

# 新能源牵引车在绿色港口建设中的应用研究

付秀林

(汉班托塔国际港口集团, 广东 深圳 518067)

**摘要:** 汉班托塔港是国家一带一路的重要战略项目。为港区绿色发展, 建设清洁港口, 针对港口中的能耗大户港口牵引车, 研究多种新能源港口牵引车的优劣并对其综合性价比以及经济效益进行分析, 结合港口公司实际, 从综合投产比和环保性能方面考虑, 目前纯电动增程式牵引车是比较理想的选择。

**关键词:** 绿色港口; 新能源港口牵引车; 节能减排

**中图分类号:** U653.923.+4

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1006—7973 (2021) 12—0101—02

## 1 引言

建设绿色港口、清洁港口是交通运输业在生态文明建设新思想、新战略的指导下的重要组成环节。交通运输部及各级政府纷纷制订了节能减排目标。面对新形势、新任务, 尤其在国家碳达峰碳中和的重大国策背景下, 港口最后的能耗大户拖车存在很大的节能减排空间。传统牵引车功率约 200KW, 每小时工作 3 ~ 6 个作业循环, 在作业等候、运送空箱、返程回空等低负荷情况下, 有效功率极低, 富余的能量因无法储存而做无工消耗, 浪费很大而且排放污染物。在场桥“油改电”后, 传统牵引车的柴油消耗占公司总油耗超过 80%。本文结合港口中牵引车的实际使用情况, 探讨新能源牵引车在绿色港口建设中的应用<sup>[1]</sup>。

## 2 选型方案

以传统燃油牵引车为参照, 就新能源车型的种类, 从综合性能、安全、价格、后期维护成本、环保等方面进行如下比较:

### 2.1 LNG 车型

天然气作为新型的燃料具有显著的环保性、安全性、经济性。天然气车辆的排放性能好、运行成本低、技术成熟、安全可靠, 所以被世界各国公认为最理想的替代燃料车辆<sup>[2]</sup>。

LNG 车型也存在一定的问题, 在动力方面, LNG 港口牵引车相较于传统柴油港口牵引车较弱, 且其价格昂贵, LNG 港口牵引车综合减排率 30%, 低于纯电动牵引车, 且需建设配套气站, 基础配套工程建立与相关申请手续繁琐, 安全管理难度大, 投资费用高昂。

### 2.2 插电式与换电式电动车型

目前, 国内几大港口码头平面运输均已小批量投入电动牵引车进行使用, 并陆续全面铺开, 新能源汽车已成为未来港口的主要发展趋势<sup>[3]</sup>。

根据调研数据显示, 电动牵引车的能源成本是柴

油牵引车的 26%, 按每部牵引车一年作业 2.5 万标箱测算, 能够比柴油牵引车节省能源成本约 7.2 万元。同时, “零排放”的纯电动牵引车, 每车可年减排二氧化碳 47.4t, 二氧化硫 0.3t, 氮氧化物 1t, 粉尘 12.33t, 采用电动牵引车代替传统柴油牵引车能够有效降低能耗并大幅减少港口污染物的排放, 随着牵引车可靠性不断提高, 节能减排的社会效益愈发明显<sup>[4]</sup>。

插电式与换电式牵引车车辆本身减排率达到了 100%, 但需要投资建设充电桩和轮换进站充电, 影响作业效率, 车价和充电桩建设的投资费用也较高。就目前技术, 如大规模使用插电式或换电式电动牵引车将无法满作车辆 24 小时不间断作业的基本需求, 因充电间断作业频率、时间亦将随着电池的衰减而大大增加。港口牵引车为 24 小时作业制, 如大规模使用插电式或换电式牵引车, 整体效率降低 25%, 随着时间的推移电池容量衰减, 整体效率降低超过 30%; 为满足港口 24 小时正常运转, 需多配置 25% 以上的车辆作为备用, 由此增加了公司固定资产的投入。

### 2.3 增程式电动车型

全电驱动增程式低速牵引车, 获得了中国港口协会科学技术奖。全电驱动符合集装箱码头作业工况, 且减排率达到 70% 以上, 车辆油耗降低 50%, 大规模使用可完全满足港作车辆 24 小时不间断作业的基本需求, 同时提高作业效率。

图 1 是全电动增程式牵引车和传统燃油低速牵引车动态运行排气烟度分析。由下图可以看出, 在相同工作循环时间 (15 分钟) 内传统燃油低速牵引车在等候装卸和满/空载运行时均有排放, 烟度分别为 3.6FSN (污染度 36%), 2.0FSN (污染度 20%)。纯电动增程式牵引车仅在等候装卸时有轻度排放, 烟度为 0.3FSN (污染度为 3%), 较传统燃油低速牵引车减排率 80% 以上, 全电动运行时减排率为 100%, 使用增程式电动牵引车能够有效降低能耗并减少污染物排放。

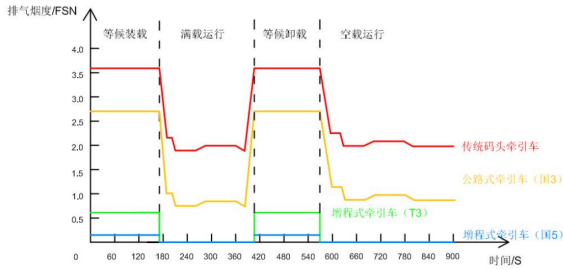


图1 牵引车运行时排气烟度分析

表1为增程式牵引车与传统牵引车油耗统计分析,依据港务公司现场测试数据计算可得,全电动增程式牵引车相较于传统牵引车油耗工作循环降低50%以上,每小时节油率可达49.7%,每TEU节油率可达51.44%;工作循环内,全电动增程式牵引车较传统牵引车油耗在相同工作循环时间(15分钟)内,全电动增程式牵引车在等候装卸和满/空载时油耗略高于传统牵引车,此时全电动增程式牵引车为充电状态,传统牵引车为怠速状态,运行时增程式牵引车电力驱动,无油耗产生,传统牵引车由发动机驱动,整体油耗测算全电动增程式牵引车约为传统牵引车50%左右。

表1 增程式牵引车与传统牵引车耗油量统计表

车辆类别	作业时长/h	作业箱量/TEU	耗油量/L	L/h	L/TEU
增程式牵引车	7	58	16.08	2.2971	0.2772
传统牵引车	7	58	31.97	4.5771	0.5709

### 3 各类型码头牵引车综合性价比

对传统燃油牵引车、LNG牵引车、纯电动插电式牵引车、纯电动换电式牵引车以及纯电动增程式牵引车各项参数以及安全性进行对比分析,分析结果见表2与表3。

表2 各类港口牵引车参数对比

性能参数	燃油车	LNG	增程式	插电式	换电式
功率	200Kw	170Kw	200Kw	200Kw	200Kw
电池容量	—	—	200Kwh	300Kwh	300Kwh
电池寿命	—	—	国产约4年;进口约8年	国产约2年;进口约4年	国产约2年;进口约4年
持续作业时间	全天候	全天候	全天候	充电中断作业	换电中断作业
充/换电停用时间	—	—	—	6h/天(全寿命周期平均值)	2h/天(全寿命周期平均值)
整车自重	6.5t	6.5t	7t	13t	13t
自重增加导致的能耗增加	不变	不变	基本不变	6吨/台车,3km/循环,16000循环/年,即增加28.8万吨·km/年的能耗	—
轮胎损耗	不变	不变	基本不变	上升约35%	上升约35%
最小转弯半径	7m	7m	7m	9m	9m
废气减排率	—	30%	70%	100%	100%
市场参考价(万元/台)	40-50	50-60	国产电池配置70-90;进口电池配置90-120	国产电池配置80-120;进口电池配置200-220	国产电池配置80-120;进口电池配置200-220

以某港务公司拟采购置换150台港口牵引车,8年时间内为例,预估项目总投资,其分析结果见表3。

结合码头公司实际,从综合投产比和环保性能方面考虑,目前纯电动增程式牵引车是比较理想的选择。

表3 采购150台港口牵引车项目投资分析

	燃油车	LNG	增程式	插电式	换电式
所需设备总数(考虑必要冗余)	150台	150台	150台	180台	160台
各方案设备投资总额预估	6000万	7500万	14250万(进口电池)	15300万(国产电池)36000万(进口电池)	13600万(国产电池)32000万(进口电池)
充电桩/站	—	—	—	15万/套,共需80套,共计1200万元	200万/套,需2套,共需400万元;充电系统需80套,5万/套,共需400万,合计800万元,≥50套,40万元/套,共需2000万元
周转电池组	—	—	—	—	—
配套基建投资	利用已有油站	需新建气站,1000万	利用已有油站,缩小油站规模	需新建充电场地约10000m <sup>2</sup> 及配电设备等,大约需要1200万	需新建换电车间约5000m <sup>2</sup> 及配电设备等,大约需要1350万
变电站扩容	—	—	—	存在较大投资,约1000万	存在较大投资,约1000万
投资总额预估	0.6亿	0.85亿	1.43亿	1.70亿(国产电池)3.94亿(进口电池)	1.88亿(国产电池)3.72亿(进口电池)
8年内更换电池费用	—	—	进口电池更换1次,共0.3亿	国产电池90万(更换2次);共1.62亿	国产电池45万(更换1次);共0.72亿
8年内能耗费用	2.04亿(17万/台/年)	2.04亿(17万/台/年)	1.02亿(8.5万/台/年)	0.37亿元(2.55万/台/年)	0.408亿元(3.18万/台/年)
8年维修成本	1.18亿(9.84万元/台/年)	1.3亿(10.8万元/台/年)	0.48亿(4万元/台/年)	0.50亿(3.5万元/台/年)	0.51亿(4万元/台/年)
8年总运行成本预估	3.22亿元	3.34亿元	1.73亿元	2.49亿元	1.63亿元
合计总成本预估	3.82亿元	4.19亿元	3.23亿元	4.19亿元	3.51亿元

注:表中数据来源于某港务公司、各生产厂家及其他码头单位使用实录。

### 4 经济效益分析

经测算,码头传统柴油低速牵引车平均单小时油耗为5.75L,增程式纯电动牵引车单小时油耗约为2.30L,相比原传统柴油低速牵引车节油率达50%左右,一台纯电动增程式牵引车一年可节省柴油16394.4升,按柴油价格6.0元/升计算,可节省9.84万元,因增程式纯电动牵引车省去了变速箱,车辆维护成本大大降低,综合运行费用约降低9.84万/台·年,两项合计每年可节省费用约19.68万元。

传统燃油牵引车排放目前是集装箱港口大气污染的主要来源,因此开展牵引车从燃油型向节能环保型升级换代对绿色港口建设有着非凡意义。从国内港口公司在用的增程式纯电动牵引车数据来看,较传统纯燃油牵引车节能减排约70%以上,减排二氧化碳43.12吨。

参考文献:

- [1] 李小霞. 氢燃料叉车在绿色港口建设中的应用[J]. 中国港口, 2020(09):60-61.
- [2] 李海波. 节能减排技术在港口集装箱牵引车上的应用[J]. 港口装卸, 2012(01):6-8.
- [3] 纪玉华, 薛强, 赵全锋. 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.
- [4] 许友贡. 港口应用纯电动牵引车的前景分析[J]. 中国新技术新产品, 2020(16):130-132.