

DOI :10.3880/j.issn.1006-7647.2009.03.013

盐城市侵蚀性海岸防护设计

戴龙洋 张 阳

(盐城市水利勘测设计研究院,江苏 盐城 224002)

摘要 介绍盐城市侵蚀性海岸防护概况,以及海岸防护设计中应正确处理的 2 种关系,即宏观蚀退和微观保护的关系以及保堤、保脚、保滩的关系。对常见的防护、保滩(促淤)工程的结构形式及其特点进行总结。以盐城市海岸侵蚀最为严重的滨海县六合庄为例,进行典型岸段海岸防护效果分析。指出:在盐城市侵蚀性海岸防护设计中,应在宏观蚀退条件下构建侵蚀性海岸整体防护体系,保护沿岸地区工程的安全;工程措施不能在宏观上改变海洋与地质条件,但能够在局部改善水沙条件,起到消浪与阻止沿岸流冲刷的作用;保堤必须保脚,保脚必须保滩。

关键词 侵蚀性海岸;海岸防护;海堤护坡工程;保滩工程;盐城市

中图分类号:TV698;U656.3 文献标识码:A 文章编号:1006-7647(2009)03-0049-05

Protection design of erosive coast of Yancheng City//DAI Long-yang, ZHANG Yang (Yancheng Hydraulic Project Survey Design & Research Institute, Yancheng 224002, China)

Abstract :The general status of coastal erosion protection in Yancheng City is introduced. There are two relations that should be correctly handled in coastal protection design :the relations between macroscopic erosion recession and microscopic protection , and the relations between dike protection , toe protection and beach protection. The structure forms and characteristics of common beach protection and sediment accumulation are summarized. The protection effects on the typical coast in Liuhe Village of Binhai County , where coastal erosion is most serious in Yancheng City , is analyzed. It is pointed out that during the design of protection against coastal erosion in Yancheng City , an integrated protection system should be constructed to protect the security of the projects in the coastal areas experiencing macroscopic erosion recession. Engineering measures can 't change marine and geological conditions in the macroscopic view , but they can improve water-sediment conditions , which play a role in damping waves and preventing erosion by the coastal currents. Therefore , the toes of dikes should be protected first , and the protecting toe should protect the beach first.

Key words :erosive coast ;coastal protection ;sea dike revetment ;protection plan ;Yancheng City

盐城市地处淮河下游,位于江苏省沿海中部地区,海岸线长达 582 km,占江苏省海岸线总长的 56%。以射阳河为界分为侵蚀型和淤涨型 2 种海岸类型,其中射阳河以北为侵蚀型海岸,涉及响水、滨海和射阳 3 县,原为黄河夺淮后形成的废黄河三角洲。公元 1855 年黄河北归后,废黄河三角洲海岸由以河流作用为主的堆积过程转变为海洋动力作用下的侵蚀过程。一个多世纪以来,废黄河口海岸共侵蚀后退(蚀退)了近 20 km。虽然目前海岸侵蚀的强度已有所减缓,但潮上带黏土层陡坎的蚀退仍高达 20~30 m/a,滩面下蚀速率约 0.1~0.2 m/a,海岸的侵蚀已严重威胁我国国土资源和人民生命财产的安全。

1998 年以来盐城市进行了大规模的海堤达标

工程建设,至 2006 年底盐城市共实施海堤护坡工程 49.998 km、保滩工程 19.645 km,2007~2008 年实施海堤护坡工程 5.67 km、保滩工程 11.02 km。工程的实施起到了较好的防护效果。现就侵蚀性海岸防护设计中的有关问题进行探讨,供类似防护工程设计参考。

1 侵蚀概况

盐城市侵蚀性海岸为粉砂淤泥质海岸,粉砂和细砂为最主要的组成物质,而粉砂和细砂在波浪和水流作用下易于起动、在水动力作用减弱时可迅速沉降。自公元 1855 年黄河北归后,海岸大量泥沙来源断绝,动力泥沙平衡发生剧变。经过一个多世纪的侵蚀,完整的废黄河水下三角洲形态已不复存在,

作者简介:戴龙洋(1956—)男,江苏射阳人,高级工程师,从事水工结构设计工作。E-mail :ycdly@126.com

近期海岸侵蚀动态表现为水下岸坡的侵蚀陆坎全面内移。随着水下三角洲的夷平和岸线蚀退,海岸侵蚀的区域逐渐扩大。

控制废黄河三角洲海岸侵蚀的主要动力是波浪作用,尤其是2 m以上的大浪对海岸侵蚀起决定性作用。废黄河三角洲海岸面向黄海,外围缺少岛屿、沙洲掩护,且岸线向海突出,易于波能集中,波浪作用较强。海岸侵蚀的特征是波浪掀沙、潮流输沙^[1]。在波浪和水流共同作用下,水动力作用加强,侵蚀强度加大,形成了深水和浅水区岸坡较缓而-5~-10 m岸坡较陡的侵蚀岸坡形态。岸线固定后,堤前滩面下蚀并不是无限度的。根据波浪和水流共同作用下的海岸剖面变形计算,水下岸坡在水动力作用下不断刷深,岸坡坡度不断变陡,但侵蚀强度逐渐减小。

2 防护设计中应正确处理的2种关系

2.1 宏观蚀退与微观保护的关系

从宏观上讲,盐城市侵蚀性海岸由于黄河北归,泥沙来源断绝,除灌河口附近可能继续淤积外,其他地区总的趋势是蚀退,试图在宏观上阻止蚀退起码在经济上是不可能的,但在适当的工程措施下在近岸区域实现冲淤平衡或淤积还是可能实现的。

海岸防护的目标是形成稳定的岸线形态和稳定的水下岸坡。在波浪、潮流等动力因素的作用下,所有海岸实际均在变化,稳定性海岸仅处于相对的动力平衡之中^[2]。退建海堤不能有效制止海岸蚀退及滩面蚀降。以滨海县翻身河北海堤退建为例,1980年以来该段海堤先后3次退建,每次退建200~500 m。在未采取有效防护措施的情况下,平均每10 a即退建1次。根据有关部门的退建海堤初步理论研究,退建后堤前滩面将至少保持15 a,但实践证明退建后3 a内堤前滩面高程从2.0 m左右刷深至0.5 m左右,多数堤段高潮潮水直刷堤脚。已建成的海堤达标工程能有效控制海岸蚀退,局部保滩工程也在一定程度上减弱了坡脚冲刷,对海堤护坡起到了明显的保护作用。根据对废黄河三角洲侵蚀性海岸整体防护体系的研究,要加强对侵蚀强烈岸段的重点防护,首先控制住节点堤段的蚀退,并在节点岸段的控制下最终形成稳定的弧形或锯齿形岸线形态。海岸整体防护设计的思路为:按照海岸侵蚀和防护的时空尺度差异分不同尺度进行控制,利用海港工程作为一级节点,构造人工岬角(凹湾)为二级节点、三级节点(多级节点),人为增加岸线的相对长度,使海浪波能分散释放,从而构建海岸整体防护体系。

一级节点主要针对大范围的海岸侵蚀趋势,利

用北起连云港东西连岛、陈家港拦沙堤、滨海港防波堤、射阳港码头及防坡堤、大丰港防波堤形成间距40~50 km的一系列节点。其作用主要是遏制潮流作用引起的水下岸坡进一步蚀退,从而在更长周期内起到对近岸海滩和堤防工程的保护作用。

二级节点即人工岬角工程,主要针对近岸海滩冲刷,通过岬角控制保存侵蚀粗化泥沙,进而对其下覆盖沉积物起到保护作用。

福建海岸的自然岬湾岸线和日本福冈能古岛的人工岬湾岸线采用了多级节点控制的方式,塑造动态平衡的多级嵌套稳定岬湾岸线,以实现海岸防护的目的。

2.2 保堤、保脚和保滩的关系

侵蚀性岸段已建护坡工程必须配套保滩工程。因为通过堤岸防护海堤岸线蚀退被控制后,海岸侵蚀主要表现为堤前滩面下蚀,水下岸坡在水动力作用下不断刷深,岸坡不断变陡。在滩面下蚀的趋势下,海堤堤脚下的土层出露,需要加固堤脚以避免掏空对岸坡和堤坡的危害。另外,堤前滩面高程持续下降将使海堤实际堤身高度加大,改变边坡稳定条件,海堤易发生滑动失稳,仅靠加固堤脚无法改变这一趋势。如果滩面维持不变,上述情况将不会出现。因此,控制堤前滩面下蚀对维护达标海堤护坡稳定和减缓水下岸坡侵蚀发展具有重要意义。简而言之,就是“保堤必须保脚,保脚必须保滩”^[3]。

3 海堤防护和保滩工程结构形式

3.1 海堤护坡工程结构形式

盐城市海堤在1949年为裸土堤,随着海岸侵蚀日益严重,20世纪60年代起开始进行主海堤的防护。海堤防护工程中比较常用的护面结构形式有浆(灌)砌块石、现浇混凝土槽形块、现浇混凝土栅栏板、现浇混凝土栽石等。其中浆(灌)砌块石和现浇混凝土栽石2种护面结构形式是1998年海堤达标工程建设之前常用的,现浇混凝土槽形块、现浇混凝土栅栏板则是海堤达标工程建设中出现的新型结构形式。根据沿海海堤防护实践,现浇混凝土栅栏板中的栅条内钢筋易受海水腐蚀而产生胀裂破损,影响栅条的使用寿命,现浇混凝土槽形块能充分发挥素混凝土耐腐蚀性能良好的优势。

3.2 保滩工程结构形式

根据海堤达标工程与港口、海岸等工程的实践,目前国内主要采用的保滩(促淤)工程结构形式见表1。

保滩工程结构形式的选择应因地制宜,因其与当地的海岸动力条件、泥沙等有密切的关系。如江

表 1 常见保滩(促淤)工程结构形式及特点

结构形式	主要结构	优点	缺点	工程效果
管桩顺坝结合丁坝	在海堤前滩面一定范围内施打高强预应力管桩加抛石,每隔一定距离设封头丁坝	维护工程量较小	不适用于粉砂土质,桩体施工时易发生液化	效果明显
抛石顺坝结合丁坝	采用抛石形成抛体结构	结构简单,施工方便	维护工程量大,块石质量要求高	效果较好
抛石加预制异型块体压护顺坝结合丁坝	针对抛石顺坝块石质量小易被卷走,增加异型混凝土块体压护	稳定性好	预制工艺较复杂,造价比管桩顺坝稍高	效果较好
混凝土铰链沉排	以土工合成材料为主的柔性防冲结构,主要用于坝岸工程基础防护	对易冲性河床有良好的适应性	钢筋连接件或尼龙绳结构连接件在海水中的耐久性未经试验	护岸效果明显
抛石丁坝	沿海堤每隔一定距离布置向海侧的抛石坝体结构,在波影区形成淤积	适用于砂质海岸	易形成上游侧冲刷,维护工作量大	砂质海岸效果较好,淤泥质海岸效果很差
半圆形结构离岸堤	钢筋混凝土结构半圆形混合堤,由半圆拱圈和底板组成消浪构件放在抛石基床上	节省大量石方	造价较高,每米造价 3 万元以上	效果较好,适用水深 5 m 以上的海水区
合金钢网柔性块体	采用不锈钢丝,以“六角网”形式纺织成网袋状,内装块石,扎口后抛投至指定位置	与滩面贴合较好,对块体质量要求较低	在海水环境中的耐久性能尚不清楚	河岸工程效果较好

苏省赣榆县的海堤,在原土堤新建浆砌护坡工程短短几个月后堤前滩面即停止侵蚀,1 a 左右滩面出现淤积。又如海岸侵蚀最强烈的滨海县六合庄段,在采取了保滩工程措施后堤脚前滩面保持不冲不淤的状态,而采取了类似保滩工程措施且防护强度较小的响水县连响闸段,在保滩工程实施后滩面平均淤积 30 ~ 50 cm。

4 盐城市侵蚀性海岸防护工程设计要点

4.1 工程等级与标准

根据江苏省水利厅苏水管[1997]80 号文件精神,盐城市侵蚀性海岸防护工程等级为 2 级,达标海堤堤顶高程按照 50 年一遇高潮位加 10 级风浪爬高和安全超高确定,设计达标堤顶宽度为 6 ~ 8 m。

4.2 堤线的选择

堤线选择的关键在于明确现状海岸线的稳定性,以及现有工程措施能否保证堤防的安全。应根据相关规划及地形、地质条件,海岸线变迁,工程费用等情况选择堤线。一般而言应优先选择现有主海堤堤线作为达标堤线。

4.3 节点防护

节点防护对工程的安全具有重要意义。设计在现场观测和卫星图的基础上,采用数学模拟方法加强工程重要节点的防护。如穿堤建筑物两侧采取筑丁坝的方案以增强防护强度。明显凸向大海的位置也筑丁坝,以加强该位置的防护强度。

目前江苏省沿海 - 10 m 和 - 15 m 海岸线靠岸最近的岸段分别长约 2 km 和 4 km,这对海岸防护构成潜在威胁的同时,也逐渐形成了良好的深水贴岸海港港址。废黄河口的滨海港将建 2 道长约 4 km 的

防波堤。陈家港将自灌河口两岸向海建造 2 道长度超过 10 km 的拦沙堤。射阳港也将建造长约 12 km 的码头引堤和引桥及码头东北部的防波堤。于是,由连云港东西连岛、陈家港拦沙堤、滨海港防波堤、射阳港码头及防波堤、大丰港防波堤等天然或人工控制点构成了间距 40 ~ 50 km 的一系列节点,即形成盐城市海岸整体防护中的一级节点。上述 3 个港口工程实施后可明显减少单位岸线长度平均承受波能。同时,波浪能量在凸出节点附近相对集中,从而对近岸高滩和岸线形成一定的掩护。

盐城市侵蚀性海岸由于波浪作用较强,形成稳定岸弧的组成物质多为侵蚀残留粗化的细沙或贝壳沙,较一般的沙质海岸泥沙更容易被侵蚀搬运,因此岬角设计要对此加以考虑。岬角形式宜采用勾头式,有利于泥沙在湾内保存。岬角高程不宜过低,如在平均高潮位附近来大流时容易有越浪现象,特别是遭遇大风流时丁坝的外侧部分越浪明显,会使内侧发生冲刷,同时越浪水量造成湾内口门进出水量失去平衡,岬角失去其应有的功能。对于靠近海堤一侧的岬角,其主要功能是拦截沿岸输沙,其高程可适当降低。岬角的位置和规模需根据岸段的具体情况和海岸的其他功能综合考虑。以细沙为主要组成物质的稳定海湾的凹入深度略大于一般沙质海湾的凹入深度,波流的强度对海湾的凹入也有显著影响。在岬角设计中根据对数螺线计算出海湾形态,再根据泥沙特点和常浪向波浪强度进行必要的调整。另外由于构成稳定海湾的粗颗粒泥沙主要来自湾内岸滩的侵蚀残留,岬角的长度不宜伸入过低岸滩,否则难以产生足够的粗颗粒泥沙来构建稳定岸弧。这样就形成了盐城市海岸整体防护中的二、三级等多级节点。

4.4 防护工程与保滩工程结构形式的确定

侵蚀性海岸防护工程因没有现成的规范可循, 必须通过模型试验或现场试验来确定, 其合理性及防护效果需要经过实践验证。盐城市水利勘测设计研究院根据不同地段的侵蚀程度, 采用了浆砌块石护坡、混凝土护坡、浆砌块石护坡结合消浪桩、混凝土槽形块护坡、混凝土栅栏板护坡、混凝土直立墙等多种护坡形式。保滩工程采用了管桩顺坝结合丁坝和抛石顺坝结合丁坝 2 种结构形式。侵蚀性海岸防护工程典型结构如滨海县六合庄段主海堤护坡、保滩工程和响水县蒲港至三圩段海堤防护工程见图 1~3。

4.5 保滩工程消浪机制研究

保滩工程的主要作用是消浪、消能, 一般距离岸坡 50~100 m 左右, 保证波浪经过顺坝破碎、在与岸坡接触前不再重新起浪。盐城市境内常用的管桩顺坝结合丁坝的消浪机制如下:

管桩顺坝结合丁坝可以有效地减小堤后波高,

减小波浪作用力, 在较大范围内改变波浪形态, 由引起水体剧烈紊动的破波转变为浅水推进波, 从而达到保护岸滩的目的。其消浪机理为: 一是利用反射波的不规则性与入射波的相位差, 使入射波和反射波相互干扰而消涌; 二是紊动消能, 水体与结构相互作用形成碰撞、摩擦和绕流, 破坏了原来波浪质点有规律的运动, 转变为杂乱的紊动, 从而达到消能的目的; 三是波浪力做功, 消浪效果主要与波浪大小、堤身高度以及桩间间距有关。其余条件一定时, 相对波高越大, 消浪效果越好, 极限波高的消浪效果最佳, 堤身相对高度越趋近于 1, 消浪效果越好。管桩前后滩面设有抛石护滩, 既满足了消浪促淤功能, 又保证了桩前滩面的抗冲刷效果。

抛石顺坝结合丁坝的消能机理为: 当波浪越进潜堤时, 一部分波能被反射, 另一部分波能受堤顶水深限制而破碎损耗, 剩余的能量为透射波能量。透射波高与反射波能量及波浪破碎损耗能量相关, 反

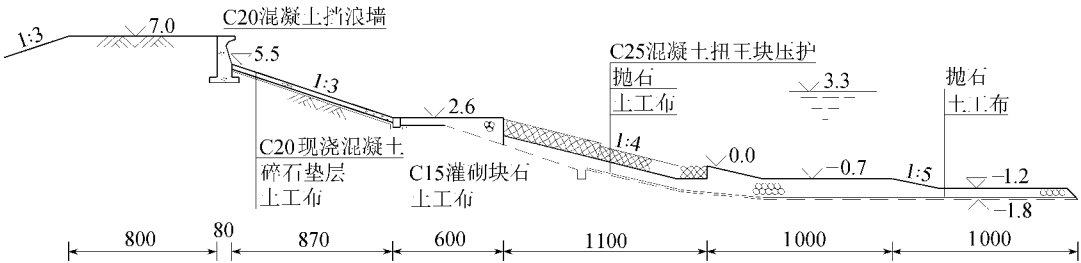


图 1 滨海县六合庄段主海堤护坡工程示意图(高程单位为 m,其他单位为 cm)

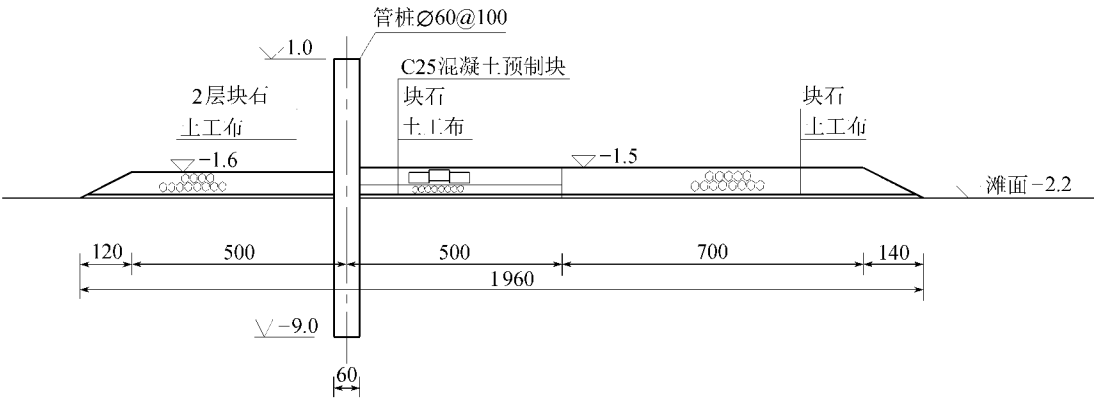


图 2 滨海县六合庄段保滩工程示意图(高程单位为 m,其他单位为 cm)

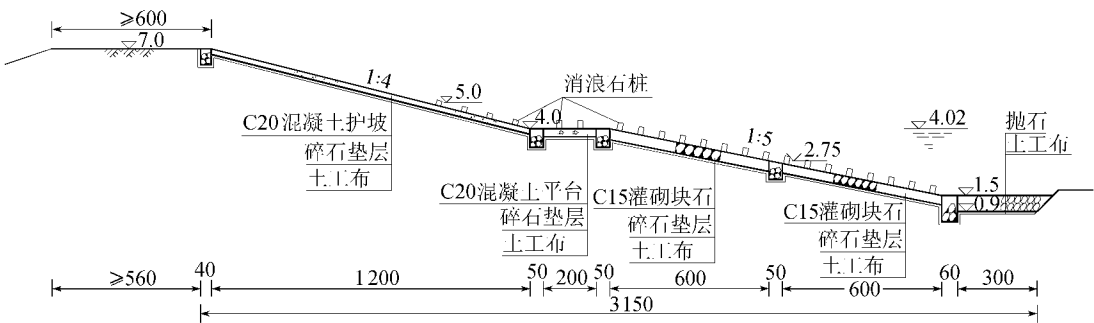


图 3 响水县蒲港至三圩段海堤防护工程示意图(高程单位为 m,其他单位为 cm)

射波能量与波流破碎损耗能量越大,透射波高越小,即透射系数越小,潜堤的消浪效果越好。反射波大小与堤顶水深直接有关,因而影响透射系数的最重要因素是堤顶水深。一般而言,波浪经潜坝破碎后,最大消耗效率达 75%~80%。坝顶高度的确定应考虑既能削弱波流、防止坝田泥沙被越坝波浪掀动,又能保证截留较多进入坝田的泥沙,一般宜低于平均高潮位。由于坝身不易稳固,块石极易坍塌,坝顶及坝前设扭王块体压护。考虑淤泥质土块石沉降较大,设计时应考虑一定的沉降量。

5 海岸防护工程效果分析

以海岸侵蚀最为严重的滨海县六合庄为例,海堤达标工程建成后近 7 a 的观测资料显示,扭王块体及抛石护坦的高程基本不变,累计下降幅度在 20~30 cm 左右,初步分析为块石发生沉降,继续下降趋势不明显。抛石护坦前沿滩面淤高 10~30 cm,而抛石护坦与管桩间的滩面前 5 a 有所刷深,近 2 a 回淤 20 cm 左右。抛石护坦与管桩之间的滩面高程平均在 -1.8 m 左右,管桩前沿 50 m 区域维持在 -2.6 m 左右。滩面高程变化规律为:夏冲冬淤,各年基本均衡,堤前滩面介于不冲不淤和微淤 10~30 cm 之间,而保滩工程外滩面继续刷深,但刷深至高程 -2.5 m 左右时处于暂时的平衡状态。夏季因受台风暴雨影响,测量滩面高程较冬季测量高程低。

响水县连响闸段防护工程建成后,经受了 5 个汛期和数次台风、高潮的考验。波浪通过管桩后破碎明显,消浪作用明显。海堤陡墙与管桩(抛石)顺坝之间的滩面淤积明显,至 2004 年底滩面平均淤高 0.3~0.5 m,由于海浪减小滩面淤高有利于大米草定植,大米草从中央不断繁殖延伸,逐渐形成一条绿带,不仅起固沙保土作用,而且消浪效果显著。

根据上述典型岸段防护效果分析可以看出,已经达标建设的海堤工程堤段岸线基本稳定,经受了多次台风和海潮的袭击,发挥了显著的防灾减灾效益。已经建成的海堤防护工程和堤前保滩工程大部分经受了多次台风高潮的考验,基本安然无恙,达到了防台抗潮、抑制海岸蚀退的目标。

6 结 语

海堤工程是沿海地区人民的生命线工程。盐城市沿海多年平均最高潮位、历史最高潮位均高于沿岸地面高程,分别高出 1 m 和 2~3 m。海堤达标工程全部建成后将使盐城市海堤挡潮标准达到挡御 50 年一遇高潮位及 10 级风浪爬高的标准。从目前的技术经济水平看,还难以彻底防治整个废黄河三

角洲海岸线的蚀退。因此,应该针对目前急需保护的海岸线和地区采取工程措施,解决海岸侵蚀问题。今后,随着研究水平的提高和财力的增长,逐步扩展到整个海岸线侵蚀的防治。提出通过节点岸段实施重点防护,利用海港工程作为一级节点,构造人工岬角为二级节点、三级节点,人为增加岸线长度使海浪波能分散释放,构建侵蚀性海岸整体防护体系。工程实践检验表明达标海堤防护和保滩工程适合盐城市的实际情况。通过对侵蚀性海岸整体防护体系的构建,利用防护工程与保滩工程相结合的立体防护,消浪与防护相结合,可在近岸区域实现冲淤平衡。盐城市境内其他侵蚀性海岸防护工程应根据所在海岸的侵蚀情况选择适宜的结构形式。

今后需继续研究的问题包括:①海岸蚀退趋势与海岸整体防护对策研究。②海岸防护的动态数据库建设。对海堤、穿堤建筑物进行不间断的观测和分析,并建立动态的数据库^[4]。实行对海堤、建筑物的分类分级科学管理,以及时掌握海堤工程的动态,确保工程安全。③防护工程与保滩工程结构形式研究。④海岸防护工程与非工程措施的研究。⑤海岸水土保持措施研究^[5]。

参考文献:

- [1] 严恺,梁其荀.海岸工程[M].北京:海洋出版社,2002.
- [2] 薛鸿超,顾家龙,任汝述.海岸动力学[M].北京:人民交通出版社,1980.
- [3] GB50286—1998 堤防工程设计规范[S].
- [4] 王娅娜,杨星,蔡辉.现代量测技术在海岸防护水文监测中的应用[J].河海大学学报:自然科学版,2004,32(S1):205-208.
- [5] 孙波,顾大冬,陈雄波.防治沙质海岸侵蚀的人工育滩措施[J].水利水电科技进展,2006,26(S1):108-111.

(收稿日期 2007-01-22 编辑 骆超)

· 简讯 ·

第 2 届全国水工抗震防灾学术交流会在成都召开

为纪念汶川特大地震 1 周年以及我国首个防震减灾日,第 2 届全国水工抗震防灾学术交流会在 2009 年 5 月 12~14 日在四川成都召开。会议结合汶川地震,就震后水工建筑物震损调查、震害分析、灾害评估及修复加固、水工建筑物抗震分析与设计、水工结构现场检测与监测、健康诊断与鉴定、水库诱(触)发地震监测、预测和预警、水电工程抗震措施、抗震安全评价体系及水工结构工程振动、爆炸与冲击等专题进行了广泛的学术交流。张楚汉院士、林皋院士等水电知名专家作了主题报告,多位专家作了特邀报告。(本刊编辑部供稿)