

矿石码头续建工程装卸工艺系统设计

谢文宁 李潇峰 施 晶 樊 攀

中交机电工程局有限公司

摘 要: 黄骅港散货港区矿石码头一期续建工程规模大,专业性、综合性和自动化程度高,在国内矿石港口工程中具有较强的代表性。通过总结先进、成熟可靠的装卸工艺系统设计和建设情况,以及主要装卸设备的选型、技术参数和关键技术应用情况,提出了矿石码头续建工程装卸工艺系统设计方案,可为国内类似矿石码头建设提供参考。

关键词: 装卸工艺; 矿石码头; 智能化

Design of Loading and Unloading Process System for Ore Terminal Extension Project

Xie Wenning Li Xiaofeng Shi Jing Fan Pan

CCCC Mechanical & Electrical Engineering Co., Ltd.

Abstract: Huanghua Port Bulk Cargo Port Area Ore Terminal Phase I extension project is large in scale, with high degree of specialization, comprehensibility and automation, and has a strong representative in domestic ore port projects. By summarizing the design and construction of advanced, mature and reliable loading and unloading process system, as well as the type selection, technical parameters and application of key technologies of main loading and unloading equipment, the design scheme of loading and unloading process system for ore terminal extension project is put forward, which can provide reference for the construction of similar ore terminal in China.

Key words: loading and unloading process; ore terminal; intelligent

1 引言

黄骅港散货港区矿石码头一期工程已完成 2 个 20 万 t 级铁矿石卸船泊位(水工结构按 25 万 t 级设计)及相应配套设施建设,码头长 736 m,设计年通过能力 3 000 万 t,2020 年实际通过能力 3 500 万 t。一期(续建)工程建设在黄骅港散货港区航道南岸线,规划的大型干散货作业区中部,紧临矿石码头一期工程向东建设 2 个 20 万 t 级专业化矿石泊位(水工结构按 25 万 t 级设计),码头长度为 682 m,设计吞吐量为 2 000 万 t/年。

一期(续建)工程工程量包括:6 台抓斗卸船机,1 台堆料机,2 台取料机,4#变电所新建变频器室内的变频器设备、空调设备,堆场洒水除尘喷枪站,10 台汽车衡设备,19 条带式输送机,2 条带式输送机延长线,12 条带式输送机钢结构、4 条带式输送机钢结构延长线、4 座转接机房,19 条带式输送机及 2 条带式输送机延长线及 4 座转接机房的供水、消防、除尘系统,2 套商检自动化取制样设备,整个控制系统。控制系统包括变电所除尘泵

房控制室和信息机房等在内的必要新增控制设备、计算机管理系统、自动疏港系统、工业电视监控系统、无线以太网通讯系统、UPS 电源装置、PLC 设备和点检设备、厂内 GPS 系统、无线网桥系统、RCMS(实现设备运行状况的在线监测)、流程广播系统、无线调度通信系统、控制室内设备系统及室外全部控制系统。

2 装卸工艺布置

本工程主要有卸船堆料、取料疏港 2 个工艺流程。卸船堆料线的带式输送机系统,含 19 条带式输送机:BM1/2 延长部分、BM3/4、BH3/4-1、BH3/4-2、BH3/4-3、BH1/2/3/4-4、BH1/2/3/4-5、BD4;取料疏港线皮带机系统,含 2 条带式输送机:BQ4/5,预留 BH1/2/3/4-6 出口。工艺流程见图 1,卸船堆料主要流程见图 2,取料疏港主要流程见图 3。图中,SU 为桥式抓斗卸船机;S 为堆料机;R 为取料机;BM 为码头带式输送机;BH 为码头至堆场带式输送机;BD 为堆场堆料线带式输送机;BQ 为堆场取料线带式输送机。

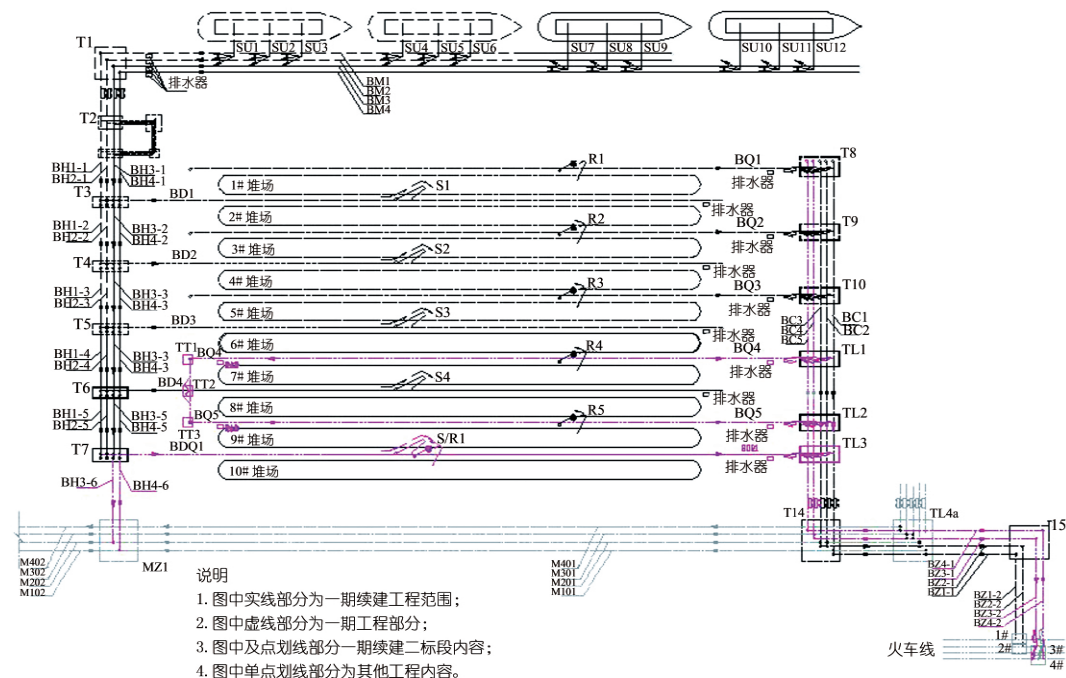


图1 黄骅港散货港区矿石码头一期(续建)工程工艺流程图

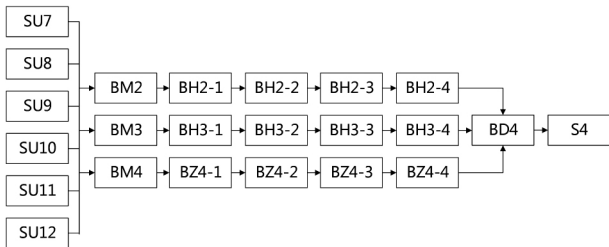


图2 黄骅港散货港区矿石码头一期(续建)工程卸船堆料流程

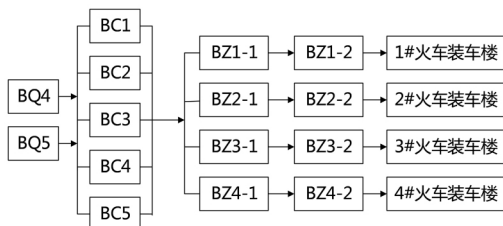


图3 黄骅港散货港区矿石码头一期(续建)工程取料疏港流程

3 装卸设备

3.1 桥式抓斗卸船机

3.1.1 桥式抓斗卸船机主要技术参数

桥式抓斗卸船机通过机下移动分叉溜槽向码头带式输送机输料,每台卸船机均能给3条码头带式输送机供料,每条带式输送机的额定能力为7 500 t/h。整个卸料过程可通过手动操作、半自动控制操作两种方式实现。桥式抓斗卸船机料斗口及码头带式输送机受料处安装干雾抑尘装置。整机可沿码头

轨道运行至相邻泊位的任意位置进行卸船作业。作业完毕后,整机行至锚定位置处锚定。需要时前大梁可以仰起至固定位置,并用安全钩(安全钩为带配重形式,在推杆损坏时可以手动打开)将其钩住固定。俯仰正常操作允许风速达到20 m/s。桥式抓斗卸船机设置防风系统缆及锚定装置,具有抵抗55 m/s 风速的能力^[4]。此外,具有不拆卸抓斗把清舱机械从码头上吊入船舱的能力。桥式抓斗卸船机主要技术参数见表1。

表1 桥式抓斗卸船机主要技术参数

额定生产率	2 500 t/h	起重量	65 t
最大生产率	2 750 t/h		
轨距			30 m
基距			18 m
速度	起升		160 m/min
	下降		210 m/min
	小车		240 m/min
	大车		2 ~ 25 m/min
	前大梁		7 min
外伸距	海侧		48 m
	陆侧		28 m
最大腿压 /kN	工作风速 20 m/s	海侧: 580 × 12	陆侧: 410 × 12
	非工作风速 55 m/s	海侧: 610 × 12	陆侧: 650 × 12
起升高度	轨上		32 m
	轨下		27 m
电气系统	供电方式	电缆卷盘	
	上机电源电压	10 kV/50 Hz	
	装机容量	约 3 975 kW	

3.1.2 桥式抓斗卸船机计算机管理系统 CMS

CMS 系统可实现卸船机各个关键部位的实时在线监测功能,监测设备及通讯协议与整个工程设备在线监测系统能够有效兼容,并最终汇总至整个工程设备在线监测系统; CMS 系统与整个工程设备在线监测系统具备完善的通讯功能,对开关量及模拟量均可实现有效传输; CMS 系统有足够冗余,以备后续监测功能的扩展。该系统的具体功能如下:故障诊断与显示; 外部环境状态监视; 运行参数显示; 各工作机构状态显示; 作业统计; 生产报表; 主要配套机械、电气设备的保养、维修系统显示,并具有提示功能; 起升开闭、小车、大车、俯仰、给料机构及控制电源等工作时间统计; 历史故障分析、相关数据库; 信号波形分析(设有故障断电保护功能,可存储故障发生前后数秒内各有关波形图,作为故障分析、排除的依据) 。

3.1.3 桥式抓斗卸船机远程计算机管理系统 RCMS

RCMS 系统安装在后方办公区域,以无线以太网和光缆两种通讯方式与卸船机 CMS 系统连接,用于监控卸船机的运行情况。该系统的具体功能如下: CMS 相关功能; 数据备份; 所有收集到的数据均可以下载或输出到其他商业软件中; 完全状态的实时画面回放功能; 状态仿真监控; 融合 CCTV 视频监控系统的视频监视功能。

3.2 堆料机

3.2.1 堆料机主要技术参数

堆料机为轨道移动式的单悬臂堆料机,具有行走、回转、俯仰、臂架皮带机等机构,可以按照一定规则,向轨道两侧的料场堆料,具有 4 种操作方式: 机侧操作、司机室手动操作、司机室半自动操作及远程全自动操作。各机构设置足够的安全检测及保护装置,保证作业安全。物料转接处设置干雾抑尘装置,必要的地方设置橡胶密封帘,以减少粉尘对环境的污染^[4]。堆料机主要技术参数见表 2。

3.2.2 堆料操作与控制

3.2.2.1 机侧操作

机侧操作用于设备的维修和试运转。所有驱动装置如回转、俯仰、行走、臂架带式输送机等都设机侧操作。机侧操作方式通过 PLC 控制,优先于手动、半自动和自动操作方式。为了确保人身安全,提供急停开关和拉线开关等必要的联锁控制。

3.2.2.2 司机室手动操作

手动操作通过 PLC 控制。手动操作时,各驱动装置之间、地面带式输送机和堆料机之间保持联锁关系。

表 2 堆料机主要技术参数

额定生产率	7 500 t/h	物料种类	矿石
最大生产率	8 625 t/h	堆积密度	2 ~ 2.7 t/m ³
料场参数	作业长度	1 064 m	
	料堆	轨上	12.8 m
		轨下	1.2 m
轨距	11 m		
基距	11 m		
门座架	支撑形式	三支点	
行走装置	行走速度	6 ~ 35 m/min	
	车轮踏面直径	630 mm	
	最大轮压	工作	250 kN
		非工作	300 kN
	钢轨型号	QU100	
回转装置	回转支撑形式	回转台车	
	回转支撑直径	8 000 mm	
	钢轨型号	QU120	
	回转半径	52 m	
	回转角度	± 120°	
	回转速度	0 ~ 0.1 r/min	
俯仰装置	回转传动形式	柱销齿轮传动	
	形式	液压	
	油缸数量	2	
	俯仰角度	-9° ~ +5°	
	俯仰速度	4 ~ 5 m/min	
悬臂带式输送机	带宽	1 800 mm	
	带速	4 m/s	
尾车	形式	固定式单尾车	
	带宽	1 600 mm	
	带速	4 m/s	
电气系统	供电方式	电缆卷盘	
	上机电源电压	10 kV/50 Hz	
	装机容量	约 600 kW	

3.2.2.3 司机室半自动操作

半自动操作通过 PLC 控制。半自动操作时,各驱动装置之间、地面带式输送机和堆料机之间保持联锁关系。根据 CCR 传送来的信息,司机用手动方式进行行走、回转和俯仰等操作,将悬臂移到作业的起始点,然后通过控制台面板上的数字开关设定堆料方式、料垛高度、堆积长度(行走长度) 和宽度,点动行走距离,点动提升距离和回转角度等参数。准备就绪之后,司机按下“准备好”按钮通知 CCR。接到 CCR 的起动命令后,司机起动半自动操作。此后,堆料机按所设定的数据自动进行堆料作业; 在半自动操作中,司机可以改变每种操作方式的设定值。正常作业时,堆料机不能停止运转,待地面带式输送机停机后,方可停机。发生故障时,本机自动停机,同时输出急停

信号给 CCR 保证上游带式输送机能紧急停机,并由控制台面板上的监控屏显示故障原因。当出现紧急情况时,司机可以通过控制台上的紧急停机按钮进行停机。料垛形状可用手动堆料操作来进行修补,以使堆形规则化。堆料机有回转定点堆料和行走定点堆料两种堆料控制方式,并可通过控制台上的选择开关选用。

3.2.2.4 远程全自动操作

(1) 计划接收与编制功能。该功能既能够通过数据接口从调度指挥管理系统接收作业指令,也能够在本系统画面上编制生成一条新的作业指令,作业指令包括料场号、起止位置、矿种、堆料高度等信息。

(2) 作业指令自动生成功能。中控人员根据系统显示各堆料机状态及调度指令,合理选择指令并下发系统调用相应的作业模块,根据预先设定好的自动堆料工艺,选择最经济、安全、可靠、高效的作业方式,并自动将作业指令转化为堆料机 PLC 可接收的控制命令,例如堆料机各机构目标位置,堆料方式设定等,并在远程操作监控画面上显示。中控人员可选择直接下发,或者根据现场实际状态作一些必要的参数修改。

(3) 作业过程监控功能。中控人员下发作业指令后,可根据流程后停信息,选择堆料机启动或停止。选择启动后堆料机操作电源合闸,进入指定的作业地址。自动调整回转、俯仰位置,开始进行自动堆料作业。作业过程中的各种状态及故障信息实时显示在中控监控画面上。作业过程监控功能包括监视机上的 PLC 控制系统状态、行走系统状态、回转系统状态、液压站系统状态、悬臂带式输送机状态、润滑系统状态、除尘系统状态、电气系统状态、安全系统状态、各类参数显示、称量系统参数、能耗数据以及风速、火警信号。

(4) 远程手动操作功能是为了在特殊情况下,如自动系统故障情况时,能够短时手动操作,设置大车、俯仰、回转机构等操作功能,以及模式切换、操作电源 on/off、紧停开关等一些重要的操作功能。而一些辅助操作,如干雾、照明、报警器等设备的控制以软件的方式在计算机操作监控画面上实现。

(5) 防碰撞功能。由于堆料机悬臂较长,当相邻两台大机在同一堆场相邻两个垛位进行堆料作业时,或者大机行走进行自动对垛操作时,就有可能造成两台大机悬臂相撞或悬臂与堆垛相碰的恶性事故。为了防止这种事故的发生,利用中控 PLC 内部

堆场垛位信息及与各堆料机的 PLC 通讯,实时采集各堆料机的位置和堆场垛位信息,包括大车、回转、俯仰位置,以及垛位形状、位置。调用防冲撞演算模块,在线进行各台机之间及大机与垛位之间的三维空间计算,一旦判断可能互相进入碰撞区域时,及时进行报警提示相关监控人员,必要时自动采取紧急措施。

(6) 报警功能。实现中控室与大机上报警的相对同步,具备历史报警记录查询、机上各类故障、通讯类故障的报警及报警记录打印功能。

3.3 取料机

3.3.1 取料机主要技术参数

取料机为轨道移动式的悬臂斗轮取料机,自轨道两侧堆场取料,经地面带式输送机转运到火车装车楼,具有行走、回转、俯仰、臂架皮带机、斗轮等机构,可以实现定量取料,输出物流均匀连续,不对地面带式输送机产生横向冲击,具有 4 种操作方式:机侧操作、司机室手动操作、司机室半自动操作及远程全自动操作。各机构设置足够的安全检测装置及保护装置,保证作业安全。物料转接处设置干雾抑尘装置,必要的地方设置橡胶密封帘,以减少粉尘对环境的污染。取料机主要技术参数见表 3。

3.3.2 取料操作与控制

机侧操作和司机室手动操作同堆料机。

3.3.2.1 司机室半自动操作

半自动操作通过 PLC 控制。半自动操作时,各驱动装置之间、地面带式输送机和取料机之间保持连锁关系。按照从 CCR 发来的信息,司机以手动方式进行行走、回转和提升等操作。将斗轮放到取料作业的起始点,然后操作控制台面板上的数字开关,设定点动次数和点动距离,准备就绪后,司机按下“准备好”按钮通知 CCR。地面带式输送机启动后,司机启动半自动操作。初始操作和两回转端角的设定由司机在第一次回转动作时进行。设定完毕后,回转运动依照上述预设定的回转角进行控制,换层操作以手动方式进行。在半自动操作中,司机可以改变设定值。在进行一个矿堆的操作时,仅需设置一次取料范围,下一个循环值由 PLC 自动计算。为达到恒定量取料的目的,回转速度和回转角之间有 $1/\cos$ 的关系。两回转端的停止位置有下述两种控制方法,并可通过控制台上的选择开关进行选用:当回转角到达预设设定值时;当回转角到达预设设定值和斗轮机无负载这两个条件同时满足时。

表 3 取料机主要技术参数

取料能力	额定能力	4 000 t/h
	平均能力	3 600 t/h
	最大能力	5 750 t/h
轨距		10 m
基距		11m
门座架	支撑形式	三点
行走装置	行走速度	6 ~ 35 m/min
	车轮踏面直径	630 mm
	最大轮压	工作 250 kN
		非工作 300 kN
	钢轨型号	QU100
回转装置	回转支撑形式	回转台车
	回转支撑直径	10 000 mm
	回转半径	55 m
	回转角度	± 170°
	回转速度	0.04 ~ 0.12 r/min
俯仰装置	形式	液压
	油缸数量	2
	俯仰角度	- 11.7° ~ + 12°
	俯仰速度	4 ~ 5 m/min
悬臂带式输送机	带宽	1 400 mm
	带速	3.75 m/s
斗轮	直径	8 000 mm
	转速	6 r/min
	斗数	10
	斗容	0.8 m ³
电气系统	供电方式	电缆卷盘
	上机电源电压	10 kV/50 Hz
	装机容量	约 1 000 kW

3.3.2.2 远程全自动操作

(1) 计划接收与编制功能。该功能既能够通过数据接口从调度指挥管理系统接收作业指令,也能够在本系统画面上编制生成一条新的作业指令,作业指令包括料场号、料堆号、起止位置、矿种、取料吨位、取料流量、装车等信息。

(2) 作业指令自动生成功能。中控人员根据系统显示的各取料机状态及调度指令,合理选择指令并下发系统调用相应的作业模块,根据预先设定好的自动取料工艺,选择最经济、安全、可靠、高效的作业方式,并自动将作业指令转化为取料机 PLC 可接收的控制命令,例如取料机各机构目标位置,取料方式设定等,并在远程操作监控画面上显示。原则上单列火车采用分层不分段的形式进行取料作业,当为皮带长廊取料时,有时需进行旋转分层分段取料,即按照设定的供料段的长度

进行。取完当前层时自动进行换层,当取完最下一层后进行换段操作,把斗轮置于第二段最顶层的作业开始点上,重复进行取料,供料段长度的设定以臂架不碰及料堆为原则。此种方法最大的缺陷就是容易造成塌垛情况,因此设定火车装车模式与皮带长廊取料模式,中控人员可选择直接下发,或者根据现场实际状态作一些必要的参数修改。

(3) 垛位数据识别。垛位数据识别采用三维激光扫描形式进行,功能模块中设有特殊情况的处理功能,例如满垛、残垛以及塌垛情况的处理。

(4) 回转速度与取料流量的控制。为实现“旋转分层等量取料”的目的,在自动取料模式下,按照等量取料算法,确定回转速度与取料流量的控制关系,并保证反馈的及时性,避免出现流量控制滞后。

(5) 自动识别设定功能。对于取料过程中步进距离的设定,需要根据不同的料种,设置自动识别设定功能,每个垛位只需在第一次取料的第一次回转过程中识别计算,在下次回转取料自动步进中对步进数据加以纠正。

(6) 作业过程监控、远程手动操作、防碰撞、报警功能同堆料机。

4 结语

该工程规模大,专业性、综合性和自动化程度高,在国内矿石港口工程中具有较强的代表性。通过梳理和总结先进、成熟可靠的装卸工艺系统设计和建设情况,以及主要装卸设备的选型、技术参数和关键技术应用情况,以为国内类似矿石码头建设提供借鉴和参考,进而提升中国矿石码头装卸效率,规范大型装卸设备智能化应用。

参考文献

[1] 大连重工起重集团有限公司,北京起重运输机械设计研究院. GB/T 26475-2011 桥式抓斗卸船机 [S]. 北京: 中国标准出版社,2011.

[2] 北京起重运输研究所. GB/T 14695-2011 臂式斗轮堆取料机 型式和基本参数 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.

谢文宁: 100088,河北省沧州市渤海新区 307 国道延长线中国交通建设 3 楼

收稿日期: 2021-01-04

DOI: 10.3963/j.issn.1000-8969.2021.05.020