

中华人民共和国国家标准
堤防工程设计规范
GB 50286—98

条文说明

目次

1	总则	(3)
2	堤防工程的级别及设计标准	(4)
2.1	堤防工程的防洪标准及级别	(4)
2.2	安全加高值及稳定安全系数	(5)
3	基本资料	(6)
3.1	气象与水文	(6)
3.2	社会经济	(7)
3.3	工程地形	(7)
3.4	工程地质	(7)
4	堤线布置及堤型选择	(7)
4.1	堤线布置	(7)
4.2	河堤堤距的确定	(7)
4.3	堤型选择	(8)
5	堤基处理	(8)
5.1	一般规定	(8)
5.2	软弱堤基处理	(8)
5.3	透水堤基处理	(9)
5.4	多层堤基处理	(9)
5.5	岩石堤基的防渗处理	(9)
6	堤身设计	(10)
6.1	一般规定	(10)
6.2	筑堤材料与土堤填筑标准	(10)
6.3	堤顶高程	(10)
6.4	土堤堤顶结构	(12)
6.5	堤坡与戽台	(13)
6.6	护坡与坡面排水	(13)
6.7	防渗与排水设施	(14)

6.8	防洪墙	(15)
7	堤岸防护	(16)
7.1	一般规定	(16)
7.2	坡式护岸	(17)
7.3	坝式护岸	(18)
7.4	墙式护岸	(19)
7.5	其他防护型式	(19)
8	堤防稳定计算	(20)
8.1	渗流及渗透稳定计算	(20)
8.2	抗滑稳定计算	(20)
8.3	沉降计算	(22)
9	堤防与各类建筑物、构筑物的交叉、连接	(22)
9.1	一般规定	(22)
9.2	穿堤建筑物、构筑物	(22)
9.3	跨堤建筑物、构筑物	(23)
10	堤防工程的加固、改建与扩建	(23)
10.1	加固	(23)
10.2	改建	(24)
10.3	扩建	(24)
11	堤防工程管理设计	(25)
11.1	一般规定	(25)
11.2	观测设施	(25)
11.3	交通与通信设施	(26)
11.4	防汛抢险设施	(27)
11.5	生产管理与生产设施	(27)
附录 A	堤基处理计算	(28)
附录 B	设计潮位计算	(29)
附录 C	波浪计算	(29)
附录 D	堤岸防护计算	(31)
附录 E	渗流计算	(33)
附录 F	抗滑稳定计算	(34)

1 总 则

1.0.1 我国洪、潮灾害十分严重,堤防是抵御洪、潮水危害的重要工程措施。新中国成立以来,我国进行大规模的堤防建设,全国已建堤防总长 20 余万公里,在历次抗洪、潮灾害中发挥了巨大的作用。随着社会经济的发展,新建、加固、扩建及改建堤防工程的任务将日益繁重,而堤防工程设计几十年来无标准可循,与大量的堤防建设需要极不适应。由于缺乏反映堤防自身特点和要求的标准,堤防工程设计难以做到技术先进、经济合理、安全适用等要求。因此,制定堤防工程设计的标准,是适应国家堤防建设的需要,也是使堤防工程建设走向科学化、规范化的轨道,不断提高堤防工程设计水平的必然要求。

1.0.2 我国堤防种类繁多,按抵御水体类别分为河堤、湖堤、海堤;按筑堤材料分为土堤、砌石堤、土石混合堤、钢筋混凝土防洪墙等。工程建设性质又有新建堤防及老堤的加固、扩建、改建之分。本条规定的适用范围是充分考虑我国堤防工程的不同类别及新、老堤建设的具体情况,使本规范有较好的通用性和可操作性。

1.0.3 堤防工程是防洪、防潮工程的重要设施,在河流、湖泊的综合规划或防洪专业规划中,为实现防洪总体目标,作为防洪体系中的水库、堤防、滞洪区、分洪道等工程措施承担不同的任务,堤防工程设计须按照规划确定的任务和要求进行;城市堤防是城市的基础设施,是城市总体规划的组成部分,须按总体规划确定的任务和要求进行设计。同时,城市防洪工程又是河流、湖泊、海岸带综合规划或防洪专业规划的组成部分,且是规划防洪的重点。因此,城市防洪工程应以上述两类规划作为依据。

1.0.4 基本资料收集、整理和分析工作,是搞好堤防工程设计的前提,根据各设计阶段不同的精度要求,要有针对性地开展。水利工程按基建程序通常规定有项目建议书、可行性研究、初步设计、技施设计和施工详图等设计阶段。堤防工程根据堤防级别、工程规模和主管部门要求,可对各设计阶段适当合并或简化。不同的设计阶段对资料的要求既有相异之处,又有相互联系和各设计阶段通用的地方,在收集、整理和分析资料时,既要注意各设计阶段对资料精度要求,又要通盘考虑,尽可能避免重复,以达到在满足设计要求前提下减少资料收集的工作量。为了保证基本资料完整和可靠性,需要对收集、整理的基本资料进行分析验证工作。

1.0.5 为确保堤防工程在设计条件下的安全运用,使堤防工程有效地抵御设计条件下的洪、潮水危害,堤防工程设计应满足稳定、渗流、变形等直接涉及工程安全的基本要求,这是本规范中的堤基处理、堤身设计、堤岸防护等章节中的共性问题。因此,本条对这一共性问题作了原则规定。

1.0.6 我国堤防工程堤线长,保护范围广,堤防所在地区自然环境、社会经济等条件存在很大差异。在堤防工程设计中应根据当地实际情况,认真贯彻因地制宜,就地取材的原则,以达到在保证工程质量的前提下降低工程造价的目的。

新技术、新工艺、新材料应在总结经验和分析研究的基础上积极慎重地采用,必要时应进行科学试验。

1.0.7 本条作了对地震烈度 7 度及其以上地区的堤防工程抗震设防措施的限定规定。是因为:其一,堤防工程遭遇大洪水机率小,高水位运行时间短,同时又遭遇 7 度及其以上地震烈度的机率更小;其二,抗震设防措施代价高,根据我国国情,从实际出发,只能对特别重要的城市堤段,如保护核电站或重要的城市工业设施的 1 级堤防,经上级主管部门批准,方可进行抗震设防设计。

1.0.8 堤防工程涉及国民经济多个部门和专业,主要涉及水利水电、城建、交通、铁道、地质等部门

和有关专业。因此,本条作了除满足本规范规定外,还要符合国家现行有关标准的规定。

2 堤防工程的级别及设计标准

2.1 堤防工程的防洪标准及级别

2.1.1 堤防工程是为了保护防护对象的防洪安全而修建的,其自身并无特殊的防洪要求。因此,堤防工程的防洪标准主要由防护对象的防洪要求而定。现行国家标准《防洪标准》中,防护对象的防洪标准见表1。如果一个防护区范围较大,当各类防护对象可以分别防护时,按各防护对象的重要程度,由防护对象的防洪标准分别确定堤防工程的防洪标准;如果不能分别防护时,为了保证主要防护对象的防洪安全,应按本规范规定选取各防护对象中标准较高的防洪标准,确定堤防工程的防洪标准。堤防工程的级别根据堤防工程的防洪标准确定。

表1 防护对象的等别和防洪标准

防护对象的等别		I	II	III	IV
城 镇	重要性 非农业人口(万人) 防洪标准[重现期(年)]	特别重要的城市 ≥ 150 ≥ 200	重要城市 150~50 200~100	中等城市 50~20 100~50	一般城市 ≤ 20 50~20
	防护区人口(万人) 防洪区耕地(万亩) 防洪标准[重现期(年)]	≥ 150 ≥ 300 100~50	150~50 300~100 50~30	50~20 100~30 30~20	≤ 20 ≤ 30 20~10
工矿企业		特大型 200~100	大型 100~50	中型 50~20	小型 20~10
交 通 运 输 设 施	铁路路基	重要程度 运输能力($\times 10^4$ t/年) 防洪标准[重现期(年)]	骨干铁路 ≥ 1500 100	次要骨干铁路 1500~750 100	地区铁路 ≤ 750 50
	汽车专用 公路路基	等级 防洪标准[重现期(年)]	高速、I 100	II 50	
	一般公路 路 基	等级 防洪标准[重现期(年)]		II 50	III 25 IV 按具体情况定
	江河港口	重要性 防洪标准[重现期(年)]	重要城市港区 100~50	中等城市港区 50~20	一般城镇港区 20~10
	海港	重要性 防风暴潮标准	重要港区 200~100	中等港区 100~50	一般港区 50~20
	民用机场	重要程度 防洪标准[重现期(年)]	重要国际机场 200~100	重要国内机场 100~50	一般国内机场 50~20
	油气管道	工程规模 防洪标准	大型 100	中型 50	小型 20
动 力 设 施	火电厂	电厂规模 装机容量($\times 10^4$ kW) 防洪标准[重现期(年)]	特大型 ≥ 300 ≥ 100	大型 300~120 100	中型 120~25 100~50 小型 ≤ 25 50
	高压超高压 输配电设施	电压(kV) 防洪标准[重现期(年)]	≥ 500 ≥ 100	500~110 100	110~35 100~50 ≤ 35 50
通信设施		重要程度 防洪标准[重现期(年)]	国际、省际重要线路 100	省际、省地间 50	地县间 30
文物古迹		保护等级 防洪标准[重现期(年)]	国家级 ≥ 100	省级 100~50	县级 50~20

2.1.2 本规范中堤防工程的级别,根据防护对象的防洪要求决定。为区别不同水体洪水对防护对象的威胁程度,根据《防洪标准》6.4.1条规定,本条作了堤防工程的级别可适当提高或降低的原则规定。

2.1.3 根据《防洪标准》3.0.2条：“人口密集、乡镇企业较发达或农作物高产的乡村防护区，其防洪标准可适当提高”的规定，参照沿海各省、区、市的现行等级划分标准（见表2），滨海地区堤防工程较一般乡村堤防工程的防洪标准适当提高。

表2 我国部分省、区、市海堤采用的潮位、波浪设计标准

省 区 市	项 目		堤 防 级 别					
			1	2	3	4	5	
广 西	防护区规模	农业用地(万亩)			>5	5~1	1~0.1	<0.1
		人口(万人)			>5	5~1	1~0.1	<0.1
	设计标准[重现期(年)]				50~20	20~10	10~5	<5
广 东	防 护 区	城 镇	重要性	重要	中等	一般		
			人口(万人)	150~50	50~20	20~3	<3	
	乡 村	农业用地(万亩)	>100	100~30	30~5	<5		
		人口(万人)	>200	200~60	60~10	<10		
	设计标准[重现期(年)]		200~100	100~50	50~20	20~10		
福 建	围垦区毛面积(万亩)			≥1	1~0.3	<0.3		
	设计标准 [重现期(年)]	潮位		100~50	50~30	30~20		
		风速		50	30	10		
浙 江	防护区规模	农业用地(万亩)		范围很大, 经济影响巨 大	>5	5~1	<1	
		人口(万人)			>5	5~1	<1	
	设计标准[重现期(年)]			100~50	50~20	20~10	<10	
上 海	防护对象		市区					
	设计标准[重现期(年)]		1000					
江 苏	防护区农业用地(万亩)		1015					
	设计标准[重现期(年)]		200					

2.1.4 蓄、滞洪区是江河防洪工程体系的重要组成部分，其堤防的防洪标准是由它在防洪工程体系中承担的防洪任务来决定的。因此，蓄、滞洪区堤防工程的防洪标准需根据批准的流域防洪规划或区域防洪规划的要求专门确定。

2.1.5 我国堤防工程大部分是土堤或土石混合堤，加高、加固相对比较容易。而水闸、涵洞、泵站等建筑物及其他构筑物，一般为钢筋混凝土、混凝土或浆砌石结构，加高、改建比较困难；堤防工程与建筑物的接合部在洪水通过时易出现险情，引起溃决，因此本条对这些建筑物的设计防洪标准提出了较高的要求。

2.2 安全加高值及稳定安全系数

2.2.1 在堤防工程设计中，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，设计堤顶高程需有一定的安全加高值。安全加高值不含施工预留的沉降加高、波浪爬高及壅水高。表2.3.1系参考《水利水电枢纽工程等级划分及设计标准(平原、滨海部分)》及《碾压式土石坝设计规范》，考虑到堤防高度较土坝低，加上堤防加高一般比水利枢纽或土坝容易，所以本规范采用比土坝低一级的数值，即使1级堤防重要堤段的安全加高值，最大也不超过土坝规定的最大数值。

2.2.2 无粘性土渗透变形的允许坡降是以土的临界坡降除以安全系数确定的。规范中提出安全系数 1.5~2.0。通常流土破坏对堤防工程的危害较大,安全系数取 2.0,管涌安全系数的取值小于流土破坏,故取 1.5。表 2.2.2 适用于无粘性土渗流出口无滤层的情况。特别重要的堤防工程和粘性土的允许坡降,通过试验确定。

2.2.3 土堤在设计中需要对安全留有裕度。为避免过大变形,考虑承受各种荷载的准确程度和土料试验分析的误差等因素,所以土堤在不同的运用条件下,按照堤防工程的级别,规定不同的安全系数。表 2.2.3 所列安全系数适用于瑞典圆弧法,用其他方法采用的安全系数另行论证。

在过去十几年,全国各地新建或加固的堤防工程设计中,均参考《碾压式土石坝设计规范》规定的抗滑稳定安全系数。部分堤防工程设计采用的抗滑稳定安全系数列如表 3。

表 3 部分堤防工程设计采用的抗滑稳定安全系数

堤防工程名称	堤防工程级别				
	1	2	3	4	5
黄河大堤	1.3				
荆江大堤	1.3				
洪湖分蓄洪工程	1.3				
黄石长江大堤		1.25			
北江大堤		1.25			
洞庭湖分蓄洪工程		1.25			
淮河入江水道高邮湖大堤				1.15	
松花江肇东堤					1.15

碾压式土石坝通常比堤防高,且经常挡水,抗滑稳定安全要求比较高,但堤防堤线长,地质勘探工作不可能做得象土坝那样详细,试验资料的代表性也有限,施工土料不一定完全符合设计要求,施工质量又不易控制,河堤工程运用时还存在受河水冲刷引起塌坡的可能等等。考虑堤防工程的这些特点,本规范所规定的抗滑稳定安全系数与碾压土石坝的抗滑稳定安全系数相同。

堤防工程正常运用条件即为设计条件;非常运用条件是指地震、施工期的运用等。

2.2.4 在软弱堤基上修筑土堤,其抗滑稳定较差,如要求达到规范的数值,则设计的堤防断面比较大、不经济,因此,本规范对于这类堤防放宽了设计指标。

2.2.5 表 2.2.5 所列安全系数适用于剪切强度公式计算。

3 基本资料

3.1 气象与水文

3.1.1 本条除水位、潮位等普遍需要的资料外,其他项目根据设计需要,有针对性地搜集提供。例如:堤身、堤基土质抗冲性能较弱的,需要提供江河流速资料;多泥沙河流需要提供泥沙及河床淤积资料;湖堤、海堤及大江大河堤防,需要提供风浪资料;我国东南部多雨地区,需要提供施工期降雨天数及降雨强度资料;北方严寒地区,需要提供冰情及施工期气温资料等。

本条所需的各种水位、潮位,要满足确定堤顶高程和堤身断面、核算堤坡稳定和堤身堤基渗流稳定以及确定护坡上下限等方面的设计计算资料。

3.1.2 与堤防工程有关地区的水系、水域分布和治理情况、河势演变和冲淤变化等资料是堤线布

置、堤型选择、堤身设计、堤基处理及堤岸防护等重要依据,本条对收集、整理上述内容的资料作了原则规定。

3.2 社会经济

3.2.2 本条规定了对堤防工程保护区应具有的社会经济资料,是堤防工程设计中分析确定堤防级别的重要依据,也是进行堤防工程经济效益分析和环境影响评价所需要的基本资料。

3.2.3 本条规定了对堤防工程区应具有的社会经济资料,是堤防工程设计时进行堤线比选、工程投资估算、挖压占地、房屋拆迁及移民安置的基本资料。

3.3 工程地形

3.3.1 本条是根据国家现行标准《水利水电工程测量规范》规定,结合堤防工程设计需要而定。

地形图的比例尺,在选线阶段,一般可利用大多数筑堤地区的现有的1:10000或1:50000地形图进行工作;定线测量是确定堤线、测算工程量、统计挖压拆迁以及施工场地布置的基本依据,需测1:1000~1:10000专用带状地形图,其中1:2000比例尺图比较常用。带状地形图的宽度需满足初步设计(包括防渗、排渗区及护岸工程范围)、施工图设计(包括料场区和工场布置区范围)及管理(包括护堤地范围)的要求。有些河床较为稳定的河流,为了对塌岸段采取防护措施,有时还有测量水下地形的要求。为了精确统计挖压拆迁数量和类别,尽可能用航测与一般地面测图互相印证,以保证地物边界和物种形象的可靠性。

纵断面图比例尺是按照《水利水电工程测量规范》要求并结合堤防工程特点而确定的,原则上一个纵断面图尽可能布置在一幅图纸上,同时又能满足有关文字注记的要求。

横断面图的间距,除根据不同设计阶段不同精度要求外,还需使断面具有代表性,为此在堤防走向的曲线段以及地形、地质变化较大处,即相应堤身断面变化处,应插补增加一些横断面图。本条规定的横断面图的比例尺是总结各地实践经验后确定的。

3.3.2 纵断面图的绘制一般可利用横断面图资料点绘,但当两横断面之间有沟汊或堤埂等特殊地形时,应据实反映于纵断面图上。

3.4 工程地质

3.4.1 国家现行标准《堤防工程地质勘察规范》中的工程地质勘察报告,其工程地质及筑堤材料资料项目内容覆盖面比较全面,各地在堤防工程设计时,除工程地质剖面图等普遍需要的资料外,需根据本工程的地理特点,有针对性的选择项目进行勘探、试验。

4 堤线布置及堤型选择

4.1 堤线布置

4.1.1 本条列举堤线布置中需要考虑的各种因素,这些因素在不同的地点对堤线选择有不同的影响,因而需要综合考虑。

4.2 河堤堤距的确定

4.2.1 河流的不同河段,设计洪水流量往往有较大的差别,地质、地形、施工条件也不尽相同,因而堤防工程需要分河段进行设计。

4.2.2 在一定的设计洪水条件下,设计堤距与设计堤高是相互关联的。堤距愈近,保护的範圍愈大,但堤身愈高,工程量增加,而且水流流速增大,堤防易于发生险情,险工也愈长。所以,需要比较研究。一般的方法步骤是:

- 1 假定若干个堤距,根据堤线选择的原则,在河道两岸进行堤线布置。
- 2 根据地形或断面资料,用水力学方法,分别计算设计条件下各控制断面的水位、流速等要素。
- 3 对于多沙河流还需考虑洪水过程中的河床冲淤及各设计水平年的淤积程度。
- 4 分别绘制不同堤距的沿程设计水面线。
- 5 根据规定的超高及计算的水面线,确定设计堤顶高程线。
- 6 根据地形资料和设计的堤防断面,计算工程量。
- 7 比较不同堤距的堤防工程技术经济指标,选定堤高及堤距。

4.2.3 由于种种历史原因,多数河道的堤距偏窄,给防洪带来问题,而展宽堤距在实施上阻力很大,改建的投资也比较高。因此,本条规定,在设计堤距时要留有余地。

4.3 堤型选择

4.3.1 本条列举了堤型选择中应该考虑的一些因素,多数情况就只有一、二个因素起主导作用。有些情况下,堤型可以根据实践经验确定。

4.3.2 土堤是我国江河、湖、海防洪广为采用的堤型。土堤具有就近取材、便于施工、能适应堤基变形、便于加修改建、投资较少等特点,堤防设计中往往作为首选堤型。目前我国多数堤防采用均质土堤,但是它体积大、占地多,易于受水流、风浪破坏,因而一些重要海堤和城市堤防,采用了其他堤型。

4.3.3 同一条堤线中,根据各堤段具体情况,分别采用不同堤型是比较常见的,但不同堤型的接合部易于出现质量问题,危及防洪安全,因而本条强调了不同堤型的接合部要认真处理。

5 堤基处理

5.1 一般规定

5.1.2 国家现行标准《碾压式土石坝设计规范》对沉降量的规定:“竣工后的总沉降量(包括坝基及坝体)一般不宜大于坝高的1%”。这规定对堤防来说要求过高。据调查了解各省新建堤防的沉降量多数超过5%,海堤沉降量更大。所以,本条只原则提出“竣工后堤基和堤身的总沉降量和不均匀沉降量应不影响堤防的安全运用”。

5.1.3 我国的堤防大多是历史形成的,因此,有些地基中常存有墓坑、窑洞、井窖、房基、杂填土等,还有天然暗沟和动物巢穴等,若不探明加以处理,会降低堤基强度和发生严重渗漏,危及工程安全。

5.2 软弱地基处理

5.2.2 软弱堤基采用铺垫透水垫层的很多,单独或综合使用铺垫透水材料、在堤脚外加压载、打排水井和控制填土加荷速率等是我国海堤和土石坝软基处理的常用方法,并普遍取得较好效果。单独使用一种措施的如:福建大官板围垦工程海堤用排水砂井,浙江湖陈港高13m的堆石坝用砂石排水垫层,浙江宁波大目涂围海工程海堤和北仑港电厂灰坝用土工织物排水垫层,浙江溪口水库高22m的土坝和英雄水库土坝用压载,苏北里运河土堤用控制填土速率措施。采用综合措施的如:杜湖水库高17m的土坝用砂井加压载;秦山核电站海堤、浙江乍浦海堤、浙江青珠农场围垦海堤、

厦门东渡港二期围堰、连云港吹填围堰、深圳赤湾防波堤等用土工织物上加压载。

5.2.5 为加速软土地基的排水固结,以往多采用排水砂井作为垂直排水通道。70年代以来,应用塑料排水带插入土中作为垂直排水通道在国内外已得到广泛应用。软土层下有承压水时,如排水井穿透软土层,会使承压水大量涌出,造成堤基淹没和基础破坏的严重后果。所以应避免排水井穿透软土层。如排水井需穿透软土层,应采取必要的防护设施。

5.2.11 泥炭地层在我国东北分布很广,筑堤很难避开。黑龙江省国营农场总局曾在泥炭层地基上修筑土坝已运用20多年,资料见黑龙江国营农场总局勘测设计院的《泥炭层地基筑坝的试验与实践》,刊于《坝基基础处理汇编》(东北地区水利科技协作组,1983年6月)。

5.2.13 分散性粘土在我国多有发现,黑龙江中部引嫩、南部引嫩等工程都遇到分散性粘土。黑龙江省南部引嫩工程土坝上的分散性粘土经多年试验研究,处理后已正常运用多年。美国陆军工程师团1978年编制的《堤防设计与施工手册》亦推荐采用掺石灰和加滤层的方法处理。

5.3 透水堤基处理

5.3.2 铺盖防渗是国内外常用的。长江无为大堤中的惠生堤是用长度为30m的粘土铺盖防渗,经多次洪水考验,卓有成效。黑龙江省齐齐哈尔等城市堤防中的砂基砂堤有用复合土工膜或编织涂膜土工布防渗的,效果很好。

5.3.3 在深厚透水的堤基上采用截渗墙防渗的堤段近年来逐渐增多。山东黄河河务局1986年在济南市西郊常旗屯附近的黄河大堤上,用该局研制的联合回转钻机矩形造孔设备建造地下连续截渗墙,墙厚0.6m,穿过强透水层进入下卧相对不透水层1.0m,平均深度10.74m,造孔尺寸0.6m×2.4m,共建造截渗墙7214.8m²。

80年代以来,高压喷射灌浆已广泛用于地基防渗。哈尔滨市1974年在松花江大堤上,用高压喷射灌浆建造截渗墙。墙厚大于0.2m,长203m,最大深度28.2m,最小深度23.9m,平均深度24.59m,建造防渗墙有效面积5082m²,效果明显。

“射水法”建造地下混凝土防渗墙是福建省水管局为堤基防渗研制的。多年来在我国福建、江苏和黄河下游等堤防加固中得到较广泛应用,江苏省水利勘测设计院1990年10月在淮河骆马湖南堤加固中,用“射水法”建造地下混凝土防渗墙试验获得成功。墙厚0.22~0.26m,墙深10m,长304m。

河南省宿鸭湖水库土坝采用板桩灌注防渗墙,墙厚0.15~0.2m,墙深15~18m。

固化灰浆防渗墙,国内有试验研究资料,在日本用得较多。

5.4 多层堤基处理

5.4.1 国内堤防中双层地基普遍存在。有各种处理措施:用减压井处理的有安徽长江同马大堤,透水层厚100m,表层为弱透水层,为确保同马堤在设计洪水水位下防渗安全,在汇口、乔墩、朱墩、甘家桥四段用减压井处理,共设67口减压井,已运用多年。

安徽省淮河和长江堤防多有采用盖重的,肇庆市西江堤防有一段也采用盖重处理。

多层地基处理在水库土坝实例较多,如河南白龟山水库和河北黄壁庄水库土坝采用盖重和减压井综合处理措施,均经多年运用,效果良好。

5.5 岩石堤基的防渗处理

5.5.2 岩基上的土堤主要应防止岩石裂隙和沿岩石面的渗水冲蚀风化的岩石和堤身,深层处理投资太大而且也没有必要,所以堤基以表面处理为主。本条规定应在防渗体下采用砂浆或混凝土封

堵岩石裂隙,并在防渗体下游侧设置滤层防止细颗粒被带出,非防渗体部分用滤料覆盖即可。

6 堤身设计

6.1 一般规定

6.1.1 堤防工程由于堤线长、工程量大,往往是群众性施工,群众性管理和防汛,所以结构应尽量适应这些特点。

6.1.2 堤防具有沿堤线地基及其他自然条件复杂多变等特点。堤身设计需要分段进行,参照条件相近的堤防设计经验,拟出若干个标准断面,进行稳定计算,再经技术经济比较最后确定设计断面。

6.1.3 堤身一般是指临、背水堤脚线之间地面以上建筑的挡水体。堤高应从清基后的原地面算起。

6.1.4 新堤通过故河道、堤防决口堵复、海堤港汉堵口等地段,水流、地基、筑堤材料及各地的施工方法有很大差异,需要在各地行之有效的经验基础上研究制订设计方案。

6.2 筑堤材料与土堤填筑标准

6.2.1 堤防工程大部分为土堤,少部分为土石复合堤,城市防洪还有混凝土防洪墙,故筑堤材料主要是土料,其次是复合堤的砌石墙和防浪墙及块石护坡用的石料,以及护坡垫层或复合堤过渡层用的砂砾料。堤防工程应优先考虑就地取材。本规范根据堤防工程特点对土、石、砂砾三种筑堤材料提出质量要求。对混凝土骨料选用标准按《水利水电工程天然建筑材料勘察规程》执行。

粘性土土堤填筑的含水量指标,应考虑可用土料的天然含水量、施工季节等条件,要求尽量接近最优含水量。

根据资料分析,当填筑土含水量与最优含水量的差值在3%时,压实干密度差约在5%左右。为不使压实干密度太低,所以,规定含水率与最优含水率差值不宜超过3%,亦不宜小于-3%,具体应用可考虑取土场的客观条件及其他技术、经济方面的因素分析而定。

6.2.2 如用本条所列土料筑堤,堤防在运用期可能产生贯穿性裂缝、空洞,或发生渗流破坏,或产生严重变形和失稳,故除采取一定的处理措施外,一般要避免采用。

6.2.4 土料的填筑质量需使其具有足够的抗剪强度和较小的渗透性、压缩性。填筑质量的主要标准是土的密实度和均匀性。对不同等级不同土料填筑的土堤确定合理的压实度,才能使堤防断面设计经济合理。

6.2.5、6.2.6 粘性土堤筑设计压实度定义为:

$$P_{ds} = \frac{\rho_{ds}}{\rho_{d\cdot\max}} \quad (1)$$

式中 P_{ds} ——设计压实度;

ρ_{ds} ——设计压实干密度(kN/m^3);

$\rho_{d\cdot\max}$ ——标准击实试验最大干密度(kN/m^3)。

标准击实试验按国标《土工试验方法标准》GBJ123—88中规定的轻型击实试验方法进行,相当于国际上采用的普氏标准击实试验。

无粘性土填筑设计压实相对密度定义为:

$$D_{r\cdot ds} = \frac{e_{\max} - e_{ds}}{e_{\max} - e_{\min}} \quad (2)$$

式中: $D_{r\cdot ds}$ ——设计压实相对密度;

e_{ds} ——设计压实孔隙比；

e_{max} 、 e_{min} ——试验最大、最小孔隙比。

相对密度试验按国标《土工试验方法标准》中规定的方法进行。

我国《碾压式土石坝设计规范》SDJ 218—84 中规定,对粘性土的填筑压实度标准:对 1、2 级坝应不低于 0.96~0.99;对 3、4、5 级坝应不低于 0.93~0.96。该规范对无粘性土的相对压实度要求不低于 0.70~0.65。

在我国,大量堤防工程是采用压实法填筑的。考虑到我国各地的实际施工条件和经验,针对各级堤防的重要性,本规范对粘性土筑堤的压实度规定为:1 级堤防不应小于 0.94;2 级和超过 6 m 的 3 级堤防不应小于 0.92;低于 6 m 的 3 级及 3 级以下堤防不应小于 0.90。对无粘性土筑堤的相对压实度规定为:1、2 级和高度超过 6 m 的 3 级堤防不应小于 0.65,低于 6 m 的 3 级及 3 级以下堤防不应小于 0.60。

6.2.7 这些堤段通常是在软土地基上或水中填筑,施工方法和断面结构都需根据各地具体条件和当地材料、施工经验等因地制宜选择,是否压实和压实密度也需根据具体情况确定。

6.3 堤顶高程

6.3.1 堤顶高程应在对洪水及风浪资料进行计算分析的基础上确定。但因为堤线长、自然条件、堤的走向变化复杂,按公式计算超高时,成果变幅大,直接使用有困难,可采用按堤的等级、材料及河段特性,分段定出一个超高值,作为设计值。1、2 级堤防为大江大河大湖干流堤防或重要支流堤防,规定超高不小于 2.0 m。

我国部分堤防超高见表 4。

6.3.2 我国北方黄河内蒙古和山东河段以及东北一些河流,由于特殊的地理、气候条件,在开河流冰期,时常在河道卡口段或急弯处,冰凌堆积形成冰塞、冰坝,使上游河道水位急剧壅高,往往对两岸堤防造成严重威胁,个别年份甚至会导致一些堤段漫堤决口,损失严重。因此,对这些地方的堤防,除按本规范第 6.3.1 条规定分析计算确定堤顶高程外,尚应收集分析历史流冰期卡冰壅水水位和风浪资料,进行分析论证,综合研究合理确定该河段堤防的堤顶高程。

6.3.3 堤顶设有防浪墙时,土堤顶需高出设计洪水位 0.5 m 以上,使堤身浸润线以上有一定的保护土层,堤面得以保持干燥。

6.3.4 土堤竣工后还会发生固结沉降,为保持设计高程,在设计时需预留沉降量。沉降量包括堤身沉降和堤基沉降,一般压实较好的堤防根据经验,沉降量可为堤高的 3%~8%。

较高堤防软弱地基上筑堤、无法压实或压实较差的土堤,沉降过程较长且沉降量较大,故对这些条件下的堤防和堤基要求按本规范第 8.3 节有关规定计算沉降量。

表 4 我国部分流域堤防超高值表

流域	堤名	超高(m)
长江	荆江大堤	2.0
	九江大堤	1.5
	武汉防洪堤	2.0
	支流堤	1.0

续表

流域	堤名	超高(m)
黄河	下游上段	3.0
	下游中段	2.5
	下游下段	2.1
淮河	淮河干堤	2.0
	一般堤	1.5
	洪泽湖堤	3.0~3.5
海河	干流堤	3.0
	潮白河堤	2.0
松花江	佳木斯城区段	2.0
	乡村堤	1.7
辽河	下游干堤	1.5
	沈阳市区	2.5
鄱阳湖	湖堤	2.0
洞庭湖	重点堤垸	1~1.5

6.4 土堤堤顶结构

6.4.1 土堤堤顶宽度需满足防汛抢险时交通需要,对1级堤防规定顶宽不宜小于8m,2级堤防不应小于6m,主要为满足防汛抢险交通和机械化抢险作业要求。我国各地气候条件、土质、交通状况都不相同,如背水面有平行堤防的交通道路,堤顶宽就可以减小;堤身高度大,土质为少粘性土,可适当增加堤宽。

国内部分江、河、湖、海堤顶宽列于表5,供参考。

6.4.2 是指不能满足按第6.4.1条规定要求,而增加堤顶宽度从结构和经济方面都不合理时,可采用设回车场、避车道、存料场等办法解决。

6.4.3 上堤坡道的标准应和上堤交通道路等级和要求相一致。临水侧上堤坡道要尽量避免行洪阻水和形成挑流而冲刷堤防,所以要顺水流布置。

6.4.4 堤顶路面作为管理和防汛交通道路使用,我国各地一般情况是:粘性土堤路面铺砂石;砂性土或砂壤土路面要求盖粘性土,防止风雨剥蚀和流失。重要的堤段,亦有修建沥青或混凝土路面的,但要注意堤防加高、扩建的可能性和技术措施。

6.4.6 在城镇附近场地受限制或取土困难的条件下,修防浪墙往往是经济合理的。新建防浪墙,需在堤身沉降基本完成后进行。对于有斜坡式护岸的堤防,防浪墙基础一般要和护坡分开,并设置在稳定的堤身上,以防止因护坡的滑动造成防浪墙的倾覆。

表 5 我国部分江、河、湖、海堤顶宽度表

堤名	堤顶宽度(m)	堤名	堤顶宽度(m)
一、江河堤:		海河子牙河堤	6~12
黄河下游干流堤	平工 7~9 险工 9~11	嫩江吉林段堤	6
黄河下游支流堤	平工 4~6 险工 6~8	珠江北江堤	7
长江: I 类	8~12	二、湖堤:	
长江: II 类	6~8	鄱阳湖重点堤	8
长江: III 类(支流堤)	6	鄱阳湖一般堤	4~8
长江民垸	4~6	洞庭湖重点堤	8~10
淮河淮北大堤	10	洞庭湖一般堤	5~6
淮河城市工矿堤	8~10	微山湖江苏西堤	8
淮河一般堤	6~8	三、海堤	
淮河支流堤	5~8	浙江海堤	3~6
辽河干流堤	6	上海海堤	4~14
辽河支流堤	4.5	苏北海堤	6~8
海河滦河堤	6~8	广东重点海堤	5~7
海河永定河堤	8	广西海堤	2~3

6.5 堤坡与戕台

6.5.1 土堤堤坡需满足施工、管理和稳定的要求。据国内外堤防资料,堤坡一般为 1:2.5~1:3.0,堤身为轻砂壤土,稳定渗流从堤坡逸出,其稳定安全坡度约为 1:5。1、2 级土堤大多为江河干流和湖堤的重要堤段,要求堤坡不陡于 1:3.0。

海堤临水侧的坡度根据所采用的护坡型式而定。表 6 是我国浙江省海堤常用的设计坡度值。

表 6 海堤临水侧设计坡度

6.5.2 堤防是否设戕台,各国做法不一。美国、加拿大等国考虑机械化施工的方便,主张缓坡不设戕台,背水坡基本上平行浸润线。我国堤防考虑管理和防汛需要,较高的土堤通常在背坡堤顶 2~3 m 以下设戕台。

6.5.3 风浪潮汐侵袭比较严重的海堤、湖堤,结合临水坡护坡结构设置消浪平台,可以减小波浪爬高,增强堤身的稳定性。

据浙江省试验资料,当平台宽度为波高的 1.0~2.0 倍时,一般不小于 3 m,且效果较好。平台高程位于静水位附近时,波浪爬高值较小。单折坡式断面,折坡点高程在静水位或接近静水位时,下坡陡的较下坡平缓者爬高值小。消浪平台是集中消能的部位,根据经验,特别是平台前沿转角处要注意加固,一般用浆砌大块石或整体现浇混凝土修筑,并需留有足够的排水孔。

护坡型式	设计坡度
草皮护坡	1:3.0~1:8.0
抛石护坡	缓于 1:1.5~1:2.0
干砌石护坡	1:2.0~1:3.0
浆砌石护坡	1:2.0~1:2.5
陡墙	1:0~1:0.7

6.6 护坡与坡面排水

6.6.1、6.6.2 临水堤坡主要防水流冲刷、波浪淘刷、冰和漂浮物的撞击破坏;背水坡主要防雨水冲刷等。海堤可能允许越浪,土堤两面都需要防冲刷,可根据需要选用护坡型式。

6.6.3 1、2 级堤防为江河湖海干堤或重要支流堤,对水流冲刷或风浪作用强烈的重要堤段,临水

坡一般采用砌石、混凝土或土工织物模袋混凝土等标准较高的护坡型式。一般情况下,临背堤坡均可采用水泥石、草皮等造价较低的护坡型式。根据淮委经验,壤土堤防临水面的草皮护坡,可抗御4级以下风浪和流速2 m/s以下的水流冲刷。

我国各地有许多适用于当地条件的护坡型式,凡行之有效的,在设计中也可选用。

6.6.4 受风浪、水流、潮汐等侵袭严重的堤防砌石护坡,其结构尺寸都要进行计算,以确保护坡的稳定可靠和经济合理。

对高度低于3 m的1、2级堤防或3级以下堤防,其护坡结构尺寸主要根据构造和施工需要确定,一般可参照同类堤的护坡加以选定。

6.6.5 通常河堤挡水时间短,波浪不大,护坡下作一般垫层即能满足要求。有些风浪大、挡水时间长的堤,如海堤和部分湖堤,加厚垫层对护坡安全非常重要。

6.6.6 对于短期靠水的堤防,排水孔可设至近堤脚,对于经常靠水的,要设至中常水位附近。

护坡设置变形缝是为适应护坡的沉降和温度变形。堤身填筑质量一般不均匀,沉降量也有差异,所以变形缝间距宜小些。

6.6.7 堤脚坡面转折处护坡受力复杂,且极易影响护坡的稳定,故在这些部位要设置坚固的基座。

护坡和堤顶交界处易形成雨水顺垫层的渗流通道,造成堤身的冲刷,所以需设封顶。

6.6.8 防止风浪、潮汐的破坏,是海堤安全的关键。所以海堤一般都设有较坚固的上游护坡和防浪墙。根据浙江等省海堤建设经验,海堤护坡型式一般为斜坡式、陡墙式和复合式三种。根据当地土质、材料、堤高及其他自然条件综合考虑,因地制宜地选用。1、2级的海堤及较高的海堤护坡,常用复合式护坡型式。

6.6.9 混凝土异型防浪块体型式的选用可参考《港口工程技术规范》。重要的工程要进行试验确定。

6.6.10 堤面排水设施是为安全排泄降雨径流而设置的,因降雨造成堤身严重冲刷的堤防,考虑设置堤面排水设施。

6.6.11 排水系统布置和尺寸应根据降雨资料分析计算,也可按堤防管理经验确定,要注意和堤脚外排水系统的连接。

6.7 防渗与排水设施

6.7.1 土堤一般尽可能选取均质断面,只有当筑堤土料渗透性较强,不能满足渗流稳定要求时,才考虑设防渗或排水设施。适宜作防渗和排水的材料很多,需本着安全可靠、就地取材的原则选取。

6.7.2、6.7.3 堤身防渗主要是满足堤的渗透稳定要求。对于渗流量,只要不影响安全,一般无要求。堤身防渗和排水设施与堤基防渗与排水设施统筹布设,共同组成完整的防渗体系,以确保安全。

6.7.4 这一要求是为了防止防渗体顶部遭受冰冻及机械破坏。

6.7.5 堤防如为人工施工,防渗与排水体最小尺寸一般为1 m。如果是机械施工,顶部最小宽度需根据所用施工机械的要求确定。

6.7.6 主要是考虑防止因冻胀破坏防渗体而影响堤防安全。

6.7.7 沥青混凝土和混凝土防渗体,一般在堤防中很少采用,如采用时,需参照有关规范进行设计。

6.7.8 土工膜和土工织物种类很多,国内、外在堤坝工程中已广泛采用。为保证土工膜和土工织物长期的防渗、排水作用,主要应防老化和机械、生物破坏,做好施工接缝。

国内、外部分用土工膜防渗的土石坝,见表7。

表7 国内、外部分用土工膜防渗的土石坝主要特征表

坝名	国家	所在地	坝高(m)	坝型	建成时间	土工膜种类	防渗体型式	上游坝坡	保护层材料	说明
阿特巴申	苏联		79	砂卵石坝	1970	薄膜	心墙	1:2.5	粗砂	上部40m为土工膜防渗
拉丁伊斯伏	保加利亚		40	堆石坝	1980	薄膜	斜墙	1:2.0	混凝土预制板	
考道尔	法国		28	堆石坝	1983	薄膜、两面有土工织物保护	斜墙	1:1.7	卵石上铺冷沥青混凝土	
波札捷洛斯拉莫斯	西班牙		97加高到134	堆石坝	1984	薄膜	斜墙	1:1.3	砌石	
诺里耳斯克	苏联		32	砂卵石坝		薄膜				
阿耳梅尼亚	苏联		28	砂卵石坝		薄膜				
太沙基	加拿大		61	斜墙坝		薄膜	斜墙	1:3.8		粘土斜墙漏水修补
黑河水库	中国	辽宁	15.5	碎石坝	1990	复合土工膜	心墙	1:2.5~1:2.75	粒径小于5mm风化砂	
桦皮沟水库	中国	辽宁	10.8		1990	复合土工膜	斜心墙	1:2.5	粒径小于5mm河砂	
顾营水库	中国	辽宁	13.24		1990	复合土工膜	斜墙	1:3	粒径小于5mm河砂	
圣沟水库	中国	辽宁	15.85		1990	复合土工膜	斜墙	1:3	粒径小于5mm河砂	
葛沟水库	中国	辽宁	10.67		1990	复合土工膜	斜墙	1:3	粒径小于5mm河砂	
田村土石坝	中国	广西柳州	48	堆石坝	1990	复合土工膜	斜墙	1:1.5		上部38m用土工膜防渗
小岭头水库	中国	浙江宁波	36	堆石坝	在建	复合土工膜	斜墙	1:1.3	透水混凝土	
水口电站围堰	中国	福建闽清	44.55	堆石坝	1990	复合土工膜	心墙	1:1.5		上部24.55m用土工膜防渗

6.8 防洪墙

6.8.1 城市、工矿区等由于土地昂贵、拆迁占地或取土困难等限制,采用防洪墙挡洪往往是经济合理的,因此在我国一些大中城市和重要工矿区广泛采用。

6.8.2 防洪墙稳定计算安全系数需满足本规范要求,地基应力需小于地基允许承载力,且底板不

产生拉应力。

6.8.3 防洪墙基底不透水轮廓线主要由渗透稳定要求确定,不满足时,需采取加长渗径的措施。

6.8.5 为保证墙体和基础防渗系统可靠工作,变形缝要设止水。止水材料需根据墙的等级进行选择。

7 堤岸防护

7.1 一般规定

7.1.1 江河、湖、海堤防的堤脚、滩岸及其防护工程是密不可分的,“保堤必须固岸”是一条普遍经验。由于堤脚和岸滩在受水流、风浪、潮汐等的侵袭、冲刷情况下经常造成破坏,对这类堤岸需进行防护,以控制、调整水流,稳定岸线,保护堤的安全。

堤岸防护包括堤脚和近堤岸滩两类情况:一类是在堤外无滩或滩极窄,要依附堤身和堤基修建护坡及护脚的防护工程,包括修建平顺护岸及坝、矶头护岸,一般称其为险工;另一类是堤前有滩,滩地受水流淘刷也危及堤的安全,因而修建依附滩岸的防护工程。前者为护岸工程,后者为护滩工程。以上两类工程都是直接为了保护堤的安全而修建,因而统称堤岸防护工程。

堤岸防护工程是堤防工程的重要组成部分,需结合堤身结构设计一并完成。

已建的堤防工程,因发生崩岸或将发生崩岸威胁堤防工程安全时要及时修建堤岸防护工程。

堤岸防护工程设计应符合防洪规划及整治工程规划的要求,工程布局应因势利导、符合水流演变规律,统筹兼顾上下游、左右岸的利益,如防洪、航运、港埠、取水、工矿企业、农田水利等的要求。

修建防护工程应尽量不过多缩窄过洪断面、不造成汛期洪水位较大抬高,凡适宜修平顺护岸的则不修丁坝,尤其不宜修长丁坝。

堤岸防护要尽量采取工程措施与生物措施相结合的方法以达到经济合理的效果。

生物防护是一种有效的防护措施,具有投资省、易实施、效果好的优点。堤在经常不靠水或靠水时水深浅、流速小的堤段要因地制宜植树种草进行防护。

7.1.2 堤岸防护工程的布局、型式、结构、材料等方面多种多样,各具不同特点,需根据具体情况分析研究采用。防护工程按型式一般分为以下四类:

1 坡式护岸——也称为平顺护岸,用抗冲材料直接铺敷在岸坡及堤脚一定范围形成连续的覆盖式护岸,对河床边界条件改变较小,对近岸水流的影响也较小,是一种常见的、需要优先选用的型式。

我国长江中下游水深流急,总结经验认为最宜采用平顺护岸型式。我国许多中小河流堤防、湖堤及部分海堤均采用平顺坡式护岸,起到了很好的作用。

2 坝式护岸——依托堤身、滩岸修建丁坝、顺坝引导水流离岸,防止水流、风浪、潮汐直接侵袭、冲刷堤岸,危及堤防安全,是一种间断性的有重点的护岸型式,有调整水流作用,在一定条件下常为一些河堤、海堤防护所采用。

我国黄河下游,因泥沙淤积,河床宽浅,主流游荡、摆动频繁,常出现水流横向、斜向顶冲堤防造成威胁的情况。因此,较普遍地采用丁坝、垛(短丁坝、矶头)以及坝间辅以平顺护岸的防护工程布局,保护堤防安全。

长江在河口段江面宽阔、水浅流缓,也多采用丁坝、顺坝保滩促淤,保护堤的安全。

3 墙式护岸——顺堤岸设置,具有断面小占地少的优点,但要求地基满足一定的承载能力。

墙式护岸多用于城市堤防及部分海堤。

4 其他防护型式——包括坡式与墙式相结合的混合型式、桩坝、杓槎坝、生物工程等。海堤防护常采用上部坡式、下部墙式或上部墙式、下部坡式的组合型式。

桩式护岸,我国海堤过去采用较多,如钱塘江堤采用木桩或石桩护岸有悠久历史,美国密西西比河中游还保留不少木桩堆石坝,黄河下游近年来修筑了钢筋混凝土试验桩坝。

生物工程有活柳坝、防浪林、植草防护等。

以上工程型式分类不是绝对的,各类相互有一定交叉,如坝式护岸在坝的本身护坡部分可以采取坡式,也可采用墙式,坝式护岸也可采用桩丁坝、桩顺坝、活柳坝等,墙式护岸也可采用桩墙式等。

7.1.3 堤岸防护工程经常受水流、风浪、潮汐的作用需要经常维修加固,甚至抢险维护,工程量大,又有时限性,因此本条提出了对堤岸防护工程在结构、材料方面的技术要求。

7.1.4~7.1.6 堤岸防护工程范围包括两个方面:一是沿堤岸线的防护长度,二是从防护工程断面上下防护的范围。确定防护范围关系到工程的稳定及工程量、投资的大小。本条提出了有关的技术要求和量化指标。

堤岸防护工程以枯水位分界,上部和下部工程情况不同,上部护坡工程除受水流冲刷作用外,还受波浪的冲击及地下水外渗侵蚀,同时处在水位变动区,下部护脚工程一般经常受到水流淘刷,是防护工程的根基,关系着防护工程的稳定,因而上部及下部工程在型式、结构材料等方面一般不相同。

7.1.8 块石是最常用的堤、坝护脚加固材料,新修的防护工程护脚部分将在水流作用下随着床面冲深变化而自动调整。为防止水流淘刷向深层发展造成工程破坏,应考虑在抛石外缘加抛防冲和稳定加固的备石方量。对于大的险情往往难以预测,因此应适当加大备石方量。重要堤段,防护工程范围的河段需要进行河道地形测量,并结合冲刷计算成果分析,为堤岸防护工程加固提供依据。

7.2 坡式护岸

7.2.1 坡式护岸的上部护坡与土堤护坡部分的结构型式和要求基本相同,下部护脚的结构型式和材料种类较多,可单独选用,也可结合使用,应从材料来源、技术经济等方面分析比较确定。土工织物模袋可以代替混凝土模板,用高压泵把混凝土或砂浆灌入模袋之中,最后形成连续的板状结构,主要用于护岸护脚,效果很好。混凝土、钢筋混凝土块体包括混凝土、钢筋混凝土异型体,上海、浙江在海堤防护中广泛采用了多种型式的异型体。

下部护脚采用的石笼可用铅丝、竹子、土工网及土工格栅构成笼网。护脚用的沉排有柴排、土工织物软体排及铰接式混凝土沉排等。

7.2.2 抛石护岸是古今中外广泛采用的结构材料。据有关资料,湖北荆江大堤护岸工程,岸坡为1:2.0,水深超过20m,利用粒径为0.2~0.45m的块石,在垂线平均流速为2.5~4.5m/s的水流作用下,岸坡是稳定的。湖南洞庭湖堤岸情况也表明块石护坡的稳定边坡约为1:2.0,为稳定河床和护脚,在深泓逼岸处应抛至深泓缓坡处。

在岸坡缓于1:3和流速不大的情况下,抛石也可采用较小的粒径,如江苏镇江市的江心洲头护岸,采用块石质量为5~50kg,约相当于粒径为0.15~0.33m,稳定效果也较好。

7.2.3、7.2.4 柴枕和柴排是传统的护岸型式,造价低,可就地取材,各地都有许多经验。柴排的排型和沉排面积可根据基本技术要求、施工条件及历年使用经验确定。

7.2.5 土工织物枕、排是一种土工织物袋装沙土充填物护岸,为了使枕、排具有防渗、反滤、保土、防淤堵作用,要求土工织物孔径满足 $d_{95} \leq 0.5 D_{85}$ 。

d_{95} ——土工织物孔径中小于该孔径保证率为95%的孔径值;

D_{85} ——充填物粒径大于该粒径的重量占 85 % 的粒径值。

自 1980 年荆州地区长江修防处在长江中游开始试验,已先后在长江上车湾新河和下荆江后洲等处使用,黄河和松花江护岸也有应用,都取得了一定的效果。本条要求主要是根据长江中下游护岸工程经验总结提出的。对于岸坡很陡、岸床坑洼多或有块石等尖锐物、停靠船舶、以及施工时流速大于 1.5 m/s 的,不宜采用土工织物枕、土工织物软体排。

7.2.6 铰链式混凝土板——土工织物排是一种新型沉排,由铺敷于岸床的土工织物及上压的铰接式混凝土板组成。排端铺在多年平均最低枯水位处,岸坡一般缓于 1:2.5,最低枯水位以上接护坡石。混凝土块因有铰接串联,能适应河床变形。

美国密西西比河早在 1931 年即开始采用铰接式混凝土沉排,已成为广泛采用的定型结构,由块长 122 cm,宽 36 cm,厚 7.6 cm 的加筋混凝土板组成 7.62m×1.22 m 的单元排在现场连接组成所需尺寸的沉排。

长江一些护岸工程也采用了铰接式混凝土沉排。1984 年长江武汉河段天兴洲护岸采用了铰接混凝土板——聚脂纤维布沉排。混凝土板尺寸为 100 cm×40 cm×8 cm,板的纵横间距为 25 cm,用 $\varnothing 12$ 钢筋环相互连接,每块排体顺流向宽度为 22.25 m,垂流向长度为 94 m,相邻排体重叠 2.25 m,排体重 110 kg/m²,能承受 3 m/s 流速冲刷,排体系于岸坡上预安的混凝土墩(地梁)上,沉排以上用水泥土护裹,使用效果良好。

在沉排修建河段不容许船舶抛锚以防刺破土工织物布及钩住铰链牵动排体。此问题在设计中也可作进一步研究。

7.3 坝式护岸

7.3.2 河流的治导线是确定堤岸防护工程位置的依据,因治导线依据防洪规划确定,体现了统筹兼顾上下游、左右岸各部门的利益要求。切忌根据局部塌岸孤立修建工程、不顾整体影响的做法。丁坝宜成组布置,坝头应在治导线上,发挥坝的整体功能。黄河下游总结了“以坝垛护弯、以弯导流”的布局经验。美国密西西比河进行防洪结合航运进行整治,防护工程严格遵循治导线布置,效果很好。

7.3.3 丁坝的布置是关系整体布局的问题,应按整治规划原则结合具体情况确定。本条吸收了国内外丁坝修建经验,提出技术要求和量化指标。

1 丁坝长度决定于岸边至治导线的距离,如尚未作出系统的整治规划,则应兼顾上下游,左右岸要求,有利于导引水流的原则确定坝长,一般坝长不宜大于 50~100 m,如离岸较远,可修土顺坝作为丁坝生根的场所,此顺坝在黄河下游称之为连坝。

2 丁坝间距的确定应遵循充分发挥每道丁坝的掩护作用,又使坝间不发生冲刷的原则,即使下一道丁坝的壅水刚好达到上一道丁坝。丁坝间距与坝长及水流(潮流)流向变化有关。一般水流流向变化大的,丁坝间距宜小。具体可通过公式计算,黄河下游丁坝间距一般采用坝长的 1~1.2 倍,长江下游潮汐河口区采用 1.5~3.0 倍,我国海堤前的造滩丁坝一般采用 2~4 倍,有的采用坝长的 6~8 倍。美国密西西比河为 1.5~2.5 倍,欧洲一些河流为 2~3 倍。

3 丁坝坝轴线与水流(潮流)方向夹角应根据具体情况决定。非淹没不透水丁坝一般采用下挑式,使水流平顺,坝前冲刷坑浅,有利于航运。黄河下游修建的大量丁坝均为下挑式,坝轴线与水流方向夹角一般为 30°~45°,感潮河口段,为适应两个相反方向交替来流,应修建正挑丁坝。强潮海岸,坝轴线宜垂直于强潮流方向,在强潮流方向与已建海堤线几乎正交时,应在距海堤一定距离修筑淹没式顺坝,常处于水下的潜丁坝应采用上挑式,以促成坝间淤积。

7.3.4 不透水丁坝以抛石丁坝及土心坝外围护砌体构成土心丁坝这两种结构最常采用。坝的型式、结构尺寸根据具体条件进行稳定计算并结合已建工程经验分析确定。

土心丁坝在土体外的护砌部分一般采用护坡式,重力式砌石防护要求有较好的基础,基础承载力低影响稳定性,一般不宜采用。黄河下游的重力式砌石丁坝在加高改建中已逐步改为护坡式。

土心丁坝的坝顶宽度除满足结构和稳定要求外,还应满足运用要求,如防汛抢险交通及堆放料物需要,因此本条规定的坝顶宽幅度较大,可根据具体情况选用。

7.3.6 沉排的整体性好,适应河床变形能力强,对于中细砂河床或在水深流急处修建丁坝,局部冲刷深度大,冲刷发展快,采用沉排护脚及基床能有效地保护坝体安全。

过去河工采用柴排较多,但因施工技术复杂,护脚工程已较少采用,现主要用于丁坝护底。近年来沉排结构材料方面有新的进展,已多采用新型材料制作软体排,如由土工织物、绳和混凝土块组成排体或由土工织物枕及枕垫组成排体,这类新型结构沉排较为简单,施工效率较高,护脚、护底效果比较好。

7.3.7 不透水丁坝,尤其是较长的丁坝及淹没丁坝坝面应设向河心倾斜的纵坡,以便坝顶在淹没时逐步漫水、以减弱对水流产生的紊乱。美国密西西比河丁坝坝顶纵坡采用2%,日本河流潜坝坝顶纵坡采用1%~10%,我国钱塘江海堤丁坝向海倾斜纵坡采用1%~3%。

7.4 墙式护岸

7.4.1 墙式护岸为重力式挡土墙护岸,它对地基要求较高,造价也较高,因而主要用于堤前无滩、水域较窄、防护对象重要又需防护的堤段,如城市、重要工业区等。

7.4.2 墙式护岸断面在满足稳定要求的前提下,宜尽量小些,以减少占地,墙基嵌入堤岸坡脚一定深度对墙体和堤岸整体抗滑稳定和抗冲刷有利,如冲刷深度大,应采取护基措施,其型式可按本章7.2节的要求采用。

7.4.3 墙与岸坡之间可回填砂砾石,因砂砾石内摩擦角较大,可减少侧压力。

在波浪波高和波速较大、冲刷严重的堤段(包括海堤等),为了保护护墙后回填料的完整和墙式护岸的整体稳定安全,应将护墙顶及回填料顶面采用整体式混凝土结构或其他防冲措施加以防护。

7.4.5 此条提出了墙式护岸嵌入岸坡较深时采用的结构型式,要求具有一定强度,满足结构抗剪、抗弯等设计要求。

7.5 其他防护型式

7.5.1、7.5.2 阻滑桩在抢险中使用较多。在正常护岸工程中,只有当削坡、减载、压脚等措施都受到条件限制时,才考虑采用阻滑桩。

护岸桩在以往传统工程中用得较多,如著名的钱塘江海塘等。目前逐渐为板桩或地下连续墙等所替代,已较少使用。

沿海地区桩坝促淤保滩试验工程较多,效果均较好。黄河下游花园口险工采用了大直径透水桩坝,试验也是成功的。

7.5.5 杓槎坝由杓槎支架及挡水两部分组成。一般适用于在水深小于4m,流速小于3m/s的卵石或砂卵石河床上采用,可做成丁坝、顺坝、“Γ”字型的透水或不透水坝。

杓槎系用三根、四根杆件,一头绑扎在一起,另一头撑开,杆件以横杆固定、承载重物,如块石、卵石包、柳淤包等即构成杓槎。

杓槎相连形成档水面,可抛石或土、石筑成透水或不透水的杓槎坝。

杓槎可就地取材,造价低廉,易建易拆,可修筑成永久性或临时性工程。四川省岷江修筑都江堰时已采用杓槎坝截流、导流。

7.5.6 根据各地风浪对湖堤、海堤的冲击观测,有、无防浪林带对近岸风浪爬高以及对堤防的破坏程度等都大不一样,防浪林带的消浪作用显著。1967年南京水科院对洪泽湖大堤防浪林台模型试验报告,50 m宽的防浪林台上种植株径8 cm、树冠直径1.2m左右的灌木林,株距1.5 m呈三角形布置,其消波系数可达70%,故应尽量推广种植。

种植防浪林以不影响河、湖行洪为原则。

7.5.7 河、湖岸可栽植柳树、芦苇、水杉;海堤外滩面可栽植红树林、芦苇以及草本植物如大米草、互花米草、寒台草、咸冰草等。

8 堤防稳定计算

8.1 渗流及渗透稳定计算

8.1.2、8.1.3 大江大湖堤防,汛期挡水时间长,能形成稳定渗流浸润线,海堤及有些江、湖堤防挡水时间短,在汛期往往未能形成稳定渗流。因此,应根据实际情况按稳定渗流或不稳定渗流计算浸润线及渗流稳定性。

8.1.4 该条是根据我国沿海各地的海堤设计和参考国外有关设计规程的规定编写的。

8.2 抗滑稳定计算

8.2.1 堤防的堤线很长,应根据不同堤段的断面型式、高度及地质情况,结合渗流计算需要,选定具有代表性的断面进行分析。现将部分堤防加固设计中实际选取的计算断面数列如表8。

表8 我国部分堤防设计采用计算断面数量统计

工程名称	堤线长度(km)	计算断面(个)
荆江大堤(初设)	184.0	25
黄河大堤(可研)	1300	20
黄石长江大堤(初设)	土堤 19.0	7
	挡水墙 10.0	11
洞庭湖防蓄洪工程		18
洪湖分蓄洪工程	334.5	29
湖北黄广大堤	87	13

在地形、地质条件复杂或险工段的计算断面可以适当加密,如黄河大堤荆隆宫堤段加固初步设计中,堤线长为3.0 km,历史上先后九次决口,堤身下形成老口门,填土混杂,设计中选取了6个断面进行稳定计算。

8.2.2 稳定计算分为正常和非常两种情况,正常情况是指堤在正常和持久的条件下工作;非常情况是指堤在非常或短暂的条件下工作,现将部分工程的设计条件和计算内容列如表9。

表9 部分堤防稳定分析的设计条件和计算内容

工程名称	正常情况	非常情况
北江大堤	1.设计洪水水位稳定渗流,临水、背水侧堤坡 2.设计洪水水位骤降5 m,临水侧堤坡	1.警戒水位+7度地震,临水、背水侧堤坡
黄河大堤	1.无水时临水、背水侧堤坡 2.设计洪水水位稳定渗流,临水、背水侧堤坡	1.设计洪水水位骤降至堤坡脚处,临水侧堤坡 2.设计洪水水位+7~9度地震,临水、背水侧堤坡
荆江大堤	1.设计洪水水位稳定渗流,临水、背水侧堤坡 2.设防水位骤降至堤坡脚处,临水侧堤坡	1.设防水位+7度地震,临水、背水侧堤坡
洪湖分蓄洪工程主隔堤	1.蓄洪水位稳定渗流,背水侧堤坡	1.建成期,堤两侧水位22.0 m,堤两侧堤坡

由表中可知各工程设计中的正常情况均以设计洪水水位计算临、背水坡的稳定。

1 有的中小河流洪水涨落快,堤身高水位一般挡水时间较短,不能形成稳定渗流,但对堤身填土质量较差、渗透系数较大的堤段,也能形成稳定渗流的浸润线,从观测资料中亦有反映,在洪水期,有个别堤段的背水坡出现散浸,也可说明这种情况的存在。同时,在稳定状态下的渗流情况对背水堤坡是最危险的,设计洪水水位下的稳定渗流应作为大江大湖堤防最基本的计算情况。

2 对临水堤坡的稳定而言,最危险的运用条件是高水位历时很长后水位迅速下降,这种情况时有发生,故将骤降期列为正常情况。

3 如以设计洪水水位与地震遭遇,设计标准明显过高,应以多年平均水位遭遇地震,比较合理。

4 在软土地基上筑堤,工程最危险的情况是堤身施工刚完毕时,此时,安全系数最小,随着时间的延长,地基上经过压密固结,安全系数得到提高。故稳定分析时,应将施工期作为非常情况计算。

8.2.3 我国的堤防工程堤坡普遍采用草皮护坡,不设排水设备,雨水可以渗入堤身土体内,当汛期江河发生洪水时,有可能遭遇长期降雨,在降雨量较大的情况下,对填土渗透系数较大($K > 10^{-4}$ cm/s)的堤身含水量达到饱和状态的土层较厚,甚至使浸润线抬高,应验算堤坡的稳定性。

8.2.4 土堤抗滑稳定计算方法,目前各工程设计中,普遍采用圆弧滑动法进行电算。

工程实践认为圆弧滑动法计算的成果基本能反映实际情况,并能保证工程的安全。

8.2.5 确定土的抗剪强度进行稳定计算的方法有总应力法和有效应力法两种,本规范将两种方法并列,对于重要的较高的堤防宜采用有效应力法,但采用有效应力法必须计算或测量出土体中有关部位的孔隙压力,并要求用三轴仪进行试验,在目前能进行三轴仪试验的单位尚不普遍。据调查了解,多数工程堤坡稳定分析时,采用总应力法抗剪强度是由直剪仪进行固结快剪或快剪得出的,由于这种试验方法与分析方法比较简单,故应用较广。用总应力法计算堤坡稳定的关键是正确选择最能反映现场条件的试验方法,以期得到符合实际的结果,选择的依据为:

- 1 土体或地基的排水条件,包括土的渗透性,弱透水土层厚薄情况,以及边界条件;
- 2 加荷前土体的固结完成情况;
- 3 施工加荷速度。

当地基为饱和粘性土时,因其透水性差,固结速度慢,而堤身填土施工期较短,一般为一枯水季完成,在进行稳定分析时,宜采用直剪仪的快剪(或三轴仪不排水剪),强度指标可以得到满意的结果。

当堤身已建成多年,又要在其上加高培厚,在验算地震期或水位降落时的堤坡稳定时,可采用直剪仪固结快剪或三轴仪固结不排水抗剪强度指标。

8.2.9 根据调查资料,结合其他水工建筑物实际运行情况,本条规定控制防洪墙基底最大压应力小于地基的容许承载力,且基底压力的不均匀系数不应过大。

8.3 沉降计算

8.3.1~8.3.4 国内堤防工程,堤身高度一般为5~10 m,最高者在15 m左右。堤基土多为粘土、壤土、砂壤土等压缩性较小的土层,在堤身荷载作用下不会产生很大的沉降量。当堤身填土施工质量能达到设计要求,堤身由于固结引起的沉降量亦是较小的。然而当堤基为软土层,或堤身较高,施工质量比较差,施工期短,堤在竣工以后还会继续发生较大的沉降。因此在设计时,应计算沉降量,并根据实践经验,预留沉降超高,以保证在沉降终了时,堤顶高程能达到设计值。

沉降量计算分层总和法是最常用的方法,该方法简明实用,计算结果能满足要求。

9 堤防与各类建筑物、构筑物的交叉、连接

9.1 一般规定

9.1.1 建筑物、构筑物穿过堤身必将增加堤防的不安全因素,所以应尽量避免穿堤型式而选用跨越型式。当有穿堤需要时,则应尽量减少穿堤的建筑物、构筑物数量,有条件的采取合并、扩建的办法处理,对于影响防洪安全的应废除或重建。

9.1.2 穿堤建筑物、构筑物位置应根据地质条件和防洪安全确定。连接构造应选择技术上成熟、运用良好的结构,对新的结构的采用应有分析,并应有安全保证措施。

9.2 穿堤建筑物、构筑物

9.2.1 各类穿堤建筑物、构筑物应按防洪要求在一定时间内关闭防洪(防潮)闸门,避免洪水(防潮)倒灌堤内造成淹没损失。

压力管道使用时将会产生震动,且有可能在洪水期沿管壁与土堤结合处产生渗水。各类加热管道如输油管、供热管道等,将会造成管周填土干裂,影响堤防安全,所以都必须在设计洪水位以上穿越。

9.2.2 原有的涵闸、管道等穿堤建筑物、构筑物,在堤防工程扩建施工前应查清其情况,并按新的设计条件验算,如不满足设计要求,应加固、改建、或拆除重建。

9.2.3 河、湖、海交汇处的堤防水闸两侧水位相差不大,如有通航要求,可利用此有利条件设置通航船闸,以利航运事业的发展。其布置应与堤防水闸枢纽总体布置相协调,使过闸既安全、管理也方便。

9.2.4 有过鱼要求的堤防水闸,可设置鱼道,以利渔业的发展。当农业灌溉引水、林业过木、运输等其他过闸要求,可结合总体规划设置相应的过闸设施,满足综合利用要求。

9.2.5 设置截流环、刺墙可以延长渗径长度和改变渗流方向,并在下游设反滤排水,可以有效地防止接触面渗透破坏。

9.2.7 穿堤建筑物、构筑物的变形对堤防的安全关系极大。为了减少穿堤建筑物、构筑物基础的不均匀沉降变形,宜建于坚硬、紧密的天然地基上,如建在人工处理地基上,应采取措施使其安全可靠。

9.2.9 顶管法施工时,建筑物、构筑物与土堤结合部位防冲、防渗处理比较困难,施工质量难以保证,所以不宜使用。

9.2.10 穿堤布置的陆运交通闸又称旱闸,当闸底板低于堤防设计洪水位时,应设挡水闸门。在运行中,当洪水位高于底板高程时,要预先下闸关门挡水。为减少下闸关门次数,闸底板高程应尽量

抬高。长江中、下游城市堤防与航运码头穿堤交通的道口较多,设置了较多的开敞式交通闸,闸门型式为两道钢筋混凝土叠梁闸门,两道闸门之间回填粘土,洪水期临时下闸挡水,此交通闸是在洪水期临时放下叠梁,人工回填粘土,难以保证回填土的夯实质量而引起渗漏,并且需时也较长,对防洪安全不利,影响交通时间也较长,因此不宜采用此种闸门结构型式。在有条件的地方可采用整体式平板钢闸门或平板钢筋混凝土闸门,采用启闭机启闭。整体平板钢闸门可随水位涨落而升降,运行灵活,安全可靠,可以选用此种闸门结构型式。经调查,采用整体式平板钢闸门的实例有广西南宁市邕江大堤港口交通闸、广东北江大堤车道交通闸等。

9.3 跨堤建筑物、构筑物

9.3.1 为了堤防的稳定和防洪安全运用,并且不影响堤防的加固和扩建,跨堤建筑物、构筑物的支墩应布置在堤身设计断面之外。

由于堤顶、临水坡是堤防工程稳定和管理运用的主要部位,因此,不应在此部位布置支墩等建筑物,避免产生不良影响。

9.3.2 跨堤建筑物、构筑物与堤顶之间的净空高度应满足其本身和堤防的使用要求,并且应考虑堤防长远规划的要求。如果净空高度不能满足要求,则应采取其他有效措施,例如可在堤防背水侧傍堤坡修筑路堤,以满足堤防交通、防汛抢险、管理维修等方面的要求。

9.3.3 不削弱堤身设计断面是指稳定计算、防洪高度等方面不低于原堤防设计标准。上堤禽畜坡道,根据广东北江大堤等的经验,为适应禽畜行走,避免爬毁堤坡而削弱堤身设计断面,坡道可采用土、石混合料坡道。

10 堤防工程的加固、改建与扩建

10.1 加 固

10.1.1 我国现存的各类堤防多是经历多年不断培修而成。限于当时的社会状况和技术条件,加上长期来人类的活动和自然界的破坏,使堤防存在着各种隐患、险情,抗滑或抗渗透稳定安全度不足,不能满足当前的防洪要求。因此,堤防的加固就成为现今堤防建设的重要内容。

10.1.2、10.1.3 堤防的安全鉴定是对所研究堤段的抗洪能力的综合检验和评价,是堤防加固设计前期工作的重要组成部分。设计部门应根据安全鉴定的基本评价和加固建议进一步广泛搜集资料,对进行加固的堤段进行补充勘探、测量、试验研究和计算复核工作,针对存在的问题提出加固方案。

10.1.5 土堤灌浆加固可参照行标《土坝坝体灌浆技术规范》执行。充填式灌浆在全国各地各类堤防加固中广为应用。对锥孔所贯穿的堤身裂缝、洞穴、局部虚土层等,经过充填灌浆,一般均可充填密实。对于灌浆加固的堤段,要首先进行堤身隐患探测,在查明情况的前提下,有针对性地进行布孔充填灌浆,以提高灌浆效果,节省投资。

根据山东等地在堤坝进行劈裂灌浆的检测表明,对填筑不密实或内部隐患较多的均质堤,采用粉质壤土沿堤顶中心轴线布孔进行劈裂灌浆,可以形成防渗帷幕,浆幕厚 5~10 cm,最厚 15 cm,对提高堤身的抗渗稳定性有显著效果。

10.1.6 吹填固堤在我国各地已广泛应用。在堤背水侧吹填戗台或盖重,以壤土、砂壤土和砂土为宜,排水固结快,吹填土质均匀密实,且具有较好透水性。吹填粘土,自然条件下排水固结需时 2.5~3 年或更长,施工期吹填体易产生滑动失稳,运用中表层土体干缩裂缝,下部仍呈流塑状态,故吹

填尽量不用粘土为宜。

10.1.8 近堤取土挖穿不透水层的现象,在各地修堤中经常发生,不仅减短了渗径且形成堤根低洼积水,甚至形成行洪串沟危及堤的安全。在堤防加固中,要重视近堤取土塘坑的回填,恢复天然覆盖层的完整效用,并在今后修堤施工及堤防管理中,对近堤取土严加禁止。

根据多处减压井的实际运用和管理情况,在运用数年后即出现淤堵和效率衰减现象。试验研究表明,减压井的淤堵是以铁质淤堵为主,伴有钙质淤堵。金属材料的井管由于本身的腐蚀加速了淤堵过程,减压井的间歇运行特点,使减压井淤堵更为严重。需采用耐腐蚀和防止化学淤堵的井管和滤网,必要时要进行洗井,以改善减压井的淤堵,延长其使用寿命。

盖重的宽度除进行必要的计算外,需重视对堤背地面历史渗透破坏险情的实地调查。盖重宽度通常应不小于历史险情出现的范围。长江荆江大堤控制宽度为 200 m,此宽度可控制历史渗透险情的 90 % 以上,对堤外有民垸的宽滩堤段,则控制宽度为 100 m。长江安徽同马大堤盖重宽度为 100 m。江西赣江赣东大堤堤后盖重宽度为 100 m 左右。黄河下游堤防吹填固堤宽度险工堤段为 100 m,平工段为 50 m。

10.1.10 城市防洪墙的加固,需结合城市的交通道路、航运码头、园林建设等统筹安排,并进行技术经济比较,确定工程设计方案。

防洪墙的加固,需按本规范要求整体抗滑、抗倾稳定、渗透稳定和墙体断面的强度计算,并达到规范要求的安全度。在加固设计中,对新旧墙体的结合面要进行处理,采取可靠的锚固连接措施,保证二者整体工作。变形缝止水破坏的要修复,保证可靠工作。

10.1.11 堤岸防护工程由于水流逼岸或强风浪淘刷,时常遭受不同程度的破坏,造成险情,特别是防护工程的护脚部位,一旦被淘空或刷深,将危及上部主体工程,甚至滑塌失稳。需对护脚工程及时抛石、沉放石笼、打加固桩或铺放各种枕排等进行加固。

10.2 改建

10.2.1 我国堤防多为历史形成,在某些堤段堤线布局往往不尽合理,需要进行适当的调整。堤线的裁弯取直、退堤或进堤均属局部堤段的改建。由于城镇发展需要,可清除原有土堤重建防洪墙,或者老防洪墙年久损坏严重,难以加固,亦可拆除重建。堤的改建应综合考虑,经分析论证确定。

10.3 扩建

10.3.1 堤防扩建是指对原有堤防的加高帮宽。通常在下列情况下需要进行堤的扩建:堤防等级或防洪标准提高;多泥沙河流因河床淤高,原堤不能满足既定的防洪标准;近年实际发生的洪水(潮水)位或台风等级大于现有堤的设防标准;以及其他必须对堤防进行加高帮宽的情况。

10.3.2 土堤或防洪墙的扩建在考虑堤身或墙体自身断面加高帮宽的同时,还需满足抗滑、抗倾覆以及渗透稳定要求,往往需要同时采取加固措施。

10.3.3 土堤常用的扩建方式主要有以下两种,我国各地多有应用。

1 填土加高帮宽。在有充分土源条件下,是一种施工简便、投资较省的扩建方式。填土加高又可分为三种形式:①临河侧加高帮宽,可少挖耕地,运土距离较近,对多泥沙河流易于淤积还土,一般土方造价较低,所以在设计时应优先考虑采用。填筑土料的防渗性能应不低于原堤身土料。②背水侧帮宽加高,当临水侧堤坡修有护坡、丁坝等防护工程,或临水无滩可取土时,可采用背水侧帮宽加高。③骑跨式帮宽加高,即在原堤身临、背水两侧堤坡和堤顶同时帮宽加高,这种型式施工较复杂,帮宽加高部分与原堤身接触面大,新旧结合面质量不易控制,且两侧取土,故通常很少采

用。

2 堤顶增建防洪墙加高堤防。当堤防地处城镇或工矿区、地价昂贵或帮宽堤防需拆迁大量房屋或重要设施,不仅投资大且对市政建设有较大影响时,采用在土堤顶临水侧增建防洪墙的方法较为经济合理,我国各地多有采用。防洪墙主要有两种型式:① I 字型墙适用于墙高不大时,墙的下部嵌入堤身,靠被动土压力保持其稳定。② 上型墙适用于墙的高度较大时,靠基底两侧上部填土压力提高墙的稳定性的。

10.3.4 各地不同时期建造的防洪墙,其防洪标准和结构型式差别较大。在新的设计条件下进行加高时,首先要对其进行稳定和强度验算,本着充分利用原有结构的原则,针对墙体或基础存在的不足方面,采取相应的加高加固措施,达到技术经济合理的要求。

10.3.5 在堤与各类防洪墙加高时,做好新旧断面的牢固结合以及堤与穿堤建筑物的连接处理十分重要,设计中要提出具体措施。

10.3.6 堤岸防护工程旨在保护所在堤段的稳定和安全,由于防洪标准提高,在堤防进行加高扩建的同时,也需对堤前的防护工程进行校核,如不满足要求,也需加高扩建。

11 堤防工程管理设计

11.1 一般规定

11.1.1、11.1.2 堤防工程设计应包括与工程规模相适应的管理机构和设置能满足现代化管理需要的生产生活设施。管理设施的建设应与主体工程同步进行,同时投产,才能保证管理工作正常运转,及时和全面发挥工程效益,并使管理部门的职工有较好的工作和生活条件。

11.1.3 堤防工程管理机构的设置与管理体制有紧密联系,全国各地的堤防工程是分别按不同情况组建重点管理、分片管理或条块结合的管理机构。管理设施设计在上级主管部门明确了管理体制、机构建制、隶属关系后,需根据工程的等级、堤线长短等,按有关规定合理确定管理机构和人员编制。

11.1.4 堤防工程的特点:堤线长,工程包括范围广、内容多,如堤身、护堤地、护岸工程、防渗控制工程,还有许多各类穿堤、跨堤建筑物、安全保护区等。堤防沿线无处不与其他部门、单位等有边界关系,在工程管理上有一定难度。

工程设计中应根据安全和管理工作的需要,结合具体情况,明确工程管理范围和保护范围,绘出平面图,按工程的隶属关系,由建设单位报请相应的地方人民政府批准,依土地法划定工程管理和保护范围,明确边界,树立界碑,领取土地使用证书,才能保证工程管理工作顺利进行。

11.2 观测设施

11.2.1 观测设施是为了监视堤防工程及其附属建筑物运行安全,掌握汛期工程各部位的工作情况和形态变化。一旦发现有不正常现象,可据以及时分析原因,采取防护措施,防止事故发生,保证工程安全运行,并可通过原型观测积累观测资料,检验设计的正确性和合理性,为科研积累资料,提高堤防工程设计管理水平。

观测设施要根据工程等级、地形地质及结构型式等条件,按照工程管理运用的实际需要与可能进行设计。凡属工程一般性运用需要观测的项目列为一般性观测,侧重于科研、设计需要或特殊需要的观测项目列为专门性观测。

观测设施包括安装埋设的各种设备和观测的专门仪器。选用的设备和仪器的质量、性能和精

度均要满足要求。安装埋设的部件应精心施工,保证可靠,能投入正常工作,收到实效。

11.2.2 堤防工程具有与其他挡水建筑物不同的特点和复杂性,如堤线长、洪水位变化迅速,有的堤段的堤身与堤基存在隐患,在汛期容易出现险情等,其观测设计应在全面收集资料的基础上,确定观测项目,选择有代表性的断面,一种设施多种用途,做到少而精,经济合理。

观测设备的安装埋设是极其细致的工作,设计需考虑其施工条件和必要的保护措施,尽量减少安装上的困难,保证精度达到要求,观测设施竣工投入运用,需要采取保护措施,以防损坏。

观测设施布置在堤防沿线,全是露天或在水中,汛期发生大洪水或气候条件恶劣的情况下,又是最需要进行观测的时候,所以观测条件特别重要,如至各观测点应有道路;汛期各险工险段需要有照明设施,观测水流形态与护岸工程应备交通工具等,还要有各种安全保护措施,以防止发生人身伤亡和设备损坏事故,这都是观测设计不可忽视的重要内容。

11.2.3、11.2.4 根据堤防工程堤线长、填土和地基较为复杂的特点和监测工程安全的需要,对大中型工程提出一般性观测项目。在大江大河的堤防工程可进行有重点,有针对性的专门性的观测,应根据设计、科研与监测工程安全的需要,结合实际情况来确定。

11.3 交通与通信设施

11.3.1 堤防工程的交通设施主要是为正常管理维护和防汛抢险需要服务,平时运输量比较小,而在汛期,大量的人员、物资、土石料需要运输,这是堤防工程的交通特点。

交通设施设计时,必须掌握施工交通道路状况和工程所在地区附近可资利用的交通运输条件,应在现有的交通道路的基础上进行统一规划。

堤防管理的对内对外交通应紧密联系成为一个有机的整体,使外来的物资能尽快地运往各管理点,尽可能减少中转环节。

11.3.2 多数堤防工程与公路干线有一段距离,需布置防汛专用道路与公路连接,防汛专用道路沿堤线的间距,没有统一规定。黄河大堤在一个县局管理范围内一般有1~2条专用道路,据反映还不能适应防汛期间的运输要求。防汛专用道路应方便管理点和险工险段的联系,还考虑与附近的城镇或人口密集的居民区相联通,以更充分地发挥其作用。

11.3.3 上堤防汛专用道路,主要是为抗洪抢险服务的,首先要求能通载重汽车,在下暴雨等恶劣天气条件下,也必须保证能通车。在汛期紧急抢险时,需要运输大量的器材物资,所以对专用道路的路基、路面设计标准需提出保证全天候通车的较高要求。

11.3.5 堤防工程管理的交通设施必须保持良好状况,才能及时顺利完成其运输任务。防汛专用道路堤防管理部门修建,全民使用,应有专门的维修养护人员,以免影响行车安全和汛期的运输。

11.3.6 在一般有防洪任务的江河湖海流域或地区都建立了通信网络。堤防管理单位应建设为工程管理维护、抗洪抢险服务的专用通信网,纳入流域或地区统一的通信网规划设计中,统一管理,以发挥更大的作用。

11.3.7~11.3.11 堤防工程管理通信网是指管理机构与省、地(市)、县等防汛指挥部门之间和各级管理单位局、处、所、站及基层管理单位内部的通信网络。

实践证明,抗洪抢险的成败很大程度上决定于通信系统的效率,而效率又取决于通信系统的质量、标准。全国各地重要的堤防工程的通信网普遍设置专用的有线和无线两种以上的通信方式。对原有的陈旧落后设备和线路采取更新改造和完善配套等措施,并逐步建设微波线路和采用程控交换机等。新建重要堤防工程的通信设施设计应尽量做到技术先进,高质量、高标准,选用的通信设备应满足性能稳定、运行可靠、维护方便,保证通信在正常管理维护和防洪抢险中发挥重要作用。

11.4 防汛抢险设施

11.4.1 对于重要的堤段及易出险的险工堤段应根据经常性维修加固堤防常用的土、砂石料及防汛抢险急需适当加大储备用料而设置料场。堆料平台应设置在堤背水面的戗台或堤脚以外,以不影响堤的稳定和交通为原则。

11.4.2 防汛工作事关大局,一旦发生险情,时效性特别重要。争取时间正确决策是减少损失,确保安全的关键。采取措施、方案的正确决策,要依靠对实际的变化情况的了解、掌握。因此,对于1、2级重要堤防管理单位要配备防汛需要的快速反应仪器、设备,充分利用先进科学技术以确保堤防工程的防洪安全。

11.5 生产管理与生活设施

11.5.1 在管理设计中,应根据工程规模、管理职能和人员编制,本着有利管理、促进生产、方便生活、经济适用的原则,确定各类生产和生活设施的建设,为管理创造必要的条件。

11.5.2 堤防工程的经常性维修养护工作任务繁重,需要一定数量的机械设备和测试仪器、各类物资以及许多土石料等,才能完成。设计中应计入这类机械设备和设施。

11.5.3 防汛屋是供护堤员居住和堆放器材工具和料物,也是防汛抢险时巡堤查险人员临时值班休息之处。各重要堤防工程均建有防汛屋,其间距、面积及修建的位置不尽相同,参见表10。

表10 部分工程防汛屋情况表

工程名称	间距(km)	面积(m ²)	位置
黄河大堤	0.5	60	堤肩
荆江大堤	1.0	100	堤肩
北江大堤	1.0	100	背水侧堤坡外
松花江大堤			背水侧堤坡外
分淮入沂堤		60	
淮河大堤	0.5	大台 30×20,小台 20×10	堤肩背水侧
无为大堤	4	3×18	背水侧护堤地外

11.5.4 划定工程管理范围、保护范围,划界确权,树立界碑、界标,明确堤防管理单位的土地使用权及安全保护区,便于进行堤防工程建设和管理运用。

附录 A 堤基处理计算

A.1 软弱地基处理

A.1.1 土工织物垫层可限制土的不均匀沉降,对地基土有隔离作用,并有利于孔隙水应力的消散,同时能使地基土的位移场和剪应变在较大区域内有所改善。土工织物垫层对堤身稳定能提供一定的抗滑力,但作用不是很大,根据有关文献报导,稳定安全系数一般仅能提高 0.02~0.06。

根据土工布在滑动稳定中所起作用的假设,有两种抗拉力的计算模型,其计算方法如下:

荷兰计算模型:假设在滑弧面,土工布产生与滑弧相适应的扭曲,认为土工布的拉力方向与滑弧相切。见图 1。计算公式为:

$$K = \frac{\sum Q_i \cos \alpha_i \operatorname{tg} \varphi_i + \sum C_i \sec \alpha_i + S}{\sum Q_i \sin \alpha_i} \quad (1)$$

瑞典计算模型:假设土工布产生的拉力按原铺设方向不变,由于土工布拉力 S 的存在,产生两个稳定力矩 Sa 和 $Stg\varphi \cdot b$,见图 2。计算公式为:

$$K = \frac{(\sum Q_i \cos \alpha_i \operatorname{tg} \varphi_i + \sum C_i \sec \alpha_i) R + S(a + b \operatorname{tg} \varphi)}{R \sum Q_i \sin \alpha_i} \quad (2)$$

式中

- K ——圆弧滑动稳定安全系数,一般取 $K = 1.2 \sim 1.5$;
- Q ——条块重(kN);
- α ——滑弧园心垂线与通过条块底面中点的半径的夹角(度);
- φ_i, C_i ——土体内摩擦角(度)和凝聚力(kN/m²);
- φ ——填土的内摩擦角(度);
- S ——单位宽度土工布抗拉力(kN/m)。

以上两式中(1)式较常用。关于 S 的取值,一般认为堤防发生滑弧破坏时,土体开裂时的应变量最多只能达到 10%,土工织物相应的变形并未达到极限断裂变形,所以按土工织物允许相对变形的 8% 时所提供的抗拉力作为 S 值计算。

A.1.3 塑料排水板的换算公式中的换算系数 α 值,不少参考书和有些规范都建议无试验资料时,可取 $\alpha = 0.75 \sim 1.00$,在完全不考虑排水板体内水头损失时 $\alpha = 1.00$,实际上是达不到的。换算系数 α 应通过试验求得。从目前很多的现场试验资料来看,施工长度在 10 m 左右,挠度在 10% 以下的排水板,适当的 α 值为 0.6~0.9。对标准型,即宽度 $b = 100$ mm,厚度 $\delta = 3 \sim 4$ mm 的塑料排水板,取 $\alpha = 0.75$ 比较适宜。

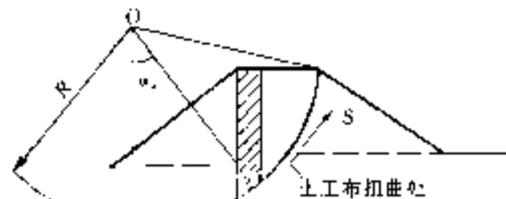


图1 荷兰模型

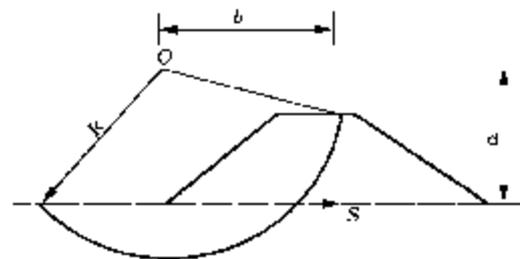


图2 瑞典模型

附录 B 设计潮位计算

B.0.1 海岸、河口地区堤防工程的设计潮位,目前采用较多的是历史最高潮位或通过频率分析确定设计重现期潮位。过去沿海地区潮位资料较少,需采用历史最高潮位为设计潮位,但各地的历史最高潮位所相应的重现期出入较大,作为统一标准不能体现工程的等级,是不合适的。频率分析确定设计潮位的方法,目前在沿海堤防设计中已普遍采用,一些省区已纳入地方的海堤设计规程,本规范也规定此法。

关于潮位资料的最短年限,是参考国内有关规范及考虑现有实际情况拟定的。据验证,采用 20 年潮位资料与采用 50 年以上长系列资料的计算结果,重现期 50 年的高潮位值相差在 0.2 m 以内。

B.0.2 本条对频率分析的线型作了规定。潮位频率分析采用的线型,目前一般采用极值 I 型分布或 P—Ⅲ型分布。据验证,海岸港口潮位资料一般以极值 I 型适线较好,但对河口站潮位资料的验证,一般以 P—Ⅲ型拟合较好。由于我国幅员辽阔,影响沿海潮汐的因素复杂,各地潮汐情况差别较大,每种线型也都有一定局限性,因此在某些情况下,经过分析论证,也可以采用适合当地情况的线型。

B.0.3~B.0.5 条文中给出频率分析方法和相应公式,极值 I 型方法及数表取自交通部《港口工程技术规范》(JTJ 213—87),P—Ⅲ型分布的频率表因篇幅过多未予列入,可在一般水文手册中查到。

考虑历史上出现的特高潮位,对频率分析结果的影响甚大,特高潮位的考证期、序位的不确定度比实测潮位资料大,因而对特高潮位值、考证期及其序位应予分析论证,在适线调整、参数计算时应慎重对待,以便提高频率分析的精度。

经验频率计算采用了常用的期望值公式。

B.0.6 对缺乏长期潮位资料的情况,如果邻近地点有长期潮汐资料,且潮汐性质相似(包括风暴潮增减水影响、受河流径流影响等),则可采用相关分析方法推算工程地点的设计潮位,但应有适当的论证。

B.0.7 对风暴潮影响严重地区的 3 级及以上堤防,除了本附录规定的频率分析方法确定设计潮位外,需采用其他方法进行比较论证,以确定堤防的设计潮位。

附录 C 波浪计算

C.1 波浪要素确定

C.1.1 风浪是指因风作用形成,并且仍然在风影响下的一种波浪,本条规定了计算风浪时成浪因素的取值标准。

1 风速取值标准高度为水面上 10 m 处的风速,与国内外规范一致。对风速时距,考虑 70 年代以后,国内气象站普遍采用自记风速仪,一般为自记 10 min 平均风速,因此本规范也采用此风速。对不符合以上标准的风速值需要修正为标准风速。

2 对有限水域的风区确定,当水域周界不规则、水域中有岛屿时,或在河道的转弯、汉道处,常采用有效风区或组成波能量叠加的方法进行波浪计算。根据对长江口两个测波站实测资料验证,计算结果差别不大,由于有效风区法计算简便,规范采用了该方法。

3 对风作用延时,当风区长度较短时,风浪一般可达稳定状态,风浪要素受制于风区而与风时无关,故参考《港口工程技术规范》(JTJ 213—87),规定当风区长度等于、小于 100 km 时,可不考虑风时的影响。

C.1.2 风浪要素计算方法采用莆田试验站方法。该法在沿海堤防设计中已得到广泛应用,《碾压式土石坝设计规范》(SDJ 218—84)等也采用该法。近年来,国内一些测波资料(包括浙江 5 个沿海岸站和 4 个沿海岛站、长江口以及一些内陆湖泊、水库等)验证表明,该法符合程度还是比较好的。

按该法计算时,由已知的风速 V 、风区长度 F 和水深 d ,可按式(C.1.2—1)、(C.1.2—2)确定稳定状态的风浪要素 \bar{H} 、 \bar{T} 。由式(C.1.2—3)可确定风浪达到稳定状态所需的风时 t_{\min} 。

C.1.3 工程计算中需进行不同累积频率波高换算,为此需利用波高的统计分布,本规范采用了格鲁霍夫斯基—维林斯基分布,其累积概率函数为

$$F(H) = \left[-\frac{\pi}{4 \left(1 + \frac{H^*}{\sqrt{2\pi}} \right)} \left(\frac{H}{\bar{H}} \right)^{\frac{2}{1-H^*}} \right] \quad (3)$$

式中 $H^* = H/d$,为反映水深影响的参数。附录表 C.1.3—1 是根据式(3)给出的。当 $H^* = 0$,式(3)变为深水情况的瑞利分布。对波高统计特征值,本规范只采用累积频率波高 H_p ,另一类统计特征值,即部分大波均值 $H_{1/n}$ (如 $H_{1/3}$ 、 $H_{1/10}$ 等),规范没有列入,但两种统计特征值是可以换算的,如 $H_{1/3} \approx H_{13} \%$, $H_{1/10} \approx H_4 \%$ 等。

对不规则波周期,本规范采用平均周期表示,与国内有关规范一致。

附录表 C.1.3—2 是根据线性波理论公式(C.3.1—1)给出的。

C.1.4 本条对设计波浪的确定作了规定。

1 对河、湖堤防工程,设计波浪一般按风速推算,风速的取值标准是参考《碾压式土石坝设计规范》(SDJ 218—84)拟定的。

2 对河口、海岸的堤防工程,可分为两种情况:

当工程地点有长期测波资料,根据实测资料某一特征波高(如 $H_4 \%$ 等)的年最大值系列进行频率分析得出。系列最短年限取为 20 年,对频率分析采用的线型未作规定,国内目前常采用 P—III 型分布,国外一般采用魏伯分布、对数正态分布、极值 I 型分布等,需对适线情况进行分析后采用。参考浙江省的经验,设计波高的重现期采用和设计潮位相同重现期。

当工程地点无长期测波资料,一般需根据风场资料推算设计重现期波浪。对风区等于、小于 100 km 的情况,可利用风速资料进行频率分析,计算风速的重现期可采用设计潮位的重现期,再按风浪要素计算方法确定设计重现期波浪要素,此时假定波浪重现期和风速重现期相同。对开敞水域情况,可利用地面天气图确定风场,然后再确定波浪要素。利用天气图推算波浪要素的方法,可参考交通部《港口工程技术规范》(JTJ 213—87)。

3 与设计重现期波高对应的波周期确定可分为两种情况。对有限水域可利用波要素公式(C.1.2—2)计算;对于开敞海岸,由于有涌浪的影响,按式(C.1.2—2)计算的周期可能偏小,此时需对波周期资料进行分析后采用。

C.1.5 波浪向浅水岸区传播,应进行波浪浅水变形计算,包括考虑波浪的浅水折射等效应,直至确定建筑物所在位置的波要素。关于近岸波浪浅水变形计算,波浪折射图的绘制和极限波高计算,可参考《港口工程技术规范》(JTJ 213—87)。

C.2 风壅水面高度计算

C.2.1 在确定内陆水域堤防高程时,需要考虑风壅水面高度。在海岸、河口地区,在采用实测潮

位资料进行频率分析时,若潮位中包含了风壅水面高度,此时不再进行此项计算。

风壅水面高度计算,目前各国规范采用计算公式基本相同,但综合摩阻系数 K 有一定差别,如表 11 所示。本附录采用了《碾压式土石坝设计规范》(SDJ 218—84)的 K 值。

表 11 综合摩阻系数比较

来源	K	说明
美国海滨防护手册	3.34×10^{-6}	
荷兰须得海公式	3.56×10^{-6}	
美国内务部垦务局标准 NO.13	4.04×10^{-6}	
前苏联规范 CH _m 2.06.04—82*	4.2×10^{-6} 6.0×10^{-6}	$V = 20 \text{ m/s}$ $V = 30 \text{ m/s}$
碾压式土石坝设计规范(SDJ 218—84)	3.6×10^{-6}	

C.3 波浪爬高计算

C.3.1 本条规定适用于单坡的波浪爬高计算。在 $m = 1.5 \sim 5.0$ 范围,采用莆田试验站方法,该法在土坝及堤防设计中得到应用。在 $m \leq 1.25$ 范围,表 C.3.1—4 中的 R_0 值是根据国内外现有规范给出的,由于堤坡较陡时,波陡的影响较小,略去波陡的影响。在 $1.25 < m < 1.5$ 范围,可按内插法确定,这样可使两种方法衔接。

关于波浪爬高统计分布采用了魏伯分布,其分布参数是根据莆田试验站实测资料确定的。南京水利科学研究所的室内不规则波试验也证实爬高分布可采用魏伯分布。

C.3.2 复式斜坡堤防的波浪爬高计算,过去国内常采用培什金法、向金法、塞维尔假想斜坡试算方法,但前两种方法使用条件有较多限制,而塞维尔方法又需通过逐次逼近,使用不方便。本附录建议的方法,是基于室内规则波试验得出,并有一些现场资料及不规则波试验资料验证,计算比较方便,且已在一些沿海省区制定的海堤规程中采用。条文中注明的适用条件,是根据试验参数变化范围拟定的。

C.3.3 根据现场观测和室内试验,斜向波作用的爬高一般较正向波作用的爬高小,因此须对正向波的计算结果加以修正。附录表 C.3.3 的修正系数,是夏依坦根据现场资料给出的。近年来国外一些不规则波试验结果,发现有时小角度来波的越浪量大于正向来波的越浪量,因而对 $\beta \leq 15^\circ$,取修正系数 $K_B = 1$,即不进行斜向修正。

附录 D 堤岸防护计算

D.1 稳定计算

D.1.1 坡式护岸的稳定应考虑护坡连同地基的整体滑动稳定及护坡体内部的稳定等两类稳定进行验算。

对于沿护坡底面通过地基整体滑动的护坡稳定计算,其地基部分也应是圆弧滑动破坏。但是,一般的护坡基础较浅,滑动面也不深,所以,为简便起见,基础部分沿地基滑动可简化为折线状,用极限平衡法进行计算。

图 3,护坡 AF 沿 $FABC$ 面的滑动,可简化成 BCD 土体的极限平衡问题,其平衡方程为:

$$W_3 \sin \alpha_3 + W_3 \cos \alpha_3 \operatorname{tg} \varphi + ct / \sin \alpha_3 + P_2 \sin(\alpha_2 + \alpha_3) \operatorname{tg} \varphi = P_2 \cos(\alpha_2 + \alpha_3) \quad (4)$$

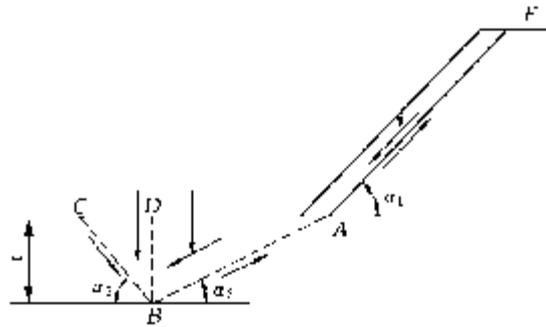


图 3 边坡整体滑动计算

土体 BCD 的稳定安全系数为：

$$K = \frac{W_3 \sin \alpha_3 + W_3 \cos \alpha_3 \operatorname{tg} \varphi + P_2 \sin(\alpha_2 + \alpha_3) \operatorname{tg} \varphi + ct / \sin \alpha_3}{P_2 \cos(\alpha_2 + \alpha_3)} \quad (5)$$

上式中 C 、 φ 为地基土的粘聚力和摩擦角。 α_1 、 α_2 、 α_3 见图 3。

P_2 可由土体 ABD 的极限平衡方程求出：

$$P_2 = W_2 \sin \alpha_2 - W_2 \cos \alpha_2 \operatorname{tg} \varphi - ct / \sin \alpha_2 + P_1 \cos(\alpha_1 - \alpha_2) \quad (6)$$

P_1 同样由 FA 的极限平衡方程求出：

$$P_1 = W_1 \sin \alpha_1 - f_1 W_1 \cos \alpha_1 \quad (7)$$

式中 f_1 护坡和坡底的滑动摩擦系数。

计算时可以通过先假定 B ，求相应的 K ，从而求出最危险的滑动面。

D.1.2 重力式护岸系指堤身、堤基以及丁坝护砌采用重力式护砌结构型式的防护工程。

重力式护岸稳定计算应包括整体滑动稳定计算和按挡土墙的抗滑、抗倾、地基应力计算；整体滑动稳定计算可采用瑞典圆弧法进行计算，计算应考虑工程可能发生的最大冲深对稳定的影响。具体计算应按本规范附录 D 的规定采用。

重力式护岸按挡土墙进行稳定性计算，土压力计算本规范推荐采用库仑理论公式进行，对两个具体计算问题作了处理：

1 由于防护工程重力式护岸靠土一侧有采用台阶、变坡等各种型式的情况，因此根据变化情况沿垂向采取分段计算土压力，对计算段以上土体及其他荷载按均布荷载处理。

2 当土体为粘性土时，通过加大土内摩擦角的办法将粘着力的影响包含于公式中去。

黄河下游一些堤坡、丁坝护坡采用了重力式护岸的防护型式。在坝、岸稳定计算中土压力计算近年一直采用库仑理论公式计算还比较可行。因此本规范予以推荐采用。

D.2 堤岸防护冲刷计算

D.2.1、D.2.2 防护工程进行冲刷深度的计算和分析可为堤岸防护稳定、防冲备石、防汛抢险提供基本依据。目前国内、外研究提出的计算堤岸防护工程冲刷深度的公式繁多，各有侧重，各公式计算的差值也较大，需结合工程的具体情况采用。本附录是根据长江、黄河及其他河流常采用的一些公式提出的。

D.3 护坡护脚计算

D.3.1 砌石护坡面层设计一般按厚度控制。过去干砌块石厚度计算一般采用向金方法、培什金方法和港口规范法。向金方法在 $L/H=15$ 前后计算值发生突变，不够合理。港口规范在 $m < 2$ 时

计算值一般偏大。培什金方法计算值一般居中,计算简便。

工程中干砌块石有砌方石(包括条石)和一般块石之分。培什金公式系数 0.225,是指砌方石而言,根据向金资料,砌方石的砌块石系数相差 18%,据此,将培什金砌石公式原系数提高 18%,作为一般砌石的系数(0.266)。

关于波高累积频率选用,各规范不尽相同,本附录根据室内不规则波试验结果,对不同相对水深 d/L 作了相应的规定。

D.3.2 关于人工块体和经过分选块石的抛石护坡计算,采用了国内、外广泛使用的哈得逊公式,稳定系数取值来自《港口工程技术规范》。

D.3.3 混凝土护面板的整体稳定计算采用了向金公式,与《碾压式土石坝设计规范》一致。本条规定公式仅适用于均质土堤护坡的情况,对土堤临水面有抛石体,在抛石体上铺放混凝土板的情况不宜采用。

D.3.4 在水流作用下,防护工程采用抛石护坡、护脚,其块石保持稳定的抗冲粒径(按块石折算成园球形之直径)和重量计算公式很多,本条介绍的公式除考虑水流流速这一主要因素外,还考虑了块石重度、底坡情况、水流流向等,比较符合实际情况,根据各地具体情况亦可选用其他公式计算。

附录 E 渗流计算

E.2、E.3、E.5、E.6 各节均依据《渗流计算分析与控制》(毛昶熙主编,水利电力出版社 1990 年 5 月第一版)一书编写。

E.2.3 E.2.3—1 式中的系数 c ,是安徽省水利科学研究所吴世余高级工程师按苏联法尔科维奇的公式(见《地下水运动原理》柯钦娜)导出新的双重级数精细计算所得。

E.4.1、E.4.2 不稳定渗流计算的一套计算公式,由安徽省水利科学研究所吴世余高级工程师推导。

这套公式与《渗流计算分析与控制》一书中介绍的莱茵河河堤中应用的公式和《黄河河堤之试验与研究》中的公式基本一致,但比这两处的公式简单,这套公式已经同行专家评审认可。

E.7.2 双层堤基弱透水层等厚有限长计算公式是根据《多层地基和减压沟井的渗流计算理论》(水利出版社 1980 年出版)一书中的公式推导的。经用南京水利科学研究所的“土坝二向渗流计算的有限方法电算程序”的电算成果核算,用这套公式计算的与电算的结果完全符合。

E.7.3、E.7.4 递推公式来自《粘土铺盖》(徐尚璧著,水利电力出版社 1988 年 9 月出版)。公式是根据本奈特(P.T.Bennett)的基本假定,按水位淹没弱透水层推导的。递推公式可用来计算不等厚或不均质(各段渗透系数不同)弱透水层和各种盖重计算。经用南京水利科学研究所的“土坝二向渗流计算的有限方法电算程序”电算结果核算,在满足水位淹没弱透水层的条件下,递推公式计算的结果与电算结果一致。

近来安徽省水利科学研究所推出《堤坝盖重与铺盖渗流分析的传递矩阵解法》,运用于各种情况的堤坝盖重与铺盖渗流分析计算,其结果与精确解十分接近。这个方法宜用电算计算,详细情况见《治淮科技》1993 年 1 期。

附录 F 抗滑稳定计算

F.0.1 本规范对土堤抗滑稳定计算,推荐采用圆弧滑动法,依据是:

1 近十几年来,我国各大河、湖主要堤防和海堤工程设计中普遍采用圆弧滑动法计算堤的抗滑稳定性,实践证明采用此法计算成果可反映实际情况。

2 通过实践证明,这个方法计算方便,容易被一般工程技术人员所接受,而且在确定强度指标及选取合适的安全系数方面也积累了不少经验,国内已有很多单位编出了电算程序,使用很方便。

F.0.4、F.0.5 本规范推荐防洪墙抗滑、抗倾稳定计算公式是土工建筑物设计中通用的公式,如溢洪道、水闸、泵站、重力坝等设计规范中均采用此公式进行稳定计算。防洪墙一般高度较低,采用抗剪强度公式计算沿基底面的抗滑稳定安全系数,已能满足要求。