

关于堤防工程设计标准和超标准运用的讨论

张家发, 李青云

(长江科学院土工研究所, 湖北 武汉 430010)

摘要: 回顾 1998 年防洪历史片段后认为湖北荆州地区部分堤防工程的运用和防洪能力已经达到了极限; 讨论了堤防工程在防洪工程体系中的作用, 提出堤防工程挡水能力的概念, 指出挡水能力与堤防工程自身状况有关, 也与洪水特征和防洪抢险的投入有关; 通过对堤防工程设计标准的讨论, 指出应研究完善渗流控制设计标准; 讨论了堤防工程超标准运用的意义, 强调超标准运用必须在科学研究的基础上以充分的准备工作降低风险, 初步指出了科学研究的方向。

关键词: 堤防工程; 洪水; 挡水能力; 设计标准; 堤防工程超标准运用

中图分类号: TV87

文献标识码: A

文章编号: 1006-7647(2005)05-0048-04

Design standard and paranormal utilization of dyke projects//ZHANG Jia-fa, LI Qing-yun(*Geotechnical Research Department, Yangtze River Scientific Research Institute, Wuhan 430010, China*)

Abstract: Based on the review of flood control in 1998, it is concluded that some dyke sections in Jingzhou area of Hubei Province reached their extreme capacity for flood control. The function of the dykes in flood control system is discussed, and water-retaining capacity is defined for the dyke system. It is pointed out that water-retaining capacity not only relates to dykes themselves and their foundation, but also to the characteristics of flood process and investment in flood control. The design standard for dykes is discussed, and it is suggested that the design standard for seepage control system should be further studied. The consequence for dykes to retain paranormal flood is analyzed. It is emphasized that effective measures should be taken to lower risk in paranormal utilization of dykes. Finally, the trend for further research is pointed out.

Key words: dyke project; flood; water-retaining capacity; design standard; paranormal utilization of dyke project

堤防工程是防洪工程体系的重要组成部分. 本文通过对长江 1998 年防洪历史片段的回顾提出一些值得思考的问题. 通过对堤防工程的功能作用、设计标准和超标准运用的讨论, 探讨应该开展的研究工作, 以达到进一步提高防洪工程体系建设和运用的科学性、有效性和可靠性之目的, 对于充分发挥堤防工程对社会、经济、环境可持续发展的作用具有重要意义。

1 1998 年防洪片段回顾和思考

1998 年我国长江、松花江、嫩江流域都发生了大洪水, 政府和广大军民经过艰苦奋战, 最大限度地降低了洪灾损失, 取得了防洪斗争的重大胜利. 长江流域宜昌水文站观测到 6 次大洪峰; 由于上、下游洪水叠加, 长江流域的洪水过程显示了水位上涨迅猛、水位高、高水位持续时间长、洪峰流量大的特点^[1]. 与 1954 年比较, 湖北荆州地区的堤防工程经受了更为严峻的考验(见表 1). 可以说除了九江长江干堤

的溃口堵口外, 1998 年长江流域防洪形势最为紧张的是湖北荆州地区。

在沙市第四次洪峰和第六次洪峰到来之前, 荆江分洪区都做了分洪准备. 经过精心调度, 沙市第四次洪峰以 44.95 m 的水位与荆江分洪区的启用水位(45 m)擦肩而过. 第六次洪峰更加凶险, 沙市水位一度达到 45.22 m, 超过了荆江分洪区的启用水位. 回顾第六次洪峰前的重大决策和当时堤防工程的运行情况, 可以引出应该关心的问题。

表 1 1998 和 1954 年长江流域部分水文站最高水位对比^[2]

水文站名	最高水位/m		警戒水位/m	超警戒水位持续时间/d	
	1998 年	1954 年		1998 年	1954 年
宜昌	54.50	55.73	52.0	44	38
枝城	50.62	50.61	49.0	31	19
沙市	45.22	44.67	43.0	57	34
监利	38.31	36.57	34.5	82	64
螺山	34.95	33.17	31.5	81	72
汉口	29.43	29.73	26.3	84	100
九江	23.03	22.08	19.5	94	116
大通	16.32	16.64	14.5	83	107

基金项目: 国家自然科学基金和长江水利委员会联合资助重大项目(50099620); 水利科技创新项目(SCX2002-19)

作者简介: 张家发(1960—), 男, 安徽安庆人, 教授级高级工程师, 从事岩土工程和水工渗流力学研究。

第六次洪峰来临之前预计沙市的洪峰水位将超过 45 m. 根据预定方案, 当沙市水位达到 45 m 并预测其将继续上涨时, 为了保证荆江大堤、江汉平原和武汉市的安全, 要启用荆江分洪区分洪, 但启用荆江分洪区的最后决策必须由中央作出. 8 月 16 日, 长江防汛总指挥部向国家防汛总指挥部提出了书面意见, 其中技术上关键的两条是^[1]: ①“荆江分洪区的运用对缓解洪湖长江干堤的紧张状况有一定的作用, 但是没有决定性的作用, 关键是加强对洪湖长江干堤的防守, 落实 24 h 不间断的巡查, 对查出的险情应立即采取科学的、高标准的排险、抢险措施”; ②“据当前预报的水雨情, 对荆江大堤的安全尚不存在不可克服的困难, 但需坚持严防死守.” 在此意见基础上, 中央经过综合考虑后决定不运用荆江分洪区.

8 月 17 日 9 时, 沙市达到 45.22 m 的洪峰水位, 比 1954 年最高水位高 0.55 m, 比荆江分洪区启用水位高 0.22 m. 1988 年之前荆江大堤已经基本建设达标, 作为一级堤防, 堤顶高程系按沙市设计水位 45 m 加 2 m 的安全超高设计, 荆江大堤没有出现漫顶现象, 其他险情也不多见.

8 月 20 日 20 时, 洪湖市螺山站水位达到 34.95 m 的峰值, 超过 1954 年最高水位 1.78 m. 洪湖长江干堤当时远未实现达标建设. 笔者当时作为长江防汛总指挥部派出的专家在现场了解到, 当螺山站水位达到 34.95 m 时, 全长 135 km 的洪湖长江干堤有 43 km 需要利用子堤挡水. 为防止风浪引起的漫顶, 几乎全线抢筑了子堤. 22 日 18 时左右狂风暴雨掀起的风浪在燕窝堤段漫过了子堤, 所幸时间不长. 第六次洪峰来临前已出现的重大堤身、堤基险情就达 22 处之多. 情况表明, 当时洪湖长江干堤的挡水能力已发挥到极限状态.

荆南长江干堤建设也严重滞后于规划目标, 抢筑的子堤绵延几十公里长, 石首市境内的子堤最高的筑到 2 m 多, 堤身、堤基和穿堤涵闸的险情也很多.

经过军民的齐心协力, 加上防洪工程的合理调度运用, 在没有启用荆江分洪区的情况下, 荆州地区的长江干堤以未达标的面貌抵御了超标准的洪峰水位, 这是一系列局部抗洪斗争胜利的集成, 是一次重大战略决策的伟大胜利, 也是堤防工程超标准运用的一个典型案例.

经历这次防洪胜利后, 至少有 3 个问题值得研究: ①如何评价 1998 年荆州地区长江干堤在超标准运用中经历的风险; ②如何评价堤防工程的挡水能力; ③如何确定以后的超标准运用方案. 本文不可能一下子回答这 3 个问题, 仅就与之相关的基本问题进行初步讨论.

2 堤防工程作用及其挡水能力的一般讨论

解决防洪问题的根本途径实际上只有两条: 提供足够的蓄洪能力和保证适当的泄洪能力. 对于一个系统(流域、河段或防洪体系)来说, 在一个时间段内可以建立如下关于洪水的等式:

$$F = R + S \quad (1)$$

式中: F 为洪水总量, 包括来自相邻系统的洪水和本系统产生的洪水; R 为蓄洪总量, 是本系统内新蓄存的洪水; S 为泄洪总量, 是从本系统排出去的洪水. 3 个变量都为体积量纲.

长江流域的防洪工程体系包括堤防工程、水库和蓄滞洪区. 兴修水库是提高蓄洪能力的主动行为. 堤防工程对蓄洪能力的影响有两方面: ①将洪水限制在河道和漫滩范围内, 约束洪水的泛滥空间, 减少蓄洪空间的平均宽度; ②由于堤防工程的存在抬高了河道的蓄洪水位, 在忽略河道冲淤变化的条件下, 也就是增加了蓄洪的平均水深. 所以堤防工程对蓄洪能力的影响是复杂的. 蓄滞洪区往往利用的是堤防工程建设前的天然蓄洪空间, 堤防工程建设后按一定的调度原则有条件地使用这部分蓄洪空间, 所以蓄滞洪区的设置增加了蓄洪能力.

单位长度河段的蓄洪能力可以简单地表示为

$$C = WD \quad (2)$$

式中: W 为河段蓄洪空间的平均宽度, 当两岸都有堤防工程时就相当于两岸堤防的间距; D 为河段蓄洪空间的平均水深, 不考虑河道冲淤变化时, 它只随蓄洪水位 H 的变化而变化.

由式(2)可见, 合理地确定堤距对于保证河段的蓄洪能力是非常重要的; 堤距不当时就不得不提高蓄洪水位. 为了简化起见, 也考虑到堤防工程已经建成, 堤距已经确定, 以下讨论不考虑河段蓄洪空间宽度的变化.

以往的规划、规范和设计文件都是通过设计洪水位来确定堤防工程防洪目标, 三峡工程的防洪调度方式也是通过控制泄洪流量达到关键水文站的水位控制目标^[3]. 所以, 设计水位被看作堤防工程的关键特征值.

堤防工程的挡水能力可以理解为能够安全承受洪水的作用而使其保护区免受洪水侵袭的能力. 所谓安全承受洪水的作用, 起码的要求是不因洪水的作用而发生漫顶和溃堤. 漫顶是由于堤顶高程不足引起的. 合理确定堤防工程的设计水位和安全超高可以避免相应洪水过程中出现漫顶现象. 水库和蓄滞洪区是通过控制泄洪和分洪流量来实现河道洪水水位控制目的的. 只要水位-流量关系准确, 根据降雨或洪水来

量就可以预报并通过调洪避免漫顶现象.溃堤的发生则复杂得多,一般都有一个由险情发生、扩展,直至堤身塌陷、溃决的演变过程.险情的发生和扩展与堤防工程自身条件(堤身结构、材料特性,渗流控制措施,地基及内、外滩地质条件)有关,也与本次洪水过程(包括洪水水位和洪峰形态),甚至与前次洪水过程或汛前水位过程有关.在堤防工程自身条件一定时,其挡水能力不只是体现在所能抵挡的洪峰最高水位,而应该体现为能够安全地经历洪水过程.

本文关于1998年防洪片段的回顾已经表明湖北省荆州区的堤防工程曾以未达标的面貌经历了6次洪峰考验,抵御了超标准的洪峰水位,这些堤防工程当时体现的挡水能力远远超出了为它们设定的防洪目标,不过这是以军民“严防死守”、不断加筑一段段子堤、抢护和日夜守护一处处险情为代价的.所以堤防工程的挡水能力又是与防洪过程中的投入相对应的.对于已建堤防,在防洪过程中要求其达到的挡水能力越强,就必须投入越多.当然其挡水能力是有限度的,而且要求越高,承担的风险就越大.防洪实践中,如何发挥堤防工程的挡水能力,必须结合整个防洪工程体系的联合作用来考虑.正常情况下,应以发挥与其设计标准对应的挡水能力为限.

3 堤防工程设计标准的讨论

《堤防工程设计规范》^[4]中关于堤防工程设计的规定是建立在防洪标准基础上的.根据防洪标准(洪水重现期)划分堤防工程的级别,根据堤防工程级别设定工程的安全加高值和稳定安全系数作为设计标准.

由于长江流域洪水的复杂性,很难对长江中下游制定出一般概念的某一重现期的整体防洪设计水位,长江流域规划和防洪规划对长江流域中下游堤防工程按1954年型洪水设定设计水位,作为其防洪标准.遇超标准洪水时按规划启用分蓄洪区.三峡工程投入运行后,根据当时剩余的防洪库容和下游区间河段(宜昌一枝城或宜昌一城陵矶)洪水确定其下泄流量,以实现补偿调度^[3],遇超标准洪水时仍然要启用分蓄洪区.总之,长江流域中下游堤防工程的防洪标准维持1954年型洪水对应的水位不变,只是三峡工程正常运行后会降低中下游堤防工程经历高洪水位和启用分蓄洪区的频率或减少分蓄洪量.

关于堤防工程设计标准,本文不打算讨论安全加高值和各项安全系数.要指出的是,有关结构稳定的要求应该与其他(如管理、交通、环境)方面的要求区别开来,类似堤顶宽度、堤坡坡比、堤身材料和填筑密度等指标虽然对结构稳定有直接影响,但都只是从属指标,应该在设计过程中具体研究确定,而不

应该在规范和规划文件中指定.至于为了绿化、观景和防汛交通等而对堤身结构设计参数(如堤顶宽度、堤坡坡比等)提出的要求则是另一回事,设计中可以结合工程结构安全的需要综合研究确定.

值得重点研究的是渗流控制设计标准.渗透变形和渗透破坏的概念是在室内实验中建立的.渗透变形的概念可以直接用到实际工程中,其判断依据是土体的结构被破坏或级配发生调整,使渗透系数发生明显变化,工程中的直观现象就是与上游水位涨落相联系的冒浑水现象.渗透变形发生的机理有4种,但表现形式可以归为流土和管涌两类,防汛工作中大家统称为“管涌”.渗透破坏的发生是与室内试样的尺寸有关的,实际上是模型的破坏,也就是变形路径已经抵达模型上游供水边界,如果硬要与防汛现场建立联系,只能说相当于溃堤或溃坝.溃堤不一定是渗透变形的必然结果.许多文献^[5-10]都报道了渗透变形扩展规律的研究工作,认识的共同趋向是渗透变形在有些条件下会休止,也就是存在“无害管涌”.进一步研究有害与无害管涌的形成条件,提出险情危害性的判定标准,以便完善渗流控制设计标准,并用以指导防洪抢险工作,是非常必要的.

《堤防工程设计规范》没有将堤防渗水(散浸)列为渗流控制的对象.但堤身大面积散浸会降低土体的强度和堤坡的稳定性,也可能随着洪水水位的变化在堤身薄弱处形成集中渗漏,进而引起渗透变形,所以设计中对堤身大面积散浸是应该重视的,具体的控制标准值得进一步研究.至于高洪水位长期作用下在堤内地面和低洼地带出现的渗水应该是允许的,不必列为渗流控制目标,但在防汛中应适当观察巡视,防止由于偶然因素引起变形.

4 堤防工程超标准运用的意义

长江在湖北荆州地区不仅1998年经历了超标准的洪水水位,1996年和1999年也在部分水文站出现了超标准的洪峰水位.尽管洪水流量均没有超过1954年,但最高水位却频繁超过了1954年的最高水位,其原因已有过许多分析^[1,11,12].但不管是何种原因,荆州地区长江干堤超设计水位运用的频率很高却是事实.这种频率在三峡工程竣工前不会显著降低.即使是三峡工程正式投入运行并扮演起防洪调控的重要角色,也只能“使荆江地区的防洪标准达到100a一遇;遇1000a一遇或类似1870年特大洪水时,控制枝城流量不大于80000 m³/s,在已规划安排的分蓄洪区的配合运用下,保证荆江河段行洪安全,避免南北两岸干堤溃决发生毁灭性灾害,在保证上述目标达到的情况下,尽可能使城陵矶附近地区

的分洪量有较大幅度的减少”^[3]。当三峡工程防洪调度执行对荆江补偿调度方式时,仅以控制沙市水位为目标,沙市以下河段出现超标准洪水的几率会比沙市以上河段高。

张人权等^[13]通过研究指出,“第四纪以来,洞庭-江汉平原构造沉降速率不断增大,现代构造沉降速率达到 5~10 mm/a。堤防顶面以及堤内地面正在持续不断地以每百年 0.5~1 m 的速率下沉”,其结果将迫使人类不断地加高堤防,否则其挡水能力实际上会降低,或者说会发生防洪标准与堤防实际能够达到的正常运用能力漂移的情况,实际超标准运用的机会会增加。

1998 年长江中下游超高水位严峻考验两岸堤防工程之时,政府都未能下定启用荆江分洪区的最后决心。避免分洪能带来的经济、社会、环境效应和政治影响是巨大的。1998 年避免使用荆江分洪区远不仅是避免了 150 亿元的经济损失。随着分洪区经济的发展,政府下这种决心的难度会越来越大,对超标准运用堤防工程和水库的期望会越来越高。

1998 年长江中下游堤防工程的达标情况差别很大,大多数工程的建设严重滞后。洪湖长江干堤因风浪而出现短时间的漫顶,说明当时堤防工程的挡水能力和防洪抢险能力已经达到极限。随着这几年的大规模加固工程建设,长江干堤已经普遍达标,短间接受超标准运用的潜力应该是有的。但是,堤防工程超标准运用必须有科学依据。设计标准下的运用是正常的,超标准运用是有风险的,研究工作越不足,风险就越大。风险来自两个方面:漫顶和溃堤。避免分洪区的使用不允许以干堤的漫顶或溃堤为代价。

对不同的河段要研究超标准洪水过程特征和洪水过程的组合,以及相应的堤身、堤基渗流场和安全稳定状态,评价各种险情发生灾变的可能性,研究险情处理方案和措施。提高水文(包括洪水过程)、气象(风浪)预报的精度,建立和完善工程安全监测与预警预报系统,做到洪水调度和防洪抢险工作的适时响应,无论对降低漫顶还是溃堤的风险来说都是重要的。合理进行堤顶结构设计,研究适用于临时应急挡水(浪)的措施,有利于适时提高堤防工程的挡水能力,降低发生漫顶的风险。

5 结论与建议

a. 1998 年荆州地区部分堤防工程的防洪抢险能力已经用到了极限状态;

b. 堤防工程的设计标准,尤其是渗流控制设计标准值得进一步研究完善;

c. 堤防工程的超标准运用不是很偶然的现象,至少在局部河段还会发生;

d. 考虑到洪水过程中超高水位的时间段有限,有条件地超标准运用堤防工程应该是允许的;

e. 超标准运用堤防工程会有一定风险,科学研究和准备工作做得越充分,风险就越小,所以有必要投入一定的精力开展相应的科学研究工作。

参考文献:

- [1] 黎安田. 长江 1998 年洪水与防汛抗洪[J]. 人民长江, 1999(1):1—7.
- [2] 陈德坤,孙继昌. 1998 水情年报[M]. 北京:中国水利水电出版社,1999.
- [3] 仲志余. 长江三峡工程防洪规划与防洪作用[J]. 人民长江, 2003(8):37—39.
- [4] GB50286-98,堤防工程设计规范[S].
- [5] 张家发,吴昌瑜,朱国胜. 堤基渗透变形扩展过程及悬挂式防渗墙控制作用的试验模拟[J]. 水利学报, 2002(9): 108—111.
- [6] 张家发,朱国胜,曹敦伦. 堤基渗透变形扩展过程和悬挂式防渗墙控制作用的数值模拟研究[J]. 长江科学院院报, 2004(6):47—50.
- [7] 曹敦伦. 渗流管涌的随机模型[J]. 长江科学院院报, 1985(2):39—46.
- [8] 毛昶熙,段祥宝,毛佩郁,等. 堤防渗流与防冲[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2003.
- [9] Yin Jianhua. FE modeling of seepage in embankment soils with piping zone[J]. 岩石力学与工程学报, 1998, 17(6):697—686.
- [10] 陈建生,李兴文,赵维炳. 堤防管涌产生集中渗漏通道机理与探测方法研究[J]. 水利学报, 2000(9):48—54.
- [11] 韩其为. 论长江中游防洪的几个问题[J]. 中国三峡建设, 2003(3):4—7.
- [12] 李长安,杜耘,吴宜进,等. 长江中游环境演化与防洪对策[M]. 武汉:中国地质大学出版社, 2001.
- [13] 张人权,梁杏,段文忠,等. 洞庭湖区演变及洪灾生成与发展的系统分析[M]. 武汉:中国地质大学出版社, 2003.

(收稿日期:2005-01-25 编辑:高建群)

·简讯·

印度一座装机 100 万 kW 的水电站建成投产

英迪拉萨格尔水电站位于印度中央邦纳尔默达河上,是一项大型水利水电工程,主要为满足中央邦日益增长的用电和灌溉需要而修建。大坝为混凝土重力坝,高 92 m、长 653 m。水库总库容 122.2 亿 m³,有效库容 97.5 亿 m³,是印度目前最大的水库,可灌溉 26.5 hm² 农田,并可为下游城镇居民用水及工业用水提供服务。电站装机 8 台共 100 万 kW,是印度为数不多的 100 万 kW 级水电站。该电站已于 2004 年投入运行。

(吴冀高供稿)