

连云港港 25 万吨级矿石接卸码头工程总体设计

兰加智

(中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 上海 200032)

摘要: 连云港港 25 万吨级矿石接卸码头工程是我国目前一次性建设规模最大的矿石码头, 是连云港港旗台作业区建设的第一座码头, 因此其码头的布置形式、码头前沿线位置、码头面高程和陆域高程的确定尤为重要。文中从总体布置、平面布置等方面论述了该工程的总体设计思路。工程建成后运转正常, 为旗台作业区后续工程的建设奠定了基础, 提高了我国大型专业化散货码头的工艺水平。

关键词: 矿石码头; 总体设计; 港口工程

中图分类号: U652.7 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-3688(2011)02-0017-04

General Layout of 250 000 Tons Ore Discharge Terminal Project in Lianyungang Port

LAN Jia-zhi

(CCCC Third Harbor Consultants Co., Ltd., Shanghai 200032, China)

Abstract: 250 000 Tons ore discharge terminal project of Lianyungang Port is the largest ore terminal for one-time construction in China at present, and is the first terminal of Qitai work area in Lianyungang Port, so it is important to determine the general arrangement of terminal, the front line location, the terminal top elevation, and the land area elevation. This paper discusses the overall design thought from the aspects of general layout, plane layout and etc. The project was well running after it completed, laid the foundation for the following works in Qitai work area, and improved the technological level of large-scale specialized bulk cargo wharf in China.

Key words: ore terminal; overall design; port engineering

1 工程概况

连云港腹地钢厂对外贸进口铁矿石的需求巨大, 而该地区沿海港口接卸能力不足, 根据我国外贸铁矿石接卸港口的总体布局, 本项目将通过铁路为腹地陇海沿线钢厂每年提供 3 000 万 t 的铁矿石, 采用水水中转的方式每年为长江下游钢厂提供 600 万 t 的铁矿石, 以满足江苏省经济发展的需要, 工程年设计吞吐量为 4 200 万 t。连云港港外贸进口铁矿石主要来自印度、澳大利亚、巴西以及南非等国家, 考虑到近年来连云港港铁矿石运输船舶大型化的客观情况, 和世界航运市场运输船型的发展趋势, 本项目设计代表船型选用 25 万吨级散货船, 水工结构兼靠 30 万吨级散货船, 以提高泊位对靠泊船型的适应性^[1]。

拟选位置: 按照大型散货码头建设需具备的基本条件、港口和城市总体规划的要求, 本工程选址在连云港港区旗台作业区海军基地东侧。

收稿日期: 2010-12-02

作者简介: 兰加智 (1970—), 男, 湖北黄冈市人, 高级工程师, 港口工程专业。

本工程是我国目前一次性建设规模最大的矿石码头, 是连云港港旗台作业区的起步工程, 工程总体设计的要点主要体现在以下几方面:

1) 码头布置形式的选择。连云港港区现有码头基本采用满堂式布置形式, 港口习惯了该种码头运营管理。本工程码头布置形式是沿袭传统, 还是在旗台作业区首次采用栈桥式形式, 是工程总体设计首先要解决的问题。

2) 码头前沿线位置的选择。码头前沿线位置与工程水域面积、陆域面积密切相关, 对旗台作业区所有后续工程的港区面积有直接影响。在边界条件受限的条件下, 既要考虑船舶进出码头对水域的需求, 又要尽可能增加陆域面积, 码头前沿线位置的选择成为工程总体设计是否合理的关键因素之一。

3) 码头、陆域高程的确定。作为起步工程, 码头面高程、陆域高程的设计既要安全可靠, 又要经济合理; 既要满足港口现状条件, 又要适应港口不断发展带来的边界条件的变化; 既要满足本工程需要, 又要兼顾后续工程建设。因此, 高程设计是本工程总体设计的主要问题之一。

2 工程总体设计考虑的主要因素

2.1 工程规模与使用要求

1) 工程规模大。本工程年设计吞吐量 4 200 万 t, 其中卸船量为 3 600 万 t/a, 装船量为 600 万 t/a, 火车出运能力 3 000 万 t/a。2 个泊位总长 755 m, 最大兼顾靠泊船型为 30 万吨级散货船。

2) 使用要求高。按照港区功能要求, 码头设计可同时停靠 2 艘 25 万吨级散货船卸船作业, 或者同时进行 1 艘 25 万吨级散货船卸船作业与 1 艘 5 万吨级散货船装船作业, 后方还可以进行火车的装车作业; 根据使用要求, 堆场荷载大, 使用期堆载达到 320 kN/m²。

2.2 工程选址

连云港港区有旗台、马腰、庙岭、墟沟和大堤作业区, 根据总体规划, 旗台作业区规划为散货作业区^[2]; 马腰作业区是已建成的老港区, 为散杂货作业区; 庙岭作业区已基本建成, 为集装箱、散货作业区; 墟沟作业区为散杂货作业区, 除预留的 2 个 10 万吨级泊位尚未建设外, 其余岸线已建设完毕; 大堤作业区规划为集装箱作业区, 尚未开发建设。按照港口规划和城市总体规划的要求, 本工程选址在连云港港区的旗台作业区。

2.3 作业区起步工程

本工程是旗台作业区的起步工程, 其码头布置形式、码头前沿线位置和码头、陆域高程的选取直接影响后续工程的建设。

2.4 水文条件

1) 波浪: 工程主要受 NE 向、N 向波浪作用。工程建设时, 码头前沿 NE 向 50 a 一遇波浪在设计高水位 5.40 m 时, $H_{1\%} = 4.7$ m $L = 88.8$ m $T = 8.0$ s; 驳岸前 $H_{1\%} = 3.29$ m $L = 70.9$ m $T = 8.0$ s。旗台作业区防波堤建成后, 码头前沿 N 向 50 a 一遇波浪在设计高水位时, $H_{1\%} = 4.1$ m $L = 66.9$ m $T = 6.7$ s; 驳岸前 $H_{1\%} = 2.87$ m $L = 56.4$ m $T = 6.7$ s。

2) 潮流: 为正规半日潮, 潮流流速方向基本与岸线走向或等深线走向平行, 工程区域最大流速 0.65 m/s。

3) 泥沙: 连云港海湾东口海域由淤泥质浅滩构成, 近岸水体年平均含沙量一般在 0.21~0.24 kg/m³ 左右。

2.5 地质条件

工程区域水下地形平坦, 天然泥面标高一般在 -2.0~-3.2 m。地质条件复杂, 上部淤泥层底标高 -23.00~-13.55 m; 下面夹有一层软弱黏土, 厚 1.6~9.1 m, 含水量 47.7%, 层底标高 -38.27~-34.06 m。

3 总体布置

3.1 技术思路

总体布置的主要技术思路是:

1) 根据自然条件, 结合工程特点, 考虑当地浪、流、工程泥沙等综合作用, 选择码头布置形式;

2) 根据工程用地需求, 结合水域条件, 考虑当地浪、流、工程泥沙等综合作用, 选择码头前沿线位置;

3) 根据“投资节省、结构可靠、使用安全”的原则,

确定码头、陆域高程。

3.2 码头布置形式的选择

码头接岸形式通常要结合工程区域地形地质条件、泊位性质、建设规模、工程投资、施工周期和风险等多种因素综合考虑。通常采用两种形式, 即①满堂式, 通过筒支跨将码头与陆域连成一体, 连云港港区已建码头绝大多数采用这种形式; ②栈桥式, 通过引桥将码头与后方陆域连接, 长江下游深水码头大多采用这种连接方式, 沿海地区港口很多码头也采用这种形式。本工程比选考虑下列因素:

1) 工程地质条件。拟建工程所处位置表层淤泥厚达 20 m, 下面还夹有一层厚达 9.1 m、含水量 47.7% 的软弱黏土层。表层淤泥可以采取工程措施进行处理, 对下部黏土夹心层, 即使采取工程处理措施, 一般来说效果不好, 且费用昂贵。在使用期, 黏土夹心层在回填土和使用荷载的作用下将产生沉降。由于土体受力后运动机理非常复杂, 目前科技条件还不能完全定量分析。从已有工程经验来看, 除垂直沉降外, 驳岸还可能出现水平侧移现象, 这种情况对驳岸附近的桩基是不利的, 其工程危害是: 一方面桩基将产生负摩擦力, 另一方面在土体的侧向推挤下桩基有可能发生破损。栈桥式接岸方案, 可以通过增加引桥排架跨度、减少驳岸附近桩基数量等措施, 最大限度地降低工程风险, 同时由于接岸桩基数量较少, 即使出现桩基受损情况, 工程修复也比较容易实现。满堂式方案接岸桩基较密、数量多, 桩基受损的概率相对要高, 码头修复方案实施难度大, 风险较高。

2) 泊位性质。作为专业化散货泊位, 码头上卸船时采用桥式抓斗卸船机, 装船时采用专用装船机, 货物的水平运输全部通过皮带机输送, 除少量的维修车辆、参观车辆等需要上码头外, 其它车辆一般不需要进入码头区域。因此, 满堂式和栈桥式码头都能够满足专业化散货泊位的这种需要。

3) 建设规模。本工程设计吞吐量达到 4 200 万 t/a, 后方堆场需要的面积大。满堂式布置能够增加码头区面积, 但受岸坡稳定的制约, 并不能增加陆域面积, 因而增加的码头面积不能有效地转化为专业化散货堆场, 只能部分地作为临时堆场使用, 因此, 这种布置实质上不能提高专业化散货码头的堆存能力, 反而增加了水工建筑物的工程投资。栈桥式与满堂式的后方陆域布置相同, 可以满足工程用地需要。

4) 工程投资。满堂式布置增加了一部分作用不大的码头面积, 接岸处采用的冲孔桩数量较多, 工程投资增加。采用栈桥式布置, 码头面积相对较小, 接岸处冲孔桩数量也少, 工程投资较低。

5) 施工周期。与栈桥式相比, 满堂式增加了水工建筑物的建设面积, 增加了冲孔桩数量, 施工难度也提高了, 码头建设的施工周期必将相应增加。

我国现有的大型矿石码头, 如宝钢马迹山矿石码头、

曹妃甸 25 万吨级矿石码头、大连港矿石码头、天津港南疆专业化矿石码头等均采用栈桥式布置，建成后使用效果非常好。通过上述因素综合比选，结合已建工程的成功经验，本工程码头布置形式选择栈桥式。

3.3 码头前沿线位置的选择

一般来说，要结合地形、地质、浪、流、工程泥沙等自然条件以及工程规模、结构型式、航道状况等因素综合分析，选择码头前沿线走向和位置。工程区域水下地形平坦，土层分布比较均匀，波浪方向明确，水流较为平缓，自然条件对码头前沿线位置的影响较小。本工程规模大，对陆域面积的需求也大，工程陆域主要通过围海造陆形成，因此，码头前沿线与航道之间保持多大距离直接关系到陆域面积和水域布置。码头前水域需求与选定的代表船型尺度密切相关，如果选取的代表船型尺度较大，则船舶回旋需要的水域尺度必然较大，陆域纵深将会相应地减小。由于连云港港区陆域狭窄，适度控制水域尺度、尽量增加陆域纵深是本工程总体布置设计的主要指导思想。

考虑到作业区起步工程的属性，选择本工程码头前沿线位置时，应分析旗台作业区散货码头靠泊船型的分布状态，结合现状航道、规划航道等因素综合确定。旗台作业区规划的靠泊船型以 10 万~15 万吨级散货船为主，兼顾 25 万吨级泊位的需要，统筹考虑起步工程和后续工程的利益，设计选取 15 万吨级散货船作为码头前沿水域宽度设计的控制船型。按照海港总平面设计规范，码头前港池宽度以 15 万吨级散货船 1.5 倍船长 (433.5 m) 作为基本控制尺度，确定：码头前沿线走向与航道中心线平行；码头前沿线位置距现状 7 万吨级单向航道南边线 487 m，距当时正在实施的 15 万吨级单向航道南边线 480 m^[3]，距规划 30 万吨级航道南边线 432 m (见图 1)。经选取的码头前沿线位置兼顾了港池水域宽度、陆域纵深的需要，适应了航道近期营运和远期发展的需要，同时很好地照顾到了 25 万吨级散货船舶回旋水域的需要，因而实现了本工程与旗台作业区后续工程的合理衔接。

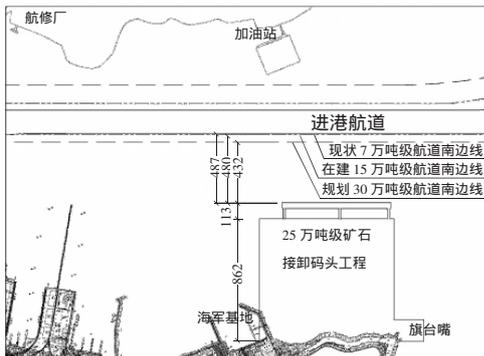


图 1 码头前沿线与航道关系图

3.4 码头与陆域高程的确定

受东西连岛、西大堤和东防波堤的掩护，湾内波浪一般不超过 1.6 m，连云港港区已建港口工程码头、陆域高程通常为 7.0 m。本工程位于旗台作业区，湾内原有掩护

条件不足以提供 N 向、NE 向的有效掩护，因此，本工程包括旗台作业区的后续工程受外海风浪的影响较大。

港区高程设计与水位、波浪条件密切相关，还与水工建筑物结构型式、承受波浪的能力相关。本工程高程设计综合考虑了以下因素：

1) 选择合适的波浪标准作为计算前提。在港区码头、陆域高程的选择上，设计综合考虑了水工建筑物的结构安全和工程投资的控制因素。在本工程建设的同时，旗台作业区防波堤工程的前期工作正在进行中。考虑到 2 个工程的建成时间相差不会太长，设计选择防波堤建成后的波要素来计算港区高程，这样可适当降低码头面高程和陆域高程，节省工程投资，并可以部分提高码头装卸作业效率；选择防波堤建成前的波要素来对水工建筑物的结构以及码头面高程进行复核，一方面确保结构安全，另一方面避免在这种设计工况下码头面上水，确保码头的正常营运。

2) 选择合适的上部结构高度。考虑到本工程码头刚度大、整体性好、结构抵抗浪、流的能力较强，设计选择上部面板高度作为码头上部结构的高度，既充分利用了结构的强度，又降低了码头面高程。

3) 码头面高程的确定。码头面高程计算式：

$$E = HWL + \eta_0 + h + \Delta$$

式中： E 为 码头面高程，m； HWL 为设计高水位，m； η_0 为设计高水位时重现期为 50 a 一遇的 $H_{1\%}$ (波列累积频率为 1% 的波高) 静水面以上波峰面高度，m； h 为码头上部结构高度，m； Δ 为波峰面以上至上部结构底面的富裕高度，m，可取 0~1.0 m。

码头面与引桥面高程的计算见表 1。

表 1 码头面与引桥面高程计算与复核

位置	设计波要素	HWL	η_0	h	Δ	E
码头面	防波堤建成后 E 向， $H_{1\%} = 4.1 \text{ m}$ ， $T = 6.7 \text{ s}$ ， $L = 66.9 \text{ m}$	5.40	2.42	0.58	0.1	8.50
	防波堤建成前 NE 向， $H_{1\%} = 4.7 \text{ m}$ ， $T = 8.0 \text{ s}$ ， $L = 88.8 \text{ m}$	5.40	2.82	0	0	8.22
引桥面	防波堤建成后 E 向， $H_{1\%} = 2.87 \text{ m}$ ， $T = 6.7 \text{ s}$ ， $L = 56.4 \text{ m}$	5.40	1.66	1.23	0.2	8.50
	防波堤建成前 NE 向， $H_{1\%} = 3.29 \text{ m}$ ， $T = 8.0 \text{ s}$ ， $L = 70.9 \text{ m}$	5.40	1.97	0	0	7.37

注：1. T 为波浪周期； L 为波长。
2. 防波堤建成后，NE 向浪经过防波堤绕射，波向转为偏 ENE 向，计算时归入 E 向波。NE 向波绕射后的波高值小于 E 向传入的波高，工程点处波浪主要受偏 E 向浪的影响。

通过计算，确定码头面、引桥面高程为 8.5 m，兼顾了码头的使用要求和结构安全。

4) 陆域高程的确定。工程区域设计高潮位为 5.40 m，极端高潮位为 6.53 m，由于陆域围堰为透水结构，选择陆域设计高程为 7.0 m，与引桥连接的北围堰处陆域高程为 8.5 m。考虑到后期陆域的沉降问题，设计预留了部分沉降

量, 近期陆域高程取 7.3 m, 前方陆域通过 4% 坡度过渡到后方陆域。

4 平面布置

港区功能要求, 码头可同时停靠 2 艘 25 万吨级散货船卸船作业, 或者同时进行 1 艘 25 万吨级散货船卸船作业与 1 艘 5 万吨级散货船装船作业, 后方还可进行火车的装车作业。为满足功能要求, 对港区平面布置进行设计。

4.1 总平面布置

为满足船舶同时作业的需要, 码头长 755 m; 考虑到码头上皮带机栈桥布置、抓斗落地、清舱机吊运和车辆通行, 大机轨距 30 m, 码头宽 38 m。码头前沿停泊区取 2 倍设计船宽 (25 万吨级散货船), 为 108 m, 设计底标高 -24.3 m; 调头区回旋圆直径采用 2 倍设计船长 (25 万吨级散货船), 为 655 m, 近期设计底标高 -16.5 m, 远期随着 30 万吨级航道工程的建设同步浚深调头区水深。码头与陆域通过 3 座引桥连接, 引桥宽 12~19 m。陆域纵深 862 m, 宽 937 m, 前方陆域自北围堤处 8.5 m 高程通过 4% 坡度过渡到后方陆域 7.3 m 高程; 后方陆域平行码头方向布置 7 条斗轮堆取料机作业线和 4 条火车装车线 (见图 2)。



图 2 连云港港旗台作业区 25 万吨级矿石接卸码头工程效果图

4.2 码头装卸工艺

码头卸船采用 4 台抓斗卸船机, 额定生产能力为 3 000 t/h; 卸船接运采用轨内高架栈桥上海侧的 2 条带式输送机, 正常卸船作业以 2 台卸船机对 1 条卸船输送机, 2 条输送机 BC1 在码头东端的 1 号转运站内将矿石转卸至引桥上的 2 条输送机 BC2 上。装船机布置在卸船机东侧, 额定能力为 6 000 t/h, 其停机位置不影响 2 个泊位的正常卸船作业, 装船集运采用栈桥上陆侧的 1 条输送机。

4.3 火车装车工艺

大宗散货的火车装车有两种方案: 一是采用定点装车的仓式火车装车楼, 通过火车的移动实现每节车皮的矿石装料任务, 该方案需要的装车线大于 2 倍整列车皮的长度; 二是采用移动式装车机, 火车不动, 通过装车机的移动对每节车皮逐一给料, 该方案需要的装车线大于 1 倍整列车皮的长度。受陆域条件制约, 设计选择移动式装车机方案, 装车机 4 台, 额定生产能力为 3 000 t/h, 轨距 9 m。

4.4 堆场装卸工艺

根据本工程矿石运量大、矿石品种多、货物堆存期长、工艺流程要求灵活切换特点, 结合陆域条件, 在满足卸船进场、装船出场、装火车出场的流程作业线数的基本要求前提下, 堆场料堆走向按东西向平行码头布置, 东进西出, 全部采用堆、取合一的宽料堆斗轮堆取料机的布局

方案, 实现堆场容量的最大化。后方陆域布置 8 条矿石堆场, 设置堆、取合一的斗轮堆取料机 7 台, 额定堆料能力为 6 000 t/h, 额定取料能力为 3 000 t/h, 轨距 10 m。

4.5 水平输送工艺

卸船水平输送工艺系统: 为适应 25 万吨级矿石船的卸船作业, 并配合额定生产能力 3 000 t/h 桥式抓斗卸船机的作业, 矿石卸船进场采用双路额定生产能力为 6 000 t/h 的带式输送机输送线进入 7 条堆取料机线的任意 2 条进场堆垛。进场带式输送机带宽 1.8 m, 带速 3.15 m/s。

装船水平输送工艺系统: 装船系统采用移动式装船机装船, 堆场出场装船水平输送系统选用 1 路额定生产能力为 6 000 t/h 的带式输送机, 可视船型大小采用 2 条堆场斗轮堆取料机同时或单一堆场取料向该条带宽 1.8 m, 带速 3.15 m/s 出场装船带式输送机线供料。

装车水平输送工艺系统: 装车系统采用 4 台轨道式移动火车装车机, 堆场出料供料可通过堆场 7 条斗轮堆取料机线中的 4 条分别向 4 条火车装车输送机线供料, 装车水平输送机采用额定生产能力为 3 000 t/h 的带式输送机, 其带宽 1.4 m, 带速 3.15 m/s。

5 结语

本工程码头于 2008 年底建成, 后方堆场的主要部分于 2009 年底建成, 但由于海军基地尚未迁走, 进线铁路未能建设。工程投产后主要进行水水中转业务, 2010 年完成吞吐量 810 万 t (截至 11 月底), 从投产运行情况来看, 工程总体运转正常。本工程的建设, 提高了我国大型专业化散货码头的工艺水平, 体现了我国港口工程的技术进步, 为我国港口建设积累了宝贵的经验。工程总体布置设计具有以下技术特点:

- 1) 连云港港 25 万吨级矿石接卸码头是我国目前一次性建设规模最大的矿石码头, 是国内首次采用 3 000 t/h 桥式抓斗卸船机进行卸船作业的散货码头, 卸船、装船、装火车等工艺系统较为复杂;
- 2) 码头前沿线位置适度外推, 基本解决了旗台作业区陆域纵深不足的状况;
- 3) 合理确定码头布置形式、码头前沿线位置以及码头面高程、陆域高程, 为旗台作业区后续工程的建设打下了坚实基础;
- 4) 前方围堰的东、西两端向外适度延伸, 方便相邻工程的建设;
- 5) 考虑到工程区域软基较厚, 设计综合采用了 3 种技术措施以应对沉降: ①在高程设计上预留部分沉降量; ②地面皮带机、轨道的基础结构下填道渣, 部分土建结构设置沉降调节节点; ③皮带机钢支腿上预留沉降调节孔。

参考文献:

- [1] 连云港港旗台港区 25 万吨级矿石接卸码头工程初步设计[R]. 上海: 中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 2008.
- [2] 连云港港总体规划[R]. 北京: 交通部规划研究院, 2007.
- [3] 连云港港 15 万吨级航道扩建工程初步设计[R]. 上海: 中交上海航道勘察设计研究院有限公司, 2006.