

中国港湾建设总公司推荐参考文献

英国标准

海工建筑物

第七分册

防波堤设计和施工指南

中国港湾建设总公司



前 言

英国标准 **BS 6349** 的本分册是在英国土木工程和建筑结构标准政策委员会的指导下编制的。

本分册提供了防波堤设计与施工方面的指导,共分为如下六章:

- 第一章 总论
- 第二章 平面布置
- 第三章 防波堤结构的总体设计
- 第四章 斜坡式防波堤
- 第五章 直立式防波堤
- 第六章 混合式防波堤

起草本英国标准时,假定其条文的执行系委托于具有相当资格与经验的人员,并作为供他们使用的指南。它提供了一些资料和指导,但其中并非所有都可以直接进行验证。根据今后在本领域内新增的资料与知识范围,本指南有可能修订为实用的规范。

BS 6349 包括如下七个分册:

- 第一分册 总则
- 第二分册 码头、栈桥和系靠船墩设计
- 第三分册 干船坞、船闸、滑道和船台、升船机和坞门及闸门设计
- 第四分册 护舷和系泊装置设计
- 第五分册 疏浚和陆地填筑规范
- 第六分册 近岸区锚泊装置和浮式结构物设计
- 第七分册 防波堤设计和施工指南

第一~六分册已编写为实用的规范,它包括由良好的、普遍认可的实践得出的建议,并己为有才干的专业人员所遵循。第七分册编写为一本指南。

本分册中的许多图、表系分别由拥有版权的个别机构提供的。图、表的来源分别注于每张图、表的下角。英国标准协会在此对他们获允复制深致谢意。

执行英国标准并不免除应负的法律責任。

中译本说明

为参考和利用国际通用标准规范,中国港湾建设总公司组织内部翻译英国标准 BS 6349《海工建筑物》第二、三、四、五、六和七分册。第一分册《总则》已由全国水运工程标准技术委员会翻译出版,现统一汇编重印并新增该分册五次修订译文。

中译本的翻译、审校由中国港湾建设总公司负责组织;编辑和印制等工作由第三航务工程勘察设计院统筹办理。

1991年版《防波堤设计和施工指南》是英国标准 BS 6349《海工建筑》的第七分册。

本册翻译: 李乃扬(第一、二、三、六章),

李玉成(第四、五章);

本册审校: 谢世楞

总 审 校: 李棣荣

在翻译印制工作中得到交通部基建司领导和第三航务工程勘察设计院的大力支持;第一航务工程勘察设计院和大连理工大学为本分册提供很多帮助,特此致谢。

译文中难免有不妥或谬误之处,恳请指正。

中国港湾建设总公司

目 录

第一章 总论	(1)
1.1 范围	(1)
1.2 定义	(1)
第二章 平面布置	(2)
2.1 概论	(2)
2.2 港口布置	(2)
2.2.1 概述	(2)
2.2.2 航行方向	(2)
2.2.3 波浪的侵入	(3)
2.2.4 波浪的越顶和透入	(3)
2.2.5 防波堤的轴线布置	(3)
2.2.6 物理与数学模型	(4)
2.3 环境影响	(4)
2.3.1 概述	(4)
2.3.2 水动力状态及泥沙输送	(6)
2.3.3 污染	(6)
2.3.4 生态的考虑	(6)
2.4 资料的收集	(6)
2.4.1 气象与气候	(6)
2.4.2 波浪	(6)
2.4.3 水深测量及海岸地形	(6)
2.4.4 水位	(7)
2.4.5 海水运动	(7)
2.4.6 泥砂输送	(7)
2.4.7 土工方面	(7)
2.4.8 建筑材料	(7)
第三章 防波堤结构的总体设计	(9)
3.1 概论	(9)
3.2 设计原理	(9)
3.2.1 概述	(9)
3.2.2 设计波浪	(10)
3.2.3 影响失效的因素	(10)
3.3 设计工作的开展	(10)
3.4 设计波候	(13)
3.4.1 波候的推算	(13)
3.4.2 设计的波浪条件	(15)

3.5	结构型式的选择	(16)
3.5.1	结构的型式	(16)
3.5.2	影响选择的因素	(16)
3.6	水力模型实验	(18)
3.6.1	引言	(18)
3.6.2	模型比尺	(19)
3.6.3	混凝土护面块体模型	(20)
3.6.4	模型的制作	(20)
3.6.5	实验大纲	(20)
3.7	风险分析	(23)
3.7.1	极限状态	(23)
3.7.2	风险水平的选择	(23)
3.7.3	故障树	(24)
3.7.4	分析方法	(24)
第四章	斜坡式防波堤	(26)
4.1	概论	(26)
4.2	总体设计	(26)
4.2.1	影响断面选择的因素	(26)
4.2.2	爬高及越浪	(32)
4.2.3	整体稳定	(35)
4.3	护面块设计	(36)
4.3.1	概述	(36)
4.3.2	块石护面	(36)
4.3.3	混凝土护面块体	(36)
4.3.4	计算公式	(39)
4.3.5	护面层厚度及范围	(42)
4.3.6	堤顶和后坡的护面	(43)
4.4	堤心及垫层设计	(43)
4.4.1	概述	(43)
4.4.2	堤心石的分级	(43)
4.4.3	垫层的尺度	(44)
4.4.4	垫层厚度	(45)
4.4.5	填筑地的反滤层	(46)
4.5	胸墙设计	(47)
4.5.1	概述	(47)
4.5.2	结构设计	(47)
4.5.3	分析	(47)
4.6	堤脚及护坦的设计	(50)
4.7	地基设计	(55)

4.8	堤头设计	(55)
4.9	低堤顶防波堤	(57)
4.9.1	概述	(57)
4.9.2	护面块设计	(57)
4.10	建筑材料	(57)
4.10.1	石料	(57)
4.10.2	混凝土	(59)
4.10.3	土工织物及有关材料	(59)
4.10.4	沥青材料	(60)
4.11	施工	(61)
4.11.1	概述	(61)
4.11.2	施工机具	(61)
4.11.3	施工工序	(61)
4.11.4	堤脚施工	(61)
4.11.5	堤心及垫层	(61)
4.11.6	护面块体	(62)
4.11.7	测量、偏移和误差	(62)
4.11.8	胸墙结构	(63)
4.12	监控及维修	(63)
第五章	直立式防波堤	(64)
5.1	概论	(64)
5.2	结构型式	(64)
5.2.1	概述	(64)
5.2.2	实体墙结构	(64)
5.2.3	带开孔面板的结构	(64)
5.2.4	海侧有抛石棱体的结构	(64)
5.3	设计	(72)
5.3.1	概述	(72)
5.3.2	水力特性	(72)
5.3.3	荷载	(72)
5.3.4	整体稳定性	(75)
5.3.5	地基	(75)
5.3.6	防冲措施	(76)
5.3.7	胸墙结构	(78)
5.3.8	堤头	(78)
5.3.9	耐久性 & 细部	(78)
5.4	沉箱结构	(78)
5.4.1	概述	(78)
5.4.2	形状	(78)

5.4.3	基床	(79)
5.4.4	浮运条件	(79)
5.4.5	回填	(79)
5.4.6	沉箱间的接缝	(79)
5.4.7	胸墙结构	(81)
5.5	混凝土方块结构	(81)
5.6	大体积混凝土结构	(81)
5.7	格型板桩结构	(82)
5.7.1	概述	(82)
5.7.2	防冲护坦	(82)
5.7.3	胸墙结构	(82)
5.8	双板桩结构	(82)
5.9	单板桩结构	(83)
第六章	混合式防波堤	(84)
6.1	概论	(34)
6.2	结构型式	(84)
6.3	混合式防波堤的结构设计	(84)
6.3.1	引言	(84)
6.3.2	影响断面选择的因素	(84)
6.3.3	水力特性	(86)
6.3.4	荷载	(86)
6.3.5	各种稳定情况	(86)
6.3.6	结构及地基	(87)
6.3.7	上部结构	(88)
6.4	施工	(88)
附录		
附录 A	参考文献	(89)
附录 A.1	本分册的参考出版物	(89)
附录 A.2	其他参考文献	(93)
附录 B	有关出版物	(94)
附表		
表 1	近岸风速的修正	(14)
表 2	越顶水量与安全条件的关系	(17)
表 3	模型中混凝土护面块体的运动状态	(21)
表 4	防波堤模型中的损坏分级	(22)
表 5	典型的块体孔隙率	(38)
表 6	建议的混凝土块的最大限重	(39)
表 7	应用 Hudson 公式计算块重时的 K_D 建议值	(40)
表 8	堤身混凝土块体的 K_D 初步建议值	(42)

表 9	混凝土护面块体的垫层块石重	(44)
表 10	层厚系数	(46)
表 11	一般石料的工程特性及有关指标	(58)

附图

图 1	典型的防波堤布置	(5)
图 2	设计使用期、重现期与超值概率间的关系	(11)
图 3	设计过程	(12)
图 4	典型的斜坡式防波堤因果图	(25)
图 5	典型斜坡堤的各个部分及其功能	(27)
图 6	有垫层的斜坡堤实例	(28~30)
图 7	无垫层的斜坡堤实例	(31)
图 8	斜坡堤越浪产生的传递波高值	(33)
图 9	越浪产生的传递波高与越浪时间率的关系	(34)
图 10	波浪作用产生的显著破坏	(35)
图 11	混凝土护面块体示例	(37)
图 12	斜坡堤的典型胸墙结构	(48)
图 13	斜坡堤的堤脚细部	(51~52)
图 14	斜坡堤的可坍塌护坦	(53)
图 15	在波浪作用下海底不发生位移的块石计算图	(54)
图 16	圆形堤头示例	(56)
图 17	斜坡堤施工工序示例	(60)
图 18	沉箱结构	(65~66)
图 19	混凝土方块结构	(67)
图 20	大体积混凝土结构	(67)
图 21	格形板桩结构	(68)
图 22	双板桩结构	(68)
图 23	单板桩结构	(69)
图 24	带开孔板的直墙式结构	(69)
图 25	带槽孔的挡浪板式结构	(70)
图 26	海侧有护面棱体的直墙式结构	(71)
图 27	由越浪产生的波高传递系数	(73)
图 28	抛石基床及防护抛石的稳定系数 N_s	(77)
图 29	典型的沉箱接缝	(80)
图 30	典型的混合式防波堤结构	(85)
图 31	混合式防波堤结构的失效模式	(87)

第一章 总论

1.1 范围

英国标准 BS 6349 的本分册提供了防波堤设计与施工方面的指导。

防波堤是用于防护港口及诸如海水进水口等建筑物免受波浪作用的建筑物。英国标准 BS 6349 的本分册仅对几种主要型式的防波堤给予指导。浮式防波堤未包括在内。

诸如防砂堤、护岸、导堤等海岸建筑物也未予包括,虽然在设计的有些方面也适用于它们。

注. 本英国标准所引注的出版物的名称列表于最后。文中方括号内数字为参考文献的号码,列于附录 A 中。

1.2 定义

为了使用英国标准 BS 6349 的本分册,英国标准 BS 6349 第一分册中给出的定义连同下列定义一并使用。

1.2.1 斜坡式防波堤

一种主要由抛填或置放在海床上的块石所构成的建筑物。建筑物的表面由比较大的块石或预制的混凝土块体构成一层或多层保护堤心内较小块石免遭波浪袭击的护面层。在堤的上面可以设置一个有助于防波堤功能的顶面结构。

注. 图 6 中示出一些斜坡式防波堤的实例。

1.2.2 直立式防波堤

一种主要由海底直接向上伸出的竖直墙面来抵抗波浪袭击的建筑物。

注. 图 18 中示出一些直立式防波堤的实例。

1.2.3 混合式防波堤

一种由水下抛石基床或潜堤及其上部为一伸出海面的直立式结构所组成的建筑物。

注. 图 30 中示出一些混合式防波堤的实例。

第二章 平面布置

2.1 概论

本章研究防波堤如何达到其防护港内水域功能的平面布置。另外,对有关船舶航行、波浪透入、环境影响及资料收集方面给予了指导。

2.2 港口布置

2.2.1 概述

波浪的能量可以通过防波堤之间的口门、越过防波堤的顶面以及透过透水的防波堤而进入港内水域。因此,防波堤的结构型式及其细部构造都会对港内水域的波浪情况产生影响。由于这个原因,防波堤的布置不能同它的结构设计完全分开。在确定最佳的解决办法中经常需要采取逐步接近的步骤。

整个港口的规模取决于港口总体设计中所需的货物装卸设施的数量、尺寸与布置。这方面的考虑已不属本分册范围,有关说明见英国标准 BS 6349 第二分册(1988 年版)第 2.1.1 条。

防波堤也可用于防护进港航道不受沿岸漂砂影响或增强潮汐通道的稳定与顺直。

防波堤的地点与布置按下述需要确定,以便对港口提供必要程度的防护:

- (a) 船舶系靠码头或在锚地停泊时的掩蔽条件;
- (b) 船舶在港内航行操纵及调头时的水域面积;
- (c) 船舶以安全航行速度驶入港口口门时的安全制动距离。

2.2.2 航行方面

英国标准 BS 6349 第一分册(1984 年版)第 18 条给出了进港航道的宽度与深度方面的标准;英国标准 BS 6349 第一分册(1984 年版)第 19 条给出了船舶在港内操纵方面的标准;英国标准 BS 6349 第一分册(1984 年版)第 30、31 条给出了大、小船舶可以系泊的波浪条件。另外,还应提供适于拖轮及带缆船顺利工作的条件。

防波堤的存在将造成口门处的特殊航行条件。水流的偏转及波浪环绕堤头的绕射可以引起口门处的横流。波浪会从防波堤上发生反射。于是,当船舶由开敞海面进入掩蔽水域时,影响船舶航行的周围条件将在一个短距离内发生显著的变化。一个宽的口门,便于航行,但与减少波浪侵入港内的目标相矛盾,两者之间应有适当的妥协。航行不会总在异常的风浪条件下进行。

在确定防波堤在口门处的最佳布置时,除考虑造价经济以及航行和港口作业不受限制外,最重要的是听取富有经验的船员们的意见。

英国标准 BS 6349 第一分册(1984 年版)第 18 条介绍的模型与船舶模拟器对口门及防波堤的布置会有很大帮助。

2.2.3 波浪的侵入

波浪通过口门的侵入是决定港内水域响应的最重要因素。首先需要确定口门外侧的波浪条件,然后确定口门对允许波浪进入港内的影响,最后再确定港内各个关键位置处的响应。

英国标准 BS 6349 第一分册(1984 年版)第 22 条给出了如何建立外海波候的指导,并在第 23 条中给出了如何推算口门处的近岸波浪条件的方法。波浪的方向很重要,在平面设计中虽然应在最大波浪时对港口提供最大的掩蔽,但来自其它方向的较小波浪条件有时也很重要。

除对罕见的情况外,对常遇的波浪条件也应予以考虑;前者影响安全,后者影响停工及作业费用。BS 6349 第一分册(1984 年版)第 31.4 条给出了船舶运动方面的允许限度。

应对受潮汐及风暴潮影响的各种水位情况下的波浪作用进行研究。水位变化将正常地引起入射波的能量改变,尤其会影响口门处的波向[见 BS 6349 第一分册(1984 年版)第 25 条]。海底等深线的变化也有很大影响。BS 6349 第一分册(1984 年版)第 23.2.3 条提及港外航道浚挖后的情况可作为这方面的一个例子。

波浪在口门处的绕射将决定防波堤对港口的掩蔽程度及波浪在港池内的散布状态。必须考虑波浪在港内可能被反射或吸收的程度以及在确定港内水域的响应时是否需要考虑水深变化处的变形、折射及底部摩阻。BS 6349 第一分册(1984 年版)第 29 条对以上所述及物理、数学模型的应用方面给予了指导。

超过大约 30s 的长周期波很难被阻止进入港内,它会引起已经系泊在港内的船舶的动荡。长周期波还会引起港内水域的共振现象。BS 6349 第一分册(1984 年版)第 29.4 条给予了这方面的指导。这种不希望出现的现象会由于港内采用了反射性墙面而加剧;如有可能,这种墙面应避免采用。有时不得不设置可吸收能量的墙面。

2.2.4 波浪的越顶和透入

波浪的越顶与透入以及它们在港口的布置与响应方面的影响取决于防波堤的结构设计。要防止波浪越过防波堤的顶面是十分费钱的,因为堤顶的增高将迅速增大作用于结构上的波力。应仔细斟酌一个可被接受的越浪程度。

应对大量的越浪与由风带起的浪花加以区别。对于斜坡式防波堤,大量越浪可通过设计合适的海侧坡面和堤顶而得到避免或控制,但由风带起的浪花却无法控制。当防波堤背后为一填筑场地或设置了各种设施时,波浪越顶及风带起的浪花会对人员及车辆带来严重不便或危害、以及作业中断和场地浸水。第 3.2.5.4 条对波浪越顶给出了建议性的限值,这些限值与车辆及人员的通行情况有关。通常除了防波堤的堤顶被设计得很低外,即使严重的越浪也很少对港内的波浪作用产生明显影响。但越浪对堤顶很低的情况则变得十分重要,其中对于斜坡堤方面请参阅第 4.9 条,直立结构方面请参阅第 5.3.2 条。

波浪可以透过孔隙很大、例如完全由大块石构成的斜坡堤,其透入程度随波浪的周期而明显增大。对于周期大致超过 30s 的长周期波,会对港内水域的响应产生明显影响。

直立式防波堤是不允许波浪透入的,除了透空的防波栏栅。透空的防波栏栅在一般的港口工程中是不适用的,但可用于波候温和的地点,例如有掩蔽的游艇港池。

2.2.5 防波堤的轴线布置

港口的尺度及防波堤的轴线布置应按照第 2.2.1 至 2.2.4 条的指导进行确定。通常应

对各种不同的方案进行研究,通过对有利的岸线和海底地形的利用,可以获得相当大的节省。例如:可以

- (a)将防波堤的根部坐落在岩石的岬角处,以减小该处冲刷的危险;
- (b)针对拟定的港口范围及设施,选择一个可将结构的长度和深度减至最少的布置;
- (c)选择一个波高较小的防波堤位置与走向,以减小波浪对结构的作用。

最后的布置可能包括利用海中的暗礁或砂洲以使较大波浪在尚未到达防波堤之前即已破碎。在这种情况下需要特别注意对波浪折射的影响作出估计,它可能引起波浪在防波堤某个位置处的集中而使波高增大。防波堤处的波高还会由于波浪的斜向侵袭而增大,造成沿防波堤推进的增高的波浪。

确定防波堤的存在是否会引起一些变化是很重要的,例如离岸浅滩的变深可能会使防波堤遭受到第 2.3 条将详细说明的更大的波浪袭击。

防波堤临海面的反射可产生立波,其结果是可能增大某些段落上的波浪袭击。这种效果当防波堤轴线呈凸形而不是直线时将会减小。凹形曲线会引起严重的波浪集中,应尽量避免。

主防波堤和背风防波堤的堤头通常布置成具有显著交错重叠的形式,以防止最严厉的波浪直接进入港内。

有时如图 1(a)所示那样,在设计中指定主防波堤用于抵御最严厉的波浪袭击,而背风防波堤采用较轻型的结构。此时港口的设施可以集中在背风的防波堤上,使得主防波堤可以接受某一程度的越浪及随之而来的费用节省。

另一种如图 1(b)所示的港口设计通常比较适用于导流十分重要的河口,这里的防波堤大多不再交错重叠而允许较多的波浪作用侵入口门。大部分波浪能量由主防波堤以内的消浪海滩所吸收,并有较窄的第二道口门通向码头。

2.2.6 物理与数学模型

目前已有许多应用物理模型评定港口布置的经验。英国标准 BS 6349 第一分册(1984 年版)第 29.5 条对此给予了指导。

数学模型现在也用于评估各种布置的效果。它们还可用于确定各种不同布置的定性效果而无须对各个方面给出足够详细的数据。BS 6349 第一分册(1984 年版)第 29.6 条对数学模型的应用方面给予了指导。

现今对于重要项目的最佳作法是物理与数学二种模型都用。

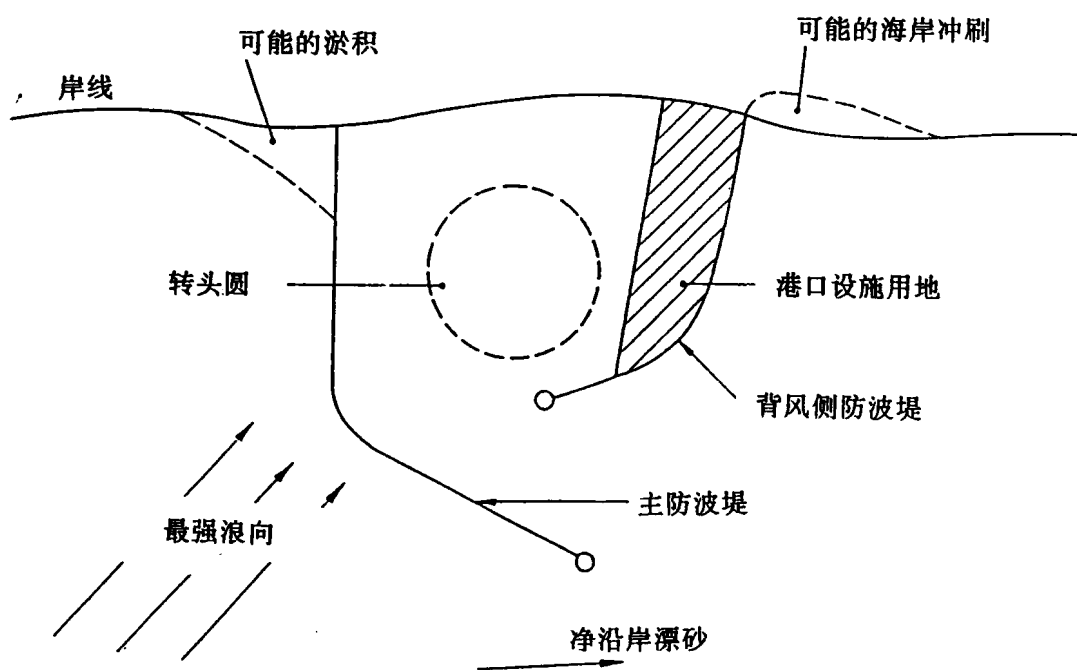
这里需要注意的是对现场资料的及早收集,以便进行模型的制备及实验大纲的拟定。

上述物理模型,在包括整个港口的波浪实验池中,其比例往往太小而难于进行防波堤结构稳定性的研究。但这种模型可以反映出防波堤的哪一部分会遭到最大波浪的袭击,从而可以对第 3.6 节提及的水力模型实验的安排给予有益指导。

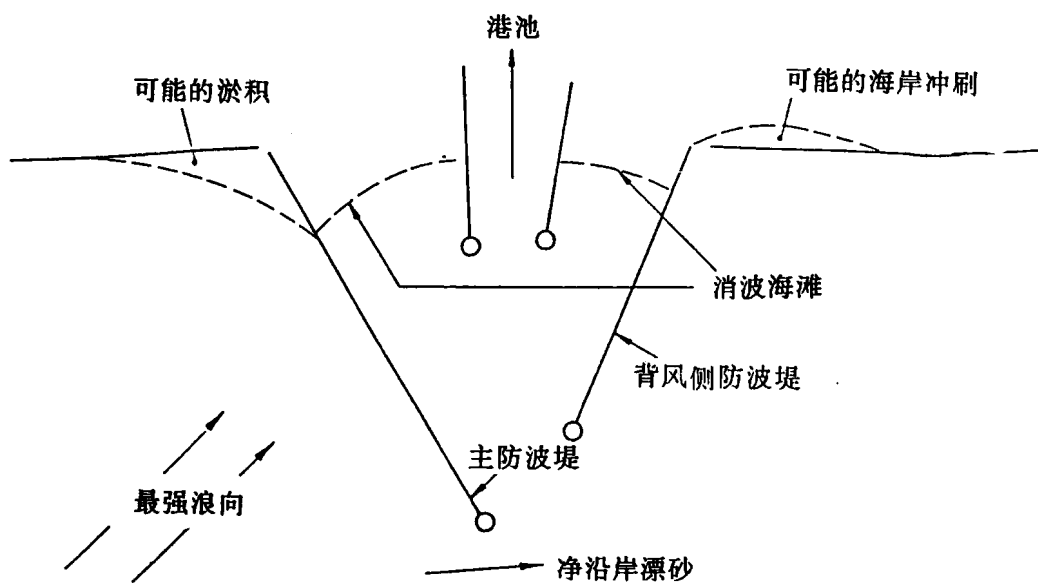
2.3 环境影响

2.3.1 概述

防波堤的建造带来海岸状态的最大变化。除了周围环境对防波堤的影响外,也应该充分注意防波堤对其周围环境的影响。这里可能出现的因素将在下面的第 2.3.2 至 2.3.4 条中给予说明。



(a)



(b)

图 1 典型的防波堤布置

2.3.2 水动力状态及泥沙输送

防波堤将引起海状态的变化[见英国标准 BS 6349 第一分册(1984 年版)第 28 条]。应对潮流及波浪引起海底可移动物质的最终变化作出仔细的估计,即使其中含有明显的不确定性。BS 6349 第一分册(1984 年版)第 14 条对泥沙的输送及其过程的物理与数学模型的局限性给出了一般性建议。

在最简单的情况中,可以预料在海边建造港口后将会出现如图 1 所示的在漂砂的上游发生淤积和下游发生冲刷的情况。在漂砂的上游的淤积最终可能形成横跨口门及需要进行维护性浚深的砂坝,而在漂砂的下游的冲刷可能导致海滩的消失及需要采取防护海岸的措施,其防护的范围可能从港口延伸很远。

需要对防波堤结构的影响作出评估。例如水深变浅可以减少波浪对漂砂上游防波堤的作用,而底部的冲刷则会增大漂砂下游防波堤不稳定的风险。

对于沿岸漂砂为海岸线的主要特征及对漂砂的阻断可能会在邻近岸线产生严重影响的地点,设置一个使漂砂可越的设施可能是十分必要的。

漂砂的绕越可以通过对具有足够强度的潮流进行导流或将被拦截的漂砂用泵抽送过口门或进行补给性的挖泥后再抛卸至漂砂下游岸滩的途径来完成。

2.3.3 污染

沿海港口的建成将形成一个相对来说不受波浪和海流干扰的水域。由于在静水中容易发生污染及泥沙的沉积,应尽量限制大的排水源将污水排放至港内。

对于潮差较小(例如地中海)的地区,为增加港内的水流,可在防波堤的适当部位开孔或设置渠道。

防波堤所引起港外水力状态的改度,可能会对污染物的散布产生影响。

2.3.4 生态的考虑

防波堤对建堤地区的生态通常无有害的影响,除非它们引起了影响当地生物生长的环境变化。

2.4 资料的收集

2.4.1 气象与气候

防波堤的设计和施工、以及对波候和极端水位的估计都需要风、气温和气压方面的资料。英国标准 BS 6349 第一分册(1984 年版)第 7 条对各种资料的来源以及气象与气候方面所需考虑的事项作了详细说明。

2.4.2 波浪

防波堤的设计和施工需要具备有关各种情况下的波浪活动及其持续性的全面知识。结构设计需要最大波高方面的资料,而港口布置、港口营运以及施工安排则需要季节性及年度变化方面的资料。在有些地点,特别是具有持久性涌浪的地点还需要长周期波活动方面的资料。英国标准 BS 6349 第一分册(1984 年版)第 26 条对资料来源以及波浪记录和分析方面作了详细的说明。

2.4.3 水深测量及海岸地形

防波堤轴线位置的确定及所在地区海底与海岸特征对波浪传播影响的估计都需要用到

海底及岸线方面的详细资料。测量的范围及测量工作的技术要求可在参考了已有的海图后确定。更多的水深信息可从“海军水道测量学家”所掌握的海图集中获得。除英国外,水道测量局还掌握了许多其它国家的水深资料。其它国家也有类似的机构。

为研究波浪折射所需的近海水深测量,其范围与波浪的周期有关。通常复盖的面积应从拟建防波堤的位置向海延伸至水深约为半倍波长的地点。英国标准 BS 6349 第一分册(1984 年版)第 8 条对水深测量的方法作了介绍。

2.4.4 水位

应该具备有关潮汐涨落引起的水位变化以及气压作用、风暴潮和波浪增水所引起的各种极端水位的推算资料。

英国标准 BS 6349 第一分册(1984 年版)第 10 条对水位的记录方法与气候作用引起的水位变化作了介绍,第 25 条对风暴潮方面作了指导。

对于会出现地震海啸的地区,为确定其严重程度及发生概率,往往需要对有关的历史记录进行完整的调查研究。对于太平洋地区,可向设在夏威夷的美国气象中心查询。

2.4.5 海水运动

应收集有关防波堤地点的海水流速与流型资料,以便研究拟采用的结构对水力动力状态的影响。这种资料对航行研究也是需要的。有些海流资料可从“海军水道测量学家”及其它国家的类似机构出版的“航行指南”中获得。虽然在海图上标出了海流的方向和速度,但用于详细的规划中往往是不够的。当地渔民和游艇驾驶爱好者往往是一个很有价值的信息来源,特别是在设计的初期阶段,但其中定量的数据应慎重对待。

英国标准 BS 6349 第一分册(1984 年版)第 11.2 条对海流的侧量方法作了介绍。

2.4.6 泥砂输送

应按第 2.3.2 条所述内容,对防波堤建造后的水动力状态及随后的泥砂运动变化之间的交替影响进行研究。通过与以前海图的对比及航空摄影,可得出海底在过去的变动范围。

英国标准 BS 6349 第一分册(1984 年版)第 14 条对泥砂输送、输砂量的测量方法以及由于波浪输砂引起的淤积与冲刷作了论述。

2.4.7 土工方面

英国标准 BS 6349 第一分册(1984 年版)第 49 条对于为查明海底以下情况的现场调查给予了指导。当现场条件合适,钻探调查应优先于旁侧声纳扫描及地球物理探测,以获得一张说明整个地区地表复盖层及其下地质变化的简图。

应对现场的海上调查时间、范围与深度予以仔细的研究。在设计的早期阶段,防波堤的准确位置是不确定的,建议此时调查的复盖范围要大,但精度可粗。至于最后的结构设计,则需在一狭小范围内进行较详细的勘探。

对随后地下土层的进一步了解,只能按每个单独项目作具体的安排。它与地基的变异程度和安排一个还是几个阶段的费用有关。另外,它还在很大程度上受到现场偏远和遭遇波浪的严重程度的影响。

2.4.8 建筑材料

防波堤的建造往往需用大量的块石和混凝土的骨料。在建设的初期即应明确材料的可能来源和质量要求。这项工作包括对所用地图、照片与报告的评定并继之以现场调查。

英国标准 BS 6349 第一分册(1984 年版)第 57.2 条对主要护面块石的质量检验作了介

绍。各种尺寸的块石的开采量可由富有经验的工程师和地质学家们作出估计。Allsop、Bradbury 及其他学者也给予了一些指导[1]。进一步有关用于斜坡式防波堤的石料数据见第 4.10.1 条。

第三章 防波堤结构的总体设计

3.1 概论

本章研究了防波堤结构的设计原理以及影响设计标准选定与设计波浪条件推算的有关因素。另外,介绍了影响结构型式选择的各种因素,讨论了水力模型的应用,并对风险分析作了评述。

3.2 设计原理

3.2.1 概述

结构的设计确定于防波堤的功能、现场地形、环境条件及经济方面的考虑。设计中的主要因素为波浪作用与地基条件。

施加于结构上的波浪作用与结构对这些作用的抗力之间的基本对比关系是很复杂的。原因是自然界的波浪作用具有随机的性质,而结构对波浪的响应又未被人们充分了解。

实际应用于直立式和斜坡式结构的设计方法是不同的。目前通用的设计原理可概述如下:

直立墙被视为刚体,按准静力分析法进行设计。设计中对结构上的最大波浪条件作出估计,然后据此按公式计算其压力、荷载和结构的位移。通过施加的荷载与结构的抗力之间的对比,以此来确认设计是否具有适当的安全系数。设计中的不确定性主要来自采用的波浪条件与计算公式的准确性。

对于被视为柔性结构的斜坡堤,除波浪条件有着同样的不确定性外,还在波浪/结构响应的性质方面缺乏足够了解。目前的设计是建立在主要护面层容许损坏与移动的基础上,应用有实验根据的关系式来对给定波浪条件下的主要护面层的设计进行评定。斜坡堤的其余部分再与主要护面层建立起经验性的关系。目前虽已在斜坡堤的概率性设计的认识方面取得了进展,但在现行的设计原理中并未反映出具有总的安全系数的准静力分析的概念。

对于选定的防波堤设计中的最大波浪条件,在任何情况下都必须予以仔细评估。通常是将设计波浪看作是在结构的预定使用期或设计使用期内具有某一较低超值概率的波高值。但对于某一给定海况的波高描述参数将按第四、五、六章所述那样随着设计方法的不同而异。譬如,最大波高 $H_{\max}$ 一般用于直立墙,而有效波高 H_s 或十分之一最大波高的均值 $H_{1/10}$ 则用于斜坡堤。此外,其它的海况参数,如波浪的周期、谱能量、波向以及波浪是否破碎,在设计过程中都是很重要的。通常依据波高来作出如下推断还是很方便的:波高是评估波浪作用严重程度的主要参数,在一定的海区内,增加作用于结构上的波高往往将导致失效概率的增大。

失效的定义是如下情况的出现:防波堤实际上已不再能对港口或陆域提供掩护,或损坏的修理费用(包括商业经营方面的损失)达到不可接受的程度。这是最大的极限状态。