



专业化集装箱码头E-RTG供电方式比较

梁浩, 洪璇玲, 麦宇雄, 张瑞芬

(中交第四航务工程勘察设计院有限公司, 广东 广州 510230)

摘要: 对目前国内常用的几种E-RTG供电方式进行比较, 分析其优缺点和适用范围, 并结合广州港南沙港区三期工程的设计, 比较不同E-RTG供电方式的特点及经济性, 提出了采用低空滑触线直流供电方式, 为类似工程提供参考。

关键词: E-RTG; 供电方式; 集装箱码头

中图分类号: TM 631+.3

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2014)02-0086-05

Comparison of E-RTG power supply for specialized container terminal

LIANG Hao, HONG Xuan-lin, MAI Yu-xiong, ZHANG Rui-fen

(CCCC-FHDI Engineering Co., Ltd., Guangzhou 510230, China)

Abstract: Referring the E-RTG power supply design for Nansha Port Area Phase III project of Guangzhou Port, this paper compares the advantages, disadvantages and applicable scopes of different types of power supply, which provides reference for similar projects.

Key words: E-RTG; power supply; container terminal

近年来, 随着世界经济贸易的一体化以及集装箱化的不断发展, 国内集装箱港口吞吐量增长迅速。目前, 国内集装箱堆场广泛采用轮胎式龙门起重机(RTG)作业, 为响应国家节能减排的政策, 克服传统内燃驱动RTG产生的废气排放、高噪音、高运营成本等问题, 各种采用市电驱动的电动轮胎式龙门起重机(E-RTG)应运而生。E-RTG主要区别在于供电方式不同: 按取电方式可分为电缆卷盘、低架滑触线和高架滑触线3种形式, 按电流形式又有交流和直流两种^[1]。E-RTG供电方式的选择成为各集装箱码头需面临的问题。本文分析各种E-RTG供电方式的现状, 研究其优缺点和适用范围。

1 E-RTG供电方式

1.1 按取电方式划分

E-RTG根据市电取电方式的不同, 划分为3种形式: 电缆卷盘、低架滑触线、高架滑触线。

1) 电缆卷盘形式。

电缆卷盘形式在RTG一侧安装电缆卷盘及相应的驱动装置, 电缆缠绕在电缆卷盘上, 电缆的一头通过切换开关并联到发电机供电主回路, 另一头与地面市电接线箱相连。当RTG行走时, 电缆卷盘根据RTG与地面市电接线箱的距离沿电缆槽收放电缆, 一般布置在盲道内, 地面设置有电缆槽及接线箱。当需要转场时, RTG走到地面市电接线箱的位置, 以使电缆收卷到电缆卷盘中, 由地面操作人员配合拨下接电插头, 将电源切换到机上柴油发电机组并完成电缆的盘整放置。

2) 低架滑触线形式。

低架滑触线形式E-RTG系统由滑触线支架、安全滑触线、自动取电小车、供配电系统及转场用的小型柴油发电机组组成。滑触线架设在堆场的盲道上, 高度一般不超过3.5 m, 滑触线支架的结构形式采用“T”型。市电由箱变通过地下埋设的电缆供给

收稿日期: 2013-11-12

作者简介: 梁浩(1980—), 男, 工程师, 主要从事港口装卸工艺设计工作。

各堆场的低压配电箱, 再由低压配电箱供给分布于堆场内的低压滑触线。E-RTG大车两侧安装有可伸缩式自动取电小车, 当使用市电时, 自动取电小车伸出, 将滑触线市电引入机上, 驱动机上电机和辅助设备。使用柴电时, 可启动柴油机转入柴电工作状态, 将自动取电小车收回, 使小车集电器与滑触线脱离, 断开市电电源, 转入柴油供电模式。

3) 高架滑触线形式。

高架滑触线形式E-RTG是以电车铜滑触线作为载流导体, 架设在RTG的顶上(滑线高于RTG高点2~3 m), 以承重钢绞线作为铜滑触线的承

载装置, 承受滑触线的重力并保证铜滑线的水平, 加上其它辅助措施, 保证轮胎吊的可靠供电。高架滑触线的架线依靠高塔架来完成, 塔高35~45 m, 间隔100~300 m, 一般布置在超车道内。高架滑触线E-RTG可以实现“0°过街”跨箱区作业无需拔插操作, 但“90°转场”跨箱区作业还是需要进行动力切换。由于高架滑触线安装高度较高, 需设置可靠防雷击保护装置, 对防风防台的要求也较高。

4) 不同取电形式E-RTG优缺点及适用范围。

上述3种E-RTG在节能减排、环保效果方面效果基本一致, 其优缺点及适用范围见表1。

表1 不同取电形式E-RTG比较

取电形式	作业机动性	设备操作	设备维修保养程度	机上复杂性	场地占用	基础投资
电缆卷盘 ERTG	可转场, 需要人工地面插拔供电插头, 转柴油机提供动力	对跑偏要求一般	电缆在地上拖动, 易损坏, 机上设备寿命短, 维护量大	复杂	需铺设电缆沟, 占用一定场地	较小
低架滑触线 ERTG	可转场, 有人工地面插拔供电插头和自动取电小车两种形式, 转柴油机或发电车提供动力	对跑偏要求较高, 需增加措施避免ERTG跑偏撞到滑触线及立柱	碳滑块需定期更换, 维护量小	简单	布置在盲道, 每6m需架设支架, 占用场地一般	较小
高架滑触线 ERTG	可转场, 沿RTG跑道方向过路跨堆场作业无须切换动力; 跨箱区作业时, 需切断电源, 转柴油机或发电车提供动力	对跑偏要求一般	需定期更换碳刷, 维护量小	简单	架设塔架数量少, 但布置在超车道, 塔架基础较大, 占用场地较大	较大

取电形式	受天气影响程度	对水平运输的影响	设备供货	系统可靠性	可集成性	国内使用情况	适用堆场规模
电缆卷盘 ERTG	较小	供电系统设在堆场盲道区间, 对堆场水平运输无影响	可由上海振华直接成套供货	电缆拖在地上, 易发生事故, 电气插拔安全问题	较差	深圳、珠海、惠州等地已投入使用	适用于小型堆场, 堆场宽度小
低架滑触线 ERTG	较小	供电系统设在堆场盲道区间, 对堆场水平运输无影响	设备厂家和低架滑触线单位分开供货施工	安全可靠	较差	青岛、深圳、厦门、南沙等地已投入使用	适用于中大型堆场
高架滑触线 ERTG	较大: 需考虑防台、防雷及冰雪天气影响	供电系统设在堆场超车道区间, 塔架对堆场水平运输有影响	设备厂家和高架滑触线单位分开供货施工	安全可靠	较好, 可将堆场照明及监控集成在滑触线塔架上	在上海、深圳、宁波等地已投入使用	对形状规整、宽度大的堆场有较高的性价比

1.2 按电流方式划分

E-RTG根据上机电流的不同, 可分为交流供电和直流供电两种形式。

交流供电方式一般采用三相四线制, 高压电经过箱变转化为中低压交流电源, 通过交流滑触线对E-RTG供电。直流供电需要将高压电经过箱变、整流装置和电源逆变装置转化为中低压直流电源后通过直流母线对E-RTG供电^[2]。交流供电方式适用于E-RTG不同的取电方案, 直流供电方式一般适用于滑触线取电方案。两种电流供电方

式的差异见表2。

因为E-RTG本身使用交流电, 从技术方面出发, 交流供电方式相比于直流供电方式更简单, 但直流供电方式有以下几个优点: 1) 直流供电方式功率因数高、电源谐波干扰小。2) 更加节能。在集装箱下放过程中, E-RTG的电机实际上是一个发电机, 将集装箱下降的势能转换为电能, 常规做法是在设备上加电阻, 通过电阻将这部分电能消耗掉。采用直流供电方式可以利用设备之间的升降错位, 将集装箱下降过程中的能量回馈到

表2 两种电流方式E-RTG差异

供电方式	直流供电	交流供电
供配电设备	变压器, 电源柜, 交流电抗柜, 整流柜, 直流电抗柜 直流配电柜	变压器、进线柜、交流配电柜
电源切换	通过逆变电源可以实现转场无缝切换, 使机上空调和照明均不停止工作。	转场不能无缝切换, 机上空调和照明需停止再启动, 会降低生产效率, 增加安全隐患。
功率因素	高	低
谐波	较低	较高
压降及线路损耗	较低, 不存在容抗电阻	较高, 有容抗电阻
能量利用率	较高, 采用直流母线供电, 设备的能量在母线上汇集并综合利用, 同等容量的地面电源可带动更多的E-RTG	较低, 需在每台E-RTG上增加能量回馈装置, 且每台设备的回馈装置需按设备的最大负荷配置, 无法发挥能量回馈装置的最大利用率。

直流母线供其他E-RTG使用, 实现能量的自我供给。理论上可以节能约20%。3) 可以实现转场无缝切换。在E-RTG转场过程中, 需要进行动力切换, 即将电力驱动切换为柴油机驱动, 对于交流供电方式而言, 在转场时需先将市电电源断开, 再启动机上柴油机, 在此间隔期内机上的空调和照明需停止再启动, 此过程无疑会降低生产效率, 增加安全隐患。如果采用直流供电方式, 通过逆变电源可以实现无缝切换。由于逆变电源允许柴油发电机交流电和外部直流电同时输入, 当E-RTG过街或转场时, 提前启动柴油机, 再断开直流电, 保证逆变电源输出的交流电(380 V/220 V)不间断, 不影响E-RTG上的控制电路、辅助负载的工作, 有效避免电源的启停造成设备的故障, 特别是可以解决E-RTG夜间作业时辅助电源切换造成投光灯预热启动耗时长的问题, 提高了作业效率。

直流供电相对于交流供电, 不足之处在于同一箱变内一个整流柜发生故障, 会导致其所覆盖的十多个箱区停电, 但该情况发生的概率很低。

国内部分集装箱码头E-RTG供电方式见表3。

表3 国内部分集装箱码头E-RTG供电方式

取电形式	供电方式	使用地点
低架滑触线	交流	广州港、天津港、青岛港、南京港、湛江港、深圳盐田港、深圳蛇口港
	直流	宁波港、大连港、深圳赤湾集装箱码头
高架滑触线	交流	上海港、宁波港
	直流	深圳妈湾港
电缆卷筒		大连港、惠州港、珠海港、福州港、洋浦港、深圳大铲湾港、曹妃甸港

2 南沙港区三期工程E-RTG设计

2.1 工程概况^[3]

南沙港区三期工程大码头建设4个10万吨级集装箱泊位和2个7万吨级集装箱泊位, 岸线总长2 218 m; 驳船码头建设24个2 000吨级集装箱驳船泊位, 岸线总长1 660 m; 码头设计通过能力为570万TEU。

大码头前沿装卸船采用集装箱装卸桥作业, 驳船码头采用多用途门机作业, 集装箱重箱及冷藏箱堆场采用E-RTG作业。堆场区由港区内布置的4横10纵主干道分为27块堆场, 堆场内箱区平行码头前沿线布置。其中一线为重箱堆场, 二线为冷藏箱堆场和预留重箱堆场, 每块堆场横向长度为206 m或198 m, 纵向宽度293 m, 布置10条箱区。E-RTG跨距23.47 m, 堆场内采取背靠背的布置方式, 其中超车道宽为7 m, 盲道为4 m(图1)。

2.2 E-RTG取电方式选择

南沙港区三期工程具有建设规模大、堆场规整、纵向通道多、单条作业线长等特点, 考虑到电缆卷筒型E-RTG作业范围受电缆长度限制、转场时需辅助插拔插头、电缆在地面拖动有一定的安全隐患等缺点, E-RTG取电方式采用低架滑触线形式和高架滑触线形式进行比选。两种方式堆场断面(图2), 两种方式E-RTG投资比较见表4。

低架滑触线方式的投资为高架滑触线方式的98.9%。结合相邻工程的设备使用情况和经验, 考虑到低架滑触线方式具有投资较省、操作使用经

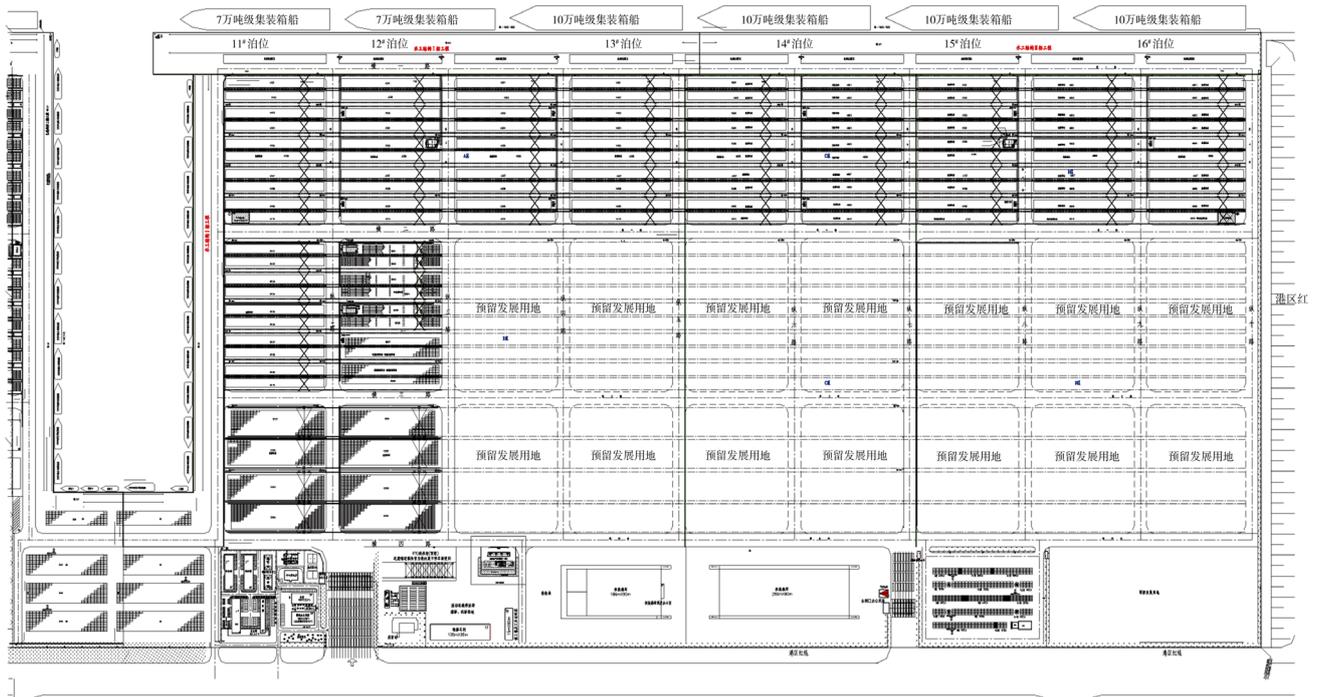


图1 平面布置

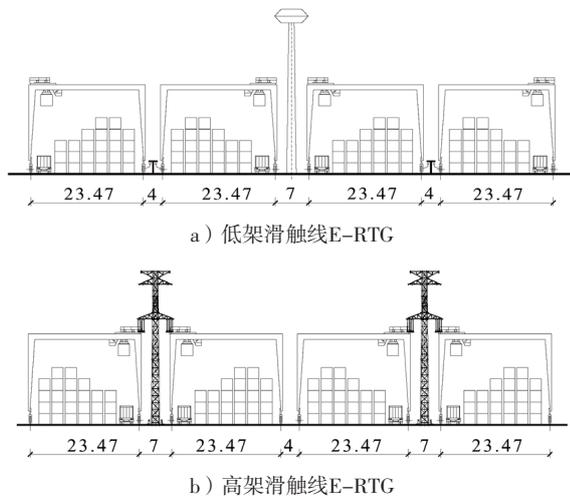


图2 作业堆场断面布置

验成熟等优点, E-RTG推荐采用低架滑触线取电方式。

2.3 E-RTG供电设计方案

2.3.1 交直流供电方式的比较

针对南沙港区三期工程, 两种E-RTG供电方式投资比较见表5。

交流供电方式的投资为直流供电方式的94.3%。直流供电方案一次性投资稍贵, 但具有节能效果更好、供电覆盖范围更大、运行费用更省、可扩展性更好等优点, 从目前已大面积投入使用的宁波大榭港、深圳赤湾港等港区的运营情况来看, 效果良好。经过与业主的反复讨论, 南沙三期工程

表4 两种取电方式E-RTG投资比较

万元

取电方式	RTG设备费用	滑触线钢结构塔架费用	塔架基础费用	照明铁塔基础费用	照明铁塔费用	照明灯具费用	滑触线电气费用	摄像机杆费用	摄像机塔费用	合计
高架滑触线	49 200	2 200	800	0	0	387	6 550	63	53	59 253
低架滑触线	49 200	1 274	546	180	900	352	6 000	0	128	58 580

表5 两种供电方式E-RTG投资比较

万元

供电方式	滑触线供电部分 (包括滑触线、配电箱、安全警示装置、钢结构支架、电缆及管道)	滑触线变电所或箱变	箱变10 kV电缆	变电所高压出线柜	合计
直流供电	7 638.69	4 242	181.08	120	12 181.77
交流供电	8 120.43	3 055	161.59	150	11 487.02

E-RTG供电选用直流低空滑触线供电方式。

南沙港区三期工程采用低架安全滑触线直流供电方案,按照陆域平面布置情况共设置8个滑触线变电所,分别将进入变电所的交流10 kV高压电整流成680 V直流电输出,然后直接供给低架滑触线,使E-RTG能够直接在滑线上取电进行作业。

2.3.2 滑触线变电所布置及供电范围

滑触线变电所布置原则:1)新建滑触线变电所到主变电站的距离尽量小,以减少高压电缆的投资;2)新建滑触线变电所至滑线配电箱距离尽量小,以减少供电末端的压降,保证供电质量;3)新建滑触线变电所供电范围按箱区合理划分区域;4)由于直流系统电抗器及整流单元发热量很大,从设备长期运行和设备维护考虑,变电所采用钢筋混凝土结构。

基于以上原则,共设置8座E-RTG滑触线变电所,布置在A区靠近横二路的箱区中间,考虑到安装空间、消防通道以及堆场内箱角基础、堆场排水沟等因素,变电所尺寸定为10 m×15 m,变电所左右两侧设防撞装置。每座变电所的供电范围为对应的上下两个箱区共20条作业线。

2.3.3 滑触线变电所容量及设备的选择

根据运量要求,堆场近期共配备60台E-RTG,远期可发展到96台;单台E-RTG装机容量为350 kVA。经计算,1台2 500 kVA变压器(负荷率=0.8),可带21台E-RTG随机作业。考虑变压器负荷率,2 500 kVA变压器可带2组1 000 kW整流设备,每组整流设备可带10~11台E-RTG。每条作业线(滑触线)可供2台E-RTG同时作业。

变电所变压器选用SCB10型,副边采用双绕组,连接组别为Dd0y11,确保两组整流柜之间不会存在相互干扰。每个变电所内均配置有2组电源进线及变压器出线柜、变压器、电源柜,交流电抗柜、整流柜,直流电抗柜及直流馈线柜,直流馈线柜开关数量与堆场上电箱数量一致。

2.3.4 直流滑触线布置

低架直流滑触线设在两箱区中间盲道中心线上,每条供电滑线系统主要由以下几个部分组成:钢结构支架及连接件、端部导入段两支、安全滑线及附属件、电源指示灯、滑线上电保护开

关箱、E-RTG减速带、电源切换定位装置、自动取电装置导入导出喇叭口装置,急停开关等。沿E-RTG行驶方向安装立柱,所有立柱为T型结构,每侧架设3条安全滑线(正负极1 000 A,地线500 A),分别供立柱两侧箱区的E-RTG取电。

2.3.5 滑触线供电箱及安全防护装置

每块堆场均布置一个直流供电箱,供电箱内安装直流断路器、指示器、紧停开关等设备,每条滑触线分为两侧独立供电,可单独断开检修,供电箱放置在滑触线中间位置。

每条滑触线两端安装有急停箱,可在发生紧急情况时断开滑触线供电,并安装有避雷器。每条滑触线两侧的端头附近装设指示灯,用于指示滑触线是否已经供电。

3 结语

E-RTG供电方式的选择应综合考虑港区的自然条件、设备使用经验、陆域特点、工程投资、港区规模等因素。一般来说,高架滑触线形式较适用于堆场规整、单条作业线较长、堆场通过能力较大的港区;电缆卷盘形式受电缆长度及压降等因素影响,较适用于堆场宽度较小的集装箱堆场;低架滑触线形式基本上能适用于各种堆场布局形式。交流供电技术应用时间较长,使用经验成熟;直流供电技术是在交流供电技术基础上发展起来的,具有更节能、供电范围更大、运行费用更省等优点,但投资稍贵。各集装箱码头的E-RTG供电方式应根据自身的特点确定,以满足码头生产要求为前提,做到适用性和经济性相协调。

参考文献:

- [1] 姚建新. 电动轮胎吊供电设计要点[J]. 中国港湾建设, 2012(5): 72-75.
- [2] 姚立柱, 刘晋川. 基于公共直流母线的轻型电动轮胎式集装箱门式起重机控制系统设计[J]. 港口装卸, 2009(6): 24-26.
- [3] 卢永昌, 麦宇雄, 王烽, 等. 广州港南沙港区三期工程初步设计说明书[R]. 广州: 中交第四航务工程勘察设计院, 2012.