

浅谈纯电动牵引车的能耗优势

黄卞传
(广州港股份有限公司南沙集装箱码头分公司 广东 广州 511462)

摘要: 为了贯彻国家近些年来所提倡的“绿水青山就是金山银山”的环保理念, 响应国家打赢蓝天保卫战的行动计划, 推进广州国际航运中心建设、践行绿色港口创建, 落实企业增收节支, 有效减低设备使用成本的规划实施, 许多港口企业对新能源设备的应用日益重视, 去油改电呈大势所趋。新能源设备不仅在能耗方面对比传统燃油设备有着天然优势, 同时也将大大降低对环境的污染, 符合国家环保战略政策要求, 对建设绿色港口有着重要的作用和意义。

关键词: 新能源; 纯电动; 能耗

0 引言

为响应国家颁发的“打赢蓝天保卫战三年行动计划”, 推进国际航运中心建设规划实施, 践行绿色港口创建, 某港口引入了 2 台三一重工 SEV2503 型纯电动牵引车进行测试。据设备生产厂家介绍, 该款纯电动牵引车具有载重大、续航长、充电快、维修部件少以及作业过程中低噪音等特点。特别是能耗方面, 相对比传统的燃油集装箱牵引车有着巨大优势, 不仅能有效降低设备的运行成本, 同时也解决了传统燃油牵引车污染物排放大的缺点。

经过前期充电桩的建设、现场设备的调试以及操作人员培训等工作, 2 台纯电动车于 3 月中旬在某港口正式投入试用, 试用时间为 3 个月, 测试人员对每班次的行车里程、作业箱量及充电情况进行详细的跟踪记录, 以苛刻的现场作业工况检验车辆使用, 并与传统燃油拖牵引车进行对比分析, 最终得出纯电动牵引车的真实能耗数据(见表 1)。

1 纯电动牵引车主要参数情况。

某港口试用的两台纯电动牵引车驱动形式为 6×4 前置后驱式, 整车自重 12000kg, 尺寸为 7310mm×2500mm×3380mm, 轴距为 3720mm+1350mm, 使用宁德时代 331.7kWh 功率的磷酸铁锂动力电池组, 动力系统采用双电机驱动与 2 档变速箱配合, 整车充满电时

表 1 纯电动牵引车能耗实测数据

车辆编号	行驶里程/km	耗电量/kWh	总箱量/teu	每公里能耗/(kWh/km)	单箱能耗/(kwh/teu)	每公里费用/(元/km)	单箱能耗费用/(元/标箱)	平均续航里程/km
3101	3826	6825.16	3168	1.78	2.15	1.25	1.51	153.04
3102	3211	5643.55	2778	1.76	2.03	1.23	1.42	152.90
平均值	3518.5	6234.36	2973	1.77	2.09	1.24	1.47	152.97

备注: 1. 以上为全天候使用, 进行压力测试分析数据。2. 缴交供电局费用为 0.70 元/kWh。

表 2 燃油牵引车能耗实测数据

车辆编号	行驶里程(km)	加油量(L)	总箱量(teu)	每公里能耗(L/km)	单箱能耗(L/teu)	每公里费用(元/km)	单箱能耗费用(元/标箱)
T066-067	3721.70	2762.00	3183.15	0.75	0.87	4.06	4.73
T075-078							
T085-088							
T204-213							

备注: 1. 取相同劳务公司 20 台柴油牵引车的数据进行分析。2. 柴油采购价为 6463 元/吨(含税价), 结算为 5.43 元每升(2018 年 9 月至 2019 年 3 月平均)。

间在双枪模式下约为 60min, 在港口工况下续航里程约为 150km, 最大牵引质量约为 70000kg。

2 纯电动牵引车能耗实测情况统计与分析。

某港口从两台纯电动牵引车投入使用开始便对其相关能耗使用情况进行严格的格数据跟踪与记录, 从表 2 的实测数据表分析可得出纯电动牵引车每公里电耗为 1.77kWh/km(费用为 1.24 元/公里); 单箱电耗 2.09kWh/teu(费用为 1.47 元/标箱)。

3 燃油牵引车能耗情况统计与分析。

为了确保能耗数据的可比性, 某港口选取了与 2 台纯电动牵引车相同使用车队的 20 台陕汽 SX4185ZL301 型低速牵引车(配备潍柴 WP7.270E30 发动机)进行其能耗对比分析, 情况如表 2 所示。从表 2 的数据分析可得: 传统柴油牵引车每公里能耗为 0.75L/km(费用为 4.06 元/km), 单箱能耗为 0.87L/teu(费用为 4.73 元/标箱)。

4 纯电动牵引车能耗低的科学依据

由常识可知, 传统燃油牵引车是利用柴油的化学能转换成机械能来做功, 而纯电动牵引车是直接利用电能来驱动做功。一般柴油机的热转换效率为 35% ~ 45%, 而直流电动机的效率则高达 75% ~ 90%, 所以纯电动拖车更能有效利用能源。

另外, 结合港区作业环境, 燃油牵引车往往需要等待操作指令待工时, 发动机处于怠速工作状态, 增加了发动机燃油能耗, 而纯电动牵引车在此状态下其直流电机无需工作, 从而有效降低了能耗。

5 纯电动牵引车存在的问题

虽然纯电动牵引车在能耗表现、二氧化碳排放等方面相比传统燃油牵引车有较大的优势, 但也并非完美无缺。通过对比三一重工 SEV2503 型新能

(下转第 114 页)

行熔深检查。其检查结果如下表所示：

表 故障件熔深检查数据

样件 编号	焊接熔深 (mm)		焊喉厚度 (mm)	焊脚长度 (mm)	
	e1 > 0.27	e2 > 0.27	a > 1.4	b1 > 2.88	b1 > 2.88
故障件	0	0.30	3.65	0	3.91

根据熔深检查结果，该焊接不合格。

1.3 使用情况排查

1.3.1 右后车轮分析 (X5)

通过对现场检查，右后车轮没有被其它异物卡死；利用千斤顶把右后车轮悬空，车轮旋转灵活，故排除车轮卡死导致传动轴断裂的可能性。

1.3.2 车轮载荷分析 (X6)

对试验车辆进行载荷复核，整车质量（含驾驶员）为 3495kg，符合整车满载质量 3500kg 的设计要求；右后车轮的载荷为 815kg，没有超过车轮设计载荷（900kg）。故排除车轮载荷过大导致传动轴断裂的可靠性。

1.3.3 安装连接分析 (X7)

右后传动轴法兰端：安装螺栓没有松动现象；花键端：内外花键配合灵活，无异常现象；传动轴连接两端、电机减速箱输出轴及三轴轮边锥齿轮箱输入法兰端都正常，无异常情况。

2 断裂原因分析

传动轴生产流程图如下：

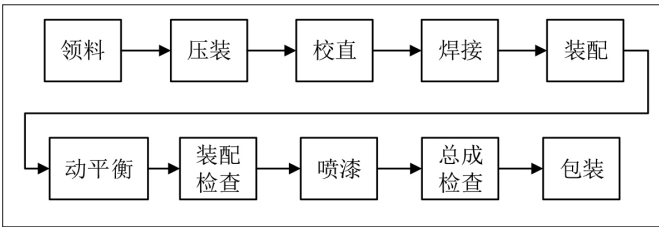


图 3 传动轴生产过程流程图

根据对失效焊接部位的熔深检查，该传动轴失效机理如下：在轴管与轴叉的压装过程中，压装不到位，导致在接下来焊接过程中，由于焊缝宽度大于设计值，从而导致虚焊，因而在使用过程中断裂。

3 结语

焊接质量差（虚焊）导致传动轴断裂失效的主要原因；由于虚焊导致传动轴的强度降低，在使用发生扭转疲劳断裂的机理清楚；建议修改技术文件（增加无损探伤）、完善工艺文件（焊前压装到位确认、焊接工艺参数控制、焊后质量检查）。

参考文献：

[1] 傅祥炯. 结构疲劳与断裂 [M]. 西安：西北工业大学出版社，1995.

(上接第 112 页)

源 6X4 重型纯电动牵引车与陕汽 SX4185ZL301 型 4 X2 燃油牵引车，纯电动牵引车主要存在以下几方面问题：

(1) 纯电动牵引车比在用的燃油牵引车车身长度长 1760mm，车辆转弯半径增大，从而影响了车辆的操作便利性和灵活性；

(2) 港口专用的燃油牵引车为偏置式驾驶室设计，而纯电动牵引车则为全驾驶室设计，两者相比较纯电动牵引车的驾驶室其抗外力强度不足，且驾驶人员视野不足，存在盲区，无法保证设备安全；

(3) 纯电动牵引车的动力电池组安装在驾驶室后平台上，阻挡驾驶人员的后视线及存在被港区大型设备的装卸吊具、箱体或拐弯时碰撞的隐患；

(4) 纯电动牵引车的采购费用相比燃油牵引车多了将近 1 倍，前期生产投资成本较大，不利于生产企业大规模推广使用。

6 结语

某港口通过严格科学的数据测试分析，对比传统的燃

油牵引车，纯电动牵引车有着非常明显的能耗优势，具有良好的经济性，同时也有利于国家的环境保护以及司机的职业健康。但其车体的结构设计存在一定的不合理性，若在港口推广使用，则需根据港口的工况和实际需求进行优化设计。另外，因某港口本次测试时间较短，对于车辆的电池组、电机等重大零部件还需进行较长时间的测试和验证，特别是对电池组的老化特性进行测试，才能充分证明其优势。

参考文献：

[1] 纪玉华. 纯电动牵引车集装箱码头作业综合性能试验分析 [J]. 港口装卸, 2019(4): 29-33.
[2] 宋泽峰. 纯电动公铁两用牵引车牵引性能的研究 [J]. 轨道交通装备与技术, 2017(4): 6-7.
[3] 王国川. 电动技术在卡车上的应用 [J]. 汽车实用技术, 2010(3): 31-34.

作者简介: 黄卞传 (1988.09-), 男, 汉族, 广东广州人, 本科, 助理工程师, 研究方向: 机械设计与制造及其自动化专业。