



青岛港董家口港区40万t矿石码头 设计关键技术

张志明, 胡家顺, 郑小楠, 丁 崑
(中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

摘要: 青岛港董家口港区是新开发的港区, 矿石码头是我国第一个水工结构按靠泊40万t散货船设计的码头, 工程波浪、水流条件复杂, 工程量大, 技术难度大, 外海施工依托条件差。设计围绕选址、自然条件、平面布置、装卸工艺、水工结构、地基处理、节能环保等关键技术进行了研究, 所取得的成果可供建设外海开敞式码头参考。

关键词: 40万t矿石码头; 设计; 关键技术

中图分类号: U 656.1*34

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2013)S1-0048-08

Key technology of 400 000 DWT ore terminal of Dongjiakou port area in Qingdao port

ZHANG Zhi-ming, HU Jia-shun, ZHEN Xiao-nan, DING Wei

(CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China)

Abstract: Dongjiakou port area of Qingdao port is a newly developed port area, and the marine structures of the ore terminal is the first 400 000 DWT bulk cargo berthing pier, which is characterized by complicated wave and flow conditions, large engineering volume, great technical difficulties, and unfavorable construction conditions. We carried out a study on key technologies concerning the site selection, natural conditions, plan layout, handling technology, hydraulic structures, foundation treatment, as well as energy saving and environment protection, and the results may serve as a reference for the construction of open-type terminals.

Key words: 400 000 DWT ore terminal; design; key technology

青岛港是我国沿海主要港口之一, 是我国北方沿海最早建设大型专业化矿石接卸泊位的港口, 多年来为接卸和转运外贸进口铁矿石发挥了重要作用。根据腹地钢铁企业生产和青岛港铁矿石运输发展态势, 为解决青岛港矿石码头通过能力严重不足的问题, 并适应船舶大型化发展的需求, 青岛港(集团)有限公司在董家口港区新建40万t矿石接卸泊位1个, 近期通过能力1 600万t。

1 港址选择与功能定位^[1]

青岛港现有老港区、黄岛油港区、前湾港区。老港区位于青岛市主城区内, 以杂货和内贸

集装箱为主; 黄岛油港区位于黄岛开发区内, 以原油、成品油和化工品运输为主; 前湾港区位于黄岛开发区内, 以集装箱、铁矿石、煤炭等大宗干散货运输为主。

董家口港区是青岛港“十一五”开辟的新港区。功能定位为临港工业服务的杂货、大宗干散货、液体化工品等运输功能; 依托临港工业, 逐步拓展港区服务对象和范围, 发展成为青岛港南翼的大型综合性深水港区和大宗干散货运输基地。

前湾港区由于剩余岸线均为集装箱码头; 而董家口港区为新规划港区, 发展潜力巨大, 本工程选择在董家口港区。

收稿日期: 2011-07-14

作者简介: 张志明(1962—), 男, 硕士, 教授级高级工程师, 从事港口与航道工程设计与研究。

2 自然条件特点^[2]

港区常风向和次常风向为 NW 和 NNW 向, 强风向为 ENE、最大风速 12.8 m/s, 次强风向为 NNW、风速 11.8 m/s。

海域潮汐为规则半日潮, 涨潮流向为 WSW 向, 落潮流向为 ENE 向, 拟建 40 万 t 卸船码头前沿设计流速为 1.5 m/s。

常浪向为 SE 向; 实测最大波高 2.5 m、周期 5.2 s, 波向为 ENE 向; 实测最长波周期 11.8 s, 对应的最大波高 1.4 m; 波高 $H_{1/10} > 1.5$ m 的浪向主要集中在 E~SE 向; 推算港池外卸船码头前沿 50 a 一遇的 SE、SSE 向 $H_{1\%}$ 为 7.07 m。工程海域无冰冻出现。

根据潮流泥沙数学模型计算结果, 航道的平均淤积强度为 0.2 m/a, 港池的平均淤积强度为 0.3 m/a, 工程正常运行后港池和航道的淤积强度较小; 在风暴等灾害天气条件下, 工程区不会出现港池和航道骤淤现象。

工程场地没有发现影响场区稳定的断裂破碎带, 地壳较稳定; 工程区港池、航道位置的土层

具有较好的可控性; 陆区和海区地震基本烈度分别为 6 度和 7 度。

工程区域潮流流速较大, 流向基本平行于等深线; 常浪向与等深线基本垂直。经分析论证, 潮流是控制码头轴线的的主要因素。

3 总体布置^[2]

3.1 码头位置

本工程为一个 40 万 t 矿石卸船泊位。由于本工程为起步工程, 考虑充分利用岸线资源, 40 万 t 矿石接卸泊位选择开敞式布置, 位于防波堤外侧。

40 万 t 卸船泊位最小兼顾 15 万吨级船舶, 综合现场自然条件, 选择规划的 3 个大型开敞式散货泊位的中间一个进行建设, 该位置便于与后方陆域的连接, 同时东侧预留的码头将来可以与本工程共用引桥, 见图 1。

3.2 40 万 t 码头主尺度研究与选择

1) 设计船型。

卸船码头设计代表船型见表 1, 其中 40 万 DWT 散货船的船型尺度为实船资料。

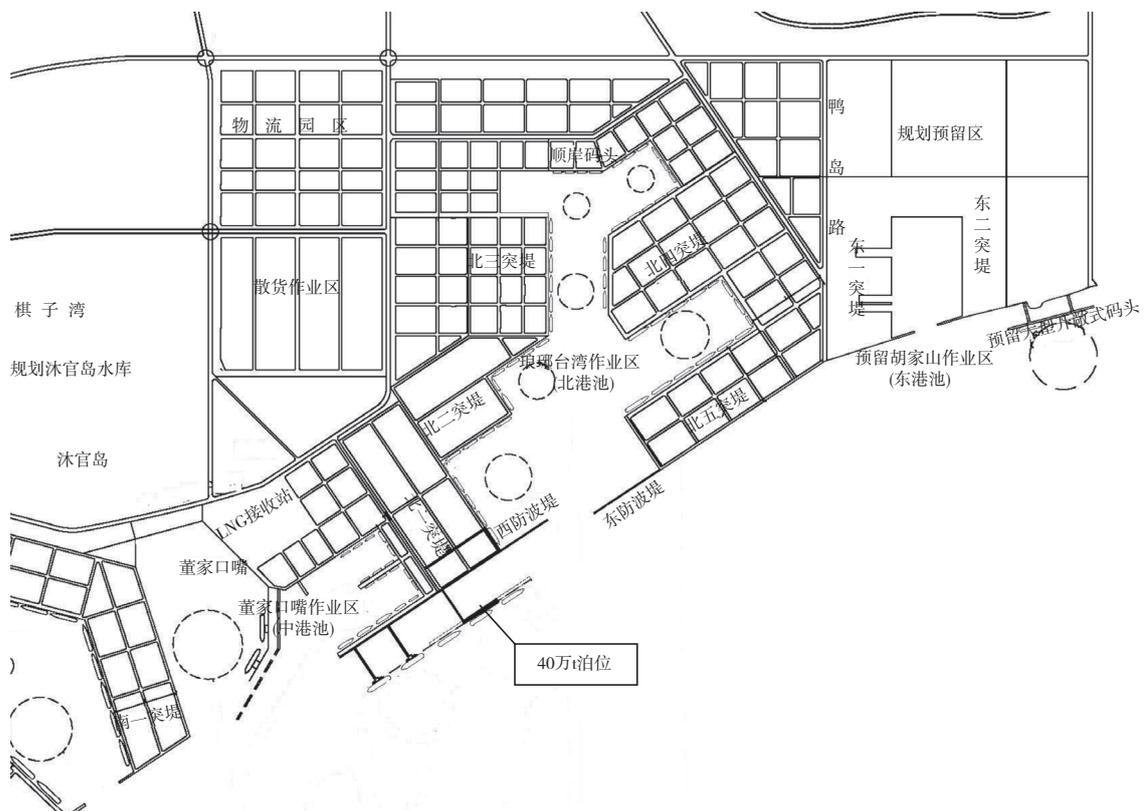


图 1 码头位置

表1 设计代表船型主要参数

船舶吨级DWT/万t	设计船型尺度/m			
	总长L	型宽B	型深H	满载吃水T
30	339.0	58.0	30.0	23.0
40	360.6	66.0	30.5	23.0

2) 码头长度。

码头长度确定应综合考虑系泊船舶系缆、工艺设施、与相邻工程衔接及机动车行驶等要求。

按现行开敞式码头规范^[3]公式估算 $L_b = (1.4 \sim 1.5)L$ ，计算泊位全长 $L_b = 505 \sim 541$ m。此公式估算的码头长度偏长，尤其是对于艏艉缆墩可后移的情况，更是如此。

满足系泊船舶系缆要求是码头长度确定的主要因素，一般先按此因素确定码头长度后，再验证是否满足其它因素的要求。

大型矿石泊位和煤炭泊位大多采用“一”字形布置，参考国内外相关资料，并征求有经验船长的意见，艏艉缆角度一般在 $30^\circ \sim 45^\circ$ ，对应码头长度 $L_b = L + 2d_0$ ，是合理、可接受的，其中 d_0 为 $B/2 \sim B$ ， B 为设计船型宽度，这样 L_b 接近于 $1.2 \sim 1.4L$ 。考虑到此种情况，艏艉缆墩一般不后移，为保持首尾缆必要长度，以及满足工艺设施等要求，首尾缆角度可取下限，即长度取上限。须注意，公式中码头长度为首尾系缆点之间距离，同现行规范略有差别。

西部课题《离岸深水港码头泊稳条件关键技术研究》^[4]综合各种研究手段对码头泊位长度的研究表明，泊位长度与船长之比约为 $1.2 \sim 1.4$ 时对于控制船舶的综合运动量以增加装卸效率较为合理，同样支撑了上述观点。

本工程泊位长度按上述公式计算， d_0 取为设计船型宽度，计算 $L_b = 493$ m，实际取为 495 m，码头全长实际取为 510 m。本工程系缆缆绳几何尺度参数见表2。

表2 30万~40万t船舶系缆角度和缆绳长度

艏艉缆 水平角/ (°)	艏艉缆 长度/m	横缆 水平角/ (°)	横缆长度/m	倒缆 水平角/ (°)	倒缆 长度/m
17~21					
30~49	42~88	73~87	38~50	8~10	20~40
(加长后)					

对上述确定的码头长度进行了系泊船舶物模

试验^[5]，验证了其合理性。

3) 码头面高程。

现行开敞式码头规范^[3]给出了如下开敞码头面高程计算公式：

$$E = HWL + \eta_0 + h + \Delta \quad (1)$$

必要时，应通过模型试验确定。在“注”中指出，当码头上部结构允许承受波浪力时，可根据结构的受力条件，适当降低码头面高程。

上述规定实际上是按受力标准确定码头高程。此公式基本思路是正确的，但存在以下问题：

1) 未明确极端高水位时，码头面高程如何确定。因为高水位与大浪往往有一定的相关性，该情况有可能是码头结构安全的控制情况，必须考虑。

2) 没有给出静水面以上波峰面高度 η 的计算公式，在《98海港水文规范》的8.3.2.1中有波浪作用于桩基和墩柱建筑物上时波峰在静水面以上的高度 η_{max} ，建议取 $\eta = \eta_{max}$ ，用查图的方法确定，查出来的 η 值是桩柱上的波峰面。此公式对大尺度沉箱不适用。试验证明^[6]，大尺度沉箱墩前往往产生很大的波浪雍高，波峰面比行进波波峰面高很多。另一方面，对部分大型开敞式码头， $50a$ —遇 $H_{1\%}$ 情况下，可能允许上浪和上部结构允许承受一定的波浪力， η 值不需要取最大值。

针对上述问题提出以下确定码头面高程的思路与方法：

在设计高水位时码头上部结构基本不承受波浪作用；同时极端高水位时，在设计波浪作用下保证上部结构的安全。

鉴于确定码头前最大波峰面高度的重要性，在东北地区大型开敞式码头建设关键技术研究^[6]，理论结合试验系统研究了圆沉箱、准椭圆沉箱重力墩式码头波峰面高度确定的问题，参考文献[7]在此基础上总结提升，给出了最大波峰面高度简单实用的计算公式。

具体计算式时，计算公式形式同开敞式码头规范。设计水位取设计高水位与极端高水位之间某水位。当码头面基本不允许上浪时，波峰面取按文献[7]给出的公式计算的最大波峰面；当码头面允许上浪和码头上部结构允许承受一定波浪浮

托均布力时, 波峰面高度参数用设计水位至对应码头上部结构底面距离替代, 注意上部结构允许承受的波浪浮托均布力不取最大值, 而是取码头适当位置、码头宽度一定范围内的平均值, 波高均取 50 a 一遇 $H_{1\%}$ 。码头上部结构高度取为不允许承受波浪力部分的高度。设计水位如取极端高水位, 富裕高度可取为 0。

最大波峰面高度 $\eta = h_s + K_h = 8.22 \text{ m}$ 。

为慎重起见进行了 40 万 t 矿石船码头工程波浪整体物理模型试验^[8], 试验验证最大波峰面高度 $\eta = 8.55 \text{ m}$, 两者相当接近。

各参数取值如下: 设计水位取为极端高水位 5.91 m; 码头面允许少量上浪和码头上部结构允许承受一定波浪力, 对应 50 a 一遇 $H_{1\%}$, 上浪约 1.0 m, 普通纵梁底面允许承受波浪浮托力应小于上部结构自重, 取为 20 kPa, 设计水位至对应码头上部结构底面距离为 6.1 m; 上部结构不允许承受波浪浮托力的高度 1.5 m; 富裕高度为 0。

码头面高程 = 5.91 + 6.1 + 1.5 + 0 = 13.5 m, 取为 13.5 m。

当码头面高程取为 13.5 m 时, 梁板浮托力仍稍小于梁板平均自重, 结构竖向受力安全, 但侧向要考虑承受一定水平力。

根据结构的受力条件, 允许上部结构承受少许波浪力, 适当降低码头高程的目的主要是方便使用。

4) 码头面宽度。

码头平台宽 40 m, 包括码头前沿距卸船机前轨 4 m, 卸船机轨距 30 m, 卸船机轨后留有一条通道。

5) 码头前沿水深。

按开敞式码头计算的码头水深见表 3。

表 3 40 万 t 矿石泊位码头前沿设计底高程计算 m

T	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	D	h_1	底高程
23	0.6	1.0	0.15	0.4	25.15	0.67	-24.5

按现有规范计算的码头前沿水深为 25.15 m, 仅为设计船型满载吃水的 1.09 倍。40 万 t 船舶满载系泊状态下物模试验^[5]结果为: 在波高 2.0 m, 周期 8 s 情况下, 根据船舶升沉、纵摇、横摇分析, 波浪产生的船舶垂向运动量约为 1.5 m。由于设计船型为超大型矿石船舶, 船舶底部富裕水深对水

流产生的系缆力比较敏感, 富裕水深稍大, 水流产生的系缆力就减小较多。综合工程投资及作业安全等多种因素, 码头前沿设计水深为 25.57 m, 底高程取 -25.0 m, 为设计船型满载吃水的 1.11 倍。

6) 引桥宽度。

引桥宽度为 20 m。主要考虑东侧的 2 个 40 万 t 矿石泊位作为一个整体, 共用 1 座引桥; 码头与引桥布置 3 条带式输送机, 每条带式输送机可满足 3 台 3 500 t/h 的卸船机同时卸料的要求。

3.3 码头水域布置

1) 码头位置论证。

码头采用栈桥式布置, 选择规划的 3 个大型开敞式泊位的中间一个进行建设, 该位置便于与后方陆域的连接; 同时又便于预留发展。码头位置考虑的因素: 防波堤对波浪的反射对码头影响小; 与规划协调, 不对后续项目产生影响; 起步容易; 投资少; 建设速度快。

码头位于西防波堤外侧 -15.0 m 等深线处, 该处基岩面埋深在 -25 m 以下, 码头前沿距在建防波堤 498 m。选择码头引桥与规划皮带机管带呈“一”字型布置。

2) 码头轴线方位^[2]。

码头的轴线方向考虑的主要因素为风、浪、水流的主导方向, 本工程海域常浪向为 SE 向, 影响本工程的波向主要为 E~S 向, 在最终规划形成后, 涨落潮均基本与防波堤平行, 码头轴线无法同时满足与水流和波浪方向要求。经系泊分析, 在风、浪、流等因素中, 对于满载大船, 码头轴线控制性影响因素是潮流。因此, 本工程考虑顺流布置, 即码头轴线与防波堤平行。

3) 码头与防波堤建设长度的关系。

码头通过引桥、引堤与后方堆场连接。引桥、引堤走向与码头垂直。由于防波堤工程规模大, 需要分期建设, 防波堤建设长度对码头前流速特别是流向影响很大, 本工程进行了潮流数模试验^[9], 主要结论如下:

①当港区仅建成西防波堤一期工程时, 对于涨潮流有很好的疏导, 但落潮流与码头前沿线仍出现较大夹角。如不续建西防波堤二期工程, 受本工程引堤挑流作用, 码头前沿横流较大, 且发

生时间较长。

②如西防波堤二期工程仅建设100 m，不能对码头前沿横流起到改善作用。落潮期间，码头前流速大，流向与码头前沿线夹角较大(图2)。

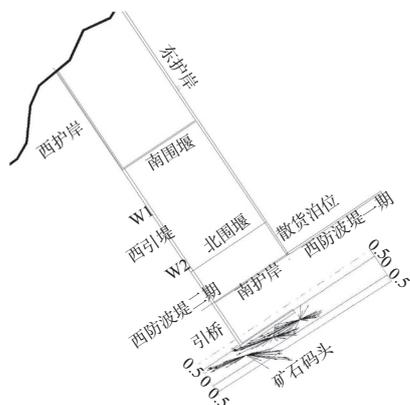


图2 西防波堤二期建100 m，码头前沿潮流矢量图

③西防波堤二期工程建设700 m后，码头前沿流场比较平顺，基本为沿码头轴线方向的往复流(图3)。

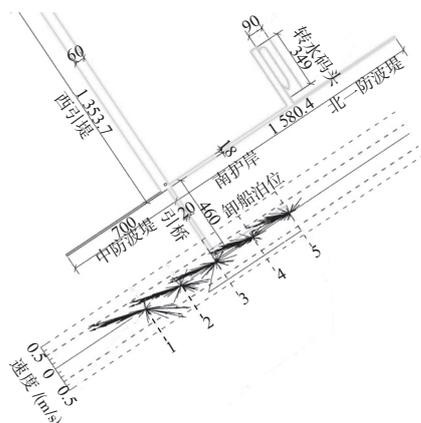


图3 西防波堤二期建700 m，码头前沿潮流矢量图

④港区全部实施后，码头前沿流场平顺(图4)。

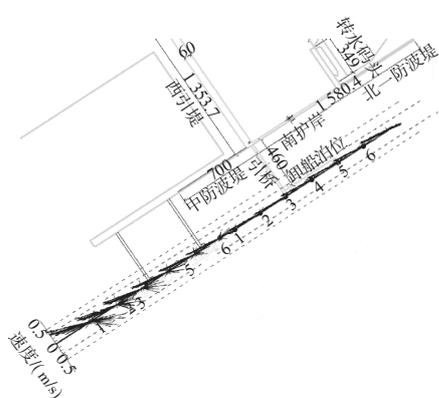


图4 规划全部实施后，码头前沿潮流矢量图

3.4 陆域布置

1) 堆场布置。

矿石堆场的布置主要是考虑节省投资和建设工期，后方堆场通过开山形成，前方1#和2#堆场需要填海形成。由于陆域开山量较大，为解决开山土石方的处理，同时为港区后续项目的发展建设提供较好的码头后方堆场条件，通过填海建成前方1#和2#堆场，见图5。其中2#堆场主要为20万吨级矿石泊位服务。

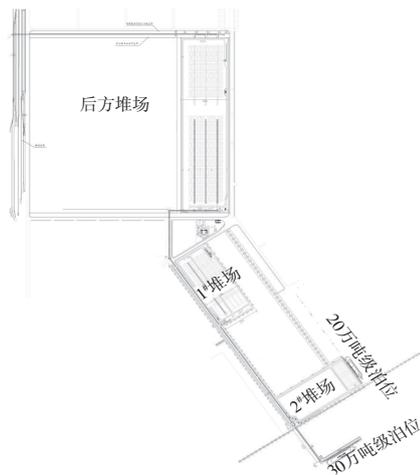


图5 董家口矿石堆场布置

40万t矿石泊位距离现有自然岸线约2.8 km。位于规划中心路西侧散货作业区。矿石后方堆场呈南北向布置，长2 046.4 m，东西宽500 m。后方堆场南侧集中布置生产辅助区，堆场北侧布置汽车装车作业区。后方堆场至码头前沿线长约3 400 m。

1#堆场位于中心路以南，长912 m，宽393 m。1#堆场共布置3条作业线，4个料堆。

2#堆场位于20万吨级矿石泊位后方，长846 m，宽388.1 m。

2) 引堤布置。

本工程是董家口港区大规模开发的起步工程，其建设同时为后续防波堤外的开敞式码头、董家口嘴北一突堤开发创造条件。引堤作为防波堤与陆域之间的主要通道，长2 316 m，按规划规模一次建设，布置3个矿石泊位散货皮带机廊道、道路及2个原油泊位管线带等，堤顶宽度60 m。

4 装卸工艺^[2]

本工程与防波堤内20万吨级矿石泊位工艺系统为一个整体，一并描述。

本工程选择工艺流程和设备参数考虑的主要

因素: 靠泊船型大, 设备配备按靠泊 40 万 t 船舶考虑, 卸船机、皮带机能力均为国内最大; 运输方式齐全, 40 万 t 泊位为卸船泊位, 20 万吨级可装船和卸船; 后方堆场可装火车、装汽车; 堆场之间相互倒垛; 具有矿石筛分功能。

4.1 最终工艺系统流程

1) 40 万 t 泊位卸船进 1[#]堆场、2[#]堆场和后方堆场; 2) 40 万 t 泊位卸船, 直接将货物输送至 20 万吨级泊位装船机装船; 3) 20 万吨级泊位卸船进 1[#]堆场、2[#]堆场和后方堆场; 4) 矿石出堆场至 20 万吨级泊位装船; 5) 后方堆场、1[#]堆场、2[#]堆场间可相互间倒垛; 6) 矿石出后方堆场、1[#]堆场、2[#]堆场装火车; 7) 矿石出后方堆场、1[#]堆场、2[#]堆场装汽车; 8) 矿石出后方堆场至筛分塔筛分; 9) 矿石出堆场进钢厂(预留)。

4.2 工艺设备选型

40 万 t 码头前沿卸船作业采用桥式抓斗卸船机, 卸船机外伸距 53 m, 轨距为 30 m; 额定能力 3 500 t/h; 20 万吨级散货泊位装、卸船近期采用 40 t-40 m 门机, 门机轨距 10.5 m, 远期调整为桥式抓斗卸船机和装船机。

水平运输采用带式输送机; 带宽为 1.8 m, 带速 4.5 m/s, 额定能力 10 500 t/h。

堆场作业采用斗轮堆取料机或单斗装载机; 堆取料机额定堆料能力 10 500 t/h, 取料能力 6 000 t/h。

铁路疏运出港采用火车装车楼; 公路疏运出港装车采用单斗装载机, 预留汽车装车楼位置, 视需要建设。

5 水工结构^[2, 10]

5.1 40 万 t 码头结构

地质钻探资料表明, 场区内地层结构较简单, 40 万 t 矿石泊位泥面高程 -13.54 ~ -15.35 m, 强风化岩面顶高程在 -25 ~ -30 m 之间, 适宜采用重力式结构。

通过单排椭圆沉箱、双排圆沉箱结构方案分析, 结合现场施工条件, 选择单排椭圆沉箱基础结构, 单个沉箱质量超过 6 000 t。沉箱间为预制安装后张预应力混凝土箱型梁, 沉箱顶部为框架

结构, 与沉箱连接为一体。

通过对系泊船型分析, 在 4 个沉箱框架平台底面上, 靠近码头后沿设系船柱, 前沿设导缆器, 加长横缆, 改善缆绳受力状态。

结构的优点: 沉箱数量减少 50%; 结构整体性好; 水上安装上部结构减少 20%; 可加长“一”字型码头横缆, 使横缆缆力减小 30%; 造价为双排圆沉箱的 90%。码头断面见图 6。

5.2 40 万 t 码头引桥结构

引桥位置原泥面高程为 -14.0 ~ -16.0 m, 强风化岩面顶高程为 -24.0 ~ -27.0 m, 基岩面以上覆盖层厚度 10 ~ 12 m, 基础进行重力式沉箱方案和高桩墩台方案比选后, 采用桩基墩台结构, 其与沉箱基础比较, 投资少 20%。桥面采用三向现浇后张预应力混凝土变截面连续梁, 长 458 m, 桥跨 (37+6×64+37) m。

由于水深较大, 覆盖层较薄, 受施工期稳桩和使用期波流力作用控制, 桩基采用 1 500 mm 钢管桩。一般墩台下设 10 根斜桩。

5.3 引堤结构

由于后方堆场需要较大规模开山, 引堤采用抛石斜坡堤结构。自岸至引桥衔接处, 泥面高程 5.0 ~ -14.1 m, 下卧岩面高程 5.0 ~ -25.0 m; 上覆淤泥质土层厚度最厚 6.9 m。为了堤身稳定, 便于与后续工程衔接, 减少使用期沉降, 加快施工进度, 分区段采取不同基础处理方法。在淤泥质土厚度小于 3 m 段采用抛石挤淤; 中间淤泥质土厚度大于 3 m 段采用爆炸排淤法; 南侧临近防波堤附近, 为了减少对防波堤的影响, 采用清淤换填, 为了减少后期沉降, 采用爆破夯实法对开山石进行处理。

6 地基处理^[2]

后方堆场位于开山区, 根据现有地质资料, 至设计标高后主要为风化岩, 承载力满足使用要求, 地基处理主要考虑开山后场地的平整。

1[#]堆场由陆侧向海侧, 淤泥厚度从 0 m 逐渐增厚到 6.7 m, 基岩顶面高程从 5.0 m 逐渐降低到 -16.9 m。根据基岩面高程和淤泥厚度不同分为

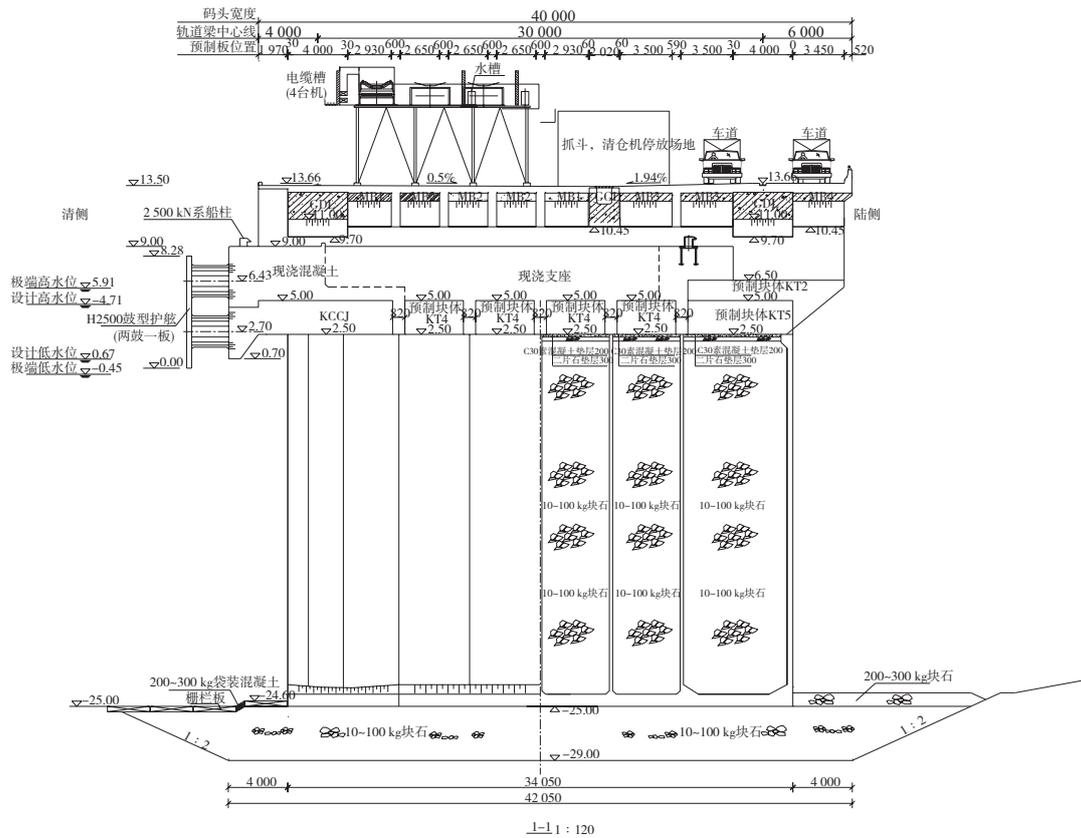


图6 横缆处码头断面

三区处理。靠近陆侧无淤泥质土区，夯击能采用 3 000 ~ 5 000 kJ；有下卧淤泥土区，陆域形成采用轨道梁下爆破排淤；堆矿区直接回填，夯击能采用 8 000 kJ 柱形锤强夯。

2#堆场位于 20 万吨级泊位后方，近期只处理纵深 180 m 范围，其他区预留，原泥面高程 -13.0 m 左右，以下为 5 ~ 7 m 厚淤泥质粉质黏土，为回填开山土石形成。地基处理主要考虑对码头结构及防波堤和围堰的影响，采用 5 000 kJ 柱锤强夯。

7 节能、环保等设计^[2]

除常规的抑尘墙、含矿污水收集等设施外，董家口矿石码头还在以下几方面进行了研究。

大型船舶在系泊期间虽然不需启动船舶主机，但需要依靠自身的发电设备消耗燃油为船舶日常供电。使用发电设备能耗大，废气排放浓度高，对环境污染严重。因此，采用预留码头岸电功能与设施，可满足提供船舶日常用电。

对后方辅建区设地源热泵，可满足办公住宿供暖、洗浴的供热等。

工程建成后其营运期间所产生的各类污水有：流动机械车辆冲洗污水、生活污水、含矿雨污水等。这些污水都经过处理达标后回用，做到零排放。

为了控制矿石装卸及输送过程中粉尘对环境的污染，改善现场作业人员的劳动卫生条件，在所有皮带机转接点均设置干雾除尘系统。

参考文献：

- [1] 交通运输部规划研究院，中交水运规划设计院有限公司. 青岛港董家口港区详细规划[R]. 北京：交通运输部规划设计院，中交水运规划设计院有限公司，2010.
- [2] 中交水运规划设计院有限公司. 青岛港董家口港区青岛港集团矿石码头工程初步设计[R]. 北京：中交水运规划设计院有限公司，2011.
- [3] TJT 295—2000 开敞式码头设计与施工技术规程[S].
- [4] 张志明，杨国平，文立，等. 离岸深水港码头泊稳条件关键技术研究[R]. 北京：中交水运规划设计院有限公司，2010.
- [5] 交通运输部天津水运工程科学研究所. 青岛港董家口港区青岛港集团矿石码头工程船舶系泊物理模型试验

- 研究报告 [R]. 天津: 交通运输部天津水运工程科学研究所, 2010.
- [6] 张志明, 郑宝友, 徐健, 等. 东北地区大型开敞式码头建设关键技术研究[R]. 北京: 中交水运规划设计院有限公司, 2008.
- [7] 张志明, 朱小松, 周丰. 波浪作用下大型开敞式圆沉箱墩式码头前波峰面高度研究[J]. 中国港湾建设, 2011(3): 20-26.
- [8] 交通运输部天津水运工程科学研究所. 青岛港董家口 40 万吨级矿石码头工程波浪整体物理模型试验研究报告[R]. 天津: 交通运输部天津水运工程科学研究所, 2009.
- [9] 南京水利科学研究院. 青岛港董家口港区青岛港集团矿石码头工程测流数模试验研究报告[R]. 南京: 南京水利科学研究院, 2009.
- [10] TJS 167-2—2009 重力式码头设计与施工规范[S].
- (本文编辑 郭雪珍)

《水运工程》优秀论文评选

评委点评:

在新开发港区设计我国第一个 40 万 t 矿石码头, 波浪水流复杂、工程建设依托条件差是工程主要难点。作者通过系统全面的关键技术研究, 择优港址, 充分论证、优化码头总平面布置和设计尺度, 提出“一”字型码头合理长度、加大码头设计水深以适应船舶升沉运动并减少水流量、利用上部结构抵抗部分波浪荷载降低码头高程、通过设置导缆孔加长横缆长度减小系缆力等技术, 实现了码头布局总体优化的设计理念。

卸船机、皮带机能力均为国内最大, 40 万 t 船舶可卸船, 20 万吨级可装船和卸船。码头椭圆沉箱质量超过 6 000 t, 引桥桥面采用三向现浇后张预应力混凝土变截面连续梁, 桥跨达到 64 m。采取废水处理零排放、地热取暖、干雾除尘、预留岸电接口等措施。文章集成一批关键技术和创新技术, 践行创新、节能、高效、环保的建设理念, 值得类似项目借鉴。



2012年12月

评委简介:

沈迪州, 教高, 中交第四航务工程勘察设计院有限公司副总工程师。

主持完成了蛇口集装箱码头三期工程、安哥拉集装箱和矿石码头、喀麦隆克里比港口一期工程、巴新莱城潮汐湖码头工程等国内外多项大型港口工程的设计工作, 多项工程获水运协会优秀设计奖、科技进步奖。