

# 《广东省海堤工程设计导则(试行)》 编制体会

江 涌

(广东省水利水电科学研究院, 广东广州 510610)

**摘 要:**《广东省海堤工程设计导则(试行)》作为广东省的地方技术法规已于2003年5月正式向全省发布,作为本导则的主要编制单位,在编制工作中对广东省海堤工程的建设情况进行了调研,对其中的几个重要问题以及海堤的特点、破坏形式及其设计中应重点考虑的问题进行了分析。

**关键词:**海堤;台风;海岸防护;设计导则;设计标准

**中图分类号:** P753; TV871 **文献标识码:** B **文章编号:** 1008-1305(2005)03-0029-05

## 1 《广东省海堤工程设计导则》的编制背景

### 1.1 广东省海堤建设基本情况及存在问题

广东省位于祖国大陆的南端,海岸线总长3368km,占全国海岸线总长的五分之一,是我国海岸线最长的省份;另有500m<sup>2</sup>以上的大小岛屿759个,岛屿海岸线长达1649.5km。广东省现有海堤1020条,总长4032km,捍卫耕地面积462.45万亩,捍卫人口400万,其中捍卫耕地5万亩以上的海堤有22条,堤线长710km,捍卫耕地1万亩~5万亩的海堤有110条,堤线长1690km。

广东省海堤建设经历了漫长的历史过程。解放前已修筑了部分海堤,但没有形成体系。现在的海堤大部分是建国初期修建的,限于当时的技术水平和经济条件,海堤的标准较低,工程质量不高,抗御台风暴潮的能力较弱。在随后的年代里,尽管每年都对部分海堤进行加固扩建,但标准仍然较低,建设进度也始终跟不上社会经济的发展速度,每年遇到台风登陆都会遭到不同程度的损失。

广东省是我国受台风灾害最严重的省份,是全国台风灾害的一个重灾区和多发区。我国平均每年约有9.5个台风登陆,其中广东就有3.54个,占37%。据统计从1949年至2001年的53年间,登陆广东沿岸的台风就有191次。由于地势的影响,登陆广东的台风一般都是正面袭击沿岸,引发的台风暴潮常常造成严重的灾害。建国以来发生的12次特大风暴潮灾害,广东就占有5次。台风往往带来

狂风、大浪、暴潮和暴雨,对堤围造成极大的威胁,引起的风灾、潮灾及洪、涝灾害十分惨重,有时甚至是毁灭性的。台风暴潮还会引起咸潮上涌,影响环境,对沿海农业和渔业造成较大的经济损失。据广东省志资料,从1990年至1999年间,台风平均每年可造成约60亿元的经济损失,强台风年份可造成100亿元至200亿元以上的直接经济损失。如1996年登陆吴川市沿海的9615号台风,造成粤西大量海堤漫顶崩溃,形成建国以来广东受灾最严重的台风暴潮,受灾人口873.5万人,死亡330人,失踪200多人,工交、商贸企业直接经济损失超过57.47亿元,农林牧渔业损失达86.26亿元,水利基础设施受损严重,直接经济损失达3.3亿元,教育系统直接经济损失达7.7亿元。

鉴于海堤保护区内的社会经济面貌随着改革开放的深入发展所发生的巨大变化,1997年广东省政府决定实施“千里金堤”建设计划,并选择部分海堤作为先行示范点进行加固建设。通过几年的努力,示范点的海堤面貌发生了较大的变化。但是,由于广东省海岸线长,要求达标建设的海堤数量多,加之每年台风灾害对海堤的损毁严重,使得海堤建设速度始终赶不上沿海社会经济发展的速度,至今仍然存在着很多问题,主要表现为建设标准偏低,建设速度较慢,大部分海堤仍未达标,致使其

作者简介:江涌(1963-),男,江西人,博士,教授级高级工程师。

实际抗御台风暴潮的能力始终不能满足沿海社会

经济发展的需要,严重制约着沿海地区的经济和社会发展。

### 1.2 《广东省海堤工程设计导则》编制的意义

改革开放以来,广东省特别是三角洲和沿海一带经济发展迅猛,沿海人口迅速增长,工业产值高速增长,城镇密集程度越来越高。据统计,1999年末,沿海14个城市市区总人口为1443.32万人,占广东省总人口的19.8%。国民生产总值4724.27亿元,约占全省国民生产总值的55.9%,人均GDP达到3.27万元,为全国城市平均水平的2.2倍。海堤保护着广东省社会经济的核心地区。

针对我省海堤建设明显滞后于社会经济发展的现实情况,为了彻底解决这一制约广东经济和社会发展的瓶颈问题,广东省委、省政府高屋建瓴,把海堤建设作为“十项民心工程”之一——“城乡防灾减灾工程”工作的一项重要内容,明确提出用5~8年的时间进行海堤达标加固建设,提高全省海堤建设水平,完善防潮、防洪体系,为全面建设小康社会提供水安全保障。

另一方面,作为指导和规范海堤建设的关键,目前不仅广东省海堤建设没有一套完整的相关技术标准,国家和水利部也没有专门针对海堤建设的技术标准。国家为适应全国各地、各部门的防洪要求和防洪工程建设的需要,曾于1994年发布了国家的《防洪标准》,广东省水利厅根据国家新的《防洪标准》以及我省过去的一些标准并结合我省实际情况,于1995年重新修订了《广东省防洪(潮)标准和治涝标准(试行)》。但是,这些已有标准不够系统全面,部分规定也不够科学合理,并且这些标准一般只涉及防洪标准一项,对海堤工程设计和建设中遇到的大量技术问题,如设计波浪的计算、海堤的结构型式、堤顶高程的确定、波浪爬高、越浪量的计算、软土地基处理、工程的施工等方面没有给出相应的标准和规定,远远满足不了海堤工程建设的需要。实际上,长期以来我省一直未对海堤工程的设计建设标准规范问题开展过全面研究制定工作,对海堤的设计和建设,至今没有一个全面的标准或规范,这在一定程度上阻碍了广东省海堤建设工作的开展,已明显不能适应我省海堤建设的需要。

从全国堤防建设的情况来说,国家技术监督局和建设部也曾于1998年联合发布了国家标准《堤防工程设计规范》,水利部也陆续发布了有关堤防施工和管理的规范或标准。但是,这些标准更多的

是针对江堤和河堤,对与海堤有关的技术内容大多只是原则性的,缺乏具体明确的技术要求。事实上,海堤与江堤、河堤相比,不仅受到洪水的淘刷破坏,而且还受到海浪的强烈冲击,无论是受冲击破坏特性还是其自身结构特性都与江河堤防有着较大的差异,建设中碰到的有关技术问题十分复杂。因此现有的堤防工程技术标准或规范很难适应海堤工程建设需要。相对而言,由于江河堤防的建设是一个全国性的问题,几乎涉及我国各个省份,因此,过去国家投入了大量的人力物力进行研究,获得了许多丰富的研究成果和技术成果,为江河堤防的建设提供了强大的技术支持。海堤工程主要集中在沿海省份,而受台风影响较大的又主要是南方几个沿海省份,再加上以往国家和我省的防洪防灾重点主要放在江河水库方面。所以,有关海堤建设技术方面的研究和技术标准制定工作就显得比较落后,大量的技术难题没有得到解决,严重地制约了海堤工程的建设。

## 2 海堤的特点及常见毁坏形式

### 2.1 海堤的特点

海堤是沿海地区防御风暴潮的主要屏障,是堤防工程的一种形式,有着堤防工程的普遍性。但与江堤和河堤相比,海堤在许多方面有着明显的差别,这些差别有些是本质的,如果在设计和施工中不给予足够的重视,常常导致海堤破坏。归纳起来,海堤具有以下几个特点。

(1)从海堤的功能或者所起的作用来看,海堤以防御台风风暴潮为主,保护的主要是沿海和河口地区,河口区海堤同时还担负着防洪的作用。由于沿海一般地势低洼,往往又是经济发达地区,其主要的防台风风暴潮屏障就是海堤,因此坚固的海堤防线是沿海地区社会经济的基本保障。

(2)从海堤所受的作用力来看,主要是受波浪力的作用。波浪具有较强的周期性冲击力,特别是台风浪,浪高波急,冲击力强,破坏力大,海堤在风浪的反复作用下很容易造成破坏损毁。河口区的海堤同时还受到洪水和潮流的冲刷作用。

(3)从台风风暴潮的作用时间来看,具有作用时间短、强度大的特点,有一定突然性。台风风暴潮是一种小概率的严重自然灾害,虽然作用时间短,一般为几个小时至十几个小时,但强度大、破坏力强,若风暴潮恰好与天文大潮的高潮位重合,则破坏力极大。

(4) 从结构形式上讲,海堤结构形式较复杂,带有较明显的地方特色。广东省的海堤经过几十年的不断加固扩建,其断面形式、结构形式越变越复杂,受当地设计经验、习惯、水平、建筑材料等的影响,各地的海堤均带有地方色彩。

(5) 从所处位置来看,相当部分位于河流出海口地区,受波浪和洪水的双重作用,且基础以软土地基为主,基础处理问题比较复杂。珠江下游河网密布,出海口众多,仅西、北、东江的主要出海口就有八个,韩江五个,河口区的海堤占了较大的比重。这类海堤主要受风暴潮的影响,但洪水和潮流对堤脚或滩地的冲刷破坏也不能忽略,需视具体情况而定。此外,河口区地质一般是淤泥或淤泥质粘土,地基承载力差、基础沉降大,基础处理问题复杂、工程量大。

(6) 从防御角度上讲,在台风作用期间一旦海堤出现险情,很难采取有效抢险措施,且一旦出现溃决,海水的影响将是长期性的。台风暴潮作用期间,风急浪大,海边人、车很难站立和通行,海堤一旦溃决,难于及时组织人力物力进行抢险救灾。并且,灌入的海水因其较高的含氯度,将会对农田和植物造成长期的破坏,短期内难于恢复原来的生态条件。

## 2.2 海堤的常见毁坏形式

从广东省海堤历年遭受的破坏情况分析,海堤的毁坏形式基本上可以分为以下几种。

(1) 海堤护面结构首先破坏而引起整个海堤毁坏。这是海堤最常见的破坏形式之一,海堤护面在波浪的强烈冲击下或者由于护面本身强度不够被打坏、或者由于反滤层失效导致堤身土体冲蚀、护面垫层冲空而被打坏垮塌,海堤护面结构一旦垮塌后,堤身土体很快就被冲蚀,海堤毁坏。

(2) 海堤堤顶高程不够,在遭遇台风和天文大潮组合形成的高潮位时,海浪漫过堤顶,在背海侧没有足够保护的情况下,漫过堤顶的水流首先冲蚀堤身,进而引发海堤决口破坏。这种破坏形式也是海堤最常见的破坏形式之一。

(3) 海堤堤身结构单薄、防浪墙不够稳固、以及护面结构中的护角、消浪平台等关键部位不牢固,经不住强风浪的反复冲击首先出现局部破坏,进而引起海堤溃决。这种破坏形式也比较常见,且不易发现,应引起重视。

(4) 位于侵蚀性海岸或河口区的海堤,由于海流或洪水的淘刷,海堤岸滩被侵蚀、堤角被淘空

后出现护面结构倒塌、堤身冲毁,或者整个堤身向临海一侧产生整体滑动破坏。这种破坏形式在河口区的海堤中也比较常见。

(5) 由于海堤堤身或基础本身质量较差,在高潮大浪的作用下发生渗透变形、滑坡、坍塌等破坏。这种破坏形式在江、河堤中比较常见。

(6) 海堤与交叉建筑物、构筑物的连接处存在隐患,高潮位时发生集中渗漏破坏导致海堤溃决。

## 3 《广东省海堤工程设计导则》的侧重点和应用范围

### 3.1 《导则》侧重点

为了使《导则》具有较强的针对性和实用性,并与国家《堤防工程设计规范》相衔接,在内容安排上紧紧围绕广东省海堤建设的实际情况,突出海堤特点,重点解决国家《堤防工程设计规范》不够明确和没有涉及的问题。主要侧重于下面几个方面。

(1) 考虑到广东社会经济发展较快的特点,结合国家《防洪标准》、《堤防工程设计规范》,对海堤工程的防潮(洪)标准及级别进行了规定。

(2) 考虑到潮位、波浪特性及其计算结果对海堤工程的设计质量至关重要,《导则》用较多的篇幅对潮位和波浪特性计算进行了规定(包括潮位计算方法、波浪要素计算、波浪变形计算、波浪爬高、波浪作用力、越浪量计算等等)。

(3) 为了方便设计应用,《导则》给出了我省沿海各潮位站排频分析结果、各气象站不同方向的风速排频分析结果以及外海不同频率的波浪要素分析结果。

(4) 考虑到海堤的结构形式和护面结构的重要性,《导则》对各种结构形式海堤的特点和要求进行了详细的规定。

(5) 因我省有相当部分海堤的基础为软基,对海堤的稳定和工程造价有较大影响,因此,《导则》对软基处理和稳定计算也作了较细的规定。

总体来说,《广东省海堤工程设计导则》是在国家《堤防工程设计规范》的基础上,结合广东省海堤建设的实际需要,并参考国内外海堤建设的经验编制而成,可以认为是国家《堤防工程设计规范》的补充和延伸。

### 3.2 《导则》的应用范围

顾名思义,《导则》适用于海堤工程设计。但是,由于海堤本身没有准确的定义,因此在实际应用时有时会产生混乱。实际上,对于面临海洋的堤防,海堤的含义是比较明确的。问题主要出在河口区的堤防。河口区堤防既受海潮的作用又受洪水的影响,关键是确定以哪一个影响为主。若以海潮作为控制条件,就应当作为海堤来设计。以往常用水面线确定堤顶高程的方法来界定海堤与江堤,着重堤防的高程。本《导则》侧重从波浪影响和护面防护的角度对应用范围作了规定,即本导则的适用范围为广东省沿海各种新建、加固、扩建、改建的海堤,其特点是在进行设计时,堤顶高程和堤身结构主要受风暴潮和波浪条件控制,堤身护面结构的抗波浪特性是设计的重点。对于河口区的堤防,当用本导则规定的方法计算得到的堤前设计波浪平均波高大于 0.3m 时,宜作为海堤并按照本导则的规定进行工程设计。实际应用时,在确定海堤与江堤连接段的堤顶高程时,可根据《堤防工程设计规范》和本《导则》综合确定,堤身和护面可按照本《导则》设计。

## 4 几个重要问题的讨论

### 4.1 关于设计防潮(洪)标准

海堤的设计防潮(洪)标准直接关系到海堤安全和投资,是海堤设计的首要问题,应慎重确定。广东省原来引用的防洪标准,是 1995 年根据国家《防洪标准》并结合本省实际情况制定的,其中乡村防洪标准比国家的调高了一些,其余的不变。本次为了与国家规范衔接并照顾到广东的实际情况,特增加了“沿海经济发达乡村”一栏,其标准在 1995 年广东省标准的基础上对不合理部分进行了一些微调。

从广东的实际情况来看,《防洪标准》中主要是乡村的防洪标准偏低,不适应当前广东沿海的社会经济发展情况。实际上,广东沿海地区的乡村防护区,大多人口稠密、社会经济十分发达且相当部分已城市化,即使按照本《导则》的标准,对某些地区来说,如珠江三角洲其乡村防护区的标准仍然偏低。为此,《导则》规定对经济发达的防护区,经过论证还可进一步适当提高海堤工程防潮(洪)标准,以适应我省当前海堤建设的需要。从浙江省和福建省的情况来看,近几年在修建海堤时大多也提高了建设标准,说明现有防洪标准对沿海一带的经济发达区已不完全适用。从比较科学的角度看,应对沿海地区的经济发展情况做出统计分析,然后

以某一类经济指标如产值等对防洪标准进行重新修订。

### 4.2 关于波浪、风速等近岸海洋水文分析计算

波浪分析计算是海堤设计的基础,应该给予足够的重视。遗憾的是通过调查发现,目前在我省的海堤设计工作中,对波浪分析计算工作做得相当粗,主要表现在三个方面:一是分不清风浪和涌浪的特性,计算中不加以区分,基本上都是按风浪计算;二是在计算中没有考虑波浪在向岸边传播时发生的折射、绕射、反射、破碎等变形,致使计算结果偏差很大;三是对计算波浪涉及到的基础资料的收集、分析、选用重视不够。

对广东沿海而言,波浪计算的偏差造成的影响是比较大的。广东沿岸的涨落潮差一般不大,不同设计频率的潮位相差也不算大,如珠江口沿岸 50 年一遇和 100 年一遇的设计潮位仅相差 0.1m 左右,100 年一遇和 200 年一遇的设计潮位基本上也就相差 10cm 左右,而波高计算的偏差常常达到 20~30cm,有时可达 0.5m 以上,无形中相当于改变了海堤的防潮(洪)标准,对海堤的高度、护面防护、基础以及投资等都有较大影响。为此,本《导则》详细给出了广东沿海有关波浪分析计算的一系列基础资料以及计算方法、公式等,供设计参考。在应用中应注意几点:一是认真收集和分析各种基础资料;二是分清风浪与涌浪并选择相应的计算公式;三是正确理解波浪的波高、波长、周期以及波浪重现期、波列累积频率的概念及相互关系并加以正确应用;四是有选择地严格计算波浪在向岸边传播时发生的折射、绕射、反射、破碎等变形;五是分方向计算与波浪有关的风速参数,并注意相邻方向的校核以及地形、高度等的换算。

需要强调的是,鉴于波浪和风速计算对海堤顶高程和结构设计安全以及海堤设计精度、投资等影响较大,且由于波浪和风速本身的复杂性以及沿海相关资料有限,因此,对波浪分析计算应给予足够重视,必要时应作专题分析。此外,当海堤堤线较长时,由于自然条件、堤的走向变化复杂,海堤提前水深条件和受风条件变化较大,计算得到的波浪特征相差较大,按此计算的各堤段堤顶高程、护面强度等成果变幅大,从经济合理的角度出发,应分段进行设计,而不应强求统一。

### 4.3 关于堤身高度、允许越浪与后坡保护

堤身高度是海堤设计中最最重要的一个指标,其

主要由设计高潮位和波浪在护面上的爬高决定。对于允许越浪海堤,堤身高度还受允许越浪量的影响。对广东的海堤而言,由于不同设计频率的高潮位相差不是太大,因此,堤身高度更多地取决于波浪的爬高。例如广东沿海大多数50年一遇和100年一遇的设计高潮位相差10~20cm,但50年一遇和100年一遇的波浪爬高往往相差1m以上。因此,在确定堤身高度时首要的是正确计算波浪的爬高。

由于我省沿海波浪较大,以波浪爬高为主确定的堤顶高程往往导致堤身过高,既不经济又不一定必要。更重要的是我省海堤大多位于河口地区,海堤的基础以软土地基为主,海堤大部分修筑在软基之上,堤顶高程设置得太高,软土地基往往难于承受,不仅会极大地增加软土地基的处理费用,加大工程投资,甚至有可能地基根本无法承受上部压力而造成海堤无法施工建设。为此,本《导则》引入了允许部分越浪海堤的设计概念,并对海堤的允许越浪量及其有关计算作了规定。允许部分越浪海堤的概念近几年比较受重视。在以往的堤防设计中,确定堤顶高程的一个基本原则是不允许海水越过堤顶,在江堤和河堤中几乎都是采用这一原则。近年来,在海堤设计中由于软基等原因允许部分海浪翻越堤顶的思想逐步被接受,由此出现了另一种确定堤顶高程的方法,即允许部分越浪海堤。

允许部分越浪设计观念最初来自海洋工程,主要应用于防波堤的设计,近年来已逐步应用于海堤设计中,取得了较好的效果。但是,由于防波堤和海堤的作用和堤身结构差别较大,加上目前有关越浪分析计算的成果不多、不够成熟。因此,在海堤设计中应注意把握越浪设计的一些基本条件。

首先,尽管允许越浪海堤在某些方面表现出的优势是明显的,如降低堤身高度。但是,从安全角度特别是防御超标风暴潮方面考虑,应坚持堤身应具有一定高度的原则。

其次,要注意到越浪量主要还是作为一种复核条件来体现的。堤定高程取决于潮(洪)水位、波浪爬高、安全超高以及越浪量大小,一般应以前三个因素作为主要计算条件,以越浪量来校核。

再次,要注意越浪量与后坡保护始终是相协调的,不同的允许越浪量对应不同的堤顶和堤后坡保护形式。通常可采用“三面光”的形式,即内、外坡及堤顶都有护面保护。

最后,要注意到“三面光”形式有助于抵抗超标风暴潮,安全度较高,可以说是一种“以强度换高

度”的方法。但不足之处是适应堤身变形较差。

#### 4.4 关于护面强度、反滤层及消浪措施

海堤的主要作用是抗御风暴潮,其破坏因素主要是海浪,作为抵抗海浪冲击的最重要结构——海堤护面,在保证海堤安全方面起着至关重要的作用,因此护面设计应作为设计的重点,这也是海堤明显区别于江(河)堤的地方。从我省一些海堤损毁的情况来看,护面破坏引起的海堤损毁占有相当大的比例,而护面破坏大多数是因反滤层失效而引起的。反滤层如果质量不过关,堤身的土粒就会在海浪的反复作用下从护面逸出,使护面底下被掏空或变形,在遭遇大浪作用时护面就会出现断裂、垮塌破坏,危及海堤安全。实际工作中护面结构的设计比较容易受重视,而反滤层的设计和施工常常容易被忽略。实际上,护面结构和反滤层可以说是一体的,一损俱损。设计中应根据当地工程特点选择合适的护面结构型式,并根据波浪条件仔细计算后经技术经济比较确定,更重要的是严把护面结构和反滤层施工的质量关。

消浪措施特别是工程消浪措施以往常见于码头、港口等海洋工程中,在海堤设计和施工中不太常见。但是,广东沿岸有许多地方面向大海,台风浪很大,设计海堤时如果一味地加高堤顶高程进行防护是不经济的,甚至是不可能的。对位于大浪区的海堤,设置合理的消浪措施如人工平台、人工消浪块体和防浪林等,对有效削减海浪、降低堤顶高程是十分有效的。特别是沿海城市的沿海(江)堤防,一般都有景观要求,海堤不可能建得很高,当计算的越浪量不满足要求时,为了不增加堤顶高程,采用消浪措施,减小海堤堤前波浪以控制越浪量,就成为合理的选择。值得一提的是,种植防浪林作为一种生物消浪措施应大力推广,在具备种植条件的海岸,应优先考虑这种消浪方式,其具有较好的生态环境效益和综合效益。总之,重视消浪措施应作为一种普遍的设计思想。

## 5 结语

海堤建设是百年大计,应始终坚持安全和质量第一的标准。作为形象的描述,可以把海堤应具有一个基本的高度、合适的体型、坚固的护面、积极的消浪措施和完善的管作为海堤设计的基本点。由于海堤设计和建设仍然面临许多技术问题,因此在《导则》的试行中,希望应用单位、科研单位加强合作,及时总结经验,共同搞好我省海堤建设。