# 黄骅港大宗散货码头煤炭堆场工程设计要点

刘元平[1]，刘春峰[2]，陈伟良[1]，陈凯凯[1]
（1. 中交第四航务工程勘察设计院有限公司，广东 广州 510290；
2. 沧州港务集团有限公司，河北 沧州 061300）

**摘要：**针对如何充分利用不规则地形满足多功能需求和优化工程投资等问题，进行黄骅港大宗散货码头煤炭堆场设计研究。通过对工程整体的功能分析，分别采用堆场同侧进出实现不规则地形的充分利用；采用交叉双尾车实现与斗轮堆取料机相连带式输送机的双向运行；采用智能控制变频驱动技术实现带式输送机不同输送能力的需求；采用在堆料机上设置滚轴筛实现煤炭筛分功能等，满足了各项功能的需求，使该工程达到预期的效果。

**关键词：**煤炭堆场；堆场同侧进出；交叉双尾车；变频器；筛分堆料机
**中图分类号：**U653.7；U656.1+33　　**文献标志码：**A　　**文章编号：**1002-4972(2025)05-0071-09

## Key points of coal yard design for bulk cargo wharf in Huanghua Port

LIU Yuanping[1], LIU Chunfeng[2], CHEN Weiliang[1], CHEN Kaikai[1]
(1. CCCC-FHDI Engineering Co., Ltd., Guangzhou 510290, China; 2. Cangzhou Port Group Co., Ltd., Cangzhou 061300, China )

**Abstract:** In view of problems of making full use of the irregular terrain of the project to meet the multifunctional demands and optimize the project investment etc., a study on coal yard design for bulk cargo wharf in Huanghua Port is carried out. Through the analysis for whole project function needs, the full use of irregular terrain is realized by adopting the same-side access to the yard; the two-way operation of the belt conveyor connected with the bucket wheel stacker and reclaimer is realized by adopting the cross double-tailed vehicle; the demand for different conveying capacity of the belt conveyor is realized by adopting the intelligent control of frequency conversion drive technology; the function of coal screening is realized by adopting the stockpiling machine with the roller screen. All needs are effectively met. The project achieves the expected results.

**Keywords:** coal yard; the same-side access to yard; cross double-tailed vehicle; converter; screening stacker

## 1　工程概况

黄骅港集疏运体系项目与沧港铁路、朔黄铁路、邯黄铁路相连，共同组成运输煤炭、铁矿石、铝矾土、有色矿等大宗散货到鲁北、冀中南、山西、陕北等地的高效低成本物流通道。

黄骅港大宗散货码头煤炭堆场工程是黄骅港集疏运体系项目的 3 个子项目之一，见图 1，与正在建设中的矿粉堆场项目、铁路专用线项目相结合，将进一步提升黄骅港的综合服务和接卸能力，进一步优化港口功能布局，落实关于调整运输结构、增加铁路运输量部署需求，加快建设现代化综合服务港，解决黄骅港铁水联运“最后一公里”的卡脖子工程。

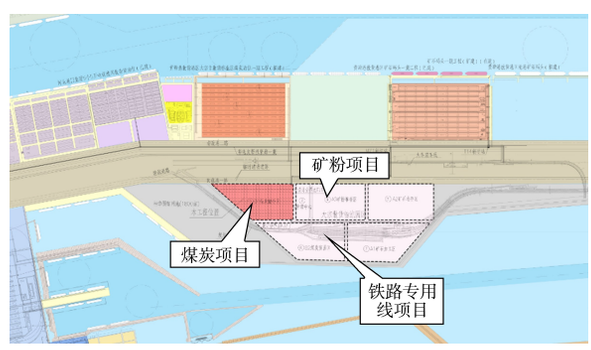



**图 1　黄骅港集疏运体系项目**
**Fig. 1　Huanghua Port collection and distribution system project**

**收稿日期：**2024-07-16
**作者简介：**刘元平（1983—），男，硕士，高级工程师，从事港口工程装卸工艺设计与研究。

水运工程

本工程用地呈梯形，陆域纵深 500 m，陆域面积 42.66 万 $m^2$，预计 2030 年货运量达到 1 500 万 t。本工程作为港口煤炭码头和矿石码头的物流配套设施，建设主要包括煤炭(兼顾矿石)的储运设施和相关配套设施，具有煤炭和矿石的专业化储存、筛分和配煤等增值服务功能。

图 2　工程效果图

Fig. 2　Project effect drawing

## 2　设计方案

### 2.1　平面布置

根据工程使用功能及地块特点，港区陆域功能分区、且功能相近的辅助生产建筑物集中布置，布置时尽量考虑减少输送线路、减少能耗[1-3]。工程效果图见图 2。

本工程东侧区域方正，为梯形地块的直角边，用作散货料场，西侧为三角区，考虑用作生产辅建区。港区南、北端共设置 4 个出入口，场区内主干道宽 9 m，环形布置。工程平面布置见图 3。

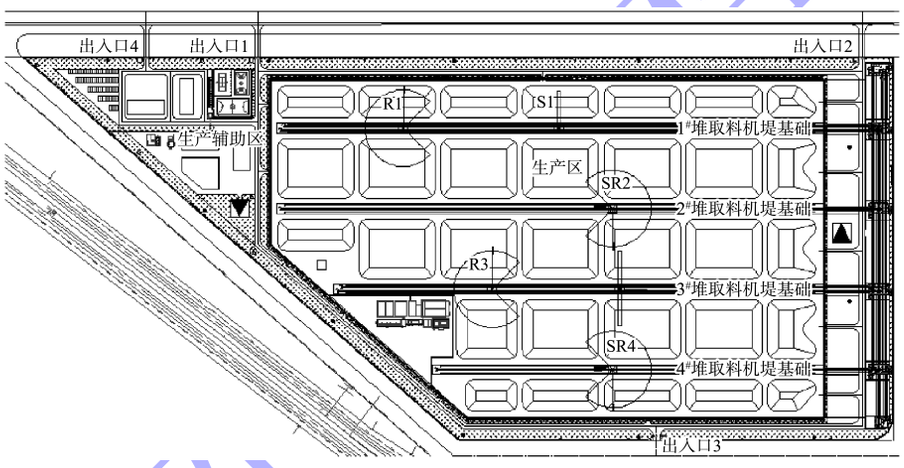



图 3　工程平面布置

Fig. 3　Project layout

生产辅助区布置于工程用地西侧，主要布置有生产调度楼、食堂及候工楼、流动机械库、维修车间及维修场地、活动场地、小车停车场、B1-SS2 变电所、生活污水处理站、含油污水处理站等。

生产区布置于工程用地东侧，布置有 5 条散货堆场(煤炭兼顾矿石堆存)。堆场自北向南设 1#~4#共 4 座堆取料机堤基础，在各基础上配置堆、取料设备以实现物料装卸。1#堤设 1 台堆料机 S1(堆煤 3 000 t/h、堆矿 4 000 t/h)和 1 台斗轮取料机 R1(取煤 6 500 t/h、取矿 4 000 t/h)分别进行堆料和取料作业，3#堤设 1 台筛分堆料机 S3(筛分煤 3 000 t/h)和 1 台斗轮取料机 R3(取煤 6 500 t/h、取矿 4 000 t/h)分别进行堆料(或筛分)和取料作业，2#和 4#堤各设 1 台斗轮堆取料机(堆煤 3 000 t/h、堆矿 4 000 t/h、取煤 6 500 t/h、取矿 4 000 t/h)进行堆取料作业。水平输送采用固定式带式输送机(设备代号 BC)，1#和 3#堤各设 2 条单向运行带式输送机，2#和 4#堤各设 1 条双向运行带式输送机。

铁路来煤皮带机主要参数为宽 1.8 m，速度 3.15 m/s，运量 3 000 t/h；煤炭出运皮带机主要参数为宽 2.0 m，速度 5.3 m/s，运量 6 500 t/h；矿石进出园区皮带机主要参数为宽 1.2 m，速度 4 m/s，运量 4 000 t/h。

配煤出运时，各堤上的取料设备按设定的货

类及比例进行取料，在出运皮带机上汇集，再经各中间转载环节实现煤炭的混合粗配。

堆取料机设置手动/远控/自动操作模式，根据实际运行需要进行切换。

## 2.2　装卸工艺流程

本工程主要装卸工艺流程见图 4。

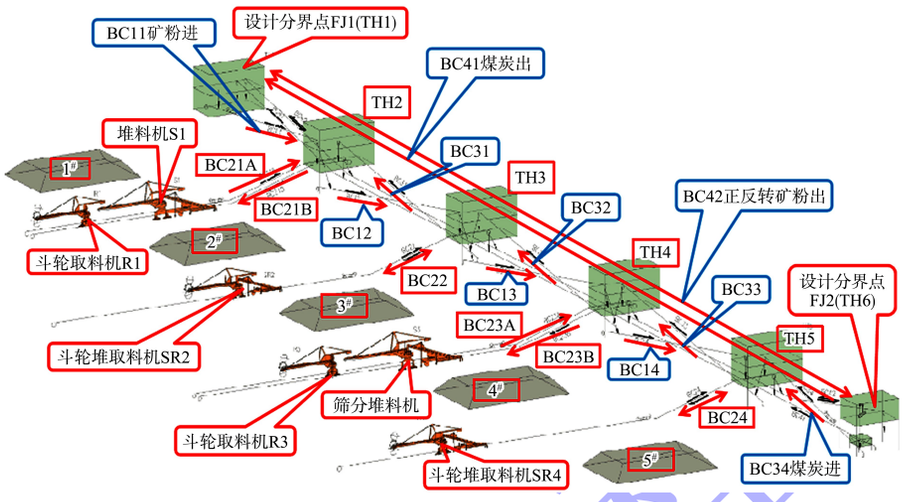



**图 4　装卸工艺流程**

**Fig. 4　Load and unload technological process**

### 2.2.1　煤炭

1）卸火车进堆场。

设计分界 FJ2(TH6)→BC34(皮带秤及校验装置)→BC24→SR4→4#或 5#堆场。

筛分作业线：设计分界 FJ2(TH6)→BC34(皮带秤及校验装置)→BC33→BC23B→S3→3#或 4#堆场。

设计分界 FJ2(TH6)→BC34(皮带秤及校验装置)→BC33→BC32→BC22→SR2→2#或 3#堆场。

设计分界 FJ2(TH6)→BC34(皮带秤及校验装置)→BC33→BC32→BC31→BC21B→S1→1#或 2#堆场。

2）煤堆场装船。

1#或 2#堆场→R1→BC21A→BC41(皮带秤及校验装置)→设计分界 FJ1(TH1)。

2#或 3#堆场→SR2→BC22→BC41(皮带秤及校验装置)→设计分界 FJ1(TH1)。

3#或 4#堆场→R3→BC23A→BC41(皮带秤及校验装置)→设计分界 FJ1(TH1)。

4#或 5#堆场→SR4→BC24→BC41(皮带秤及校验装置)→设计分界 FJ1(TH1)。

3）配煤装船(或进码头堆场)。

堆场→{R1→BC21A}或{SR2→BC22}或{R3→BC23A}或{SR4→BC24}→BC41(皮带秤及校验装置)→设计分界 FJ1(TH1)。

### 2.2.2　矿石

1）矿石进堆场。

设计分界 FJ1(TH1)→BC11(皮带秤及校验装置)→BC21B→S1→1#或 2#堆场。

设计分界 FJ1(TH1)→BC11(皮带秤及校验装置)→BC12→BC22→SR2→2#或 3#堆场。

设计分界 FJ1(TH1)→BC11(皮带秤及校验装置)→BC12→BC13→BC23B→S3→3#或 4#堆场。

设计分界 FJ1(TH1)→BC11(皮带秤及校验装置)→BC12→BC13→BC14→BC24→SR4→4#或 5#堆场。

2）矿石出堆场。

1#或 2#堆场→R1→BC21A→BC42(皮带秤及校验装置)→设计分界 FJ1 或 FJ2(TH1 或 TH6)。

2#或 3#堆场→SR2→BC22→BC42(皮带秤及校验装置)→设计分界 FJ1 或 FJ2(TH1 或 TH6)。

3#或 4#堆场→R3→BC23A→BC42(皮带秤及校验装置)→设计分界 FJ1 或 FJ2(TH1 或 TH6)。

4#或 5#堆场→SR4→BC24→BC42(皮带秤及校验装置)→设计分界 FJ1 或 FJ2(TH1 或 TH6)。

需要注意的是，工艺流程要求逆料流启动，

水运工程

顺料流停车；当控制带式输送机发生故障时，来料流方向带式输送机立即停止，顺料流方向带式输送机顺序停车；紧急停车时，所有带式输送机立即停车；除尘装置停车，带式输送机联锁停车。

## 3　设计要点分析

### 3.1　散货进出堆场总体布置

本工程设计接口较多，北侧有矿粉综合管廊进出矿粉的需求，南侧有规划铁路翻车机来煤和矿粉装火车需求，经过多次沟通梳理，工程的外部接口见图 5。

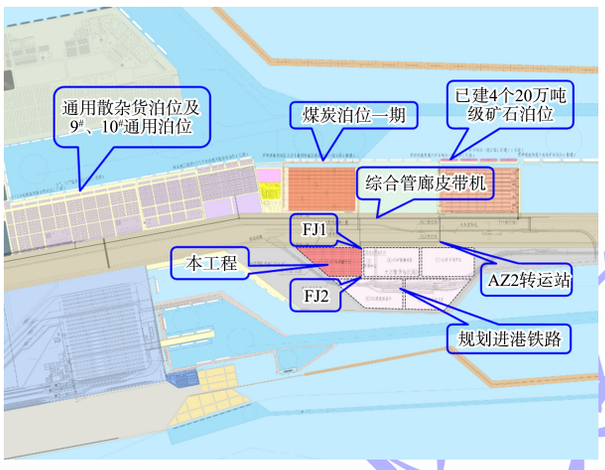



**图 5　外部接口**

**Fig. 5　External interface**

1）煤炭卸车流程为：翻车机房(规划铁路)→铁路区带式输送机→FJ2→园区带式输送机→堆场。

2）煤炭装船流程为：堆场→园区带式输送机→FJ1→装船带式输送机/输送带管廊→煤炭泊位一期/通用散杂货泊位及 9#、10#通用泊位。

3）矿石卸船流程为：矿石码头→综合管廊带式输送机→AZ2 转运站→FJ1→园区带式输送机→堆场。

4）矿石出运流程为：堆场→园区带式输送机→FJ1→综合管廊带式输送机；堆场→园区带式输送机→FJ2→装车楼(规划铁路)。

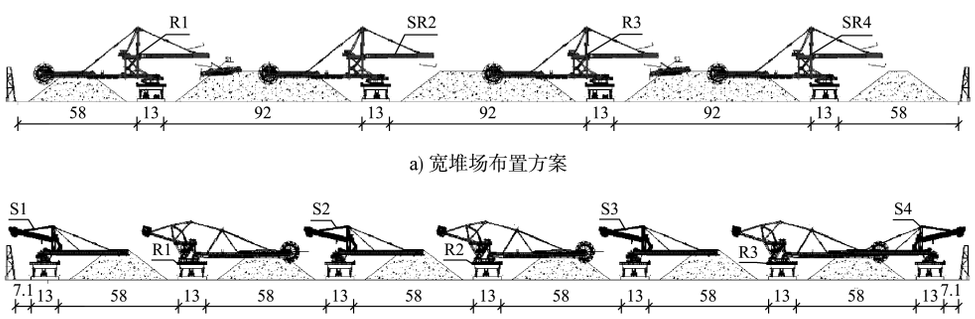
需要在北侧 FJ1 设计分界点布置 1 路矿粉进堆场带式输送机和 1 路矿粉出堆场带式输送机与港区矿粉综合管廊带式输送机对接，以及 1 路煤炭出堆场带式输送机去 9#、10#通用泊位进行煤炭装船。

在南侧 FJ2 布置 1 路煤炭进堆场带式输送机接收北侧铁路的翻车机来煤，以及 1 路矿粉出堆场带式输送机去铁路装车楼装火车。故堆场的作业线不少于 4 条，再考虑堆场筛分及配煤的需要，需要增加堆场的作业线满足要求。

#### 3.1.1　堆场堆存方式

宽堆场方案为在每座堆取料机基础上均设置堆、取料设备，堆场中料堆宽度与取料机悬臂回转半径的 2 倍相当。

窄堆场布置方案为堆料机与取料机间隔布置，堆场中料堆宽度与取料机悬臂回转半径相当。窄堆场方案堆取料机数量较多，作业线数量较多，可以满足多线作业需求。堆场断面见图 6。




a) 宽堆场布置方案

b) 窄堆场布置方案

**图 6　堆场断面（单位：m）**

**Fig. 6　Yard cross section（unit：m）**

与窄堆场方案相比，宽堆场方案在同等料场宽度尺寸下料堆总宽度更大，堆场面积利用率更高，料堆数量少，容积损失小，容积利用率高。同时堆取料机数量及设备基础数量减少，工程造价相对较低，运营维护管理较方便[4]。且本工程宽堆场的作业线数量可以满足要求，故料场布置采用宽堆场布置方案。

外部接口作业线为 4 条，为满足多作业线需求，分别在 1#堤和 3#堤上配置了堆取分开的设备，堆场内作业线为 6 条，可以满足要求。

**3.1.2**　堆场皮带机布置

为了充分利用不规则地形，并减少带式输送机进出堆场时的转接次数，工艺布置时将进出堆场的带式输送机均设在地块方正的东侧区域，即东进东出，转运站、栈桥也统一设置在堆场东侧[5]。从北向南依次布置 TH1(FJ1)至 TH6(FJ2)。

北侧 TH1 为考虑 1 路矿粉带式输送机 BC11 进堆场，1 路煤炭带式输送机 BC41 出堆场去装船，另外考虑 1 路矿粉带式输送机 BC42 正反转分别从 TH1 或 TH6 出堆场。

南侧 TH6 为考虑 1 路煤炭带式输送机 BC34 进堆场，另外考虑 1 路矿粉带式输送机 BC42 正反转分别从 TH1 或 TH6 出堆场。

散货进堆场，采用短带式输送机搭接的方式，即矿粉进堆场为 BC11→BC12→BC13→BC14，煤炭进堆场为 BC34→BC33→BC32→BC31。

布置形式为进堆场带式输送机布置在西侧位于转运站 3 层，通过三通向 2 层的堆场皮带机落料进堆场，向 1 层的下一段进堆场带式输送机落料(图 7)。进堆场带式输送机爬高到下一个转运站的 3 层通过三通落料，重复此流程。

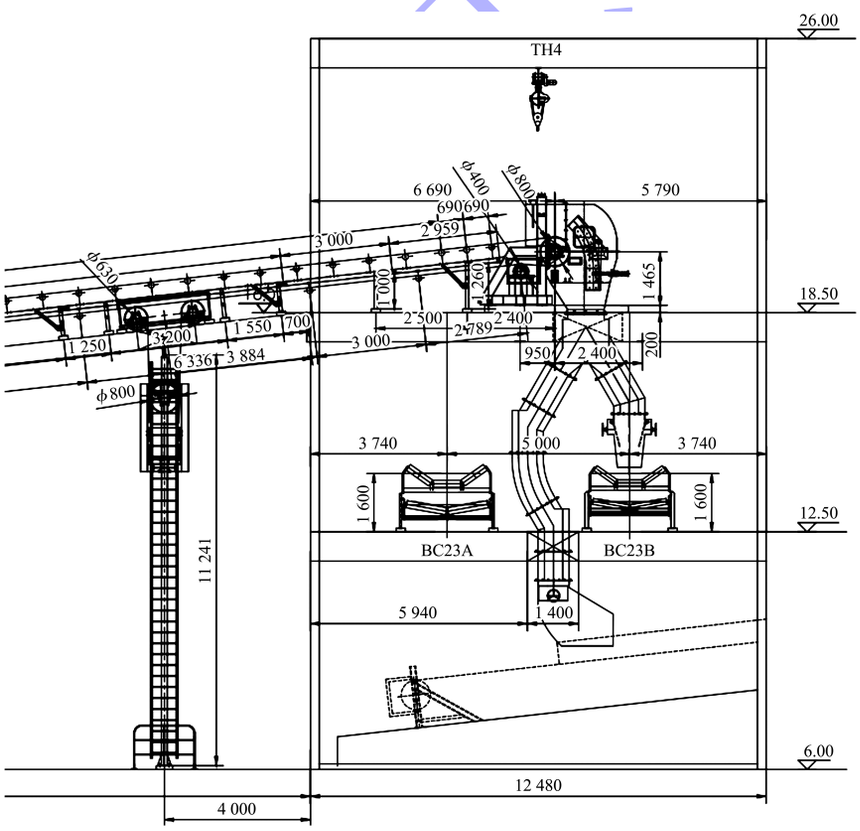



**图 7　进堆场带式输送机采用短输送搭接形式（尺寸：mm；高程：m）**

**Fig. 7　Short belt conveyor overlap for inbound yard（dimension：mm；elevation：m）**

进堆场带式输送机采用短输送搭接形式，如在 1#堆场堆料，则后续带式输送机无需开启，以便降低运行能耗[6]。

出堆场带式输送机布置在东侧位于转运站 1 层。堆场带式输送机布置在 2 层，栈桥底下留出汽车通行的净空高度，见图 8。

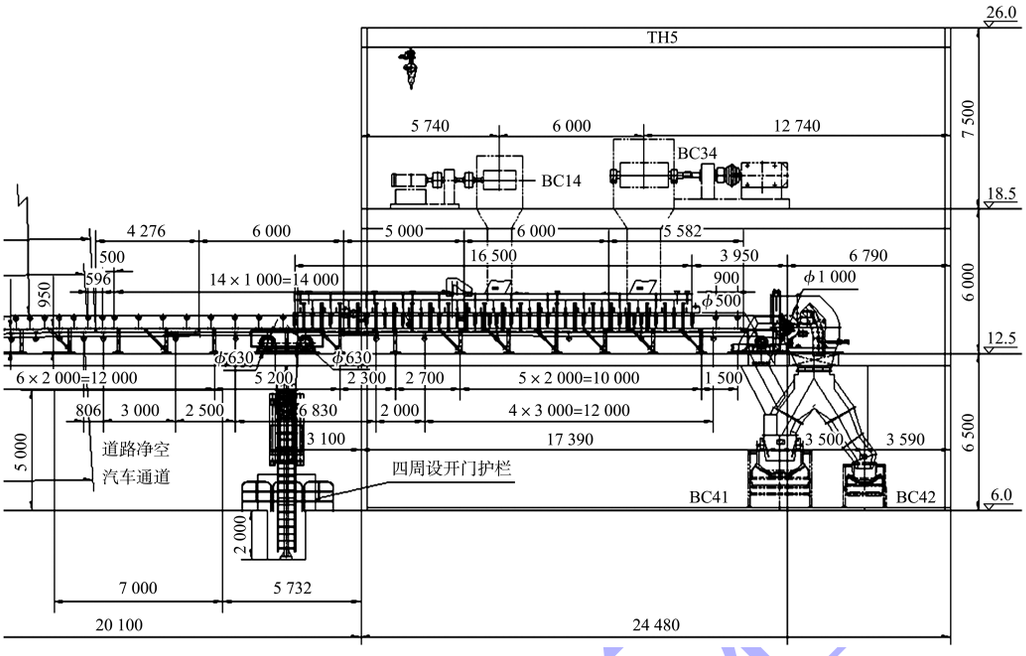



**图 8　堆场带式输送机与进出堆场带式输送机的典型搭接布置（尺寸：mm；高程：m）**

**Fig. 8　Typical lap arrangement of yard belt conveyor and in/out yard belt conveyor（dimension：mm；elevation：m）**

该方案的最大优点为节省转运站投资，转运站全部布置在一侧，另外一侧则可根据堆场地形自行布置堆场长度，充分利用堆场面积。

为实现上述功能，堆场内带式输送机需具备双向运行功能。上述布置方案与堆场料流东进西出方案相比可减少 6 座转运站、5 座栈桥、2 条带式输送机，精简了料流输送转接流程，配套水电设施也能实现集中布置，有利于节省工程造价。设备配置方面，堆场设置 4 座堆取料机基础，其中 2 座配置堆取料机，另外 2 座配置堆料机和取料机各 1 台，其中 1 台堆料机带筛分功能，以满足功能需求和增强流程灵活性[7]。

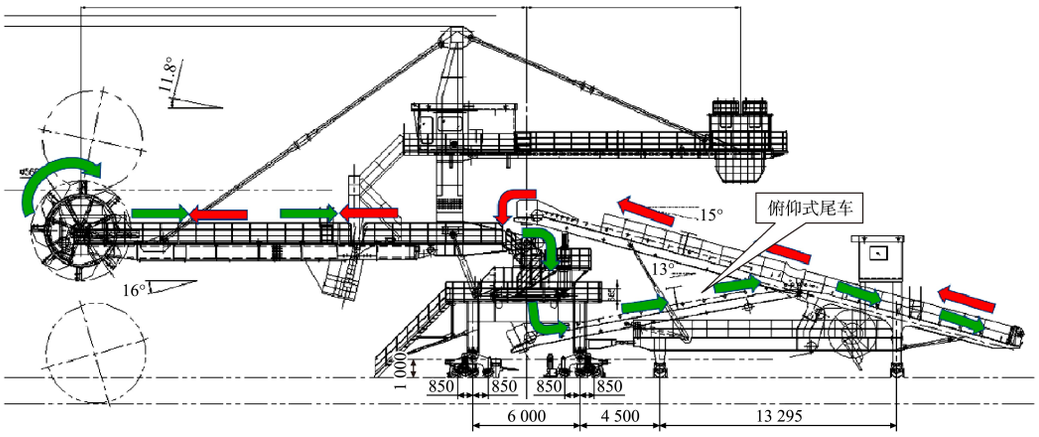
### 3.2　斗轮机尾车的选型

2#和 4#堤上带式输送机需具备双向运行功能，要求堤上的斗轮机尾车能够适应作业要求。

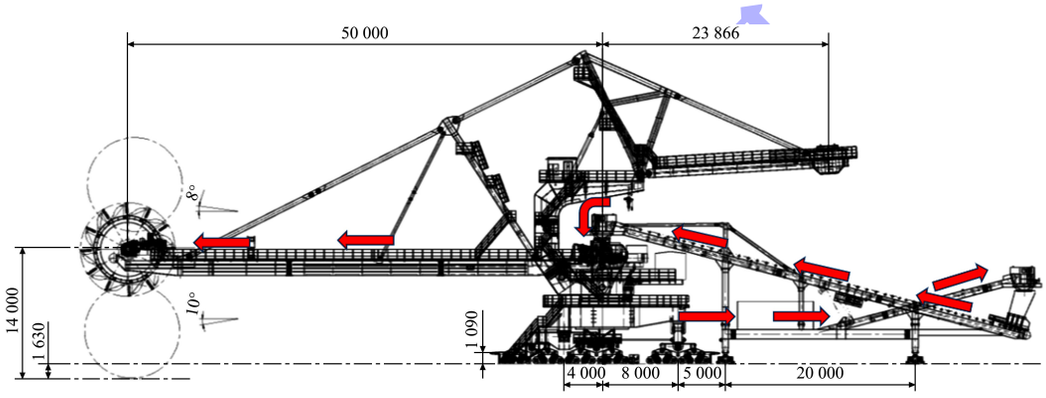
斗轮堆取料机可沿堤面轨道行走，具有悬臂回转及俯仰等功能；能实现回转定点堆料、大车行走堆料及旋转堆料，物料经堤面带式输送机、尾车转接至悬臂带式输送机，实现堆料作业；取料作业时，斗轮机构分层、斜坡从堆场取料，通过悬臂带式输送机反转运行、中心料斗将物料均匀送至堤面带式输送机，堤面带式输送机向与堆料相反方向运行输送物料，实现取料作业。

尾车在悬臂式斗轮堆取料机中属于相对独立的一个机构。其功用是将系统带式输送机运来的物料输送到贮料场，或从斗轮中将来料运回系统带式输送机。尾车的形式直接关系到物料在堆料、取料作业中的走向，它的选型正确与否决定了悬臂式斗轮堆取料机的布置与系统输送带的运行方向。

半趴式俯仰尾车在堆料作业时，尾车与主机连接的挂钩装置脱开，主机向斗轮方向前进一定距离，尾车主梁在卷扬装置的驱动下上仰至堆料位，主机向尾车方向运行并使用挂钩装置与尾车连接即可以进入堆料工况。取料作业时，尾车与主机连接的挂钩装置脱开，主机向斗轮方向前进一定距离，尾车主梁在卷扬装置的驱动下下俯至堆料位，主机向尾车方向运行并使用挂钩装置与尾车连接即可以进入取料工况，见图 9a）。交叉折返尾车由主尾车、副尾车、头部落料斗、尾部落料斗、车轮组及连杆等组成。它适用于折返式布置料场，来料方向为斗轮机臂架方向，并且系统带式输送机偏心布置。该种尾车的长度较短，提高了料场利用率。但由于该尾车自带 1 条带式输送机，提高了制造成本[8]，见图 9b）。




a) 半趴式俯仰尾车




b) 交叉双尾车

**图 9　半趴式俯仰尾车和交叉双尾车（单位：mm）**

**Fig. 9　Semi-planking pitching tailwheel and cross double-tailed vehicle（unit：mm）**

为减少堆取料作业时的频繁操作导致机械故障及提高堆场的利用率，本工程经过综合比选尾车类型，最终确定采用交叉双尾车。

另斗轮堆取料机的额定取料能力(煤炭)为 6 500 t/h，为目前黄骅港取料能力最大。供水栓定点供水，预留自动上水。主电源采用电缆(高压动力电缆、控制电缆、光纤三合一)卷取，满足大车有效行走距离(以大车有效行走距离中部的电缆接线箱为原点)；堤面对应每台堆取料机各设 1 个电缆换向装置，电缆走向位于堤面带式输送机的电缆桥架上方。

### 3.3　智能控制变频驱动技术

由于外部带式输送机运输的需要，本工程带式输送机有 3 种不同的输送能力，即铁路来煤堆存能力为 3 000 t/h、煤炭出运能力为 6 500 t/h、矿石进出堆场能力为 4 000 t/h。

本工程堆场带式输送机采用智能控制变频驱动技术满足了堆场带式输送机不同的带速来适应不同堆取能力的需求。如堆场带式输送机 BC22，宽 2 m，出煤时速度 5.3 m/s、运量 6 500 t/h，进煤时速度 2.5 m/s、运量 3 000 t/h，进出矿时速度 2.5 m/s、运量 4 000 t/h。

在变频技术中，变频器是核心装置，其能够将原本工频(50 Hz)的交流电转化为不同频率连续可调节的交流电，实现对三相交流同步/异步电机的控制，从而实现变频调速、电机软启动以及过流过压保护等功能[9]。变频器工作原理见图 10。

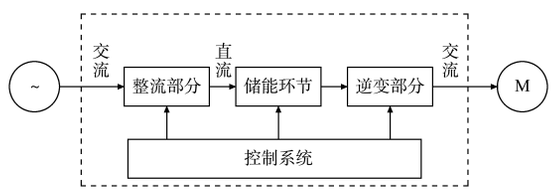



**图 10　变频器工作原理**

**Fig. 10　Frequency converter working principle**

另采用变频技术可以实现带式输送机的软启动，在遇到轻载或者空载情况时，变频器能够对输送带的运输频率进行及时调整，一方面能够保障带式输送机的稳定运行，另一方面也能够减少能耗，实现对能源和资源的高效利用。

变频器的安装位置有严格的要求，主要包括以下方面：1）变频器应安装在温度为-10~40 ℃环境中，相对湿度在40%~90%，还应避免在温度大于40 ℃的环境中长时间运行，以免影响其运行功率和性能；2）安装位置应避免阳光直接照射以及腐蚀性气体的影响，这有助于保护变频器免受损害和延长使用寿命；3）安装场所应保持清洁，无灰尘、漂浮性的纤维及金属颗粒，以减少对变频器的损害；4）变频器应安装在无振动的场所，以避免电气接触不良和其他机械问题；5）变频器的安装海拔一般应低于1 km，若海拔更高，可能需要采取特别措施或降额使用。

这些要求确保了变频器的稳定运行和长期可靠性。考虑本工程转运站内粉尘及振动的影响，故将变频器集中放置在堆场东侧靠近转运站的SS1变电所内，同时有利于控制环境温度和湿度。变电所平面布置见图11。

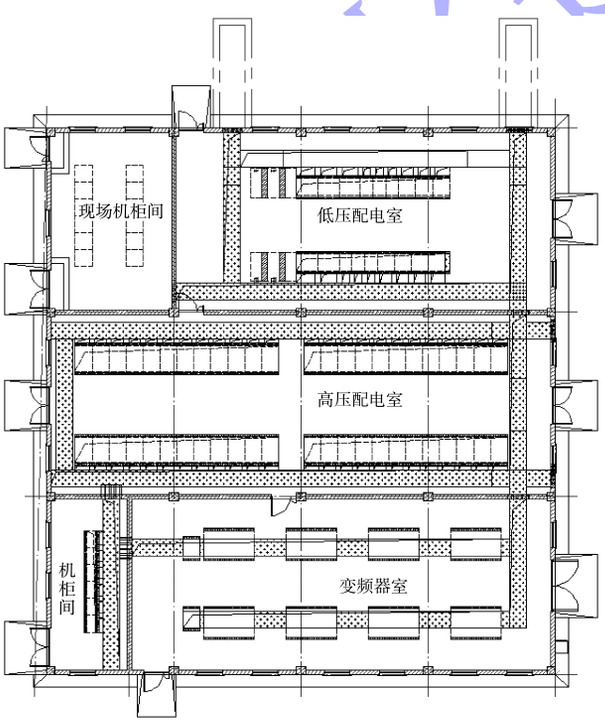



**图 11　SS1 变电所平面布置**

**Fig. 11　SS1 substation layout**

### 3.4　筛分堆料机

考虑煤炭筛分的需要，配置1台3 000 t/h筛分堆料机S3位于3#堤上，对应带式输送机分别为BC23B。筛分机构采用多驱动变倾角滚轴筛，滚轴筛由箱体、筛轴装配、驱动机构（减速电机）、电动推杆、堵煤报警装置、旁路门装配和清扫器等构成，筛面倾斜安装，出料满足最大煤炭运量条件下的粒度分级要求[10]。出料粒度不大于30 mm，筛分效率在90%及以上。

该机能实现定点两侧远近伸缩分级筛选和堆放，也可大车行走远近伸缩筛分堆料。物料经堤面带式输送机、尾车转接至筛分机，经筛选分级后，分别接至悬臂带式输送机，实现按级分别堆放作业；尾车皮带来料也可不经筛分，直接转载至左侧或右侧悬臂带式输送机上，实现堆料作业。

## 4　实施效果

本工程目前已基本完工，见图12。

**图 12　工程鸟瞰图**

**Fig. 12　Aerial view of project**

## 5　结语

1）通过采用堆场同侧进出，充分利用不规则地形，有效扩大实际堆场面积，减少带式输送机进出堆场时的转接次数，转运站、栈桥、皮带机数量都有相应减少，配套水电设施也能实现集中布置，节省了工程造价。

2）斗轮堆取料机采用交叉双尾车，实现与之相连的带式输送机双向运行。此尾车的长度较短，

提高了堆场的利用率，同时减少了堆取料作业时频繁操作所导致的机械故障。

3）智能控制变频驱动技术满足堆场带式输送机不同的带速适应不同堆取能力的需求，通过对变频技术的应用，实现带式输送机的高效、稳定运行，同时能够减少能耗，实现对能源和资源的高效利用。

4）通过在堆料机上加装滚轴筛，在不额外建设筛分站的情况下解决了煤炭筛分的需求。

5）本工程满足了各项功能的需求，为本工程的投产运行打下了良好的基础，为类似工程提供了经验借鉴。

**参考文献：**

[1] 海港总体设计规范: JTS 165—2013[S]. 北京: 人民交通出版社, 2013.
Design code of general layout for sea ports: JTS 165－2013[S]. Beijing: China Communications Press, 2013.

[2] 中交第四航务工程勘察设计院有限公司. 黄骅港大宗散货码头煤炭堆场工程初步设计[R]. 广州. 中交第四航务工程勘察设计院有限公司, 2022.
CCCC-FHDI Engineering Co., Ltd. Preliminary design of coal yard project for bulk cargo terminal of Huanghua Port[R]. Guangzhou: CCCC-FHDI Engineering Co., Ltd., 2022.

[3] 苏君利. 煤码头露天堆场与封闭堆场的适用性分析[J]. 水运工程, 2011(9): 154-158.
SU J L. Applicability analysis of open and closed storages for coal terminals [J]. Port & waterway engineering, 2011(9): 154-158.

[4] 朱同坤. 日照港散货堆场的设备选型[J]. 水运工程, 2006(8): 62-64.
ZHU T K. Choice of equipment types for bulk cargo storage yard of Rizhao Port [J]. Port & waterway engineering, 2006(8): 62-64.

[5] 吴磊, 李朋飞. 某港区散货堆场至码头装船工艺系统改造设计[J]. 水运工程, 2023(2): 74-79.
WU L, LI P F. Reconstruction design of loading process system from bulk cargo yard to wharf in a port area[J]. Port & waterway engineering, 2023(2): 104-106.

[6] 刘兆屯, 刘炜. 大型散货堆场工艺设计研究[J]. 港口装卸, 2014(2): 32-34.
LIU Z T, LIU W . Study on large bulk yard process design [J]. Port operation, 2014(2): 32-34.

[7] 陈伟良, 刘汉东. 惠州荃湾煤炭码头堆场工艺优化比选[J]. 水运工程, 2014(2): 78-81.
CHEN W L, LIU H D. Optimized selection of storage yard process of Huizhou Quanwan coal terminal [J]. Port & waterway engineering, 2014(2): 78-81.

[8] 饶智敏, 贾延逊. 悬臂式斗轮堆取料机尾车的选型[J]. 交通科技, 2006(2): 104-105, 108.
RAO Z M, JIA Y X. Selection of cantilevered bucket wheel stacker and reclaimer [J]. Transportation science and technology, 2006(2): 104-105, 108.

[9] 庞晓宁. 港口皮带机改造中变频技术的应用[J]. 自动化应用, 2023, 64(3): 179-181.
PANG X N. Application of frequency conversion technology in port belt conveyor transformation [J]. Automation application, 2023(3): 179-181.

[10] 马福霖, 孙远韬. 移动式筛分堆料机的工作原理与性能特征[J]. 港口装卸, 2012(1): 16-17.
MA F L, SUN Y T. Working principle and performance characteristics of mobile screening and stacking machine[J]. Port operation, 2012(1): 16-17.

（本文编辑　王璁）

水运工程