

Handbook of Hydraulic
Structure Design

水工设计手册

4

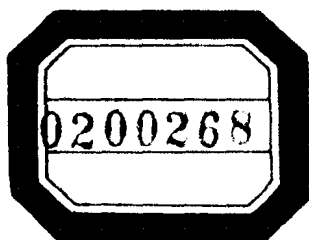
土石坝

水利电力出版社

Handbook
of
Hydraulic
Structure
Design

4

Embankment
Dams



005829 水利部信息班

水工设计手册

第四卷 土石坝

华东水利学院 主编

水利电力出版社

本书是《水工设计手册》的第四卷，内容包括第十七章至第二十章，主要设计标准和荷载计算、土坝、堆石坝、砌石坝。

本书主要供从事大中型水利水电设计的技术人员使用，同时也可供地、县农田水利工程设计人员和从事水利水电工程施工、管理、科研的技术人员，以及有关高校、中专师生参考使用。

责任编辑

张丙申

袁耀海

金炎

水工设计手册

第四卷 土石坝

华东水利学院主编

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 15.75印张 470千字 1插页

1984年12月第一版 1984年12月北京第一次印刷

印数00001—19520册 定价4.35元

书号 15143·5426

《水工设计手册》组织和主编单位及有关人员

组织单位 水利电力部水利水电规划设计院

主持人 张昌龄 奚景岳 潘家铮

(工作人员有李浩钧、郑顺炜、沈义生)

主编单位 华东水利学院

主编人 左东启 顾兆勋 王文修

(工作人员有商学政、高渭文、刘曙光)

前 言

我国幅员辽阔，河流众多，流域面积在1000平方公里以上的河流就有1500多条。全国多年平均径流量达27000多亿立方米，水能蕴藏量约6.8亿千瓦，水利水电资源十分丰富。

众多的江河，使中华民族得以生息繁衍。至少在二千多年前，我们的祖先就在江河上修建水利工程。著名的四川灌县都江堰水利工程，建于公元前256年，至今仍在沿用。由此可见，我国人民建设水利工程有悠久的历史和丰富的知识。

中华人民共和国成立，揭开了我国水利水电建设的新篇章。三十余年来，在党和人民政府的领导下，兴修水利，发展水电，取得了伟大成就。根据1981年统计（台湾省暂未包括在内），我国已有各类水库86000余座（其中库容大于1亿立方米的大型水库有329座），总库容4000余亿立方米，30万亩以上的大灌区137处，水电站总装机容量已超过2000万千瓦（其中25万千瓦以上的大型水电站有17座）。此外，还修建了许多堤防、闸坝等。这些工程不仅使大江大河的洪涝灾害得到控制，而且提供的水源、电力，在工农业生产和人民生活中发挥了十分重要的作用。

随着我国水利水电资源的开发利用，工程建设实践大大促进了水工技术的发展。为了提高设计水平和加快设计速度，促进水利水电事业的发展，编写一部反映我国建设经验和科研成果的水工设计手册，作为水利水电工程技术人员的工作书，是大家长期以来的迫切愿望。

早在六十年代初期，汪胡桢同志就倡导并着手编写我国自己的水工设计手册，后因十年动乱，被迫中断。粉碎“四人帮”以后不久，为适应我国四化建设的需要，由水利电力部规划设计管理局和水利电力出版社共同发起，重新组成编写水工设计手册。一九七七年十一月在青岛召开了手册的编写工作会议，到会的有水利水电系统设计、施工、科研和高等学校共26个单位、53名代表，手册编写工作得到与会单位和代表的热情支持。这次会议讨论了手册编写的指导思想和原则，全书的内容体系，任务分工，计划进度和要求，以及编写体例等方面的问题，并作出了相应的决定。会后，又委托华东水利学院为主编单位，具体担负手册的编审任务。随着编写单位和编写人员的逐步落实，各章的初稿也陆续写出。一九八〇年四月，由组织、主编和出版三单位在南京召开了第一卷审稿会。同年八月，三个单位又在北京召开了与坝工有关各章内容协调会。根据议定的程序，手册各章写出以后，一般均打印分发有关单位，采取多种形式广泛征求意见，有的编写单位还召开了范围较广的审稿会。初稿经编写单位自审修改后，又经专门聘请的审订人详细审阅修订，最后由主编单位定稿。在各协作单位大力支持下，经过编写、审订和主编同志们的辛勤劳动，现在，《水工设计手册》终于与读者见面了，这是一件值得庆贺的事。

本手册共有42章，拟分8卷陆续出版，预计到一九八五年全书出齐，还将出版合订本。

本书主要供从事大中型水利水电工程设计的技术人员使用，同时也可供地县农田水利工程技术人员和从事水利水电工程施工、管理、科研的人员，以及有关高校、中专师生参考使用。本书立足于我国的水工设计经验和科研成果，内容以水工设计中经常使用的具体设计计算方法、公式、图表、数据为主，对于不常遇的某些专门问题，比较笼统的设计原则，尽量从简；力求与我国颁布的现行规范相一致，同时还收入了可供参考的有关规程、规范。

这是我国第一部大型综合性水工设计工具书，它具有如下特色：1.内容比较完整。本书不仅包括了水利水电工程中所有常见的水工建筑物，而且还包括了基础理论知识和与水工专业有关的

各专业知识。2.内容比较实用。各章中除给出常用的基本计算方法、公式和设计步骤外，还有较多的工程实例。3.选编的资料较新。对一些较成熟的科研成果和技术革新成果尽量吸收，对国外先进的技术经验和有关规定，凡认为可资参考或应用的，也多作了扼要介绍。4.叙述简明扼要。在表达方式上多采用公式、图表，文字叙述也力求精练，查阅方便。我们相信，这部手册问世将对我国从事水利水电工作的同志有一定的帮助。

本手册编成之后，我们感到仍有许多不足之处，例如：个别章的设置和顺序安排不尽适当；有的章字数偏多，内容上难免存在某些重复；对现代化的设计方法如系统工程、优化设计等，介绍得不够；在文字、体例、繁简程度等方面也不尽一致。所有这些，都有待于再版时加以改进。

本手册自筹备编写至今，历时已近五年，前后参加编写、审订工作的约有三十多个单位一百多位同志。接受编写任务的单位和执笔同志都肩负繁重的设计、科研、教学等工作，他们克服种种困难，完成了手册编写任务，为手册的顺利出版作出了贡献。在此，我们向所有参加手册工作的单位、编写人、审订人表示衷心的感谢，并致以诚挚的慰问。已故水力发电建设总局副总工程师奚景岳同志和水利出版社社长林晓同志，他们生前参加手册发起并作了大量工作，谨在此表示深切的怀念。

最后，我们诚恳地欢迎读者对手册中的疏漏和错误加以批评指正。

水利电力部水利水电规划设计院

一九八二年五月

《水工设计手册》第四卷编写人和审订人

章目	编写人	审订人
第十七章 主要设计标准和荷载计算	郑顺炜 沈义生	李浩钧
第十八章 土坝	顾淦臣	蒋彭年
第十九章 堆石坝	陈明致	柳长祚
第二十章 砌石坝	黎展眉	李津身 上官能

2000.12.27

目 录

第十七章 主要设计标准和荷载计算

第一节 水利水电工程的设计阶段和

等级划分4-3

一、设计阶段4-3

二、水工建筑物的等级划分4-5

第二节 设计水工建筑物的洪水标准4-6

一、永久性水工建筑物的洪水标准4-6

二、临时性水工建筑物的洪水标准4-7

三、施工期临时渡汛洪水标准4-7

第三节 坝的安全超高和安全系数4-7

一、安全超高4-7

二、抗滑稳定安全系数4-8

三、坝体混凝土强度安全系数4-9

第四节 水工建筑物上一般荷载和作

用力的计算4-10

一、荷载的种类及其组合4-10

二、建筑物及设备的自重4-10

三、静水压力4-10

四、动水压力4-10

五、波浪压力4-11

六、冰压力4-20

七、土压力4-23

八、浮托力4-26

九、渗透压力4-27

十、泥沙压力4-29

十一、地震荷载4-29

十二、雪荷载4-35

十三、风荷载4-35

十四、一般楼板及屋顶荷载4-36

十五、公路车辆荷载4-36

十六、铁路荷载4-40

十七、桥式吊车荷载4-40

主要参考文献4-40

第十八章 土 坝

第一节 坝型选择4-45

一、坝型4-45

二、坝型选择的因素4-45

第二节 对地质工作的要求4-47

一、对岩基4-47

二、对土基和砂基4-47

三、对库区4-47

四、对地震4-48

第三节 筑坝材料的选择4-48

第四节 土料设计4-50

一、碾压式坝的粘性土4-50

二、碾压式坝的砾质粘性土4-51

三、碾压式坝的砂和砂卵石4-52

四、碾压式堆石4-54

五、自流式冲填坝的土料设计4-55

六、输泥管式冲填坝的土料设计4-55

七、水中填土坝的土料设计4-57

第五节 碾压式土石坝的外形轮廓4-58

一、坝顶宽度4-58

二、坝顶超高4-59

三、波浪沿坝坡的爬高4-59

四、库区两岸山体滑坡产生的涌浪4-61

五、坝坡和戽道4-63

第六节 坝体防渗结构4-64

一、土斜墙和土心墙4-64

二、钢筋混凝土心墙4-65

第七节 坝基防渗措施4-68

一、土截水墙4-68

二、混凝土截水墙(人工开挖深槽)4-68

三、混凝土防渗墙(机钻造孔槽)4-69

四、自凝水泥粘土浆防渗墙4-70

五、板桩灌注防渗墙4-71

六、泥浆槽防渗墙4-71

七、砂砾石地层水泥粘土灌浆帷幕4-72

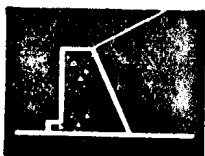
八、防渗铺盖4-75

第八节 坝的变形、应变、应力、裂

缝验算和裂缝控制4-76

一、填土的抗拉、抗裂特性和剪切破坏准则.....4-76	第二节 土防渗体堆石坝4-125
二、非线性应力-应变曲线族和非线性E- ν 模型4-78	一、土斜墙堆石坝4-125
三、用有限单元法计算应力和位移...4-81	二、土心墙堆石坝4-126
四、用有限单元法计算蓄水期应力、应变和位移.....4-85	三、土斜心墙堆石坝4-126
五、验算拉裂和剪切破坏.....4-86	四、土心墙与土斜墙的比较4-126
六、裂缝控制.....4-87	五、反滤层4-127
第九节 稳定计算4-88	六、照谷社型斜墙堆石坝4-127
一、填土的抗剪强度.....4-88	七、设计内容4-127
二、孔隙压力.....4-88	第三节 钢筋混凝土防渗体堆石坝4-128
三、作用力的组合及要求的安全系数.....4-93	一、概况4-128
四、按圆弧滑裂面计算施工期的坝坡稳定.....4-94	二、钢筋混凝土斜墙4-129
五、按圆弧滑裂面计算水库水位降落期和稳定渗流期的坝坡稳定.....4-94	三、斜墙的排水结构和齿墙4-132
六、按圆弧滑裂面计算水库水位降落期和稳定渗流期坝坡稳定的简化法.....4-95	四、斜墙的接缝4-132
七、考虑土条间作用力的圆弧法稳定计算(毕肖普法).....4-96	五、斜墙的厚度和配筋4-132
八、改良圆弧法.....4-98	六、干砌石层4-134
九、圆弧与折线组合的滑裂面的稳定计算4-100	七、钢筋混凝土心墙4-135
十、斜墙和保护层的稳定计算4-101	八、设计内容4-135
十一、用应力、应变成果计算坝坡稳定4-104	第四节 沥青混凝土防渗体堆石坝4-135
第十节 坝顶、护坡、坝坡排水沟和坝趾排水体的设计4-105	一、沥青混凝土斜墙堆石坝4-135
一、坝顶4-105	二、沥青混凝土心墙堆石坝4-139
二、上游护坡4-106	三、设计内容4-143
三、下游护坡4-117	第五节 其他防渗体堆石坝4-143
四、排水沟4-117	一、其他防渗体种类4-143
五、坝趾排水体4-117	二、木板斜墙4-143
主要参考文献4-119	三、钢板斜墙4-144
第十九章 堆石坝	四、浆砌石斜墙4-144
第一节 堆石坝的坝型4-123	五、喷浆斜墙4-145
	六、塑料薄膜防渗体4-146
	第六节 重力墙堆石坝4-147
	一、概况4-147
	二、混凝土重力墙堆石坝4-148
	三、浆砌石重力墙堆石坝4-148
	四、干砌石重力墙堆石坝4-150
	五、重力墙的稳定计算4-150
	第七节 定向爆破堆石坝4-150
	一、概况4-150
	二、坝址选择4-151
	三、施工程序和坝的剖面4-151
	四、爆破漏斗和地形地质条件的影响4-152

五、药包布置	4-153	一、浆砌石体的变形特性	4-187
六、爆破参数的确定	4-154	二、浆砌石体的强度	4-188
七、定向爆破岩块的堆积计算	4-156	三、砌石坝设计采用的其他物理力学指标	4-191
第八节 过水堆石坝	4-157	第四节 砌石坝的一般布置与坝体构造	4-192
一、过水堆石坝类型	4-157	一、砌石坝的连接	4-192
二、渗透堆石坝	4-157	二、坝体防渗和排水	4-192
三、溢流-渗透堆石坝	4-157	三、坝内廊道及孔洞	4-196
四、钢筋网加强的溢流堆石坝	4-158	第五节 砌石重力坝	4-196
五、照谷社型溢流堆石坝	4-160	一、稳定计算	4-196
六、硬壳坝	4-160	二、断面设计及布置	4-197
七、土基上的溢流堆石坝	4-162	三、地基处理设计	4-202
第九节 石料和堆石性质	4-162	四、溢流砌石重力坝	4-204
一、堆石材料的质量要求	4-162	第六节 砌石拱坝	4-205
二、堆石材料的级配	4-164	一、砌石拱坝在设计布置上与混凝土拱坝的异同点	4-205
三、软岩石渣和风化石渣	4-166	二、应力分析方法及应力控制指标参考值	4-207
四、堆石的抗剪强度	4-167	三、体形布置及断面初选	4-208
五、堆石的应力-应变关系	4-168	四、分缝及封拱	4-214
第十节 堆石坝的变形	4-169	五、地基处理	4-217
一、垂直沉陷	4-169	六、溢流砌石拱坝	4-222
二、向下游位移(横向位移)	4-169	第七节 砌石支墩坝	4-223
三、顺坝轴向位移(纵向位移)	4-170	一、砌石连拱坝	4-223
主要参考文献	4-170	二、砌石大头坝	4-225
		第八节 其他坝型	4-230
		一、砌石空腹重力坝	4-230
		二、硬壳坝	4-232
		三、框格填渣坝	4-236
		四、干砌石坝	4-239
		主要参考文献	4-241
第二十章 砌石坝			
第一节 概述	4-173		
一、建设概况	4-173		
二、坝型分类及其特点	4-173		
三、砌石坝的适用性与发展趋势	4-175		
第二节 砌石坝的建筑材料	4-180		
一、石料	4-180		
二、胶结材料	4-181		
第三节 浆砌石体的物理力学性能	4-187		



第十七章 主要设计标准和 荷载计算

编写人

郑顺焯 沈义生（水利电力部水利水电规划设计院）

审订人

李浩钧（水利电力部水利水电规划设计院）

Loading and Design Criteria 17

第十七章 主要设计标准和荷载计算

第一节 水利水电工程的设计阶段和等级划分

一、设计阶段

设计阶段，由国家主管部门根据基本建设实际情况和基本建设管理的需要作出相应的规定。建国以来，随着国家基本建设形势的发展，管理体制的调整改革，设计阶段划分也曾经多次调整。以下所述有关设计阶段划分、各阶段的任务和内容等，是根据近年来国家基本建设管理程序的要求；许多大中型工程的一般做法以及我们管理工作中的体会而写的。其目的是使读者对此有一个梗概了解，以便工作时参考。具体工程的设计阶段划分和工作深度掌握，应以当时主管部门的规定和要求为准。

(一) 设计阶段划分

根据国家基本建设管理规定，基本建设程序可分为前后两个大的阶段，工程开工建设以前的规划、勘测、设计工作为前期工作，工程开工以后至竣工投产为施工阶段。整个设计工作遵循分阶段、循序渐进、逐步深入的原则进行。一般的程序依次为规划选点、可行性研究、设计任务书、初步设计和技施设计等阶段。

规划选点是在国家长远规划、行业规划和地区规划指导下，结合资源情况，进行收集资料、踏勘建设地址，初步分析经济效益，提出可供选择的建设布局，并提出可行性研究项目建议书。可行性研究是初步论证建设项目在技术、经济和生产力布局上是否可行，并经过多方案比较，推荐最佳方案，为进一步编制和审批设计任务书提供依据。设计任务书是在可行性研究基础上，对推荐的方案，进一步分析利弊得失，落实建设条件和协作配合条件，审核技术经济指标的可靠性，比较确定建设场地，审查建设资金来源，为项目最终决策和初步设计提供依据。初步设计是项目决策后的具体实施方案，也是施工准备的依据。技施设计主要是落实工程实施的技术、组织措施，提出施工图纸，是工程实施的依据。

大中型水利水电枢纽工程设计，其设计任务书的编制，过去一般都在初步设计以后，不作为一个设计阶段，而是着重落实工程建设的外部协作条件和计划安排。这样做的主要原因是：水利水电工程一般受自

然条件制约大，涉及面广，建设周期较长，与一般工业建设有所不同，必须做深入的勘测设计工作，确定坝址（或总体布置方案）、优选工程规模、明确综合利用要求、初选主要建筑物基本型式之后，才能做出切实的经济评价。因而水利水电工程设计任务书以前各阶段工作做得较深入，可以满足编制设计任务书的要求，并可做为工程项目的设计储备。因此一般认为，水利水电工程设计任务书可以不做为设计阶段。水利水电工程设计工作，建议在水利资源普查的基础上，具体按下列阶段进行：

1. 河流规划（或地区水利规划）；
2. 可行性研究；
3. 初步设计；
4. 技施设计。

这里须做几点说明。第一，如前所述，设计阶段划分服从国家基本建设管理要求，随国民经济发展需要而调整。例如，可行性研究阶段是近几年才实行的。第二，水利水电工程的规划设计工作往往要反复进行，不断完善。设计工作一般首先根据国民经济发展要求，调查当地自然条件和社会经济条件，提出合理利用当地水利资源的规划（或建设）方案，规定拟建工程的任务，然后根据前期工作计划安排进一步做勘察设计工作和试验研究，提出能满足工程任务要求、经济上合理、技术上先进的最优设计方案。但是做好前期工作不等于工程可以立即动工兴建，必须根据国家计划，列入基建计划后才能开工实现。对于一条河流或一个地区的水利规划，随着时间推移，实际情况变化，各种原始资料的积累，技术的发展，往往需要对整个开发方案进行复核、修正，以满足发展的国民经济的需要，并更切合当时当地的情况，这样就要求对工程的设计做相应的修改、补充和完善。第三，设计阶段划分依工程规模大小和复杂程度有所区别，应根据工程具体情况决定。例如对于少数重大工程或技术复杂而又缺乏经验的工程，经主管部门指定，可以增加技术设计阶段；而对于技术经济条件简单、方案明确的中型工程，经主管部门同意，可将可行性研究阶段与初步设计阶段合并为一个阶段；对于

一般小型工程,设计阶段还可以简化。

(二) 各设计阶段任务和内容

1. 河流规划阶段 本阶段主要任务是:根据河流(全流域或部分河段)的水利资源情况,结合电力系统规划、地区水利规划及国民经济其它部门对综合利用的要求,从经济、技术、政治等方面综合考虑,通过技术经济比较,选择开发利用(或治理)河流的最优方式或梯级开发方案;规划各工程的任务、规模、特征值和运用方式;推荐第一期开发工程。河流规划报告是国家编制中长期计划的依据之一。

河流规划报告的主要内容包括:(1)河流或河段的基本情况。例如,自然地理概况,水文气象特性,地质概况,矿产和天然建筑材料资源等。(2)地区的社会经济情况。如工业、交通、农林牧渔等各业发展状况,近期及远景发展计划,对水利资源综合利用的要求等。(3)水利和水能规划,梯级开发方案选择等。(4)近期兴建工程选择。

此阶段的水工设计,一般根据规划初步拟定的工程地址、任务和规模,依据初步的地形地质资料,经过现场查勘,拟定相应的枢纽建筑物组成和代表性枢纽布置,用以估算工程量、投资和工期,并进行多种规划方案的比较。

2. 可行性研究阶段 可行性研究阶段是近年来提出的一个设计阶段,勘测设计内容和深度基本上与过去选坝阶段相近,并增加了工程经济分析论证方面的内容。可行性研究应在河流规划以后进行。

可行性研究的主要任务是:着重论证拟建水利水电工程在国民经济发展中的必要性,技术可行性,经济合理性。在本阶段中,应选定坝址或工程总体设计方案,论证和选择工程规模,并进行全面的经济论证。

可行性研究成果主要反映在可行性研究报告中,其主要内容包括:(1)河流概况及水文气象基本资料和分析成果;(2)工程地质与天然建筑材料的勘察资料 and 评价;(3)兴建本工程必要性与规模论证,综合利用及环境影响论证;(5)坝址选择与枢纽建筑物布置;(6)主要机电设备;(7)施工总布置和总工期;(8)工程总投资估算;(9)工程经济效益分析和评价。可行性研究成果应有一定可靠性,以利国家作出正确的投资决策,为同有关部门联系协商、筹措资金等提供基本依据。可行性研究经审批后,可据以编制设计任务书和进行初步设计。

3. 初步设计阶段 主要任务是在可行性研究或河流规划基础上,对拟建工程的具体规模,主要技术方

案,经济指标,主要建筑物型式、布置、尺寸,主要永久设备,施工总体布置、总进度,工程总概算等,作进一步的分析论证和方案比较,然后加以确定。在可行性研究阶段选定的坝址,以及初选的规模和经济效益分析,应视具体情况在必要时进行复核。编制并经审查批准的初步设计,是国家确定建设项目的依据。

初步设计主要内容包括:(1)阐明流域和工程的水文气象特性,水文资料整编情况,径流、洪水、泥沙资料分析成果;(2)阐明地质勘测工作和区域地质情况,查明水库区和各建筑物的工程地质条件,天然建筑材料储量和质量;(3)阐明工程基本任务、水利动能和水利规划,水库主要特征水位选择,工程规模确定和经济效益分析,水库淹没处理;(4)根据工程任务、地形地质条件和有关因素,确定枢纽总布置以及各建筑物位置、型式和尺寸;(5)选择主要机电设备,确定电气主结线和接入电力系统方案,确定各引水、泄水建筑物的闸门及启闭设备等;(6)进行施工组织设计,诸如选择对外交通和动力供应方案,确定施工导流布置,选择主体工程主要施工方法和施工辅助企业,确定施工总体布置和总进度,提出主要技术供应计划(主要建筑材料和施工机械设备等);(7)进行环境影响评价,采取防护措施;(8)作出工程投资总概算。

此外,初步设计文件中,还可根据需要,附加相应的专题报告。

初步设计与可行性研究在内容上基本相似,但在研究重点、工作深度以及所起作用上是有区别的。

4. 技施设计阶段 技施设计主要是深入细致地落实工程建设的技术、施工措施。在此阶段中,要陆续提出整个工程分项分部的施工、制造、安装图纸;提出工艺技术要求;提出永久设备购置清单等。技施设计是工程实施的依据。

技施设计阶段应首先根据初步设计审查意见,对初设中遗留的问题进行必要的修改与补充,并根据审定的初步设计,对工程中较复杂的技术问题进行计算分析和试验研究,使技术措施更加落实可靠。对已审定的初步设计方案,凡有重大修改,均需经原审批单位的同意;但对各建筑物的细部布置和尺寸、工程措施等,经本阶段仔细研究后,如发现有更加安全经济合理的,允许做适当调整。

一般大中型工程中的复杂技术问题,应编制技术专题报告;对于重大工程,应编制全面的技术设计书。

二、水工建筑物的等级划分

水利水电工程等级划分主要依据《水利水电枢纽工程等级划分及设计标准》^[3]，该规范适用于山区、丘陵区工程。对于平原滨海区工程，可以参考有关规定进行等级划分。

(一) 工程等级

根据水利水电工程的规模、效益和在国民经济中的重要性，将其划分为五等，按表17-1-1确定等别。具有综合利用效益的水利水电工程，各效益指标分属

表17-1-1中的几个不同等别时，整个工程的等别应按其中最高的等别确定。

(二) 建筑物的级别

工程中的水工建筑物级别，应根据所属工程的等别，按表17-1-2和以下两项原则确定：(1) 仅有单一用途的水工建筑物，只根据该项用途所属的等别确定其级别；(2) 同时具有几种用途的水工建筑物，应根据其中所属的最高等别确定其级别(例如，对于河床式厂房，应按挡水库容大小和装机容量大小，按所属最高的等别确定其级别)。

表 17-1-1 水利水电枢纽工程的分等指标

工程等别	工程规模	水库总库容 (亿立方米)	防 洪		灌溉面积 (万亩)	水电站装机容量 (万千瓦)
			保护城镇及工矿区	保护农田面积 (万亩)		
一	大(1)型	>10	特别重要城市、工矿区	>500	>150	>75
二	大(2)型	10~1	重要城市、工矿区	500~100	150~50	75~25
三	中 型	1~0.1	中等城市、工矿区	100~30	50~5	25~2.5
四	小(1)型	0.1~0.01	一般城镇、工矿区	<30	5~0.5	2.5~0.05
五	小(2)型	0.01~0.001			<0.5	<0.05

- 注 1.总库容系指校核洪水水位以下的水库静库容。
2.有关防洪、灌溉两项指标系对防洪或灌溉系统中的骨干工程而言。
3.灌溉面积系指设计灌溉面积。

表 17-1-2 水工建筑物级别的划分

工程等别	永久性建筑物级别		临时性建筑物级别
	主要建筑物	次要建筑物	
一	1	3	4
二	2	3	4
三	3	4	5
四	4	5	5
五	5	5	

- 注 1.永久性建筑物 系指枢纽工程运行期间使用的建筑物。根据其重要性，又分为：主要建筑物——系指失事后造成下游灾害或严重影响工程效益发挥的建筑物，例如，坝、泄洪建筑物、输水建筑物及水电站厂房等；次要建筑物——系指失事后不致造成下游灾害或对工程效益影响不大并易于修复的建筑物。
2.临时性建筑物 系指枢纽工程施工期间使用的建筑物。例如导流建筑物。

(三) 建筑物级别的提高和降低

(1) 对于二至五等工程中的永久性建筑物，符合下列情况并经论证者，可提高主要建筑物的级别：

1) 水库大坝坝高超过表17-1-3者，可提高一级，但洪水标准不予提高；

表 17-1-3 水库大坝提级指标

坝 的 原 级 别		2	3	4	5
坝高 (米)	土坝、堆石坝、干砌石坝	90	70	50	30
	混凝土坝、浆砌石坝	130	100	70	40

2) 建筑物的工程地质条件特别复杂或采用实践经验较少的新坝型、新型结构时，可提高一级，但洪水标准不予提高；

3) 对于综合利用工程，如按库容和不同用途分等的指标中有两项接近同一等别的上限时，可将其共

用的主要建筑物提高一级。

(2) 对于临时性水工建筑物, 如失事后将使下游城镇、工矿区或其它国民经济部门造成严重灾害或严重影响工程施工时, 应视其重要性或影响程度, 提高一级或两级。

(3) 对于低水头或失事后损失不大的水利工程, 经过论证, 可将其水工建筑物的级别适当降低。

第二节 设计水工建筑物的洪水标准

一、永久性水工建筑物的洪水标准

参考文献[3]规定, 设计永久性水工建筑物的洪水标准, 按建筑物的级别、结构类别和运行条件决定。建筑物的运用条件分正常(设计)运用和非常(校核)运用两种情况。正常运用条件, 系指建筑物在遇到设计洪水标准的洪水时和正常组合的作用力下, 须保证建筑物正常运行和保证工程发挥设计效益。非常运用条件, 系指建筑物在遇到校核标准的洪水时或特殊组合的作用力下, 允许建筑物有较小的安全系数和小的局部损坏, 允许工程暂时受到影响甚至停止发挥效益, 但必须保证建筑物安全, 不允许严重破坏和失事。

(一) 正常运用洪水标准

关于正常运用洪水标准, 应根据工程规模、重要性、水文资料可靠程度等, 在表17-2-1规定的范围内分析选定。由于同一等别工程的效益指标上、下限相差悬殊, 因此, 分等指标接近上限的, 建筑物的设计

洪水标准也应按接近上限采用, 反之, 也类同。当然, 还应考虑水文资料可靠程度等其它因素。

(二) 非常运用洪水标准

永久性水工建筑物的非常运用洪水标准, 应根据工程规模和重要性, 按照不同类型结构抗御洪水特性的差异, 以及失事后可能造成灾害的严重程度, 按以下原则区别对待:

1) 对于失事后下游不致造成较大灾害的大坝和其它影响水库安全的建筑物, 非常运用洪水标准不低于表17-2-2规定的数值。

2) 不影响水库安全的水工建筑物, 如引水式、坝后式厂房等, 其非常运用洪水标准可将表17-2-2规定的数值适当降低。

3) 对于失事后下游可能造成较大灾害的大型水库, 重要的中型水库以及特别重要的小型水库的大坝, 当采用土石坝时, 应以可能最大洪水作为非常运用的洪水标准; 当采用混凝土坝、浆砌石坝时, 可根据工程特性、结构型式、地质条件等, 将其非常运用洪水标准适当降低, 即低于可能最大洪水数值, 但应不低于表17-2-2规定的下限值。这是由于国内外土石坝失事比混凝土坝失事的比率高得多, 而且土石坝失事重要原因之一是洪水漫顶, 所以土石坝和混凝土坝这两类坝型的非常运用洪水标准应该有差别。但应注意, 不是所有的混凝土坝型都可以降低标准。可能最大洪水的数值, 应根据多种计算方法的成果, 综合分析确定, 详见第七章。上述重要的中型水库和特别重要的小型水库, 系指失事后将危及下游重要城镇、工矿区、铁路干线或其它下游有重要政治经济意义设施的中小型水库。

表 17-2-1 永久性水工建筑物正常运用的洪水标准

建筑物级别	1	2	3	4	5
洪水重现期(年)	2000~500	500~100	100~50	50~30	30~20

表 17-2-2 永久性水工建筑物非常运用洪水标准下限值

不同坝型的枢纽工程	建筑物级别				
	1	2	3	4	5
	洪水重现期(年)				
土石坝、堆石坝、干砌石坝	10000	2000	1000	500	300
混凝土坝、浆砌石坝和其它水工建筑物	5000	1000	500	300	200

以上是参考文献[3]中关于非常洪水标准的三种情况。在以可能最大洪水作为非常运用洪水标准时,有的工程设计中,又将这种非常运用洪水标准分为“校核洪水”和“保坝洪水”,即洪水标准按三级控制。例如白山、安康、潘家口等工程就是这样。“校核洪水”一般可按表17-2-2的下限值采用,而“保坝洪水”则以可能最大洪水为标准。相应于“校核洪水”的大坝抗滑稳定安全系数,按第三节表17-3-3、17-3-4中的特殊组合第(1)种情况采用。这种做法主要基于以下两点考虑:(1)由于设计洪水和可能最大洪水在数值上差距很大,在建筑物运用中,一旦遭遇到稍超过设计洪水标准的来水时,为保证大坝安全,即可能启用非常运用泄洪设施。这样过早地按可能最大洪水条件运用,对建筑物本身、对下游安全都是不利的。将非常运用洪水标准分为“校核洪水”和“保坝洪水”后,即可分级控制,比较灵活。(2)同样道理,在整个非常运用洪水幅度内(设计洪水与可能最大洪水之间),大坝抗滑稳定安全系数按可能最大洪水条件控制[表17-3-3、17-3-4特殊荷载组合第(2)种情况]是偏低的。如果非常运用条件的抗滑稳定安全系数都按表17-3-4特殊荷载组合第(1)种情况采用,则意味着结构上要增加费用,而且多数设计情况将可能由特殊荷载组合控制。分为“校核洪水”和“保坝洪水”后,大坝抗滑稳定安全系数可相应地分级控制,而又不致造成浪费。

(三) 梯级水库的洪水标准

同一河流上的梯级水库洪水标准,一般可各自按上述(一)、(二)的原则确定正常运用和非常运用洪水标准;同时,也兼顾各梯级之间洪水标准、泄洪设施和下泄流量等的相互协调(例如上游洪水标准较低的水库可能失事的影响)。上游溃坝洪水影响,一般应对具体工程作具体分析,以确定其处理方式。

二、临时性水工建筑物的洪水标准

临时性水工建筑物的洪水标准,应根据保护对象

表 17-2-3 临时性水工建筑物的洪水标准

建筑物类型	建筑物的级别			
	2	3	4	5
	洪水重现期(年)			
土石建筑物	>50	50~30	30~20	20~10
混凝土、浆砌石建筑物	>20	20~10	10~5	5~3

的结构特点、导流方式、工期长短、使用要求、淹没影响以及河流水文特性等不同情况,在表17-2-3所列数值的幅度内确定;虽不分正常运用和非常运用,但必要时还应考虑遭遇可能的超标准洪水时的紧急措施。

三、施工期临时渡汛洪水标准

坝体施工期临时渡汛洪水标准,应根据坝体升高而形成的拦蓄库容,按表17-2-4确定;同时,可根据可能失事后对下游影响的大小,作适当提高或降低。

表 17-2-4 坝体施工期临时渡汛洪水标准

坝 型	拦蓄库容(亿立方米)		
	>1.0	1.0~0.1	<0.1
	洪水重现期(年)		
土坝、堆石坝、干砌石坝	>100	100~50	50~20
混凝土坝、浆砌石坝	>50	50~20	20~10

第三节 坝的安全超高和安全系数

一、安全超高

(一) 非溢流坝坝顶安全超高

非溢流坝(包括挡水围堰)的坝顶高程,应不低于水库正常运用和非常运用的静水位加波浪的计算高度。由于风浪等的基本资料和计算方法不易准确,所以还应加一安全超高值,以保证水不溢过和溅过坝顶。根据参考文献[3]的规定,安全超高值应不小于表17-3-1所列的数值。如坝顶设有稳定、坚固、不透

表 17-3-1 非溢流坝坝顶安全超高(米)

坝型及运用情况	坝 的 级 别				
	1	2	3	4,5	
土坝、堆石坝、干砌石坝	正常	1.5	1.0	0.7	0.5
	非常	0.7	0.5	0.4	0.3
混凝土坝、浆砌石坝	正常	0.7	0.5	0.4	0.3
	非常	0.5	0.4	0.3	0.2