

# Discussion on Safety Freeboard in Calculating Crest Elevation of Levee

Yanhong Zhang, Xinmei Wang, Yanting Gao

Department of Hydroelectric Engineering, Gansu Agricultural University, Lanzhou Gansu  
Email: zhyh9606@163.com

Received: Dec. 2<sup>nd</sup>, 2016; accepted: Dec. 27<sup>th</sup>, 2016; published: Dec. 30<sup>th</sup>, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

Safety freeboard, one of the important parameters to determine the crest elevation of levee, determines the safety and economy of flood control engineering in a great way. Based on the current design codes and some research materials, the necessary and selections of the safety freeboard corresponding to different structures and different typical flood are studied. The results show that the main factors of flood overtopping can be quantitatively determined, so there is no need to estimate safety freeboard in calculating dam height above static water level. Now, stipulation of safety freeboard is in some contradiction with flood control development and not consistent with the prevailing practice in western developed countries. It is necessary to revise applicable design codes and standards. When constructing a flexible comprehensive flood control system and canceling safety freeboard in calculating crest elevation, safety height is just equal to sum of heights by waves and the wind.

## Keywords

Dam, Safety Freeboard, Safety Height, Flood Control Safety, Flood Overflow

---

# 关于堤坝坝顶高程计算中安全加高的讨论

张彦洪, 王馨梅, 高彦婷

甘肃农业大学水利水电工程系, 甘肃 兰州  
Email: zhyh9606@163.com

收稿日期: 2016年12月2日; 录用日期: 2016年12月27日; 发布日期: 2016年12月30日

文章引用: 张彦洪, 王馨梅, 高彦婷. 关于堤坝坝顶高程计算中安全加高的讨论[J]. 水土保持, 2016, 4(4): 99-104.  
<http://dx.doi.org/10.12677/ojswc.2016.44014>

## 摘要

安全加高是确定堤坝坝顶高程的重要参数,直接影响防洪安全性和经济性。本文基于现行规范和防洪工程资料,分析讨论了堤坝工程设置安全加高的必要性、取值原则和方法。研究表明,影响洪水漫顶的安全因素,基本上都可以定量确定,计算静水位以上的超高时没有必要再单独考虑安全加高。安全加高的规定与当前防洪工程发展形势不适应,与欧美发达国家通行做法不一致。建议构建柔性综合防洪体系,取消安全加高的规定,安全超高由浪高和风壅增高直接确定。

## 关键词

堤坝工程,安全加高,安全超高,防洪安全,洪水漫溢

## 1. 引言

堤坝、水闸、渠道等工程设计中,为防止高水位运行漫顶失事,需要确定建筑物顶部高程。根据《水利水电工程等级划分及洪水标准》SL252-2000 [1],永久性挡水建筑物顶部高程,按设计静水位加相应的安全超高综合确定。安全超高等于波浪爬高、风壅增高和安全加高之和。其中,波浪爬高和风壅水面高度用给定的公式计算,而安全加高按规范直接取值,不需要计算确定。现行规范,例如《城市防洪工程设计规范》GB50286-2013 [2]、《堤防工程设计规范》GB50286-2013 [3]、《碾压土石坝设计规范》SL274-2001 [4]、《混凝土重力坝设计规范》SL319-2005 [5]、《水闸设计规范》SL265-2001 [6]、《海堤工程设计规范》SL435-2008 [7]等对建筑物安全加高的取值做出了具体规定。

堤坝建筑物设置安全加高是应对汛期洪水(涨潮)漫顶失事的预防性措施。现行规范虽然对安全加高作出了规定,但在理论和实践性方面还存在很多问题。例如,安全加高的数值,主要是根据工程经验所做的估计,缺乏严格清晰的理论依据;不同规范中建筑物设计标准和安全加高取值不尽一致。安全加高的取值问题已引起了工程界广泛关注[8] [9],有必要对其设置的必要性和科学性进行系统、深入的研究。

## 2. 现行《规范》安全加高取值特点分析

堤坝工程规范对安全加高的取值如表1所示。

土石坝安全加高取值,按照大坝建筑物级别不同,在1.5~0.3 m范围内选取。混凝土坝和浆砌石坝的取值比较简单,没有区别工程位于平原或山区,只考虑洪水特性,而且数值较小,不超过校核洪水时的土石坝的相应值。

堤防工程包括江河堤防、海堤工程、护岸、防洪闸等,适用的规范有《城市防洪工程设计规范》GBT50805-2012 [2]、《堤防工程设计规范》GB 50286-2013 [3]和《海堤工程设计规范》SL435-2008 [7]。堤防工程的堤顶高程不小于设计高潮(水)位加波浪爬高及安全加高之和。堤防工程的安全加高值按照建筑物级别和防浪要求、在1.0~0.3 m范围内选择,最大不得大于1.5 m。同一级别的建筑物,按允许越浪设计的安全加高值约为不允许越浪的一半。

水闸闸顶高程按挡水和泄水两种运用情况综合确定[6]。挡水时,闸顶高程不应低于水闸正常蓄水位(或最高挡水位)加波浪计算高度与相应安全加高值之和;泄水时,闸顶高程不应低于设计洪水位(或校核洪水位)与相应安全加高值之和。泄水时计算闸顶高程不包含浪高,但安全加高取值较大,约为挡水时的2倍。

**Table 1.** Values of Safety Freeboard of the dam (unit: m)**表 1.** 堤坝工程安全加高取值表 (单位: m)

工程类型	取值条件	建筑物级别				规范	
		1	2	3	4, 5		
土石坝	设计洪水	1.5	1.0	0.7	0.5	碾压式土石坝设计规范 SL274-2001; 水利水电工程等级划分及洪水标准 SL252-2000	
	校核	山区、丘陵区	0.7	0.5	0.4		0.3
		平原、滨海区	1.0	0.7	0.5		0.3
混凝土坝、砌石坝	正常蓄水位	0.7	0.5	0.4	—	混凝土重力坝设计规范 SL319-2005; 水利水电工程等级划分及洪水标准 SL252-2000	
	校核洪水位	0.5	0.4	0.3	—		
堤防工程	不允许越浪	1.0	0.8	0.7	0.6/0.5	堤防工程设计规范 GB50286-2013; 城市防洪工程设计规范 GBT50805-2012; 海堤工程设计规范 SL435-2008	
	允许越浪	0.5	0.4	0.4	0.3		
水闸	挡水	正常蓄水位	0.7	0.5	0.4	0.3	水闸设计规范 SL265-2001
		最高挡水位	0.5	0.4	0.3	0.2	
	泄水	设计洪水位	1.5	1.0	0.7	0.5	
		校核洪水位	1.0	0.7	0.5	0.4	
溢洪道闸墩、岸墙	挡水	0.7	0.5	0.4	—	溢洪道设计规范 SL253-2000	
	泄水	0.5	0.4	0.3	—		

溢洪道控制段的闸墩、胸墙或岸墙的顶部高程,按宣泄校核洪水和挡水 2 种情况确定[10]。安全加高与混凝土坝挡水和泄水情况下的取值相同,也与水闸在正常蓄水位和最高挡水位时的取值相同。

堤坝工程安全加高的取值存在以下问题:

1) 取值条件不一致。水库大坝挡水建筑物,以预防库水漫溢为条件;水闸和溢洪道以挡水和泄水情况下均不向外溢水为条件;堤防工程按防浪要求,根据允许越浪和不越浪分别取值,但未明确可采用允许越浪设计的条件。

2) 理论依据不充分。安全加高取值,是根据工程经验对地基沉陷及地震涌浪、超标准洪水引起的水位升高的估计,没有给出具体计算公式。

3) 加高上限不统一。《堤防工程设计规范》[3]规定,对于特别重要的 1 级堤防工程,安全加高可以适当加高,但不大于 1.5 m 的规定。但其它规范和标准均无此规定。

4) 工程特性不明确。超高取值大致有四种方式,按建筑物级别分别依次为“1.5, 1.0, 0.7, 0.5”、“1.0, 0.7, 0.5, 0.3”、“0.7, 0.5, 0.4, 0.3”及“0.5, 0.4, 0.3”,没有严格区分工程类别。例如,混凝土坝、水闸和溢洪道,级别相同的建筑物采用了相同的安全加高值,水闸与土石坝也有类似情况。

### 3. 安全加高的设置目的

根据《水利水电工程等级划分及洪水标准》SL252-2000 [1],堤坝设计计入安全加高,其目的是为防范洪水、波浪计算误差等导致的堤(坝)顶偏低不安全问题。如库区内有可能发生大体积塌岸和滑坡,设置安全加高也有利于减小滑坡壅浪漫顶造成的损失。

《堤防工程设计规范》GB50286-98 条文说明中指出,“由于水文观测资料系列的局限性、河流冲淤变化、主流位置改变、堤顶磨损和风雨侵蚀等”,为了确保堤防安全运行、防止堤漫溢,设计堤顶高程需有一定的安全加高值。《城市防洪工程设计规范》CJJ50-92 说明中指出:“防洪建筑物的安全加高,

是指防洪建筑物挡水部分的顶部标高高出设计水位加上风浪高后的富余高度。安全加高是考虑由于洪水水位计算中可能存在的误差、泥沙淤积造成水位的暂时抬高, 以及其它因素可能出现的水位抬高, 是为了避免各种不利因素对防洪安全的影响而采取的一种措施。”

《海堤工程设计规范》SL435-2008 [7]指出, 海防工程设置安全加高, 是为抵御潮水侵袭, 减少害潮漫入海堤防护区的损失。为了尽可能不影响海堤的景观功能, 并与当地城市规划相一致, 海堤高度不能太高。在越浪损失不大、堤后防护区排水畅通的情况下, 可适当降低安全加高, 允许部分越浪。

总之, 安全加高是堤坝顶部在实际水位之上的增加高度, 是预防洪(潮)水漫顶工程溃决的一种安全储备措施。

#### 4. 安全加高的取值因素

现行规范中, 安全加高按建筑物级别分别取值, 主要考虑了以下因素:

1) 工程结构型式。断面单薄的高土石堤坝, 一旦洪水漫顶, 瞬间即会溃决, 安全加高应取大值; 堤路结合的土堤, 以及混凝土(浆砌石)工程, 抗冲能力强, 即使洪水漫顶也不会造成溃决, 则安全加高值可适当减小。

2) 设计运行工况。按正常蓄水位或设计洪水位确定坝顶高程, 安全储备较小, 安全加高取较大值; 校核洪水时已较多考虑了风险, 故安全加高取小值。同理, 堤坝挡水时漫顶失稳风险更大, 泄水时较小, 因而挡水时安全加高取较大值。

3) 漫顶损失程度。山区洪水历时较短, 工程失事淹没损失小, 取小值; 平原地区损失大, 取大值。

4) 泥沙及滑坡影响。滑坡涌浪和泥沙淤积会抬高水位, 造成堤顶高程不足溢水, 应适当加大超高值。

#### 5. 设置安全加高的合理性讨论

安全加高是根据工程经验来估计的。堤坝工程型式多样, 设计中是否考虑安全加高以及如何取值, 对工程的安全性和经济性具有重要影响。

水工建筑物考虑安全加高的做法, 最初来自于水库大坝[1] [4] [5]。因为坝工历史上曾有因滑坡涌浪和超标准洪水造成库水漫顶的严重事故(如意大利瓦伊昂拱坝和板桥水库土石坝), 所以设置安全加高有助于提高大坝应对高水位风险的能力。但是, 不同的工程, 漫顶因素各不相同, 坝前水位升高也不一样, 需要的安全加高也应不同。例如, 滑坡涌浪的高度与滑坡体体积和滑移速度有关, 不同频率的洪水在坝前的水位不同, 不同材料和结构的大坝稳定性也不一样。因此, 规范中对安全加高统一估值的做法并不科学。为了使大坝有足够的安全性并控制工程量, 可以对涌浪高度进行准确计算; 或采用比现行规范更高一级的设计洪水, 按此洪水相应的坝前水位加波浪高度, 直接定出坝顶高程, 而略去安全加高。

堤防工程的安全加高, 参考了土坝设计规范[4], 但“采用比土坝低一级的数值。”近年来, 随着社会经济发展和防洪标准的提高, 堤防的设计洪水位和安全加高值也在增加, 滨海和平原地区的一些城市堤防已高出城区地面, 溃堤风险和潜在损害也随之加大。堤防工程线路长, 范围广, 影响大, 过高的堤顶高程, 不仅增加防洪工程量, 也与城市道路及滨河(海)景观产生冲突[8] [9] [11]。可见, 单纯加高堤防的传统做法已不适当当前的防洪要求。近年来, 以荷兰为代表的西方国家提出的柔性防洪策略[12] [13] [14] [15], 为解决防洪建设矛盾提供了新的思路。荷兰有四分之一的土地位于海平面以下, 防洪(潮)挑战很大。荷兰近年来改变传统的防洪思路, 在维持现有堤防高度的基础上, 合理规划分滞洪区, 利用天然河道和洼地消纳洪水, 达到降低洪峰水位, 减小洪灾损失和降低洪水风险的目的[12]。柔性防洪策略的核心是构建疏-滞-防-排相结合的综合防洪减灾体系, 按允许越浪和防溃决准则进行堤坝设计。堤顶高程直接由设计洪水位和波浪爬高定出, 不考虑安全加高。美国、日本的堤防工程设计, 也只考虑设计洪水下

的风浪爬高,没有安全加高的概念。可见,不计安全加高估算值,按实际计算的静水位确定安全超高,是国际上通行的做法。

目前,我国城市防洪标准一般为50年一遇,堤防级别为3级,不越浪安全加高取0.7 m。天津滨海堤防标准100~200年一遇,上海大部分海塘标准200年一遇,安全加高取1.0 m [9],存在一定浪费。

河道上的水闸,设置安全加高,主要是为考虑闸室沉降、洪水计算误差和泥沙沉积的影响[6]。其实,闸室沉降量可以计算确定,不需在安全加高中估算;泥沙淤积通过控制水流加以解决;设计洪水位偏低的误差,主要来自于水文资料的局限性,可以通过提高洪水设计标准加以解决。例如,上海市黄浦江,频率为1%,0.1%,0.01%的洪水水位,相差大约0.50 m左右[9]。也就是说,如果将洪水标准提高一个级别,闸室高度约增加0.50 m。由于洪水计算有比较完善的理论,可以给出水位升高的具体数值,因此,修订规范,将设计洪水提高一个等级,据此计算设计洪水位和相应浪高,进而定出闸顶高程,而不用估算“安全加高”。

输水渠道的流量由渠首进水闸调控,渠中水流不像坝前洪水那样,具有随机变化的概念,渠道一般不会出现超标准流量溢水风险。因此,渠道工程可按设计水深加波浪壅高计算渠顶高程,不宜再考虑安全加高。

## 6. 结论和建议

安全加高是堤坝工程设计的重要参数,对工程建设和防洪安全具有重要影响。本文基于堤坝工程设计规范和防洪工程建设资料,对常见堤坝工程建筑物安全加高的取值依据、取值方法,取值必要性及合理性等进行了综合分析。分析表明,现行堤坝规范中安全加高是经验估计值,存在理论依据不足,防溢作用不清,实际操作难度较大等问题。

实际上,影响洪水漫顶的安全因素,基本上都可以定量确定,因此,计算静水位以上超高时没有必要单独再考虑一个安全加高。设置安全加高的做法与当前防洪工程发展形势不适应,与欧美发达国家通行做法不一致。为此,提出以下修订建议:

- 1) 取消安全加高的规定,安全超高由设计水位下的浪高和风壅增高直接确定;
- 2) 将设计洪水标准提高10%~20%,防范因洪水资料误差引起的高水位风险;

3) 构建疏-滞-防-排相结合的柔性综合防洪体系,按允许越浪和防溃决准则进行堤坝设计,与欧美国国家接轨。

## 参考文献 (References)

- [1] 水利水电工程等级划分及洪水标准(SL252-2000) [S]. 北京:中国水利水电出版社,2000.
- [2] 城市防洪工程设计规范(GBT50805-2012) [S]. 北京:中国计划出版社,2012.
- [3] 堤防工程设计规范(GB 50286-2013) [S]. 北京:中国计划出版社,2013.
- [4] 碾压式土石坝设计规范(SL274-2001) [S]. 北京:中国水利水电出版社,2002.
- [5] 混凝土重力坝设计规范 SL319-2005 [S]. 北京:中国水利水电出版社,2005.
- [6] 水闸设计规范(SL265-2001) [S]. 北京:中国水利水电出版社,2001.
- [7] 海堤工程设计规范(SL435-2008) [S]. 北京:中国水利水电出版社,2008.
- [8] 朱晓玲,陈皓,李玉芬. 浙江省小流域防洪堤设计堤顶超高研究[J]. 人民长江,2012,43(18): 79-80.
- [9] 姚慰城. 讨论防汛墙的安全超高问题[J]. 上海水务,2000,1(1): 6-7.
- [10] 溢流道设计规范(SL253-2000) [S]. 北京:中国水利水电出版社,2000.
- [11] 黄波,马广州,王俊峰. 荷兰洪水风险管理的弹性策略[J]. 水利快报,2013,33(5): 6-10.



- 
- [12] Vis, M., Klijn, F., De Bruijn, K.M. and Van Buuren, M. (2003) Resilience Strategies for Flood Risk Management in the Netherlands. *International Journal of River Basin Management*, **1**, 33-40.  
<https://doi.org/10.1080/15715124.2003.9635190>
- [13] Correljé, A. and Broekmans, B. (2015) Flood Risk Management in the Netherlands after the 1953 Flood: A Competition between the Public Value(s) of Water. *Journal of Flood Risk Management*, **8**, 99-115.  
<https://doi.org/10.1111/jfr3.12087>
- [14] Nillesen, A.L. and Kok, M. (2015) An Integrated Approach to Flood Risk Management and Spatial Quality for a Netherlands' River Polder Area. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, **20**, 949-966.  
<https://doi.org/10.1007/s11027-015-9675-7>
- [15] Ran, J. and Nedovic-Budic, Z. (2016) Integrating Spatial Planning and Flood Risk Management: A New Conceptual Framework for the Spatially Integrated Policy Infrastructure. *Computers, Environment and Urban Systems*, **57**, 68-79.  
<https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2016.01.008>

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [ojswc@hanspub.org](mailto:ojswc@hanspub.org)