放大等一系列难题。同时华联锌铟作为国内第一个对矿用自卸汽车进行纯电改造、第一个引进全球第一台 120 吨级纯电矿用企业, 其敢于创新的工作思路, 在 2022-2024 年期间吸引了俄罗斯 StroyservisJSC1 矿山、赢联盟西芒杜矿业公司、新疆昆仑蓝钻公司等国内外矿山企业到公司考察交流纯电矿用自卸汽车运用经验。

希望纯电矿用自卸车的运用经验能为国内外更多矿山设备选型、使用提供一定的帮助。

参考文献

- [1] 武强, 涂坤等。“双碳”目标愿景下我国能源战略形势若干问题思考【J】.中国科学, 2023 (68)。
- [2] 杜克强, 许檬等。纯电动汽车用高速电驱动系统发展综述【J】.新能源汽车, 2022 (3)。
- [3] 傅绍广, 刘红坡等。矿用自卸车“纯电再制造”助力矿山“向绿前行”【J】.中国水泥, 2024(08)。