

## 泥石流灾害防治工程设计规范

---

### 1 总则

#### 1.1 泥石流灾害防治的基本程序

**第 1.1.1 条** 泥石流防治程序是指泥石流灾害防治项目从决策、勘查、可行性研究、工程设计、施工到竣工验收全过程中的各个阶段及其先后次序。为保证获得最佳的社会效益、经济效益和环境效益，泥石流灾害防治应遵循下列基本程序。

**第 1.1.2 条** 工程勘查 主要根据设计阶段和泥石流灾害体及其防治区域，进行测量、测绘、测试、勘探、试验、鉴定、研究与综合分析评价工作。目的是为防治工程设计和施工提供科学依据。

**第 1.1.3 条** 可行性研究 通过初步勘查、监测、稳定性分析，危害性评估等工作，对是否需要进行防治、以及防治的范围和重点区域，防治工程方案的选定等，提出可行性分析，上报各省(直辖市、自治区)国土资源厅和国务院国土资源部，作为领导机关决策的依据。

**第 1.1.4 条** 立项与编制设计任务书 根据可行性研究报告，区别泥石流灾害项目的重要性、危害性与规模，按地质灾害防治项目的批准权限，提出立项报告。立项批准后，应立即组织编写设计任务书。

**第 1.1.5 条** 工程设计 包括初步设计和施工图设计，主要是编制适应这两个阶段的设计说明书、工程图件和工程概、预算。

**第 1.1.6 条** 工程施工 是实现设计文件的重要阶段，应做到计划、设计、施工三个环节互相衔接，投资、工程内容、施工图纸、设备材料、施工力量五个方面

落实，保证全面完成设计文件的内容及要求。

**第 1.1.7 条 竣工验收** 检查施工单位是否按设计文件、施工合同完成任务，同时还要移交固定资产、交付给当地政府或专职单位使用和维护管理。

## 1.2 泥石流灾害防治工程设计的特点

**第 1.2.1 条 非标准设计** 不同类型的泥石流灾害有不同的特点，防治工程设计对每个泥石流的治理范围、采取的方案和措施是互不相同的。所以，泥石流灾害防治工程设计属非标准设计，必须对每个泥石流进行具体的针对性设计。

**第 1.2.2 条 风险性设计** 泥石流是不良的复杂地质体，为非均质、各向异性介质，物理力学参数是随机变量，变异性大；其次，防治工程承受来自泥石流体和外界的各种荷载，不仅自身应具有足够的抗变形和破坏的能力，而且还要求下伏的地质体也具有优良的性质；另外，泥石流灾害防治工程迄今还是一门不严谨、不完善、不成熟的科学技术。因此，泥石流灾害防治工程设计受诸多不确定因素的影响，必然存在着相当大的风险性，要求在施工过程中加强检验和监测，根据检测资料适时进行设计变更，以使设计能更接近实际，保证工程质量和安全，提高工程效益。

**第 1.2.3 条 应急设计** 泥石流灾害具有较高的发生频率，其发生往往具有突发性。为了防止泥石流灾害的发生或减轻其危害程度，在泥石流发生前后开展的防治工程设计，不少情况下具有应急设计的特点。此种情况下，通常是边勘察、边设计、边监测、边施工。

**第 1.2.4 条 综合防治的重要性** 单一的防治工程措施有时难以承受来自泥石流灾害体的外界荷载，从而导致工程失效。因此，针对每个泥石流的特点，在不同部位采取不同的措施，进行综合防治是非常重要的。即使工程投资不能一次到位，也应在防治方案的基础上，进行分解，采取分期、分步实施的办法进行综合防治。

## 1.3 泥石流灾害防治工程设计的基本要求

**第 1.3.1 条** 应以少的投资、短的工期，达到设计服务(使用)期内安全运行，并满足所有预定功能。即在设计服务(使用)期内在预定功能、安全性和耐久性、工

期和投资的经济性三个方面达成要求。具体而言，应满足以下要求：

(1)在特殊荷载组合条件下，防治工程仍能保证地质灾害体的整体稳定性，不致造成)危及人员生命等重大的地质灾害。

(2)在正常荷载组合条件下，防治工程应保证地质灾害体无明显的破坏，不会造成危及建筑物安全的地质灾害。

(3)泥石流灾害防治工程的永久性工程的设计服务(使用)期一般可按 50 年考虑，特殊工程应进行专门论证。

**第 1.3.2 条** 应充分收集与工程设计相关的气象、水文、地形、地质、水文地质等资料，作为防治工程设计的依据。同时，应考虑到场地可能发生的自然地质灾害(如暴雨、洪水、崩塌、滑坡等)和工程建设可能引起的新的地质灾害，对这些灾害应在勘察、评价、预测的基础上，采取有效的预防措施。

**第 1.3.3 条** 应在室内和野外试验的基础上，进行统计分析，算出各项参数的平均值、标准差和变异系数，确定其标准值。同时，结合类似工程的经验参数，进行对比分析后，合理的选取设计值。

**第 1.3.4 条** 应定性和定量分析相结合。两种分析都应在详细占有资料的基础上，运用成熟的理论和行之有效的新技术和新方法，进行充分论证，并宜提出多方案进行比较。

**第 1.3.5 条** 应注意与当地社会、经济和环境发展相适应，与市政规划、环境保护、土地管理和开发相结合，并在安全、经济、适用的前提下尽量做到美观。

**第 1.3.6 条** 泥石流灾害防治方法要点：

(1)以流域为单元进行生物措施与工程治理相结合的综合治理。根据泥石流活动的时、空特点，采用不同的防治工程，以减轻或化解泥石流的成灾因素。

(2)在形成区以抑制泥砂产生为主，阻滞泥沙输移，常用的措施有：恢复植被、建造多树种多层次的立体防护林、坡面截水沟、沟谷区的拦沙坝、导流堤、护岸、护底工程等。

(3)在流通区和泥石流通过地段以疏导为主，保证流路通畅。主要措施是导流和护岸、护底、清障。在地形较好的地区，则采用可靠的拦挡措施，以达到减沙、减势、控制水沙下泄量、控制流量的效果。拦挡工程有：实体重力坝和格栅坝、停淤场、导流堤、坝下的护岸、护底等。

(4)对规模巨大、势能大的泥石流，宜采取避让措施或防冲措施。如平面绕避改道、立面绕避(渡槽、明洞渡槽、高桥、大跨、沟底隧道等)。

(5)利用停淤、分流化解泥石流水、沙集中的矛盾。主要措施有停淤场、分流导流工程。

(6)改建或迁移防护设施。

(7)视地形条件，在堆积区停淤减沙或停淤束水攻沙，增大搬运能力，使泥沙顺利直接排入大河。

(8)汇入大河段，应加大大河排沙能力，稳定主流切割扇缘，降低泥石流沟侵蚀基准面。采取的主要工程措施为导流堤、挑流坝等。

#### 1.4 泥石流灾害防治工程设计的依据和基础资料

**第 1.4.1 条** 设计工程师进行泥石流灾害防治工程设计工作必须有法定的依据。主要包括：

- (1)可行性研究报告；
- (2)设计任务书；
- (3)工程勘察报告等。

**第 1.4.2 条** 泥石流防治工程设计的基础资料应满足各设计阶段的要求。主要包括以下方面：

- (1)地形资料：地形图及平面、高程控制；
- (2)气象水文资料：气温、降雨、冻结深度、暴雨；水文、流量、淹没、冲淤等；
- (3)防治工程勘察资料：地质体的类型、年代、成因、产状、分布；岩土的工程性质及变异性；地质构造的性质、展布及对工程的影响；自然或人为不良地质现象

及对工程的影响；地下水类型、水位及埋深、动态、补给排泄条件及地层渗透系数；水与土对建筑材料的腐蚀性；地震基本烈度，地震动参数；特殊岩土测试与评价；

(4) 其它资料：施工场地的水、电、交通条件；排水、排污条件；对噪声、振动的限制；防治工程勘察、设计及施工的地方经验；地方的材料及劳务价格；防治工程影响范围内的城镇建设发展规划图等。

**第 1.4.3 条** 防治工程设计在执行本规范时，尚应参照执行国家、行业、部门现行的规范、规程、标准及指南、手册(附录 6)。

## **2 基本规定与设计标准**

### **2.1 泥石流灾害防治工程设计阶段及其主要任务**

**第 2.1.1 条** 泥石流灾害防治工程可分为防治工程、治理工程和应急治理工程三类。

**第 2.1.2 条** 防治工程应按三阶段设计，即可行性方案设计、初步设计和施工图设计；治理工程宜按两个阶段设计，即初步设计和施工图设计。

**第 2.1.3 条** 应急治理工程可按一阶段设计，即根据现场勘查：立即进行施工图设计，视情况也可边勘察、边设计、边施工、边监测。

**第 2.1.4 条** 可行性方案设计阶段，应根据防治目标，对多种设计方案进行全面的技术与经济论证，提出优化的推荐设计方案。此阶段的设计文件应提出相应的设计方案图纸，设计论证说明。

**第 2.1.5 条** 初步设计阶段应对泥石流灾害影响范围的防治任务进行科学合理的分解，并对各单元项目确定设计要求与边界、实现目标的可行性、工程的实现步骤和有关工程参数，编制出相应的完整的工程图纸、监控测量方案，设计说明书及工程概算。

**第 2.1.6 条** 施工图设计阶段应对初步设计图进行扩充，使之满足实施的需要；对监测方案应给出准确的布点位置及要求，以利于定位实施；编制工程预算及设计

说明书。

**第 2.1.7 条** 在泥石流灾害工程安全等级为三级和四级的情况下，可将可行性方案设计与初步设计合并，编制能达到初设要求的可行性方案设计。

**第 2.1.8 条** 各阶段的设计图表一般包括平面图、剖面图、结构详图，以及工程项目一览表、计算成果表、材料统计表、概、预算表等。

**第 2.1.9 条** 各阶段的设计说明书一般应阐述下列内容：①工程目的及任务来源；②设计依据；③设计的基础资料和基本数据；④防治工程设计标准；⑤设计方案；⑥计算；⑦施工注意事项；⑧检验与监测；⑨概、预算；⑩工程效益分析。

计算书一般作为存档备查技术文件，可不对外提交。其内容应包括计算公式(或数学模型)、计算参数的选取、计算结果及评价等。

## 2.2 泥石流灾害防治工程安全等级标准

**第 2.2.1 条** 泥石流灾害防治工程安全等级的划分，宜采用以受灾对象及灾害程度为主、适当参考工程造价的原则，进行综合确定。

**第 2.2.2 条** 根据泥石流灾害的受灾对象、死亡人数、直接经济损失、期望经济损失和防治工程投资等五个因素，可将泥石流灾害防治安全等级划分为四个级别(表 2—1)。

## 2.3 泥石流灾害防治工程设计标准

**第 2.3.1 条** 泥石流灾害防治工程设计标准的确定，应进行充分的技术经济比选，既要安全可靠，也要经济合理。

**第 2.2.2 条** 泥石流灾害防治工程设计标准，应使其整体稳定性满足抗滑(抗剪或抗剪断)和抗倾覆安全系数的要求(表 2—2)。

**第 2.2.3 条** 泥石流拦挡坝坝体与坝基应具有足够的强度，坝体内或地基的最大压应力  $s_{\max}$  不超过筑坝材料的允许值，最小压应力。心不允许出现负值。

## 3 荷载分析与计算

表 2—1 泥石流灾害防治工程安全等级标准

地质灾害	防 治 工 程 安 全 等 级			
	一 级	二 级	三 级	四
受灾对象	省会级城市	地、市级城市	县级城市	乡、镇及重要居民点
	铁道、国道、航道主干线及大型桥梁隧道	铁道、国道、航道及中型桥梁、隧道	铁道、省道及小型桥梁、隧道	乡、镇间的道路桥梁
	大型的能源、水利、通讯、邮电、矿山、国防工程等专项设施	中型的能源、水利、通讯、邮电、矿山、国防工程等专项设施	小型的能源、水利、通讯、邮电、矿山、国防工程等专项设施	乡、镇级的能源、水利、通讯、邮电、矿山等专项设施
	一级建筑物	二级建筑物	三级建筑物	普通建筑物
死亡人数	>1000	1000~100	100~10	<10
直接经济损失 (104 元)	>1000	1000~500	500~100	<
期望经济损失 (104 元 / 年)	>1000	1000~500	500~100	<
防治工程投资 (104 元)	>1000	1000~500	500~100	<

\* 表中的一、二、三级建筑物是指 GBJ7—89 规范中一、二、三级建筑物

表 2—2 泥石流灾害防治主体工程设计标准

防治工程安全等级	降雨强度	拦挡坝抗滑安全系数		拦挡坝抗倾覆安全系数	
		基本荷载组合	特殊荷载组合	基本荷载组合	特殊荷载组合
一级	100 年一遇	1.25	1.08	1.60	1.15
二级	50 年一遇	1.20	1.07	1.50	1.14
三级	30 年一遇	1.15	1.06	1.40	1.12
四级	10 年一遇	1.10	1.05	1.30	1.10

### 3.1 重力式实体拦挡坝

**第 3.3.1 条** 作用于拦挡坝的基本荷载有：坝体自重、泥石流压力、堆积物的土压力、过坝泥石流的动水压力、水压力、扬压力、冲击力等。



(1) 坝体自重  $W_b$  取决于单宽坝体体积  $V_b$  和筑坝材料重度  $g_b$ ，即：

$$W_b = V_b \times g_b \quad (3.1-1)$$

一般浆砌块石坝的  $g_b$  可取  $24\text{KN/m}^3$ 。

(2) 泥石流竖向压力包括土体重  $W_s$  和溢流重  $W_f$ 。土体重  $W_s$  是指拦挡坝溢流面以下垂直作用于坝体斜面上的泥石流体重量，重度有差别的互层堆积物的  $W_s$  应分层计算。

溢流重  $W_f$  是泥石流过坝时作用于坝体上的重量，按下式计算：

$$W_f = h_d \cdot g_d \quad (3.1-2)$$

式中： $h_d$  为设计溢流体厚度 (m)； $g_d$  为设计溢流重度 ( $\text{KN/m}^3$ )。

(3) 作用于拦挡坝近水面上的水平压力有水石流体水平压力  $F_{dl}$ 、泥石流体水平压力  $F_{dl}$ ，以及水平水压力  $F_{wl}$ 。

$$F_{dl} = \frac{1}{2} g_{ys} h_s^2 \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{j_{ys}}{2} \right) \quad (3.1-3)$$

式中：浮砂重度  $g_{ys} = g_{ds} - (1-n)g_w$ ； $l_{ds}$  为干砂重度； $l_w$  为水位重度； $n$  为孔隙率； $h_s$  为水石流体堆积厚度； $j_{ys}$  为浮砂内摩擦角。

$F_{vl}$  也采用朗肯主动土压力计算：

$$F_{vl} = \frac{1}{2} g_c \cdot H_c^2 \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{j_a}{2} \right) \quad (3.1-4)$$

式中： $g_s$  为泥石流重度； $H_c$  为泥石流体泥深； $j_a$  为泥石流体内摩擦角（一般取值  $4^\circ \sim 10^\circ$ ）。

$F_{wl}$  按下式计算：

$$F_{wl} = \frac{1}{2} g_w H_w^2 \quad (3.1-5)$$

式中： $g_w$  为水体的重度； $H_w$  为水的深度。

(4) 过坝泥石流的动水压力为。为过坝泥石流水平作用在坝体上泥石流流动压力，



按下式计算:

$$S = (g_c / g) V_c^2 \quad (3.1-6)$$

式中:  $V_c$  为泥石流的平均流速 (m/s);  $g$  为重力加速度,  $g=9.8\text{m/s}^2$ ;  $g_c$  为泥石流的重度。

(5) 作用在迎水面坝踵处的扬压力  $F_y$  按下式计算:

$$F_y = K \frac{H_1 + H_2}{2} B g_w \quad (3.1-7)$$

式中:  $F_y$  为扬压力 (kPa);  $H_1$  为坝上游水深 (m);  $H_2$  为坝下游水深 (m);  $B$  为坝底宽度 (m);  $K$  为折减系数, 可根据坝基渗透性参见有关规范而定。

(6) 冲击力  $F_c$  包括泥石流整体冲击力  $F_d$  和泥石流中大块石的冲击力  $F_b$ 。

泥石流整体冲击力用下式计算:

$$F_d = I \frac{g_c}{g} V_c^2 \sin a \quad (3.1-8)$$

式中:  $F_d$  为泥石流整体冲击压力 (kPa);  $g_c$  为泥石流重度 ( $\text{kN/m}^3$ );  $V_c$  为泥石流流速 (m/s);  $g$  为重力加速度 ( $\text{m/s}^2$ ),  $g=9.8\text{m/s}^2$ ;  $a$  为建筑物受力面与泥石流冲压方向的夹角 (度);  $I$  为建筑物形状系数, 圆形建筑物  $I=1.0$ , 矩形建筑物  $I=1.33$ , 方形建筑物  $I=1.47$ 。

若受冲击工程建筑物为墩、台或柱时, 泥石流大块石冲击力计算公式为:

$$F_b = \sqrt{\frac{3EJV^2W}{gL^3}} \cdot \sin a \quad (3.1-9)$$

式中:  $F_b$  为泥石流大块石冲击力 (kPa);  $E$  为工程构件弹性模量 (kPa);  $J$  为工程构件截面中心轴的惯性矩 ( $\text{m}^4$ );  $L$  为构件长度 (m);  $V$  为石块运动速度 (m/s);  $W$  为石块重量 (kN);  $g$  为重力加速度 (取  $g=9.8\text{m/s}^2$ );  $a$  为块石运动方向与构件受力面的夹角。

若受冲击建筑物为坝、闸或拦栅等， $F_b$ 按下式计算：

$$F_b = \sqrt{\frac{48ELV^2W}{gL^3}} \cdot \sin a \quad (3.1-10)$$

式中符号意义同上。

**第 3.1.2 条** 对于水石流，作用于拦挡坝上的荷载组合应如下考虑：

(1) 空库过流时，作用荷载有：坝体自重  $W_d$ 、水石流土体重  $W_s$ 、溢流体重  $W_f$ 、水平水压力  $W_{wl}$ 、过坝水石流的动水压力  $S$ 、水石流水平压力  $F_{dl}$  以及扬压力  $F_y$ （未折减），以及与地震力的组合。

(2) 未满库过流时，作用荷载有：坝体自重  $W_d$ 、土体重  $W_s$ 、溢流体重  $W_f$ 、水石流水平压力  $F_{dl}$ 、水平水压力  $W_{wl}$ 、过坝水石流的动水压力  $S$  和扬压力  $F_y$ （考虑了折减），以及与地震力的组合。

对于泥石流，作用在拦挡坝的荷载组合，只将水石流产生的水平压力  $F_{dl}$  换为泥石流的  $F_{wl}$ 。在满库过流计算  $W_s$  时应分层考虑。

空库运行时，拦挡坝的稳定性最差，坝后淤积越高，拦挡坝稳定性越好。

**第 3.1.3 条** 拦挡坝的稳定性验算应包括以下三个方面：

(1) 抗滑稳定性验算

$$k_c = \frac{f \sum N}{\sum P} \quad (3.1-11)$$

式中： $k_c$  为抗滑安全系数，可根据防治工程安全等级及荷载组合取值； $\sum N$  为垂直方向作用力的总和 (kN)； $\sum P$  为水平方向作用力的总和 (kN)。

(2) 抗倾覆验算

$$k_0 = \frac{\sum M_N}{\sum M_P} \quad (3.1-12)$$

式中： $k_0$  为抗倾覆安全系数，可根据防治工程安全等级及荷载组合取值； $\sum M_N$  为抗倾力矩的总和 (kN·m)； $\sum M_P$  为倾覆力矩的总和 (kN·m)。

(3) 地基承载力应满足下式:

$$s_{\max} \leq [s] \quad (3.1-13)$$

$$s_{\min} \geq 0$$

$$\text{其中: } s_{\max} = \frac{\sum N}{B} \left( 1 + \frac{6e_0}{B} \right)$$

$$s_{\min} = \frac{\sum N}{B} \left( 1 - \frac{6e_0}{B} \right)$$

式中:  $s_{\max}$  为最大地基应力 (kN);  $s_{\min}$  为最小地基应力 (kN/m<sup>2</sup>);  $\sum N$  为垂直力的总和 (kN); B 为坝底宽度 (m);  $e_0$  为偏心矩;  $[s]$  为地基容许承载力。

(4) 坝身强度计算, 可按结构力学公式计算。

## 3.2 排导工程

**第 3.3.1 条** 排导槽的基本荷载包括结构自重、土压力、泥石流流体重量和静压力、泥石流的冲击力。特殊荷载为地震力。

基本荷载组合: 结构自重、土压力、设计情况下的流体重量和流体静压力、泥石流的冲击力。

特殊组合: 结构自重、土压力、校核情况下的流体重量和流体静压力、泥石流的冲击力、地震力。

**第 3.3.2 条** 排导槽在设计中, 必须满足:

(1) 整体式框架结构和全断面衬砌结构应具有足够的刚度, 设计荷载作用下地基有足够的承载力。

(2) 验算挡土墙在设计荷载作用下, 抗滑、抗倾和地基承载力应满足设计要求。

(3) 验算倾斜的护坡厚度和刚度, 避免由于不均匀沉陷变形和局部应力而折断、开裂。验算砌体和下卧层之间的抗滑稳定性应满足设计要求。

(4) 验算最大冲刷深度, 槛基不得悬空外露, 槛基埋深应为槛高的  $1/2 \sim 1/3$ 。同时, 槛顶耐磨层的耐久性满足使用年限。

(5)结构的顶冲部位应具有较好的抗冲击强度。泥石流的抗冲击力按式 3.1—9 计算。

**第 3.3.3 条** 渡槽的基本荷载包括结构自重、填土重量及土压力(进、出口段槽体)、泥石流体重量和静压力、泥石流的冲击力。特殊荷载为地震力和温度荷载引起的结构附加应力。

基本荷载组合：结构自重、土压力、设计情况下的流体重量和流体静压力、泥石流的冲击力。

特殊组合：结构自重、土压力、校核情况下的流体重量和流体静压力、泥石流的冲击力、地震力、温度荷载引起的结构附加应力。

**第 3.3.4 条** 渡槽为一空间结构，其纵、横方向结构与受力均不相同。计算时选不同的结构计算单元，既作纵、横向结构总体计算，又分别计算侧墙、底板、肋箍、拉杆、腹拱、竖墙、立柱、拱墩、基础等的强度、抗裂性以及稳定性等。上述计算可参照同类结构的计算方法进行。

## 4 泥石流防治工程设计

### 4.1 一般规定

**第 4.1.1 条** 治理的目的是控制泥石流发生和发展，减轻或消除对被保护对象的危害，使被保护流域恢复或建立起新的良性生态平衡，改善环境。

**第 4.1.2 条** 必须在防治工程设计前，按国土资源部地质灾害调查方法规定的内容查清泥石流活动的规律、频度、发展趋势和危害性的条件下，进行有针对性的治理设计。

**第 4.1.3 条** 在用地规划中，严格按泥石流河沟危险区划限制新建、扩建项目，提高危险区内建筑物设防标准。将减灾、防灾工作做在规划设计阶段。在泥石流流域内，对泥石流从形成区、流通区到堆积区宜分别采用以恢复植被、截水、护坡、拦挡、排导和防护等工程为主的治理措施。

**第 4.1.4 条** 对处于重要城镇或交通线上方，且坡降比较陡的有较强活跃性的泥石流沟，中途不宜多用高坝拦截工程，以免积少成多，酿成大祸。而应当加强上游沙源、水源治理，中游拦挡、停淤、减沙、减势和下游的排导停淤、护岸工程。

**第 4.1.5 条** 泥石流防治应遵循以下原则：

- (1) 全面规划，综合治理，突出重点，减轻和防止灾害发生。
- (2) 坚持以防为主，防、治结合，除害兴利的方针。
- (3) 结合实际，做到经济上合理，技术上可靠。

**第 4.1.6 条** 根据被保护对象，选择不同的防治工程类型，并按其重要性选择设计标准。

**第 4.1.7 条** 泥石流防治工程设计主要参数选取和计算：

(1) 泥石流体重度  $g_c$ ：

采用称重法或体积比法测定。在无实验条件的情况下，可根据泥石流易发程度 (N) 查 (N— $g_c$ —1+j) 对照表获得，见附录 6(27)。

(2) 泥石流流速  $V_c$ ：

$$V_c = \frac{1}{\sqrt{g_H j + 1}} \cdot \frac{1}{n} \cdot H_c^{2/3} \cdot I_x^{1/2} \quad (4.1-1)$$

式中： $g_H$  为固体物质重度； $H_c$  为计算断面的平均泥深； $I_c$  为泥石流水力坡度； $n$  为泥石流沟床的糙率系数； $j$  为泥石流泥沙修正系数 (见表 6—1)。

表 6—1 泥石流重度  $g_c$ 、泥石流固体物质重度  $g_H$  与泥石流泥沙修正系数  $j$  对照表

$g_H \backslash g_c$	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.3
2.4	0.272	0.400	0.556	0.750	1.000	1.330	1.80	2.50	3.67	6.00	13.00
2.5	0.250	0.364	0.500	0.667	0.875	1.140	1.50	2.00	2.75	4.00	6.50
2.6	0.231	0.333	0.454	0.600	0.778	1.000	1.28	1.67	2.20	3.00	4.33
2.7	0.214	0.308	0.416	0.545	0.700	0.890	1.12	1.43	1.83	2.40	3.25

(3) 泥石流流量计算:

① 现场形态调查法:

$$Q_c = V_c \cdot F_c \quad (4.1-2)$$

式中:  $F_c$  为泥石流过流断面面积;  $V_c$  为泥石流流速。

② 雨洪计算法:

$$Q_c = K_Q \cdot Q_B \cdot D \quad (4.1-3)$$

式中:  $Q_B$  为清水洪峰流量。按所在地区省水利厅印发的水文手册中计算公式计算。

$K_Q$  为泥石流流量修正系数, 可按下式计算获得:

$$K_Q = 1 + \frac{g_c - 1}{g_H - g_c} = 1 + j \quad (4.1-4)$$

$D$  为堵塞系数, 可查表 6—2 获得。

表 6—2 泥石流堵塞系数  $D$  查阅表

堵塞程度	严重堵塞	中等严重堵塞	轻微堵塞	无堵塞
$D$ 值	$>2.5$	$2.5 \sim 1.5$	$1.5 \sim 1.1$	$1.0$

(4) 弯道超高  $\Delta H$ :

$$\Delta H = \frac{V_c^2 B}{2gR} \quad (4.1-4)$$

式中:  $B$  为泥面宽;  $R$  为主流中心弯曲半径。

(5) 实测获得沿程泥砂级配及河床表面巨石的三轴向尺寸。

## 4.2 排导槽

**第 4.2.1 条** 排导槽是一种槽形线性过流建筑物, 其作用是即可提高输沙能力、增大输沙粒径, 又可防止河沟纵、横向的变形。将泥石流在控制条件下安全顺利地排泄到指定的区域。

**第 4.2.2 条** 排导槽纵向轴线布置力求顺直与河沟主流中心线一致，尽可能利用天然沟道随弯就势。出口段与主河应锐角相交。

**第 4.2.3 条** 排导槽纵坡设计最好采用等宽度一坡到底。必须设计变坡、变宽度的槽段，两段纵坡的变化幅度不应太大，并应做水力检算。

**第 4.2.4 条** 根据泥石流流量、输沙粒径选择窄深式排导槽断面性状为宜。常用断面形状有梯形、矩形和 V 型三种，也有复合型，见图 4.2—1。

**第 4.2.5 条** 根据流通段沟道的特征，用类比法来计算排导槽的横断面积，应满足如下公式：

$$\frac{B_L}{B_x} \cdot \frac{H_L^{5/3}}{H_x^{5/3}} \cdot \frac{n_x}{n_L} \cdot \frac{I_L^{1/2}}{I_x^{1/2}} \quad (4.2—1)$$

式中：  $B_x$  为排导槽的宽度(m)；  $B_L$  为流通区沟道宽度(m)；  $I_x$  为排导槽纵坡降(‰)；  $I_L$  为流通区沟道纵坡降(‰)；  $H_L$  为流通区沟道泥石流厚度；  $H_x$  为排导槽设计泥石流厚度。

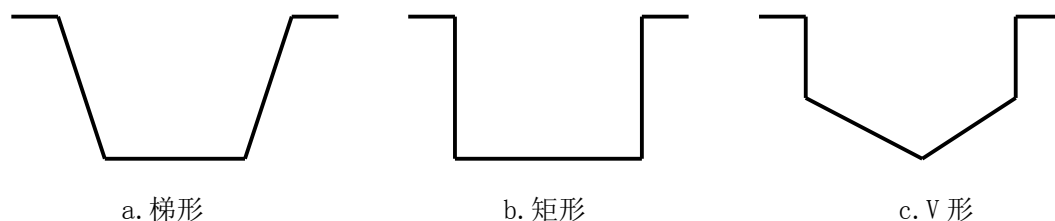


图 4.2—1 泥石流排导槽横断面形状图

**第 4.2.6 条** 排导槽的深度可按下式计算确定(图 4.2—2a)：

$$H = H_c + \Delta H \quad (4.2—2)$$

式中：  $H$  为排导槽深度(m)；  $H_c$  为设计泥深(m)；  $\Delta H$  为排导槽安全超高(m)，一般取  $\Delta H = 0.5 \sim 0.10\text{m}$ 。

排导槽弯道段，深度  $H_w$  还应考虑泥石流弯道超高，  $H_w$  按下式计算(图 4.2—2b)：



$$H_w = H + \Delta H_w \quad (4.2-3)$$

式中： $H_w$ 为排导槽弯道深度(m)； $\Delta H_w$ 为泥石流流道超高(m)， $\Delta H_w$ 根据式(4.1—5)计算获得。

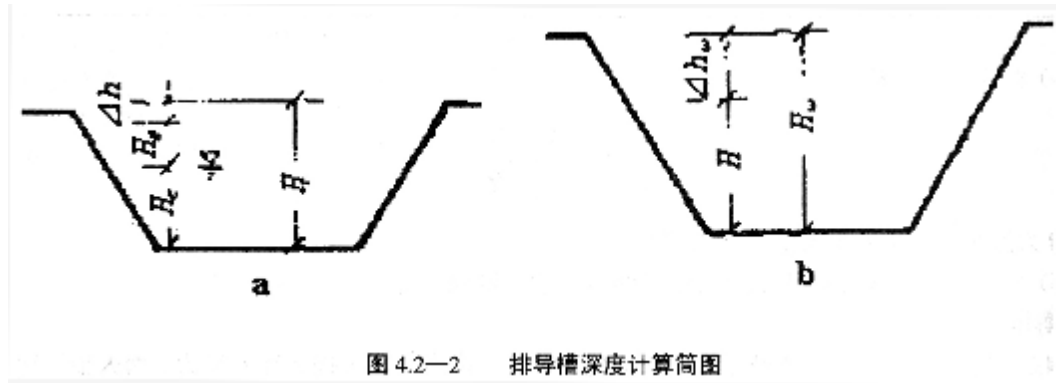


图 4.2—2 排导槽深度计算简图

**第 4.2.7 条** 排导槽进口段平面可做成喇叭形渐变段，排导槽中心线与河沟主流中心线一致。排导槽宽度与原河沟宽度收束比应在 1/3 以下，出口端与大河交角。 $\alpha \leq 45^\circ$ ，出口端沟底标高宜在大河高洪水位上，以防止大河顶托造成末端淤积影响排导槽正常使用。进、出口段均应做水力检算

**第 4.2.8 条** 泥石流排导槽一般采用侧墙加防冲肋板和全衬砌两种结构。

肋板与墙基础成整体，肋板顶部一般与沟底平，见图 4.2—3。边墙可按挡土墙进行设计，基础深度一般为 1.0~1.5m，底为混凝土或浆砌块石铺砌。肋板为钢筋混凝土，一般厚 1.0m，其间距可按下式进行计算。

$$L = \frac{H - \Delta H}{I_0 - I'} \quad (4.2-5)$$

式中： $L$ 为防冲肋板间距(m)； $H$ 为防冲肋板埋深(m)；一般取  $H=1.5 \sim 4.0\text{m}$ ； $\Delta H$ 为防冲肋板安全超高，一般取  $\Delta H=0.5\text{m}$ ； $I_0$ 为排导槽设计纵坡降(%)； $I'$ 为肋板下冲刷后的排导槽纵坡降(%)，一般取  $I' = (0.5 \sim 0.25) I_0$ 。

全衬砌排导槽的侧墙及槽底均用浆砌石护砌，一般适用于槽宽  $\leq 5.0$ ，比降较大的小型槽，横断面一般采用 V 型，槽底横向斜坡  $I_h=300\% \sim 150\%$ 。

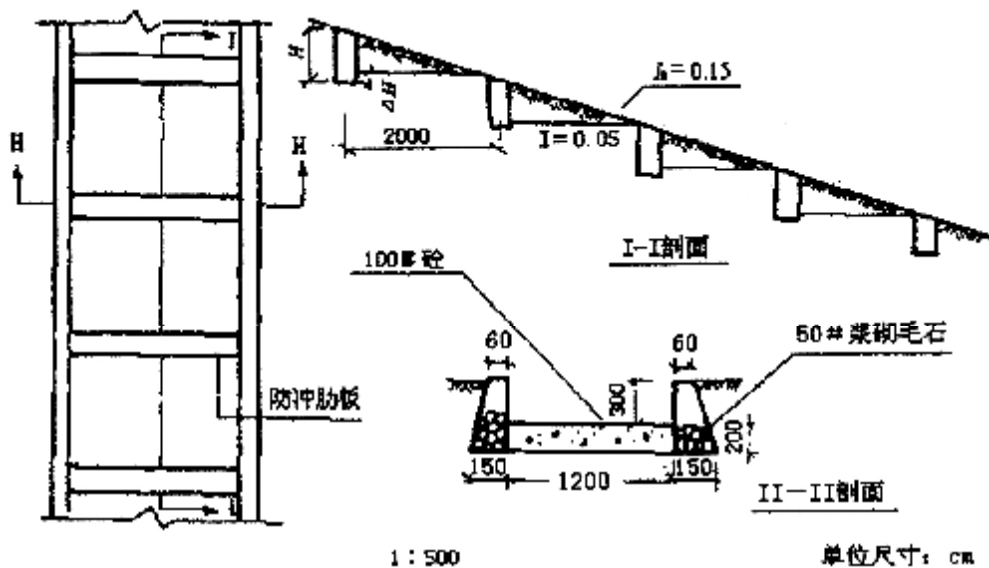


图 4.2—3 分离式排导槽结构图

### 4.3 拦挡坝

#### 4.3.1 一般规定

**第 4.3.1.1 条** 拦挡坝分为重力式实体拦挡坝和格栅坝两种，格栅坝又可以分为刚性格栅坝和柔性格栅坝两种。

**第 4.3.1.2 条** 拦挡坝具有以下功能：

- (1) 拦截水沙，改变输水、输沙条件，调节下泄水量和输沙量；
- (2) 利用回淤效应，稳定斜坡和沟谷；
- (3) 降低河床坡降，减缓泥石流流速，抑制上游河段纵、横向侵蚀；
- (4) 调节泥石流流向。

**第 4.3.1.3 条** 为保障下游安全，在同一个河段内建造的拦挡坝不应少于 3 座，每座坝的调节能力不宜大于 1/3。

**第 4.3.1.4 条** 建造拦挡建筑物的先期或同时，应开展流域内植被工程治理，以延长泥库寿命。

**第 4.3.1.5 条** 拦挡坝坝址的选择应避开泥石流的直冲方向，多设在弯道的下

游侧面，以充分发挥弯道的消能作用。

**第 4.3.1.6 条** 泄流口应与下游沟道中安全流路的中心线垂直。

**第 4.3.1.7 条** 过坝流量、沙量和沙石粒径，应根据下游安全输水、输沙要求，逐级向上分配，确定应建坝的座数。

#### 4.3.2 重力式实体拦挡坝

**第 4.3.2.1 条** 溢流坝段居中，尽量使非溢流坝段成对称结构布置。溢流口宽度取决于设计下泄流量的大小，按溢流坝水力计算决定。溢流口中心线与下游沟道

$$\begin{array}{ll} H_d > 10 & q_c < 30 \\ H_d = 10 \sim 30 & q_c = 15 \sim 30 \\ H_d > 30 & q_c < 15 \end{array} \quad (4.3.2-1)$$

**第 4.3.2.2 条** 排泄孔尽可能成排布置在溢流坝段，孔数不得少于 2 个，多排布设时应作品字形交错排列。一般取：

$$\text{单孔孔径：} \quad D \geq (2 \sim 4.5) D_m$$

$$\text{孔间壁厚：} \quad D_b \geq (1 \sim 1.5) D_m$$

式中：  $D_m$  为过流中最大石块粒径。

**第 4.3.2.3 条** 排泄道进口段轴向力求与主河流向一致，或取小锐角相交，交角。  $\alpha < 30^\circ$ ，引水段应布置成上宽下窄、圆滑渐变的喇叭形，底坡  $I_f > 50 \sim 80\%$ 。

**第 4.3.2.4 条** 利用多年累计库容量或回淤纵坡法计算设计坝高。

**第 4.3.2.5 条** 非溢流坝坝顶高于溢流口底的安全超高  $h$  按下式确定。

$$h = h_s + H_c \quad (4.3.2-2)$$

式中：  $h_s$  是根据坝的不同等级设计所需的安全超高，一般取  $0.5 \sim 1.0\text{m}$ ；  $H_c$  为溢流坝段的泥深。

**第 4.3.2.6 条** 坝顶宽  $b$  按构造要求，且低坝坝面宽度  $b$  不小于 1.5；高坝坝顶宽度  $b$  不小于 3；当有交通及防灾抢险等特殊要求时，  $b$  应大于 4.5m。

第 4.3.2.7 条 坝底部宽度  $B_d$  按实际断面型式通过稳定性计算确定，详见图 4.3.2—1。

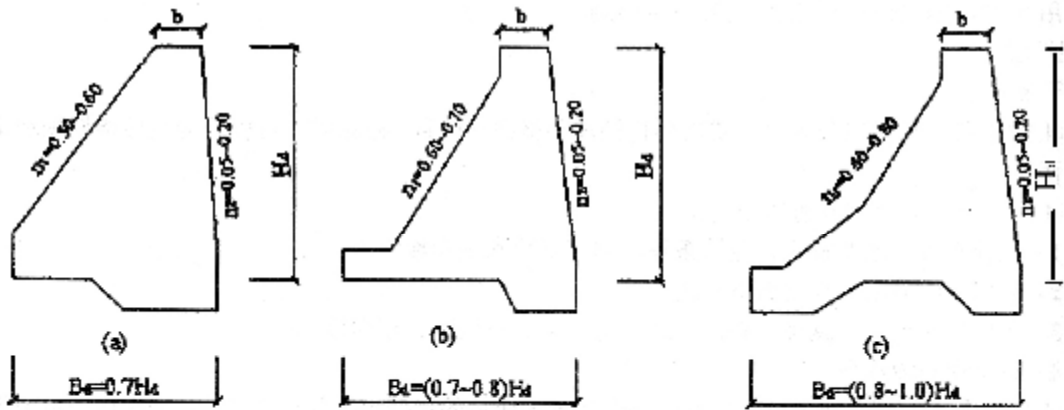


图 4.3.2.1 重力式拦挡坝横断面型式图

第 4.3.2.8 条 坝的设计需进行结构计算，主要包括抗滑稳定、抗倾稳定、坝基应力和坝体应力等。可参照土力学、坝工结构计算方法及其相关规范进行。

第 4.3.2.9 条 坝下消能防护工程包括副坝、护坝等，其结构型式如图 4.3.2—2。大多数拦挡坝采用副坝消能。

副坝与主坝重叠高度  $H'$ ，按下式计算确定：

$$H' = \left( \frac{1}{3} - \frac{1}{4} \right) (H'_{dl} + H_c) \quad (4.3.2-3)$$

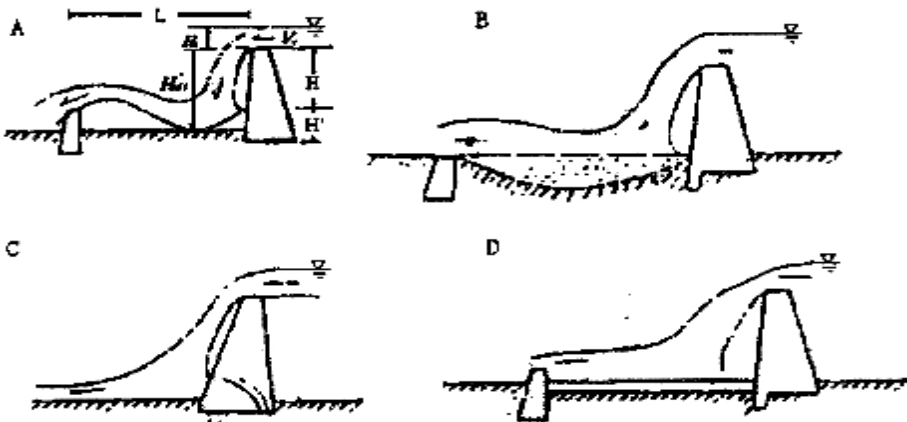


图 4.3.2—2 坝下游消能工程

A. 副坝消能工；B. 沿坝消能工；C. 拱基型，桥式拱型；D. 护坝消能工

式中：  $H'_{dl}$  为拦挡坝坝顶到冲刷坑底的高度(m)；  $H$  为副坝重叠高度(m)；  $H_c$  为溢流口上泥深(m)。

主、副坝间的距离  $L$ ，按下式确定：

$$L = (1.5 \sim 2) \cdot (H'_{dl} + H_c) \quad (4.3.2-4)$$

式中：  $L$  为主、副坝间距。

若副坝高出河底较高，在下游还应再设第二道副坝。

### 4.3.3 格栅坝

**第 4.3.3.1 条** 格栅坝可分为刚性格栅坝和柔性格栅坝两种，刚性格栅坝又可以分为平面型和立体型两种。其材料主要有钢管、钢轨、钢筋混凝土构件。柔性格栅坝材料主要为高弹性钢丝网。不适用于细颗粒的泥流、水沙流等泥石流河沟。

**第 4.3.3.2 条** 格栅坝的特点：

- (1) 拦、排兼容，充分利用下游河道固有输沙能力，保证下游河道稳定。
- (2) 有选择的拦蓄，改变上、下游堆积组构和坝体受力条件。
- (3) 延长泥库寿命，充分发挥工程经济效益。
- (4) 可以实现工厂化生产，节省圬工量，施工周期短。

**第 4.3.3.3 条** 格栅坝类型主要见图 4.3.3—1。

**第 4.3.3.4 条** 格拦间距及孔口尺寸受以下几个条件控制：

- (1) 过坝的设计流量；
- (2) 过坝的允许石块粒径。

**第 4.3.3.5 条** 切口坝的顶部布置齿状溢流口，切口采用窄深的梯形断面、矩形断面或三角形断面。切口的宽度  $b$  应满足如下条件：

$$b/D_{m1} \geq 2 \sim 3$$

$$b/D_{m2} \geq 1.5 \quad (4.3.3-1)$$

其中：  $D_{m1}$  为中小洪水可挟带的最大粒径；  $D_{m2}$  为大洪水可挟带的最大粒径；  $b$

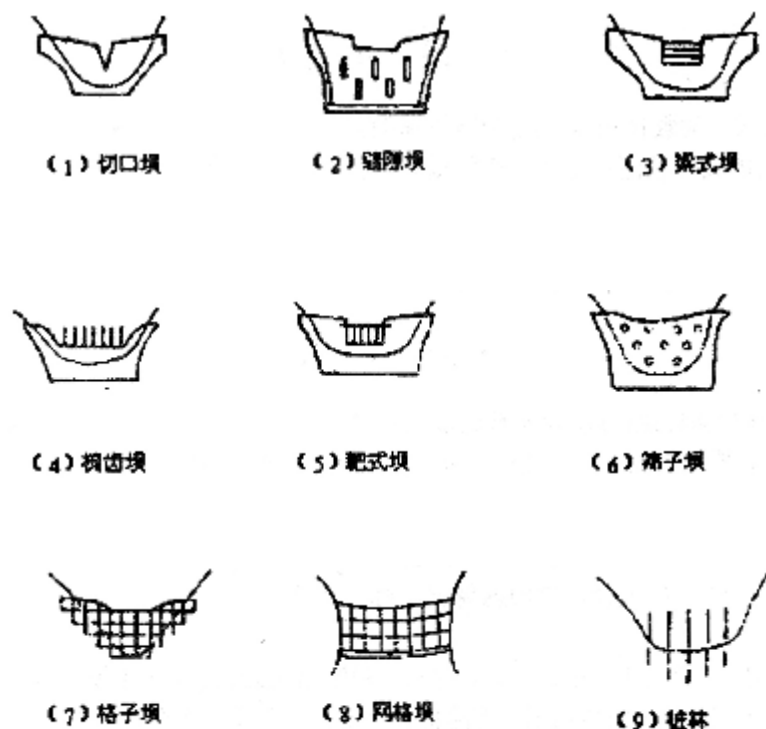


图 4.3.3—1 格栅坝的结构图式

为断面宽度。

切口的深度( $h$ )通常取  $h/b=1\sim 2$ 。

切口的密度范围为  $0.2 < \frac{\sum b}{B} < 0.6$ ，其中  $B$  为溢流口宽度。

**第 4.3.3.6 条** 钢索网络坝宜设在流通区域减速区。网格体的高度应由下式计算

$$H_d = H_m + \Delta H + H_L \quad (4.3.3-2)$$

式中： $H_m$  为泥石流最大龙头高(m)； $\Delta H$  为泥石流的冲起高度(m)； $H_L$  为泥石流的淤积厚度(m)； $H_d$  为网格坝的高度(m)。

网口大小按如下关系设计：

$$1.5 \leq \frac{b}{D_m} \leq 4.0 \quad (4.3.3-3)$$

式中：b 为网孔宽度(m)，一般网孔为正方形。

钢索在河床上的敷设长度可按下式计算：

$$L = (1.5 \sim 2.0) H_d L \quad (4.3.3-4)$$

式中：L 为钢索在河床上的敷设长度； $H_d$  为网格体的高度。

网格体钢丝绳的设计按泥石流流作用于格栅坝的冲击力来计算。

**第 4.3.3.7 条** 桩林布置在间歇发生、暴发频率较低的泥石流沟道中，下游。一般沿垂直向布置两排或多排桩，纵向交错成三角形或梅花形，桩间距为：

$$b/D_m = 1.5 \sim 2 \quad (4.3.3-5)$$

式中：b 为桩的排距和行距； $D_m$  为泥石流最大粒径。

地面外露部分桩高  $h$  为：  $h = (2 \sim 4)b$ ，且  $3m \leq h \leq 8m$ 。桩基应埋在冲刷线以下，且埋置深度不应小于总长度的 1/3。

桩体采用钢轨、钢管或组合钢构件或钢混桩体，用挖孔或钻孔的方法施工。

桩体的受力分析与结构设计，类同悬臂梁，可参见相关规范。

#### 4.4 停淤场

**第 4.4.1 条** 泥石流停淤场应选在沟口堆积扇两侧的凹地或沟道中下游宽谷中的低滩地。

**第 4.4.2 条** 停淤场一般由拦挡坝、引流口、导流堤、围堤、分流墙或集流沟及排水或排泥浆的通道或堰口等组成。

**第 4.4.3 条** 拦挡坝位于停淤场引流口下游，通常用圬工或混凝土结构，按重力式拦挡坝设计。

**第 4.4.4 条** 固定式引流口可与拦挡坝连成一体，也可采用与坝分离的型式。采用圬工开敞式溢流堰或切口式溢流堰引流，按重力式断面设计。

**第 4.4.5 条** 导流堤与泥石流的接触面，应采用斜坡式圬工防护面层，厚 0.5～



1.0m，边坡稳定性系数为 1.0~1.25，背后为土堤。临空面采用土的边坡稳定性系数为 1.0~2.0。土石混合堤的高度不应超过 5m，堤顶宽 3~5m，一般采用梯形断面。顶冲部位应加强，凹岸一侧要加弯道超高。堤前应作冲刷计算，确定埋深。

**第 4.4.6 条** 有些情况下，应采取分流措施，视地形条件而定。分流墙体布置在停淤场内，头部按分流墩作成鱼嘴形、半圆形，用圬工或铅丝笼、编篱石笼防护。堤身用铅丝笼，编篱石笼护面的堆石土堤，边坡稳定性系数为 1.0~1.5，堤高不超过 3m，顶宽 1.5~2.0m，采用梯形断面。

**第 4.4.7 条** 围堤一般采用干砌石护面的压实土堤，堤高不超过 5m，顶宽 3~5m，采用梯形断面。砌石护面边坡稳定性系数为 1.0~1.5，土堤的边坡稳定性系数 1.0~2.0。堤前应作冲刷计算，确定埋深。

#### 4.5 渡槽

**第 4.5.1 条** 泥石流渡槽适用于泥石流暴发较频繁，高含沙水流、洪水或常流水交替出现，有冲刷条件的沟道。

**第 4.5.2 条** 设置渡槽处应有足够的高差，进、出口顺畅，基础有足够的承载力并具有较高的抗冲刷能力。

**第 4.5.3 条** 对于处在急剧发展阶段的泥石流沟，或由崩塌、滑坡、阻塞溃决等成因形成的泥石流沟。只有在上游已经或有可能采取措施论证使泥石流发育得到控制时，或者有立面条件时，允许采用渡槽。

**第 4.5.4 条** 按设计标准流量计算获得的断面面积，增大 30% 作为验算满槽过流能力的校核依据。

**第 4.5.5 条** 渡槽和泥石流沟应顺直、平滑地连接，渡槽进口不得布置在急弯上且进口以上需有 10~20 倍于槽宽的直线引流段。

**第 4.5.6 条** 渡槽进口段一般采用上宽下窄的梯形或圆弧形喇叭口型，连续渐变。渐变段长  $L \geq (5 \sim 10) B_f$  ( $B_f$  为槽宽)，且  $L \geq 20\text{m}$ ，渐变段扩散角  $\alpha \leq 8^\circ \sim 15^\circ$ 。

**第 4.5.7 条** 槽身应为均匀的直线段，在跨越障碍物时，跨越后应延伸长度  $L = (1 \sim 1.5) B_f$ 。

**第 4.5.8 条** 应按设计最大流量计算获得的横截面积加上计算裕度和安全超高得到渡槽的设计横断面尺寸。

**第 4.5.9 条** 断面应采用竖墙式矩形或陡墙(边坡坡比  $n < 0.5$ )窄深式梯形，槽底做成圆弧形或纯角三角形。

渡槽的宽深比按下式计算：

$$b = \frac{B_c}{H_c} = 2(\sqrt{1+n^2} - n) \quad (4.5-1)$$

式中： $\beta$  为断面宽深比； $B_c$  为底宽； $H_c$  为流深； $n$  为梯形或矩形的边坡坡长，矩形断面时， $n=0$ 。

**第 4.5.10 条** 渡槽跨端基础一般采用整体连续式条形基础、支承墩、柱或排架等支承方式。两端条形基础的形状、尺寸、构造和基底标高应对称。基础埋深不小于被跨越建筑物的基底标高，并应满足抗冲刷、抗冻融的要求。基础应置于坚固的基岩或密实坚硬的石质土上，否则，地基应作加固处理。

**第 4.5.11 条** 渡槽进、出口段和槽身应设置沉降缝和伸缩缝。若槽身长度超过 40m，可按 20 至 30m 一段划分伸缩缝，分缝需作防渗处理。

**第 4.5.12 条** 渡槽进、出口段边墩应采用重力式结构并设置槽底止推墩台。

**第 4.5.13 条** 渡槽的底部和侧壁过流面应作防冲击磨损处理，一般增加 5~10cm 厚的耐磨保护层。

**第 4.5.14 条** 计算槽底纵坡的公式为：

(1) 对水石流

$$I_f = 0.59 \frac{D_a^{2/3}}{H_c} \quad (4.5-2)$$

式中： $I_f$  为渡槽槽底纵坡； $D_a$  为石块平均粒径(m)； $H_c$  为平均泥深(m)。

或参照表 4.5—1 选用  $I_f$ 。

表 4.5—1  $H_c/D_{90}$  与纵坡的关系

$H_c/D_{90}$	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5
纵坡范围(%)	24.6~21.4	21.4~18.0	18.0~14.8	14.8~11.4	11.4~8.0
纵坡中值(%)	23.0	19.5	16.5	13.0	10.0

注： $H_c$  为平均泥深(m)， $D_{90}$  为按石块个数计 90% 小于或等于该粒径(m)。

(2) 对泥石流和泥流

$$I_b < I_f < 1.5\% \quad (4.5—3)$$

式中： $I_b$  为沟道相应段的天然沟床纵坡； $I_f$  为渡槽槽底纵坡。

**第 4.5.15 条** 排导槽纵坡设置受上、下游地形条件所限制者，其纵坡值可采用等于或略大于相应沟段的纵坡值。

**第 4.5.16 条** 排导槽纵坡设置受上、下游地形条件所限，其纵坡 / 必须小于相应沟段的纵坡者，其纵坡  $J$  应不小于  $K_1 J_L$ ，即：

$$J \geq K_1 J_L \quad (4.5—4)$$

式中： $K_1$  可取 0.85~0.9，对于槽底较平整光滑者可取其中较小的值。

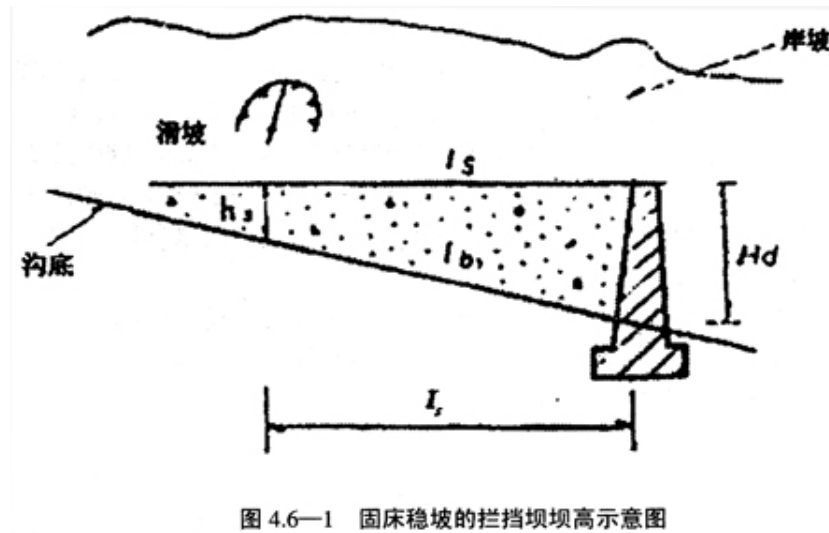
#### 4.6 沟道整治

**第 4.6.1 条** 拦挡坝固床稳坡工程是紧靠滑坡或沟岸不稳定段的下游修建拦挡坝，利用其挡蓄的泥沙淤埋滑坡剪出口或保护坡脚，使沟床岸坡达到稳定。这类工程拦挡坝的设计详见 4.3。

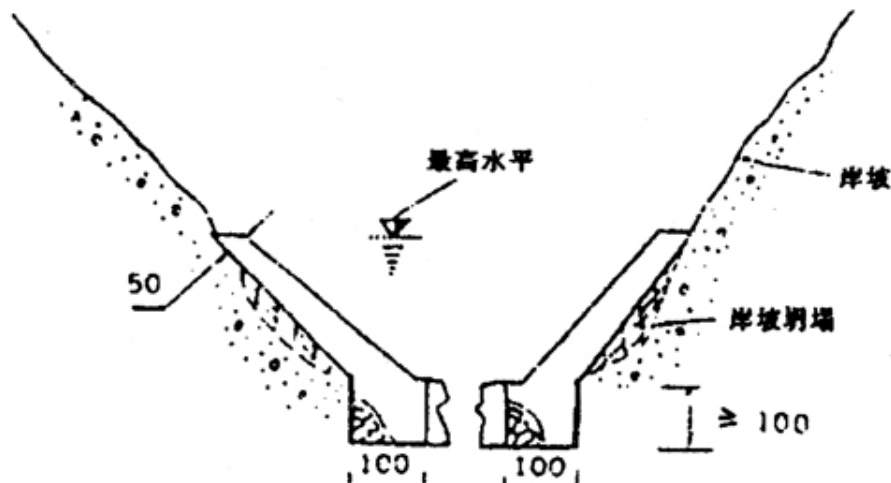
**第 4.6.2 条** 拦挡坝的坝高由下式确定(图 4.6—1)：

$$H_d = L_s I_b + h_s - L_s I_s \quad (4.6—1)$$

式中： $H_d$  为沟底以上拦挡坝的有效高度(m)， $L_s$  为上游坡需要掩埋处距拦挡坝顶上游侧的距离(m)； $I_b$  为沟床原始纵坡(%)； $I_s$  为淤积纵坡，一般取  $I_s$  为  $1/2 I_b \sim 3/4 I_b$ ； $h_s$  为沟底以上需要淤埋的深度(m)。



**第 4.6.3 条** 护坡工程一般采用不低于 M7.5 的水泥砂浆砌石沿槽冲刷，坡脚进行表面护砌，见图 4.6—2，护坡高度不低于设计最高泥位。内壁坡度一般与岸坡平行，迎水坡度略缓，护砌厚度在顶部一般不小于 50cm，底部不小于 100cm，埋入基础深度应大于冲刷深度，且不小于 100cm。



**第 4.6.4 条** 年限在 10 年以下的临时性护坡可采用石笼护坡，见图 4.6—3。

石笼应沿流向卧置，直径不小于 40cm，下部直径增至 100cm，基础埋置深度不小于冲刷深度，且不小于一个石笼的直径，石笼垒置高度一般不大于 500cm。

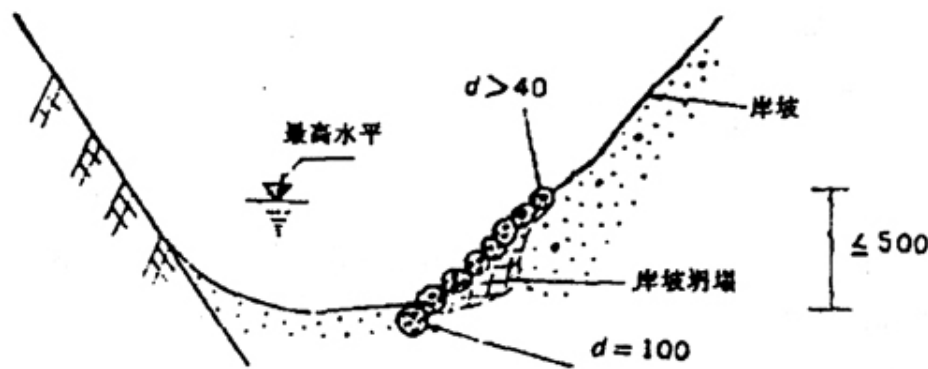


图 4.6—3 石笼单侧护坡示意图  
(尺寸单位: cm)

第 4.6.5 条 护底铺砌多采用水泥砂浆砌块石铺砌，砂浆标号不低于 M7.5，铺砌厚度不小于 0.5m，见图 4.6—4。在非重要的沟段也可采用干砌块石，用丁砌法铺砌，厚度不小于 0.5m，见图 4.6—5。

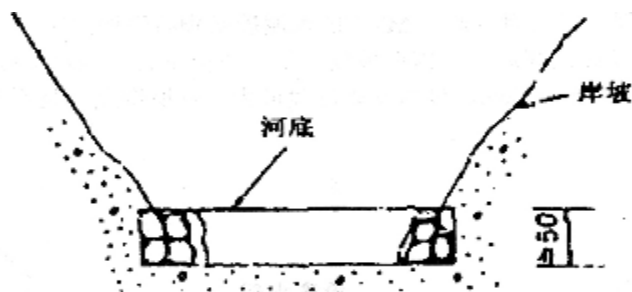


图 4.6—4 水泥砂浆砌块石护底示意图  
(尺寸单位: cm)

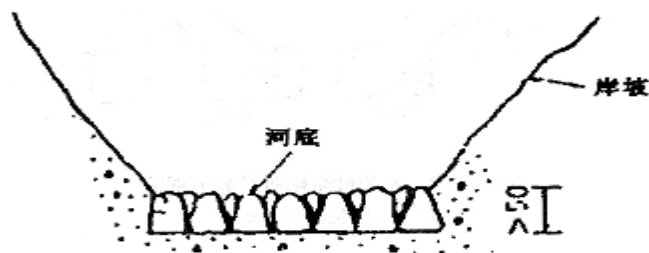


图 4.6—5 干砌石护底示意图  
(尺寸单位: cm)

**第 4.6.6 条** 肋板一般采用 M10 号水泥砂浆砌块石或 C15 混凝土，在重要地段采用钢筋混凝土。其宽度不应小于 1m，埋深应超过冲刷线，并不小于 1.5m，顶面与河底平或不超过河底 0.5m，必要时可埋设竖肋。肋板应垂直于河流布设，间距一般为河底宽的 2—3 倍，见图 4.6—6。

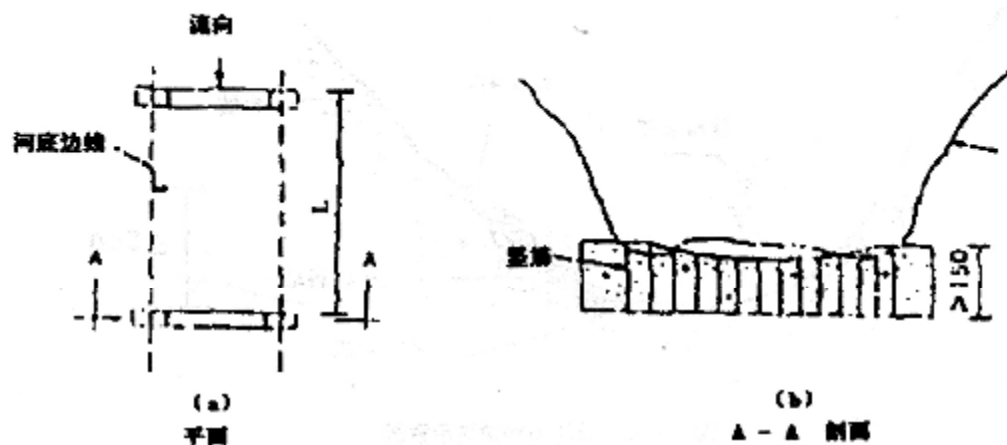


图 4.6-6 肋板平面布置及剖面示意图

(尺寸单位: cm)

#### 4.7 坡面治理

**第 4.7.1 条** 坡面治理工程主要用于泥石流沟形成区的治理，包括削坡工程、挡土工程、排水工程、等高线壕沟工程和水平台阶工程等。

**第 4.7.2 条** 削坡工程用来修整不稳定坡面以减缓坡度，削坡后上部坡比 1:1 左右，下部坡比 1:1.5 左右，新坡面应即时修建被覆工程。

**第 4.7.3 条** 排水工程的主要形式为排水沟。排水沟一般在沟谷上游形成主、支沟排水网。主沟布置应沿沟谷两侧与沟谷走向一致，排水沟应防渗。

**第 4.7.4 条** 排水工程沟槽坡降应控制在 0.5% 左右，不超过 1%。沟槽流速控制在 2m/s 以内。沟槽陡缓交界处应作消能、水跃处理。

**第 4.7.5 条** 等高线壕沟工程中，壕沟的容积要足以容纳由壕沟间坡面流出的雨水量。

**第 4.7.6 条** 水平台阶工程主要为梯田。在坡面  $3\sim 15^{\circ}$  时，北方地区田面宽不小于 8m，南方地区不应小于 5m，田坎高 0.5~1.0m。坡面  $15\sim 25^{\circ}$  时，北方地区不小于 4m，南方地区不小于 2m，田坎高 1.0~4.0m，边坡多为 1.0:0.3~1.0:0.5。

## 4.8 植被工程

**第 4.8.1 条** 应根据泥石流发生的条件、泥石流性质及危害状况、泥石流发展趋势，结合当地自然条件和社会经济实际制定植被与工程防治相结合的综合治理方案。植被措施一般在泥石流沟的全流域实施多树种、多层次的立体保护。

**第 4.8.2 条** 植被工程对浅层土体的不稳定性及侵蚀有较好的防治效果，而对于深层滑坡应当采取植被工程与土木工程相结合进行综合治理。

**第 4.8.3 条** 植被工程选取植物要最大限度地满足治理山地灾害的需要。应选择根系深而发达、固土能力强、寿命长的植物，同时所选择的植物要与栽植地的气候条件相适应。

**第 4.8.4 条** 植被工程包括乔木的培植、灌木的培植、草本植物的培植、竹的培植、活木桩、树枝地、边、埂灌木篱笆和生物谷坊等基本类型，设计时需要多种基本类型有机地结合在一起构成植被工程方案。

## 5 防治工程监测设计

### 5.1 一般规定

**第 5.1.1 条** 监测工作的任务是对泥石流灾害体进行变形监测、施工安全监测和防治效果监测。达到以下目的：

- (1) 形成立体监测网；
- (2) 监测灾害体的变形动态，对变形发展趋势作出预测；
- (3) 施工过程中进行跟踪监测，超前预报，确保施工安全；
- (4) 反馈设计、指导施工；
- (5) 检测防治效果。



**第 5.1.2 条** 监测设计应根据以下技术规范：《国家水准测量规范》、《国家三角测量和精密导线测量规范》、《大地变形测量规范》、《水工建筑物观测工作手册》。

**第 5.1.3 条** 监测仪器应考虑以下原则：仪器可靠性高，具有长期的稳定性；具有足够的量程、量测精度和较高的灵敏度；现场使用方便，操作简单；仪器不易损坏，尤其是长期监测仪器应具有防风、防雨、防腐、防潮、防震、防雷电干扰等与环境相适应的性能。

## **5.2 泥石流防治工程监测**

**第 5.2.1 条** 应采取群众性监测网与专业性监测网相结合。

**第 5.2.2 条** 监测内容包括泥石流的频率、流量以及泥石流流量的变化与河水流量、降雨量的关系。

**第 5.2.3 条** 防治主体工程的监测可参照《水工建筑物观测工作手册》和《岩土工程试验监测手册》。

## **6 施工过程中的设计变更**

**第 6.1.1 条** 泥石流灾害勘察结果是地质灾害防治工程设计的依据，可是仅仅一次勘察很难查清地质条件。泥石流灾害防治是一项信息反馈工程，不能把泥石流灾害防治设计看作和土木工程设计一样不可变更的。泥石流灾害防治施工也可看作是地质勘察的延续，当地质条件与原勘察结果有较大变化时防治工程设计变更是常有的事。

**第 6.1.2 条** 施工单位要求进行设计变更，必须经建设单位同意，并应送原设计单位审查，取得相应的图纸和说明。当超过原设计标准和规模时，必须经原设计和规划审核部门批准，取得相应的追加投资及其有关文件。

**第 6.1.3 条** 建设单位对设计进行变更，在取得第 6.1.2 条所述的批准后，监理工程师向施工单位发出变更通知和变更令。否则，施工单位有权拒绝变更。

## **6.2 变更内容**

**第 6.2.1 条** 经建设单位、监理工程师、施工单位洽商后，施工单位按监理工程师的指令和要求，可进行下列变更：

- (1) 增减合同中有关部分的工程数量；
- (2) 更改合同中有关部分的工程结构、质量、规格；
- (3) 更改合同中有关部分的标高、基线、位置和尺寸；
- (4) 增加合同中本工程需要的附加工作；
- (5) 改变有关部分工程的施工时间和顺序。

**第 6.2.2 条** 上述任何变更，均不能以任何方式使合同作废和无效，但是这类变更均应该根据有关规定确定变更价款。由此导致的经济支出和施工单位的损失，由建设单位承担，延误的工期相应顺延。但是，如果发出本工程的变更令是因施工单位违约、施工单位违反合同或施工单位责任造成的任何额外费用，应由施工单位承担。

### 6.3 变更程序

**第 6.3.1 条 意向通知** 监理工程师决定对工程进行设计变更时，应向施工单位发出变更意向通知，其内容主要包括：

- (1) 变更的工程项目、部位或合同某文件的内容；
- (2) 变更的原因、依据及有关文件、图纸、资料；
- (3) 要求施工单位据此安排变更工程施工或合同文件修订的事宜；
- (4) 要求施工单位向监理工程师提交他认为此项变更给其费用带来影响的估价报告。

**第 6.3.2 条 资料收集** 监理工程师在变更意向通知发出的同时，必须着手收集与变更有关的一切资料。主要包括：

- (1) 变更前后的图纸、技术变更洽谈记录、技术讨论会记录；
- (2) 行业部门涉及变更方面的规定与文件；
- (3) 上级主管部门的指令性文件等。

**第 6.3.3 条 费用评估** 监理工程师必须根据掌握的文件资料和实际情况，按照合同的有条款，考虑综合影响，完成下列工作之后对工程变更费用做出评估：

- (1) 审核变更工程数量或拟修改的合同文件；
- (2) 确定变更工程的单价及费用或拟修改合同文件引起的费用。

**第 6.3.4 条 协商变更价格** 监理工程师可参照 6.2 条款，与建设单位和施工单位协商变更工程的价格。

**第 6.3.5 条 颁发工程变更令** 监理工程师向施工单位发出工程变更令。变更令必须写成书面的文件。

## 附录 1

## 泥石流沟的数量化综合评判及严重程度等级标准

表 1—1 泥石流沟严重程度数量化评分表

序号	影响因素	权重	量 级 划 分							
			严重(A)	得分	中等(B)	得分	较微(C)	得分	一般(D)	得分
1	崩塌、滑坡及水土流失(自然和人为活动的)严重程度	0.159	崩塌、滑坡等重力侵蚀严重,多层滑坡和大型崩塌,表土疏松、冲沟十分发育	21	崩塌、滑坡发育,多层滑坡和中小型崩献坍,有零星植被覆盖冲沟发育	16	有零星崩塌、滑坡和冲沟存在	12	无崩塌、滑坡、冲沟或发育轻微	1
2	泥砂沿程补给长度比(%)	0.118	>60	16	60~30	12	30~10	8	<10	1
3	沟口泥石流堆积活动程度	0.108	河形弯曲或堵塞,大河主流受挤压偏移	14	河流无较大变化,仅大河主流受迫偏移	11	河形无变化,大河主流在高水偏,低水不偏	7	无河形变化,主流不偏	1
4	河沟纵坡(度,‰)	0.090	>12° (213)	12	12°~6° (213—105)	9	6°~3° (105—52)	6	<3° (32)	1
5	区域构造影响程度	0.075	强抬升区,6级以上地震区,断层破碎带	9	抬升区,4~6级地震区,有中小支断层或无断层	7	相对稳定区,4级以下地震区有小断层	5	沉降区,构造影响小或无影响	1
6	流域植被覆盖率(%)	0.067	<10	9	10~30	7	30~60	5	>60	1
7	河沟近期一次变幅(m)	0.062	2	8	2~1	6	1~0.2	4	0.2	1
8	岩性影响	0.054	软岩、黄土	6	软硬相间	5	风化强烈和节理发育的硬岩	4	硬岩	1
9	沿沟松散物储量( $10^4\text{m}^3/\text{km}^2$ )	0.054	>10	6	10~5	5	5~1	4	<1	1
10	沟岸山坡坡度(度,‰)	0.045	>32° (625)	6	32°~25° (625—466)	5	25°~15° (466—286)	4	<15° (268)	1
11	产沙区沟槽横断面	0.036	V型、U型谷、谷中谷	5	宽U型谷	4	复式断面	3	平坦型	1
12	产沙区松散物平均厚度(m)	0.036	>10	5	10~5	4	5~1	3	<1	1
13	流域面积( $\text{Km}^2$ )	0.036	0.2~5	5	5~10	4	0.2以下, 10~100	3	>100	1
14	流域相对高差(m)	0.030	>500	4	500~300	3	300~100	2	<100	1
15	河沟堵塞程度	0.030	严	4	中	3	轻	2	无	1

表 1—2 泥石流沟数量化和模糊信息综合评判等级标准表

是与非的差别界限值			划分严重等级的界限值		
等级	标准得分 N 的范围	上下限模糊边界区 10%变差得分范围	等级	按标准得分 N 的范围自判	按上下限模糊边界 区 10%范围自判
是	44~130 (0.25≤r≤1.0)	40~130	严重	116~130 (r≤0.75)	114~130
			中等	87~115 (0.5≤r<0.75)	84~118
			轻微	44~86 (0.25≤r<0.5)	40~90
非	15——43 (r<0.25)	15~48	一般	15~43 (r<0.25)	15~48

注：1. 括号内的数字为模糊评判r的界限值。

2. 当对某条泥石流沟进行数量化评分得出总分N位于模糊界限区时，表示该沟的严重等级可作两可判断，一般需依靠经验判定。

## 附录 2

### 本规范采用的计量单位

表 2—1 国际单位制(SI)的基本单位

量的名称	单位名称	单位符号
长度	米	m
质量	千克(公斤)	kg
时间	秒	s

表 2—2 国际单位制(SI)的辅助单位

量的名称	单位名称	单位符号
平面角	弧度	rad
立体角	球面度	sr

表 2—3 国际单位制(SI)中具有专门名称的导出单位

量的名称	单位名称	单位符号	其它表示示例
频率	赫(兹)	Hz	$S^{-1}$
力; 重力	牛(顿)	N	
压力; 压强; 应力	帕(斯卡)	Pa	$N/m^2$

表 2—4 国家选定的非国际单位制单位

量的名称	单位名称	单位符号	换算关系和说明
时间	分 [小]时 天[日]	min h d	1min=60s 1h=60min=3600s 1d=24h=86400s
平面角	[角]秒 [角]分 度	( $''$ ) ( $'$ ) ( $^{\circ}$ )	$1'' = (\pi / 64800) \text{rad}$ ( $\pi$ 为圆周率) $1' = 60'' = (\pi / 10800) \text{rad}$ $1^{\circ} = (60') = (\pi / 180) \text{rad} = 0.0174533 \text{rad}$
旋转速度	转每分	r / min	$1 \text{r/min} = (1 / 60) s^{-1}$
质量	吨 原子质量单位	t u	$1 \text{t} = 10^3 \text{kg}$ $1 \text{u} \approx 1.660 \times 10^{-27} \text{kg}$
体积	升	L, (l)	$1 \text{L} = 1 \text{dm}^3 = 10^{-3} \text{m}^3$

表 2—5 用于构成十进倍数和分数单位的词头

所表示的因数	词头名称	词头符号	所表示的因数	词头名称	词头符号
$10^{18}$	艾[可萨]	E	$10^{-1}$	分	d
$10^{15}$	拍[它]	P	$10^{-2}$	厘	c
$10^{12}$	太[拉]	T	$10^{-3}$	毫	m
$10^9$	吉[咖]	G	$10^{-6}$	微	$\mu$
$10^6$	兆	M	$10^{-9}$	纳[诺]	n
$10^3$	千	k	$10^{-12}$	皮[可]	P
$10^2$	百	h	$10^{-15}$	飞[母托]	f
10	十	da	$10^{-18}$	阿[托]	a

表 2—6 法定计量单位与习用非法定计量单位换算关系

量的名称	法定计量单位		习用非法定计量单位		单位换算关系
	名 称	符 号	名 称	符 号	
力	牛顿	N	千克力	kgf	1kgf=9. 80665N $\approx$ 10N, 1N=0. 1019716kgf
	千牛顿	kN	吨力	tf	1tf=9. 80665kN $\approx$ 10kN
线分布力	牛顿每米	N / m	千克力每米	kgf / m	1kgf/m=9. 80665N/m $\approx$ 10N/m
	千牛顿每米	kN / m	吨力每米	tf / m	1tf / m=9. 80665kN/m $\approx$ 10kN/m
面分布力	牛顿每平方米	N / m <sup>2</sup>	千克力每平方米	Kgf/m <sup>2</sup>	1kgf/m <sup>2</sup> =9. 80665N/m <sup>2</sup>
	千牛顿每平方米	kN/m <sup>2</sup>	吨力每平方米	tf/m <sup>2</sup>	1tf/m <sup>2</sup> =9. 80665KN/m <sup>2</sup>
重力密度	千牛顿每立方米	kN/m <sup>3</sup>	克力每立方厘米	gf/cm <sup>3</sup>	1gf/cm <sup>3</sup> =9. 80665kN/m <sup>3</sup> $\approx$ 10kN / m <sup>3</sup>
力矩、弯矩	牛顿米	N • m	千克力米	kgf. m	1kgf. m=9. 80665kN. m $\approx$ 10kN. m
	千牛顿米	kN • m	吨力米	tf. m	1tf. m=9. 80665KN. m $\approx$ 10kN. m
压 强	帕斯卡	Pa (N/m <sup>2</sup> )	千克力每平方米	Kgf/m <sup>2</sup>	1kgf/m <sup>2</sup> =9. 80665Pa $\approx$ 10Pa
	千帕斯卡	kPa	吨力每平方米	Tf/m <sup>2</sup>	1tf/m <sup>2</sup> =9. 80665kPa $\approx$ 10kPa
	兆帕斯卡	MPa (N/mm <sup>2</sup> )	标准大气压	atm	1atm=0. 10325MPa $\approx$ 0. 1MPa
	帕斯卡	Pa	毫米汞柱	mmHg	1mmHg=133. 332Pa $\approx$ 130Pa
应力、强度	兆帕斯卡	Mpa	千克力每平方毫米	Kgf/mm <sup>2</sup>	1kgf/mm <sup>2</sup> =9. 80665MPa $\approx$ 10MPa
	兆帕斯卡	Mpa	千克力每平方厘米	Kgf/cm <sup>2</sup>	1kgf/cm <sup>2</sup> =0. 0980665MPa $\approx$ 0. 1MPa
	千帕斯卡	kPa	吨每平方米	tf/m <sup>2</sup>	1tf/m <sup>2</sup> =9. 08665kPa $\approx$ 10kPa
弹性模量	兆帕斯卡	MPa	千克力每平方厘米	Kgf/cm <sup>2</sup>	1kgf/cm <sup>2</sup> =0. 0980665MPa $\approx$ 0. 1MPa =100kPa
压缩模量	千帕斯卡	kPa	千克力每平方厘米	Kgf/cm <sup>2</sup>	1kgf/cm <sup>2</sup> =98. 0665kPa $\approx$ 100kPa



表 2—7 常见非法定计量单位换算系数

单 位 名 称	单 位 符 号	换 算 系 数	备 注
直角	L	1.57080rad	$0.5\pi$ rad
冈	(g), gon, gr	0.0157080rad	$0.9^\circ$
码	yd	0.9144m	3ft
英尺	ft	0.3048m	12in
英寸	in	0.0254m	2.54cm
平方码	yd <sup>2</sup>	0.836127m <sup>2</sup>	9ft <sup>2</sup>
平方英尺	ft <sup>2</sup>	0.092903m <sup>2</sup>	144in <sup>2</sup>
平方英寸	in <sup>2</sup>	$6.4516\times 10^{-4}\text{m}^2$	
立方码	yd <sup>3</sup>	0.764555m <sup>3</sup>	27ft <sup>3</sup>
立方英尺	ft <sup>3</sup>	0.0283168m <sup>3</sup>	1728in <sup>3</sup>
立方英寸	in <sup>3</sup>	$1.63871\times 10^{-5}\text{m}^3$	
英吨(长吨)(long ton)	ton	1016.05kg	2240lb
短吨	shton	907.185kg	2000lb
克力	gf	$9.80665\times 10^{-3}\text{N}$	
千克力	kgf	9.80665N	
吨力	tf	9806.65N	
短吨力	sh tonf	8896.44N	2000lbf
英吨力	tonf	9964.02N	2240lbf
磅达	pdi	0.138255N	$1\text{lb}\cdot\text{ft}/\text{s}^2$
磅力	lbf	4.44822N	
千磅力	kip	4448.22N	
千克力每平方厘米	kgf/cm <sup>2</sup>	98.06665kpa	lat
千克力每平方米	kgf/m <sup>2</sup>	9.80665pa	
工程大气压	at	98066.5pa	1kgf/cm <sup>2</sup>
标准大气压	atm	101325pa	760mmHg
磅力每平方英寸	lbf/in <sup>2</sup>	6894.76pa	144lbf/ft <sup>2</sup>
磅力每平方英尺	lbf/ft <sup>2</sup>	47.8803pa	0.04788kPa
巴	bar	100kpa	0.1MPa
千磅力每平方英尺	kip/ft <sup>2</sup>	47880.3pa	
英吨力每平方英寸	tonf/in <sup>2</sup>	$1.54443\times 10^7\text{pa}$	2240lbf/in <sup>2</sup>
英吨力每平方英尺	tonf/ft <sup>2</sup>	$1.07252\times 10^5\text{pa}$	2240lbf/in <sup>2</sup>
英吨力每平方英寸	shtobf/ft <sup>2</sup>	95760.5pa	2000lbf/ft <sup>2</sup>
磅每立方英寸	lb/in <sup>3</sup>	27679.9kg/m <sup>3</sup>	
磅每立方英尺	lb/ft <sup>3</sup>	16.0185kg/m <sup>3</sup>	
千克力每立方米	kgf/m <sup>3</sup>	9.80665N/m <sup>3</sup>	
吨力每立方米	tf/m <sup>3</sup>	9.80665KN/m <sup>3</sup>	

表 2—8 计量单位符号的常见错误

量的名称,	单位名称	正确的符号	错误或不恰当的符号
长度	千米	km	KM, KMS
	米	m	M
	毫米	mm	MM
	英寸	in	( " )
面积	平方公里	km <sup>2</sup>	sqkm
	平方码	yd <sup>2</sup>	sqyd
	平方英寸	in <sup>2</sup>	sqin
体积	立方米	m <sup>3</sup>	cum
	立方厘米	cm <sup>3</sup>	cc, c, c
	毫升	mL, ml	ML
	立方英尺	ft <sup>3</sup>	cuft
时间	年	a	y, yr
	小时	h	hr
	分	min	( ' )
	秒	s	sec, s( " )
速度	千米每秒	km / s	kmps
	英寸每秒	in / s	ips
	英尺每秒	ft / s	fps
	英里每小时	mile / h	mph
压力、压强、应力	巴	bar	b
	磅力每平方英寸	lbf / in <sup>2</sup>	psi
转速	转每分钟	r / min	rpm

## 附录 3

## 地基系数参考数值(一)

表 3—1 围岩分类物理力学指标

围岩种类	围岩主要工程地质条件		重度 (KN/m <sup>3</sup> )	弹性抗力系数 k (kN/m <sup>3</sup> )
	主要工程地质特征	结构特征和完整状态		
VI	硬质岩石(饱和极限抗压强度 $R_b > 600 \text{ kg/cm}^2$ ), 受地质构造影响轻微, 节理不发育, 无软弱面(或夹层); 层状岩层为厚层, 层间结合良好	被切割呈巨块状整体结构	26~28	$1.8 \times 10^6 \sim 3.8 \times 10^6$
V	硬质岩石( $R_b > 300 \text{ kg/cm}^2$ ), 受地质构造影响较重, 节理较发育, 有少量弱面(或夹层)和贯通微张节理, 但其状及组合关系不致产生滑动, 层状岩层为中层或厚层, 层间结合一般, 很少有分离现象或为硬质岩石偶夹软质岩石。	被切割呈巨块状整体结构	25~27	$1.2 \times 10^6 \sim 1.8 \times 10^6$
	软质岩石( $R_b \approx 400 \text{ kg/cm}^2$ ), 受地质构造影响轻微, 节理不发育, 层状岩层为厚层, 层间结合良好	被切割呈巨大块状整体结构		
IV	硬质岩石( $R_b > 300 \text{ kg/cm}^2$ ), 受地质构造影响严重, 节理发育, 有层状软弱面(或夹层), 但其产状及组合关系尚不致产生滑动, 层状岩层为中层或薄层, 层间结合差, 多有分离现象, 或为软、硬岩石互层	被切割呈块(石)碎(石)状镶嵌结构	23~25	$0.5 \times 10^6 \sim 1.2 \times 10^6$
	软质岩石( $R_b = 50 \sim 300 \text{ kg/cm}^2$ ), 受地质构造影响较重, 节理较发育, 岩状岩层为薄层、中层或厚层, 层间结合一般	被切割呈大块状砌体结构		
III	硬质岩石( $R_b > 300 \text{ kg/cm}^2$ ), 受地质构造影响很重, 节理很发育; 层状较弱面(或夹层)已基本被破坏	被切割呈碎石状压碎结构	19~22 (老黄土用 17~18)	$0.2 \times 10^6 \sim 0.5 \times 10^6$ (不包括黄土)
	软质岩石( $R_b = 5 \sim 300 \text{ kg/cm}^2$ ), 受地质构造影响严重, 节理发育	被切割呈块(石)碎(石)状镶嵌结构		
	土: 1. 略具压密或成岩作用的粘性土及砂类土。 2. 老黄土。3. 一般泥质胶结的碎、卵石土。 4. 大块石土。	1、2 呈大块状压密结构; 3. 呈巨块状整体结构; 4. 呈堆石状松散结构		
II	石质围岩位于挤压强烈的断裂带内, 裂隙杂乱, 呈石夹土或土夹石状	围岩呈角(砾)碎(石)状松散结构	7~20 (新黄土用 15)	$1.1 \times 10^6 \sim 0.5 \times 10^6$ (不包括黄土)
	一般第四系的可塑性的粘性土及稍湿到潮湿的非粘性土(包括一般碎、砂、卵石土)及新黄土	非粘性土呈松散结构; 粘生土及新黄土呈松软结构		
I	石质围岩位于挤压极强烈的断裂带内, 呈角砾、砂、泥松散体	围岩呈泥砂角砾状松软结构	15~16	$< 0.1 \times 10^6$
	软塑状粘性土及潮湿的粉细砂等	粘性土呈易蠕动的松软结构, 砂类土呈潮湿的松散结构		

表 3—2 地层物理力学指标

地 层 种 类	内摩擦角 $\phi$ ( $^{\circ}$ )	弹性模量 $E_a$ ( $10^5 \text{KN/m}^2$ )	泊松比 $\mu_0$	岩石弹生抗力系数 $k$ ( $\text{KN/m}^3$ )	剪切力 $\tau$ ( $\text{KN/m}^2$ )
细粒花岗岩、正长岩 辉绿岩、玢岩	80° 以上	543~690 670~787	0.25~0.30 0.28	$3.0 \times 10^6 \sim 3.5 \times 10^6$ $3.5 \times 10^6$	$\geq 1500$
中粒花岗岩、粗粒正长岩 坚硬白云岩	80° 以上	543~650 656~700	0.25	$1.8 \times 10^6 \sim 3.2 \times 10^6$	$\geq 1500$
坚硬石灰岩 坚硬砂岩、大理岩 粗粒花岗岩、花岗片麻岩	80°	440~1000 466~543 543~600	0.25~0.30	$1.2 \times 10^6 \sim 3.0 \times 10^6$	1500
较坚硬石灰岩 较坚硬砂岩 不坚硬花岗岩	75° ~80°	440~900 446~500 543~800	0.25~0.30	$0.8 \times 10^6 \sim 1.8 \times 10^6$	1200~1400
坚硬页岩 普通石灰岩 普通砂石	70° ~75°	200~550 440~800 466~500	0.15~0.30 0.25~0.30 0.25~0.30	$0.4 \times 10^6 \sim 0.8 \times 10^6$	700~1200
坚硬泥灰岩 较坚硬页岩 不坚硬石灰岩 不坚硬砂岩	70°	80~120 198~360 440~600 100~278	0.29~0.38 0.15~0.30 0.25~0.30 0.25~0.30	$0.3 \times 10^6 \sim 0.4 \times 10^6$	500~700
较坚硬泥灰岩 普通页岩 软石灰岩	65°	70~90 190~300 440~500	0.29~0.38 0.15~0.20 0.25	$0.2 \times 10^6 \sim 0.3 \times 10^6$	300~500
不坚硬泥灰岩 硬化粘土 软片岩 硬煤	45°	3~50 1~30 50~70 5~30	0.29~0.38 0.3~0.37 0.15~0.18 0.3~0.4	$0.06 \times 10^6 \sim 0.12 \times 10^6$	150~300
密实粘土 普通煤 胶结卵石 掺石土	30° ~45°	1~30 5~30 1~10 1~10	0.3~0.37 0.3~0.4	$0.03 \times 10^6 \sim 0.06 \times 10^6$	100~150

## 附录 4

## 地基系数参考数值(二)

表 4—1 土的地基系数

顺序	土 的 名 称	竖直方向 $m_0$ (kN/m <sup>4</sup> )	水平方向 $m$ (kN/m <sup>4</sup> )
1	$0.75 < I_L < 1.0$ 的软塑粘土及砂粘土；淤泥	1000~2000	500~1400
2	$0.5 < I_L < 1.75$ 的软塑粘砂土、砂粘土及粘土，粉砂及松砂土	2000~4000	1000~2800
3	硬塑性的粘砂土、砂粘土及粘土、细砂和中砂	4000~6000	2000~4200
4	坚硬的粘砂土、砂粘土及粘土、粗砂	6000~10000	3000~7000
5	砾砂、碎石土、卵石土	10000~20000	5000~14000
6	密实的大漂石	80000~120000	40000~84000

表 4—2 岩石的抗压强度和地基系数

顺序	抗压强度 (kN/m <sup>2</sup> )		地基系数 (kN/m <sup>3</sup> )	
	单轴向及极限值 R	倾向容许值 $\sigma$	竖直方向 $K_0$	水平方向 K
1	10000	1500~2000	100000~200000	60000~160000
2	15000	2000~3000	250000	150000~200000
3	20000	3000~4000	300000	180000~240000
4	30000	4000~6000	400000	240000~320000
5	40000	6000~8000	600000	360000~480000
6	50000	7500~10000	800000	480000~640000
7	60000	9000~12000	1200000	720000~960000
8	80000	12000~16000	1500000~2500000	900000~2000000

注：①  $I_L$  为土的液性指数，其  $m_0$  和  $m$  值的条件，相应于桩顶位移 0.6~1.0cm

② 对于土，取  $m = (0.6 \sim 0.7) m_0$ ；对于岩石，取  $K = (0.6 \sim 0.8) K_0$

## 附录 5

### 常用建筑材料

#### A 水泥

表 5—1 常用水泥国家标准表

项 次	水 泥 名 称	水 泥 标 准
1	硅酸盐水泥	GB175—92
2	普通硅酸盐水泥	
3	快硬硅酸盐水泥	GB199—79
4	中热硅酸盐水泥	GB203—89
5	低热矿渣硅酸盐水泥	
6	高铝水泥	GB201—81
7	抗硫酸盐硅酸盐水泥	GB748—83
8	矿渣硅酸盐水泥	GB1344—92
9	火山灰质硅酸盐水泥	
10	粉煤灰硅酸盐水泥	
11	白色硅酸盐水泥	GB2015—91
12	低热微膨胀水泥	GB2938—82
13	砌筑水泥	GB3183—82

表5—2 常用水泥的适用范围

项次	水泥名称	基本用途	可用范围	不适用范围	使用注意事项
1	硅酸盐水泥	混凝土、钢筋混凝土和预应力混凝土的地上、地下和水中结构		受侵蚀水(海水、矿物水、工业废水等)及压力水作用的结构	使用加气剂可提高抗冻能力
2	普通硅酸盐水泥				
3	矿渣硅酸盐水泥	混凝土和钢筋混凝土的地上、地下和水中的结构以及抗硫酸盐侵蚀的结构	高温条件下的地上一般建筑	需早期发挥强度的结构	加强洒水养护,冬期施工注意保温
4	火山灰质硅酸盐水泥			①受反复冻融及干湿循环作用的结构 ②干燥环境中的结构	
5	粉煤灰硅酸盐水泥	混凝土和钢筋混凝土的地上、地下和水中的结构;抗硫酸盐侵蚀的结构;大体积水工混凝土		需早期发挥强度的结构	加强洒水养护,冬期施工注意保暖

表 5—3 常用水泥选用表

混凝土工程特点或所处环境条件		优选可用	可以使用	不得使用
环境条件	在普通气候环境中的混凝土	普通硅酸盐水泥	矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥	
	在干燥环境中的混凝土	普通硅酸盐水泥	矿渣硅酸盐水泥	火山灰硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥
	在高温环境中或永远处在水下的混凝土	矿渣硅酸盐水泥	普通硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥	
	严寒地区的露天混凝土，寒冷地区的处在水全升降范围内的混凝土	普通硅酸盐水泥 (标号 $\geq 325$ )	矿渣硅酸盐水泥 (标号 $\geq 325$ )	火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥
	严寒地区处在水位升降范围的混凝土	普通硅酸盐水泥 (标号 $\geq 425$ )		火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥
	受侵蚀性环境水或侵蚀性气体作用的混凝土	根据侵蚀性介质的种类、浓度等具体条件按专门(或设计)规定选用		
工程特点	厚大体积的混凝土	粉煤灰硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥	普通硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥	硅酸盐水泥、快硬硅酸盐水泥
	要求快硬混凝土	快硬硅酸盐水泥、硅酸盐水泥	普通硅酸盐水泥	矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥
	高强(大于 C40)的混凝土	硅酸盐水泥	普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥	火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥
	有抗渗性要求的混凝土	普通硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥		不宜使用矿渣硅酸盐水泥
	有耐磨性要求的混凝土	硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥 (标号 $\geq 325$ )	矿渣硅酸盐水泥 (标号 $\geq 325$ )	火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥

注：蒸气养护时用的水泥品种，宜根据具体条件通过试验确定。

表 5—4 常用水泥的标号和各龄期的强度要求

品种名称	简 称	标 号	抗压强度 (N/mm <sup>2</sup> )			抗折强度 (N/mm <sup>2</sup> )		
			3d	7d	28d	3d	7d	28d
硅酸盐水泥	纯熟料水泥	425	17.7	26.5	41.7	3.3	4.5	6.3
		425R	23.0	—	41.7	4.1	—	6.3
		525	23.6	33.3	51.5	4.1	5.3	7.1
		525R	27.0	—	51.5	4.9	—	7.1
		625	28.4	43.2	61.3	4.9	6.1	7.8
		625R	33.0	—	61.3	5.5	—	7.8
		725R	37.0	—	71.1	6.2	—	8.6
普通硅酸盐水泥	普通水泥	275	—	15.7	27.0	—	3.2	4.9
		325	11.8	18.6	31.9	3.5	3.6	5.4
		425	15.7	24.5	41.7	3.3	4.5	6.3
		425R	21.0	—	41.7	4.1	—	6.3
		525	20.6	31.4	51.5	4.1	5.3	7.1
		525R	26.0	—	51.5	4.9	—	7.1
		625	26.5	40.2	61.3	4.9	6.1	7.8
		625R	31.0	—	61.3	5.5	—	7.8
		725R	36.0	—	71.1	6.2	—	8.6
		725R	—	—	71.1	6.2	—	8.6
矿渣硅酸盐水泥火山灰灰质硅酸盐水泥粉煤灰硅酸盐水泥	矿渣水泥火山灰质水泥粉煤灰水泥	275	—	13.8	27.0	—	3.7	4.9
		325	—	14.7	31.9	—	3.2	5.4
		425	—	20.6	41.7	—	4.1	6.3
		425R	19.0	—	41.7	4.0	—	6.3
		525	—	28.4	51.5	—	4.9	7.1
		525R	23.0	—	51.5	4.6	—	7.1
		625R	28.0	—	61.3	5.2	—	7.8

注：①标号栏内有“R”的为早强型水泥。②水泥标号为28d抗压强度(kgf/cm)的近似值；28d、3d、7d的抗压和抗折强度都必须满足表中相应要求(d表示天)。

表 5—5 美国水泥的性能(ASTM C91—83a)

砌筑水泥型号	N	S	M
细度[45 μm(325 号)筛筛余]最大%	24	24	24
压蒸膨胀, 最大%	1.0	1.0	1.0
凝结时间(吉尔摩法): 初凝, 最少 h 终凝, 最多 h	2 24	1 1/2 24	1 1/2 24
抗压强度(三块试件平均值): 抗压强度的胶砂试件, 由水泥: 混合砂为 1:3 (体积比)(50%标准级配砂, 50%20—30 标准砂)的胶砂组成, 根据本标准制备和试验, 其值应等于或大于规定龄期的指标: 7 天, psi(Mpa) 28 天, psi(Mpa)	500(3.45) 900(6.21)	1300(8.97) 2100(14.49)	1800(13.42) 2900(20.01)
胶砂含气量(根据本标准制备和试验) 最少%(体积) 最大%(体积)	12 22	12 20	12 20
保水系数(抽水之后流动度与流动度百分比), 最小%			

注: 1psi=11b/in<sup>2</sup>=6.89kPa



表 5—6 日本水泥的性能(JISR5210--1986)

		普通 波特兰水泥	早强 波特兰水泥	超早强 波特兰水泥	中热 波特兰水泥	耐硫酸盐 波特兰水泥
比表面积, $\text{cm}^2/\text{g}$		2500	3300	4000	2500	2500
时间	初凝, 不小于 min	60	45	45	60	60
	终凝, 不大于 h	10	10	10	10	10
安 全 性		良	良	良	良	良
压缩 强度 $\text{Kg}/\text{cm}^2$ ( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	1d 不小于	—	65 {6.37}	130 {13.75}	—	—
	3d 不小于	70 {6.86}	130 {13.75}	200 {19.6}	50 {4.90}	70 {6.86}
	7d 不小于	150 {14.71}	230 {23.56}	280 {27.46}	100 {9.81}	140 {3.73}
	28d 不小于	300 {29.42}	330 {33.36}	350 {34.32}	230 {23.56}	280 {27.46}
水热化 $\text{cal}/\text{g}$ ( $\text{J}/\text{g}$ )	7d 不小于	—	—	—	70 {293}	—
	28d 不小于	—	—	—	83 {347}	—
MgO, % 不大于		5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
SO <sub>3</sub> , % 不大于		3.0	3.5	4.5	3.0	3.0
烧失量, % 不大于		3.0	3.0	3.0	30	3.0
C <sub>3</sub> S, % <sup>①</sup> 不大于		—	—	—	50	—
C <sub>3</sub> A, % <sup>①</sup> 不大于		—	—	—	8	4

表 5—7 原苏联水泥的性质[GOST 10178—76(83)]

水泥品种	水泥标号	抗折强度 $\text{N}/\text{mm}^2$ ( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )		抗压强度 $\text{N}/\text{mm}^2$ ( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )	
		3d	28d	3d	28d
波特兰水泥和 掺有矿物混合 材料的 波特兰水泥	400		5.5 (55)		40.0 (400)
	500		6.0 (60)		50.0 (500)
	550		6.2 (62)		55.0 (550)
	600		6.5 (65)		60.0 (600)
快硬波特兰水 泥	400	4.0 (40)	5.5 (55)	25.0 (250)	40.0 (400)
	500	4.5 (45)	6.0 (60)	28.0 (280)	50.0 (500)
矿渣波特兰水 泥	300		4.5 (45)		30.0 (300)
	400		5.5 (55)		40.0 (400)
	500		6.0 (60)		50.0 (500)
快硬矿渣波特 水泥	400	3.5 (35)	5.5 (55)	20.0 (200)	40.0 (400)

注：原苏联建筑材料工业部允许生产300号掺有矿物性混合材料的波特兰水泥，硬化28d的抗折强度不少于4.5N/mm<sup>2</sup> (45kgf/cm<sup>2</sup>)，抗压强度强度不小于30.0N/mm<sup>2</sup> (300kgf/cm<sup>2</sup>)。

## B 砂浆

表 5—8 砌筑砂浆的强度指标

强度等级	抗压极限强度 (MPa)
M10	5.0
M7.5	7.5
M5	5.0
M3.5	3.5

表 5—9 原砂浆标号与现砂浆强度等级对照

原规范中砂浆标号	150	100	75	50	25	10	4
新规范中的砂浆强度等级	M15	M10	M7.5	M5	M3.5	M1	M0.4

表 5—10 砂浆配合比(质量比)

砂浆品种 强度等级 水泥标号	水泥砂浆				水泥石灰砂浆			
	M10	M7.5	M5	M3.5	M10	M7.5	M5	M3.5
425	1:5.5	1:6.7	1:8.6	1:13.6	1:0.3:5.5	1:8.6:6.7	1:1:0.6	1:3.2:13.6
325	1:4.6	1:5.7	1:7.1	1:11.5	1:0.1:4.6	1:0.3:5.7	1:0.7:7.1	1:1.7:11.5
275		1:5.2	1:6.8	1:5.5		1:0.2:5.2	1:0.6:6.8	1:1.5:5.5

## C 混凝土

表 5—11 混凝土结构的混凝土最低强度等级

结 构 种 类			混凝土强度等级
素混凝土结构	垫层及填充用混凝土		C7.5
	现浇式结构		C10
	装配式结构		C15
钢筋混凝土结构	配 I 级钢筋的结构		C15
	配 II 级钢筋的结构		C20
	承受重复荷载的结构		C20
	叠合梁、板的叠合层		C20
	剪力墙		C20
	二、三级抗震等级的梁、柱、框架节点		C20
	一级抗震等级的梁、柱、框架节点		C30
	有侵蚀介质作用的结构	现浇式结构	C20
		装配式结构	C30
	处于露天或室内高温环境中的结构	非主要承重构件	C20
		主要承重构件	C25
预应力混凝土结构	配碳素钢丝、刻痕钢丝的构件		C40
	配钢胶线、热处理钢筋的构件		C40
	配其它预应力钢筋的构件		C30
基 础	刚性基础		C10
	受侵蚀介质作用的刚性基础		C15
	扩展基础		C15
	墙下筏板基础		C20
	壳体基础		C20
	桩基承台		C15
	灌注桩		C15
	预制桩		C20
	水下灌注桩		C30
	大块式基础		C15
	接受力确定的构架式基础		C20

表5—12 混凝土强度设计值、强度标准和弹性模量

混凝土强度等级	强度设计值 (N/mm <sup>2</sup> )			强度标准值 (N/mm <sup>2</sup> )			弹性模量 (N/mm <sup>2</sup> )
	轴心抗压	弯曲抗压	抗 拉	轴心抗压	弯曲抗压	抗 拉	
	$f_c$	$f_{cm}$	$f_t$	$f_{ct}$	$f_{cmk}$	$f_{tk}$	
C7.5	3.7	4.1	0.55	5	5.5	0.75	$1.45 \times 10^4$
C10	5	5.5	0.65	6.7	7.5	0.9	$1.75 \times 10^4$
C15	7.5	8.5	0.90	10	11	1.2	$3.20 \times 10^4$
C20	10	11	1.1	13.5	15	1.5	$3.55 \times 10^4$
C25	13.5	13.5	1.3	17	18.5	1.75	$3.80 \times 10^4$
C30	15	16.5	1.5	20	22	2	$3.00 \times 10^4$
C35	17.5	19	1.65	23.5	26	3.25	$3.15 \times 10^4$
C40	19.5	21.5	1.8	27	29.5	245	$3.21 \times 10^4$
C45	21.5	23.6	1.9	29.5	33.5	3.6	$3.31 \times 10^4$
C50	23.5	26	2	32	35	3.75	$3.45 \times 10^4$
C55	25	27.5	3.1	34	37.5	3.85	$3.55 \times 10^4$
C60	26.5	29	3.2	36	39.5	3.95	$3.60 \times 10^4$

注：计算现浇钢筋混凝土轴心受压及偏心受压构件时，如截面的长边或直径小于300mm，则表中的强度设计值应乘以系数0.8。当构件质量(如混凝土成型、截面和轴线尺寸等)确有保证时，可不受此限。

表 5—13 混凝土配合比经验参考数据

水泥 标号	混凝土 强度 等级	水 灰 比	石子最大粒径(mm)						附 注
			10		20		30		
			用水量 (kg/m³)	砂率 (%)	用水量 (kg/m³)	砂率 (%)	用水量 (kg/m³)	砂率 (%)	
325	C10	0.75~0.85	170~175	39~42	165~170	38~40	160~165	37~40	1. 计算过程: ①根据原材料情况与混凝土强度等级, 选定水灰比、用水量、砂率; ②水泥用量=用水量÷水灰比值; ③砂用量 =[2450-(水泥+水)]×砂率 ④用混凝土计算密度(2450kg/m³)减去水泥、水、砂的用量就是石子的用量。 2. 表中数值控制混凝土的坍落度为2~4cm; 3. 不选用减水剂时, 可将表中用水量增5%~10%; 4. 使用细砂时, 表中砂率值应减少2%~4%。
	C15	0.63~0.68	175~180	37~40	170~175	36~39	165~170	35~38	
	C20	0.55~0.60	180~185	36~39	175~180	35~38	170~175	34~37	
	C25	0.45~0.50	185~190	33~37	180~185	32~36	175~180	31~35	
	C30	0.38~0.43	190~195	31~35	185~190	30~34	180~185	29~33	
425	C15	0.75~0.85	170~175	29~41	165~170	38~40	160~165	37~40	
	C20	0.60~0.70	175~180	37~40	170~175	36~39	165~170	35~38	
	C25	0.53~0.60	180~185	36~39	175~180	36~38	170~175	34~37	
	C30	0.48~0.52	185~190	34~37	180~185	33~36	175~180	32~35	
	C35	0.42~0.47	190~195	33~36	185~190	32~35	180~185	31~35	
	C40	0.38~0.41	195~200	31~35	185~195	30~34	185~190	30~34	
525	C25	0.60~0.65	175~180	37~40	170~175	36~39	165~170	35~38	
	C30	0.55~0.60	180~185	36~39	175~180	35~38	170~175	34~37	
	C35	0.50~0.56	185~190	34~38	180~185	33~37	175~180	32~35	
	C40	0.45~0.50	190~195	33~37	185~190	32~36	180~185	31~35	
	C45	0.40~0.45	195~200	32~36	190~195	31~35	185~190	30~34	

表 5—14 水泥标号的选择

混凝土强度等级	≤C10	C15~C25	C30~C40	≥C50
水泥标号	275	325, 425	425, 525	525~725

表 5—15 原规范(TJ10-74)混凝土标号与新规范(GBJ10-89)混凝土强度等级换算表

原规范混凝土标号	75	100	150	200	300	400	500	550	600
新规范混凝土强度等级	C5.5	C8	C13	C18	C28	C38	C48	C53	C58

表 5—16 常用外加剂的功能

名 称	功 能
普通减水剂	在混凝土坍落度基本相同的条件下，能减少拌合用水量
早强剂	加速混凝土早期强度发展
缓凝剂	延长混凝土凝结时间
引气剂	在搅拌混凝土过程中能引入大量均匀分布、稳定而封闭的微小气泡
高效减水剂	在混凝土坍落度基本相同的条件下，能大幅度减少拌合用水量
早强减水剂	兼有早强和减水功能
缓凝减水剂	兼有缓凝和减水功能
引气减水剂	兼有引气和减水功能
阻锈剂	能抑制或减轻混凝土中钢筋或其它预埋金属锈蚀
加气剂	混凝土制备过程中因发生化学反应，放出气体，而使混凝土中形成大量气孔
膨胀剂	能使混凝土中产生一定体积膨胀
防冻剂	能使混凝土在负温下硬化，并在规定时间内达到足够防冻、强度
着色剂	能制备具有稳定色彩混凝土
速凝剂	能使混凝土迅速凝结硬化
泵送剂	能改善混凝土拌合物泵送性能

表 5—17 各种混凝土用外加剂参考表

使用场合	使用的主要目的	适 用 的 外 加 剂
水泥用量集中的单位	节省水泥	普通减水剂，如木质素磺酸钙
高强混凝土	提高早期强度	非引气型高效减水剂，如 NF、FDN、UNF-5、CRS、SM 等
早强混凝土	提高早期强度	夏季：高效减水剂，如 AF、NF、UNF-2、SM-2 等 冬季：早强减水剂，如 S 型、金星系列早强剂 H 型、NC、3F 等
流态混凝土	提高和易性	非引气型高效减水剂，如 NF、FDN、UNF-5、SN-2、CRS、SM、AF 等
泵送混凝土	提高可泵性	引气型减水剂，如木质素磺酸钙，也可用 AF、m、FFT 等高效减水剂
大体积混凝土	缓凝降低水泥初期水化热	①缓凝减水剂，如木钙、糖密、DH <sub>4</sub> 等 ②缓凝剂，如柠檬酸
防水混凝土	提高抗渗性	①引气减水剂，如木钙； ②引气剂，如 PC-2； ③膨胀剂； ④三乙醇胺； ⑤氧化铁防水剂。
冬季施工	早强	①早强减水剂，如 UNF-4、S 型、金星系列早强剂、H 型等； ②减水剂与早强剂复合使用； ③早强剂，如 Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 、NaCl、CaCl <sub>2</sub>
	防冻	①抗冻剂，如 NON-F、MN-F、AN 等 ②早强剂+防冻剂 ③减水剂+早强剂+防冻剂 ④强气减水剂+早强剂+防冻剂 ⑤早强剂+防冻剂+阻锈剂
夏季施工	缓凝	①缓凝减水剂，如糖密； ②缓凝剂
蒸汽养护混凝土	节能	①早强减水剂如 UNF-4、S 型、NSZ 等； ②高效减水剂，如 FDN、UNF-5、NF、SN-2、AF 等； ⑧早强剂，如硫酸钠
自然养护的预制混凝土构件	提高产量	夏季：高效减水剂，如 AF、NF、UNF-2、SN-2； 冬季：早强减水剂，如 S 型、NSZ、UNF-4 等
	节省水泥	夏季：普通减水剂，如木钙； 冬季：早强减水剂，木钙复合 Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 等
木模板施工	提高混凝土和易性及早期强度	夏季：①普通减水剂，如木钙； ②高效减水剂，如 AF、JN、UNF-2 冬季：①早强减水剂； ②减水剂与早强剂复合使用
滑动模板施工	夏季：缓凝（便于滑升和抹平）	普通减水剂，如糖密、木钙等
	冬季：早强	①高效减水剂，如 AF、JN 等； ②早强减水剂

续表 5—17 各种混凝土用外加剂参考表

使用场合	使用的主要目的	适 用 的 外 加 剂
灌浆料	提高流动性、无收缩、早强、高强	①减水剂+膨胀剂如 FDN0.5%+明矾膨胀剂 20% ②早强减水剂
喷射混凝土	速凝、提高混凝土的粘结力及强度	①减水剂+速凝剂，如：NF+速凝剂 ②速凝剂，如红星一型，782 型、711 型等
商品混凝土	节省水泥	普通减水剂，如木质素磺酸钙等
	保证施工和易性	缓凝减水剂，如糖蜜； 高效减水剂，如 UNF—2、JN、AF
受碱类作用的混凝土	提高耐久性	引气高效减水剂及高效减水剂，如建一 1 型、FDN、AF 等
耐冻融混凝土	提高耐久性	①引气剂，如 PC—2； ②引气减水剂，如蔡系减水剂与引气剂复合
大跨度预应力混凝土	提高混凝土强度等级	非引气型高效减水剂，如 FDN、NF、UNF 等
钢筋密集的构筑物	提高和易性，改善浇筑质量	①普通减水剂，如木钙等； ②高效减水剂，如 AF 等
港工混凝土	提高耐久性	①引气减水剂，如蔡系减水剂与引气剂复合，建 1 型 JN、AF 等； ②引气剂，如 PC—2
补偿收缩混凝土	提高抗裂性、抗渗性等	膨胀剂，如明矾石膨胀剂
钢丝网水泥船	取消蒸养提高产量	夏季：高效减水剂，如 AF、UNF—2、FDN、NF 等； 冬季：S 型、NSZ 早强高效减水剂，高效减水剂复合 0.5%~1.0% (水泥重) 硫酸钠
振动挤压混凝土管	提高产品质量	高效减水剂，如 SM、UNF—2 等；
1 应力混凝土	节省自应力水泥，缩短蒸养时间	高效减水剂如 AF
成组立模	改善和易性，提高劳动生产率	高效减水剂
灌注桩基础	提高和易性	①高效减水剂，如 AF、FND 等 ②减水剂，如木钙等
坑道现浇混凝土支护	提高早期及后期强度	高效减水剂，如 CRS、AF 等
建筑砂浆	节省石灰膏	微沫剂
冻结井筒混凝土井壁	早强、抗冻、高强	①高效减水利，如 NF、建 1 型、AF 等； ②0.05%三乙醇胺+1%NaCl+1%NaNO <sub>2</sub>



## E 钢材

表5—18 钢筋种类、牌号、符号及标准代号

钢 筋 种 类			符 号	标准代号
热轧钢筋	I 级 (A3、AY3)		$\Phi$	GB1499—84
	II 级 [920MnSi、20MnNb (b)]		$\Phi$	
	III 级 (40MnSi)		$\Phi$	
	IV 级 (40Si2MnV、45SiMnV、45Si2MnTi)		$\Phi$	
冷拉钢筋	I 级 ( $d \leq 12$ )		$\Phi^I$	
	II 级		$\Phi^I$	
	III 级		$\Phi^I$	
	IV 级		$\Phi^I$	
热处理钢筋	40Si2Mn ( $d=6$ ) 48Si2Mn ( $d=8.3$ ) 45Si2Cr ( $d=10$ )		$\Phi^S$	GB4463—8
钢丝	碳素钢丝 ( $\Phi 4$ 、 $\Phi 5$ )		$\Phi^K$	GB5223—85 (矫直回火钢丝)
	刻痕钢丝 ( $\Phi 5$ )		$\Phi^b$	GB5223—85
	冷拔低碳钢丝	甲级 ( $\Phi 4$ 、 $\Phi 5$ ) 乙级 ( $\Phi 3 \sim \Phi 5$ )	$\Phi^b$	
	钢绞线	$d=9$ ( $7\Phi 3$ ) $d=12$ ( $7\Phi 4$ ) $d=15$ ( $7\Phi 5$ )	$\Phi^j$	GB5224—85

表 5—19 混凝土结构中的钢筋

结构中的钢筋分类			宜 采 用 的 钢 筋
受力钢筋	普通钢筋	C15 $\geq 20$ 抗震结构	I 级钢筋 II 级、III 级钢筋 II 级、III 级钢筋
	预应力钢筋		碳素钢丝、刻痕钢丝、钢绞线、热处理钢筋以及冷拉 II、III、IV 级钢筋。对中小型构件，可采用甲级冷拔低碳钢丝
非受力筋	架立筋 分布筋 构造筋		I 级、II 级钢筋及乙级冷拔低碳钢丝

注：①普通钢筋是指用于钢筋混凝土结构中的钢筋和预应力混凝土结构中的非预应力钢筋；  
②处于有侵蚀性介质的钢筋混凝土结构如无特殊措施者，不得采用冷拔低碳钢丝做预应力钢筋；  
③有不透水性要求的钢筋混凝土结构，不宜采用冷拔低碳钢丝。

表5—20 钢筋的强度设计值、强度标准值及弹性模量 (N/mm<sup>2</sup>)

项次	钢筋种类		标记	强度设计值		强度标准值	弹性模量 Es
				$f_y$ 或 $f_{py}$	抗压 $f_{yk}$ 或 $f_{py}$	$f_{yk}$ 或 $f_{pyk}$	
1	热轧	I 级 (A <sub>3</sub> 、A <sub>Y3</sub> )	Φ	210	210	235	$3.1 \times 10^5$
		II 级 (20MnSi、20MnNb (b)) d ≤ 25 d = 28-40	Φ	310 290	310 290	335 315	$3.0 \times 10^5$ $3.0 \times 10^5$
		III 级 (25MnSi)	Φ	340	340	370	$3.0 \times 10^5$
	钢筋	IV 级 (40Si <sub>2</sub> MnV、45SiMnV、 5Si <sub>2</sub> MnTi)	Φ	500	400	540	$3.0 \times 10^5$
2	冷拉 钢筋	I 级 (d ≤ 12)	Φ	250	210	280	$3.1 \times 10^5$
		II 级 d ≤ 25 d = 28-40	Φ	380 360	310 290	450 430	$1.8 \times 10^5$
		III 级	Φ	420	340	500	$1.8 \times 10^5$
		IV 级	Φ	580	400	700	$1.8 \times 10^5$
3	热处理 钢筋	40SiMn (d=6.9) 48Si <sub>2</sub> Mn (d=8.2) 45Si <sub>2</sub> Cr (d=5.0)	Φ	1000	400	1470	$3.0 \times 10^5$

注：①在钢筋混凝土结构中，轴心受拉和小偏心受拉构件的钢筋抗拉强度设计值大于 310N/mm<sup>2</sup>时，仍应按 310N/mm<sup>2</sup>取用；其他构件的钢筋抗拉强度设计值大于 340N/mm<sup>2</sup>时，仍应按 340N/mm<sup>2</sup>取用；对于直径大于 12mm 的 I 级钢筋，如经冷拉，不得利用冷拉后的强度。  
 ②当钢筋混凝土结构的混凝土强度等级为 C10 时，光面钢筋的强度设计值应按 190N/mm<sup>2</sup>取用，变形钢筋 (包括月牙纹钢筋) 的强度设计值应按 230N/mm<sup>2</sup>采用。  
 ③构件中配有不同种类的钢筋时，每种钢筋根据其受力情况采用各自强度设计值。

表5—21 钢丝的强度设计值、强度标准值及弹性模量 (N/mm<sup>2</sup>)

项次	钢 筋 种 类		标记	强度设计值		强度标准值		弹性模量
1	碳素钢丝	$\phi^4$ $\phi^5$	$\phi^s$	1130 1070	400	1670 1570	$3.0 \times 10^5$	
2	刻痕钢丝	$\phi^5$	$\phi^k$	1000	360	1470	$1.8 \times 10^5$	
3	钢绞线	9.0 (7 $\phi^3$ ) 13.0 (7 $\phi^4$ ) 15.0 (7 $\phi^5$ )	$\phi^j$	1130 1070 1000	360	1670 1570 1470	$1.8 \times 10^5$	
4	冷拔低碳 钢丝	甲级： $\phi^4$ $\phi^5$	$\phi^b$	I 组 460 430	II 组 430 440	400	I 组 700 650 II 级 650 600	$3.0 \times 10^5$
		乙级： $\phi^3 - \phi^5$ 用于焊接骨架和焊接网时 用于绑扎骨架和绑扎网时		320 250	320 250	550		

注：①冷拔低碳钢丝用作预应力钢筋时，应按表中规定的钢丝强度标准值逐盘检验，其强度设计

值按甲级采用，乙级冷拔低碳钢丝仅要求分批检验，主要用焊接骨架、焊接网、架立筋、箍筋和构造钢筋。

②当碳素钢丝、刻痕钢丝、钢绞线的强度标准值不符合表中的规定时，其强度设计值应进行换算。

表 5—22 3 号钢材分组尺寸 (mm)

组 别	圆钢、方钢和扁钢的直径或厚度	角钢、I 字钢和槽钢的厚度	钢板的厚度
第 1 组	$\leq 40$	$\leq 15$	$\leq 20$
第 2 组	$> 40 \sim 100$	$> 15 \sim 20$	$20 \sim 40$
第 3 组		$> 20$	$> 40 \sim 50$

注：①I字钢和槽钢的厚度系指腹板的厚度。②当钢材厚度或直径超过本表中规定的数值，或采用本表中未列入的钢号时，钢材和连接的强度设计值应另行确定。

表5—23 钢材的强度设计值 (N/mm<sup>2</sup>)

钢 材			抗拉、抗压和抗弯 $f$	抗剪 $f_v$	端面承压 (刨平顶紧) $f_{ce}$
钢 号	组 别	厚度或直径 (mm)			
3 号钢	第一组	—	215	125	
	第二级	—	200	115	
	第三级	—	190	110	
16Mn 钢	—	$\leq 16$	315	185	
16Mnq 钢	—	17~25	300	175	
	—	26~36	290	170	
15MnV 钢	—	$\leq 16$	350	205	
15MnVq	—	17~25	335	195	
	—	26~36	320	185	

注：3 号镇静钢钢材的抗拉、抗压、抗弯和抗剪强度设计值，可按表中的数值增加 5%。

表 5—24 钢板桩规格性能

规 格	截面尺寸 (mm)				每延米面积 (mm <sup>2</sup> )	每延米质量 (kg)	每延米截面距 (mm <sup>3</sup> )
	b	h	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>			

拉森III	400	290	13.0	8.5	19800	60	1600000
拉森IV	400	310	15.5	11.0	23600	74	2037000
拉森V	420	360	20.5	12.0	30300	100	3000000
拉森VI	420	440	22.0	14.0	37000	121.8	4200000
鞍IV	420	310	15.5	10.5	24700	77	2042000

## F 常用材料质量

表 5—25 常用建筑材料质量

名 称	质 量		附 注
	单 位	数 值	
杉木	Kg/m <sup>3</sup>	400~500	
松木	Kg/m <sup>3</sup>	500~600	G=1.55, λ=0.15~0.35
硬杂木	Kg/m <sup>3</sup>	600~700	
锯木	Kg/m <sup>3</sup>	200~250	λ=0.07~0.09
木纤维板	Kg/m <sup>3</sup>	200~1000	λ=0.07~0.34
刨花板	Kg/m <sup>3</sup>	300~600	λ=0.14~0.23
胶合三夹板	Kg/m <sup>3</sup>	1.9~3.8	
胶合五夹板	Kg/m <sup>3</sup>	3.0~3.9	
胶合七夹板	Kg/m <sup>3</sup>	5.8	
软木板	Kg/m <sup>3</sup>	250	λ=0.07
铸铁	Kg/m <sup>3</sup>	7250	G=7.2~7.4
钢	Kg/m <sup>3</sup>	7850	G=7.85; λ=58
铜	Kg/m <sup>3</sup>	8500~8900	G=8.5~8.9
铝	Kg/m <sup>3</sup>	2700	G=373
铝合金	Kg/m <sup>3</sup>	2800	
石棉	Kg/m <sup>3</sup>	1000	压实, λ=0.22
石棉	Kg/m <sup>3</sup>	400	松散
石膏粉	Kg/m <sup>3</sup>	900	
石膏块	Kg/m <sup>3</sup>	1300~1450	
粘土	Kg/m <sup>3</sup>	1350--1800	λ=0.15~0.93
砂土	Kg/m <sup>3</sup>	1220	干、松

砂土	Kg/m <sup>3</sup>	1800	湿、压实
砂子	Kg/m <sup>3</sup>	1400	干、细砂；G=3.6
砂子	Kg/m <sup>3</sup>	1700	干、粗砂，G=3.6
卵石	Kg/m <sup>3</sup>	1600--1800	干

续表 5—25

名 称	质 量		附 注
	单 位	数 值	
卵石	Kg/m <sup>3</sup>	1400~1500	G=3.6~3.7
砂夹卵石	Kg/m <sup>3</sup>	1500~1700	干、松
砂夹卵石	Kg/m <sup>3</sup>	1890~1920	干、压紧
花岗石、大理石	Kg/m <sup>3</sup>	2800	G=3.6~3.0
石灰石	Kg/m <sup>3</sup>	2640	G=3.6~3.8
毛石	Kg/m <sup>3</sup>	1700	
普通砖	Kg/m <sup>3</sup>	1800~1900	G=3.5, λ=0.81
耐火砖	Kg/m <sup>3</sup>	1900~2200	G=1.8~3.1
灰砂砖	Kg/m <sup>3</sup>	1800	
土坯砖	Kg/m <sup>3</sup>	1200~1500	λ=0.7
粘土空心砖	Kg/m <sup>3</sup>	1100~1450	G=3.5 λ=0.47
瓷面砖	Kg/m <sup>3</sup>	1780	
陶瓷锦砖	Kg/m <sup>3</sup>	12	厚 5mm
粘土瓦	Kg/m <sup>3</sup>	3	
生石灰块	Kg/m <sup>3</sup>	1100	G=1.1
生石灰粉	Kg/m <sup>3</sup>	1200	G=1.2
熟石灰膏	Kg/m <sup>3</sup>	1350	
炉渣	Kg/m <sup>3</sup>	700~1000	λ=0.22~0.29
砂渣	Kg/m <sup>3</sup>	1000~1400	λ=0.29~0.31
水渣	Kg/m <sup>3</sup>	500~900	λ=0.16~0.26
水泥	Kg/m <sup>3</sup>	1250~1450	G=3.1
水泥砂浆	Kg/m <sup>3</sup>	2000	λ=0.93
石灰砂浆、混合砂浆	Kg/m <sup>3</sup>	1700	λ=0.87

水泥蛭石砂浆	Kg/m <sup>3</sup>	500~800	
膨胀珍珠岩砂浆	Kg/m <sup>3</sup>	700~1500	
纸筋石灰泥	Kg/m <sup>3</sup>	1600	
3: 7 灰土	Kg/m <sup>3</sup>	1700	

续表 5—25

名 称	质 量		附 注
	单 位	数 值	
素混凝土	Kg/m <sup>3</sup>	2200~2400	G=3. 7, $\lambda = 1. 28 \sim 1. 51$
钢筋混凝土	Kg/m <sup>3</sup>	2400~2500	$\lambda = 1. 51 \sim 1. 63$
无砂混凝土	Kg/m <sup>3</sup>	1600~1900	$\lambda = 0. 70 \sim 0. 99$
沥青混凝土	Kg/m <sup>3</sup>	2000	$\lambda = 1. 05$
泡沫混凝土	Kg/m <sup>3</sup>	400~600	$\lambda = 0. 14 \sim 0. 21$
加气混凝土	Kg/m <sup>3</sup>	550~750	$\lambda = 0. 21 \sim 0. 29$
陶粒混凝土	Kg/m <sup>3</sup>	400~1800	$\lambda = 0. 17 \sim 0. 81$
矿渣混凝土	Kg/m <sup>3</sup>	2000	
水泥蛭石板	Kg/m <sup>3</sup>	400~500	$\lambda = 0. 1 \sim 0. 4$
普通玻璃	Kg/m <sup>3</sup>	2550	G=3. 5, $\lambda = 0. 76$
玻璃棉	Kg/m <sup>3</sup>	50~100	$\lambda = 0. 04 \sim 0. 05$
玻璃钢	Kg/m <sup>3</sup>	140~2200	
矿渣棉	Kg/m <sup>3</sup>	120~150	$\lambda = 0. 03 \sim 0. 04$
沥青矿渣棉毡	Kg/m <sup>3</sup>	120~160	$\lambda = 0. 04 \sim 0. 05$
膨胀珍珠岩粉	Kg/m <sup>3</sup>	80~200	$\lambda = 0. 04 \sim 0. 05$
膨胀蛭石	Kg/m <sup>3</sup>	80~200	$\lambda = 0. 05 \sim 0. 07$
棉絮	Kg/m <sup>3</sup>	100	$\lambda = 0. 05$
稻草	Kg/m <sup>3</sup>	120~250	$\lambda = 0. 05 \sim 0. 21$
聚氯乙烯板(管)	Kg/m <sup>3</sup>	1350~1600	$\lambda = 1. 35 \sim 1. 60$
聚氯乙烯泡沫塑料	Kg/m <sup>3</sup>	190	$\lambda = 0. 06$
聚苯乙烯泡沫塑料	Kg/m <sup>3</sup>	30~50	$\lambda = 0. 03 \sim 0. 05$
石板板	Kg/m <sup>3</sup>	1300	$\lambda = 0. 35$
石膏板	Kg/m <sup>3</sup>	1100	$\lambda = 0. 41$
石油沥青	Kg/m <sup>3</sup>	1000~1100	$\lambda = 1. 0 \sim 1. 1$

煤沥青	Kg/m <sup>3</sup>	1340	
煤焦油	Kg/m <sup>3</sup>	1000	G=1.25
乳化沥青	Kg/m <sup>3</sup>	980~1050	
汽油	Kg/m <sup>3</sup>	640~670	G=0.73

续表 5—25

名 称	质 量		附 注
	单 位	数 值	
柴油	Kg/m <sup>3</sup>	870~920	
水(4℃时)	Kg/m <sup>3</sup>	1000	G=1.0; λ=0.58
冰	Kg/m <sup>3</sup>	896	λ=3.33

注：G—相对密度(旧称比重)； λ—导热系数(W/m·K)

## 附录 6

# 国家、行业、部门现行的有关规范、 规程、标准、指南和手册

- (1) 建筑地基基础设施规范 (GB 50007—2002) ；
- (2) 混凝土结构设计规范 (GB 50010—2002) ；
- (3) 钢结构设计规范 (GBJ 17—89) ；
- (4) 砌体结构设计规范 (GB 500043—2001) ；
- (5) 城市防洪工程设计规范 (GBJ 50—90) ；
- (6) 建筑抗震设计规范 (GJ 50011—2001) ；
- (7) 建筑地基处理技术规范 (JGJ 79—91，1980 年版) ；
- (8) 国家水准测量规范；
- (9) 国家三角测量和精密导线测量规范；
- (10) 大地变形测量规范；
- (11) 建筑地基基础工程施工质量验收规范 (GB 50202—2002) ；
- (12) 钢结构工程施工质量验收规范 (GB 50205—2001) ；
- (13) 混凝土结构工程施工质量验收规范 (GB 50204—2002)
- (14) 施工现场临时用电安全技术规范 (JGJ 46—88) ；
- (15) 建筑施工高处作业安全技术规范 (JGJ 80—91) ；
- (16) 建筑结构荷载规范 (GB 50009—2001) ；
- (17) 水工建筑物荷载设计规范 (DL5077—1977)
- (18) 混凝土重力坝设计规范 (DL5108—1999) ；



- (19) 建筑工程项目管理规范 (GB/T 50328—2001)；
- (20) 建设工程文件归档整理规范 (GB/T 50328—2001)；
- (21) 锚杆喷射混凝土支护技术规范 (GB 50086—2001)；
- (22) 岩土工程勘察规范 (GB 50021—2001)；
- (23) 水利水电工程地质勘察规范 (GB 50287—99)；
- (24) 建筑工程监理技术规范 (GB 50319—2000)；
- (25) 周必凡等《泥石流防治指南》；
- (26) 林宗元主编《岩土工程设计手册》；
- (27) 沈寿长、谭炳炎等《泥石流灾害防治工程理论与实践》。

## 附录 7

# 本规范用词说明

一、为了便于在执行本规范时区别对待，对于要求严格程度不同的用词，说明如下：

1. 表示很严格，非这样做不可的用词：

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用词：

正面词采用“应”。

反面词采用“不应”或“不得”。

3. 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”或“可”。

反面词采用“不宜”。

二、条文中指明应按其它有关标准、规范的规定执行时，写法为“应符合……的要求或规定”。非必须按所指的标准、规范或其它规定执行时，写法为“可参照……”

---