



上海油墩港航道整治工程 东大盈船闸扩建方案研究

顾宽海, 王大刚

(中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 上海 200032)

摘要: 基于上海油墩港航道整治工程东大盈船闸扩建方案研究分析, 通过对比不同的扩建方案, 确定在现有船闸的东侧新建船闸的方案, 并解决了相关平面布置、水工结构等关键技术问题, 为解决类似的碍航瓶颈问题提供一定的借鉴和参考。

关键词: 船闸; 扩建; 环境条件; 平面布置; 结构形式

中图分类号: U 617.9

文献标志码:

文章编号: 1002-4972(2013)10-0095-07

Dongdaying lock expansion plan for Youdungang waterway regulation project in Shanghai

GU Kuan-hai, WANG Da-gang

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

Abstract: With the rapid development of national economy and a growing demand for water transportation, inland waterway transport has risen to a national strategy level. Therefore, we have to settle some shipping bottlenecks for parts of inland water transportation. The Gongdaying lock expansion plan for Youdungang waterway regulation project in Shanghai is analyzed by comparing several different expansion plans, and the current plan is determined to build a new lock on the east side of the old lock. Meanwhile, some related key technical problems are solved, such as layout plan and hydraulic structures. The experience obtained in this project provides reference for solving the similar bottleneck problems hampering inland waterway transportation.

Key words: lock; expansion; environmental conditions; layout plan; structural type

1 工程背景

国务院为推进上海加快建设国际航运中心, 要求上海加快推进航道整治工程和配套港区建设, 形成高等级内河航道网, 优化运输资源配置, 促进与内河航运的联动发展。在上海市规划的“一环十射”高等级航道建设中, 油墩港是其中一环的重要航段。油墩港连接苏申内港线(吴淞江)和黄浦江(横潦泾), 全长36.47 km, 现为V级和VI级航道, 航道等级偏低, 结构不合理, 通畅性差, 通航保证率不高, 不适应船舶大型化和区域经济一体化的要求。因此, 为适应经济发展的需要, 急需航道进行整治, 将油墩港航道由

现V级和VI级航道升级到双线IV级航道, 可满足设计水平年(2030年)航道通过能力达到3 000万t左右的要求。

在建设中, 处在航道北端与吴淞江交界处现有的通航建筑物东大盈船闸, 将由现在VI级船闸扩建成IV级船闸, 建成后船闸规模为: 230 m × 23 m × 4 m (闸室长 × 宽 × 门槛水深), 可满足设计水平年(2030年)东大盈船闸的过闸货运量为1 900万t的要求。但由于该船闸距离中心河支流近、周边构筑物众多、地域狭窄等条件的制约, 东大盈船闸扩建工程的成败与否是上海油墩港航道整治工程建设的關鍵。如何选择该闸合适闸位、不同环

收稿日期: 2013-08-10

作者简介: 顾宽海(1973—), 男, 高级工程师, 从事总图及水工结构设计工作。

境条件下的水工结构形式的选择等问题成为该闸设计的关键技术问题,直接影响到船闸的运行安全、建设投资及建设工期,这些都需要设计深入的研究。本文将重点介绍东大盈船闸扩建方案中关键技术问题的研究成果,供其它类似工程设计时参考。

2 建设条件

2.1 船闸现状

原东大盈船闸位于油墩港河道北端出口的顺直段上,船闸位于河道中心,建于1978年,船闸闸首口门净宽12 m,闸室长300 m,宽14 m,为Ⅵ级

船闸,通航船舶吨级为100 t,实际可通航300吨级船只。原船闸外闸首向北距吴淞江约430 m,距东大盈水闸泄水支流约100 m,向南距中心河约1 350 m,内、外引航道两侧均有居民生活区。从上述条件看,船闸距离支流近,周边构筑物众多,地域狭窄,环境条件极为复杂。

2.2 地质条件

根据本工程的地质报告,地质条件较差。整座船闸座落于较厚软土地基上,主要由饱和黏性土、粉性土以及砂土组成,其中亚黏土和淤泥质黏土层的物理力学性质较差。呈软塑-流塑状。具高压缩性,承载力低。

表1 天然地基设计参数

| 土层名称 | 固结快剪峰值 | | $E_{s0.1-0.2}/\text{MPa}$ | 平均 P_s/MPa | 地基承载力设计 值 f_d/kPa | 地基承载力特征 值 f_{ak}/kPa |
|---------------------------|----------------|----------------------|---------------------------|------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| | C/kPa | $\varphi/(\text{°})$ | | | | |
| ②褐黄-灰黄色黏土 | 23 | 16.5 | 4.16 | 0.97 | 75 | 75 |
| ③灰色淤泥质黏土 | 12 | 11.5 | 2.56 | 0.40 | 55 | 55 |
| ③ ₁ 灰色黏质粉土 | 8 | 29.0 | 7.54 | | 100 | 100 |
| ④ ₁ 灰色淤泥质粉质黏土 | 12 | 14.5 | 3.04 | 0.51 | 55 | 55 |
| ④ ₂ 暗绿-草黄色粉质黏土 | 46 | 17.5 | 8.15 | 2.34 | 130 | 130 |
| ④ ₃ 草黄-灰色砂质粉土 | 5 | 32.5 | 9.03 | 5.87 | 140 | 140 |
| ⑤ ₁ 灰色粉质黏土 | 15 | 15.5 | 4.54 | 0.98 | 80 | 80 |

2.3 建设要求

建设要求高。一是要求船闸建设期间尽量不断航;另一是为减少工程总投资,要求永久征地尽量少,拆迁量要求少。

3 总体方案确定

3.1 考虑重要因素^[1]

扩建船闸的平面布置方案中应根据该区域的相关发展规划、自然条件、船闸级别、船闸布置现状等方面综合考虑,比选确定最优的闸位方案,东大盈船闸闸位选址综合考虑的因素主要有以下几方面:

1) 应符合油墩航道规划等要求。

2) 总体布置时,要结合主体结构选型,应尽量布置在地形、地质条件、环境条件较好的地段,尽量减少征地拆迁和土方开挖,以降低工程造价。

3) 为方便船闸管理,在尽量确保施工期内现

有船闸正常通航的前提下,扩建船闸应尽可能靠近现有船闸。

4) 引航道布置应确保船舶(队)进出船闸畅通和停泊安全。

5) 应妥善处理好与既有水工建筑物的关系,妥善协调船闸、交通桥等构筑物的布置,满足使用和施工等要求。

3.2 布置方案

根据建设条件,由于现有船闸外闸首距东大盈水闸泄水支流仅约100 m,引航道的布置勉强满足规范,若拟建船闸位置向北移(向吴淞江方向),考虑到船闸规模的扩大,引航道的导航段和调顺段将会布置到支流上,则支流泻水时,水流条件无法满足《船闸总体设计规范》要求的该两段内宜为静水的要求;同时,由于河道拓宽及转弯半径的要求,外引航道将没有地方布置船舶的停泊段,无法保证船舶安全有效的运行,因此闸位向北移基本不可行。

若拟建船闸位置适当向南移, 则河道顺直、开阔, 可较好地解决船闸外闸首距东大盈船闸泻水支流太近的问题, 比较适宜船闸建筑物的布置, 征地拆迁量也相对较小, 综合考虑上述因素, 闸位向南移进行总平面布置。根据闸位选择分析结果, 在船闸总平面布置时考虑以下 2 个方案。

1) 方案 1。

新建船闸布置在现船闸东侧并适当向南移, 考虑到结构布置需要、施工管理等因素, 外闸首与现有船闸内闸首齐平, 两闸首轴线间距离约 83.8 m, 在施工期间可基本不影响现有船闸的使用。船闸外闸首公路桥与现船闸公路桥在同一轴线上。船

闸内、外闸首平面尺寸均为 55 m × 30 m (长 × 宽); 闸室净宽 23 m, 有效长度 220 m, 考虑近闸首端设 10 m 长的镇静段, 总长 230 m。

引航道的平面布置采用不对称型, 直线进闸, 曲线出闸布置, 靠船建筑物布置在引航道西侧。内、外引航道导航段长均为 95 m, 调顺段长均为 140 m, 停泊段长均为 230 m, 直线段总长均为 465 m, 引航道宽为 54 m。

管理区布置在新建船闸的东侧, 主要建筑物包括船闸管理所、运调楼、上下游远调楼、生活服务楼、工器具间、港航管理中心等。新建船闸启用后, 老船闸将废弃, 场地可保留作为将来发展用地。方案布置见图 1。

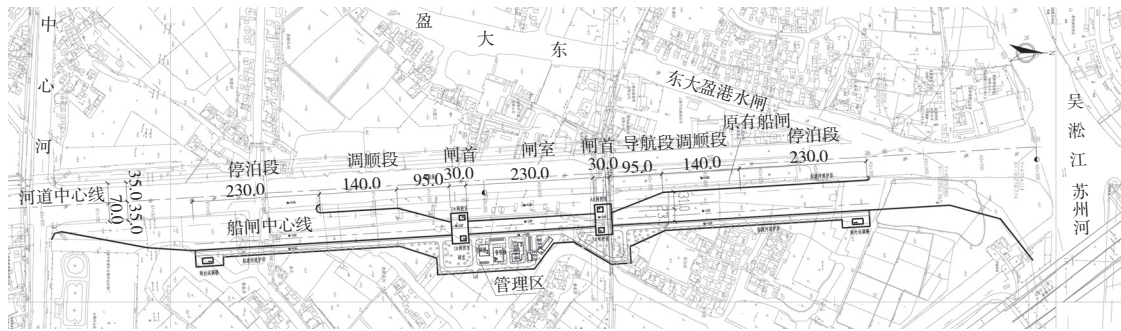


图 1 新建船闸方案布置 (方案 1)

2) 方案 2。

新建船闸布置在现河道东侧, 考虑到结构布置需要、施工管理等因素, 将外闸首向南移 584 m,

建设后期要将现船闸拆除, 将新建引航道。其新建船闸布置同方案 1。方案布置见图 2。

两个方案最大的共同点是: 两个方案中新建

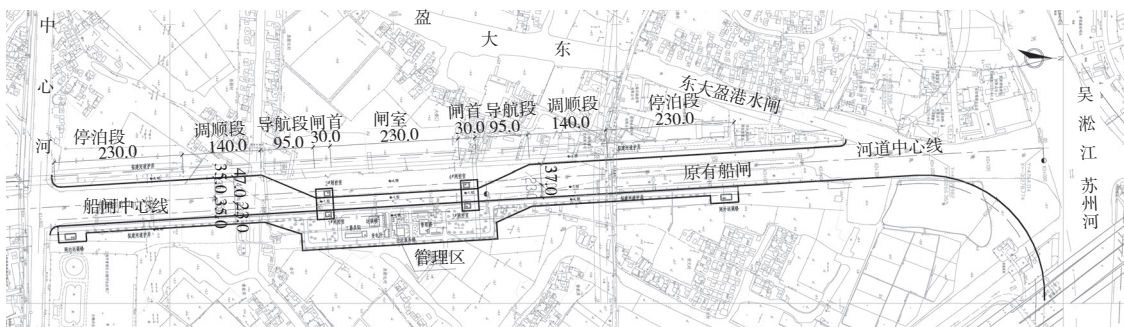


图 2 新建船闸方案布置 (方案 2)

船闸规模尺度、地质条件基本相同, 均为 230 m × 23 m × 4 m (闸室长 × 宽 × 门槛水深), 建设规模根据预测过闸货运量需求确定。

不同点是, 从通航条件、水流条件、征地拆迁情况、管理使用情况、协调因素、施工条件、

发展空间等影响因素看, 各有优缺点。

方案 1: 保留原有船闸不动, 闸内、外引航道布置较为顺畅, 通航条件较好; 船闸与河道中心线偏离, 水流条件相对较差; 永久征地较大, 拆迁量大; 管理使用方便; 无需断航, 拆迁主要是

陆上房屋,易于协调;施工期间原船闸不动,新建船闸主要在东岸陆上施工,土方工程量较大,易于施工,工期短;发展空间大,只要将现有船闸拆除重建即可,成本低。

方案2:拆除原船闸,上下游引航道布置顺畅,通航条件好;船闸与河道中心线在一条线上,水流条件较好;需临时征地大,拆迁量较少;内河引航道停泊区紧挨中心河,管理使用不方便;需断航,影响因素较多,不易协调;施工后期需临时断航,老结构拆除工程量大,施工复杂,工期长;发展空间较小,要发展成本高。

综合上述可以看出,方案1具有管理使用方便、施工期不断航、易于施工、工期短、发展空间大等优点;而方案2具有施工期需断航、不易协调、施工复杂、发展空间较小等方面缺点。因此,综合考虑影响因素,推荐采用方案1。

3.3 输水廊道布置^[2]

本船闸水头差较小,最大水头差仅为1.60 m,根据《船闸输水系统设计规范》,并结合国内类似的实践经验,宜采用集中输水系统。内外闸首均采用常规环绕短廊道形式,在两侧边墩上对称布置输水廊道。外闸首廊道进口底高程-2.20 m,顶高程0.30 m,廊道宽3.0 m,高2.5 m;出口顶、底高程与进口相同。内闸首廊道进口底高程-2.42 m,顶高程0.08 m,廊道宽3.0 m,高2.5 m,出口顶、底高程与进口相同。廊道采用平板阀门起闭机控制。

4 水工建筑物方案研究

4.1 结构形式^[3-5]

本工程属于扩建项目,建设除了受到较差的地质因素影响外,更重要的是受到复杂环境条件因素的制约,主要有船闸周边的河道、房屋以及现有船闸等构筑物,这些因素直接影响水工结构的选型,最终影响工程投资。因此,设计围绕这些影响因素进行了大量的论证工作,重点对闸室结构、导航墙和靠船建筑物及引航道外驳岸结构进行了结构选型。

1) 闸室结构选型。

闸室是船闸的重要组成部分,本工程闸室墙

较长,投资所占比例大,故闸室结构的选择尤为重要。本次设计分析研究了京杭大运河上的船闸和上海地区船闸等运行情况,考虑多种边界条件的因素,在闸室结构选型中进行了3个方案比选,方案1,2均采用整体式闸室结构,闸墙分别采用悬臂式结构、扶壁式结构;方案3采用分离式闸室结构,闸墙采用扶壁式结构。

方案1:闸室采用整体式结构,闸墙采用悬臂式结构。闸室底板与闸墙连为一体,在距两边闸墙内侧3.50 m处各设一道后浇带,闸室底板为不透水底板;为减少与闸首的不均匀沉降及满足闸室的抗浮稳定,在底板范围内,布置300 mm×300 mm预制方桩。同时,为降低墙后水位,在闸室两侧各设一道软式排水设施,沿线布置检查排水井,间距45 m左右。这种结构具有闸室底板不透水、自身防渗、施工方便,开挖影响范围较小、土方开挖量小,工期较短等优点,但具有闸墙刚度较小、抗撞击力较弱的缺点。

方案2:闸室采用整体式结构,闸墙采用扶壁式结构。闸室底板与闸墙连为一体,在距两边闸墙内侧3.50 m处各设一道后浇带,闸室底板为不透水底板,闸室底板采用天然地基。同时,为降低墙后水位,在闸室两侧各设一道软式排水设施,沿线布置检查排水井,间距45 m左右。这种结构具有闸室底板不透水、自身防渗、闸墙刚度大、抗撞击力等优点,但具有开挖影响范围大、土方开挖量大,工期较长的缺点。

方案3:闸室采用分离式结构,闸墙采用扶壁式结构。闸室底板采用带有横撑格梁的透水底板,横撑底板为纵横格梁加灌砌块石护底;闸墙采用扶壁结构,为满足扶壁式闸墙的整体稳定和防渗要求,闸墙底板下一般需设置4排300 mm×300 mm预制方桩。为降低墙后水位,在闸室两侧各设一道软式排水设施,沿线布置检查排水井,间距45 m。这种结构具有闸室底板透水、闸墙刚度大、抗撞击力好等优点,但具有自身不防水、混凝土、砌石、桩基施工内容多,开挖影响范围大、土方开挖量大,工期长的缺点。

综合比较上述的几种闸室结构方案,在充分分析结构的适应性及安全可靠性的基础上,考虑

到闸室采用整体式结构, 闸墙采用悬臂式结构具有开挖影响范围较小、土方开挖量小、工期较短等优点, 设计推荐方案1。

2) 导航墙和靠船建筑物结构选型。

导航墙和靠船建筑物结构形式一般根据工程地形、地质条件、导航墙挡土高度及施工条件等因素综合确定, 本船闸导航墙挡土高度一般在6.5 m左右, 在周边环境较为简单的区域, 基本能满足大开挖条件的地方, 均采用钢筋混凝土扶壁式结构。在周边环境较为复杂, 在不具备大开挖条件的地方, 特别是新建船闸外引航道的部分导航墙和驳岸紧靠老船闸, 部分导航墙和靠船建筑物紧靠居民生活区, 较为有效地解决了施工空间较为狭小的问题, 从而有效减少拆迁量等, 最终达到减少工程总投资, 该部分考虑采用非开挖技术方案——沉井结构方案。

3) 引航道外驳岸结构选型。

引航道外驳岸结构形式选择考虑的因素和基本要求同导航墙和靠船建筑物结构选型, 在周边环境较为简单的区域, 基本能满足大开挖条件的地方, 均采用钢筋混凝土扶壁式结构。在周边环境较为复杂, 在不具备大开挖条件的地方, 其中, 距离老闸室非常近的部分, 为较有效解决施工空间较为狭小的问题, 也考虑采用沉井结构; 距离现河道驳岸非常近的部分, 希望将水上施工转化为陆上施工, 从而达到减少工程投资目的, 并减少施工时对航道运行的影响, 采用高桩墩台结构。

4.2 结构方案

1) 闸首。

为了保证闸首具有足够的整体刚度, 避免由于闸首边墩不均匀沉降而影响闸门正常工作, 内、外闸首均采用整体式钢筋混凝土结构、平底板、空箱边墩。根据使用要求确定内、外闸首边墩长均为30 m, 宽均为16 m, 闸首口门宽均为23 m, 底板厚度均为3 m。边墩内布置输水廊道, 顶面布置船闸控制房, 一层为机房, 二层为配电房和主控室。其中, 内闸首槛顶高程为-1.82 m, 墙顶高程为5.98 m, 门顶高程4.55 m; 外闸首槛顶高程

为-1.60 m, 墙顶高程为5.98 m, 门顶高程5.05 m。

由于内、外闸首底板下的地基为灰色淤泥质黏土, 承载力较低, 压缩系数大, 故需进行地基处理, 采用预制钢筋混凝土方桩基础。在闸首底板范围内, 布置300 mm×300 mm预制方桩, 中心间距1 500 mm, 呈正方形布置, 桩长为25 m, 桩尖进入⑤₃层灰色粉质黏土, 沿闸首底板四周布置200 mm×500 mm防渗板桩, 桩长8 m。

2) 闸室。

本船闸闸室净宽23 m, 总长度230 m, 有效长度220 m, 靠近闸首处设10 m长镇静段。闸室墙顶高程为5.98 m; 闸室底板顶部高程与内闸首门槛高程相平, 为-1.82 m。闸室两侧地面高程均为4.88 m。

闸室闸墙均设置龕式系船钩和墙顶固定式或浮式系船柱两种形式, 对称布设, 间距10 m左右; 闸墙均设置正面嵌入式钢爬梯, 对称布设, 间距30 m; 侧墙均设置防撞钢护木, 对称布设, 间距10 m, 防护高程范围为2.18~5.98 m。

闸室采用整体式结构(图3), 闸墙采用悬臂式结构, 结构分段长度一般15 m, 闸室底板厚度2.0 m, 悬臂式闸墙厚度为600~2 200 mm, 闸室底板与闸墙连为一体, 在距两边闸墙内侧3.50 m处各设一道后浇带, 闸室底板为不透水底板; 为减少与闸首的不均匀沉降及满足闸室的抗浮稳定, 在底板范围内, 布置300 mm×300 mm预制方桩, 中心间距2 000 mm, 呈正方形布置, 桩长为15 m, 桩尖进入④₃层草黄-灰色砂质粉土。

为降低墙后水位, 在闸室两侧各设一道软式排水设施, 沿线布置检查排水井, 间距45 m左右。

3) 导航墙和靠船建筑物结构方案。

采用扶壁式方案的导航墙和靠船建筑物, 扶壁结构分段长度一般15 m, 底板厚度0.8 m, 底板(包括前趾)宽约6.8 m, 立板厚度为500 mm, 肋板厚度为400 mm, 间距约3.0~4.0 m。为满足扶壁式闸墙的整体稳定, 闸墙底板下设置4排300 mm×300 mm预制方桩, 桩长15 m, 纵向桩排距为1.8 m。

沉井方案采用三孔沉井, 沉井宽7.4 m, 长13.5 m, 井壁厚700 mm, 沉井底高程为-7.35 m, 沉

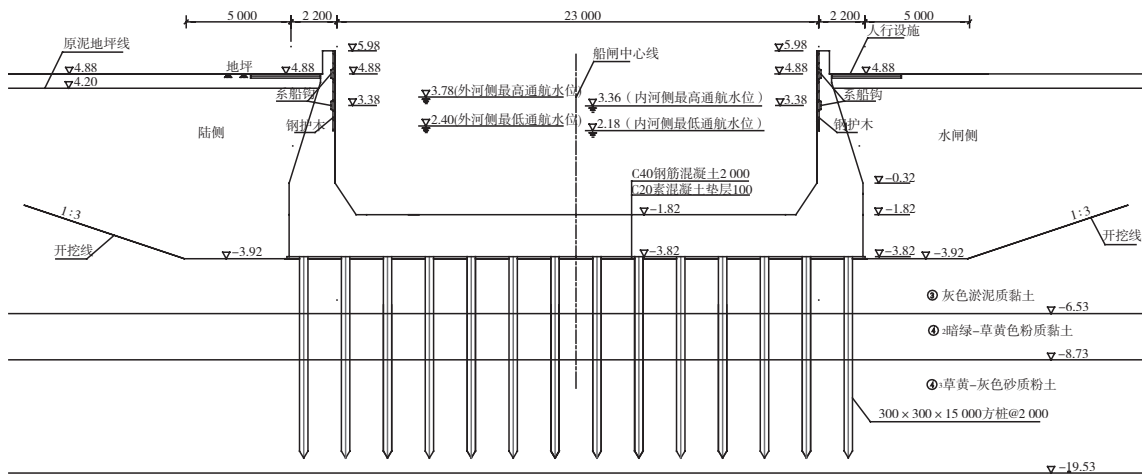


图3 整体式闸室结构标准段断面

井顶部设3.3 m高的钢筋混凝土土墙。

其中，内、外导航墙均设置防撞钢护木，对称布设，间距10 m。

内、外引航道调顺段和停泊段侧墙均设置龕式系船钩和墙顶固定式或浮式系船柱两种形式，对称布设，间距10 m左右；侧墙均设置正面嵌入式钢爬梯，对称布设，间距30 m；侧墙均设置防撞钢护木，对称布设，间距10 m。

4) 引航道外驳岸结构方案。

驳岸中采用扶壁式方案和沉井方案部分的结构，同导航墙和靠船建筑物结构方案，分别见图4，5。采用高桩墩台结构的分段长度一般15 m，上部为现浇墩台结构，采用钻孔灌注桩基础，见图6。

4.3 工程实施

由于本工程施工基本位于陆上，总体施工方

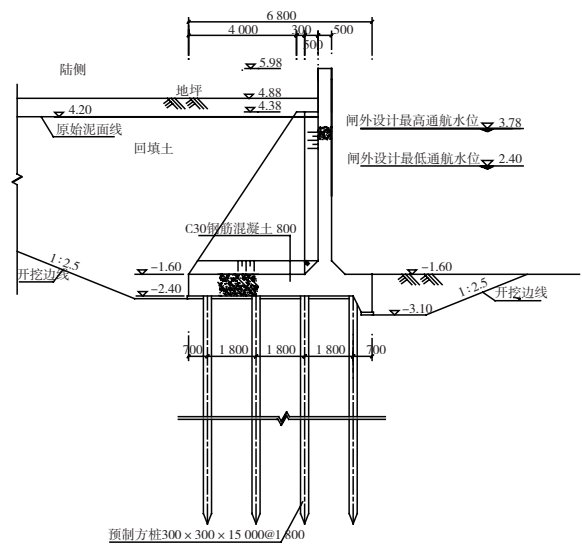


图5 扶壁断面

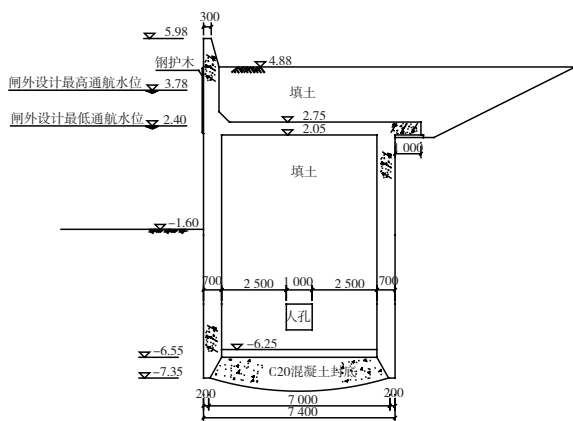


图4 沉井断面

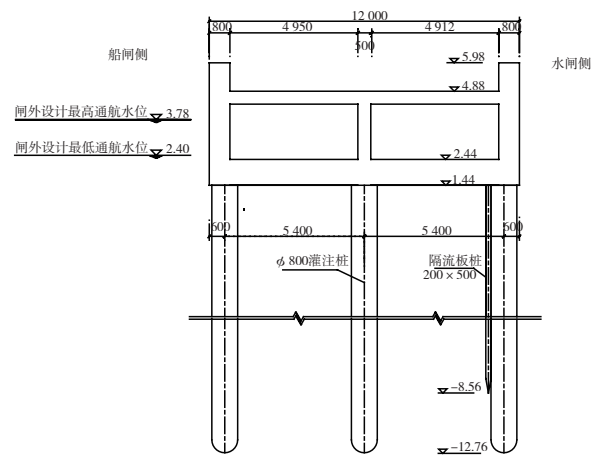


图6 高桩墩台断面

案考虑采用放坡大开挖的干施工方式，但为确保整个工程施工顺利、安全、可靠、经济，设计针

对不同的施工区域采取了一些具体施工措施:

1) 减少基坑开挖时对两岸构筑物影响, 特别是基坑开挖时, 若不在基坑周边设置一道临时止水墙, 而直接在基坑四周设置井点进行降水, 可能导致周边构筑物地下水下降而产生沉降。为此, 要求施工前沿基坑边设一道一定深度止水墙, 采用坑内井点降水方式开挖基坑。

2) 由于闸首基坑开挖相对较深, 大开挖放坡场地有限, 为确保周边构筑物安全, 在闸首施工开挖时采用临时地下连续墙围护结构。

3) 在靠岸侧的驳岸端头临水处驳岸施工时, 为确保驳岸干施工而采用临时双排钢板桩围堰。

4) 紧靠老船闸和紧靠居民生活区部分的导航墙、靠船建筑物及驳岸, 采用非开挖的沉井施工时, 为减少沉井下沉施工过程中对周边构筑物的影响, 在沉井与周边构筑物间设置了一道搅拌桩隔离墙, 并要求采用水下混凝土封底技术施工。

5) 施工高桩墩台时, 要求陆上施工, 以减少工程投资及对航道船舶运行影响。

5 结语

1) 在较重要的通航河流建设船闸, 应充分考虑发展预留, 否则, 将大大增加今后船闸扩建平面布置的难度, 并增加工程征地、拆迁等建设投资。

2) 在周边构筑物众多、地域狭窄的环境条件下进行船闸水工建筑物结构选型, 重点应考虑其对环境的影响。本工程中采用沉井结构、临时基坑围护措施等方案, 可有效减少对环境的影响并确保项目顺利、安全、可靠、经济实施。

参考文献:

- [1] JTJ 305—2001 船闸总体设计规范[S].
- [2] JTJ 306—2001 船闸输水系统设计规范[S].
- [3] JTJ 307—2001 船闸水工建筑物设计规范[S].
- [4] 吴澎, 罗少桢. 京杭运河船闸设计研究[J]. 水运工程, 2006(10): 142-143.
- [5] 王仙美. 京杭运河谏壁二线船闸工程设计综述[J]. 水运工程, 2003(9): 53-56.

(本文编辑 武亚庆)

(上接第82页)

4 结语

1) 当电厂项目港口位于开敞水域时, 港口宜设置防波堤, 形成有掩护的水域。港口平面布置应综合考虑波浪、沿岸输沙、温排水的影响, 口门朝向宜避开常浪向和强浪向, 口门应布置在波浪破碎带以外区域, 并通过数学或物理模型试验分析港池内掩护效果和泥沙淤积情况。

2) 当取水口位于港池内, 排水口位于港池外时, 在取水口与排水口之间的防波堤中间铺设不透水土工布, 并向海侧延伸一定距离, 对阻止排水口的温水向港内扩散是有效的, 取水效果能满足电厂要求。

参考文献:

- [1] 中交第三航务工程勘察设计院有限公司. 印度尼西亚 PLTU2 JAWA BARAT PALABUHANRATU 3×350 MW

电厂码头工程初步设计文件[R]. 上海: 中交第三航务工程勘察设计院有限公司, 2008.

- [2] JTJ 211—1999 海港总平面设计规范[S].
- [3] JTJ 154-1—2011 防波堤设计与施工规范[S].
- [4] 交通部天津水运工程科学研究所. 印度尼西亚PLTU2 JAWA BARAT PALABUHANRATU 3×350 MW电厂码头工程波浪物理模型试验研究报告[R]. 天津: 交通部天津水运工程科学研究所, 2008.
- [5] 交通部天津水运工程科学研究所. 印度尼西亚PLTU2 JAWA BARAT PALABUHANRATU 3×350 MW电厂码头工程温排水数学模型试验研究报告[R]. 天津: 交通部天津水运工程科学研究所, 2008.
- [6] 交通部天津水运工程科学研究所. 印度尼西亚PLTU2 JAWA BARAT PALABUHANRATU 3×350 MW电厂码头工程泥沙冲淤分析研究报告[R]. 天津: 交通部天津水运工程科学研究所, 2008.

(本文编辑 郭雪珍)