



重力式码头胸墙裂缝质量通病的防治

昌红霞, 柳 光

(中交一航局第一工程有限公司, 天津 300456)

摘 要: 结合部分重力式码头施工经验, 从机理上对码头胸墙裂缝的形状、成因和工程危害进行分析, 提出针对性的防治措施, 并在鲅鱼圈港区四期工程 54#~56#集装箱泊位胸墙的施工中得到应用, 收到了较好效果。

关键词: 重力式码头; 胸墙; 混凝土; 裂缝; 防治措施

中图分类号: U656.1+1

文献标识码: B

文章编号: 1002-4972(2007)06-0033-05

Prevention of Crest Wall's Cracks of Gravity Wharf

CHANG Hong-xia, LIU Guang

(No.1 Engineering Company Ltd. of CCCC First Harbor Engineering Company Ltd., Tianjin 300456, China)

Abstract: Based on the construction experience of some gravity wharves, we analyzed the shapes, formation causes and harm of crest wall's cracks, and put forward relative countermeasures, which were applied to construction of berths Nos. 54~56 of Yingkou Port Bayuquan Port Area Phase IV project and achieved satisfactory effect.

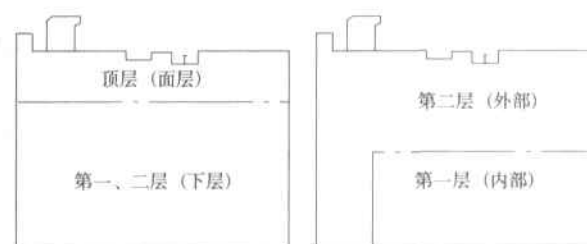
Key words: gravity wharf; crest wall; concrete; crack; preventive measure

随着胸墙墙身预制构件的大型化, 胸墙设计段长不断增大, 混凝土设计强度等级不断提高, 胸墙混凝土的裂缝情况越来越严重。有关资料表明, 我国近 10 年建造的方块、沉箱和扶壁重力式码头的胸墙, 不同程度地出现了裂缝^[1]。因此, 胸墙裂缝已成为重力式码头普遍存在的一种质量缺陷, 是重力式码头质量通病防治的重中之重。

1 缺陷特征

为适应地基和抛石基床压缩沉降的需要, 方块、沉箱重力式码头的胸墙施工均采用分层施工的方法, 即根据当地地质条件、基床特点和施工能力, 将胸墙沿高度方向分成 2~3 层进行施工,

先施工下层, 待码头沉降基本稳定后, 再进行顶层(面层)的施工(图 1)。



a. 水平分层
(将胸墙沿高度分为 2~3 层, 先施工下部 1~2 层, 沉降稳定后再施工面层)

b. 内、外分层
(将胸墙分为内外两部分, 先施工内部, 再一次性施工胸墙的迎水面及面层)

图 1 胸墙施工分层示意图

收稿日期: 2007-04-06

作者简介: 昌红霞(1979-), 女, 工程师, 从事港口航道工程。

据调查,胸墙在施工过程中和施工结束后的一段时间内,常常产生下述裂缝:

1.1 横向裂缝

多发生在胸墙段的 1/2 部位或 1/3 部位,有时出现 1 道,有时出现 2~3 道,多在胸墙顶面和迎水面同时出现。

从码头正面观察,胸墙迎水面上的裂缝一般从胸墙与墙身构件的接茬处开始向上开展,裂缝的宽度在胸墙分层高度的下 1/3 处为最大,向上和向下呈逐渐变窄,裂缝的最大宽度约为 0.2~0.4 mm;从胸墙顶部观察,裂缝除与胸墙迎水面的裂缝贯通外,在胸墙结构断面的变化处也会出现,裂缝的最大宽度约为 0.1~0.4 mm,一般呈上宽下窄的趋势。

1.2 水平向裂缝

有些码头胸墙的顶部会出现顺钢筋分布方向的断续分布裂缝。裂缝的宽度变化较大,窄的约 0.2~0.3 mm,宽的可能超过 0.5 mm;其深度一般不超过 50 mm。

1.3 斜向裂缝

多发生在胸墙顶部系船块体周围、管沟或预留方形孔的四角处,呈 45° 放射状,裂缝的宽度约 0.05~0.2 mm。

1.4 不规则裂缝

采用内外分层方法浇筑的胸墙,其迎水面和顶面在产生横向裂缝的同时,有时还伴随产生一些不规则的裂缝。裂缝的宽度一般在 0.1~0.3 mm。

1.5 表面干裂和龟裂

施工过程中或施工后 0.5~2 个月内,在胸墙顶面出现的形状不规则、宽度不大、深度较浅的网状裂缝或龟纹状裂纹。

2 工程危害

胸墙是重力式码头的上部结构,其作用是将墙身预制构件连成整体、承受船舶系泊力。胸墙出现裂缝后,将会产生一定的危害。

2.1 影响码头的整体性

胸墙出现贯通性裂缝,会降低胸墙结构的整体性。严重的会影响码头系泊能力的正常发挥。

2.2 影响工程结构的耐久性

码头胸墙处在水位变化区,干湿交替,尤其是我国北方的港口,码头胸墙还要承受冰凌的撞击和

摩擦,严重的裂缝会降低混凝土的抗冻融和抗磨擦能力。有配筋的胸墙,裂缝成为氯离子侵袭的通道,加快了钢筋的锈蚀,影响码头的使用年限。

2.3 对码头的观感质量有一定影响

码头胸墙上布满各种工艺管沟,其表面裂缝的多少和裂缝的开展情况,不仅影响码头的使用功能,而且还影响码头的观感质量。

3 缺陷成因

重力式码头的胸墙随着预制构件的大型化,分段长度越来越长。特别是在分层施工后,每层的长厚比将达到 10~30。同时,胸墙上设有系船块体和各类工艺管沟,断面比较复杂,因此胸墙混凝土属于约束条件复杂的大体积混凝土。

3.1 混凝土内外温度梯度差导致结构产生自生应力裂缝

混凝土硬化期间释放大量的水化热,使混凝土内部的温度不断上升。据有关资料介绍,当水泥用量在 350 kg/m³ 时,每立方米混凝土将释放出 17 500 kJ 的热量,可使混凝土内部温度升达 70 左右。混凝土内外温度梯度将在混凝土表面引起拉应力。同时,在混凝土的降温过程中,内外降温的速度不一致,又会在混凝土内部出现拉应力。尤其是在外界气温急剧变化时,混凝土表面将产生更大的拉应力。当这些拉应力超出混凝土的抗裂能力时,结构表面即会出现自生应力裂缝。码头胸墙表面发生的深度较浅、宽度较大的裂缝,多是由该原因所造成的。

3.2 混凝土温度应力产生的约束应力裂缝

重力式码头的胸墙浇筑在预制方块或沉箱上部,方块或沉箱对其有约束——尤其是胸墙嵌入沉箱内时,约束更大;分层施工时,其下层混凝土对上层混凝土产生约束,特别是两层混凝土浇筑间隔时间较长,下层对上层新浇筑混凝土的约束增大,新浇筑混凝土结构的全部或部分边界受到外界约束,不能自由变形时,可能造成结构出现裂缝。据有关资料介绍,当老混凝土层面上的新浇混凝土结构长度大于 10 m 时,新浇混凝土结构出现裂缝的机率较大。目前,重力式码头胸墙的设计段长一般为 15~25 m,因此,胸墙混凝土极易产生裂缝。如广州某新建港口二期工程沉箱重

力式码头, 胸墙段长为 17.9 m, 高度为 3.6 m, 且嵌入沉箱顶部 500 mm, 分 3 层施工, 各层均出现 1~3 条裂缝。该码头胸墙的裂缝多与分段长度过大和基层的约束应力较大有关。

3.3 混凝土收缩裂缝

混凝土在硬化过程中将产生一定的收缩。当水灰比较大、用水量较多时, 混凝土自身的收缩加大。混凝土的收缩受到约束, 不能自由收缩, 约束应力超过一定程度时, 必然引起现浇混凝土结构的开裂。

3.4 应力集中裂缝

胸墙上设有系船块体和各种工艺管沟, 这些块体和管沟四角处容易产生应力集中, 导致在块体周围和管沟四角处出现斜向裂缝。

3.5 混凝土沉缩裂缝

混凝土硬化初期尚处于一定的塑性状态时, 混凝土骨料在自身重力作用下将会发生下沉; 振捣不密实的混凝土在硬化的初期将产生一定沉缩。当这种沉降受到模板或钢筋的约束时, 将导致混凝土产生塑性变形裂缝, 这种裂缝一般沿钢筋走向呈断续状分布。

3.6 混凝土表面干缩裂缝

施工过程中, 胸墙表层的水分容易散失, 特别是在沿海地区风力较大, 混凝土表层的水分散失更快。表面的过早干燥, 将造成混凝土表面出现干缩裂缝。

混凝土表面的干缩裂缝不仅与施工条件、养护方法等有关, 而且也与混凝土的技术条件有很大关系。未掺加减水剂、水灰比大、单位体积用水量大和泌水情况严重的混凝土, 表面容易产生干缩裂缝。

高性能混凝土的饱水养护很重要, 如养护不好, 混凝土更容易发生不规则的裂缝或较严重的龟网状裂缝。

4 防治措施

根据上述分析, 鲅鱼圈港区四期 54#~56# 泊位为防止胸墙产生裂缝, 采取了下述综合防治措施。

4.1 根据工程特点, 合理确定胸墙分段长度

根据《重力式码头设计与施工规范》^[1]“方块码

头现浇胸墙的长度不应超过 20 m, 沉箱码头的胸墙一般与沉箱的长度同长”和《水运工程混凝土施工规范》^[3]“当在岩石地基和老混凝土基层上浇筑混凝土构件时, 其分段长度不应大于 15 m”的规定, 考虑本工程的胸墙浇筑在卸荷板上, 卸荷板对上部胸墙的约束较小, 分段长度仍保持设计计划的 21.7 m (图 2)。

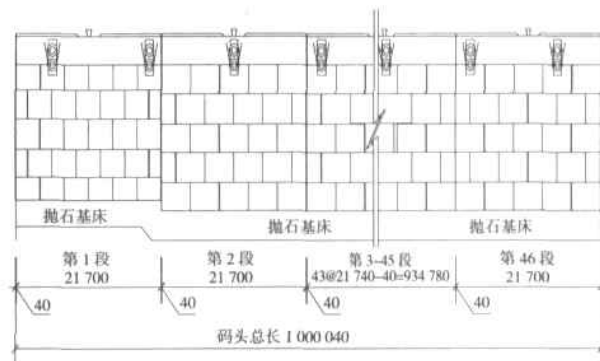


图 2 54#~56# 集装箱泊位胸墙分段示意图

4.2 合理确定胸墙施工的分层, 严格控制上下层混凝土浇筑的间隔时间

据调查, 采用水平分层方法施工的胸墙裂缝要少于采用内外分层方法施工的胸墙。这是因为采用内外分层方法施工的胸墙, 先行施工的内部混凝土对后施工的外部混凝土约束条件更为复杂, 不仅存在水平层面的约束, 而且还有垂直层面的约束。如北方某港沉箱码头, 为避免在迎水面留下施工缝, 选用了内外分层的施工方法, 胸墙的裂缝较多, 既有横向裂缝又有纵向和斜向裂缝^[4] (图 3)。

鲅鱼圈港区 54#~56# 集装箱泊位胸墙高度为 3.47 m, 采用水平分层的施工方法。第 1 层 (下层) 高度为 1.6 m, 第 2 层 (中间层) 高度为 1.62 m, 第 3 层 (顶层) 厚为 0.25 m (图 4)。

胸墙分层施工后, 上下层混凝土浇筑的时间间隔对约束应力的大小有较大影响。间隔时间越短, 先浇混凝土对后浇混凝土的约束应力越小。为尽量减少先浇混凝土对后浇混凝土的约束, 本工程胸墙第 1 层与第 2 层的施工间隔时间均控制在 3~7 d (如表 1)。对防治胸墙出现裂缝起到很好效果。

4.3 分层施工接茬面应平顺, 防止出现过大的起伏和凸凹, 避免基层对新浇混凝土的不均匀约束

方块和卸荷板安装时, 严格控制顶部高差; 胸

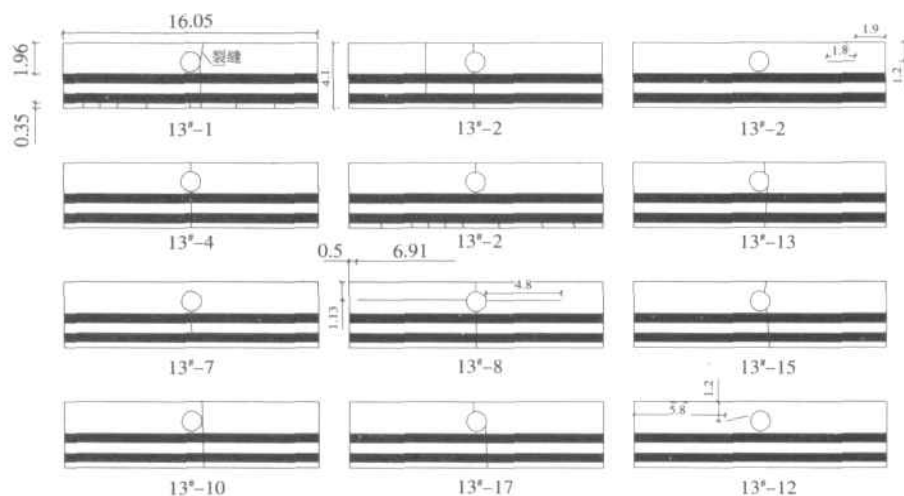


图3 北方某沉箱码头胸墙顶面裂缝的分布情况

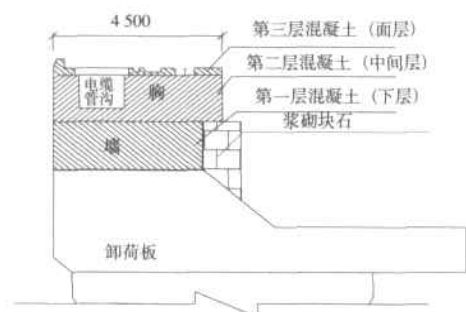


图4 54#~56#集装箱泊位胸墙施工分层示意图

表1 56#泊位胸墙分层施工间隔时间统计

胸墙段号	间隔时间/d	胸墙段号	间隔时间/d
31	4	39	7
32	7	40	7
33	5	41	5
34	3	42	6
35	6	43	6
36	7	44	4
37	5	45	5
38	7	46	5

墙分层浇筑时, 严格控制浇筑面平整度; 混凝土接茬面凿毛时, 避免表面出现过大的凹坑, 接茬面粗糙度的一致可避免约束应力不均匀所产生的裂缝。

4.4 严格控制混凝土的温度

为避免或减轻大体积混凝土的温度裂缝, 混凝土施工过程的温度控制十分重要。所采取的控制手段主要为:

1) 选用低水化热水泥, 掺入引气剂和减水剂, 降低水灰比, 减少水泥用量, 以尽量减小混凝土水化热引起混凝土的温升。鲅鱼圈港区四期 54#~56#泊位胸墙混凝土设计强度为 C35 F300, 夏季和春秋季节所使用的混凝土配合比技术条件如表 2。

2) 严格控制混凝土的入模温度, 夏季施工混

表2 54#~56#泊位胸墙混凝土配合比技术条件

项 目	夏季使用	春季、秋季使用
水灰比	0.4~0.42	0.4~0.42
配合比	1 1.55 3.44	1 1.35 3.31
水泥用量(kg·m ⁻³)	368	395
砂率/%	29~33	29~33
加气剂掺量/%	0.012	0.012
减水剂掺量/%	0.3~0.6	0.3~0.6
混凝土坍落度/mm	30~50	30~50
混凝土含气量%	3~6	3~6
混凝土 28 d 强度/MPa	42.4	44.6

凝土的入模温度不宜大于 30 ℃。

3) 混凝土内部温度不宜大于 60 ℃, 必要时应采取降温措施。

4) 在混凝土中掺入适量大块石。为降低混凝土内部温升, 在下层混凝土中按规定掺入 40~60 kg 的块石。在炎热天气下施工时, 大块石应设置遮阳装置并喷水冷却降温。

5) 加强混凝土的早期养护, 合理确定拆模时间, 当气温骤降时提前采取保温措施, 以免混凝土表面受到冷激。

4.5 适当加密钢筋

1) 墙面采用细钢筋、加密配筋的措施。尽管加筋对大体积混凝土的温度应力影响很小, 单纯利用钢筋来防止裂缝的出现比较困难。但加筋后可起到分散裂缝、减轻裂缝宽度与深度的作用。当墙体钢筋的直径细、间距密(间距为 100~150 mm) 和保护层不大于 60 mm 时, 可将胸墙出现的有害裂缝转化为无害裂缝。本工程胸墙的配筋如图 5 和图 6。

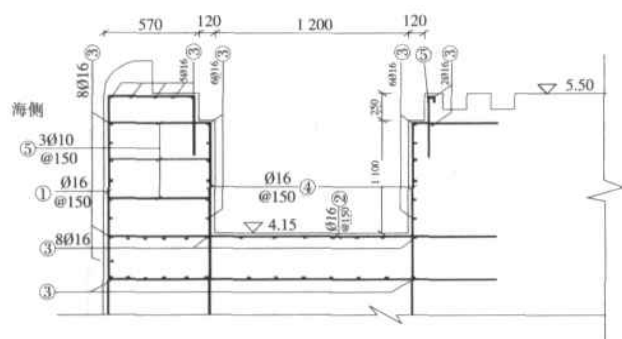


图 5 胸墙管沟墙配筋图

2) 在胸墙顶面增设钢筋网或钢丝网, 在断面变化处增设“八字筋”, 或同时采用纤维混凝土浇筑面层的措施。

本工程系船块体顶部和管沟周边均铺设钢丝网片，钢丝网片的顶保护层控制在 30~40 mm。但是本工程未采用纤维混凝土。所用的钢丝网片为 @20φ4。

4.6 提高混凝土浇筑、振捣和压面的质量, 保证潮湿养护的时间, 提高混凝土表面的抗裂能力

保证混凝土的施工质量对提高混凝土的抗裂能力十分重要。主要是坚持分层减水、二次振捣、

多次压面、加强早期养护等,可以防止或减少混凝土表面沉缩裂缝和干缩裂缝等缺陷的出现。

5 治理措施

胸墙出现裂缝, 必须对裂缝的开展情况及产生原因进行调查分析。要根据裂缝的形状、裂缝宽度和裂缝深度的不同, 严格执行《水运工程混凝土质量控制标准》的规定^[4](表 3)。

1) 对裂缝宽度超过表 3 规定的裂缝, 必须根

表 3 水运工程钢筋混凝土裂缝宽度限值 mm

海水环境				淡水环境		
大气区	浪溅区	水位变动区	水下区	水上区	水位变动区	水下区
0.2	0.2	0.25	0.3	0.25	0.3	0.4

据工程结构特点和使用要求进行处理。影响结构整体性的贯穿性裂缝,一般需进行灌浆处理。浅层裂缝,由于胸墙多属于少筋混凝土,其裂缝也多属于“稳定裂缝”。因此,一般可采用表面封闭的处理措施(图7)。

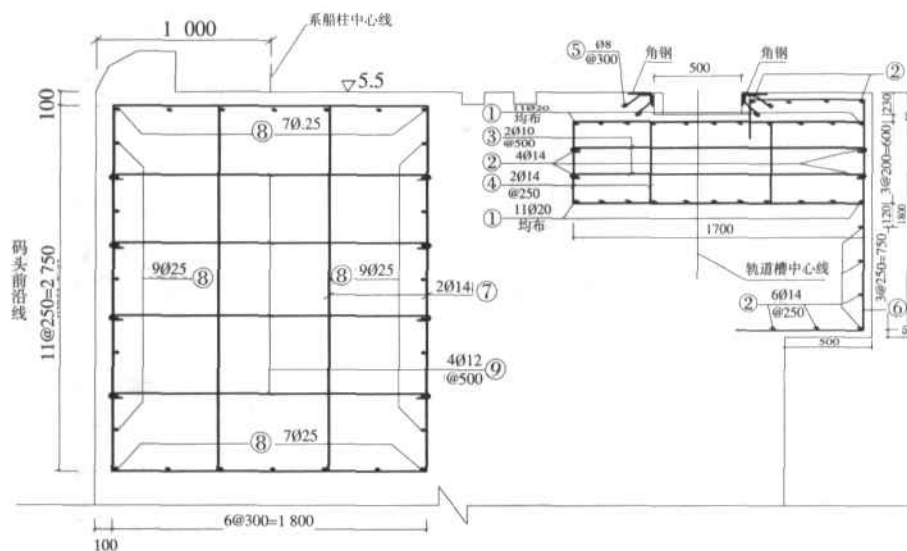


图 6 胸墙系船块体和轨道梁配筋图

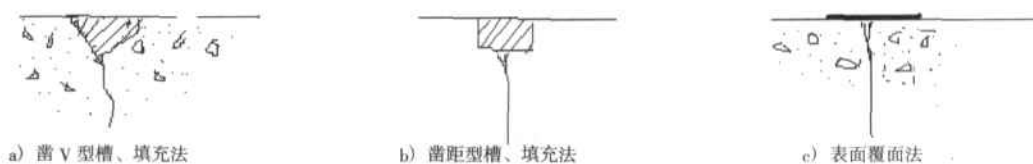


图 7 裂缝封闭方法示意图

5 防治效果

通过上述措施的实施, 鲅鱼圈港区四期工程54#~56# 集装箱泊位胸墙变形缝的缺陷防治取得了很好的效果。变形缝线直、面平、缝宽均匀、上下贯通, 不仅保证了变形缝功能的正常发挥, 而且变形缝的外观质量有了很大的提高。据检查, 变形缝缝宽和缝顺直的偏差均控制在 ± 3 mm之内(缝宽偏差规范允许值为10 mm, -5 mm; 缝顺直偏差规范允许值为10 mm); 缝两侧构件混凝土顶面高差(胸墙和轨道梁未发生不均匀沉降之前)控制在2 mm之内, 变形缝两侧混凝土无漏浆或流坠现象。尤其是当使用彩色橡胶条做嵌缝材料后, 变形缝的线条更加美观。

6 结语

重力式码头的变形缝虽然细小, 但其功能重要。只要充分重视, 采取预防措施, 严细管理, 精心施工, 这些“质量通病”是完全可以消除的。

我国现有的教科书、规范和规程对类似变形缝这样的细部做法尚缺乏叙述或相应规定, 不便进一步提高工程细部处理的质量。因此, 建议有关标准能进行必要的补充。

参考文献:

- [1] JTJ 290—98, 重力式码头设计与施工规范[S].
- [2] JTJ 268—96, 水运工程混凝土施工规范[S].
- [3] 伊左林. 码头胸墙裂缝原因分析及其对策[J]. 水运工程, 2005(11): 53-56.

(上接第37页)

2) 对于宽度未超过表3规定限值的裂缝和龟裂, 一般不作处理。

3) 对于胸墙顶面的较规则的表面浅层裂缝, 当质量要求较高时, 可先用无齿锯“裁弯取直”、凿除表层, 再用收缩补偿混凝土补平。

6 防治效果

截止到目前, 营口港鲅鱼圈港区四期工程54#~56# 集装箱泊位胸墙混凝土没有出现有害裂缝。但在胸墙顶部和部分系船块体周围及管沟四角处仍有少量微细裂缝, 裂缝宽度不大于0.1 mm。54#泊位与一、二、三期工程相比, 裂缝数量明显减少, 裂缝宽度和长度明显减轻。

鲅鱼圈港区一、二期工程码头胸墙裂缝比较普遍, 几乎段段出现; 三期51#~53#泊位共有胸墙41段, 出现裂缝的11段, 裂缝发生率为26%; 四期工程54#~56#泊位胸墙已完成43段, 出现裂缝的4段, 裂缝发生率为9.3%, 比三期降低了16.7%。

7 结语

重力式码头胸墙混凝土出现裂缝原因是复杂的, 完全根治非常困难, 但是只要认真对待, 采取恰当的措施完全可以改善, 可以降低裂缝的出现几率, 可以减轻裂缝的开展程度, 将有害裂缝转化为无害裂缝。

防治胸墙混凝土裂缝必须实行综合治理。其中设计单位是防治工作的龙头, 施工是关键。设计单位要因地制宜, 合理确定胸墙的设计分段, 合理布设胸墙钢筋, 在面层设计中要有防裂构造设计, 增加防裂钢筋网或钢丝网, 必要时, 面层混凝土要使用纤维混凝土。

有关规范对胸墙分段长度的规定, 应随预制构件大型化的发展作适当修改。

参考文献:

- [1] 伊左林. 码头胸墙裂缝原因分析及其对策[J]. 2005(11): 53-56.
- [2] JTJ 290—98, 重力式码头设计与施工规范[S].
- [3] JTJ 268—96, 水运工程混凝土施工规范[S].
- [4] JTJ 269—96, 水运工程混凝土质量控制标准[S].