DL

中华人民共和国电力行业标准

P DL 5077—1997

水工建筑物荷载设计规范

Specifications for load design of hydraulic structures

1997—10—22 发布 1998—02—01 实施

中华人民共和国电力工业部 发布

中华人民共和国电力行业标准

水工建筑物荷载设计规范

DL 5077—1997

主编单位：电力工业部中南勘测设计研究院
批准部门：中华人民共和国电力工业部
批准文号：电综[1997]567 号

前　言

本规范是根据 1990 年原能源部、水利部水利水电规划设计总院“(90)水规字 11 号”文件的安排组织制订的。其目的在于统一水利水电工程结构设计的作用(荷载)取值标准，以利于按照 GB 50199—94《水利水电工程结构可靠度设计统一标准》的原则和方法进行水工结构设计。

本规范必须与按照 GB 50199—94《水利水电工程结构可靠度设计统一标准》制订的其他水工结构设计规范配套使用。

本规范中所列全部附录都是标准的附录。

本规范由电力工业部水电水利规划设计总院提出、归口并负责解释。

本规范的主编单位：电力工业部中南勘测设计研究院。参编单位有：电力工业部北京勘测设计研究院、西北勘测设计研究院、成都勘测设计研究院、华东勘测设计研究院，水利部上海勘测设计研究院、东北勘测设计研究院，中国水利水电科学研究院，南京水利科学研究院。

本规范的主要起草人：梁文浩　宋常春　苗琴生　张学易　段乐斋　周　芸　黄东军　范明桥　刘文灏　陈厚群　席与光　卢兴良　薛瑞宝　赵在望　岳耀真　吕祖珩　潘玉华　刘蕴琪　吴孝仁　侯顺载　谯常忻　王鉴义　汤书明　聂广明　徐伯孟　潘玉喜　唐政生　郦能惠　李启雄　黄淑萍

目　　次

前　言
1　范围 …… (5)
2　引用标准 …… (5)
3　总则 …… (5)
4　主要符号 …… (5)
5　作用分类和作用效应组合 …… (7)
　5.1　作用分类及作用代表值 …… (7)
　5.2　作用效应组合 …… (7)
6　建筑物自重及永久设备自重 …… (8)
　6.1　建筑物自重 …… (8)
　6.2　永久设备自重 …… (9)
7　静水压力 …… (9)
　7.1　一般规定 …… (9)
　7.2　枢纽建筑物的静水压力 …… (9)
　7.3　水工闸门的静水压力 …… (10)
　7.4　管道及地下结构的外水压力 …… (10)
8　扬压力 …… (11)
　8.1　一般规定 …… (11)
　8.2　混凝土坝的扬压力 …… (11)
　8.3　水闸的扬压力 …… (13)
　8.4　水电站厂房和泵站厂房的扬压力 …… (14)
9　动水压力 …… (14)
　9.1　一般规定 …… (14)
　9.2　渐变流时均压力 …… (14)
　9.3　反弧段水流离心力 …… (14)
　9.4　水流对尾槛的冲击力 …… (15)
　9.5　脉动压力 …… (15)
　9.6　水锤压力 …… (16)
10　地应力及围岩压力 …… (17)
　10.1　一般规定 …… (17)
　10.2　岩体初始地应力(场) …… (18)
　10.3　围岩压力 …… (18)
11　土压力和淤沙压力 …… (19)
　11.1　挡土建筑物的土压力 …… (19)
　11.2　上埋式埋管的土压力 …… (20)
　11.3　淤沙压力 …… (21)

12 风荷载和雪荷载 …… (21)
12.1 风荷载 …… (21)
12.2 雪荷载 …… (22)
13 冰压力和冻胀力 …… (23)
13.1 静冰压力 …… (23)
13.2 动冰压力 …… (23)
13.3 冻胀力 …… (24)
14 浪压力 …… (26)
14.1 一般规定 …… (26)
14.2 直墙式挡水建筑物上的浪压力 …… (26)
14.3 斜坡式挡水建筑物上的浪压力 …… (27)
15 楼面及平台活荷载 …… (29)
15.1 水电站主厂房楼面活荷载 …… (29)
15.2 水电站副厂房楼面活荷载 …… (29)
15.3 工作平台活荷载 …… (30)
15.4 其他要求及作用分项系数 …… (30)
16 桥机和门机荷载 …… (30)
16.1 桥机荷载 …… (30)
16.2 门机荷载 …… (31)
17 温度作用 …… (31)
17.1 一般规定 …… (31)
17.2 边界温度 …… (33)
17.3 温度作用标准值 …… (33)
18 地震作用 …… (34)
18.1 一般规定 …… (34)
18.2 设计地震加速度及设计反应谱 …… (35)
18.3 地震作用的水库计算水位 …… (35)
19 灌浆压力 …… (35)
附录A(标准的附录) 水工结构主要作用按随时间变异的分类 …… (37)
附录B(标准的附录) 水工建筑物的材料重度 …… (38)
附录C(标准的附录) 混凝土衬砌有压隧洞的外水压力折减系数 …… (39)
附录D(标准的附录) 改进阻力系数法 …… (40)
附录E(标准的附录) 简单管路水锤压力计算公式 …… (42)
附录F(标准的附录) 主动土压力系数 K_a 和静止土压力系数 K_0 的计算 …… (43)
附录G(标准的附录) 波浪要素和爬高计算 …… (46)
附录H(标准的附录) 水库坝前水温计算 …… (49)
附录J(标准的附录) 拱坝运行期温度作用的标准值 …… (50)
附录K(标准的附录) 本规范用词说明 …… (52)

1 范 围

本规范适用于各类水工建筑物的结构设计。

2 引用标准

下列标准所包含的条文，通过在本标准中引用而构成本标准的条文。本标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB 50199—94 水利水电工程结构可靠度设计统一标准
GBJ 9—87 建筑结构荷载规范
GBJ 145—90 土的分类标准
DL 5073—1997 水工建筑物抗震设计规范
DL/T 5058—1996 水电站调压室设计规范

3 总 则

3.0.1 为了统一水工结构设计的作用取值标准，使设计符合安全适用、经济合理、技术先进的要求，特制订本规范。

3.0.2 本规范是根据GB 50199—94《水利水电工程结构可靠度设计统一标准》规定的原则制定的。

3.0.3 本规范未予规定的其他作用，应按照各类水工结构设计规范的规定确定。

3.0.4 当水工结构设计引用与公路、航运及港口工程等有关的作用时，应根据各部门设计规范的规定经具体分析后确定。

4 主要符号

4.0.1 分项系数极限状态设计式

γ_0——结构重要性系数；
ψ——设计状况系数；
$S(\cdot)$——作用效应函数；
$R(\cdot)$——结构抗力函数；
G_k——永久作用的标准值；
Q_k——可变作用的标准值；
A_k——偶然作用的代表值；
a_k——几何参数的标准值；
f_k——材料性能的标准值；
γ_G——永久作用的分项系数；
γ_Q——可变作用的分项系数；
γ_m——材料性能的分项系数；

γ_{d1}——承载能力极限状态基本组合的结构系数；

γ_{d2}——承载能力极限状态偶然组合的结构系数；

γ_{d3}——正常使用极限状态短期组合的结构系数；

γ_{d4}——正常使用极限状态长期组合的结构系数；

c_1——正常使用极限状态短期组合的结构功能限值；

c_2——正常使用极限状态长期组合的结构功能限值；

ρ——可变作用的长期组合系数。

4.0.2 作用代表值

p_{wr}——静水压强；

p_{ek}——外水压强标准值；

p_{tr}——时均压强代表值；

p_{fr}——脉动压强代表值；

p_{cr}——水流离心力压强代表值；

P_{fr}——脉动压力代表值；

P_{ir}——水流冲击力代表值；

ΔH_r——水锤压力(水头)代表值；

σ_{vk}——垂直地应力标准值；

σ_{hk}——水平地应力标准值；

q_{vk}——围岩垂直压力标准值；

q_{hk}——围岩水平压力标准值；

F_{ak}——主动土压力标准值；

F_{ok}——静止土压力标准值；

F_{sk}——埋管垂直土压力标准值；

F_{tk}——埋管侧向土压力标准值；

P_{sk}——水平淤沙压力标准值；

F_{dk}——静冰压力标准值；

F_{bk}——动冰压力标准值；

τ_t——单位切向冻胀力标准值；

σ_{ht}——单位水平冻胀力标准值；

σ_{vt}——单位竖向冻胀力标准值；

w_k——风荷载标准值；

s_k——雪荷载标准值；

P_{wk}——浪压力标准值；

P_{max}——作用在桥机一边轨道上的最大轮压；

ΔT_{mk}——截面平均温度变化标准值；

ΔT_{dk}——截面等效线性温差变化标准值；

ΔT_{ck}——施工期温度作用标准值。

4.0.3 材料性能

ρ_w——水的密度；

γ_w——水的重度；

f_{ic}——冰的抗压强度；

f_{ib}——冰的抗挤压强度；

γ_{sd}——淤沙的干重度；

γ_{sb}——淤沙的浮重度；

φ_s——淤沙的内摩擦角；

γ——填土的重度；

γ_R——岩石的重度；

γ_c——混凝土的重度；

c——填土的凝聚力；

φ——填土的内摩擦角；

φ'——填土的有效内摩擦角；

c_c——混凝土的比热；

λ_c——混凝土的导热系数；

a_c——混凝土的导温系数；

β_c——混凝土的表面放热系数。

5 作用分类和作用效应组合

5.1 作用分类及作用代表值

5.1.1 结构上的作用，可按作用随时间的变异分为下列三类：

(1)永久作用；

(2)可变作用；

(3)偶然作用。

水工结构主要作用按随时间变异的分类可按附录A采用。

5.1.2 水工结构设计时，对不同作用应采用不同的代表值。永久作用和可变作用的代表值采用作用的标准值；偶然作用的代表值，除本规范已有规定者外，可按有关标准的规定，或根据观测资料结合工程经验综合分析确定。

5.1.3 本规范所列永久作用、可变作用的标准值和偶然作用的代表值以及作用的分项系数，均应按各章中的规定采用。

5.2 作用效应组合

5.2.1 水工结构设计时，应根据不同设计状况下可能同时出现的作用，按承载能力极限状态和正常使用极限状态分别进行作用效应组合，并采用各自最不利的组合进行设计。

5.2.2 当结构按承载能力极限状态设计时，对应于持久设计状况和短暂设计状况应采用基本组合；偶然设计状况应采用偶然组合。偶然组合中应只考虑一种偶然作用。

5.2.3 承载能力极限状态的基本组合应采用下列设计表达式：

$$\gamma_0 \psi S(\gamma_G G_k, \gamma_Q Q_k, a_k) \leqslant \frac{1}{\gamma_{d1}} R\left(\frac{f_k}{\gamma_m}, a_k\right) \qquad (5.2.3-1)$$

式中 $S(\cdot)$——作用效应函数；

$R(\cdot)$——结构抗力函数；

γ_0——结构重要性系数，对于结构安全级别为Ⅰ、Ⅱ和Ⅲ级的结构或构件，可分别采用1.1、1.0、0.9；

ψ——设计状况系数；

γ_{d1}——承载能力极限状态基本组合的结构系数；

a_k——几何参数的标准值；

f_k——材料性能的标准值；

γ_m——材料性能的分项系数；

G_k——永久作用的标准值；

γ_G——永久作用的分项系数；

Q_k——可变作用的标准值；

γ_Q——可变作用的分项系数。

承载能力极限状态的偶然组合应采用下列设计表达式：

$$\gamma_0 \psi S(\gamma_G G_k, \gamma_Q Q_k, A_k, a_k) \leqslant \frac{1}{\gamma_{d2}} R\left(\frac{f_k}{\gamma_m}, a_k\right) \qquad (5.2.3-2)$$

式中 A_k——偶然作用的代表值；

γ_{d2}——承载能力极限状态偶然组合的结构系数。

在偶然组合中，偶然作用的分项系数应采用1.0；与偶然作用同时出现的某些可变作用，可对其标准值作适当折减。

5.2.4 当结构按正常使用极限状态设计时，应根据结构设计要求，分别采用作用的短期效应组合和长期效应组合，并可采用下列设计表达式：

(1)短期效应组合：

$$\gamma_0 S(G_k, Q_k, f_k, a_k) \leqslant \frac{c_1}{\gamma_{d3}} \qquad (5.2.4-1)$$

(2)长期效应组合：

$$\gamma_0 S(G_k, \rho Q_k, f_k, a_k) \leqslant \frac{c_2}{\gamma_{d4}} \qquad (5.2.4-2)$$

式中 c_1、c_2——结构的功能限值；

γ_{d3}、γ_{d4}——正常使用极限状态短期组合、长期组合的结构系数；

ρ——可变作用长期组合系数，按各类水工结构设计规范的规定采用。

6 建筑物自重及永久设备自重

6.1 建筑物自重

6.1.1 水工建筑物(结构)的自重标准值，可按结构设计尺寸与其材料重度计算确定。水工建筑物常用材料的重度可参照附录B中表B1采用。

6.1.2 大体积混凝土结构的材料重度，应根据选定的混凝土配合比通过试验确定。当无试验资料时，可采用 23.5～24.0 kN/m³，或根据骨料重度、粒径按附录 B 中表 B2 采用。

6.1.3 土坝（含土坝和堆石坝的防渗土体）的材料重度，应根据设计计算内容和土体部位的不同，分别采用湿重度、饱和重度或浮重度，其数值可根据压实干重度、含水量和孔隙率换算得出。堆石坝的材料重度应根据堆石部位的不同，分别采用压实干重度或浮重度。

土石坝土体和堆石体的压实干重度应由压实试验确定。中、小型土石坝在初步计算缺乏资料时，其压实干重度可按附录 B 表 B3 采用，但最终应根据试验资料予以修正。

6.1.4 建筑物（结构）自重的作用分项系数应按表 6.1.4 采用。

表 6.1.4 建筑物（结构）自重的作用分项系数

建筑物（结构）类型	作用分项系数
大体积混凝土结构、土石坝	1.0
普通水工混凝土结构、金属结构	1.05(0.95)
地下工程混凝土衬砌	1.1(0.9)

注：1. 括号内的数值在自重作用效应对结构有利时采用；
2. 大体积混凝土结构系指依靠其重量抵抗倾覆、滑移的结构，如混凝土重力坝、厂房下部结构、重力式挡土墙等；
3. 除大体积混凝土结构以外的其他混凝土结构（如厂房上部结构、进水口的构架等）均作为普通水工混凝土结构

6.2 永久设备自重

6.2.1 永久设备的自重标准值采用设备的铭牌重量。

6.2.2 永久设备自重的作用分项系数，当其作用效应对结构不利时应采用 1.05，有利时应采用 0.95。

7 静水压力

7.1 一般规定

7.1.1 垂直作用于建筑物（结构）表面某点处的静水压强应按下式计算：

$$p_{wr} = \gamma_w H \tag{7.1.1}$$

式中 p_{wr}——计算点处的静水压强（kN/m²）；

H——计算点处的作用水头（m），按计算水位与计算点之间的高差确定；

γ_w——水的重度（kN/m³），一般采用 9.81 kN/m³，对于多泥沙河流应根据实际情况确定。

7.1.2 应区分水工建筑物不同的设计状况，分别按待久设计状况、短暂设计状况和偶然设计状况下的计算水位确定相应的静水压力代表值。

7.1.3 静水压力（包括外水压力）的作用分项系数应采用 1.0。

7.2 枢纽建筑物的静水压力

7.2.1 坝、水闸等挡水建筑物和河床式水电站厂房在运用期静水压力代表值的计算水位应按下列规定确定：

（1）持久设计状况，上游采用水库的正常蓄水位（或防洪高水位），下游采用可能出现的不利水位；

（2）偶然设计状况，上游采用水库的校核洪水位，下游采用水库在该水位泄洪时的水位；

（3）短暂设计状况，采用设计预定该建筑物在检修期的上、下游水位。

注:与地震作用组合时的静水压力代表值,其计算水位应按18.3的有关规定确定。

7.2.2 对于泄水建筑物的首部挡水结构,其静水压力代表值的计算水位可按7.2.1所规定的上游计算水位采用。

7.2.3 坝后式和岸边式水电站厂房静水压力代表值的下游计算水位,可按下列规定确定;

(1)持久设计状况,采用厂房的设计洪水位;

(2)偶然设计状况,采用厂房的校核洪水位;

(3)厂房在施工、机组检修等短暂设计状况下的计算水位,按SD 335—89《水电站厂房设计规范》的有关规定确定。

7.2.4 水工隧洞、压力管道及调压室等建筑物在各种设计状况下静水压力代表值的计算水位,应根据水库特征水位结合建筑物具体运用条件,按照各类水工结构设计规范的规定确定。

7.2.5 临时性水工建筑物以及坝体在施工期渡汛时静水压力代表值的计算水位,应根据有关设计规范所规定的洪水标准计算确定。

7.3 水工闸门的静水压力

7.3.1 水工闸门在各种设计状况下静水压力代表值的计算水位,应根据闸门的不同运用条件确定。

7.3.2 设置在发电、供水、泄水和排沙等建筑物进水口(或泄水道内)的工作闸门或事故闸门,其持久设计状况和偶然设计状况下静水压力代表值的计算水位,应按7.2.1所规定的上游计算水位采用。对于溢洪道露顶式工作闸门,可不考虑偶然设计状况。

7.3.3 设置在船闸上闸首的工作闸门,持久设计状况下静水压力代表值的计算水位应采用正常蓄水位或最高通航水位;偶然设计状况应采用校核洪水位或最高挡水位。

7.3.4 设置在泄水道、船闸等建筑物以及水电站引水道的进水口、尾水管出口等处的上、下游检修闸门,其短暂设计状况下静水压力代表值的计算水位,应采用设计预定该建筑物检修时的上、下游水位。

7.3.5 导流底孔和其他临时性挡水建筑物的闸门,应根据其临时挡水的洪水标准以及闸门的运用条件,确定相应短暂设计状况下静水压力代表值的计算水位。

7.4 管道及地下结构的外水压力

7.4.1 混凝土坝坝内钢管放空时各计算断面的外水压力标准值可按以下规定确定:

(1)钢管起始断面的外水压力为 $\alpha\gamma_w H$,钢管与下游坝面相接处的外水压力为零,其间压力沿管轴线按直线规律分布;

(2)起始断面作用水头 H 的计算水位宜采用正常蓄水位,折减系数 α 可根据钢管外围的防渗、排水及接触灌浆等情况采用1.0～0.5。

7.4.2 计算地下结构外水压力标准值时所采用的设计地下水位线,应根据实测资料,结合水文地质条件和防渗排水效果,并考虑工程投入运用后可能引起的地下水位变化等因素,经综合分析确定。

7.4.3 作用于混凝土衬砌有压隧洞的外水压强标准值可按下式计算:

$$p_{ek} = \beta_e \gamma_w H_e \tag{7.4.3}$$

式中 p_{ek}——作用于衬砌上的外水压强标准值(kN/m^2);

β_e——外水压力折减系数,按附录C采用;

H_e——作用水头(m),按设计采用的地下水位线与隧洞中心线之间的高差确定。

7.4.4 当无压隧洞和地下洞室设置排水措施时,可根据排水效果和排水设施的可靠性对计算外水压力标准值的作用水头作适当折减,其折减值可采用工程类比或渗流计算分析确定。

7.4.5 对于有钢板衬砌的压力隧洞，可按下列情况确定作用于钢管的外水压力标准值的作用水头：

(1)对于埋深较浅且未设排水措施的压力隧洞，其外水压力作用水头宜按设计地下水位与管道中心线之间的高差确定；

(2)当压力隧洞的顶部或外侧设置排水洞时，可在考虑岩层性能及排水效果的基础上，根据工程类比或渗流计算分析，对排水洞以上的外水压力作用水头作适当折减；

(3)当钢衬外围设置排水管时，可根据排水措施的长期有效性，采用工程类比法或渗流计算，综合分析确定外水压力作用水头。

8 扬压力

8.1 一般规定

8.1.1 混凝土坝、水闸和水电站厂房等建筑物的扬压力，应按垂直作用于计算截面全部截面积上的分布力计算。

8.1.2 作用于建筑物计算截面上的扬压力分布图形，应根据不同的水工结构型式，上、下游计算水位，地基地质条件及防渗、排水措施等情况确定。

确定扬压力分布图形时的上、下游计算水位，应与计算静水压力代表值的上、下游计算水位一致。

8.1.3 计算截面上的扬压力代表值，应根据该截面上的扬压力分布图形计算确定。其中，矩形部分的合力为浮托力代表值，其余部分的合力为渗透压力代表值。对于在坝基设置抽排系统的情况，主排水孔之前的合力为扬压力代表值；主排水孔之后的合力为残余扬压力代表值。

8.2 混凝土坝的扬压力

8.2.1 岩基上各类混凝土坝坝底面的扬压力分布图形可按下列三种情况分别确定：

(1)当坝基设有防渗帷幕和排水孔时，坝底面上游(坝踵)处的扬压力作用水头为 H_1，排水孔中心线处为 $H_2+\alpha(H_1-H_2)$，下游(坝趾)处为 H_2，其间各段依次以直线连接[见图 8.2.1(a)、(b)、(c)、(d)]；

(2)当坝基设有防渗帷幕和上游主排水孔，并设有下游副排水孔及抽排系统时，坝底面上游处的扬压力作用水头为 H_1，主、副排水孔中心线处分别为 $\alpha_1 H_1$、$\alpha_2 H_2$，下游处为 H_2，其间各段依次以直线连接[见图 8.2.1(e)]；

(3)当坝基未设防渗帷幕和上游排水孔时，坝底面上游处的扬压力作用水头为 H_1，下游处为 H_2，其间以直线连接[见图 8.2.1(f)]。

上述情况中，渗透压力强度系数 α、扬压力强度系数 α_1 及残余扬压力强度系数 α_2 可按表 8.2.1 采用。

8.2.2 坝体内部计算截面上的扬压力分布图形，当设有坝体排水管时，可按图 8.2.2 确定。其中排水管处的坝体内部渗透压力强度系数 α_3 可按下列情况采用。

(1)实体重力坝、拱坝及空腹重力坝的实体部位采用 0.2；

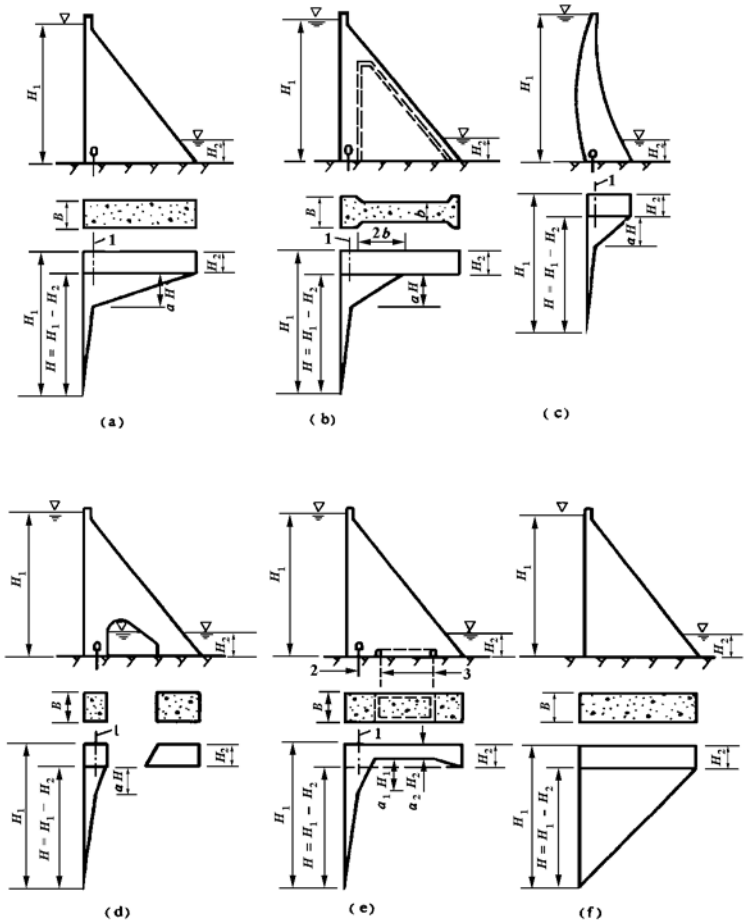
(2)宽缝重力坝、大头支墩坝的无宽缝部位采用 0.2，有宽缝部位采用 0.15。

当未设坝体排水管时，上游坝面处扬压力作用水头为 H_1，下游坝面处为 H_2，其间以直线连接。

8.2.3 坝底面和坝体内部扬压力的作用分项系数应按下列情况采用：

(1)浮托力的作用分项系数均采用 1.0；

(2)渗透压力的作用分项系数，对实体重力坝采用 1.2；对宽缝重力坝、大头支墩坝、空腹重力坝以及拱坝采用 1.1；



1—排水孔中心线；2—主排水孔；3—副排水孔
(a)实体重力坝；(b)宽缝重力坝及大头支墩坝；(c)拱坝；
(d)空腹重力坝；(e)坝基设有抽排系统；(f)未设帷幕及排水孔

图 8.2.1 坝底面扬压力分布

表 8.2.1 坝底面的渗透压力、扬压力强度系数

坝型及部位		坝基处理情况		
		(A) 设置防渗帷幕及排水孔	(B) 设置防渗帷幕及主、副排水孔并抽排	
部位	坝型	渗透压力强度系数 α	主排水孔前的扬压力强度系数 α_1	残余扬压力强度系数 α_2
河床坝段	实体重力坝	0.25	0.20	0.50
	宽缝重力坝	0.20	0.15	0.50
	大头支墩坝	0.20	0.15	0.50
	空腹重力坝	0.25	—	—
	拱坝	0.25	0.20	0.50

续表

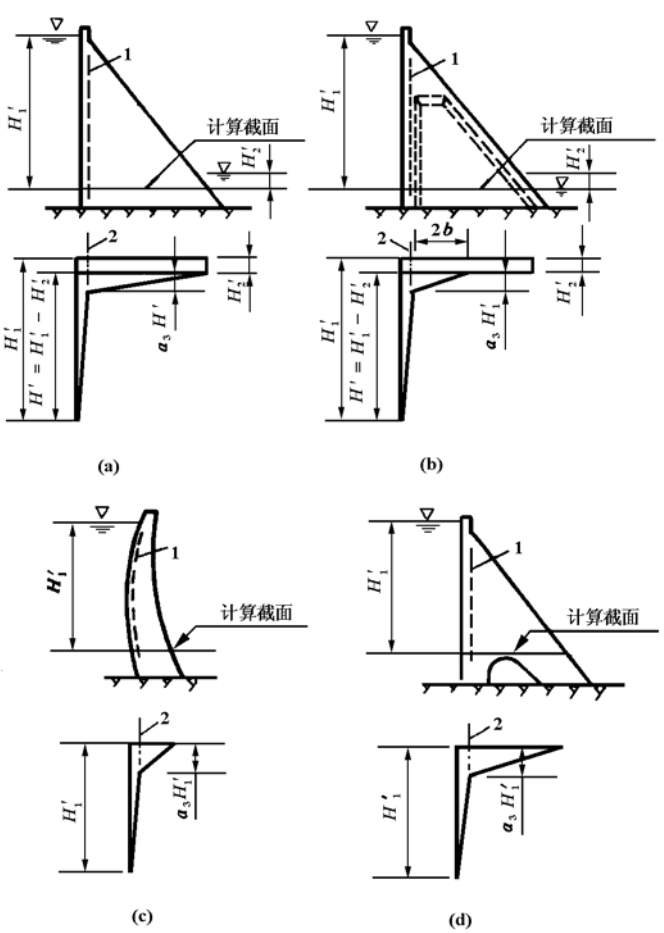
坝型及部位		坝基处理情况		
		(A) 设置防渗帷幕及排水孔	(B) 设置防渗帷幕及主、副排水孔并抽排	
部位	坝型	渗透压力强度系数 α	主排水孔前的扬压力强度系数 α_1	残余扬压力强度系数 α_2
岸坡坝段	实体重力坝	0.35	—	—
	宽缝重力坝	0.30	—	—
	大头支墩坝	0.30	—	—
	空腹重力坝	0.35	—	—
	拱坝	0.35	—	—

注：1. 当坝基仅设排水孔而未设防渗帷幕时，渗透压力强度系数 α 可按表中(A)项适当提高。
2. 拱坝拱座侧面排水孔处的渗透压力强度系数 α 可按表中“岸坡坝段”采用 0.35，但对于地质条件复杂的高拱坝，则应经三向渗流计算或试验验证

(3)对于坝基下游设置抽排系统的情况，主排水孔之前扬压力的作用分项系数采用 1.1，主排水孔之后残余扬压力的作用分项系数采用 1.2。

8.2.4 当坝前地基面设有粘土铺盖，或多泥沙河流的坝前地基面上能形成淤沙铺盖时，可依据工程经验对坝踵及排水孔处的扬压力作用水头作适当折减。

8.2.5 作用于护坦底面的扬压力分布图形，可根据相应设计状况下坝趾与护坦首部连接处的扬压力作用水头，以及护坦下游水位确定。若底部设置妥善的排水系统并具备检修条件且接缝间止水可靠时，可考虑排水对降低扬压力的影响。



1—坝内排水管；2—排水管中心线
(a)实体重力坝；(b)宽缝重力坝；(c)拱坝；(d)空腹重力坝

图 8.2.2　坝体计算截面上扬压力分布

8.3　水闸的扬压力

8.3.1 岩基上水闸底面的扬压力分布图形，可按 8.2 中实体重力坝情况确定。

8.3.2 软基上水闸底面的扬压力分布图形，宜根据上、下游计算水位，闸底板地下轮廓线的布置情况，地基土质分布及其渗透特性等条件分析确定。一般情况下，渗透压力可采用改进阻力系数法或流网法计算。改进阻力系数法见附录 D。

8.3.3 软基上水闸两岸墩墙侧向渗透压力的分布图形可按下列情况确定：

(1)当墙后土层的渗透系数小于地基渗透系数时,可近似地采用相应部位的闸底渗透压力分布图形;

(2)当墙后土层的渗透系数大于地基渗透系数时,应按侧向绕流计算确定;

(3)对于大型水闸,应经三向电拟试验或数值计算验证。

8.3.4 水闸扬压力的作用分项系数,对于浮托力应采用1.0,渗透压力可采用1.2。

8.4 水电站厂房和泵站厂房的扬压力

8.4.1 岩基上河床式水电站厂房、泵站厂房底面的扬压力分布图形,可按8.2中岩基上的实体重力坝情况确定;对于坝后式、岸边式水电站厂房,则参照岩基上实体重力坝情况具体分析确定。

8.4.2 对于厂、坝为整体连接,或所设置的永久性变形缝已经止水封闭的岩基上的坝后式水电站厂房,厂房底面的扬压力分布图形应与坝体共同考虑。

8.4.3 软基上河床式、岸边式水电站厂房以及泵站厂房底面的扬压力分布图形,可参照8.3中软基上的水闸情况确定。

8.4.4 水电站厂房和泵站厂房扬压力的作用分项系数,对于浮托力应采用1.0,渗透压力可采用1.2。

9 动水压力

9.1 一般规定

9.1.1 作用在水工建筑物过流面一定面积上的动水压力(包括时均压力和脉动压力),应按该面积上各点动水压强的合力计算。

动水压力一般可只计及时均压力,但当水流脉动影响结构的安全或引起结构振动时,应计及脉动压力的影响。

9.1.2 计算动水压力时,应区分恒定流和非恒定流两种水流状态。对于恒定流,尚应区别渐变流或急变流等不同流态,并采用相应的方法计算。水电站压力水道系统内产生的水锤压力,应按有压管道的非恒定流计算。

9.1.3 对于重要的或体形复杂的水工建筑物,其动水压力宜通过模型试验测定并经综合分析确定。

9.2 渐变流时均压力

9.2.1 渐变流时均压强的代表值,可根据相应设计状况下的水流条件,通过计算或试验求得水面线后按下式计算(见图7.2.1):

$$p_{tr} = \rho_w g h \cos\theta \qquad (9.2.1)$$

式中 p_{tr}——过流面上计算点A的时均压强代表值(N/m^2);

ρ_w——水的密度(kg/m^3);

g——重力加速度(m/s^2);

h——计算点A的水深(m);

θ——结构物底面与水平面的夹角。

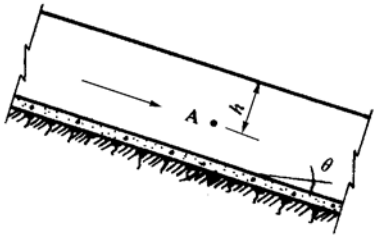


图9.2.1 时均压强计算示意

9.2.2 渐变流时均压力的作用分项系数应采用1.05。

9.3 反弧段水流离心力

9.3.1 溢流坝等泄水建筑物反弧段底面上的动水压强近似取均匀分布，其代表值可按下式计算：

$$p_{cr} = q\rho_w v / R \tag{9.3.1}$$

式中 p_{cr}——水流离心力压强代表值(N/m²)；

q——相应设计状况下反弧段上的单宽流量[m³/(s·m)]；

v——反弧段最低点处的断面平均流速(m/s)；

R——反弧半径(m)。

9.3.2 溢流坝等泄水建筑物反弧段上离心力合力的水平及垂直分力代表值可按下式计算：

$$P_{xr} = q\rho_w v(\cos\varphi_2 - \cos\varphi_1) \tag{9.3.2-1}$$

$$P_{yr} = q\rho_w v(\sin\varphi_2 + \sin\varphi_1) \tag{9.3.2-2}$$

式中 P_{xr}——单位宽度上离心力合力的水平分力代表值(N/m)；

P_{yr}——单位宽度上离心力合力的垂直分力代表值(N/m)；

φ_1、φ_2——图 9.3.2 中所示的角度，取其绝对值。

9.3.3 作用于反弧段边墙上的水流离心力压强，沿径向剖面在水面处为零，在墙底处为 p_{cr}，其间近似采用线性分布。p_{cr} 可按式(9.3.1)计算，并垂直作用于墙面。

9.3.4 反弧段水流离心力的作用分项系数可采用 1.1。

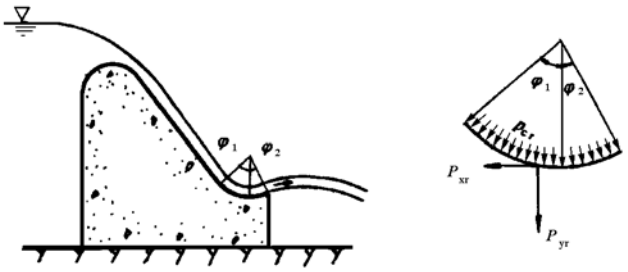


图 9.3.2 反弧段水流离心力示意

9.4 水流对尾槛的冲击力

9.4.1 水流对消力池尾槛的冲击力代表值可按下式计算：

$$P_{ir} = K_d A_0 \frac{\rho_w v^2}{2} \tag{9.4.1}$$

式中 P_{ir}——作用于消力池尾槛的水流冲击力代表值(N)；

A_0——尾槛迎水面在垂直于水流方向上的投影面积(m²)；

v——水跃收缩断面的流速(m/s)；

K_d——阻力系数。对于消力池中未形成水跃、水流直接冲击尾槛的情况，可取 $K_d = 0.6$；对于消力池中已形成水跃且 $3 \leqslant Fr \leqslant 10$ 的情况，可取 $K_d = 0.1 \sim 0.5$(弗氏数 Fr 大者 K_d 取小值，反之取大值)。

9.4.2 水流冲击力的作用分项系数应采用 1.1。

9.5 脉动压力

9.5.1 作用于一定面积上的脉动压力代表值可按下式计算：

$$P_{fr} = \pm \beta_m p_{fr} A \tag{9.5.1}$$

式中 P_{fr}——脉动压力代表值(N)；

p_{fr}——脉动压强代表值(N/m^2)；

A——作用面积(m^2)；

β_m——面积均化系数，可按表 9.5.1 选用。

其中正、负号应按不利设计条件选定。

9.5.2 脉动压强代表值可按下式计算：

$$p_{fr} = 2.31 K_p \frac{\rho_w v^2}{2} \tag{9.5.2}$$

式中 K_p——脉动压强系数；

v——相应设计状况下水流计算断面的平均流速(m/s)，可根据水流条件确定。对于消力池水流，可取收缩断面的平均流速；对于泄槽水流，可取计算断面的平均流速；对于反弧鼻坎挑流，可取反弧最低处的断面平均流速。

表 9.5.1 面积均化系数

结构部位	溢流式厂房顶部、溢洪道泄槽、鼻坎		平底消力池底板									
结构分块尺寸	$L_m>5$ m	$L_m\leqslant 5$ m	L_m/h_2	0.5			1.0			1.5		
			b/h_2	0.5	1.0	1.5	0.5	1.0	1.5	0.5	1.0	1.5
β_m	0.10	0.14	—	0.55	0.46	0.40	0.44	0.37	0.32	0.37	0.31	0.27

注：L_m—结构块顺流向的长度(m)；b—结构块垂直流向的长度(m)；h_2—第二共轭水深(m)。

9.5.3 泄水建筑物不同部位的脉动压强系数可按表 9.5.3—1 及表 9.5.3—2 选用。对于重要工程，宜根据专门试验确定。

表 9.5.3—1 溢流厂房顶部、溢洪道泄槽及鼻坎的脉动压强系数 K_p

结构部位	溢流式厂房顶部	溢洪道泄槽	鼻坎
K_p	0.010～0.015	0.010～0.025	0.010～0.020

表 9.5.3—2 平底消力池底板的脉动压强系数 K_p

结构部位		$Fr_1>3.5$	$Fr_1\leqslant 3.5$
所在位置	$0.0<x/L\leqslant 0.2$	0.03	0.03
	$0.2<x/L\leqslant 0.6$	0.05	0.07
	$0.6<x/L\leqslant 1.0$	0.02	0.04

注：Fr_1—收缩断面的弗氏数；x—计算断面离消力池起点的距离(m)；L—消力池长度(m)。

9.5.4 脉动压力的作用分项系数应采用 1.3。

9.6 水锤压力

9.6.1 当水电站水轮发电机组的负荷突然变化时，相应设计状况下压力水道(包括蜗壳、尾水管及压力尾水道)内产生的水锤压力代表值可按下式计算：

$$\Delta H_r = K_y \zeta H_0 \tag{9.6.1}$$

式中 ΔH_r——水锤压力(水头)代表值(m)；

ζ——水锤压力相对值，可用解析法或数值积分法求得；对于简单管路发生间接水锤时，可用附录E所列解析公式计算；

H_0——静水头，即相应设计状况下上、下游计算水位之差(m)；

K_y——修正系数，根据计算方法与水轮机型式而定。当采用数值积分等方法时，采用1.0；当采用附录E中的解析公式计算时，对于冲击式水轮机可采用1.0；对于反击式水轮机，应根据其转速经试验确定，当无试验数据时，混流式水轮机可采用1.2，轴流式水轮机可采用1.4。

9.6.2 压力水道不同部位在持久设计状况(或偶然设计状况)下的水锤压力代表值，应按下列静水头和机组运行工况计算确定：

(1)上游压力水道(包括抽水蓄能电站上游压力水道)，采用水库正常蓄水位(或校核洪水位)与厂房下游相应发电(或泄洪)尾水位之差，共一条压力水道的全部机组突然丢弃全部负荷；

(2)下游压力水道，采用厂房下游设计洪水位(或校核洪水位)与相应上游库水位之差，共一条下游压力水道的全部 n 台机组由($n-1$)台增至 n 台，或全部机组由三分之二负荷突然增至满载；

(3)抽水蓄能电站的下游压力水道，按下游水库设计洪水位(或校核洪水位)在水泵工况扬程最小抽水量最大时，共一条下游压力水道的全部机组突然断电，导叶全部拒动；

(4)经分析论证后，认为不存在全部丢弃负荷、全部导叶拒动的情况，亦可按机组部分丢弃负荷或部分导叶拒动考虑。

9.6.3 上、下游压力管道中各计算截面的水锤压力水头值可按下列公式计算：

$$\Delta H_i = \frac{\Sigma l_i v_i}{L v_m} \Delta H_r \qquad (9.6.3-1)$$

$$\Delta H_j = \frac{\Sigma l_j v_j}{L v_m} \Delta H_r \qquad (9.6.3-2)$$

式中 ΔH_i——上游压力管道某计算截面的水锤压力水头值(m)；

ΔH_j——下游压力管道某计算截面的水锤压力水头值(m)；

$\Sigma l_i v_i$——自上游进水口(调压室)至计算截面处各段压力水道长度(m)与流速(m/s)的乘积之和；

$\Sigma l_j v_j$——自下游出口至计算截面处各段压力水道长度(m)与流速(m/s)的乘积之和；

Lv_m——自上游进水口(调压室)至下游出口的压力管道长度 L(m)与流速 v_m(m/s)的乘积。管道平均流速 v_m 可按下式计算：

$$v_m = \frac{\Sigma lv}{L}$$

其中：Σlv——压力管道的各段长度(m)与其流速(m/s)的乘积之和。

9.6.4 上游压力水道末端采用的水锤压力升高值，应不小于正常蓄水位下压力水道静水头的10%。对于设置调压室的压力水道，应根据具体情况考虑调压室涌波对水锤压力的影响。

9.6.5 水锤压力的作用分项系数可采用1.1。

10 地应力及围岩压力

10.1 一般规定

10.1.1 地下结构是由围岩及其加固措施构成的统一体，设计时应充分考虑围岩的自稳能力和承

载能力。

10.1.2 地下结构设计中所涉及的围岩作用,可根据岩体结构类型及其特征按下列情况分别考虑:

(1)对于整体状、块状、中厚层至厚层状结构的围岩,岩体初始地应力及局部块体滑移为其主要作用;

(2)对于薄层状及碎裂、散体结构的围岩,围岩压力为其主要作用。

10.1.3 围岩岩体的结构类型及其特征,应按国家标准《水利水电工程地质勘察规范》的有关规定确定。

10.1.4 岩体初始地应力及围岩压力的作用分项系数可采用1.0。

10.2 岩体初始地应力(场)

10.2.1 对于重要的地下工程,岩体初始地应力(场)宜根据现场实测资料,结合区域地质构造、地形地貌、地表剥蚀程度及岩体的力学性质等因素综合分析确定;当具有少量可用资料时,也可通过模拟计算或反演分析成果经综合分析确定。

10.2.2 当无实测资料时,但符合下列条件之一者,可将岩体初始地应力场视为重力场,并按式(10.2.2—1)、式(10.2.2—2)计算岩体地应力标准值:

(1)工程区域内地震基本烈度小于6度;

(2)岩体纵波波速小于2500 m/s;

(3)工程区域岩层平缓,未经受过较强烈的地质构造变动。

$$\sigma_{vk} = \gamma_R H \qquad (10.2.2-1)$$

$$\sigma_{hk} = K_0 \sigma_{vk} \qquad (10.2.2-2)$$

式中 σ_{vk}——岩体垂直地应力标准值(kN/m^2);

σ_{hk}——岩体水平地应力标准值(kN/m^2);

γ_R——岩体重度(kN/m^3);

H——洞室上覆岩体厚度(m);

K_0——岩体侧压力系数,$K_0 = \nu_R/(1-\nu_R)$;

ν_R——岩体的泊松比。

10.2.3 当无实测资料,但地质勘察表明该工程区域曾受过地质构造变动时,应考虑重力场与构造应力叠加,可按下列公式计算岩体初始地应力标准值:

$$\sigma_{vk} = \lambda\gamma_R H \qquad (10.2.3-1)$$

$$\sigma_{hk} = K_1 \sigma_{vk} \qquad (10.2.3-2)$$

式中 λ——考虑构造应力的影响系数,可采用1.2～2.5(受构造影响小者取小值);

K_1——岩体侧压力系数,可采用1.1～3.0(洞室埋深大、受构造影响小者取小值)。

10.2.4 根据式(10.2.2)、式(10.2.3)的计算结果,尚应结合工程经验及类比分析,确定岩体的初始地应力(场)。对于高地应力地区,宜通过现场实测取得地应力(场)资料。

10.3 围岩压力

10.3.1 当洞室在开挖过程中,采取了锚喷支护或钢架支撑等施工加固措施,已使围岩处于基本稳定或已稳定的情况下,设计时宜少计或不计作用在永久支护结构上的围岩压力。

10.3.2 对于块状、中厚层至厚层状结构的围岩,可根据围岩中不稳定块体的重力作用确定围岩压

力标准值。

10.3.3 对于簿层状及碎裂、散体结构的围岩，垂直均布压力标准值可按下式计算，并根据开挖后的实际情况进行修正：

$$q_{vk} = (0.2 \sim 0.3)\gamma_R B \tag{10.3.3}$$

式中 q_{vk}——垂直均布压力标准值(kN/m²)；

B——洞室开挖宽度(m)；

γ_R——岩体重度(kN/m³)。

10.3.4 对于碎裂、散体结构的围岩，水平均布压力标准值可按下式计算，并根据开挖后的实际情况进行修正：

$$q_{hk} = (0.05 \sim 0.10)\gamma_R H \tag{10.3.4}$$

式中 q_{hk}——水平均布压力标准值(kN/m²)；

H——洞室开挖高度(m)。

10.3.5 对于不能形成稳定拱的浅埋洞室，宜按洞室拱顶上覆岩体的重力作用计算围岩压力标准值，并根据施工所采取的措施予以修正。

11 土压力和淤沙压力

11.1 挡土建筑物的土压力

11.1.1 计算挡土建筑物(挡土墙)的土压力时，对于向外侧移动或转动的挡土结构，可按主动土压力计算；对于保持静止不动的挡土结构，可按静止土压力计算。

11.1.2 作用在单位长度挡土墙背上的主动土压力标准值可按下式计算：

$$F_{ak} = \frac{1}{2}\gamma H^2 K_a \tag{11.1.2-1}$$

式中 F_{ak}——主动土压力标准值(kN/m)，作用于距墙底 $\frac{H}{3}$ 墙背处，与水平面呈($\delta + \varepsilon$)夹角(见图 11.1.2－1)；

γ——挡土墙后填土重度(kN/m³)；

H——挡土墙高度(m)；

K_a——主动土压力系数，可按附录 F 计算。

当墙背的坡角 ε 大于临界值 ε_{cr} 时，填土将产生第二破裂面(见图 11.1.2－2)，其主动土压力标准值应按作用于第二破裂面上的主动土压力 F_{a2}〔取 $\delta = \varphi$ 按式(11.1.2－1)计算〕和墙背与第二破裂面之间土重的合力计算。ε_{cr} 按下式计算：

$$\varepsilon_{cr} = 90° - \frac{1}{2}\left(\arcsin\frac{\sin\beta}{\sin\varphi} + \arcsin\frac{\sin\delta}{\sin\varphi} + \delta - \beta\right) \tag{11.1.2-2}$$

式中 β——挡土墙后填土坡角(°)；

φ——挡土墙后填土内摩擦角(°)；

δ——挡土墙后填土对墙背的外摩擦角(°)。

当填土表面有均布荷载时，可将荷载换算成等效的土层厚度，计算作用于墙背的主动土压力标准值。此种情况下，作用于墙背上的主动土压力应按梯形分布。

11.1.3 对于墙背铅直、墙后填土表面水平的挡土墙，作用单位长度墙背的静止土压力标准值可按下式计算(见图 11.1.3)：

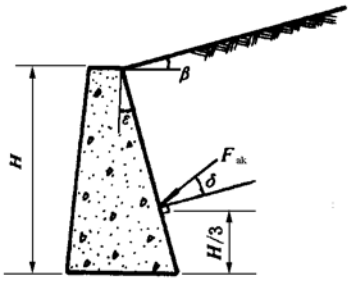
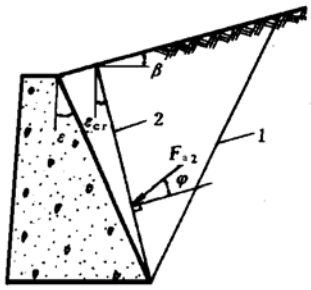


图 11.1.2—1 主动土压力作用示意



1—第一破裂面；2—第二破裂面

图 11.1.2—2 第二破裂面主动土压力作用示意

$$F_{0k} = \frac{1}{2}\gamma H^2 K_0 \qquad (11.1.3)$$

式中 F_{0k}——静止土压力标准值(kN/m)，作用于距墙底 $\frac{H}{3}$ 处，水平指向墙背；

K_0——静止土压力系数，可按附录 F 计算。

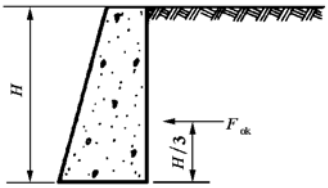


图 11.1.3 静止土压力作用示意

11.1.4 主动土压力和静止土压力的作用分项系数应采用 1.2。

11.2 上埋式埋管的土压力

11.2.1 作用在单位长度埋管上的垂直土压力标准值可按下式计算(见图 11.2.1)：

$$F_{sk} = K_s \gamma H_d D_1 \qquad (11.2.1)$$

式中 F_{sk}——埋管垂直土压力标准值(kN/m)；

H_d——管顶以上填土高度(m)；

D_1——埋管外直径(m)；

K_s——埋管垂直土压力系数，与地基刚度有关，可根据地基类别按图 11.2.1 查取。

11.2.2 作用在单位长度埋管的侧向土压力标准值可按下式计算(见图 11.2.2)：

$$F_{tk} = K_t \gamma H_0 D_d \qquad (11.2.2)$$

式中 F_{tk}——埋管侧向土压力标准值(kN/m)；

H_0——埋管中心线以上填土高度(m)；

D_d——埋管凸出地基的高度(m)；

K_t——侧向土压力系数，

$$K_t = \mathrm{tg}^2\left(45° - \frac{\varphi}{2}\right)；$$

φ——填土内摩擦角，按附录 F.0.1 确定。

11.2.3 埋管上垂直土压力、侧向土压力的作用分项系数，当其作用效应对管体结构不利时应采用

1.1，有利时应采用 0.9。

11.3　淤沙压力

11.3.1　作用在坝、水闸等挡水建筑物单位长度上的水平淤沙压力标准值可按下式计算：

$$P_{sk}=\frac{1}{2}\gamma_{sb}h_s^2\mathrm{tg}^2\left(45°-\frac{\varphi_s}{2}\right) \tag{11.3.1}$$

式中　P_{sk}——淤沙压力标准值(kN/m)；

γ_{sb}——淤沙的浮重度(kN/m³)，

$$\gamma_{sb}=\gamma_{sd}-(1-n)\gamma_w\ ;$$

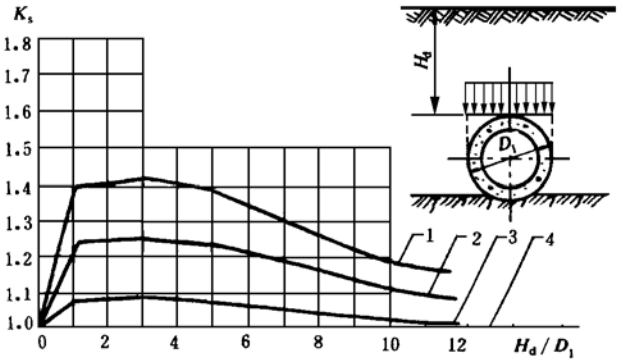
γ_{sd}——淤沙的干重度(kN/m³)；

γ_w——水的重度(kN/m³)；

n——淤沙的孔隙率；

h_s——挡水建筑物前泥沙淤积厚度(m)；

φ_s——淤沙的内摩擦角(°)



1—岩基；2—密实砂类土，坚硬或硬塑粘性土；3—中密砂类土，可塑粘性土；4—松散砂类土，流塑或软塑粘性土

图 11.2.1　埋管垂直土压力系数

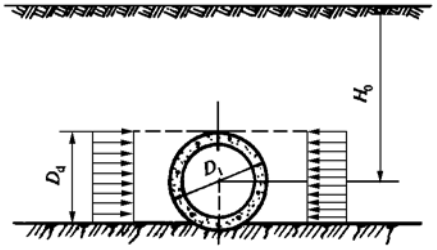


图 11.2.2　埋管侧向土压力作用

11.3.2　挡水建筑物前的泥沙淤积厚度，应根据河流水文泥沙特性和枢纽布置情况经计算确定；对于多泥沙河流上的工程，宜通过物理模型试验或数学模型计算，并结合已建类似工程的实测资料综合分析确定。

11.3.3　淤沙的浮重度和内摩擦角，一般可参照类似工程的实测资料分析确定；对于淤沙严重的工程宜通过试验确定。

11.3.4　淤沙压力的作用分项系数应采用 1.2。

12　风荷载和雪荷载

12.1　风荷载

12.1.1　垂直作用于建筑物表面上的风荷载标准值，应按下式计算。

$$w_k=\beta_z\mu_z\mu_s w_0 \tag{12.1.1}$$

式中　w_k——风荷载标准值(kN/m²)；

β_z——z 高度处的风振系数；

μ_z——风压高度变化系数；

μ_s——风荷载体形系数；

w_0——基本风压(kN/m²)。

12.1.2　基本风压应按 GBJ 9—87《建筑结构荷载规范》中全国基本风压分布图采用，但不得小于 0.25 kN/m²。

对于水工高耸结构，其基本风压可按全国基本风压图中的基本风压值乘以 1.1 后采用；对于特别重要和有特殊使用要求的结构或建筑物，则可乘以 1.2 后采用。

12.1.3 当建设地点的基本风压值在全国基本风压分布图上未给出时，其基本风压值可按下列方法确定：

(1)可根据当年最大风速资料，按照基本风压的定义通过统计分析确定，分析时应考虑样本数量的影响；

(2)当地没有风速资料时，可根据附近地区规定的基本风压或长期资料，通过气象和地形条件的对比分析确定。

12.1.4 山区的基本风压应通过实际调查和对比观测，经分析后确定。一般情况下，可按相邻地区的基本风压值乘以下列调整系数采用：

(1)山间盆地、谷地等闭塞地形，0.75～0.85；

(2)与大风方向一致的谷口、山口，1.2～1.5。

注：山顶及山坡(包括悬崖)的基本风压，可根据山麓附近地区的基本风压按相差高度乘以风压高度变化系数确定。

12.1.5 沿海海岛的基本风压，当缺乏实际资料时，可按陆地上的基本风压值乘以表 12.1.5 所列的调整系数采用。

表 12.1.5 海岛基本风压调整系数

距海岸距离(km)	调整系数
＜40	1.0
40～60	1.0～1.1
60～100	1.1～1.2

12.1.6 风压高度变化系数，应根据地面粗糙度类别按表 12.1.6 确定。其中地面粗糙度类别可分为 A、B 两类：

A 类——海岛、海岸、湖岸及沙漠地区；

B 类——田野、乡村、丛林、丘陵及房屋比较稀疏的中、小城镇和大城市郊区。

注：位于坝、水闸等建筑物顶部的结构，风压高度变化系数可按表 12.1.6 中 A 类采用。确定其距地面高度的计算基准面，可按风向采用相应设计状况下的水库水位或下游尾水位。

表 12.1.6 风压高度变化系数 μ_z

距地面高度 (m)	地面粗糙度类别	
	A	B
5	1.17	0.80
10	1.38	1.00
15	1.52	1.14
20	1.63	1.25
30	1.80	1.42
40	1.92	1.56
50	2.03	1.67
60	2.12	1.77
70	2.20	1.86
80	2.27	1.95
90	2.34	2.02
100	2.40	2.09
150	2.64	2.38
200	2.83	2.61
250	2.99	2.80
300	3.12	2.97
≥350	3.12	3.12

12.1.7 水工建筑的风荷载体形系数，可按照 GBJ 9—87《建筑结构荷载规范》和 GBJ 135—90《高耸结构设计规范》等设计规范中有关规定采用。

12.1.8 对于高度大于 30 m 且高宽比大于 1.5 的水电站厂房，以及基本自振周期大于 0.25 s 的进水塔、调压塔、渡槽等建筑物，应采用风振系数 β_z 来考虑风压脉动的影响。不属于上述情况者，其风振系数采用 1.0。

风振系数的计算方法可参照 GBJ 9—87 和 GBJ 135—90 等设计规范的有关规定，或经专门研究确定。

12.1.9 风荷载的作用分项系数应采用 1.3。

12.2 雪荷载

12.2.1 水电站厂房、泵站厂房、渡槽等建筑物顶面水平投影面上的雪荷载标准值，应按下式计算：

$$s_k = \mu_r s_0 \qquad (12.2.1)$$

式中 s_k——雪荷载标准值(kN/m²)；

μ_r——建筑物顶面积雪分布系数；

s_0——基本雪压(kN/m²)。

12.2.2 基本雪压应按 GBJ 9—87 中全国基本雪压图采用。

12.2.3 山区的基本雪压，应通过实际调查后确定。当无

实测资料时，可按当地空旷平坦地面的基本雪压值乘以 1.2 后采用。

12.2.4 建筑物顶面的积雪分布系数，可参照 GBJ 9—87 规定的屋面积雪分布系数采用。

12.2.5 雪荷载的作用分项系数应采用 1.3。

13 冰压力和冻胀力

13.1 静冰压力

13.1.1 冰层升温膨胀时，作用于坝面或其他宽长建筑物单位长度上的静冰压力标准值 F_{dk} 可按表 13.1.1 采用。

表 13.1.1 静冰压力标准值

冰层厚度(m)	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2
静冰压力标准值(kN/m)	85	180	215	245	280

注：1. 冰层厚度取多年平均年最大值。
2. 对于小型水库，应将表中静冰压力标准值乘以 0.87 后采用；对于库面开阔的大型平原水库，应乘以 1.25 后采用。
3. 表中静冰压力标准值适用于结冰期内水库水位基本不变的情况；结冰期内水库水位变动情况下的静冰压力应作专门研究。
4. 静冰压力数值可按表列冰厚内插。

13.1.2 作用于独立墩柱上的静冰压力可按照式(13.2.2—1)计算。

13.1.3 静冰压力垂直作用于结构物前沿，其作用点取冰面以下 1/3 冰厚处。

13.1.4 冰冻期冰层厚度内的冰压力与水压力不同时作用于建筑物。

13.1.5 静冰压力的作用分项系数应采用 1.1。

13.2 动冰压力

13.2.1 作用于铅直的坝面或其他宽长建筑物上的动冰压力标准值可按下式计算：

$$F_{bk} = 0.07 v d_i \sqrt{A f_{ic}} \qquad (13.2.1-1)$$

式中 F_{bk}——冰块撞击建筑物时产生的动冰压力(MN)；

v——冰块流速(m/s)，宜按实测资料确定，当无实测资料时，对于河(渠)冰可采用水流流速；对于水库冰可采用历年冰块运动期内最大风速的 3 %，但不宜大于 0.6 m/s；对于过冰建筑物可采用该建筑物前流冰的行近流速；

A——冰块面积(m^2)，可由当地或邻近地点的实测或调查资料确定；

d_i——流冰厚度，可采用当地最大冰厚的 0.7～0.8 倍，流冰初期取大值；

f_{ic}——冰的抗压强度(MPa)，宜由试验确定，当无试验资料时，对于水库可采用 0.3 MPa；对于河流，流冰初期可采用 0.45 MPa，后期可采用 0.3 MPa。

13.2.2 作用于独立墩柱上的动冰压力标准值，可按下列情况计算确定：

(1)作用于前沿铅直的三角形独立墩柱上的动冰压力，可分别按式(13.2.2—1)、式(13.2.2—2)计算冰块切入和撞击两种情况下的冰压力，并取其中的小值：

$$F_{p1} = m f_{ib} d_i b \qquad (13.2.2-1)$$

$$F_{p2} = 0.04 v d_i \sqrt{m A f_{ib} \operatorname{tg} \gamma} \qquad (13.2.2-2)$$

式中 F_{p1}——冰块切入三角形墩柱时产生的动冰压力(MN)；

F_{p2}——冰块撞击三角形墩柱时产生的动冰压力(MN)；

m——墩柱前沿的平面形状系数，按表 13.2.2 采用；

γ——三角形夹角的一半(°)；

f_{ib}——冰的抗挤压强度(MPa)，流冰初期可取 0.75 MPa，后期可取 0.45 MPa；

b——在冰作用高程处的墩柱前沿宽度(m)。

(2)作用于前沿铅直的矩形、多边形或圆形独立墩柱上的动冰压力可按式(13.2.2—1)计算。

13.2.3 动冰压力的作用分项系数可采用 1.1。

表 13.2.2 形状系数 m 值

平面形状	夹角为 2γ 的三角形					矩 形	多边形或圆形
	45°	60°	75°	90°	120°		
m	0.54	0.59	0.64	0.69	0.77	1.0	0.9

13.3 冻胀力

13.3.1 表面平整的混凝土桩、墩基础，在无竖向位移的条件下，作用于侧表面上的切向冻胀力标准值可按下式计算：

$$F_\tau = \varphi_c \varphi_r \tau_t u Z_d \tag{13.3.1}$$

式中 F_τ——切向冻胀力标准值(kN)；

φ_c——有效冻深系数；

φ_r——表面粗糙系数，可采用 1.0；

τ_t——单位切向冻胀力标准值(kN/m²)，按表 13.3.1 采用；

u——冻土层内桩(墩、柱)基础水平横截面周长(m)；

Z_d——设计冻深(m)。

表 13.3.1 单位切向冻胀力标准值

地表土冻胀量 Δh (mm)	20	50	120	220	>220
τ_t (kN/m²)	20	40	80	110	111～150

注：1. τ_t 值可按表列冻胀量内插。

2. 土的冻胀量宜按建筑物所在地点的实测资料确定；当无实测资料时，可按《水工建筑物抗冰冻设计规范》确定

13.3.2 对于标准冻深大于 0.5 m 地区的薄壁混凝土挡土墙，当墙前地面至墙后填土顶部的高差小于或等于 5 m、在无水平位移的条件下，作用于挡土墙的水平冻胀力可采用按图 13.3.2 所示的压强分布计算的合力为其标准值。图中最大单位水平冻胀力可按下式计算：

$$\sigma_{hm} = m_0 C_r \sigma_{ht} \tag{13.3.2}$$

式中 σ_{hm}——最大单位水平冻胀力(kN/m²)；

m_0——墙体变形影响系数；

C_r——挡墙迎土面边坡修正系数；

σ_{ht}——单位水平冻胀力标准值(kN/m²)，可按表 13.3.2—1 采用。

表 13.3.2—1 单位水平冻胀力标准值

墙后土冻胀量 Δh_d (mm)	20	50	120	220	>220
σ_{ht} (kN/m²)	30	50	90	120	121～170

注：1. 表中 Δh_d 为距墙前地面 0.25 H_1 高度处墙后土的冻胀量。

2. σ_{ht} 值可按表列冻胀量内插

在图 13.3.2 中，H_1 为墙前地面至墙后填土面的高度；最大单位水平冻胀力高度系数 β 和非冻胀区深度系数 β' 可按表 13.3.2—2 采用。

表 13.3.2—2　β 和 β' 值

墙后土冻胀量 Δh_d(mm)	≤50	50＜Δh_d≤120	120＜Δh_d≤220	＞220
β	0.15	0.30	0.45	0.50
β'	≤0.20	≤0.15	≤0.08	≤0.08

注：当 H_1 小于 2.0 m 时，表中 β' 值均取为零。

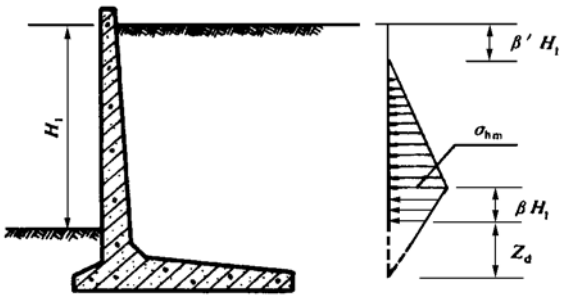


图 13.3.2　水平冻胀力压强分布示意

13.3.3　对于标准冻深大于 0.5 m 地区，墙前地面至墙后填土顶部的高差大于 5 m 的簿壁挡土墙和其他型式的挡土墙，水平冻胀力的计算应经专门研究。

13.3.4　在标准冻深大于 0.5 m 地区的水闸、涵洞和其他具有板型基础的建筑物。当基础埋深小于设计冻深时，作用在单块基础板底面上的竖向冻胀力标准值可按下式计算：

$$F_{vt} = m_1 \alpha_0 \sigma_{vt} A \qquad (13.3.4—)$$

式中　F_{vt}——竖向冻胀力标准值(kN)；

m_1——竖向位移影响系数，可按下式计算：

$$m_1 = 1-(〔s〕/\Delta h)^{1/2} \qquad (13.3.4-2)$$

α_0——基础厚度影响系数，可按下式计算：

$$\alpha_0 = 〔1-(d_t + d_i)/Z_d〕^{3/2} \qquad (13.3.4-3)$$

σ_{vt}——单位竖向冻胀力标准值(kN/m²)，按表 13.3.4—1 采用；

A——单块基础板底面积(m²)；

$〔s〕$——建筑物基础允许产生可复位的竖向位移值(mm)。1、2 级建筑物为 0；3～5 级建筑物可按表 13.3.4—2 采用；

Δh——建筑物所在地的地表冻胀量(mm)；

d_t——基础板厚(m)；

d_i——基础表面的冰层厚度(m)，当表面无冰层时为 0；

Z_d——设计冻深(m)。

表 13.3.4—1　单位竖向冻胀力标准值(kN/m²)

单板基础板底面积(m²)		5	10	50
地表土冻胀量 Δh (mm)	20	100	60	50
	50	150	100	80
	120	210	150	120
	220	280	210	170
	＞220	281～360	211～280	171～230

注：1. 表中 σ_{vt} 值可按表列冻胀量和基础板底面积内插。
2. 本表不适用于单块基础板边长小于 2.0 m 和长宽比大于 5 的基础

表 13.3.4—2 基础允许冻胀竖向位移值

建筑物类型及结构部位		〔s〕(mm)	
		3级建筑物	4、5级建筑物
水闸、涵洞进出口基础板		15	25
闸室段、洞身段钢筋混凝土基础		10	15
钢筋混凝土陡坡段底板、消力池底板、护坦板	有侧向约束	15	25
	无侧向约束	20	30

13.3.5 水平冻胀力和土压力不同时作用于建筑物，设计时应取其中的大值进行荷载组合。

13.3.6 切向冻胀力、水平冻胀力及竖向冻胀力的作用分项系数均应采用 1.1。

14 浪压力

14.1 一般规定

14.1.1 本章适用于风浪对坝、水闸等挡水建筑物(不包括海堤、河堤)产生的浪压力的计算。

14.1.2 浪压力标准值一般可由波浪要素(波高、波长等)按 14.2、14.3 计算确定。对于 1 级挡水建筑物，当浪压力为主要荷载之一时，宜通过模型试验论证。

14.1.3 波浪要素可按附录 G 计算。其中计算风速的取值应遵循下列规定：

(1)当浪压力参与作用基本组合时，采用重现期为 50 年的年最大风速；

(2)当浪压力参与偶然组合时，采用多年平均年最大风速。

14.1.4 浪压力的作用分项系数应采用 1.2。

14.2 直墙式挡水建筑物上的浪压力

14.2.1 作用于铅直迎水面建筑物上的浪压力，应根据建筑物迎水面前的水深，按以下三种波态分别计算：

(1)当 $H \geqslant H_{cr}$ 和 $H \geqslant \frac{L_m}{2}$ 时，浪压力分布如图 14.2.1(a)所示，单位长度上的浪压力标准值按下式计算：

$$P_{wk} = \frac{1}{4}\gamma_w L_m (h_{1\%} + h_z) \qquad (14.2.1-1)$$

式中 P_{wk}——单位长度迎水面上的浪压力标准值(kN/m)；

γ_w——水的重度(kN/m³)；

L_m——平均波长(m)；

$h_{1\%}$——累积频率为 1 %的波高(m)；

H——挡水建筑物迎水面前的水深(m)；

h_z——波浪中心线至计算水位的高度(m)，按下式计算：

$$h_z = \frac{\pi h_{1\%}^2}{L_m}\mathrm{cth}\frac{2\pi H}{L_m} \qquad (14.2.1-2)$$

H_{cr}——使波浪破碎的临界水深(m)，按下式计算：

$$H_{cr} = \frac{L_m}{4\pi}\ln\frac{L_m + 2\pi h_{1\%}}{L_m - 2\pi h_{1\%}} \qquad (14.2.1-3)$$

(2)当 $H \geqslant H_{cr}$，但 $H < \frac{L_m}{2}$ 时，浪压力分布如图 14.2.1(b)所示，单位长度上的浪压力标准值按下式计算：

$$P_{wk} = \frac{1}{2}[(h_{1\%} + h_z)(\gamma_w H + p_{lf}) + H p_{lf}] \qquad (14.2.1-4)$$

式中　p_{lf}——建筑物底面处的剩余浪压力强度(kN/m²)，按下式计算：

$$p_{lf} = \gamma_w h_{1\%} \operatorname{sech} \frac{2\pi H}{L_m} \qquad (14.2.1-5)$$

(3)当 $H < H_{cr}$ 时，浪压力分布如图 14.2.1(c)所示，单位长度上的浪压力标准值按下式计算：

$$P_{wk} = \frac{1}{2} p_0[(1.5 - 0.5\lambda) h_{1\%} + (0.7 + \lambda) H] \qquad (14.2.1-6)$$

式中　λ——建筑物底面的浪压力强度折减系数。当 $H \leqslant 1.7 h_{1\%}$ 时，采用 0.6；当 $H > 1.7 h_{1\%}$ 时，采用 0.5。

p_0——计算水位处的浪压力强度(kN/m²)，按下式计算：

$$p_0 = K_i \gamma_w h_{1\%} \qquad (14.2.1-7)$$

K_i——底坡影响系数，按表 14.2.1 采用。

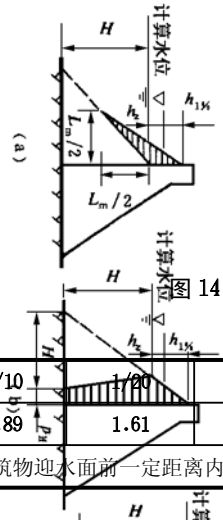


图 14.2.1　直墙式挡水建筑物的浪压力分布

表 14.2.1　底坡影响系数 K_i

底坡 i	1/10	1/20	1/30	1/40	1/50	1/60	1/80	<1/100
K_i 值	1.89	1.61	1.48	1.41	1.36	1.33	1.29	1.25

注：底坡 i 采用建筑物迎水面前一定距离内的平均值。

14.3　斜坡式挡水建筑物上的浪压力

14.3.1　对于 $1.5 \leqslant m \leqslant 5$ 的混凝土整体式或装配式单坡护面板上的浪压力标准值，可按图 14.3.1 压力强度分布计算的合力确定。图中有关参数可按下列各项计算。

(1)斜坡上最大浪压力点的浪压力强度按下式计算：

$$p_m = K_p K_1 K_2 K_3 \gamma_w h_s \qquad (14.3.1-1)$$

式中　p_m——最大浪压力强度(kN/m²)；

K_p——频率换算系数，采用 1.35；

K_1——系数，按下式计算；

$$K_1 = 0.85 + 4.8 \frac{h_s}{L_m} + m(0.028 - 1.15 \frac{h_s}{L_m}) \qquad (14.3.1-2)$$

K_2——系数，按表 12.3.1—1 采用；

K_3——浪压力相对强度系数，按表 14.3.1—2 采用；

h_s——有效波高(m)，约相当于累积频率为 14 %的波高。

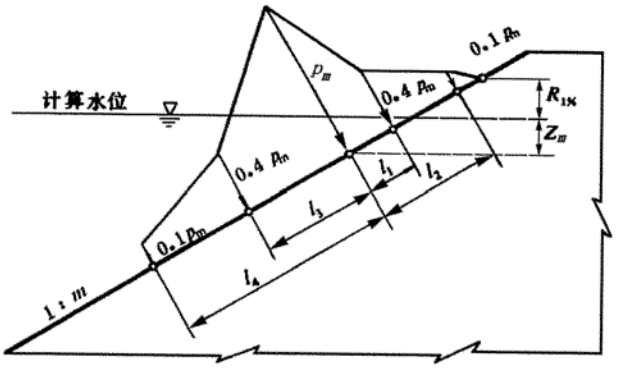


图 14.3.1 斜坡式混凝土护面板上的浪压力分布

表 14.3.1—1 系数 K_2 值

L_m/h_s	10	15	20	25	35
K_2	1.00	1.15	1.30	1.35	1.48

表 14.3.1—2 浪压力相对强度系数 K_3

h_s(m)	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	≥4.0
K_3	3.7	2.8	2.3	2.1	1.9	1.8	1.75	1.7

(2)斜坡上最大浪压力强度作用点距计算水位的垂直高度 Z_m 按下式计算：

$$Z_m = A+\frac{1}{m^2}(1-\sqrt{2m^2+1})(A+B) \qquad (14.3.1-3)$$

式中：

$$A = h_s\left(0.47+0.023\frac{L_m}{h_s}\right)\frac{1+m^2}{m^2} \qquad (14.3.1-4)$$

$$B = h_s\left[0.95-(0.84m-0.25)\frac{h_s}{L_m}\right] \qquad (14.3.1-5)$$

当 $Z_m<0$ 时，取 $Z_m=0$。

(3)图 14.3.1 中 l_i($i=1,2,3,4$)按下列各式确定：

$$\begin{aligned} l_1 &= 0.0125L_\varphi \\ l_2 &= 0.0325L_\varphi \\ l_3 &= 0.0265L_\varphi \\ l_4 &= 0.0675L_\varphi \end{aligned} \qquad (14.3.1-6)$$

式中：

$$L_\varphi = \frac{mL_m}{\sqrt{m^2-1}} \qquad (14.3.1-7)$$

图 14.3.1 中波浪爬高 $R_{1\%}$，可按附录 G 计算确定。

14.3.2 装配式斜坡面板上的波浪反压力标准值，可按图 14.3.2 反压力强度分布计算的合力确定，其中波浪反压力强度 p_c 按下式计算：

$$p_c = K_p K_1 K_2 K_c \gamma_w h_s \qquad (14.3.2)$$

式中 p_c——波浪反压力强度(kN/m²)；

K_c——波浪反压力强度系数，按图 14.3.2 曲线查取。图中 b_f 为护面板沿斜坡方向的边长，L_m 为平均波长。

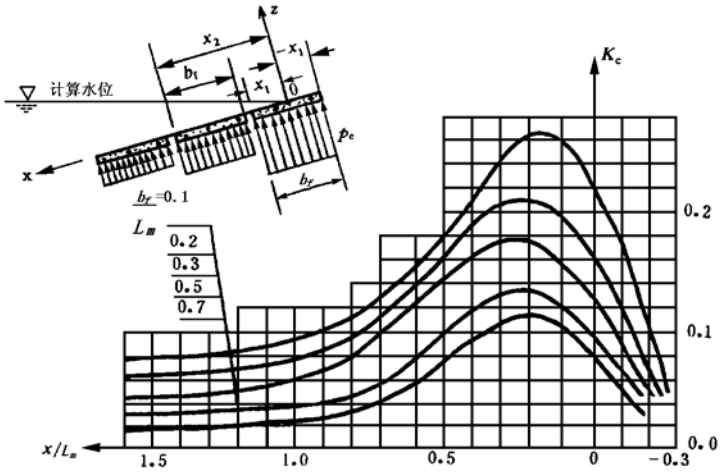


图 14.3.2　波浪反压力强度系数

14.3.3　对于折波或具有平台的复坡斜坡式挡水建筑物，其浪压力应通过专门研究确定。

15　楼面及平台活荷载

15.1　水电站主厂房楼面活荷载

15.1.1　主厂房安装间、发电机层和水轮机层各层楼面，在机组安装、运行和检修期间由设备堆放、部件组装、搬运等引起的楼面局部荷载及集中荷载，均应按实际情况考虑。对于大型水电站，可按设备部件的实际堆放位置分区确定各区间的荷载值。

15.1.2　当缺乏资料时，主厂房各层楼面的均布活荷载标准值可按表 15.1.2 采用。

表 15.1.2　主厂房楼面均布活荷载标准值

序　号	楼层名称	标　准　值　(kN/m²)		
		300＞P≥100	100＞P≥50	50＞P≥5
1	安　装　间	160～140	140～60	60～30
2	发 电 机 层	50～40	40～20	20～10
3	水 轮 机 层	30～20	20～10	10～6

注：P—单机容量(MW)；当 P≥300 MW 时，均布荷载值可视实际情况酌情增大。

15.2　水电站副厂房楼面活荷载

15.2.1　生产副厂房各层楼面在安装、检修过程中可移动的集中荷载或局部荷载，均应按实际情况考虑。

无设备区的操作荷载(包括操作人员、一般工具和零星配件等)可按均布活荷载考虑，其标准值可采用 3～4 kN/m²。

15.2.2　当缺乏资料时，副厂房的楼面活荷载标准值可按照表 15.2.2 采用。

15.3 工作平台活荷载

15.3.1 尾水平台活荷载按下列原则确定:

(1)当尾水平台仅承受尾水闸门操作或检修荷载时,其活荷载标准值可采用10～20 kN/m²(大型电站取大值);

(2)当尾水平台兼作公路桥时,车辆荷载应按公路桥梁荷载标准确定,并可与闸门操作或检修荷载分区考虑;

(3)当尾水平台布置有变压器时,应按实际情况考虑:

(4)施工期安放的起吊设备及临时堆放荷载,应根据工程实际情况确定。

15.3.2 进水口平台活荷载按下列原则确定:

(1)进水口承受闸门、启闭机及清污机等设备产生的集中或局部荷载,均应按实际情况考虑;

(2)进水口平台兼作公路桥时,应按公路桥梁车辆荷载标准确定;

(3)进水口平台在安装金属结构时需安放重型起吊设备者,应考虑施工期的临时荷载。

表15.2.2 副厂房各楼面均布活荷载标准值

序号	房间名称		标准值(kN/m²)
01	生产副厂房	中央控制室、计算机室	5～6
02		通信载波室、继电保护室	5
03		蓄电池室、酸室、充电机室	6
04		开关室	5
05		励磁盘室、厂用动力盘室	5
06		电缆室	4
07		空压机室	4
08		水泵室、通风机室	4
09		厂内油库、油处理室	4
10		试验室	4
11		电工室	5
12		机修室	7～10
13		工具室	5
14	办公用副厂房	值班室	3
15		会议室	4
16		资料室	5
17		厕所、盥洗室	3
18		走道、楼梯	4

注:当室内有较重设备时,其活荷载应按实际情况考虑。

15.4 其他要求及作用分项系数

15.4.1 设计楼面(平台)的梁、墙、柱和基础时,应对楼面(平台)的活荷载标准值乘以0.8～0.85的折减系数。

15.4.2 当考虑搬运、装卸重物,车辆行驶和设备运转对楼面和梁的动力作用时,均应将活荷载乘以动力系数。动力系数可采用1.1～1.2。

15.4.3 楼面及平台活荷载的作用分项系数,一般情况下可采用1.2;对于安装间及发电机层楼面,当堆放设备的位置在安装、检修期间有严格控制并加垫木时,可采用1.05。

16 桥机和门机荷载

16.1 桥机荷载

16.1.1 本节适用于作直线轨道运行或作曲线轨道运行的水电站厂房内的桥式吊车,以及在水工建筑物其他部位室内工作的桥式或台车式启闭机。

16.1.2 桥机荷载应按竖向荷载和水平荷载(包括纵向、横向水平荷载)分别进行计算。

16.1.3 桥机的竖向荷载标准值,可采用设计图样提供的最大轮压,也可采用桥机通用资料提供的参数按下列公式计算:

(1)当用一台桥机吊物时，作用在一边轨道上的最大轮压：

$$P_{max}=\frac{1}{n}\left[\frac{1}{2}(m-m_1)+\frac{L_k-L_1}{L_k}(m_1+m_2)\right]g \qquad (16.1.3-1)$$

(2)当用两台型号相同的桥机吊物时，作用在一边轨道上的最大轮压：

$$P_{max}=\frac{1}{2n}\left[(m-m_1)+\frac{L_k-L_1}{L_k}(2m_1+m_2+m_3)\right]g \qquad (16.1.3-2)$$

式中 P_{max}——桥机一边轨道上的最大轮压(kN)；

n——单台桥机作用在一边轨道上的轮数；

L_k——桥机跨度(m)；

L_1——实际起吊最大部件中心至桥机轨道中心的最小距离(m)；

m——单台桥机总质量(t)；

m_1——单台桥机小车质量(t)；

m_2——吊物和吊具质量(t)；

m_3——平衡梁质量(t)；

g——重力加速度，9.81 m/s^2。

16.1.4 纵向水平荷载标准值，可按作用在一边轨道上所有制动轮的最大轮压之和的5 %采用。其作用点即制动轮与轨道的接触点，其方向与轨道方向一致。

16.1.5 横向水平荷载标准值，可按小车、吊物及吊具的重力之和的4 %采用。该项荷载由两边轨道上的各轮平均传至轨顶，方向与轨道垂直，并应考虑正反两个作用方向。

16.1.6 当对桥机吊车梁进行强度计算时，桥机竖向荷载应乘以动力系数，动力系数可采用1.05。

16.1.7 桥机竖向荷载、水平荷载的作用分项系数均应采用1.1。

16.2 门机荷载

16.2.1 本节适用于作直线轨道运行或作曲线轨道运行的坝顶门机，也适用于厂房尾水平台上的门机及在水工建筑物其他部位室外工作的门机。

16.2.2 门机荷载应按竖向荷载和水平荷载(包括纵向、横向水平荷载)分别进行计算。

16.2.3 门机竖向荷载标准值，应采用设计图样提供的在不同运用工况下的轮压值。初步计算时，可采用门机通用资料提供的数据，但应根据门机的实际工作情况加以修正。

16.2.4 纵向水平荷载标准值，可按大车运行时作用在一边轨道上所有制动轮的最大轮压之和的8 %采用。其作用点即制动轮与轨道的接触点，其方向与轨道方向一致。

16.2.5 门机横向水平荷载标准值，可按小车和吊物及吊具的重力之和的5 %采用。该项荷载由两边轨道上的各轮平均传至轨顶，方向与轨道垂直，并应考虑正反两个作用方向。

16.2.6 当对门机承重梁进行强度计算时，门机竖向荷载应乘以动力系数，动力系数可采用1.05。

16.2.7 门机的竖向荷载、水平荷截的作用分项系数均应采用1.1。

17 温度作用

17.1 一般规定

17.1.1 本章适用于计算混凝土结构的温度作用。该作用系指可能出现且对该结构产生作用效应的温度变化(包括温升和温降)。

17.1.2 应根据结构特征，分别考虑结构在施工期和运行期的温度作用。

17.1.3 宜针对不同的结构型式及计算方法，按下述三种情况计算结构的温度作用。

(1)杆件结构。假定温度沿截面厚度方向呈线性分布，并以截面平均温度 T_m 和截面内外温差 T_d 表示：

$$T_m = (T_e + T_i)/2 \qquad (17.1.3-1)$$

$$T_d = T_e - T_i \qquad (17.1.3-2)$$

式中 T_i、T_e ——杆件内、外表面计算温度。

结构的温度作用即指 T_m、T_d 的变化。

(2)可简化为杆件结构计算的平板结构或 $\frac{L}{R} < 0.5$ 的壳体结构，如图 17.1.3 所示，可将沿结构厚度方向实际分布的计算温度 $T(x)$ 分解为三部分，即截面平均温度 T_m、等效线性温差 T_d 和非线性温差 T_n，并按下列公式计算：

$$T_m = \frac{1}{L}\int_{-L/2}^{L/2} T(x)\mathrm{d}x \qquad (17.1.3-3)$$

$$T_d = \frac{12}{L^2}\int_{-L/2}^{L/2} xT(x)\mathrm{d}x \qquad (17.1.3-4)$$

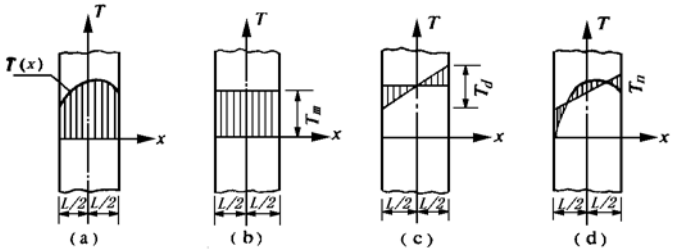
$$T_n = T(x) - T_m - xT_d/L \qquad (17.1.3-5)$$

式中 L——平板或壳体厚度(m)；

R——壳体的曲率半径(m)。

结构的温度作用可仅计及 T_m 和 T_d 的变化，T_n 一般可不予考虑。

(3)大体积混凝土结构和其他空间形状复杂的非杆件结构，应根据其温度边值条件，按连续介质热传导理论计算其温度场。温度作用即指其温度场的变化。



(a)截面实际温度；(b)截面平均温度；(c)等效线性温差；(d)非线性温差

图 17.1.3 结构温度分布

17.1.4 计算结构的温度作用时，应考虑以下因素：

(1)结构所处环境的气温、水温、日照及基岩温度等边界条件，按 17.2 中有关条文确定。

(2)与温度作用有关的混凝土热学特性指标，宜由试验研究确定。初步计算时，可按表 17.1.4 采用。

17.1.5 温度作用的作用分项系数应采用 1.1。

表 17.1.4 混凝土热学特性指标

序 号	项 次	符 号	单 位	数 值
1	导 热 系 数	λ_c	kJ/(m·h·℃)	10.6
2	比 热	c_c	kJ/(kg·℃)	0.96
3	导 温 系 数	a_c	m^2/h	0.0045
4	表面放热系数 空气中 流水中	β_c	$J/(m^2·s·℃)$	$\beta_c = 6.42 + 3.83v_0$ ∞

注：表中 v_0 为计算风速(m/s)。

17.2 边界温度

17.2.1 结构物外界气温的年周期变化过程可用下式表示：

$$T_a = T_{am} + A_a \cos\omega(\tau - \tau_0) \qquad (17.2.1-1)$$

式中 T_a——多年月平均气温；

τ——时间变量(月)；

τ_0——初始相位(月)；对于纬度高于 30° 的地区，取 $\tau_0 = 6.5$(月)；对于纬度低于或等于 30° 的地区，取 $\tau_0 = 6.7$(月)；

ω——圆频率，$\omega = 2\pi/p$，p 为温度变化周期，取 $p = 12$(月)；

T_{am}——多年年平均气温；

A_a——多年平均气温年变幅。

T_{am}、A_a 应采用当地实测多年月平均气温按下式计算：

$$T_{am} = \frac{1}{12}\sum_{i=1}^{12} T_{ai} \qquad (17.2.1-2)$$

$$A_a = \frac{1}{6}\sum_{i=1}^{12} T_{ai}\cos\omega(\tau_i - \tau_0) \qquad (17.2.1-3)$$

式中 T_{ai}——i 月多年平均气温；

τ_i——i 月计算时点，$\tau_i = i - 0.5$(月)。

A_a 也可近似地按下式计算：

$$A_a = (T_{a7} - T_{a1})/2 \qquad (17.2.1-4)$$

式中 T_{a1}、T_{a7}——1、7 月多年平均气温。

17.2.2 水库坝前水温，宜根据拟建水库的具体条件经专门研究确定。初步计算时，可采用附录 H 所提供的方法。

17.2.3 坝下游水温，一般情况下可假定沿水深呈均匀分布。其年周期变化过程，当尾水直接源于上游库水时可参照与之相应的坝前水温确定，否则可参照当地气温确定。

17.2.4 暴露在空气中并受日光直接照射的结构，应考虑日光辐射热的影响。一般可考虑辐射热引起结构表面的多年平均温度增加 2～4 ℃，多年平均温度年变辐增加 1～2 ℃。对于大型工程，宜经专门研究确定。

17.2.5 坝基温度可假定在年内不随时间变化。其多年年平均温度可根据当地地温、库底水温及坝基渗流等条件分析确定。

17.3 温度作用标准值

17.3.1 厂房、进水塔等建筑物的构架在运行期的温度作用标准值可按下列公式计算：

$$\Delta T_{mk} = T_{m1} + T_{m2} - T_{m0} \qquad (17.3.1-1)$$

$$\Delta T_{dk} = T_{d1} + T_{d2} - T_{d0} \qquad (17.3.1-2)$$

其中：

$$T_{m0} = (T_{0e} + T_{0i})/2 \qquad (17.3.1-3)$$

$$T_{d0} = T_{0e} - T_{0i} \qquad (17.3.1-4)$$

$$T_{m1} = (T_{me} + T_{mi})/2 \qquad (17.3.1-5)$$

$$T_{d1} = T_{me} - T_{mi} \qquad (17.3.1-6)$$

$$T_{m2}=(A_e+A_i)/2 \qquad (17.3.1-7)$$

$$T_{d2}=A_e-A_i \qquad (17.3.1-8)$$

式中 ΔT_{mk}、ΔT_{dk}——截面平均温度变化标准值和截面等效线性温差变化标准值；

T_{0i}、T_{0e}——结构封闭时内、外表面温度；

T_{mi}、T_{me}——结构运行期内、外表面多年年平均温度；

A_i、A_e——结构运行期内、外表面多年平均温度年变幅。

T_{mi}、T_{me}、A_i、A_e 应根据结构所处外部环境按 17.2 中有关条文确定。

对温度作用比较敏感的重要结构，必要时应考虑气温月变幅的影响。

17.3.2 拱坝运行期的温度作用标准值可按附录 J 计算。

17.3.3 实体重力坝一般可不计及运行期的温度作用，但当坝体接缝灌浆时的温度高于稳定温度时，坝体应力计算宜计及温度作用，其标准值可取坝体灌浆的温度与稳定温度之差值。宽缝重力坝、空腹坝及支墩坝等在运行期的温度作用标准值，应取结构运行期最高(或最低)温度场与其准稳定温度场的年平均温度之差值。

17.3.4 大体积混凝土结构施工期的温度作用标准值，应取结构稳定温度场与施工期最高温度场之差值，可采用下列计算表达式：

$$\Delta T_{ck}=T_f-(T_p+T_r) \qquad (17.3.4)$$

式中 ΔT_{ck}——结构施工期温度作用标准值；

T_f——结构稳定温度场；

T_p——混凝土的浇筑温度；

T_r——混凝土硬化时的最高温升。

17.3.5 坝内引水管道周围混凝土运行期的温度作用标准值，可采用进水口处的多年月平均最低水温所确定的温度场与坝体(准)稳定温度场之差值。初期充水时的温度作用，可根据充水时的水温及环境温度条件分析确定。

18 地震作用

18.1 一般规定

18.1.1 水利水电工程的抗震设防依据，一般情况下可采用《中国地震烈度区划图(1990)》确定的基本烈度。对于基本烈度为 6 度或 6 度以上地区且坝高超过 200 m 或库容大于 100×10^8 m^3 大型工程，以及基本烈度为 7 度或 7 度以上地区且坝高超过 150 m 的大(1)型工程，其抗震设防依据应根据专门的地震危险性分析成果评定。

18.1.2 各类水工建筑物的设计地震烈度、设计地震加速度、工程抗震设防类别、场地类别的划分及地震作用效应的计算方法等，应按 DL 5073—1997《水工建筑物抗震设计规范》的有关规定确定。

18.1.3 水工建筑物的地震作用，应包括建筑物自重以及其上的设备自重所产生的地震惯性力、地震动水压力和地震动土压力。

18.1.4 各类水工建筑物的地震作用，应按下列原则考虑：

(1)土石坝和混凝土重力坝的水平向地震作用，可只考虑顺河流方向的水平向地震作用；两岸陡坡上的重力坝坝段尚宜计入垂直河流方向的水平向地震作用；

(2)闸墩、进水塔、闸顶机架和其他两个主轴方向刚度接近的水工混凝土结构，应考虑结构两个主轴方向的水平向地震作用；

(3)混凝土拱坝，应同时考虑顺河流方向和垂直河流方向的水平向地震作用；支墩坝沿垂直河流方向的水平向地震作用宜作专门研究；

(4)当设计烈度为8、9度时，1、2级土石坝、重力坝等挡水建筑物和长悬臂、大跨度及高耸的水工混凝土结构，应同时计入水平向和竖向地震作用；

(5)严重不对称或空腹等特殊型式的拱坝，以及设计烈度为8、9度的1、2级双曲拱坝，竖向地震作用宜作专门研究。

18.2　设计地震加速度及设计反应谱

18.2.1　按《中国地震烈度区划图(1990)》确定基本烈度时，水平向设计地震加速度代表值 a_h 应按表18.2.1采用；竖向设计地震加速度代表值 a_v 可采用水平向地震加速度代表值的2/3。

18.2.2　专门进行地震危险性分析的工程，设计地震烈度及设计地震加速度的代表值，对于1级挡水建筑物，应按100年基准期内超越概率0.02确定；对于非挡水建筑物，应按50年基准期内超越概率0.05确定。

表18.2.1　水平向设计地震加速度的代表值

设计烈度	7	8	9
a_h	0.1 g	0.2 g	0.4 g

注：g—重力加速度，9.81 m/s^2。

18.2.3　基岩面下50 m及其以下的地下结构，水平向设计地震加速度代表值可按18.2.1或18.2.2规定值的1/2采用；基岩面下不足50 m处的水平向设计地震加速度代表值，可按深度线性插值。

18.2.4　按动力法计算地震作用效应时，设计反应谱 β 值应根据结构自振周期 T 按图18.2.4采用。设计反应谱最大值 β_{max} 应根据建筑物类型按表18.2.4－1采用，其下限值 β_{min} 应不小于 β_{max} 的20%；特征周期 T_g 应根据场地类别按表18.2.4－2采用，对于设计烈度不大于8度的基本自振周期大于1.0 s的结构，T_g 宜延长0.05 s。

表18.2.4—1　设计反应谱最大值

建筑物类型	重力坝	拱　坝	水闸、进水塔及其他混凝土建筑物
β_{max}	2.0	2.5	2.25

表18.2.4—2　特征周期

场地类别	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ
T_g(s)	0.20	0.30	0.40	0.65

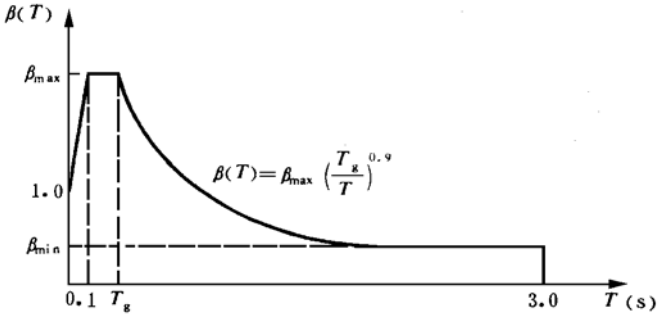


图18.2.4　设计反应谱

18.3　地震作用的水库计算水位

18.3.1　水工建筑物抗震计算时的水库计算水位可采用正常蓄水位；对于多年调节水库，经论证后可采用低于正常蓄水位的上游水位。

18.3.2　对于土坝和堆石坝上游坝坡的抗震稳定性计算，应根据运用条件选用对坝坡抗震稳定最不利的常遇水位；水库水位降落时宜采用常遇的水位降落幅值。

18.3.3　重要的混凝土拱坝和水闸，宜补充水库常遇低水位时的抗震强度计算。

19　灌浆压力

19.0.1　水工结构设计应考虑以下三种灌浆压力：

(1)地下结构的混凝土衬砌顶拱与围岩之间的回填灌浆压力；

(2)钢衬与外围混凝土之间的接触灌浆压力；

(3)混凝土坝坝体施工缝的接缝灌浆压力。

19.0.2 回填灌浆压力、接触灌浆压力和接缝灌浆压力均属施工过程中出现的临时性可变作用,仅作为短暂状况计算的一种作用。

19.0.3 灌浆压力作用的标准值可采用设计规定的灌浆压力值,一般可按以下范围取值:

(1)回填灌浆压力,0.2～0.4 MPa(一序灌浆孔取小值,二序灌浆孔取大值);

(2)接触灌浆压力,0.1～0.2 MPa;

(3)接缝灌浆压力,0.2～0.5 MPa。

19.0.4 对于回填灌浆和接触灌浆压力,可对其设计规定的灌浆压力值乘以一个小于1.0的面积系数作为标准值。面积系数的取值,应根据结构实际施工状况、灌浆施工的工序及方法、计算作用的分布简图等因素经分析确定。

19.0.5 灌浆压力的作用分项系数可采用1.3。

附录 A

（标准的附录）

水工结构主要作用按随时间变异的分类

A.0.1 永久作用：

(1)结构自重和永久设备自重；

(2)土压力；

(3)淤沙压力(有排沙设施时可列为可变作用)；

(4)地应力；

(5)围岩压力；

(6)预应力。

A.0.2 可变作用：

(1)静水压力；

(2)扬压力(包括渗透压力和浮托力)；

(3)动水压力(包括水流离心力、水流冲击力、脉动压力等)；

(4)水锤压力；

(5)浪压力；

(6)外水压力；

(7)风荷载；

(8)雪荷载；

(9)冰压力(包括静冰压力和动冰压力)；

(10)冻胀力；

(11)楼面(平台)活荷载；

(12)桥机、门机荷载；

(13)温度作用；

(14)土壤孔隙水压力；

(15)灌浆压力；

A.0.3 偶然作用：

(1)地震作用；

(2)校核洪水位时的静水压力。

附录 B
（标准的附录）
水工建筑物的材料重度

表 B1 常用材料重度

序 号	材 料 名 称	重度(kN/m³)	备 注
1	钢铁 (1)钢材、铸钢 (2)铸铁	 78.5 72.5	
2	普通水工混凝土、砂浆 (1)素混凝土 (2)钢筋混凝土 (3)沥青混凝土 (4)水泥砂浆	 23.5～24.0 24.5～25.0 21.0～23.0 18.5～20.0	
3	水泥	14.5～16.0	
4	浆砌粗料石	22.0～25.0	
5	浆砌块石	21.0～23.0	
6	干砌块石	18.0～21.0	
7	回填土石(不包括土石坝) (1)抛块石 抛块石 (2)抛碎石 抛碎石 (3)细砂、粗砂 (4)卵石 砂夹卵石 砂夹卵石 (5)砂土 砂土	 17.0～18.0 10.0～11.0 16.0～17.0 10.0～11.0 14.5～16.5 16.0～18.0 15.0～17.0 16.0～19.0 16.0 18.0	 水下 水下 干 干 干、松 干、压实 干、压实 湿、压实
8	岩石石料 (1)花岗岩 (2)玄武岩 (3)辉绿岩 (4)大理岩、石灰岩 (5)砂岩 (6)页岩	 24.0～27.5 25.5～31.5 25.0～29.5 26.5～28.0 24.0～27.0 23.5～27.5	

表 B2 大体积混凝土重度(kN/m³)

骨料重度(kN/m³)	骨料最大粒径(mm)			
	20	40	80	150
26.0	23.5	23.9	24.2	24.4
26.5	23.7	24.1	24.4	24.6
27.0	23.9	24.3	24.6	24.8
27.5	24.1	24.5	24.8	25.0

表 B3 土石坝压实干重度

材料名称	代号	重度 (kN/m³)	备注
堆石(花岗岩)		20.0～22.0	采用大型振动碾压实
堆石(石灰岩)		18.5～21.0	
堆石(砂岩)		18.0～21.0	
堆石(大理岩)		18.5～21.0	
堆石(石英岩)		20.0～22.0	
堆石(玄武岩)		19.0～20.5	
堆石(片麻岩)		20.5～22.5	
堆石(千枚岩)		20.0～22.5	
堆石(卵石)		19.0～22.0	
级配良好砾	GW	18.5～21.0	
级配不良砾	GP	18.0～20.5	
含细粒土砾	GF	18.0～20.0	
粉土质砾	GM	17.5～19.5	
粘土质砾	GC	17.0～19.0	
级配良好砂	SW	16.5～19.0	
级配不良砂	SP	16.0～18.0	
含细粒土砂	SF	16.0～18.5	
粉土质砂	SM	16.0～18.5	
粘土质砂	SC	16.0～18.0	
低液限粉土	ML	15.5～17.0	
高液限粉土	MH	15.5～17.0	
低液限粘土	CL	15.0～16.0	
高液限粘土	CH	14.0～15.0	

附录 C

（标准的附录）

混凝土衬砌有压隧洞的外水压力折减系数

C.0.1 混凝土衬砌有压隧洞的外水压力折减系数 β_e，可根据围岩地下水活动状态，结合采用的排水措施等情况按表 C 选用。

表 C 外水压力折减系数

级别	地下水活动状态	地下水对围岩稳定的影响	β_e 值
1	洞壁干燥或潮湿	无影响	0～0.20
2	沿结构面有渗水或滴水	风化结构面有充填物质，地下水降低结构面的抗剪强度，对软弱岩体有软化作用	0.1～0.4
3	沿裂隙或软弱结构面有大量滴水、线状流水或喷水	泥化软弱结构面有充填物质，地下水降低抗剪强度，对中硬岩体有软化作用	0.25～0.60
4	严重滴水，沿软弱结构面有小量涌水	地下水冲刷结构面中的充填物质，加速岩体风化，对断层等软弱带软化泥化，并使其膨胀崩解及产生机械管涌。有渗透压力，能鼓开较薄的软弱层	0.40～0.80
5	严重股状流水，断层等软弱带有大量涌水	地下水冲刷带出结构面中的充填物质，分离岩体，有渗透压力，能鼓开一定厚度的断层等软弱带，并导致围岩塌方	0.65～1.00

附录 D
（标准的附录）
改进阻力系数法

D.0.1 地基有效深度按下式计算：

$$当\frac{L_0}{S_0}\geqslant 5\text{ 时，}\qquad T_e=0.5L_0 \tag{D1}$$

$$当\frac{L_0}{S_0}<5\text{ 时，}\qquad T_e=\frac{5L_0}{1.6\dfrac{L_0}{S_0}+2} \tag{D2}$$

式中 T_e——地基有效深度(m)；

L_0——地下轮廓的水平投影长度(m)；

S_0——地下轮廓的垂直投影长度(m)。

当计算得到的 T_e 值大于地基实际深度时，应按地基实际深度采用。

D.0.2 分段阻力系数可分别按下列情况计算：

(1)进、出口段[见图 D1(a)]：

$$\xi_0=1.5\left(\frac{S}{T}\right)^{\frac{3}{2}}+0.441 \tag{D3}$$

式中 ξ_0——进、出口段的阻力系数；

S——板桩或齿墙的入土深度(m)；

T——地基透水层深度(m)。

(2)内部垂直段[见图 D1(b)]：

$$\xi_y=\frac{2}{\pi}\ln\cot\left[\frac{\pi}{4}\left(1-\frac{S}{T}\right)\right] \tag{D4}$$

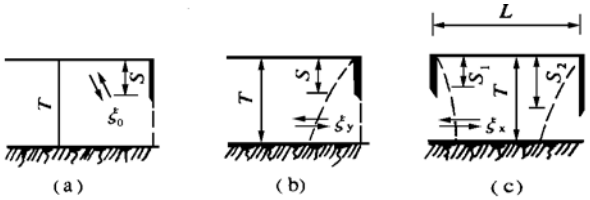
式中 ξ_y——内部垂直段的阻力系数。

(3)水平段[见图 D1(c)]：

$$\xi_x=\frac{L-0.7(S_1+S_2)}{T} \tag{D5}$$

式中 ξ_x——水平段的阻力系数；

S_1、S_2——进口段、出口段板桩或齿墙的入土深度(m)。



(a) 进出口段；(b) 内部垂直段；(c) 水平段

图 D1 闸基分段示意

D.0.3 各分段水头损失值可按下式计算：

$$h_i=\xi_i\frac{\Delta H}{\sum_{i=1}^{n}\xi_i} \tag{D6}$$

式中 ΔH——上、下游水位差(m)；

h_i——各分段的水头损失值(m)；

ξ_i——各分段的阻力系数；

n——总分段数。

将分段计算点的水头值依次按直线连接，即得渗透压力的分布图形。

D.0.4　在渗透压力图形中，尚应对进、出口段按下述方法进行修正：

(1)进、出口段修正后的水头损失值可按下式计算：

$$h_0' = \beta' h_0 \tag{D7}$$

式中　h_0——按式(D6)计算的水头损失值(m)；

h_0'——修正后的水头损失值(m)；

β'——阻力修正系数，可按下式计算[见图 D2(a)]

$$\beta' = 1.21 - \frac{1}{\left[12\left(\frac{T'}{T}\right)^2 + 2\right]\left(\frac{S'}{T} + 0.059\right)} \tag{D8}$$

其中　S'——底板埋深与板桩入土深度之和(m)；

T'——板桩另一侧地基透水层深度(m)。

当计算的 $\beta' \geqslant 1.0$ 时，采用 $\beta' = 1.0$。

修正后水头损失的减少值 Δh，可按下式计算：

$$\Delta h = (1 - \beta')\, h_0 \tag{D9}$$

水力坡降呈急变形式的长度可按下式计算：

$$a = \frac{\Delta h \sum_{i=1}^{n} \xi_i}{\Delta H} T \tag{D10}$$

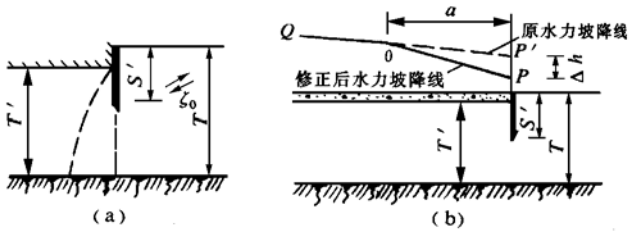
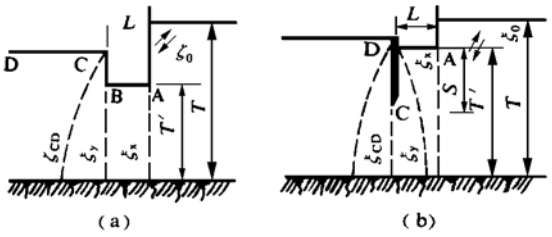


图 D2　进、出口段渗透压力图形修正

式中　a——水力坡降呈现急变形式的长度(m)。

渗透压力图形修正如图 D2(b)所示。

(2)齿墙不规则部位可按下列情况修正(见图 D3)：



(a)凸型进出口；(b)Γ型进出口

图 D3　齿墙不规则部位的渗透压力图形修正

a)当 $h_x \geqslant \Delta h$ 时，可按下式修正：

$$h_x' = h_x + \Delta h \tag{D11}$$

式中　h_x——水平段的水头损失值(m)；

h_x'——修正后的水平段水头损失值(m)。

b)当 $h_x < \Delta h$ 时，可按下列两种情况分别修正：

若 $h_x + h_y \geqslant \Delta h$，可按下列二式修正：

$$h_x' = 2 h_x \tag{D12}$$

$$h_y' = h_y + \Delta h - h_x \tag{D13}$$

式中 h_y——内部垂直段水头损失值(m)；

h_y'——修正后的内部垂直段水头损失值(m)。

若 $h_x + h_y < \Delta h$，可按下列三式修正：

$$h_x' = 2h_x \tag{D14}$$

$$h_y' = 2h_y \tag{D15}$$

$$h_{cd}' = h_{cd} + \Delta h - (h_x + h_y) \tag{D16}$$

式中 h_{cd}——图 D3 中 CD 段的水头损失值(m)；

h_{cd}'——修正后 CD 段的水头损失值(m)。

将修正后的各分段点的水头值依次按直线连接，即得修正后的渗透压力图形。

附录 E

(标准的附录)

简单管路水锤压力计算公式

E.0.1 水锤特性系数按下列公式计算：

$$\sigma = \frac{Lv_m}{gH_0T_s} \tag{E1}$$

$$\rho = \frac{av_m}{2gH_0} \tag{E2}$$

式中 L——自上游进水口(调压室)至下游出口压力水道(包括蜗壳、尾水管及压力尾水道)的长度(m)；

v_m——压力水道负荷变化前(或变化后)的流速(m/s)，可按下式计算：

$$v_m = \frac{\sum Lv}{L} \tag{E3}$$

$\sum Lv$——压力水道的各段长度(m)与其流速(m/s)的乘积之和；

H_0——静水头(m)，负荷变化前上、下游计算水位之差；

T_s——水轮导叶有效关闭(开启)时间(s)；

a——水锤在压力管道中的传播速度(m/s)，其值与管壁材料及厚度有关，数值变化在 800～1200 m/s 范围内，在缺乏资料的情况下，可近似采用 1000 m/s；

g——重力加速度，9.81 m/s^2。

E.0.2 发生间接水锤($T_s > 2L/a$)时的水锤压力相对值 ξ(ξ 或 η)可按表 E 所列公式计算。

表 E 简单管路最大水锤压力计算公式

机组运行工况	导叶开度		计算公式	近似公式
	开始	终了		
关机	τ_0	0	$\xi_m = \frac{\sigma}{2}(\sqrt{\sigma^2+4}+\sigma)$	$\xi_m = \frac{2\sigma}{2-\sigma}$
	τ_0	0	$\tau_1\sqrt{1+\xi_1} = \tau_0 - \frac{1}{2\rho}\xi_1$	$\xi_1 = \frac{2\sigma}{1+\rho\tau_0-\sigma}$
	1	0	$\tau_1\sqrt{1+\xi_1} = 1 - \frac{1}{2\rho}\xi_1$	$\xi_1 = \frac{2\sigma}{1+\rho-\sigma}$

续表

机组运行工况	导叶开度		计　算　公　式	近　似　公　式
	开　始	终　了		
开机	τ_0	1	$\eta_m=\frac{\sigma}{2}(\sqrt{\sigma^2+4}-\sigma)$	$\eta_m=\frac{2\sigma}{2+\sigma}$
	τ_0	1	$\tau_1\sqrt{1-\eta_1}=\tau_0+\frac{1}{2\rho}\eta_1$	$\eta_1=\frac{2\sigma}{1+\rho\tau_0+\sigma}$
	0	1	$\tau_1\sqrt{1-\eta_1}=\frac{1}{2\rho}\eta_1$	$\eta_1=\frac{2\sigma}{1+\sigma}$

注：1. τ_0、τ_1— 导叶初始和第一相末的开度；
2. ξ_m、ξ_1— 末相、第一相水锤压力相对升高值；
3. η_m、η_1 —末相、第一相水锤压力相对降低值

附录 F
（标准的附录）
主动土压力系数 K_a 和静止土压力系数 K_0 的计算

F.0.1　主动土压力系数可按下式计算（参见图 9.1.2—1）：

$$K_a=\frac{\cos(\varepsilon-\beta)}{\cos^2\varepsilon\cos^2(\varepsilon-\beta+\varphi+\delta)}\{\cos(\varepsilon-\beta)\cos(\varepsilon+\beta)+\sin(\varphi+\delta)\sin(\varphi-\beta)+2\eta\cos\varepsilon\cos\varphi\sin(\varepsilon-\beta+\varphi+\delta)-2[(\cos(\varepsilon-\beta)\sin(\varphi-\beta)+\eta\cos\varepsilon\cos\varphi)(\cos(\varepsilon+\delta)\times\sin(\varphi+\delta)+\eta\cos\varepsilon\cos\varphi)]^{1/2}\}\tag{F1}$$

$$\eta=\frac{2c}{\gamma H}\tag{F2}$$

$$\varphi=\mu_\varphi-1.645\sigma_\varphi\tag{F3}$$

$$c=[\lambda+0.02(H-10)]\mu_c\tag{F4}$$

式中　K_a——主动土压力系数；

γ——挡土墙后填土的重度（kN/m^3）；

H——挡土墙高度（m）；

ε——挡土墙背面与铅垂面的夹角（°）；

β——挡土墙后填土表面坡角（°）

δ——挡土墙后填土对墙背的外摩擦角（°），可按表 F1 采用；

φ——填土内摩擦角（°）；

c——填土粘聚力（kN/m^2）；

μ_φ——填土内摩擦角的平均值；

σ_φ——填土内摩擦角的标准差；

μ_c——填土粘聚力的平均值（kN/m^2）；

λ——计算系数，可根据墙后填土的内摩擦角和粘聚力的均值 μ_φ、μ_c 及其变异系数 δ_φ、δ_c 由表 F4 查取。

挡土墙后填土的 φ、c 值一般应根据试验资料确定；当试验资料不足时，对一般土可参照表 F2、

表 F3 采用。

表 F1 填土对挡土墙背的外摩擦角 δ

挡土墙情况	δ
墙背光滑，排水不良	(0.00～0.33) φ
墙背粗糙，排水良好	(0.33～0.50) φ
墙背很粗糙，排水良好	(0.50～0.67) φ
墙背与填土间不可能滑动	(0.67～1.00) φ

表 F2 砾类土 G、砂类土 S 的 φ 值

类 别	松散状态	中密状态	密实状态
砾类土 G	30°～34°	34°～37°	37°～40°
砂类土 S	25°～30°	30°～35°	35°～40°

表 F3 细粒土 F 的 φ、c 值

塑性指数 I_p		孔隙比					
		<0.5	0.5～0.6	0.6～0.7	0.7～0.8	0.8～0.9	>0.9
<10	φ(°)	27	25	23	21	19	17
	c(kN/m²)	10	8	6	4	3	2
10～17	φ(°)	21	19	17	15	14	13
	c(kN/m²)	18	14	11	9	8	6
>17	φ(°)	17	15	13	12	11	10
	c(kN/m²)	35	28	22	17	13	10

表 F4 计算系数 λ 值

μ_φ	μ_c(kN/m²)	δ_φ	δ_c			
			0.2	0.4	0.6	0.8
20°	10	0.1	1.0	0.8	0.6	0.3
		0.2	1.1	1.1	1.0	0.8
		0.3	1.2	1.2	1.2	1.2
	20	0.1	0.9	0.6	0.3	0
		0.2	1.0	0.8	0.5	0.3
		0.3	1.1	1.0	0.8	0.5
	30	0.1	0.8	0.5	0.2	0
		0.2	0.9	0.6	0.3	0.1
		0.3	1.0	0.8	0.5	0.3
30°	5	0.1	1.2	1.2	1.1	1.0
		0.2	1.3	1.3	1.4	1.5
		0.3	1.4	1.5	1.5	1.5
	10	0.1	1.1	0.9	0.7	0.5
		0.2	1.1	1.1	1.0	0.9
		0.3	1.2	1.2	1.2	1.2
	20	0.1	0.9	0.6	0.4	0.1
		0.2	1.0	0.9	0.7	0.5
		0.3	1.1	1.0	0.9	0.7

续表

μ_φ	μ_c (kN/m²)	δ_φ	δ_c			
			0.2	0.4	0.6	0.8
40°	5	0.1	1.2	1.2	1.1	1.0
		0.2	1.4	1.4	1.4	1.5
		0.3	1.4	1.3	1.2	1.1
	10	0.1	1.1	1.0	0.8	0.5
		0.2	1.2	1.2	1.2	1.1
		0.3	1.2	1.4	1.4	1.3
	20	0.1	0.9	0.7	0.5	0.2
		0.2	1.0	0.9	0.7	0.5
		0.3	1.1	1.0	0.9	0.7

F.0.2 静止土压力系数可按下式计算：

$$K_0 = \frac{\nu}{1-\nu} \tag{F5}$$

式中 K_0——静止土压力系数；

ν——墙后填土的泊松比，可取其概率分布的 0.05 分位值。

若墙后填土为正常固结粘土，K_0 也可由下式计算：

$$K_0 = 1 - \sin\varphi' \tag{F6}$$

式中 φ'——墙后填土的有效内摩擦角(°)，可取其概率分布的 0.05 分位值。

当 ν、φ' 的试验资料不足时，K_0 可参照表 F5 采用。

表 F5 静止土压力系数

土 类	土状态	K_0
砾类土 G		0.22～0.40
砂类土 S		0.30～0.60
低液限粉土 ML 低液限粘土 CL	竖硬或硬塑	0.40
	可塑	0.52
	软塑或流塑	0.64
高液限粘土 CH	竖硬或硬塑	0.40
	可塑	0.64
	软塑或流塑	0.87

附录 G
（标准的附录）
波浪要素和爬高计算

G.1 基本资料

G.1.1 年最大风速。系指水面上空 10 m 高度处 10 min 平均风速的年最大值；对于水面上空 Z(m)处的风速，应乘以表 G1 中的修正系数 K_z 后采用。陆地测站的风速，应参照有关资料进行修正。

G.1.2 风区长度(有效吹程)按下列情况确定：

(1)当沿风向两侧的水域较宽广时，可采用计算点至对岸的直线距离；

表 G1 风速高度修正系数

高度 Z(m)	2	5	10	15	20
修正系数 K_z	1.25	1.10	1.00	0.96	0.90

(2)当沿风向有局部缩窄且缩窄处的宽度 b 小于 12 倍计算波长时，可采用 5 倍 b 为风区长度，同时不小于计算点至缩窄处的直线距离；

(3)当沿风向两侧的水域较狭窄或水域形状不规则、或有岛屿等障碍物时，可自计算点逆风向做主射线与水域边界相交，然后在主射线两侧每隔 7.5°做一条射线，分别与水域边界相交。如图 G1 所示，记 D_0 为计算点沿主射线方向至对岸的距离，D_i 为计算点沿第 i 条射线至对岸的距离，α_i 为第 i 条射线与主射线的夹角，$\alpha_i = 7.5i$(一般取 $i = \pm1、\pm2、\pm3、\pm4、\pm5、\pm6$)，同时令 $\alpha_0 = 0$，则等效风区长度 D 可按下式计算：

$$D = \frac{\sum_i D_i \cos^2 \alpha_i}{\sum_i \cos \alpha_i} (i = 0、\pm1、\pm2、\pm3、\pm4、\pm5、\pm6) \quad (G1)$$

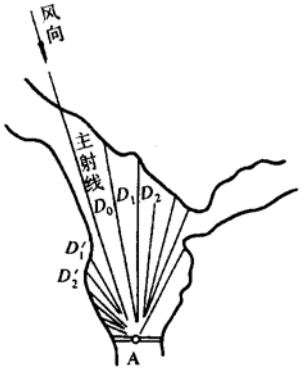


图 G1 等效风区长度计算示意

G.1.3 风区内的水域平均深度。一般可通过沿风向作出地形剖面图求得，其计算水位应与相应设计状况下的静水位一致。

G.2 波浪要素计算

G.2.1 宜根据拟建水库的具体条件，按下述三种情况计算波浪要素：

(1)平原、滨海地区水库，宜按莆田试验站公式计算：

$$\frac{gh_m}{v_0^2} = 0.13\text{th}\left[0.7\left(\frac{gH_m}{v_0^2}\right)^{0.7}\right]\text{th}\left\{\frac{0.0018(gD/v_0^2)^{0.45}}{0.13\text{th}[0.7(gH_m/v_0^2)^{0.7}]}\right\} \quad (G2)$$

$$\frac{gT_m}{v_0} = 13.9\left(\frac{gh_m}{v_0^2}\right)^{0.5} \quad (G3)$$

式中 h_m——平均波高(m)；

T_m——平均波周期(s)；

v_0——计算风速(m/s)；

D——风区长度(m)；

H_m——水域平均水深(m)；

g——重力加速度，9.81 m/s^2。

(2)丘陵、平原地区水库，宜按鹤地水库公式计算(适用于库水较深，$v_0 < 26.5$ m/s 及 $D < 7.5$ km)：

$$\frac{gh_{2\%}}{v_0^2}=0.00625\,v_0^{1/8}\left(\frac{gD}{v_0^2}\right)^{1/3} \tag{G4}$$

$$\frac{gL_m}{v_0^2}=0.0386\left(\frac{gD}{v_0^2}\right)^{1/2} \tag{G5}$$

式中　$h_{2\%}$——累积频率为 2 %的波高(m)；

L_m——平均波长(m)。

(3)内陆峡谷水库，宜按官厅水库公式计算(适用于 $v_0<20$ m/s 及 $D<20$ km)：

$$\frac{gh}{v_0^2}=0.0076\,v_0^{-1/12}\left(\frac{gD}{v_0^2}\right)^{1/3} \tag{G6}$$

$$\frac{gL_m}{v_0^2}=0.331\,v_0^{-1/2.15}\left(\frac{gD}{v_0^2}\right)^{1/3.75} \tag{G7}$$

式中　h—— 当 $gD/v_0^2=20\sim250$ 时，为累积频率 5 % 的波高 $h_{5\%}$；当 $gD/v_0^2=250\sim1000$ 时，为累积频率 10 % 的波高 $h_{10\%}$。

G.2.2　累积频率为 p(%) 的波高 h_p 与平均波高的关系可按表 G2 进行换算。

表 G2　累积频率为 p(%)的波高与平均波高的比值

$\frac{h_m}{H_m}$	p (%)									
	0.1	1	2	3	4	5	10	13	20	50
0	2.97	2.42	2.23	2.11	2.02	1.95	1.71	1.61	1.43	0.94
0.1	2.70	2.26	2.09	2.00	1.92	1.87	1.65	1.56	1.41	0.96
0.2	2.46	2.09	1.96	1.88	1.81	1.76	1.59	1.51	1.37	0.98
0.3	2.23	1.93	1.82	1.76	1.70	1.66	1.52	1.45	1.34	1.00
0.4	2.01	1.78	1.68	1.64	1.60	1.56	1.44	1.39	1.30	1.01
0.5	1.80	1.63	1.56	1.52	1.49	1.46	1.37	1.33	1.25	1.01

G.2.3　平均波长 L_m 与平均波周期 T_m 可按下式换算：

$$L_m=\frac{gT_m^2}{2\pi}\mathrm{th}\frac{2\pi H}{L_m} \tag{G8}$$

对于深水波，即当 $H\geqslant0.5L_m$ 时，上式可简化为：

$$L_m=\frac{gT_m^2}{2\pi} \tag{G9}$$

平均波长、平均波周期与建筑物迎水面前水深的换算值也可由表 G3 查取。

表 G3　平均波长 L_m 与平均波周期 T_m、建筑物迎水面前水深 H 的换算表

H	T_m(s)													
(m)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20
1.0	5.21	8.68	11.99	15.23	18.43	21.61	24.78	27.94	31.10					
2.0	6.04	11.30	16.22	20.94	25.57	30.14	34.68	39.19	43.68					
3.0	6.21	12.67	18.95	24.92	30.71	35.40	42.02	47.59	53.14					
4.0	6.23	13.39	20.85	27.93	34.76	41.42	47.99	54.49	60.94					
5.0		13.75	22.19	30.30	38.07	45.64	53.06	60.39	67.66	82.05	96.32	110.6	124.7	138.9
6.0		13.92	23.12	32.17	40.85	49.25	57.48	65.58	73.60	89.44	105.1	120.7	136.3	151.8
7.0		13.99	23.76	33.67	43.20	52.40	61.39	70.22	78.94	96.00	113.2	130.1	146.9	163.7
8.0		14.02	24.10	34.87	45.21	55.18	64.88	74.20	83.79	102.3	120.6	138.7	156.9	174.7
9.0		14.03	24.48	35.82	46.92	57.62	68.03	78.21	88.24	108.0	127.4	146.7	166.0	185.0
10.0		14.04	24.65	36.58	48.39	59.80	70.88	81.70	92.34	113.4	133.8	154.2	174.5	194.7

续表

H	T_m(s)													
(m)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20
12.0		14.05	24.85	37.62	50.71	63.46	75.82	87.88	99.70	112.8	145.6	168.0	190.3	212.6
14.0			24.92	38.24	52.40	66.38	79.95	93.17	106.11	131.3	156.1	180.5	204.8	228.8
16.0			24.95	38.59	53.60	68.69	83.42	97.75	111.75	139.0	165.7	191.9	217.9	243.7
18.0			24.97	38.78	54.44	70.52	86.32	101.72	116.75	146.0	174.5	202.4	230.2	257.6
20.0				38.89	55.02	71.95	88.76	105.18	121.20	152.3	182.5	212.2	241.5	270.6
22.0				38.95	55.42	73.07	90.80	108.19	125.17	158.1	190.1	221.4	252.3	282.9
24.0				38.98	55.68	73.92	92.50	110.81	128.21	163.4	197.0	229.9	262.6	294.4
26.0				39.00	55.88	74.58	93.50	113.09	131.88	168.8	203.6	238.0	271.9	305.4
28.0				39.00	55.97	75.07	95.06	115.06	134.72	172.7	209.5	245.6	280.9	315.8
30.0				39.01	56.05	78.44	96.02	116.77	137.25	176.9	215.3	252.7	289.6	325.7
32.0					56.00	75.72	96.97	118.25	139.51	180.8	220.7	259.5	297.6	335.2
34.0					56.12	75.92	97.42	119.52	141.52	184.4	225.8	266.0	305.4	343.3
36.0					56.14	76.07	97.93	120.61	143.32	187.7	230.5	272.1	312.9	353.0
38.0					56.16	76.18	98.34	121.53	144.91	190.7	235.0	278.0	320.0	361.4
40.0					56.17	76.26	98.60	122.33	146.32	193.6	239.2	283.3	326.6	369.4
42.0					56.17	76.32	98.92	123.00	147.57	196.2	243.2	288.8	333.4	377.2
44.0					56.17	76.36	99.13	123.66	148.67	198.6	247.0	293.9	339.7	384.6
46.0					56.18	76.39	99.20	124.04	149.64	200.8	250.5	298.7	345.7	391.8
48.0						76.41	99.42	124.41	150.49	202.9	253.9	303.3	351.5	398.8
50.0						76.43	99.52	124.78	151.24	204.8	256.9	307.6	357.0	405.5
55.0						76.45	99.71	125.19	152.93	208.9	264.2	317.9	370.1	421.4
60.0						76.46	99.78	125.78	158.76	212.7	270.2	327.1	382.1	436.0
65.0						76.47	99.82	126.02	154.49	214.9	275.8	335.2	393.3	449.7
70.0							99.85	126.17	155.00	216.9	280.3	342.5	422.8	462.2
深水波	6.24	14.05	24.97	39.02	56.19	76.47	99.88	128.12	156.07	224.6	305.7	399.3	505.3	623.9

G.3 波浪爬高计算

G.3.1 斜坡式建筑物累积频率为 1 %的波浪爬高可按下式计算：

$$R_{1\%} = K_\varphi K_\Delta K_v K_R h_{1\%} \tag{G10}$$

式中 $R_{1\%}$——累积频率为 1 %的波浪爬高(m)；

$h_{1\%}$——累积频率为 1 %的波高(m)；

K_φ——考虑波浪入射角的折减系数，按表 G4 采用；

K_Δ——与斜坡护面的结构型式有关的系数，整片光滑不透水护面采用 1.0，混凝土护面采用 0.9；

K_v——与计算风速和波速有关的系数，可按表 G5 采用；

K_R——相对爬高系数，按式(G11)～式(G14)计算：

$$K_R = 1.24\,\mathrm{th}(0.432M) + (N - 1.029)Q \tag{G11}$$

$$M = \frac{1}{m}\left(\frac{L_m}{h_{1\%}}\right)^{1/2}\left(\mathrm{th}\frac{2\pi H_m}{L_m}\right)^{-1/2} \tag{G12}$$

$$N = 2.49\,\mathrm{th}\frac{2\pi H_m}{L_m}\left[1 + \frac{\dfrac{4\pi H_m}{L_m}}{\mathrm{sh}\dfrac{4\pi H_m}{L_m}}\right] \tag{G13}$$

$$Q = 1.09M^{3.32}\exp(-1.25M) \tag{G14}$$

表 G4　考虑波浪入射角的折减系数

β(°)	0	10	20	30	40	50	60
K_φ	1.00	0.98	0.96	0.92	0.87	0.82	0.76

注：β—波浪入射角，即波峰线与堤轴线的夹角。

表 G5　系数 K_v 值

v_0/c	≤1	2	3	4	≥5
K_v	1.00	1.10	1.18	1.24	1.28

注：c—波速(m/s)，$c = L_m/T_m$。

附录 H

(标准的附录)

水库坝前水温计算

H.0.1　水库坝前水温的年周期变化过程可用下式表示：

$$T_w(y,\tau) = T_{wm}(y) + A_w(y)\cos\omega[\tau - \tau_0 - \varepsilon(y)] \tag{H1}$$

式中　$T_w(y,\tau)$——水深 y (m)处、τ (月)时刻的多年月平均水温；

τ_0——气温年周期变化过程的初始相位，按 17.2.1 确定；

$T_{wm}(y)$——水深 y (m)处的多年年平均水温，按 H.0.2 确定；

$A_w(y)$——水深 y (m)处的多年平均水温年变幅，按 H.0.3 确定；

$\varepsilon(y)$——水深 y (m)处的水温年周期变化过程与气温年周期变化过程的相位差(月)，按 H.0.4 确定。

H.0.2　拟建水库的多年平均水温，可根据水库特性分别按下列情况确定：

(1) $H_n \geqslant y_0$ 的多年调节水库：

$$T_{wm}(y) = \begin{cases} C_1 e^{-0.015y} & (y < y_0) \\ C_1 e^{-0.015y_0} & (y \geqslant y_0) \end{cases} \tag{H2}$$

(2) $H_n \geqslant y_0$ 的非多年调节水库：

$$T_{wm}(y) = C_1 e^{-0.010y} \tag{H3}$$

(3) $H_n < y_0$ 的水库：

$$T_{wm}(y) = C_1 e^{-0.005y} \tag{H4}$$

式中　H_n——水库坝前正常水深(m)；

y_0——多年调节水库的变化温度层深度(m)，一般可取 y_0 =50～60 m；

C_1——拟合参数，按下式计算：

$$C_1 = 7.77 + 0.75T_{am} \tag{H5}$$

T_{am}——坝址多年年平均气温，按 17.2.1 确定。

H.0.3　拟建水库的多年平均水温年变幅，可根据水库特性分别按下列情况确定：

(1) $H_n \geqslant y_0$ 的多年调节水库：

$$A_w(y) = \begin{cases} C_2 e^{-0.055y} & (y < y_0) \\ C_2 e^{-0.055y_0} & (y \geqslant y_0) \end{cases} \tag{H6}$$

(2) $H_n \geqslant y_0$ 的非多年调节水库：

$$A_w(y) = C_2 e^{-0.025y} \tag{H7}$$

(3) $H_n < y_0$ 的水库：

$$A_w(y) = C_2 e^{-0.012y} \tag{H8}$$

式中 C_2——拟合参数，按下式计算：

$$C_2 = 0.778A_a' + 2.94 \tag{H9}$$

A_a'——修正后的气温年变幅，按下式计算：

$$A_a' = \begin{cases} T_{a7}/2 + \Delta_a & (T_{am} < 10\ ℃) \\ A_a & (T_{am} \geqslant 10\ ℃) \end{cases} \tag{H10}$$

A_a——坝址多年平均气温年变幅，按 17.2.1 确定；

T_{a7}——7 月多年平均气温，可取 $T_{a7} = T_{am} + A_a$；

Δ_a—— 太阳辐射所引起的增量，可取 $\Delta_a = 1 \sim 2$ ℃。

H.0.4 拟建水库水温年周期变化过程与气温年周期变化过程的相位差，可根据水库特性分别按下列情况确定。

(1) $H_n \geqslant y_0$ 的多年调节水库：

$$\varepsilon(y) = \begin{cases} 0.53 + 0.059y & (y < y_0) \\ 0.53 + 0.059y_0 & (y \geqslant y_0) \end{cases} \tag{H11}$$

(2) $H_n \geqslant y_0$ 的非多年调节水库：

$$\varepsilon(y) = 0.53 + 0.030y \tag{H12}$$

(3) $H_n < y_0$ 的水库：

$$\varepsilon(y) = 0.53 + 0.008y \tag{H13}$$

附录 J
（标准的附录）
拱坝运行期温度作用的标准值

J.0.1 拱坝运行期温度作用的标准值可由下列公式计算：

$$\Delta T_{mk} = T_{m1} + T_{m2} - T_{m0} \tag{J1}$$

$$\Delta T_{dk} = T_{d1} + T_{d2} - T_{d0} \tag{J2}$$

式中 ΔT_{mk}、ΔT_{dk}——截面平均温度变化标准值和截面等效线性温差变化标准值；

T_{m0}、T_{d0}——封拱时的截面平均温度和等效线性温差，由封拱时的实际温度分布按式 (17.1.3－2) 计算；

T_{m1}、T_{d1}——由坝体多年年平均温度场确定的截面平均温度和等效线性温差，按 J.0.2 计算；

T_{m2}、T_{d2}——由坝体多年平均变化温度场确定的截面平均温度和等效线性温差，按 J.0.3 计算。

J.0.2 T_{m1}、T_{d1} 按下列公式计算：

$$T_{m1} = (T_{me} + T_{mi})/2 \tag{J3}$$

$$T_{d1} = T_{me} - T_{mi} \tag{J4}$$

式中 T_{mi}、T_{me}——上、下游坝面多年年平均温度，根据其外部环境按 17.2 节中有关条文确定。

J.0.3 T_{m2}、T_{d2} 按下列公式计算：

$$T_{m2} = \frac{\rho_1}{2}[A_e\cos\omega(\tau - \theta_1 - \tau_0) + A_i\cos\omega(\tau - \theta_1 - \varepsilon - \tau_0)] \tag{J5}$$

$$T_{d2} = \rho_2[A_e\cos\omega(\tau - \theta_2 - \tau_0) - A_i\cos\omega(\tau - \theta_2 - \varepsilon - \tau_0)] \tag{J6}$$

其中：

$$\rho_1 = \frac{1}{\eta}\sqrt{\frac{2(\mathrm{ch}\,\eta - \cos\eta)}{\mathrm{ch}\,\eta + \cos\eta}}$$

$$\rho_2 = \sqrt{a_1^2 + b_1^2}$$

$$\theta_1 = \frac{1}{\omega}\left[\frac{\pi}{4} - \text{arctg}\left(\frac{\sin\eta}{\text{sh}\,\eta}\right)\right]$$

$$\theta_2 = \frac{1}{\omega}\text{arctg}\left(\frac{b_1}{a_1}\right)$$

$$a_1 = \frac{6}{\rho_1 \eta^2}\sin(\omega\theta_1)$$

$$b_1 = \frac{6}{\rho_1 \eta^2}[\cos(\omega\theta_1) - \rho_1]$$

$$\eta = \sqrt{\frac{\pi}{a_c p}}L$$

$$\omega = \frac{2\pi}{p}$$

式中 p——温度变化周期，取 $p=12$(月)；

L——坝体厚度(m)；

a_c——混凝土的导温系数，按 17.1.4 确定；

τ_0——气温年周期变化过程的初始相位，按 17.2.1 确定；

ε——上、下游坝面温度年周期变化过程的相位差，当上游面为库水，下游面为空气时，可按 H.0.4 确定；

A_i、A_e——上、下游坝面多年平均温度年变幅，根据其外部环境按 17.2 中有关条文确定；

τ——温度作用最不利组合的计算时点。通常可取 $\tau=7.5$ 或 8.0 计算与温升标准值相应的 T_{m2}、T_{d2}，然后改变符号作为与温降标准值相应的 T_{m2}、T_{d2}。

上式中 ρ_1、ρ_2、θ_1、θ_2 也可从图 J1 中查得。

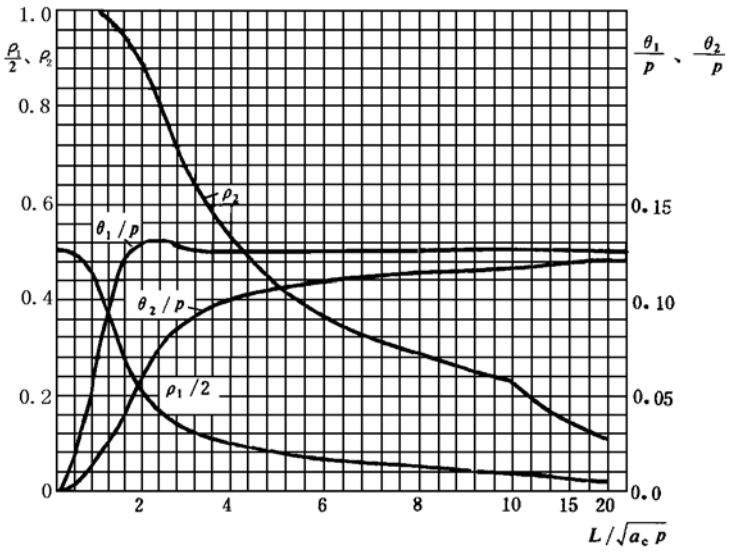


图 J1 $\frac{\rho_1}{2}$、ρ_2、$\frac{\theta_1}{p}$、$\frac{\theta_2}{p}$ 与 $\frac{L}{\sqrt{a_c p}}$ 的关系

附录 K

(标准的附录)

本规范用词说明

K.0.1 为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

(1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”;

反面词采用“严禁”。

(2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”;

反面词采用“不应”或“不得”。

(3)对表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”或“可”;

反面词采用“不宜”。

K.0.2 条文中指定应按其他有关标准、规范执行时,写法为“应符合……的规定”;非必须按所指定的标准、规范或规定执行时,写法为“可参照……”。