



# 超大型全自动集装箱码头 AGV 电池 更换站的布置模式

金 祺, 罗勋杰, 陈迪茂

(上海国际港务(集团)股份有限公司, 上海 200080)

**摘要:**合理的充换电方式是超大型全自动集装箱 AGV 中的一个重要课题, 洋山四期对多种充换电方式进行比选后, 采用整体更换电池方案。对超大型全自动集装箱码头 AGV 电池更换站的方案进行了比选, 并结合洋山四期码头 AGV 换电站的设计理念, 对原设计方案加以优化与改善, 从而得到最终的布局模式。

**关键词:** 自动化码头; AGV; 电池更换站; 布置模式

中图分类号: U 652.7<sup>+</sup>2

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2016)09-0066-05

## Layout pattern of AGV battery exchange station in ultra-large type automatic container terminal

JIN Qi, LUO Xun-jie, CHEN Di-mao

(Shanghai International Port(Group) Co., Ltd., Shanghai 200080)

**Abstract:** The reasonable mode of the ultra-large type automatic container AGV battery exchange station is an important subject. Comparing with various battery exchange modes, the Yangshan phase IV adopts the integral replacement battery solution. This article mainly discusses the scheme of the ultra-large type automatic container terminal AGV battery exchange station, and combined with the design concept of Yangshan phase IV battery exchange station, optimizing and improving the original design scheme, thus to get the final layout mode.

**Keywords:** automation terminal; terminal; AGV; battery exchange station; layout pattern

目前 AGV 使用纯电池作为动力系统的港口主要有荷兰 RWG、APMT MVII、厦门远海、青岛, 其中荷兰 RWG、APMT MVII 码头均为 2013 年码头建设项目, AGV 电池选用铅酸电池, 在码头内布置有电池换电站, 目前码头及换电站均已成功运营, 运行状况得到了业界广泛的认可<sup>[1]</sup>。

厦门远海自动化码头与青岛自动化码头为国内自动化码头先驱者, AGV 电池选用锂电池, 在码头海侧交换区设有机会充电的装置, 唯一的区

别在于两者堆场的布置情况大相径庭, 目前运行状况还有待时间的检验。

由于国外自动化码头已采用整体更换电池方案, 并得到实际营运的证实, 而国内自动化码头刚起步, 机会充电方式的可靠性尚未得到证实, 为了便于充电设施的集中管理、提高 AGV 的设备利用率、简化大型码头的供电设施, 减少自动化区域的故障点, 降低相关设施检修维护时对自动化作业的影响, 本工程 AGV 采用更换电池的方式<sup>[2]</sup>。

收稿日期: 2016-06-16

作者简介: 金祺 (1985—), 男, 硕士, 工程师, 从事港口设备技术管理。

### 1 换电站设计理念

电池更换站及其辅助设备应在第一阶段满足50台AGV的充电要求,在第二阶段满足最终130台AGV的充电要求,交付的电池更换站设置在AGV码头前沿运行区域的两端。电池更换工艺能适应AGV车辆使用需求,且电池更换工艺简便;充电桩、电池架等设备布置紧凑合理、技术先进、合理减少占地面积;设备选择安全可靠,具有电池充电、电池更换、电池监控、电池维护等功能;控制电池充电的环境温度并监控性能参数,延长电池的使用寿命<sup>[3]</sup>。

由于AGV每小时运行9个循环,每个循环耗电3.9 kW·h(AGV单位时间内运行的循环次数越多,理论上来说行驶的距离会越短,消耗的电能会随之降低),8 h耗电总量约为281 kW·h,并且需求平均电池更换时间≤6 min,则AGV换电站设计需求见表1。

表1 AGV换电站设计需求

AGV数量	需要电池最小数量	所需每小时处理AGV数量
80	26	8.4
130	40	13.2

### 2 换电站方案比选

#### 2.1 方案1:一个大换电站+一个小换电站

大换电站:1)1个机器人+2个AGV更换位置;2)一共配备6×8=48电池更换位;3)其中第一阶段配套26个备用电池,第二阶段配套40个备用电池;4)处理能力为每小时更换14块电池(图1)。



图1 方案1大换电站布置方式

小换电站:1)1个机器人+1个AGV更换位置;2)一共配备6×5=30电池更换位;3)其中第一阶段配套26个备用电池,第二阶段配套29个

备用电池;4)处理能力为每小时更换9块电池(图2)。

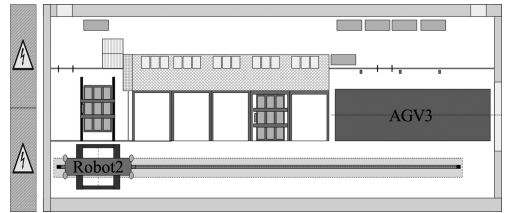


图2 方案1小换电站布置方式

方案1小结:对于第一阶段,任何一个换电站内的电池都有绝对的冗余;对于第二阶段,如果小换电站机器人发生故障,依然能够满足AGV满负荷运作;如果大换电站机器人发生故障,不能满足AGV满负荷运作,对整体更换电池有略微影响。备份原则见表2。

表2 方案1的备份原则

阶段	项目	电池数量/个	每小时处理AGV数量/块
第一阶段	所需峰值	26	8.4
	大换电站	26	14.0
	小换电站	26	9.0
第二阶段	所需峰值	40	13.2
	大换电站	40	14.0
	小换电站	29	9.0

#### 2.2 方案2:第一阶段建设2个小换电站+第二阶段建设1个小换电站

换电站1:1)1个机器人+2个AGV更换位置;2)一共配备6×5=30电池更换位;3)其中第一、二阶段共配套26个备用电池;处理能力为每小时更换14块电池(图3)。

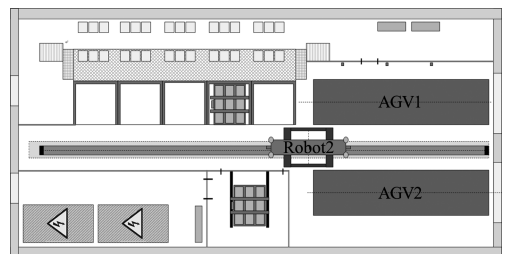


图3 方案2换电站1布置方案

换电站2:1)1个机器人+1个AGV更换位置;2)一共配备6×5=30电池更换位;3)其中第一、二阶段共配套26个备用电池;4)处理能力为每小时更换9块电池(图4)。



图4 方案2换电站2布置方案

换电站3(只在第二阶段): 1) 1个机器人+1个AGV更换位置; 2) 一共配备6×5=30电池更换位(与换电站2相同); 3) 第二阶段共配套14个备用电池; 处理能力为每小时更换9块电池(图5)。

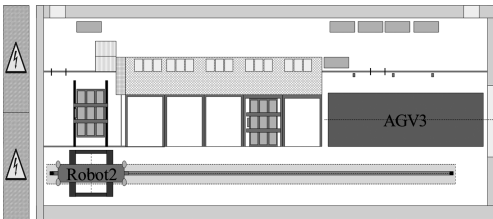


图5 方案2换电站3布置方案

方案2小结: 对于第一阶段, 任何一个换电站内的电池都有绝对的冗余; 对于第二阶段, 任意2个换电站都能够满足全部AGV的满负荷运作。备份原则见表3。

表3 方案2备份原则

阶段	项目	电池数量/个	每小时处理AGV数量/块
第一阶段	所需峰值	26	8.4
	换电站1	26	14.0
	换电站2	26	9.0
第二阶段	所需峰值	40	13.2
	换电站1	26	14.0
	换电站2	26	9.0
	换电站3	14	9.0

2.3 方案3: 只建设1个大换电站, 里面有2个机器人

换电站: 1) 1个机器人+2个AGV更换位置; 2) 一共配备6×8=48电池更换位; 3) 其中第一阶段配套26个备用电池、第二阶段共配套40个备用电池; 4) 当有2个机器人时处理能力为每小时更换17块电池; 5) 当有1个机器人时处理能力为每小时更换14块电池(图6)。



图6 方案3换电站布置方案

方案3小结: 对于第一、二阶段, 如果1个机器人有故障, 均能够满足AGV的满负荷运作。备份原则见表4。

表4 方案3备份原则

阶段	项目	电池数量/个	每小时处理AGV数量/块
第一阶段	所需峰值	26	8.4
	2个机器人	26	17.0
	1个机器人	26	14.0
第二阶段	所需峰值	40	13.2
	2个机器人	40	17.0
	1个机器人	40	14.0

### 2.4 方案综合比较

从表5可以看出, 在洋山四期项目中换电站满足远期130辆AGV的充电设计中, 方案3的总投资最低, 方案2的总投资最高; 方案3的建筑物、电池、充电设备及机器人在理论上可以满足单个机器人出现故障时, 码头满负荷的运作, 但鉴于消防、建筑容灾等综合原因, 洋山四期认为只建造一个大换电站风险过大, 由于自动化码头换电站在国内只是刚起步, 实际经验不足, 难以应对意外的故障, 故不采用方案3。在方案1和2的对比中, 由于方案2的投资略高, 远期3个换电站属于过度建设, 故不采用方案2, 最后洋山四期决定建设2个换电站, 并在方案1的基础上进行方案优化<sup>[4]</sup>(表5)。

表5 电池更换站多方案总投资比较

方案	建筑物/%	电池/%	充电设备/%	机器人、储藏架、控制系统/%
1	5	51	32	9
2	7	49	32	13
3	4	29	20	7

### 3 洋山四期电池更换站案例

洋山四期采用双小车岸桥+AGV+ARMG(2台接力,垂直码头布置)装卸工艺方案。水平运输配置均为锂电池驱动AGV,采用电池更换的方式对AGV进行能量补给。洋山四期换电站采用一个大换电站+一个小换电站方案,其布置与配置均能够满足满足远期130台AGV的充电需求,并在备用电池

数量、充电容量的选用做到最优。

#### 3.1 小换电站布置

设置1个换电工位,即1台换电机器人,并配1组4×6的电池架(共24个电池仓),16套备用电池,换电工位接单工位车6次/h设定;对于远期130台AGV充电设计,如果小站机器人有故障,大站能够满足AGV的满负荷运作。

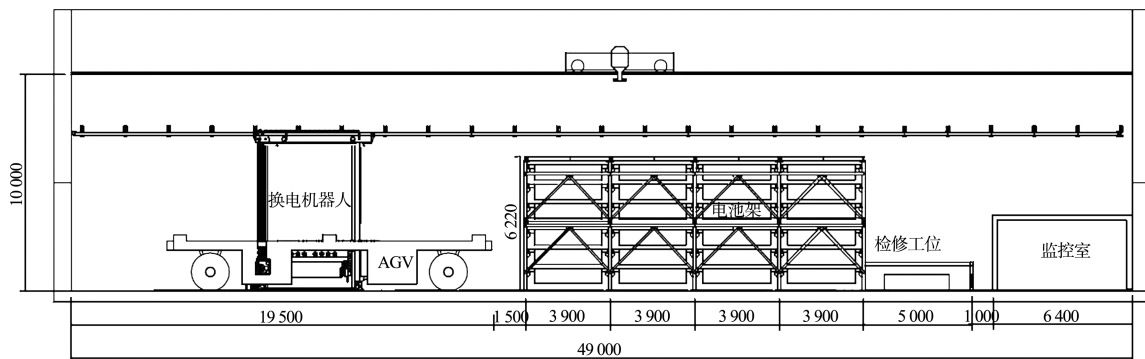


图7 洋山四期小换电站布置(单位:mm)

#### 3.2 小换电站配置

由图7可知,小站变压器数量及容量为4台1600kVA,设置200kW充电机46台,660V/500Ah电池44套;小站为单层钢结构(内设局部二层钢混结构辅房)厂房,外墙尺寸为50m×12m,柱距8m,车间行车梁底高程为10m,站内占地面积600m<sup>2</sup>,车间通道大门采用防火卷帘门4.2m×5m,车间底层布置电池更换及充电间、备品及维修工位、监控室。

建设的小充换电车间沿南向北布置,车辆从

南侧逐次进入充换电站,电池更换后车辆倒车驶出车间,并离开充换电区域。

#### 3.3 大换电站布置

共计设置2个换电工位(并可扩展至4个工位),即2台换电机器人(可扩展至4台),并配2组5×7的电池架(共70个电池仓),44套备用电池单个换电工位接单工位车6次/h设定,换电能力为12次/h。如果大站任一机器人有故障,其他充电设备能够满足AGV的满负荷运作。

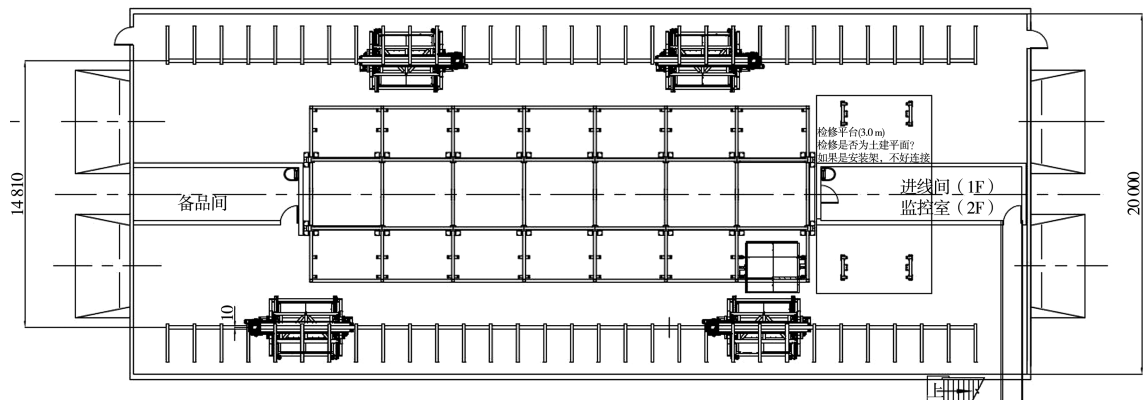


图8 洋山四期大换电站布置(单位:mm)

### 3.4 大换电站配置

由图8可知,大站变压器数量及容量为6台2 000 kVA,设置200 kW充电机46台,660 V/500 Ah电池44套;大更换站为单层(内设局部2层钢混结构辅房)钢结构厂房,平面轴线尺寸为50 m×20 m,柱距8 m,车间梁底高程为10 m,站内占地面积1 000 m<sup>2</sup>。车间底层布置电池更换及充电间、局部二层布置监控室、备品及维修间等。

建设的大充换电车间沿西向东布置,车辆从西侧逐次进入充换电站,电池更换直行穿越并驶出充换电区域。

## 4 结语

超大型全自动集装箱AGV电池更换站是自动化码头全换电AGV关键配套设备,自动化码头锂电池AGV与电池更换站的发展相互适应,通过电池更换,使AGV换电像加油一样快捷。在满足设计理念的基础上,洋山四期换电站优化后的方案有如下特点:

1) 小换电站600 m<sup>2</sup>、大换电站1 000 m<sup>2</sup>的平面布局做到合理减少码头占地面积;

(上接第39页)

根据四期港内交通组织方案,运用VISSIM建模,对整个路网进行仿真评价,结果见表8。

表8 仿真结果

年吞吐量/万 TEU	车均延误/s	平均停车次数/(次/辆)
630	7.9	0.3

## 3 结语

1) 根据洋山四期工程陆域特点,港区采用“东进西出”的闸口布局模式,进出港闸口的用地更为节约,进出港的通行效率大大提升。

2) 港内主要交通流向为单向,交通组织简单、高效,与自动化作业流程无缝衔接,交通冲突点大大减少,提高了道路通行能力。

3) 港外道路交通组织,提出客货分流和立体交通设计理念,减少交通冲突点;设置长进港辅道和增加进港应急下行匝道的方法,增强进港道路的车辆缓冲能力和应对突发情况的能力。

2) 从根本上满足了换电站备份冗余的原则,任意一个换电站内的机器人发生故障,均能够满足远期130台AGV的峰值充电需求;

3) 小换电站沿南向北逐次换电的紧凑布局满足了码头初期80台AGV的试运行起到过渡,承上启下的作用;

4) 大换电站穿越式的布置工艺,大幅减少AGV排队的等待时间,使整个换电流程更加顺畅。

### 参考文献:

[1] 张欢.基于电动汽车充换电站建设的研究分析[J].科技资讯,2012(9):113-116.  
 [2] 康志敏.集装箱自动化码头AGV路径优化和调度研究[D].武汉:武汉理工大学,2011.  
 [3] 中交第三航务工程勘察设计院有限公司,上海国际航运中心洋山深水港区四期工程初步设计[R].上海:中交第三航务工程勘察设计院有限公司,2014.  
 [4] Madaaki T, Yumiko I, Kenji Y, et al. Economic value of PV energy storage using batteries of battery-switch stations[J]. IEEE Trans on Sustainable Energy, 2013, 4(1): 164-173.

(本文编辑 武亚庆)

以上研究成果可利用于港区陆域纵深较窄,同时港区后方布设有高速公路或城市快速路等情况的集装箱港区。

### 参考文献:

[1] 中交第三航务工程勘察设计院有限公司.上海国际航运中心洋山深水港区四期工程港区交通组织[R].上海:中交第三航务工程勘察设计院有限公司,2014.  
 [2] GB 50220—1995 城市道路交通规划设计规范[S].  
 [3] CJJ 152—2010 城市道路交叉口设计规程[S].  
 [4] CJJ 129—2009 城市快速路设计规程[S].  
 [5] JTGD 20—2006 公路路线设计规范[S].  
 [6] 中国公路学会《交通工程手册》编委会.交通工程手册[M].北京:人民交通出版社,1998.  
 [7] 任福田.道路通行能力分析[M].北京:人民交通出版社,2011.

(本文编辑 郭雪珍)