



某港区散货堆场至码头装船工艺系统改造设计

吴 磊，李朋飞

(华设设计集团股份有限公司，江苏南京 210005)

摘要：针对长江某码头现有散货装船工艺方案存在环境污染、高能耗、堆场及码头面层磨损严重等问题，进行工艺方案改造研究。通过设计采用尾车可折叠式斗轮堆取料机和出料输送机伸缩头装置实现物料在堆场同侧进出和分料的功能；采用左右双尾车移动式装船机和双向输送机方案实现左右两侧均可供料装船的功能。装船工艺流程化改造以及外转子式永磁直驱滚筒的应用，使本工程达到了预期的环保和节能效果。

关键词：散货堆场；装船工艺；工艺流程；工艺改造

中图分类号：U 653.92

文献标志码：A

文章编号：1002-4972(2023)02-0074-06

Reconstruction design of loading process system from bulk cargo yard to wharf in a port area

WU Lei, LI Peng-fei

(China Design Group Co., Ltd., Nanjing 210005, China)

Abstract: This paper focuses on the reconstruction of the process scheme to solve the problems that the current process scheme of a port on the Yangtze River for bulk cargo loading causes environmental pollution, high energy consumption, and heavy yard and wharf surface wear. By designing a bucket-wheel stacker-reclaimer with a retractable tripper car and a discharging conveyor with an extension header, the paper enables material feeding and discharging and material sorting at the same side of the yard. It also achieves material feeding and loading at both sides of the yard by adopting a scheme of a mobile ship loader with a tripper car on both its left and right sides and a two-way conveyor. The flow-oriented reconstruction of the loading process and the utilization of the outer-rotor permanent-magnet direct-drive roller enables the project under discussion to achieve the expected effects of environmental protection and energy saving.

Keywords: bulk cargo yard; loading process; process flow; process reconstruction

党的十八大以来，国家高度重视生态文明建设和生态环境保护，2017年多部委编制发布《长江经济带生态环境保护规划》^[1]，明确了长江经济带生态优先、绿色发展的总体战略。为落实“长江大保护”战略规划、提升绿色港口建设标准以及提高岸线资源利用效率，长江某港口自2018年起进行了一系列的环保提升改造工程，其中一项即一期散货堆场至码头装船工艺流程化改造工程。

1 工程概况

某港区位于长江下游段某洲岛上，已建4个4万~10万吨级长江深水泊位和9个1000~3000吨级夹江泊位，主要装卸货种有集装箱、件杂货和铁矿石、煤炭等散货。港区陆域已建设两期呈东西方向布置的散货堆场，用于承接、堆存长江泊位卸船物料和为夹江码头装船作业供料。散货堆场及夹江泊位平面布置见图1。

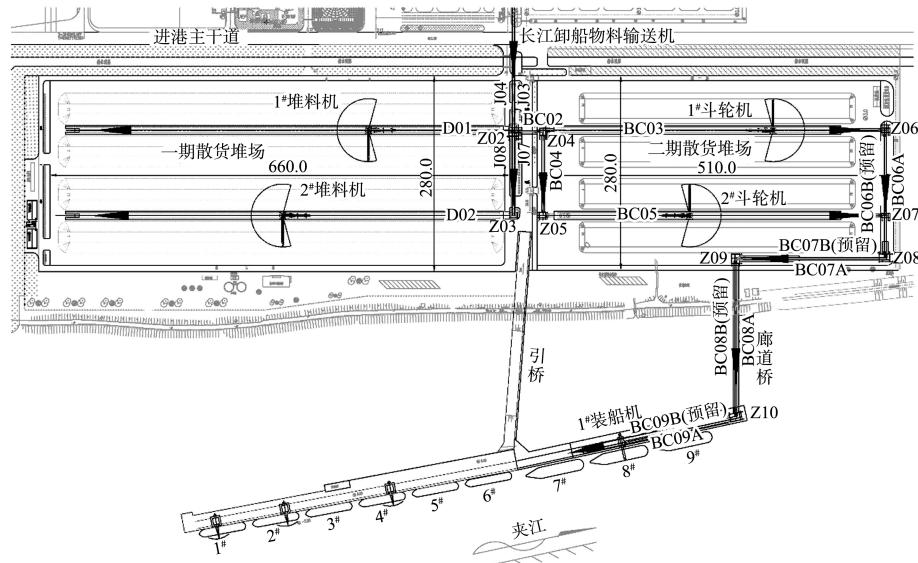


图1 某港区散货堆场及夹江泊位现状 (单位: m)

一期散货堆场位于港区西侧, 长 650 m、宽 280 m, 布置 2 条侧悬臂堆料机作业线 (D01、D02), 长江卸船物料通过输送系统和堆料机进行物料输送、堆存作业。堆场物料装船工艺为装载机+自卸汽车+码头卸车平台+装船滑板方案, 即装载机在堆场将物料装入自卸汽车, 自卸汽车通过道路和引桥行驶到码头, 然后掉头倒退驶上卸车平台, 停稳后自卸到滑板溜入船舱。

二期散货堆场位于港区东侧, 长 510 m、宽 278 m, 布置 2 条斗轮堆取料机作业线 (BC03、BC05), 物料进、出场均由带式输送机系统完成, 夹江泊位布置 1 台移动式装船机用于二期堆场物料装船作业。二期堆场工艺系统在效率、环保、节能、经济性等方面均优于一期堆场^[2]。

2 改造需求和边界条件

一、二期散货堆场工艺系统相对独立, 只在长江卸船输送机 J03、J04 以及转运站 Z02 处存在交叉共用情况。

1) 船(长江)→一期堆场散货工艺流程: ①船(长江)→承接、输送系统→J03 输送机→J07 输送机→D02 作业线→2#侧悬臂堆料机→一期堆场; ②船(长江)→承接、输送系统→J04 输送机→D01

作业线→1#侧悬臂堆料机→一期堆场; ③船(长江)→承接、输送系统→J04 输送机→J08 输送机→D02 作业线→2#侧悬臂堆料机→一期堆场。

2) 一期堆场→船(夹江)散货工艺流程: 一期堆场→装载机、移动皮带机→自卸汽车→装船滑板→船(夹江), 即需要改造的流程。

3) 船(长江)→二期堆场散货工艺流程: ①船(长江)→承接、输送系统→J03 输送机→BC02 输送机→BC03 输送机→1#斗轮堆取料机→二期堆场; ②船(长江)→承接、输送系统→J03 输送机→BC02 输送机→BC04 输送机→BC05 输送机→2#斗轮堆取料机→二期堆场。

4) 二期堆场→船(夹江)散货工艺流程: 二期堆场→1#/2#斗轮堆取料机→BC03/BC05 输送机→BC06A/BC06B 输送机→BC07A/BC07B 输送机→BC08A/BC08B 输送机→BC09A/BC09B 输送机→1#/2#装船机→船(夹江), 其中 B 线和 2#装船机为预留。

一期散货堆场现状如图 2 所示。堆场出料装船工艺较为粗放和落后, 物料在运输途中撒漏较严重, 作业现场扬尘大, 系统装卸作业效率低而能耗高, 对路面及引桥面层的破坏磨损很大, 运营经济性较差, 已不能满足港区发展需要, 亟需研究解决由出场装船工艺带来的这些问题。



图 2 某港区一期堆场现状

一、二期堆场四周均已建设防风抑尘墙，两期堆场之间已建 Z02、Z03、Z04、Z05 共 4 座转运站和 J07、J08、BC04 输送机廊道以及车辆道路等建(构)筑物。一期堆场西南侧布置有市政泵房和取水装置，因此堆场西侧已无条件新建出料输送系统。

夹江码头目前已建 2 座引桥与陆域连接，其中 6#、7#泊位之间引桥可通行车辆和作业人员，9#泊位端部引桥为高架输送机廊道桥，可通行巡检人员，不可通行车辆。拟将新增的装船系统布置于夹江 7#~9#泊位，1#~6#泊位后期将主要用于件杂货装卸作业。

建设单位希望一期堆场流程化改造后近期可实现堆场→夹江码头装船功能，同时预留远期可实现一期堆场→长江码头的装船功能。整体改造方案应经济、可靠，满足使用功能的同时，可采用新技术、新工艺，以有力支撑港区在环保、节能、智慧等方面建设。

3 改造方案

3.1 整体方案

根据改造需求和边界条件，结合港区现状，拟对一期堆场 2 条堆料作业线进行改造，使其具备取料和出料功能，同时增加带式输送机系统将物料自堆场东边侧沿现有引桥输送到夹江码头，夹江码头增加 1 台轨道移动式装船机^[3]，并将前期预留的 BC09B 输送机进行重新设计，具备为新增装船机供料的功能。

改造方案将新建 3 座转运站(T01~T03)，分别位于一期堆场东南侧、引桥陆域端部和夹江 6# 泊位下游侧，新建 4 条输送机，预留 2 条输送机去往长江码头。改造后的平面布置见图 3。

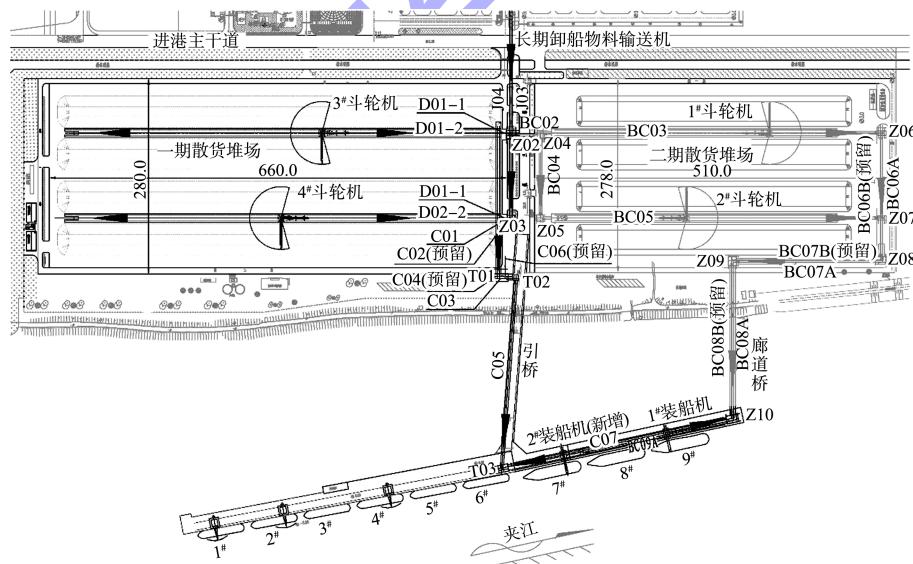


图 3 某港区改造后平面布置 (单位: m)

3.2 堆场改造方案

堆场部分需要解决取料和出料问题，分析现场条件，堆场西侧无法布置出料输送系统，只能布置在堆场东侧。通过多方案比较，最终确定方案为：

1) 新增地坑式出场输送机 C01 和 C02(预留)，自北向南布置于 Z02、Z03 转运站西侧。地坑地面

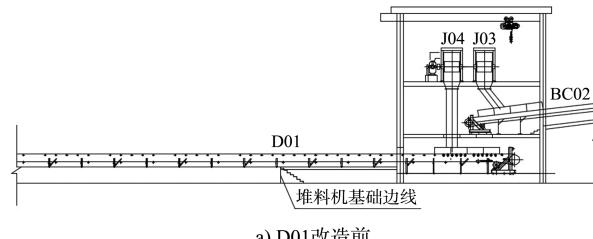
以上部分设置钢结构雨棚，坑内地面两侧布置排水沟，北侧端部设集水池和排水泵。

2) 原 2 台侧悬臂式堆料机更换为 2 台斗轮堆取料机(3#、4#)，斗轮机尾车设计为可折叠半趴式^[4]。斗轮机基础向西侧缩短约 21 m。

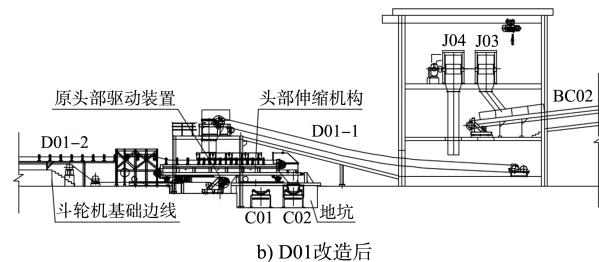
3) 原 D01 和 D02 输送机在靠近 Z02 和 Z03 转

运站处拆断, 拆分为 D01-1、D01-2 和 D02-1、D02-2 共 4 条输送机, 其中 D01-1 和 D02-1 两条短输送机用于承接上游输送机物料, 同时分别为 D01-2 和 D02-2 以及 2 台斗轮机供料。D01-2 和 D02-2 重新设计为正反转作业, 正转可为斗轮机供料, 反转则可承接斗轮机取料, 并将物料送到出场地坑输送机 C01 和 C02。

原 D01 和 D02 输送机为头部双驱布置形式, 改造后分别将其中一套驱动装置移动到尾部, 改为两头驱动。为满足改造后的 D01-2 和 D02-2 均可为 C01 和 C02 供料, 同时为减小地坑深度, 将 D01-2 和 D02-2 尾部设计为可移动的伸缩卸料机构^[5], 见图 4。



a) D01改造前



b) D01改造后

图 4 D01 改造设计

3.3 引桥侧改造方案

地坑输送机 C01 和 C02 在堆场南侧从地坑内爬升到 T01 转运站第 3 层, 分别将物料转接到第 2 层的 C03 和 C04(预留)输送机, C04 输送机在 T01 内部将物料转送到第 1 层的 C06 输送机, C06 输送机即为远期预留到长江码头的装船输送系统。C03 输送机自 T01 出来进入 T02 转运站, 并将物料转接到 C05 输送机。T02 转运站占用一半引桥面, 引桥面上的 T02 立柱布置于引桥盖梁上。C05 输送机沿引桥面向南布置到夹江码头 6#泊位。引桥侧工艺平面布置见图 5。

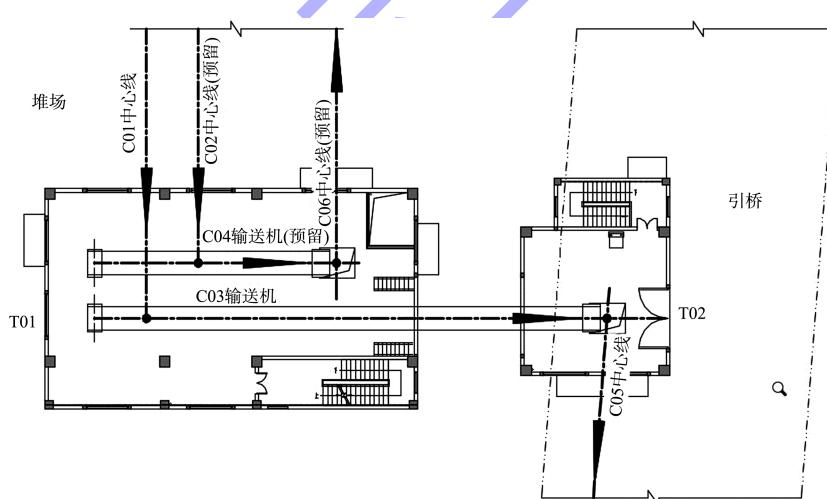


图 5 引桥侧输送机布置

堆场出料线 C01、C02 头部落料远期设计为三通漏斗, 可分别卸料至 C03、C04 输送机, C01、C02 互为备用。同时限于港区陆域现状, C06 输送机和廊道只能紧靠 J03、J04 输送机廊道的西侧(现状为港区道路)向北往长江码头方向布置。若采用 C01、C02 反转的方式, 在堆场北侧进行物料转接, 也可以将堆场物料送往长江码头, 但需要再增加 2 个转运站, 土建投资会增大。综合考虑以上原因, 远期堆场往长江码头的装船物料输送

线采用了先南下再折返北上的设计方案。

3.4 码头改造方案

夹江码头 6#泊位新建 T03 转运站, 用于转接 C05 输送机物料。原夹江 7#泊位用于件杂货装卸作业, 8#与 9#泊位间布置 BC09A、BC09B(预留)输送机和 1 台移动式装船机(1#)。拟在 7#与 8#泊位间新增 1 台移动式装船机(2#), 装船机为左右双尾车设计, 可以实现供料输送机左右两侧均可上机供料, 如图 6 所示。



图 6 双尾车装船机

夹江码头预留的 BC09B 输送机更名为 C07 输送机，与廊道一起向西侧延长到 T03 转运站内。将原 BC09B 输送机的驱动形式由中部单驱重新设计为中部双驱，其中一个驱动装置利用预留的已建基础，另一个在码头面新建基础。原 BC09B 输送机由中部重锤拉紧改为中部液压拉紧，布置在两个驱动装置中间。经重新设计的 C07 输送机可正反转运行，正转时可转接 C05 输送机物料为 2# 装船机供料装船，实现一期散货堆场装船流程；反转时可承接原 BC08B(预留)输送机物料，并为 2# 装卸船机供料装船，以保证二期散货堆场备用线装船流程。C07 驱动装置及拉紧装置见图 7。

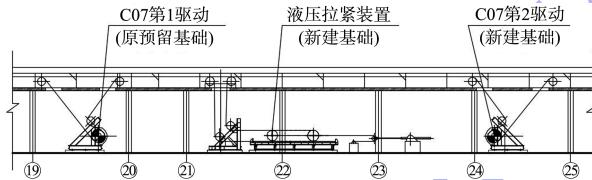


图 7 C07 驱动装置及拉紧布置

1) 船(长江)→一期堆场改造后的工艺流程：
① 船(长江)→承接、输送系统→J03 输送机→J07 输送机→D02-1 输送机→D02-2(正转)输送机→4# 斗轮堆取料机→一期堆场；② 船(长江)→承接、输送系统→J04 输送机→D01-1 输送机→D01-2(正转)输送机→3# 斗轮堆取料机→一期堆场；③ 船(长江)→承接、输送系统→J04 输送机→J08 输送机→D02-1 输送机→D02-2(正转)输送机→4# 斗轮堆取料机→一期堆场。

2) 一期堆场→船(夹江)改造后的工艺流程：
① 一期堆场→3#/4# 斗轮堆取料机→D01-2(反转)/D02-2(反转)输送机→C01 输送机→C03 输送机→C05 输送机→C07(BC09(B), 正转)输送机→2# 装船机→船(夹江)；② 一期堆场→3#/4# 斗轮堆取

料机→D01-2(反转)/D02-2(反转)输送机→C02 输送机→C04 输送机→C06 输送机(预留, 往长江码头)。

3.5 外转子永磁直驱系统应用

工艺系统改造中所有新增的带式输送机均使用外转子式永磁直驱系统，与传统“异步电机+耦合器+减速机+传动滚筒”方案相比，外转子式永磁直驱方案具有绝对的优势，体现在：1) 系统简单可靠，有效减小了驱动单元体积，由此带来布置空间的减小，减少土建投资^[6]。2) 减少了机械传动环节，系统传动效率大幅提升，可达 90% 以上，远高于传统方案(70%~80%)。同时也避免了传统驱动系统减速机漏油、机械噪声大、后期维护工作量大等问题。3) 启动及运行电流较小，滚筒负载与电流呈正比线性关系，启动转矩大，过载能力强，节能效果明显。外转子式永磁直驱滚筒如图 8 所示(以 C07 输送机为例)。



图 8 外转子式永磁直驱滚筒

4 结论

1) 对于受场地条件限制，只允许同一侧进出料的散料堆场，通过采用半趴式尾车斗轮机+正反转输送机+移动伸缩卸料头的组合方案，可实现堆场进料、出料和分料的功能。

2) 左右双尾车设计的移动式装船机，可以兼顾左右两侧供料的需求，试运行效果较好，对水水直取中转和堆场到码头装船等需要兼顾作业的场同样具有借鉴意义。

3) 本工程于 2021 年 8 月开始重载试车，目前已完成煤炭和铁矿石装船 90 万 t 以上，各装卸环节衔接运行良好。对功率相同而驱动形式不同的两条输送机(C01 外转子永磁直驱和 BC07A 异步电机+减速机+液耦，驱动功率均为 355 kW)的运行数据进行统计分析，结果显示外转子永磁直驱系统节能约 22%，系统传动效率达到 94%，新增

的装船工艺系统达到了环保、节能的预期效果。

参考文献:

- [1] 环境保护部,发展改革委,水利部.长江经济带生态环境保护规划[R].北京:环境保护部,2017.
- [2] 华设设计集团股份有限公司.常州港录安洲港区夹江一期散货堆场输送装船系统改造工程可行性研究报告[R].南京:华设设计集团股份有限公司,2020.
- [3] 汪亚玲,廖二全,汪大春.黄骅港三期工程装船机选型

(上接第 57 页)

2)沉箱总宽度是影响沉箱浮游稳定性最主要参数,总长度对相对吃水的影响远小于总宽度的影响;沉箱高度较小时对浮游稳定相对吃水影响较大,但随着沉箱高度的增大其满足浮游稳定要求的相对吃水将趋于定值。

3)从沉箱浮游稳定原理上分析,沉箱平面尺度和浮游吃水所确定的定倾半径是影响浮游稳定的主要参数,对单排仓格沉箱,由于定倾半径接近 0 m 导致沉箱连同压载水质心必须位于沉箱浮心以下才能满足浮游稳定要求,因此浮运安装的沉箱不宜采用单排仓格沉箱。



(上接第 68 页)

5)加强闸口对新入闸驾驶员的培训,提升驾驶员作业技能。针对目前堆场作业中经常出现的驾驶员操作问题,加强闸口对于新入闸驾驶员的培训力度,严格要求,使集卡驾驶员熟悉自动化码头堆场收发箱作业流程,提升其操作熟练度。

参考文献:

- [1] 马梦知.基于集卡到达量预测的集装箱码头集港作业优化[D].大连:大连海事大学,2019.
- [2] 曾庆成,陈文浩,胡祥培.集装箱码头外部集卡预约优化模型与算法[J].中国管理科学,2015,23(10):125-130.
- [3] 刘义苍,孙小明.集装箱堆场吊车装卸作业排序问题的

的研究与应用[J].港工技术,2014,51(5):10-13.

- [4] 周志永,孟繁荣,高静.半趴式斗轮堆取料机尾车故障分析和处理[J].电力安全技术,2014,16(6):29-31.
- [5] 李小英,周文生.带式输送机伸缩头装置与卸料车等移动卸料装置行走驱动功率的计算[J].矿山机械,2010,38(24):92-94.
- [6] 孙艳军.永磁直驱带式输送机电动滚筒的设计及应用[J].煤矿机电,2018(4):30-32.

(本文编辑 王璁)

参考文献:

- [1] 徐彦东,李双泉,宋先勇.某港码头沉箱的浮游稳定计算分析[J].港口技术,2011,48(4):25-28.
- [2] 郭炳川,李增军.吊浮出运沉箱的浮游稳定性计算[J].水运工程,2019(S1):30-34.
- [3] 杨彦豪,姜淞云,张志斌.非对称异型沉箱浮游稳定计算[J].水运工程,2020(4):144-149.
- [4] 马勇,方波,谭彬政.一种异型沉箱浮游稳定性高效计算方法[J].港工技术,2022,59(3):8-13.
- [5] 侯勇,王军,宋兰芳,等.方沉箱浮游稳定特性[J].水运工程,2015(9):71-73,78.
- [6] 中交第一航务工程勘察设计院有限公司.码头结构设计规范:JTS 167—2018[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2018.

(本文编辑 武亚庆)

研究[J].工业工程与管理,2005,10(5):72-74,78.

- [4] VACCA I, BIERLAIRE M, SALANI M. Optimization at container terminals: status, trends and perspectives [R]. Lausanne: Transport and Mobility Laboratory, 2008.
- [5] 曾庆成,张笑菊,张倩.内外集卡协同服务的码头集卡预约优化模型[J].交通运输工程学报,2016,16(1):115-122.
- [6] 杜晔,赵一飞.以决策树算法分类预测社会集卡码头作业状态[J].工业工程与管理,2021,26(1):183-190.
- [7] 张连钢,杨杰敏,李波,等.自动化集装箱码头总平面布局设计[J].水运工程,2019(10):14-20.
- [8] 杨杰敏,李永翠,张显杰,等.自动化集装箱码头智能闸口信息采集系统设计[J].水运工程,2019(7):23-27.

(本文编辑 王璁)