

赤湾集装箱码头船舶岸电系统

杨少华, 覃韩江

(赤湾集装箱码头有限公司, 广东 深圳 518068)

摘要: 为降低赤湾集装箱码头靠泊船舶污染物排放, 研究、设计船舶岸边供电系统。该系统利用变频调压技术, 调节供给侧参数, 实现不同频率不同电网制式的转换, 满足不同船舶的供电需求。该系统充分考虑未来集装箱船舶大型化的整体趋势, 预留并联扩容接口, 满足岸电系统的扩容需求。

关键词: 港口 赤湾集装箱码头 船舶岸电系统

0 引言

在船舶靠港后, 船上副机仍须运转, 以保障船员生活和船上部分设备工作。副机通常使用的燃油制品多为柴油, 不仅能耗高, 而且污染大, 对周边环境造成污染。随着绿色发展理念的深入人心, 港口区域的污染问题备受社会各界的关注。船舶废气污染是港口城市最大的空气污染源之一, 为此, 我国将船舶岸电作为推动绿色港口建设的工作重点。

1 赤湾集装箱码头

赤湾集装箱码头(以下简称“CCT”)位于深圳西部的南头半岛, 珠江入海口东岸, 距离香港仅 20 n mile, 地理位置得天独厚, 是连接世界各地与珠江三角洲经济圈乃至中国内陆腹地的“海上门户”。CCT 是深圳港 3 大集装箱码头之一。经过 15 a 的发展, CCT 已经成为一个设施先进、管理完善的国际性专业集装箱码头, 其泊位数共 9 个, 泊位总长度 3 400 m, 可提供 24 h 全天候的优质服务。CCT 作为有责任担当的大型港口, 对改善港口环境, 推动港口船舶岸电发展有着义不容辞的责任和义务。因此, 其设计规划的 3 MVA 港口船舶岸电系统在设计使用之初就充分考虑 CCT 港口布局情况, 因地制宜地提出满足港口自身业务需求的岸电整体解决方案。

2 船舶岸电技术要求

2.1 船舶岸电设计的基本原则

(1) 根据码头现状, 结合船舶实际需求, 确定工程建设规模, 坚持技术的先进性、工艺的可行性, 最大程度地满足船舶用电负荷和用电安全。

(2) 借鉴和参考国内外先进技术和经验, 坚持从实际出发, 选择相对成熟的先进技术和节能设备, 确保电力系统的可靠运行。

(3) 船舶岸电系统在投入、运行和退出时须具有高可靠性、稳定性。在供电过程中, 各项电源质量技术指标达到国家相关标准。

(4) 船舶岸电控制系统不仅可用于对整个岸电系统的监控, 还可以实现远程操作, 为智慧港口建设预备必要的通信接口。

(5) 船舶岸电系统的变频电源装置应为电源型变频器, 具有冗余设计、模块化结构、同步切换、自我保护和通信等功能。

2.2 岸电变频电源装置

船舶电网制式通常为 60 Hz, 美国、日本等少数国家的港口电网制式为 60 Hz, 中国和欧洲的港口电网制式通常为 50 Hz。通过岸电变频电源装置可实现 50 Hz 和 60 Hz 不同电网制式的转换。

根据变频电源的电压等级分类, 岸电变频电源一般有 2 种结构方式: “高一低—高”结构方式

和“高一高”结构方式。CCT 根据港口自身实际需求最终选用“高一低—高”结构方式。

2.2.1 “高一低—高”结构

“高一低—高”结构岸电系统连接示意图见图 1。10 kV/50 Hz 电源经高压开关柜进入整流降压变压器,电源电压变为 690 V/50 Hz,经变频电源

装置变换后输出 690 V/60 Hz 电源,再经过输出升压变压器转成 6.6 kV/60 Hz 电源,最后经输出高压开关柜连接到码头前沿插座箱供船舶使用。此结构下变频电源系统具备高度灵活的开放性,易于扩展,可实现二次扩容,便于用户后续升级改造,降低二次投资成本。

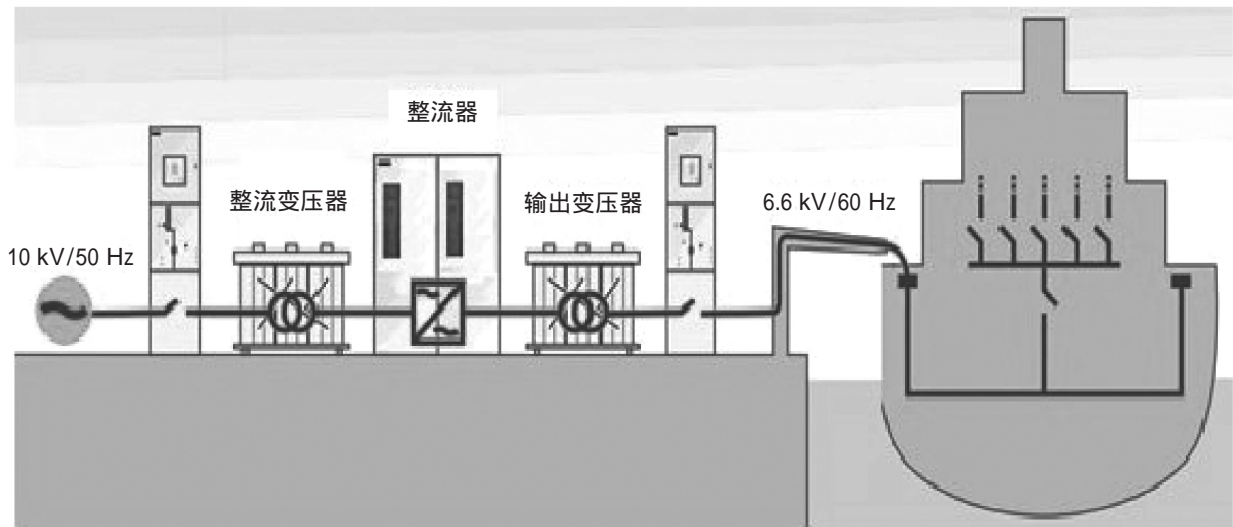


图 1 “高一低—高”结构岸电系统连接示意图

岸电变频电源装置进线侧 690 V/50 Hz 电源通过系统的低压进线开关柜 LCM 连接到变频系统的纯净电源滤波模块,通过四象限可控整流调节型电源模块实现 AC/DC 转换。电源模块由 IGBT 构成,高速开断的 IGBT 提供一个可调、稳定的直流母线电压,即使进线电源波动,也能保持直流母线电压的稳定,而纯净电源滤波器也将进线整流对接入电网的干扰或扰动降至最低。四象限可控有源整流模块供电方案示意图见图 2。

负荷冲击缓冲等功能。四象限可控调节型逆变模块供电方案示意图见图 3。

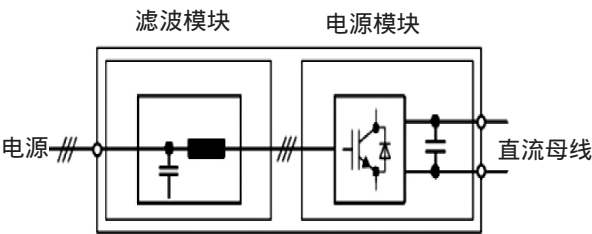


图 2 四象限可控有源整流模块供电方案示意图

输出侧同样采用四象限可控调节型电源模块实现 DC/AC 转换,其从整流侧直流母线取电并经输出侧纯净电源滤波模块滤波,使电源输出的电压波形接近完美正弦波。在纯净电源滤波模块与用电负载之间设置输出变压器,发挥调压、隔离、

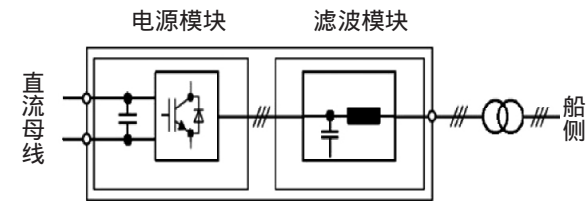


图 3 四象限可控调节型逆变模块供电方案示意图

系统采集输出电压信号形成闭环 PID 控制,实时动态地控制电压和频率,确保输出的电源质量和系统稳定。电源经过输出变压器,能有效防止船上负载电网与岸电网之间的相互干扰,避免岸电变频电源装置因负载设备故障而造成损坏。输出变压器将变频模块输出的 690 V/60 Hz 电源升压至 6.6 kV/60 Hz,经输出馈线柜后通过预埋的高压电缆接至前沿岸电接线箱,最后通过快速插头连接至船舶的岸电主电气室。

2.2.2 “高一高”结构

“高一高”结构岸电系统采用高压 10 kV/50 Hz 进线和高压 6.6 kV/60 Hz 出线的供电方式,其变频电源装置内部在进线侧集成多绕组移相式变压

器,将进线 10 kV/50 Hz 电源降压为 750 V(或其他电压)并送至各功率模块。“高一高”结构岸电系统示意图见图 4。

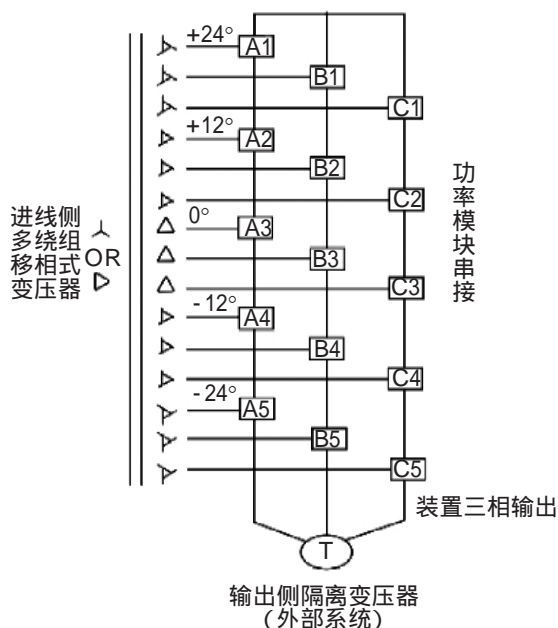


图4 “高一高”结构岸电系统示意图

“高一高”结构岸电系统采用每相多个“交—直—交”PWM 变频功率单元串联的方式。“高一高”结构岸电系统功率模块结构示意图见图 5。通过输出侧的低压叠加实现直接高压输出,同时由于输出电压为各模块电平的叠加,能有效改善输出的波形,抑制输出谐波,保证输出电压波形近似于正弦波。

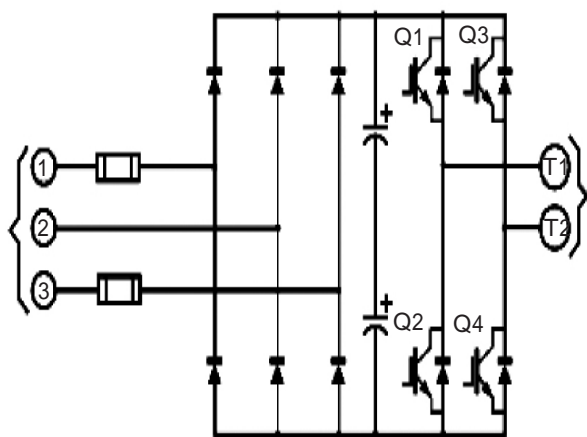


图5 “高一高”结构岸电系统功率模块结构示意图

各功率模块分别由输入变压器的一组二次绕组供电,功率模块之间及变压器二次绕组间相互绝缘,以提高变频系统的可靠性。每个变频单元

的电压等级和串联数量决定变频电源的输出电压,每个功率模块的额定电流决定变频电源的输出电流。

2.3 岸电监控系统

岸电监控系统可以与码头中央控制系统进行通信,将运行状态和故障信息发送给中央控制系统,并能接受中央控制系统的控制指令,实现远程监控。在条件许可的情况下,还可将监控系统的数据通过计算机技术发布至 Web 网页上,方便随时随地查看包括进出线开关状态、变频电源工作状态、变压器状态、岸电箱与船舶连接信号、急停指示信号、PLC 工作状态以及相关的电流、电压、功率、频率、电能和保护信号等在内的系统运行情况,并可实现流程化的远程操控,对岸电专用变电站设备及其周边环境进行实时的音频、视频监控,对岸电专用变电站环境温湿度进行实时监测。

3 CCT 船舶岸电系统性能及特点

3.1 船舶岸电系统

CCT 船舶岸电系统设置一套单机容量为 3 MVA 的变频电源装置,并预留扩容的系统接口。岸电变频电源装置安装在集装箱式电控房体内,供电制式为输入 10 kV/50 Hz,输出 6.6 kV/60 Hz,满足岸电上船要求。

岸电系统 10 kV/50 Hz 电源进线引自 # 13 变电所,箱式岸电电源装置放置在码头 5B 堆场第 1 个贝位,经变压变频装置,通过“高一低—高”的方式将进线电源制式(10 kV/50 Hz)转换成船舶所需电源制式(6 kV/50 Hz 或 6.6 kV/60 Hz),再通过馈线柜经高压电缆送至位于码头前沿的高压接电箱内,靠港船舶利用国际标准的高压电缆连接设备——船用岸电连接系统(AMP)从码头高压接电箱取电,最终实现向靠港船舶供电。CCT 船舶岸电系统单线图见图 6。

在码头 # 11、# 12、# 13、# 13A (# 13A 为 # 13 泊位延伸段)泊位前沿共设置 8 套高压岸电接电箱,覆盖码头 3 个泊位。

在与船舶电源系统连接、退出和转换过程中,岸电系统可保持系统不断电,实现船舶靠港后的不间断供电。

3.2 船舶岸电系统组成

船舶岸电系统主要由供配电设备子系统、高压变频电源子系统、岸电电源控制子系统、电力监控

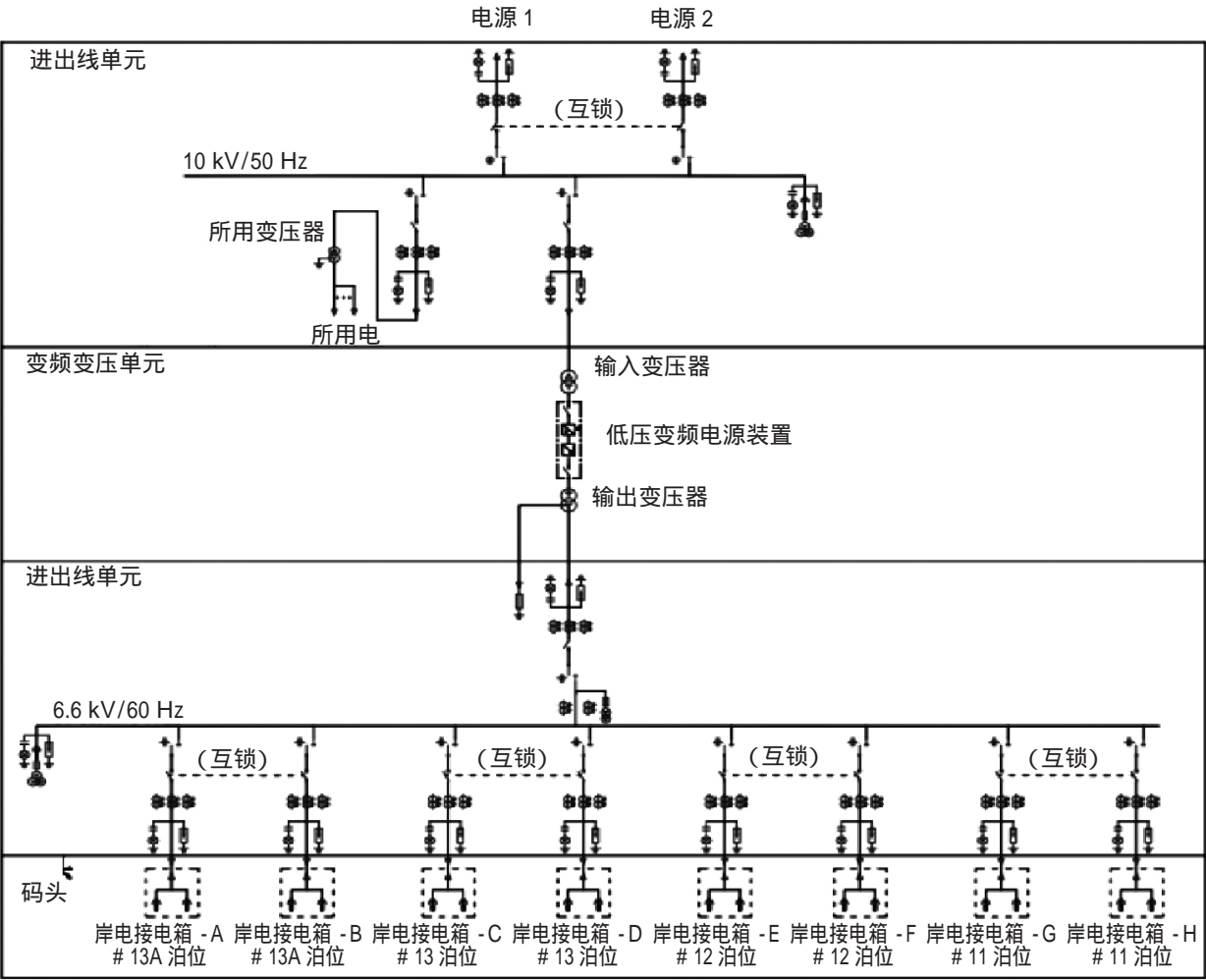


图 6 CCT 船舶岸电系统单线图

管理子系统及码头岸电快速连接子系统等组成。

供配电设备子系统、高压变频电源子系统、岸电电源控制子系统、电力监控管理子系统的设备分别布置在 2 只标准集装箱内 2 只集装箱采用拼接方式布置 ,两箱之间采用接线端子连接 ,方便快捷连接。

供配电设备子系统由输入输出真空断路器、电流电压采样系统和综合保护系统等组成。它可有效对变频电源的输入和输出进行连接 ,具有控制高压电源的输入和输出、对高压电源输入和输出进行综合保护及用电参数显示等功能。

高压变频电源子系统实现双频电制的变换 ,运用变频变压技术可将 10 kV/50 Hz 电源转换成 6.6 kV/60 Hz 或 6 kV/50 Hz 电源 ,供船舶使用。

岸电电源控制子系统对高压变频电源的运行进行控制 通过船、岸通信对船舶岸电系统进行管理 ;通过船、岸数据交互 ,实现身份查验、接入允

许、安全管理、安全连锁等功能 ,并对供电过程中的用电参数进行实时监控 ;与电力监控管理子系统进行数据交互 ,接受电力监控管理子系统的远程控制。

电力监控管理子系统运用计算机技术对电站系统运行设备进行监视和控制 ,以实现数据采集、设备控制、测量、参数调节和各类信号报警等功能 ,并将相关的信息上传至港口电力监控系统 ,以提高船舶岸电系统的可靠性、安全性和经济性 ,减轻工作人员的劳动强度 ,实现船舶岸电系统的自动化和信息化。

码头岸电快速连接子系统采用国际通用高电压大电流岸电连接设备 ,实现船、岸的快速连接。

3.3 岸电监控系统

岸电监控系统采用西门子 S7-1500 控制系统 ,可方便快捷地对整个岸电系统进行监控。监控系统采用模块化设计 ,并且采用国际通用的以

太网通信接口 ,便于系统的维护和扩展。界面控制采用多级授权 ,可有效实现系统的分级管理和操作 ,从而保障系统的安全性。

4 岸电实践中的难点及专项技术

4.1 整体方案设计

CCT 采用 1 套岸电电源覆盖多个泊位的设计

思路 ,以提高岸电覆盖率 ,并充分考虑集装箱船舶大型化的整体趋势 ,为将来并联扩容预留接口。CCT 船舶岸电系统具有较强的可扩展性。CCT 船舶岸电扩容系统单线图见图 7。

4.2 船岸连接和双向自动并网无缝转移负载技术

按照国际标准 ,采用快速大容量插接头的方式进行船岸连接。岸侧采用中压插座箱 ,中压插座

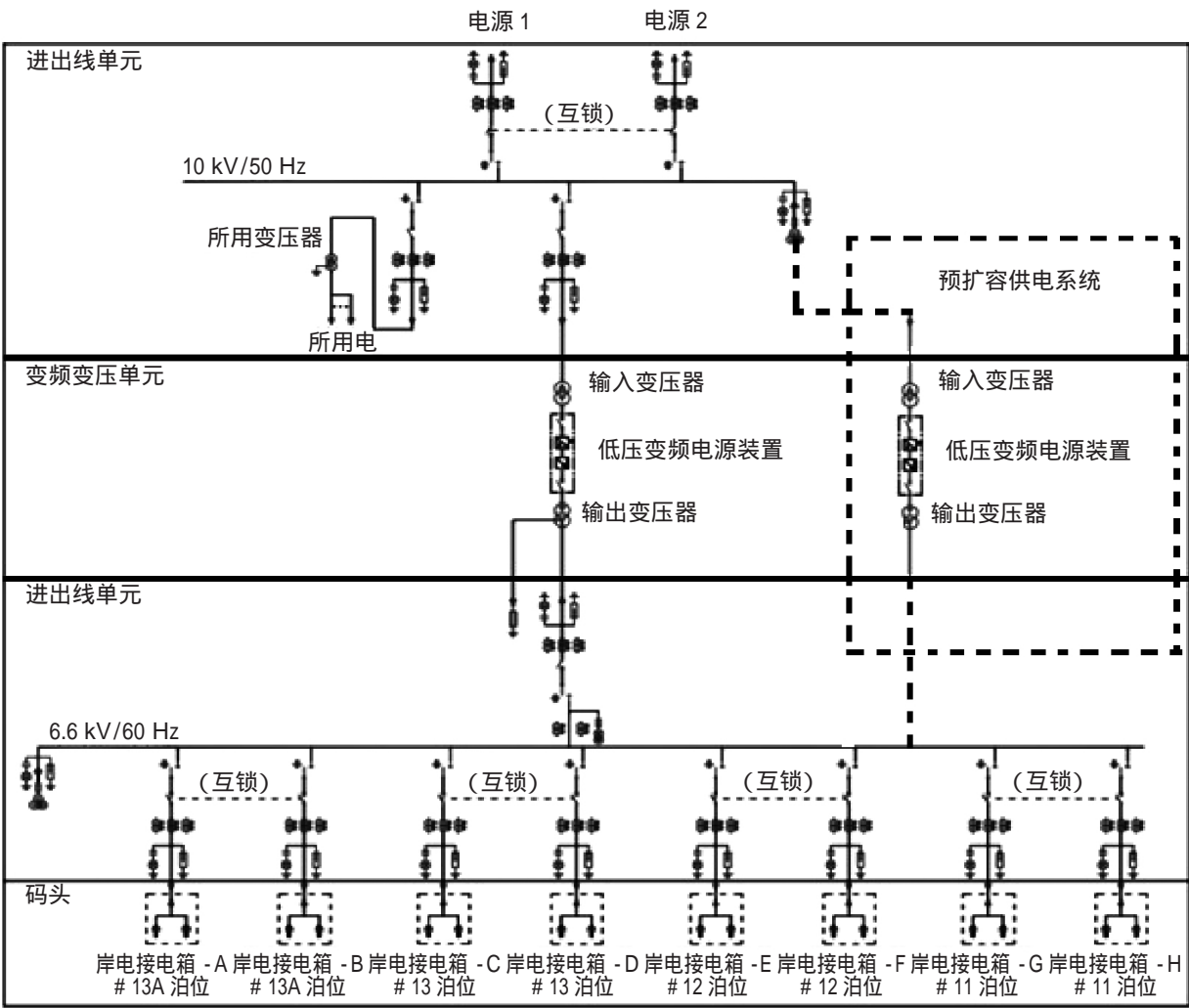


图 7 CCT 船舶岸电扩容系统单线图

箱内装有中压插座、电缆、铜排等 ,并配备空间加热器 ,以防止水汽凝结。船侧配备电缆卷盘和插头等。岸侧和船侧的连接系统均采用国际通用标准的船舶岸电设施。在船岸连接回路中设置安全回路 ,任意一侧有故障均可触发对侧的安全回路动作 ,从而保护系统的用电安全。

船岸并网负荷无缝转移是岸电系统的关键技术。目前 ,为了保证船侧用电设备的安全 ,均采用岸侧送电上船 ,由船侧并网柜同步并网的方式。船

侧并网柜可以自动进行电源检测和跟踪 ,并动态调整船侧发电机输出 ,在较短时间内完成并网后逐步降载 ,由岸侧电源逐步完成对船侧负载的拖动 ,直至船侧发电机完全切除。当船舶离港时 ,船舶供电由岸侧改为船侧 ,同样由船侧并网柜实现发电机输出与岸电电源的同步 ,并逐步转移船侧负载由船侧电源拖动 ,直至岸电电源完全切除。在整个船岸连接过程中均须保证岸侧电源的供电质 (下转第 25 页)

漏斗闸板采用链条驱动实现闸板的提升和降低。由于给料出口宽度固定,最大给料能力主要由闸板高度决定,但闸板提升较高,存在给料“峰值”,造成皮带沿线撒落煤或沿线转接塔漏斗堵料。如果漏斗闸板较低,则给料能力不足,影响整个作业效率。

6.2 给料系统优化

CD9 翻车机主要作业 C80 车型,相对于翻车机平台,C80 车型的车厢较短,70%物料积聚在 2 号、3 号、4 号漏斗内。因此,给料系统优化方向主要集中在 2 号、3 号、4 号漏斗。漏斗闸板由原来的固定式调整为自动升降式,将漏斗闸板调整为 2 个开度,分别作业 4 000 t/h“低位”开度和 6 400 t/h“高位”开度。当漏斗空时,闸板自动降低到“低位”;当漏斗内有物料时,闸板自动提升到“高位”。漏斗料位的监测主要依靠位于漏斗底部的料流开关和翻车机表层的雷达料位计,2 种监测方式保证给料系统的稳定性和可靠性。通过多次试验,优化前的翻车机给料能力为 3 840 t/h,优化后的翻车机给料能力达到 5 760 t/h。

7 结 语

翻车机系统优化前后的对比见表 6。在黄骅港二期 CD9 翻车机系统生产工艺优化后,对于 C80 车型 54 节车皮,整个作业时间由原来 62.5 min 缩短为 45 min,作业效率显著提高。

表 6 翻车机系统优化前后对比

项目	优化前	优化后
定位车牵车时间/s	69	55
定位车返回时间/s	49	34
翻车机倾翻时间/s	16	13
翻车机返回时间/s	27	20
压/靠装置打开时间/s	8	1
翻车机单个循环时间/s	150	110
整列火车作业时间/min	62.5	45
翻车机系统作业效率/(t/h)	3 840	5 760

通过查询 CD9 翻车机运行日志,CD9 翻车机优化前的平均作业效率为 3 153 t/h,CD9 翻车机优化后的平均作业效率为 4 151 t/h,效率提升 31.7%。

(上接第 18 页)

量,从而确保船侧并网柜正常工作,实现系统负载供电的无缝切换。

5 船舶岸电系统的应用

2017 年 11 月 1 日,CCT 船舶岸电系统完成

与地中海航运“JEONGMIN”号集装箱船的顺利接驳,实现船电岸电无缝切换。整个供电过程共 10 h,供电 15 675 kW·h,供电质量良好,带载运行稳定,完全满足船舶的供电需求。CCT 船舶岸电系统连船情况见图 8。



a) 船舶岸电系统连船供电中



b) 船舶岸电系统变频电源装置

图 8 CCT 船舶岸电系统连船情况

6 结 语

船舶岸电系统的研制和应用是一项复杂的系统工程,集变频、配电、保护、监控、船舶改造等于

一体。船舶靠泊码头时使用岸电是未来发展的趋势。CCT 通过整合国内外成熟的岸电技术,建设满足自身需求的岸电系统,为港口及城市环保事业贡献自己的力量。