ICS 93.020
P 25

SL

中华人民共和国水利行业标准

SL 677—2014

替代 SDJ 207—82

水工混凝土施工规范

Specifications for hydraulic concrete construction

2014-10-27 发布　　2015-01-27 实施



中华人民共和国水利部　发布

中华人民共和国水利部

关于批准发布水利行业标准的公告
（水工混凝土施工规范）

2014 年第 59 号

中华人民共和国水利部批准《水工混凝土施工规范》（SL 677—2014）为水利行业标准，现予以公布。

序号	标准名称	标准编号	替代标准号	发布日期	实施日期
1	水工混凝土施工规范	SL 677—2014	SDJ 207—82	2014.10.27	2015.1.27

水 利 部

2014 年 10 月 30 日

前　言

根据水利部水利行业标准制修订计划，按照《水利技术标准编写规定》（SL 1—2002）的要求，对《水工混凝土施工规范》（SDJ 207—82）进行修订。

本标准共11章和5个附录，主要技术内容有：

——对模板的材料、设计、制作、安装、拆除、维修及特种模板做出了详细的规定。

——规定了水工混凝土使用钢筋的材质、加工方法、接头型式、安装要求。

——对水泥和掺合料的品种选择、运输、储存及骨料和水的品质做出了规定。

——限定最大水胶比，规定混凝土配制强度的计算方法。

——对混凝土的拌和、运输、浇筑和养护做出了规定，包括特种混凝土施工和雨季施工。

——规定了浇筑温度、内部温度和特殊部位的温度控制措施，同时提出了表面保温要求。

——明确了低温季节混凝土施工的条件、施工措施和质量控制要求。

——规定了止水及伸缩缝、排水设施、预埋铁件、管路及观测仪器的准备、安装和质量控制要求。

——规定了原材料、拌和物、浇筑成型的混凝土的质量检验与评定。

本标准对原规范修订的主要内容如下：

——增加了“引用标准”、“术语和符号”以及“条文说明”等内容；

——“模板”中增加了翻转模板、装饰模板的有关要求；

——“钢筋”中增加了钢筋机械连接的内容；

——将原规范的第四章“混凝土工程”分为4章，即第5章“混凝土原材料”、第6章“混凝土配合比”、第7章“混凝土施工”和第11章“质量控制与检验”；

——将原规范第五章“混凝土温度控制的措施”改为“混凝土温度控制”，按混凝土施工顺序重新划分“节”。增加了中期通水冷却的有关要求。

——对原规范第六章“低温季节施工”，按混凝土施工顺序进行了分“节”，增加了综合蓄热法和采用成熟度法判断混凝土早期强度的方法，对具体的温度观测方法及要求进行了补充。

——“预埋件施工”中取消了“沥青止水井制作与安装”的相关规定。

——“质量控制与检验”中增加了“拌和物质量控制与检验”、“混凝土生产质量水平评定”等内容。

——增加了附录C“混凝土总碱含量的计算方法”和附录D“用成熟度法计算混凝土早期强度”。

本标准中的强制性条文有：3.6.1条、10.4.6条。以黑体字标识，必须严格执行。

本标准所替代标准的历次版本为：

SDJ 207—82

本标准主持机构：**水利部建设与管理司**

本标准批准部门：**中华人民共和国水利部**

本标准解释单位：**水利部建设与管理司**

本标准主编单位：**长江勘测规划设计研究院**

本标准参编单位：**长江水利委员会长江科学院**
中国葛洲坝集团公司
中国长江三峡集团公司
中水北方勘测设计研究有限责任公司
中国水利水电第四工程局有限公司

本标准出版、发行单位：**中国水利水电出版社**

本标准主要起草人：翁永红　范五一　丁福珍　周厚贵
杨华全　席　浩　袁建华　吴效红
简兴昌　李文伟　张宝瑞　梁仁强
王迎春　李　伟　彭圣华　杨学红
李　锋　王　超　张五一

本标准审查会议技术负责人：朱尔明　刘志明

本标准体例格式审查人：牟广丞

目　次

1　总则 …… 1
2　术语和符号 …… 3
2.1　术语 …… 3
2.2　符号 …… 5
3　模板 …… 7
3.1　一般规定 …… 7
3.2　材料 …… 7
3.3　设计 …… 8
3.4　制作 …… 10
3.5　安装 …… 10
3.6　拆除与维修 …… 14
3.7　特种模板 …… 15
4　钢筋 …… 18
4.1　一般规定 …… 18
4.2　材料 …… 18
4.3　加工 …… 19
4.4　接头 …… 24
4.5　安装 …… 40
5　混凝土原材料 …… 42
5.1　一般规定 …… 42
5.2　水泥 …… 42
5.3　骨料 …… 43
5.4　掺合料 …… 46
5.5　外加剂 …… 46
5.6　水 …… 47
6　混凝土配合比 …… 49

7 混凝土施工 …… 52
7.1 一般规定 …… 52
7.2 拌和 …… 52
7.3 运输 …… 53
7.4 浇筑 …… 56
7.5 养护 …… 60
7.6 特种混凝土施工 …… 60
7.7 雨季施工 …… 62
8 混凝土温度控制 …… 64
8.1 一般规定 …… 64
8.2 浇筑温度控制 …… 64
8.3 内部温度控制 …… 65
8.4 表面保温 …… 66
8.5 特殊部位的温度控制 …… 66
8.6 温度测量 …… 67
9 低温季节施工 …… 68
9.1 一般规定 …… 68
9.2 施工准备 …… 68
9.3 施工方法 …… 69
9.4 保温与温度观测 …… 70
10 预埋件施工 …… 72
10.1 一般规定 …… 72
10.2 止水及伸缩缝 …… 72
10.3 排水设施 …… 73
10.4 预埋铁件 …… 74
10.5 管路 …… 75
10.6 观测仪器 …… 76
11 质量控制与检验 …… 77
11.1 一般规定 …… 77
11.2 原材料的质量检验 …… 77

11.3 拌和物质量控制与检验 …… 79
11.4 浇筑质量控制与检验 …… 80
11.5 混凝土质量检验与评定 …… 80
附录A 大体积混凝土模板荷载计算方法 …… 83
附录B 钢筋的主要机械性能及接头检验 …… 88
附录C 混凝土总碱含量的计算方法 …… 99
附录D 用成熟度法计算混凝土早期强度 …… 100
附录E 混凝土平均强度 $m_{f_{cu}}$ 和标准差 σ 及强度保证率 P 计算方法 …… 103
标准用词说明 …… 105
条文说明 …… 107

1 总　　则

1.0.1 为规范水利水电工程混凝土施工，保证水工混凝土施工质量，确保工程安全，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于水利水电工程中1级、2级、3级水工建筑物的混凝土和钢筋混凝土施工，4级、5级水工建筑物可参照执行。

1.0.3 应根据所处环境、部位的不同和功能要求，使水工混凝土满足相应抗压、抗拉、抗渗、抗冻、抗裂、抗冲耐磨和抗侵蚀等设计要求，并应有完善的施工质量保证体系。

1.0.4 水工混凝土施工应采用经论证的新材料、新技术、新工艺和新设备。

1.0.5 本标准的引用标准主要有下列标准。

《通用硅酸盐水泥》（GB 175）

《金属材料　拉伸试验　第1部分：室温试验方法》（GB/T 228.1）

《金属材料　弯曲试验方法》（GB/T 232）

《碳素结构钢》（GB/T 700）

《铜及铜合金带材》（GB/T 2059）

《生活饮用水卫生标准》（GB 5749）

《混凝土模板用胶合板》（GB/T 17656）

《高分子防水材料　第二部分：止水带》（GB 18173.2）

《木结构设计规范》（GB 50005）

《建筑结构荷载规范》（GB 50009）

《钢结构设计规范》（GB 50017）

《冷弯薄壁型钢结构技术规范》（GB 50018）

《滑动模板工程技术规范》（GB 50113）

《组合钢模板技术规范》（GB 50214）

《混凝土结构工程施工规范》(GB 50666)

《水工建筑物滑动模板施工技术规范》(SL 32)

《水工混凝土结构设计规范》(SL 191)

《水利水电工程天然建筑材料勘察规程》(SL 251)

《水工混凝土试验规程》(SL 352)

《水利水电工程单元工程施工质量验收评定标准——混凝土工程》(SL 632)

《水泥混凝土养护剂》(JC 901)

《钢筋机械连接技术规程》(JGJ 107)

《镦粗直螺纹钢筋接头》(JG 171)

《竹胶合板模板》(JG/T 156)

1.0.6 水工混凝土施工除应符合本标准规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术　　语

2.1.1 水工混凝土　hydraulic concrete

用于水利水电工程的挡水、发电、泄洪、输水、排沙等建筑物，密度为 2400kg/m^3 左右的水泥基混凝土。

2.1.2 大体积混凝土　mass concrete

浇筑块体尺寸较大，需要考虑采取温度控制措施以减少裂缝发生几率的混凝土。

2.1.3 结构混凝土　structural concrete

用于水工建筑物中梁、板、柱等配有钢筋的混凝土。

2.1.4 模板　formwork

保证混凝土浇筑后达到规定的形状、尺寸和相互位置的结构物，一般由面板和围檩（或肋）组成的单块模板及其支承结构和锚固件等组成。

2.1.5 保温模板　insulated formwork

在模板上敷设保温材料，以降低混凝土与外界环境热交换速率的模板。

2.1.6 滑动模板　sliding formwork

在混凝土浇筑过程中沿混凝土结构面滑动的模板。

2.1.7 移置模板　shifting formwork

当混凝土达到拆模强度后拆除，然后整体或承载骨架移动到下一个浇筑位置的模板，如各种模板台车、滑框倒模、爬升（顶升）模板等。

2.1.8 悬臂模板　cantilever formwork

不需要设置内部或外部的撑杆，依靠在先浇混凝土中的预埋件和模板上的螺杆紧固来支承的模板。

2.1.9 滑框倒模　inverted and repetitive formwork

在混凝土浇筑过程中，模板的围檩结构由提升系统带动沿着模板的背面滑动，模板不动，下层模板待混凝土达到允许拆模强度时拆模并倒至上一层支立的模板。

2.1.10 爬升（顶升）模板 jumping (jacking) - up formwork

整体拆模后，靠爬升或顶升装置整体上升至上一层浇筑位置的模板。

2.1.11 翻转模板 turn - over formwork

适应混凝土快速浇筑而设计的一种交替连续上升的模板。

2.1.12 掺合料 mineral admixture

拌制水泥混凝土或砂浆时，掺入的粉煤灰、矿渣粉、磷渣粉、硅粉、石灰石粉等矿物质材料。

2.1.13 强度等级 class of cubic compression

混凝土设计龄期立方体抗压强度标准值，是按照标准方法制作、养护的边长为150mm的立方体试件，在设计龄期用标准试验方法测得的具有设计保证率的抗压强度，单位以 N/mm^2 或 MPa 计，表示符号为“C”。如：90d龄期的强度标准值15MPa，表示为 $C_{90}15$；若设计龄期为28d，则省略下角标，表示为C15。

2.1.14 水胶比 water - cement ratio

水泥混凝土或砂浆用水量（饱和面干骨料）与胶凝材料量的质量比。

2.1.15 胶凝材料 cementitious materials

水泥混凝土或砂浆中水泥及掺合料的总称。

2.1.16 拌和时间 mixing time

全部材料加入完成至拌和料开始出料的时间。

2.1.17 浇筑间隔时间 concrete placement time interval

混凝土浇筑振捣完毕至覆盖上一坯层混凝土的时间。

2.1.18 毛面 rough surface

经过处理，无乳皮、微露粗砂的混凝土表面。

2.1.19 浇筑温度 concreting temperature

混凝土经过平仓振捣后，覆盖上坯混凝土前，距混凝土表面10cm深处的混凝土温度。

2.1.20 气温骤降 sudden drop in air temperature

日平均气温在2～3d内连续下降累计6℃以上的气温变化。

2.1.21 严寒地区 extremely cold region

最冷月平均气温低于－10℃的地区。

2.1.22 寒冷地区 cold region

最冷月平均气温在－10～－3℃的地区。

2.1.23 温和地区 mild region

最冷月平均气温高于－3℃的地区。

2.1.24 蓄热法 method of heat accumulation

采用保温措施，利用原材料加热和水泥水化热的热量，以保证混凝土强度正常增长的施工方法。

2.1.25 综合蓄热法 comprehensive method of heat accumulation

掺加早强或抗冻外加剂并利用外部热源对模板周边、周围空气及仓面中间部位加热升温，浇筑过程中始终保持外部热源输送，将热量传递给混凝土，保证混凝土在正温条件下正常硬化的“蓄热法”施工方法。

2.2 符 号

C20——设计龄期28d强度标准值为20MPa的水工混凝土强度等级

$C_{90}20$——设计龄期90d强度标准值为20MPa的水工混凝土强度等级

F200——混凝土抗冻等级200级

$f_{cu,k}$——混凝土设计龄期的立方体抗压强度标准值

$f_{cu,min}$——n组混凝土设计龄期立方体抗压强度中的最小值

$f_{cu,i}$——第i组试件抗压强度

$f_{cu,0}$——混凝土的配制强度

$m_{f_{cu}}$——混凝土强度平均值

W4——混凝土抗渗等级为 4 级

σ——混凝土强度标准差

3 模　　板

3.1 一 般 规 定

3.1.1 模板应符合下列要求：

1 保证混凝土浇筑后结构及构件各部分形状、尺寸与相互位置满足设计要求。

2 具有足够的稳定性、刚度和强度。

3 宜做到标准化、系列化，装拆方便，周转次数高。

4 模板板面光洁、平整，拼缝严密，不漏浆。

3.1.2 模板选用应与混凝土结构的特征、施工条件和浇筑方法相适应。大体积混凝土宜优先选用悬臂模板。

3.1.3 组合钢模板、大型模板、滑动模板、翻转模板等模板设计、制作和施工应遵守 GB 50113、GB 50214 和 SL 32 的相应规定。

3.1.4 模板材料及制作、安装等工序均应进行质量检查，合格后方可进行下一工序的施工。

3.1.5 模板安装、拆除的顺序应按审定的施工措施计划执行。

3.2 材　　料

3.2.1 模板面板材料宜选用钢材、胶合板等，模板支架材料应优先选用钢材，少用木材。

3.2.2 模板材料的质量应符合下列要求：

1 钢材宜采用 Q235 钢材，其质量应遵守 GB/T 700 的规定。

2 木材应符合 GB 50005 中的承重结构选材标准。

3 胶合板质量应遵守 GB/T 17656 的规定。

4 竹胶合板质量应遵守 JG/T 156 的规定。

3.2.3 保温模板的保温材料应不影响混凝土外露表面的平整度。

3.3 设　　计

3.3.1 模板设计应满足结构物的体型、构造、尺寸以及混凝土浇筑分层分块等要求。

3.3.2 模板设计应提出对材料、制作、安装、使用及拆除工艺的具体要求。模板设计图纸应标明设计荷载及控制条件，如混凝土的浇筑顺序、浇筑速度、浇筑方式、施工荷载等。

3.3.3 钢模板设计应符合 GB 50017 的规定，其截面塑性发展系数为 1.0；其荷载设计值可按 0.90 的折减系数进行折减。采用冷弯薄壁型钢应符合 GB 50018 的规定，其荷载设计值不应折减。木模板设计应符合 GB 50005 的规定；当木材含水率小于 25%时，其荷载设计值可按 0.90 的折减系数进行折减。其他材料的模板设计应符合有关的专门规定。

3.3.4 模板设计时应考虑下列荷载的组合，其标准值的计算可参考附录 A。

1　模板自身重力。

2　新浇混凝土的重力。

3　钢筋和预埋件的重力。

4　工作人员及仓面机具的重力。

5　振捣混凝土时产生的荷载。

6　新浇混凝土的侧压力。

7　新浇混凝土的浮托力。

8　混凝土卸料时产生的荷载。

9　风荷载。

10　其他荷载。

3.3.5 计算模板的刚度和强度时，应根据模板种类及施工具体情况，按表 3.3.5 的荷载组合进行计算（特殊荷载按可能发生的情况计算）。

表 3.3.5　常用模板的荷载组合

项次	模板种类	基本荷载组合（数字为 3.3.4 条中的序号）	
		计算强度	验算刚度
1	薄板、薄壳的底模板	1+2+3+4	1+2+3+4
2	厚板、梁和拱的底模板	1+2+3+4+5	1+2+3+4+5
3	梁、拱、柱（边长≤300mm）、墙（厚≤400mm）的侧面垂直模板	5+6	6
4	大体积结构、柱（边长＞300mm）、墙（厚＞400mm）的侧面垂直模板	6+8	6+8
5	悬臂模板	1+2+3+4+5+8	1+2+3+4+5+8
6	隧洞衬砌模板台车	1+2+3+4+5+6+7	1+2+3+4+6+7

注 1：当模板承受倾倒混凝土时产生的荷载对模板的承载能力和变形有较大影响时，考虑荷载 8。

注 2：根据工程实践情况，合理考虑荷载 9 和荷载 10。

3.3.6　验算模板刚度时，其最大变形不应超过下列允许值：

1　结构外露面模板为模板构件计算跨度的 1/400。

2　结构隐蔽面模板为模板构件计算跨度的 1/250。

3　支架的压缩变形值或弹性挠度值为相应的结构计算跨度的 1/1000。

3.3.7　承重模板结构的抗倾稳定性，应按下列要求核算：

1　倾覆力矩，应采用下列三项中的最大值：

1）风荷载，按 GB 50009 确定。

2）实际可能发生的最大水平作用力。

3）作用于承重模板边缘 1500N/m 的水平力。

2　稳定力矩：模板自重折减系数为 0.8；如同时安装钢筋，应包括钢筋的重量。活荷载按其对抗倾覆稳定最不利的分布计算。

3　抗倾稳定系数：应大于1.4。

3.3.8　除悬臂模板外，竖向模板与内倾模板应设置撑杆或拉杆，以保证模板的稳定性。

3.3.9　梁跨大于4m时，设计应规定承重模板的预拱值。

3.3.10　多层结构物上层结构的模板支承在下层结构上时，应验算下层结构的实际强度和承载能力。

3.3.11　模板锚固件应避开结构受力钢筋，模板附件的安全系数，应按表3.3.11采用。

表3.3.11　模板附件的最小安全系数

附件名称	结　构　型　式	安全系数
模板拉杆及锚固头	所有使用的模板	2.0
模板锚固件	仅支承模板重量和混凝土压力的模板	2.0
	支承模板和混凝土重量、施工活荷载和冲击荷载的模板	3.0
模板吊耳	所有使用的模板	4.0

3.4　制　　作

3.4.1　模板制作的允许偏差，不应超过表3.4.1的规定。

3.4.2　钢模面板及活动部分应涂防锈油脂，但面板油脂不应影响混凝土表面颜色。其他部分应涂防锈漆。

3.5　安　　装

3.5.1　模板安装前，应按设计图纸测量放样，重要结构应多设控制点，以利检查校正。

3.5.2　支架应支承在坚实的地基或老混凝土上，并应有足够的支承面积，斜撑应防止滑动。竖向模板和支架安装在基土上时应加设垫板，且基土应坚实并有排水措施。湿陷性黄土应有防水措施；冻胀性土应有防冻融措施。

3.5.3　现浇钢筋混凝土梁、板和孔洞顶部模板，跨度不小于

4m 时，模板应设置预拱；当结构设计无具体要求时，预拱高度宜为全跨长度的 1/1000～3/1000。

表 3.4.1　模板制作的允许偏差　　单位：mm

项次	偏　差　名　称	允许偏差
一、钢模、胶合模板及竹胶合模板		
1	小型模板：长和宽	±2
2	大型模板（长、宽大于 3m）：长和宽	+1，−2
3	大型模板对角线	±3
4	相邻两板面高差	1
5	两块模板间的拼缝宽度	1
6	模板侧面不平整度	1.5
7	模板面局部不平（用 2m 直尺检查）	2
8	连接配件的孔眼位置	±1
二、木模		
1	小型模板：长和宽	±3
2	大型模板（长、宽大于 3m）：长和宽	±5
3	大型模板对角线	±5
4	相邻两板面高差	1
5	局部不平（用 2m 直尺检查）	5
6	板面缝隙	2
注：异型模板（蜗壳、尾水管等）、滑动模板、移置模板、永久性模板等特种模板，其制作允许偏差，按有关规定和要求执行。		

3.5.4　模板的钢拉杆不应弯曲，拉杆直径宜大于 8mm，拉杆与锚固头应连接牢固。预埋在下层混凝土中的锚固件（螺栓、钢筋环等），承受荷载时，应有足够的锚固强度。

3.5.5　模板与混凝土接触的面板，以及各块模板接缝处，应平整、密合，防止漏浆，保证混凝土表面的平整度和混凝土的密实性。

3.5.6　建筑物分层施工时，应逐层校正下层偏差，模板下端应

紧贴混凝土面。

3.5.7 模板与混凝土的接触面应涂刷脱模剂，并避免脱模剂污染或侵蚀钢筋和混凝土，不应采用影响结构性能或妨碍安装工程施工的脱模剂。

3.5.8 模板安装的允许偏差，应根据结构物的安全、运行条件、经济和美观等要求确定。

1 大体积混凝土模板安装的允许偏差，应遵守表 3.5.8－1 的规定。

2 大体积混凝土以外的现浇结构模板安装的允许偏差，应遵守表 3.5.8－2 的规定。

3 预制构件模板安装的允许偏差，应遵守表 3.5.8－3 的规定。

4 高速水流区、流态复杂部位、机电设备安装部位的模板，应符合有关设计要求。

5 永久性模板、滑动模板、移置模板等特种模板的安装允许误差，按结构设计要求和模板设计要求执行。

表 3.5.8－1 大体积混凝土模板安装的允许偏差

单位：mm

项次	偏差项目		混凝土结构部位	
			外露表面	隐蔽内面
1	面板平整度	相邻两板面高差	钢模，2； 木模，3	5
		局部不平（用 2m 直尺检查）	钢模，3； 木模，5	10
2	结构物边线与设计边线		内模板，－10～0； 外模板，0～＋10	15
3	结构物水平截面内部尺寸		±20	
4	承重模板标高		0～＋5	
5	预留孔、洞	中心线位置	±10	
		截面内部尺寸	－10	
注：外露表面、隐蔽内面系指相应模板的混凝土结构表面最终所处的位置。				

表 3.5.8-2　现浇结构模板安装的允许偏差　单位：mm

项次	偏差项目		允许偏差
1	轴线位置		5
	底模上表面标高		+5，0
2	截面内部尺寸	基础	±10
		柱、梁、墙	+4，−5
3	局部垂直	全高≤5m	6
		全高＞5m	8
4	相邻两板面高差		2
	表面局部不平（用 2m 直尺检查）		5

表 3.5.8-3　预制构件模板安装的允许偏差　单位：mm

项次	偏差项目		允许偏差
1	长度	板、梁	±5
		柱	0，−10
		墙板	0，−5
2	宽度	板、墙板	0，−5
		梁、柱	+2，−5
3	高度	板	+2，−3
		墙板	0，−5
		梁、柱	+2，−5
4	板的对角线差		7
	墙板的对角线差		5
	相邻两板面高差		1
	板的表面平整（2m 长度上）		3
5	侧向弯曲	梁、柱、板	$L/1000$ 且≤15
		墙板	$L/1500$ 且≤15
注：L 为构件长度。			

3.5.9 钢承重骨架的模板，应按设计位置可靠地固定在承重骨架上，在运输及浇筑时不应错位。承重骨架安装前，宜先做试吊及承载试验。

3.5.10 模板上，不应堆放超过设计荷载的材料及设备。混凝土浇筑时，应按模板设计荷载控制浇筑顺序、浇筑速度及施工荷载，应及时清除模板上的杂物。

3.5.11 混凝土浇筑过程中，应安排专业人员负责模板的检查。对承重模板，应加强检查、维护。模板如有变形、位移，应及时采取措施，必要时停止混凝土浇筑。

3.6 拆除与维修

3.6.1 拆除模板的期限，应遵守下列规定：

1 不承重的侧面模板，混凝土强度达到2.5MPa以上，保证其表面及棱角不因拆模而损坏时，方可拆除。

2 钢筋混凝土结构的承重模板，混凝土达到下列强度后（按混凝土设计强度标准值的百分率计），方可拆除。

1）悬臂板、梁：跨度$l \leqslant 2$m，75%；跨度$l > 2$m，100%。

2）其他梁、板、拱：跨度$l \leqslant 2$m，50%；2m＜跨度$l \leqslant 8$m，75%；跨度$l > 8$m，100%。

3.6.2 拆模时，应根据锚固情况，分批拆除锚固连接件，防止大片模板坠落。拆模应使用专门工具，以减少混凝土及模板的损伤。

3.6.3 预制构件模板拆除时的混凝土强度，应符合设计要求；当设计无具体要求时，应遵守下列规定：

1 侧模：混凝土强度能保证构件不变形、棱角完整时，方可拆除。

2 预留孔洞的内模：混凝土强度能保证构件和孔洞表面不发生塌陷和裂缝后，方可拆除。

3 底模：构件跨度不大于4m时，混凝土强度达到混凝土设计强度标准值的50%后，方可拆除；构件跨度大于4m时，在

混凝土强度达到混凝土设计强度标准值的75%后，方可拆除。

3.6.4 后张法预应力混凝土结构构件模板的拆除，除应符合以上规定外，侧模应在预应力张拉前拆除，底模应在结构构件建立预应力并完成封锚后拆除。

3.6.5 拆模的顺序及方法应按相关规定进行。当无规定时，模板拆除可采取先支的后拆、后支的先拆，先拆非承重模板、后拆承重模板的顺序，并应从上而下进行拆除。

3.6.6 拆下的模板和支架应及时清理、维修，并分类堆存，妥善保管。钢模应设仓库存放，并防锈。大型模板堆放时，应垫放平稳，以防变形，必要时应加固。

3.7 特种模板

3.7.1 特种模板包括永久模板、滑动模板、移置模板、翻转模板及装饰模板等。特种模板除应遵守本节规定外，还应符合本章以上各节的规定。

3.7.2 永久模板应遵守下列规定：

1 永久模板如构成永久结构的一部分，应进行结构设计复核。

2 混凝土重力式竖向模板用作永久性模板时，应遵守下列规定：

1） 面板厚度宜大于0.2m。

2） 单位面积质量宜不小于1000kg。

3） 稳定特性值（混凝土模板的重心到前趾的水平距离）宜不小于0.4m。

4） 混凝土重力式模板的抗倾及抗滑安全系数均应大于1.2。

3 混凝土模板与现浇混凝土的结合面，应在浇筑混凝土前加工成粗糙面，并清洗、湿润。浇筑时不应沾染松散砂浆等污物。同时应加强平仓振捣。

3.7.3 滑动模板应遵守下列规定：

1 每段模板沿滑动方向的长度，应与平均滑动速度和混凝土脱模时间相适应，宜为1～1.5m。滑模的支承构件及提升（拖动）设备应能保证模板结构均衡滑动，导向构件应能保证模板准确地按设计方向滑动。提升（拖动）宜采用液压设备，也可采用卷扬机或其他设备。

2 浇筑面板的侧模允许安装偏差为3mm，20m范围内起伏差为5mm。

3 滑动模板滑动速度应与混凝土的早期强度增长速度相适应。混凝土在脱模时应不坍塌，不拉裂。模板沿竖直方向滑升时，混凝土的脱模强度应控制在0.2～0.4MPa。模板沿倾斜或水平方向滑动时，混凝土的脱模强度应经过计算和试验确定。

4 面板混凝土滑动模板滑升前，必须清除前沿超填混凝土。平均滑升速度宜为1～2m/h，最大滑升速度不宜超过4m/h。

3.7.4 移置模板应遵守下列规定：

1 隧洞衬砌宜优先选用模板台车。圆形断面的隧洞衬砌宜优先选用针梁模板等模板台车。高耸结构物可选用滑框倒模、爬升（顶升）模板等。

2 模板台车应遵守下列规定：

1）模板台车应有可靠的导向装置（如轨道、针梁等）。模板顶拱上应设置封拱器。

2）模板台车脱模，直立面混凝土的强度不应小于0.8MPa；拆模时混凝土应能承受自重，并且表面和棱角不被损坏。洞径不大于10m的隧洞顶拱混凝土强度可按达到5.0MPa控制；洞径大于10m的隧洞顶拱混凝土需要达到的强度，应专门论证；隧洞混凝土衬砌结构承受围岩压力时，应经计算和试验确定脱模时混凝土需要达到的强度。

3 滑框倒模应遵守下列规定：

1）模板应根据建筑物体形进行专门设计。

2）模板平台滑升过程中，应进行滑升垂直度和水平度的

监测。每浇筑 2m 宜进行一次混凝土块体体形检测，如果体形偏差大于设计允许值或其他有关规定时，应立即停滑，待采取纠正措施后方可恢复施工。

3）混凝土的脱模强度不应小于 0.4MPa。脱模操作架应安全、可靠，并便于倒模操作。拆除的单块模板应及时清理面板表面，并涂刷脱模剂。变形的单块模板应更换。

3.7.5 翻转模板应遵守下列规定：

1 翻转模板主要由面板、支承件、锚固件、工作平台以及其他辅助设施组成。支承件宜采用桁架形式；锚固件的螺栓与锥体应设计为整体结构，使螺栓与锥体的安装、拆卸一次完成。

2 宜采用 3 块模板进行翻转，浇筑时连续翻转上升，每块模板高度方向应设置锚筋取值。

3 施工前应进行锚筋锚固强度试验，施工现场进行验证性试验。

3.7.6 装饰模板应遵守下列规定：

1 模板安装前，应有模板安装详图，将开孔、施工缝、伸缩缝等项目详细标注在模板安装图上。

2 模板安装时，接缝应对称。施工缝应在模板上固定平整的板条，使成型表面的接缝平直清晰。

3 模板伸出混凝土外的拉杆应采用端部可拆卸的结构形式。

4 模板颜色、花纹等应符合设计要求。

4 钢　　筋

4.1 一 般 规 定

4.1.1 可用于水工混凝土结构的钢筋材料牌号为 HPB300、HRB335、HRB400、HRB500、KL400、CBR550 和冷拉Ⅰ级钢筋等。

4.1.2 预应力水工混凝土不应采用牌号为 HPB300 的热轧光圆钢筋、牌号为 CBR550（$d=4\sim12$mm）的冷轧带肋钢筋和冷拉Ⅰ级（$d\leqslant12$mm）钢筋。非预应力混凝土不应采用冷拉Ⅱ级及以上钢筋。

4.1.3 水工混凝土结构用钢筋的主要机械性能见附录 B.1。

4.1.4 本标准所涉及的钢筋接头型式，应根据工程部位按设计要求和施工条件选用。

4.2 材　　料

4.2.1 钢筋应按不同等级、牌号、规格及生产厂家分批验收，分别堆存，不应混杂，且应立牌以便识别。运输、贮存过程中应避免锈蚀和污染。钢筋宜堆置在仓库（棚）内；露天堆置时，应垫高并加遮盖，不应和酸、盐、油等物品存放在一起。

4.2.2 钢筋使用前应做拉力、冷弯试验。需要焊接的钢筋还应做焊接工艺试验。

4.2.3 钢筋的机械性能检验应遵守下列规定：

1 钢筋应分批试验，以同一炉（批）号、同一截面尺寸的钢筋为一批，每批重量不大于 60t。

2 根据原附钢筋质量证明书或试验报告单检查每批钢筋的外观质量（如裂缝、结疤、麻坑、气泡、砸碰伤痕及锈蚀程度等），并测量本批钢筋的代表直径。

3 钢筋取样时，钢筋端部应先截去 50cm，每组试样分别标

记，不应混淆。

4 每批钢筋选取经表面检查和尺寸测量合格的2根钢筋，各取1个拉力试件和1个冷弯试件，按GB/T 228.1和GB/T 232的规定进行试验。如有1个试验项目的1个试件不符合附录B表B.1.1所规定的数值时，则另取两倍数量的试件，对不合格的项目进行复验，如仍有1个试件不合格，则该批钢筋即为不合格。

5 拉力试验项目中，应包括屈服点、抗拉强度和伸长率。如有1个指标不符合规定，即判定拉力试验项目不合格。

6 冷弯试件弯曲后，不应有裂纹、剥落或断裂。

4.2.4 以另一种牌号或直径的钢筋代替设计文件规定的钢筋时，应遵守下列规定：

1 两者的计算强度进行换算，并对钢筋截面面积作相应的改变。

2 某种直径的钢筋，用同牌号的另一直径钢筋替换时，其直径变更范围不宜超过4mm；替换后的钢筋总截面面积不应小于设计规定截面面积的98%，也不应大于设计规定截面面积的103%。

3 钢筋等级的替换不应超过一级。用高一级钢筋替换低一级的钢筋时，宜采用改变钢筋直径的方法而不宜采用改变钢筋根数的方法，部分构件应进行裂缝和变形验算。

4 以较粗的钢筋替换较细的钢筋时，部分构件应校核握裹力。

4.3 加　　工

4.3.1 钢筋的调直和清除污锈应满足下列要求：

1 钢筋的表面应洁净，使用前应将表面油渍、漆污、锈皮、鳞锈等清除干净。钢筋表面的水锈和色锈可不做专门处理。钢筋表面有严重锈蚀、麻坑、斑点等，应经鉴定后视损伤情况确定降级使用或剔除不用。

2 钢筋应平直，无局部弯折，钢筋中心线同直线的偏差不应超过其全长的1%。弯曲的钢筋均应矫直后方可使用。调直的钢筋不应出现死弯，否则应剔除不用。钢筋调直后如有劈裂现象，应作为不合格品，并应重新鉴定该批钢筋质量。

3 钢筋调直后其表面不应有明显的伤痕。

4 钢筋的调直宜采用机械调直或冷拉方法调直。如用冷拉方法调直钢筋，则其矫直冷拉率不应大于1%。对于Ⅰ级钢筋，为了能在冷拉调直的同时去锈皮，冷拉率可加大，但不应大于2%。钢筋伸长值的测量起点，以卷扬机或千斤顶拉紧钢筋（约为冷拉控制应力的1%）为准。

5 钢筋除锈宜采用除锈机、风砂枪等机械除锈，钢筋数量较少时，可采用人工除锈。除锈后的钢筋应尽快使用。

4.3.2 钢筋端头的加工应遵守下列规定：

1 光圆钢筋的端头应符合设计要求。设计未做规定时，受拉光圆钢筋的末端做成180°的半圆弯钩，弯钩的内径不小于$2.5d$。当手工弯钩时，可带有不小于$3d$长度的平直部分，见图4.3.2-1。

2 Ⅱ级钢筋按设计要求弯转90°时，其最小弯转直径应满足下列要求：

1）钢筋直径小于16mm时，最小弯转内径为$5d$；

2）钢筋直径大于等于16mm时，最小弯转内径为$7d$，见图4.3.2-2。

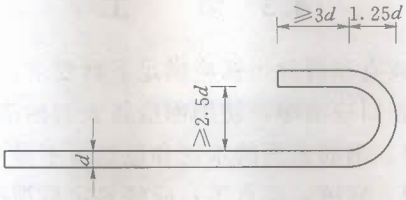


图4.3.2-1 光圆钢筋的弯钩示意图

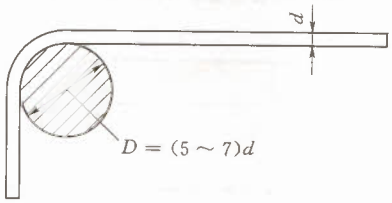


图 4.3.2-2　Ⅱ级钢筋弯转 90°示意图

4.3.3　钢筋的弯折加工应遵守下列规定：

1　弯折处的圆弧内半径大于 $12.5d$，见图 4.3.3。

2　温度低于－20℃时，低合金钢筋不宜进行冷弯加工。



图 4.3.3　弯起钢筋弯折处圆弧内半径示意图

4.3.4　箍筋的加工应满足设计要求，设计没有具体要求时，使用圆钢筋制成的箍筋，其末端应有弯钩。大型梁、柱箍筋直径 $d \geqslant 12\text{mm}$ 时，弯钩宜做成图 4.3.4 的形状，弯钩长度见表 4.3.4。采用小直径Ⅱ级钢筋制作箍筋时，其末端应有 90°弯头，箍筋弯后平直部分长度不宜小于 3 倍主筋的直径。

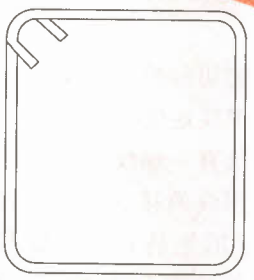


图 4.3.4　箍筋形式示意图

表 4.3.4　圆钢筋制成箍筋，其末端弯钩平直部分长度

单位：mm

箍筋直径	受力钢筋直径	
	≤25	28～40
5～10	75	90
≥12	90	105

4.3.5　钢筋接头加工应遵守下列规定：

1　应按所采用的钢筋接头型式要求进行。

2　钢筋端部加工后有弯曲时，应予矫直或割除（绑扎接头除外），端部轴线偏移不应大于 $0.1d$，并不应大于 2mm。端头面应整齐，并与轴线垂直。

4.3.6　钢筋接头的切割方式应遵守下列规定：

1　绑扎接头、帮条焊、单面（或双面）搭接焊的接头宜采用机械切割，当加工量小或不具备机械切割条件时，经论证后可选用其他方式切割。

2　电渣压力焊接头，应采用砂轮锯或气焊切割。

3　冷挤压连接和螺纹连接的机械连接钢筋端头宜采用砂轮锯或钢锯片切割。切割后钢筋端头有毛边、弯折或纵肋尺寸过大者，用砂轮机修磨。冷挤压接头不应打磨钢筋横肋。

4　熔槽焊、窄间隙焊和气压焊连接的钢筋端头宜采用砂轮锯切割，能够保证钢筋端头切面与轴线垂直和端头断面尺寸时也可选用其他方式。

5　其他新型接头的切割按工艺要求进行。

4.3.7　钢筋锥（直）螺纹连接的螺纹加工应遵守下列规定：

1　钢筋接头的锥（直）螺纹加工在工厂内进行。

2　钢筋锥（直）螺纹的接头加工宜经过镦粗后套丝，套丝后的接头断面不宜小于原钢筋直径。如不墩粗直接进行螺纹加工，加工后的接头强度应经试验检测，符合设计要求后方可使用。

3 加工的钢筋锥螺纹丝头的锥度、牙形、螺距等与连接套一致，直螺纹的长度、牙形、螺距等与连接套一致，并经过配套的量规检测合格。螺纹丝扣长度满足相应钢筋的要求，误差不超过规定值。

4 加工钢筋锥（直）螺纹时，采用水溶性切削润滑液，气温低于0℃时，掺入15%～20%的亚硝酸钠，不应用机油润滑或不加润滑液套丝。

5 钢筋的锥（直）螺纹加工后遵照附录B.2、附录B.3的规定逐个检查钢筋锥（直）螺纹加工的外观质量。

6 经自检合格的钢筋锥（直）螺纹，每种规格的加工批随机抽检10%，且不少于10个，并遵照附录B.4的规定填写钢筋锥（直）螺纹加工检验记录，如有1个丝头不合格，该加工批全数检查，不合格丝头重新加工经再次检验合格后方可使用。

7 已检验合格的钢筋螺纹头应戴上保护帽，锥螺纹连接的钢筋螺纹头一端也可按接头规定的力矩值拧紧连接套。保护帽在存放及运输装卸过程中不应取下。

4.3.8 钢筋机械连接件应由专业生产厂家设计并经检验认定后生产供应，并有出厂质检证明。所有连接件的尺寸及材质、强度等均满足JGJ 107、JG 171的有关规定。型式检验要求及方法参见附录B.5。

4.3.9 加工后钢筋的允许偏差不应超过表4.3.9的规定。

表4.3.9 加工后钢筋的允许偏差 单位：mm

项次	偏差名称		允许偏差值
1	受力钢筋全长净尺寸的偏差		±10
2	箍筋各部分长度的偏差		±5
3	钢筋弯起点位置的偏差	构件	±20
		大体积混凝土	±30
4	钢筋转角的偏差		±3°
5	圆弧钢筋径向偏差	薄壁结构	±10
		大体积混凝土	±25

4.4 接　　头

4.4.1 钢筋接头应遵守下列规定：

1 设计有专门要求时，应按设计要求进行，纵向受力钢筋接头位置宜设置在构件受力较小处并错开。钢筋接头应优先采用焊接接头或机械连接接头；轴心受拉构件、小偏心受拉构件和承受振动的构件，纵向受力钢筋接头不应采用绑扎接头；双面配置受力钢筋的焊接骨架，不应采用绑扎接头；受拉钢筋直径大于28mm或受压钢筋直径大于32mm时，不宜采用绑扎接头。

2 加工厂加工钢筋接头应采用闪光对焊。不能进行闪光对焊时，宜采用电弧焊（搭接焊、帮条焊、熔槽焊等）和机械连接（镦粗锥螺纹接头、镦粗直螺纹接头、剥肋滚压直螺纹接头等）。

3 现场施工可采用绑扎搭接、手工电弧焊（搭接焊、帮条焊、熔槽焊、窄间隙焊）、气压焊和机械连接等。现场竖向或斜向（倾斜度在1∶0.5的范围内）钢筋的焊接，宜采用接触电渣焊。

4 直径大于28mm的热轧钢筋接头，可采用熔槽焊、窄间隙焊或帮条焊连接。直径小于等于28mm的热轧钢筋接头，可采用手工电弧搭接焊和闪光对焊焊接（工厂加工）。

5 直径为20～40mm的钢筋接头宜采用接触电渣焊（竖向）和气压焊连接，但直径大于28mm时，应经试验论证后使用。可焊性差的钢筋接头不宜采用接触电渣焊和气压焊。

6 直径16～40mm的Ⅱ级、Ⅲ级钢筋接头，可采用机械连接。采用直螺纹连接时，相连两钢筋的螺纹旋入套筒的长度应相等。

7 钢筋的交叉连接，宜采用接触点焊，不宜采用手工电弧焊。

8 采用机械连接的钢筋接头的性能指标应达到Ⅰ级标准，经论证确认后，方可采用Ⅱ级、Ⅲ级接头。

1）Ⅰ级：接头的抗拉强度不小于被连接钢筋的实际拉断

强度或不小于 1.1 倍抗拉强度标准值，残余变形小并具有高延性及反复拉压性能。

2）Ⅱ级：接头的抗拉强度不小于被连接钢筋的抗拉强度标准值，残余变形较小并具有高延性及反复拉压性能。

3）Ⅲ级：接头的抗拉强度不小于被连接钢筋屈服强度标准值的 1.25 倍，残余变形较小并具有一定的延性及反复拉压性能。

9 当施工条件受限制，或经专门论证后，钢筋连接型式可根据现场条件确定。

10 焊接钢筋前应将施焊范围内的浮锈、漆污、油渍等清除干净。

11 负温下焊接钢筋应有防风、防雪措施。手工电弧焊应选用优质焊条，接头焊毕后避免立即接触冰、雪。在－15℃以下施焊时，应采取专门保温防风措施。雨天进行露天焊接，应有可靠的防雨和安全措施。低于－20℃时不宜焊接。

12 焊接钢筋的工人应持证上岗。

4.4.2 闪光对焊应遵守下列规定：

1 不同直径的钢筋进行闪光对焊时，直径相差以一级为宜，且不大于 4mm。钢筋端头的弯曲应矫直或切除。

2 在每班施焊前或变更钢筋的类别、直径时，按实际焊接条件试焊 2 个冷弯及 2 个抗拉试件试验验证焊接参数。并检验试件接头外观质量。试焊质量合格和焊接参数选定后，方可成批焊接。

3 全部闪光对焊接头均应进行外观检查，可不做抗拉试验和冷弯试验。对焊接质量有怀疑或焊接过程中发现异常时，应随机抽样进行抗拉试验和冷弯试验。

4 外观检查应满足下列要求：

1）钢筋表面没有裂纹和明显的烧伤。

2）接头如有弯折，其角度不大于 4°。

3）接头轴线如有偏心，其偏移不大于 0.1d，并不大于 2mm。

5 外观检查不合格的接头，应剔出重焊。

6 接头抗拉试验成果均大于该级钢筋的抗拉强度，且断裂在焊缝及热影响区以外为合格。

4.4.3 手工电弧焊应遵守下列规定：

1 手工电弧焊用焊条，按设计规定采用。在设计未作规定时，可按表 4.4.3-1 选用。焊条应由专业厂家生产，并有出厂合格证，型号明确，使用时不应混淆。

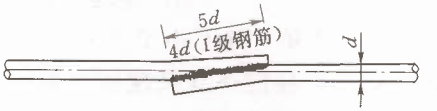
表 4.4.3-1 电弧焊接使用的焊条

钢筋牌号	焊接型式		
	搭接焊、帮条焊	熔槽焊	窄间隙焊
HPB300	E4303	E4303	E4316 E4315
HRB335	E4303	E5003	E5016 E5015
HRB400	E5003	E5503	E6016 E6015
RRB400	E5003	E5503	—
注：低氢型焊条在使用前应烘干。新拆包的低氢型焊条在一班时间内用完，否则重新烘干。			

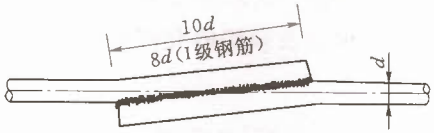
2 直径为 10mm 及以上的热轧钢筋，其接头采用搭接、帮条电弧焊时，应遵守下列规定：

1）接头采用双面焊，不具备双面焊条件时，经论证后才允许单面焊。Ⅰ级钢筋双面焊焊缝长度不小于 4d，Ⅱ级、Ⅲ级钢筋不小于 5d。单面焊焊缝长度应增加 1 倍，见图 4.4.3-1。

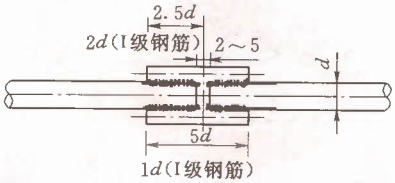
2）帮条的总截面面积应满足下列要求：主筋为Ⅰ级钢筋，不小于主筋截面面积的 1.2 倍；主筋为Ⅱ级、Ⅲ



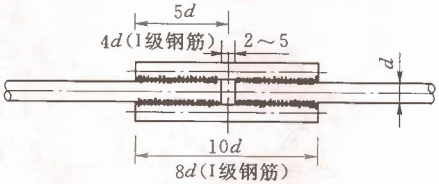
(a) 搭接焊双面焊缝



(b) 搭接焊单面焊缝



(c) 帮条焊双面焊缝



(d) 帮条焊单面焊缝

图 4.4.3-1　搭接焊与帮条焊（单位：mm）

级钢筋，不小于主筋截面面积的 1.5 倍。帮条宜采用与主筋同牌号、同直径的钢筋。帮条与主筋级别不同时，应按设计强度换算。

3）搭接焊接头的两根搭接钢筋的轴线，应位于同一直线上。大体积混凝土结构中，直径不大于 25mm 的钢筋搭接时，钢筋轴线可错开 1 倍钢筋直径。

4）搭接和帮条焊接的焊缝高度应为被焊接钢筋直径的

0.25倍，并不小于4mm；焊缝的宽度应为被焊接钢筋直径的0.7倍，并不小于10mm，见图4.4.3-2。钢筋和钢板焊接的焊缝高度应为被焊接钢筋直径的0.35倍，并不小于6mm；焊缝宽度应为被焊接钢筋直径的0.5倍，且不小于8mm，见图4.4.3-3。

5）焊接尺寸偏差及缺陷的允许值见表4.4.3-2。

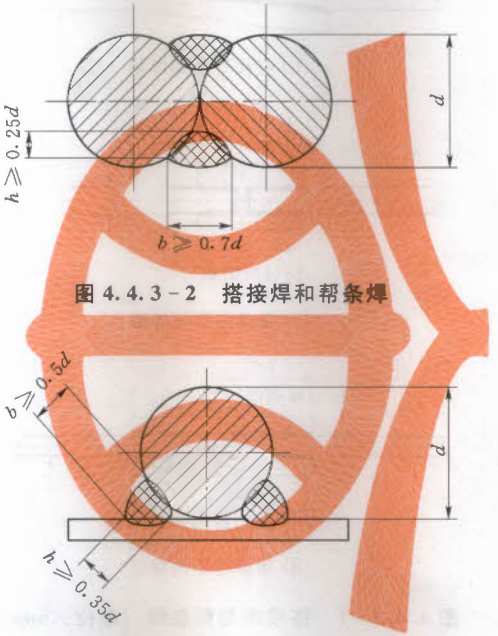


图4.4.3-2　搭接焊和帮条焊

图4.4.3-3　钢筋与钢板焊接

表4.4.3-2　搭接、帮条焊接头的允许偏差及缺陷

项次	偏　差　名　称	允许偏差及缺陷
1	帮条对焊接接头中心的纵向偏移（mm）	0.50d
2	接头处钢筋轴线的曲折（°）	≤4
3	焊缝高度（mm）	−0.05d
4	焊缝长度（mm）	−0.50d

表 4.4.3－2（续）

项次	偏 差 名 称		允许偏差及缺陷
5	咬边深度（mm）		0.05d 并≤1
6	焊缝表面上气孔和夹渣	在 2d 长度上的数量（个）	≤2
		气孔、夹渣的直径（mm）	≤3

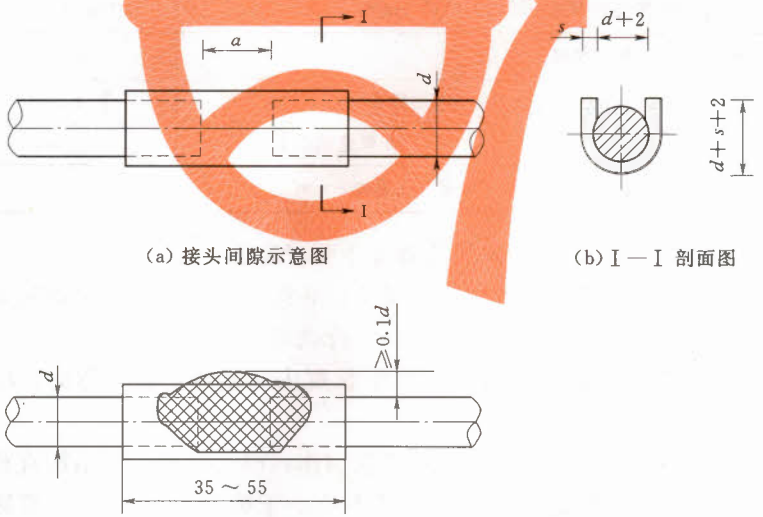
注 1：d—被焊钢筋的直径，mm。
注 2：表中的允许偏差值在同一项目内如有 2 个数值时，按其中较严的数值控制。

3 手工电弧熔槽焊应遵守下列规定：

1） 钢筋焊接的接头处应留的间隙见图 4.4.3－4，其数值满足表 4.4.3－3 的规定。

2） 焊缝高出钢筋部分不应小于钢筋直径的 0.1 倍。

3） 在焊缝表面，不应有缺陷及削弱的现象，其偏差应在表 4.4.3－4 的规定范围内。



（a）接头间隙示意图　　（b）Ⅰ—Ⅰ 剖面图

（c）焊接效果示意图

图 4.4.3－4　熔槽焊（单位：mm）

表 4.4.3-3　熔槽焊接头处间隙　　单位：mm

焊接钢筋的直径 d	焊件端部间隙 a		焊条直径
	最小的和适宜的	最大的	
25～32	9	12	4
36	10	15	4～5
40、45	11	18	5
50、55	12	21	5～6
60	13	25	5～6
70	14	28	6

表 4.4.3-4　熔槽焊接头允许偏差及缺陷

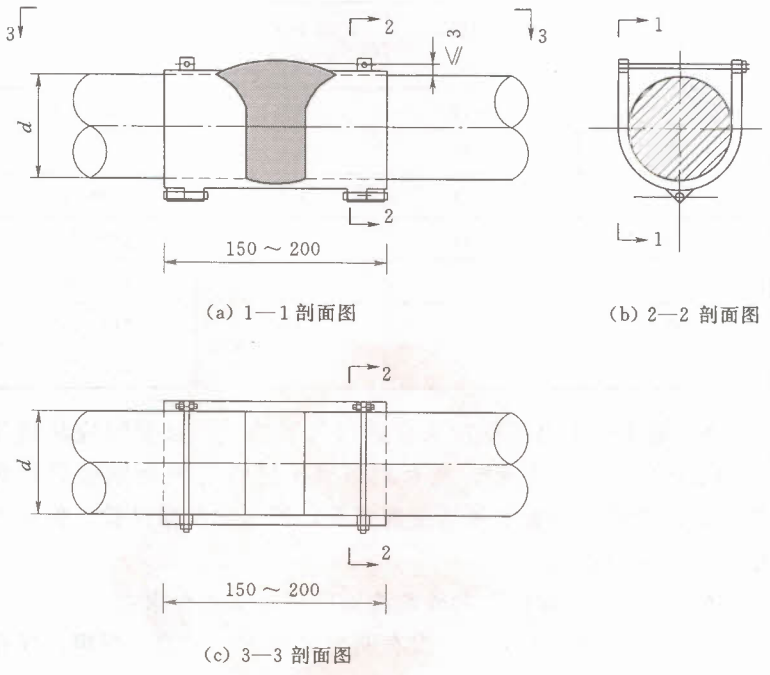
项次	偏差名称		允许偏差及缺陷
1	焊接接头根部未焊透深度	焊接直径为 25～40mm 钢筋时	$0.15d$
		焊接直径为 40～70mm 钢筋时	$0.10d$
2	在接头处钢筋中心线的位移（mm）		$0.10d$ 且≤2
3	焊缝中的裂缝		不允许
4	蜂窝气孔及非金属杂质	在焊缝表面上（长为 $2d$）	3 个/$1.5d_1$
		在焊缝截面上	3 个/$1.5d_1$
注：d—钢筋直径，mm；d_1—蜂窝气孔直径，mm。			

4　手工电弧窄间隙焊应遵守下列规定：

1） Ⅰ级钢筋可用酸性焊条；Ⅱ级、Ⅲ级钢筋可用低氢型碱性焊条，并按要求进行烘焙。

2） 钢筋焊接端部 300mm 长度内应平直，如有弯曲，应矫直或切除。

3） 窄间隙焊模具采用紫铜制作，模具宜按所焊钢筋直径配套选用，钢筋直径不应小于模具尺寸一个钢筋级差。安装焊接模具和钢筋时，应严格控制间隙大小，并使两钢筋的焊接部位处于同轴位置，模具应夹紧钢筋，见图 4.4.3-5。



(a) 1—1 剖面图　　(b) 2—2 剖面图

(c) 3—3 剖面图

图 4.4.3-5　窄间隙焊（单位：mm）

4）工程开工或每批钢筋开焊前，应进行现场条件下的焊接性能试验，选定合适的焊接工艺和参数。焊接参数可按表 4.4.3-5 选择。

5）水平钢筋窄间隙焊的接头，去除模具后应进行全部外观检查。外观检查要求：接头处焊缝饱满，不应有深度大于 0.5mm 的咬边，接头处的轴线偏移不应大于 0.1 倍钢筋直径，且不大于 2mm，接头处的弯折不大于 4°。外观检查不合格的接头，应切除 0.3 倍钢筋直径的热影响区后重焊或采取补强措施。

表 4.4.3－5　水平钢筋窄间隙焊焊接参数

钢筋直径 d（mm）	端头间隙 a（mm）	焊条直径（mm）	焊接电流（A）
20	11～13	3.2	100～110
22	11～13	3.2	100～110
25	12～14	4.0	150～160
28	12～14	4.0	150～160
32	12～14	4.0	150～160
36	13～15	5.0	210～220
40	13～15	5.0	210～220

5　每个手工电弧焊接头应进行外观检查。必要时应从成品中抽取试件作抗拉试验。在有利条件下施焊的预制钢筋骨架焊缝，以及钢筋与钢板电弧搭接焊接头，可不做抗拉试验，但应严格进行外观检查。

6　手工电弧焊接头的外观检查应满足下列要求：

1）焊缝表面平整，没有明显的咬边、凹陷、焊瘤、气孔和裂纹。

2）焊缝余高不大于 3mm。

3）用小锤敲击接头时，发出清脆声。

7　手工电弧焊接头抗拉试验应符合下列要求：

1）以 300 个同牌号钢筋、同型式接头作为一批，随机切取 3 个接头。

2）3 个接头的抗拉强度均不应小于规定的抗拉强度；至少有 2 个试件断于焊缝外，并应呈延性断裂。满足上述 2 项要求，该批接头抗拉强度合格。

3）有 2 个接头抗拉强度小于规定的抗拉强度，或 3 个试件均在焊缝或热影响区发生脆性断裂时，判定该批接头不合格。

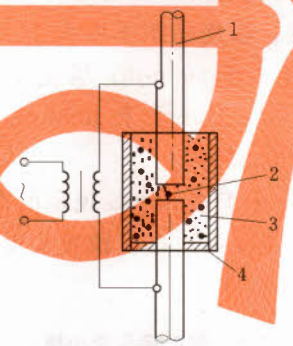
4）有 1 个试件的抗拉强度小于规定的抗拉强度，或 2 个

试件在焊缝或热影响区发生脆性断裂，其抗拉强度均小于规定抗拉强度的1.10倍，应进行复验。复验时，切取6个试件。试验结果仍有1个试件的抗拉强度小于规定的抗拉强度，或有3个试件断于焊缝或在热影响区呈脆性断裂且抗拉强度小于规定抗拉强度的1.10倍，判定该批接头不合格。

4.4.4 接触电渣焊应符合下列规定：

1 焊接前，先将钢筋端部100mm范围内的铁锈、杂质除净。夹具钳口应夹紧钢筋，并使其轴线在同一直线上，见图4.4.4。两钢筋端部间隙宜为5～10mm。宜采用铁丝圈引燃法及431号焊剂进行焊接。

2 接触电渣焊之前，采用同牌号、同直径的钢筋和相同的焊接参数，制作5个试件进行抗拉试验，合格后方可按确定的焊接参数施焊。焊接参数可参照表4.4.4选用。



1—钢筋；2—铁丝圈；3—焊剂；4—焊剂盒

图4.4.4 钢筋接触电渣焊（铁丝圈引燃法）

3 接触电渣焊接头应全部进行外观检查。对焊接质量有怀疑时，应视实际情况抽样进行抗拉试验。

4 接触电渣焊接头外观检查要求：接头四周铁浆饱满均匀，没有裂缝，上下钢筋的轴线应一致，其最大的偏移不应超过$0.1d$，同时不大于2mm。外观检查不合格者应断开重焊。

表 4.4.4 钢筋接触电渣焊接参数

钢筋直径（mm）	焊接电流（A）		外电网保证电压（V）	渣池电压（V）	手压力（kgf）	通电时间（s）
	起弧	稳弧				
20	800	400～500	370～400	25～45	20～30	18～20
25	900	500～600	380～400	25～50	30～35	20～25
32	400	700～900	380～420	25～60	35～40	25～30
36	1600	900～1100	380～420	25～60	35～40	30～35

注 1：顶压时间以钢筋下移稳定后半分钟为宜。夹具拆除时间，以下压完成后约 2min 为宜。

注 2：保证外电压稳定在 380V 以上，否则架设专线。

4.4.5 采用绑扎接头应遵守下列规定：

1 受拉区域内光圆钢筋绑扎接头的末端应做弯钩。

2 梁、柱钢筋绑扎接头的搭接长度范围内应加密箍筋。绑扎接头为受拉钢筋时，箍筋间距不应大于 $5d$（d 为两搭接钢筋中较小的直径），且不大于 100mm；绑扎接头为受压钢筋时，其箍筋间距不应大于 $10d$，且不大于 200mm。箍筋直径不应小于较大搭接钢筋直径的 0.25 倍。

3 搭接长度不应小于表 4.4.5 规定的数值。纵向受拉钢筋搭接长度还应根据搭接接头连接区段接头面积百分率进行修正，修正长度满足 SL 191 要求。

表 4.4.5 绑扎接头最小搭接长度

项次	钢筋类型		混凝土设计龄期抗压强度标准值（MPa）									
			15		20		25		30、35		≥40	
			受拉	受压	受拉	受压	受拉	受压	受拉	受压	受拉	受压
1	Ⅰ级钢筋		$50d$	$35d$	$40d$	$25d$	$30d$	$20d$	$25d$	$20d$	$25d$	$20d$
2	月牙纹	Ⅱ级钢筋	$60d$	$45d$	$50d$	$35d$	$40d$	$30d$	$40d$	$25d$	$30d$	$20d$
		Ⅲ级钢筋	—	—	$55d$	$40d$	$50d$	$35d$	$40d$	$30d$	$35d$	$25d$

表 4.4.5（续）

项次	钢筋类型	混凝土设计龄期抗压强度标准值（MPa）									
		15		20		25		30、35		≥40	
		受拉	受压	受拉	受压	受拉	受压	受拉	受压	受拉	受压
3	冷轧带肋钢筋	—	—	50d	35d	40d	30d	35d	25d	30d	20d

注 1：月牙纹钢筋直径 d>25mm 时，最小搭接长度按表中数值增加 5d。

注 2：表中Ⅰ级光圆钢筋的最小锚固长度值不包括端部弯钩长度，当受压钢筋为Ⅰ级钢筋，末端又无弯钩时，其搭接长度不小于 30d。

注 3：如在施工中分不清受压区或受拉区时，搭接长度按受拉区处理。

4.4.6 气压焊接应遵守下列规定：

1 钢筋端面切平，并与钢筋轴线垂直，钢筋端部若有弯折或扭曲，应矫直或切除。钢筋端部 2d 范围内应清除干净，端头经打磨，露出金属光泽，不应有氧化现象。

2 钢筋安装后应加压顶紧、局部缝隙不应大于 3mm。

3 气压焊接作业应符合下列要求：

1） 应根据钢筋直径和焊接设备等具体条件选用等压法、二次加压法或三次加压法焊接工艺。

2） 焊接过程中，对钢筋施加的轴向压力，按均匀作用在钢筋横截面面积上计，应为 30～40MPa。

3） 钢筋气压焊的开始阶段宜采用碳化火焰，对准接缝处集中加热，并使其内焰包住缝隙，防止钢筋端面产生氧化。在确认缝隙完全密合后，应改用中性火焰，以压焊面为中心，在两侧各 1 倍钢筋直径长度范围内往复宽幅加热。

4） 钢筋端面的合适加热温度为 1150～1250℃，钢筋镦粗区表面的加热温度应稍高于该温度。

4 全部接头应进行外观检查，并按批次切取试件进行抗拉试验，必要时进行弯曲试验。

5 气压焊接接头外观检查应符合下列要求：

1）最大的偏移量 $e \leqslant 0.15d$，同时 $e \leqslant 4\text{mm}$。不同直径的钢筋相焊时，按较小的钢筋直径计。焊接后的最大的偏移量超过此限值时应切除重焊。

2）两钢筋轴线弯折角不大于 4°，超过此限值时应重新加热矫正。

3）镦粗直径 $d_m \geqslant 1.4d$，小于此限值时应重新加热镦粗。

4）长度 $L_d \geqslant 1.2d$，且凸起部分平缓圆滑，小于此限值时，应重新加热镦长。

5）压焊面偏移量 $e_d \leqslant 0.2d$（见图 4.4.6）。

6）接头不应有环向裂纹，若有裂纹应切除重焊。

7）镦粗区表面不应有严重烧伤。

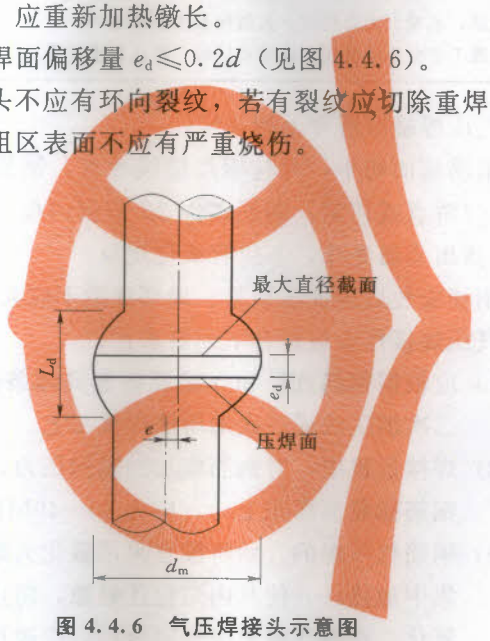


图 4.4.6　气压焊接头示意图

6　机械性能检查项目和质量应符合下列要求：

1）机械性能检查以 300 个接头为一批，不足 300 个接头按一批计。从每批接头中随机切取 3 个接头做抗拉试验，根据需要，也可另取 3 个接头做弯曲试验。

2）抗拉试件的抗拉强度不应低于附录 B 表 B.1.1 规定的指标值，并呈塑性断裂。若有 1 个试件不符合要求，应切取 6 个接头进行复验，若仍有 1 个接头不符

合要求，则该批接头为不合格。

3）弯曲试验应符合下列要求：

——试件长度不小于表 4.4.6－1 的规定。

——弯曲内直径应符合表 4.4.6－2 的规定。

——进行弯曲试验的试件受压面凸起部分应去除，与钢筋外表面平齐。压焊面应处在弯曲中心点，弯至 90°时试件在压焊面不应发生破断。

——弯曲试验若有 1 个试件不符合要求，应切取 6 个接头进行复验，若仍有 1 个试件不符合要求，则该批接头为不合格。

表 4.4.6－1　气压焊弯曲试件长度　　单位：mm

钢筋直径	16	18	20	22	25	28	32	36	40
试件长度	250	270	280	290	310	360	390	420	450

表 4.4.6－2　气压焊弯曲内直径　　单位：mm

钢筋等级	弯心直径	
	$d\leqslant 25$	$d>25$
Ⅰ级钢筋	$2d$	$3d$
Ⅱ级钢筋	$4d$	$5d$

4.4.7　机械连接应遵守下列规定：

1　钢筋采用机械连接时，应由厂家提交有效的机械连接型式检验报告。

2　每批进场钢筋进行接头工艺检验，工艺检验应符合下列要求：

1）每种规格钢筋的接头试件不少于 3 个。

2）接头试件的钢筋母材抗拉强度试件不少于 3 个，且应取自接头试件的同一根钢筋。

3）Ⅰ级接头试件抗拉强度应不小于 0.95 倍钢筋母材的实际抗拉强度。Ⅱ级接头试件抗拉强度应不小于 0.9

倍钢筋母材的实际抗拉强度。计算实际抗拉强度时，应采用钢筋的实际横截面面积。

3 机械连接接头宜避开有抗震要求的框架梁端和柱端的箍筋加密区；当无法避开时，应采用Ⅰ级接头，且接头数不应超过此截面钢筋根数的75%。

4 应进行外观质量检查和单向拉伸试验。设计有特殊要求时按设计要求项目进行检验。以500个同一批材料的同等级、同型式、同规格接头为一批，不足500个按一个验收批计。接头均应有现场连接施工记录。

5 直螺纹接头外观质量及拧紧力矩检查应满足下列要求：

1）接头拼接时用管钳扳手拧紧，使两个丝头在套筒中央位置相互顶紧。

2）拼接完成后，套筒每端不应有1扣以上的完整丝扣外露，加长型接头的外露丝扣不受限制，但应有明显标记，以检查进入套筒的丝头长度是否满足要求。

3）外观检查数量：每一验收批中随机抽取10%的接头进行外观检查，抽检的接头应全部合格，如有1个接头不合格，该验收批的接头应逐个检查，对不合格接头应补强。

4）接头拧紧力矩值应符合表4.4.7－1的规定，不应超拧，拧紧后的接头应标记。检测用的力矩扳手应为专用扳手。

表4.4.7－1 直螺纹接头拧紧力矩值

钢筋直径（mm）	≤16	18～20	22～25	28～32	36～40
拧紧力矩值（N·m）	100	200	260	320	360

6 锥螺纹接头外观质量及拧紧力矩检查应满足下列要求：

1）连接套筒应与钢筋的规格一致，接头丝扣无一扣完整外露。

2）接头拧紧力矩值应符合表4.4.7－2的规定，不应超

拧，拧紧后的接头应标记。检测用的力矩扳手应为专用扳手。

表 4.4.7-2　锥螺纹接头拧紧力矩值

钢筋直径（mm）	≤16	18～20	22～25	28～32	36～40
拧紧力矩值（N·m）	100	180	240	300	360

3）每一验收批中随机抽取 10％的接头进行外观检查，并用专用的力矩扳手检验接头的拧紧值。抽检的接头应全部合格，如有 1 个接头不合格，该验收批接头应逐个检查，不合格接头应补强。

7　单向拉伸试验要求：每一验收批随机切取 3 个试件做单向拉伸试验，试验结果均符合附录 B 表 B.5.2-1 的要求时，该验收批为合格；如有 1 个试件的强度不符合要求，应再取 6 个试件进行复验，复验中如仍有 1 个试件试验结果不符合要求，则该验收批为不合格。

4.4.8　钢筋接头应分散布置，并应遵守下列规定：

1　配置在同一截面内的下述受力钢筋，其接头的截面面积占受力钢筋总截面面积的百分率应满足下列要求：

1）闪光对焊、熔槽焊、接触电渣焊、窄间隙焊、气压焊接头在受弯构件的受拉区，不超过 50％，受压区不受限制。

2）绑扎接头，在构件的受拉区不超过 25％，在受压区不超过 50％。

3）机械连接接头，其接头分布应按设计文件规定执行，没有要求时，在受拉区不宜超过 50％；在受压区或装配式构件中钢筋受力较小部位，Ⅰ级接头不受限制。

2　若两根相邻的钢筋接头中距小于 500mm，或两绑扎接头的中距在绑扎搭接长度以内，均作为同一截面处理。

3　施工中分辨不清受拉区或受压区时，其接头的分布按受

拉区处理。

4 焊接与绑扎接头距钢筋弯起点不小于 $10d$，也不应位于最大弯矩处。

4.5 安　　装

4.5.1 钢筋的安装位置、间距、保护层及各部分钢筋的大小尺寸，均应符合设计图纸的规定，其偏差不应超过表 4.5.1 的规定。

表 4.5.1　钢筋安装允许偏差

项次	偏差名称		允许偏差
1	钢筋长度方向的偏差		1/2 倍净保护层厚
2	同一排受力钢筋间距的局部偏差	柱及梁	$0.5d$
		板、墙	0.1 倍间距
3	双排钢筋，其排与排间距的局部偏差		0.1 倍排距
4	梁与柱中钢箍间距的偏差		0.1 倍箍筋间距
5	保护层厚度的局部偏差		1/4 倍净保护层厚

4.5.2 现场焊接或绑扎的钢筋网，其钢筋交叉的连接，应按设计文件的规定进行。如设计文件未做规定，且钢筋直径在 25mm 以下时，除楼板和墙内靠近外围两行钢筋之相交点应逐点扎牢外，其余按每隔一个交叉点扎结一个进行绑扎。

4.5.3 板内双向受力钢筋网，应将钢筋全部交叉点扎牢。柱与梁的钢筋，其主筋与箍筋的交叉点，在拐角处应全部扎牢，其中间部分可每隔一个交叉点扎结一个。

4.5.4 钢筋安装中交叉点的绑扎，Ⅰ级、Ⅱ级钢筋，直径在 16mm 以上且不损伤钢筋截面时，可采用手工电弧焊进行点焊来代替，但应采用细焊条、小电流进行焊接，并应严加外观检查，钢筋不应有明显的咬边和裂纹。

4.5.5 钢筋安装时应保证混凝土净保护层厚度满足 SL 191 或设计文件规定的要求。为了保证保护层的必要厚度，应在钢筋与模

板之间设置强度不低于设计强度的混凝土垫块。垫块应埋设铁丝并与钢筋扎紧。垫块应互相错开，分散布置。在多排钢筋之间，应用短钢筋支撑以保证位置准确。

4.5.6 柱中箍筋的弯钩，应设置在柱角处，且按垂直方向交错布置。除特殊情况外，所有箍筋应与主筋垂直。若箍筋端头加工为图 4.3.4 所示弯钩时，安装好的箍筋应将弯钩处点焊牢固。

4.5.7 钢筋安装前应设架立筋，架立筋宜选用直径不小于 22mm 的钢筋。安装后的钢筋，应有足够的刚性和稳定性。预制的绑扎和焊接钢筋网及钢筋骨架，运输和安装过程中应采取措施防止变形、开焊及松脱。

4.5.8 钢筋架设完毕，应及时妥加保护，防止发生错动、变形和锈蚀。浇筑混凝土之前，应进行详细检查，并填写检查记录。检查合格的钢筋，如长期暴露，应在混凝土浇筑之前重新检查，合格后方可浇筑混凝土。

4.5.9 混凝土浇筑施工中，应安排值班人员经常检查钢筋架立位置，如发现变动应及时矫正。不应擅自移动或割除钢筋。

5 混凝土原材料

5.1 一般规定

5.1.1 水工混凝土中宜掺入适量的掺合料和外加剂，以改善性能、提高质量、节约成本。

5.1.2 水泥、掺合料、外加剂等原材料应通过优选试验选定，生产厂家应相对固定。

5.1.3 水泥、掺合料、外加剂等任一种材料更换时，应进行混凝土相容性试验。

5.2 水　　泥

5.2.1 水泥的选用应遵守下列规定：

1 工程所用同种类水泥宜选择1～2个厂商供应。

2 水位变化区外部、溢流面及经常受水流冲刷、有抗冻要求的部位，宜选用中热硅酸盐水泥或低热硅酸盐水泥，也可选用硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥。

3 内部混凝土、水下混凝土和基础混凝土，宜选用中热硅酸盐水泥、低热硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥，也可选用低热微膨胀水泥、低热矿渣硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥。

4 环境水对混凝土有硫酸盐侵蚀性时，宜选用抗硫酸盐硅酸盐水泥。

5 受海水、盐雾作用的混凝土，宜选用矿渣硅酸盐水泥。

5.2.2 选用的水泥强度等级应与混凝土设计强度等级相适应。水位变化区外部、溢流面及经常受水流冲刷、抗冻要求较高的部位，宜选用较高强度等级的水泥。

5.2.3 根据工程的特殊需要，可对水泥的化学成分、矿物组成、细度等指标提出专门要求。

5.2.4 水泥的运输、保管及使用应遵守下列规定：

1 优先使用散装水泥。

2 进场的水泥，应按生产厂家、品种和强度等级，分别储存到有明显标志的储罐或仓库中，不应混装。水泥在运输和储存过程中应防水防潮。

3 罐储水泥宜1个月倒罐1次。

4 袋装水泥仓库应有排水、通风措施，保持干燥。堆放袋装水泥时，应有防潮层，距地面、边墙不少于30cm，堆放高度不应超过15袋，并留有运输通道。

5 散装水泥运至工地的入罐温度不宜高于65℃。

6 先出厂的水泥应先用。袋装水泥储运时间超过3个月，散装水泥超过6个月，使用前应重新检验。不应使用结块水泥，已受潮结块的水泥应经处理并检验合格方可使用。

7 防止水泥的散失浪费、污染环境。

5.3 骨　　料

5.3.1 骨料的选用应遵循优质、经济、就地取材的原则。可选用天然骨料、人工骨料，或两者互为补充。选用人工骨料时，宜优先选用石灰岩质的料源。

5.3.2 骨料的勘察应按SL 251的规定执行。骨料料源品质、数量发生变化时，应进行补充勘察。未经专门论证，不应使用碱活性、含有黄锈或钙质结核的骨料。

5.3.3 应根据骨料需求总量、分期需求量进行技术经济比较，制定合理的开采规划和使用平衡计划，尽量减少弃料。覆盖层剥离应有专门弃渣场地，并采取必要的防护和恢复措施，防止水土流失。

5.3.4 骨料加工的工艺流程、设备选型应合理可靠，生产能力和料仓储量应保证混凝土施工需要。骨料生产的废水应按国家有关规定进行处理。

5.3.5 细骨料的品质要求应符合下列规定：

1 细骨料应质地坚硬、清洁、级配良好；人工砂的细度模数宜在2.4～2.8内，天然砂的细度模数宜在2.2～3.0内。使用山砂、海砂及粗砂、特细砂应经试验论证。

2 细骨料的表面含水率不宜超过6%，并保持稳定，必要时应采取加速脱水措施。

3 细骨料的其他品质要求应符合表5.3.5的规定。

表5.3.5 细骨料的品质要求

项目		指标	
		天然砂	人工砂
表观密度（kg/m^3）		≥2500	
细度模数		2.2～3.0	2.4～2.8
石粉含量（%）		—	6～18
表面含水率（%）		≤6	
含泥量（%）	设计龄期强度等级≥30MPa和有抗冻要求的混凝土	≤3	—
	设计龄期强度等级<30MPa	≤5	
坚固性（%）	有抗冻和抗侵蚀要求的混凝土	≤8	
	无抗冻要求的混凝土	≤10	
泥块含量		不允许	
硫化物及硫酸盐含量（%）		≤1	
云母含量（%）		≤2	
轻物质含量（%）		≤1	—
有机质含量		浅于标准色	不允许

5.3.6 粗骨料的品质要求应符合下列规定：

1 粗骨料应质地坚硬、清洁、级配良好，如有裹粉、裹泥或污染等应清除。

2 粗骨料的分级。粗骨料宜分为小石、中石、大石和特大石四级，粒径分别为5～20mm、20～40mm、40～80mm和80～150（120）mm，用符号分别表示为D_{20}、D_{40}、D_{80}、D_{150}（D_{120}）。

3 应控制各级骨料的超径、逊径含量。以原孔筛检验时，其控制标准：超径不大于5%，逊径不大于10%。当以超、逊径筛（方孔）检验时，其控制标准：超径为零，逊径不大于2%。

4 各级骨料应避免分离。D_{20}、D_{40}、D_{80}和D_{150}（D_{120}）分别采用孔径为10mm、30mm、60mm和115（100）mm的中径筛（方孔）检验，中径筛余率宜在40%～70%范围内。

5 粗骨料的压碎指标值应符合表5.3.6-1的规定。粗骨料的其他品质要求应符合表5.3.6-2的规定。

表5.3.6-1 粗骨料的压碎指标值 %

骨料类别		设计龄期混凝土抗压强度等级	
		≥30MPa	<30MPa
碎石	沉积岩	≤10	≤16
	变质岩	≤12	≤20
	岩浆岩	≤13	≤30
卵石		≤12	≤16

表5.3.6-2 粗骨料的其他品质要求

项目		指标
表观密度（kg/m³）		≥2550
吸水率（%）	有抗冻要求和侵蚀作用的混凝土	≤1.5
	无抗冻要求的混凝土	≤2.5
含泥量（%）	D_{20}、D_{40}粒径级	≤1
	D_{80}、D_{150}（D_{120}）粒径级	≤0.5
坚固性（%）	有抗冻和抗侵蚀要求的混凝土	≤5
	无抗冻要求的混凝土	≤12
软弱颗粒含量（%）	设计龄期强度等级≥30MPa和有抗冻要求的混凝土	≤5
	设计龄期强度等级<30MPa	≤10

表 5.3.6-2（续）

项　目		指　标
针片状颗粒含量（%）	设计龄期强度等级≥30MPa和有抗冻要求的混凝土	≤15
	设计龄期强度等级<30MPa	≤25
泥块含量		不允许
硫化物及硫酸盐含量（%）		≤0.5
有机质含量		浅于标准色

5.3.7 骨料的运输和堆存应遵守下列规定：

1 堆存场地应有良好的排水设施，宜设遮阳防雨棚。

2 各级骨料仓之间应采取设置隔墙等措施，不应混料和混入泥土等杂物。

3 储料仓应有足够的容积，堆料厚度不宜小于 6m。细骨料仓的数量和容积应满足脱水要求。

4 减少转运次数。粒径大于 40mm 骨料的卸料自由落差大于 3m 时，应设置缓降设施。

5 在粗骨料成品堆场取料时，同一级料应在料堆不同部位同时取料。

5.4 掺　合　料

5.4.1 掺合料可选用粉煤灰、矿渣粉、磷渣粉、硅粉、石灰石粉、火山灰等。掺合料可单掺也可复掺，其品种和掺量应根据工程的技术要求、掺合料品质和资源条件，经试验确定。

5.4.2 粉煤灰宜选用Ⅰ级或Ⅱ级粉煤灰。

5.4.3 掺合料应储存到有明显标志的储罐或仓库中，在运输和储存过程中应防水防潮，并不应混入杂物。

5.5 外　加　剂

5.5.1 外加剂可单掺也可复掺，其品种和掺量应根据工程的技

术要求、环境条件，经试验确定。工程所用同种类外加剂以1～2种为宜。

5.5.2 有抗冻要求的混凝土，应掺用引气剂，其掺量应根据混凝土的含气量要求通过试验确定。大中型水利水电工程，混凝土的最小含气量应通过试验确定；没有试验资料时，混凝土的含气量可参照表5.5.2选用。混凝土的含气量不宜超过7%。

表5.5.2 抗冻混凝土的适宜含气量

骨料最大粒径（mm）		20	40	80	150（120）
抗冻等级	≥F200	6.0%±1.0%	5.5%±1.0%	4.5%±1.0%	4.0%±1.0%
	≤F150	5.0%±1.0%	4.5%±1.0%	3.5%±1.0%	3.0%±1.0%
注：如含气量试验需湿筛，按湿筛后骨料最大粒径选用相应的含气量。					

5.5.3 外加剂宜配成水溶液使用，并搅拌均匀。当外加剂复合使用时，应通过试验论证，并应分别配制使用。

5.5.4 不同厂家和不同品种的外加剂应储存到有明显标志的储罐或仓库中，不应混装。粉状外加剂在运输和储存过程中应防水防潮。外加剂储存时间过长，对其品质有怀疑时，使用前应重新检验。

5.6 水

5.6.1 凡符合GB 5749的饮用水，均可用于拌和混凝土。未经处理的工业污水和生活污水不应用于拌和混凝土。

5.6.2 地表水、地下水和其他类型水在首次用于拌和混凝土时，应经检验合格方可使用。检验项目和标准应同时符合下列要求：

1 混凝土拌和用水与饮用水样进行水泥凝结时间对比试验。对比试验的水泥初凝时间差及终凝时间差均不应大于30min，且初凝和终凝时间应符合GB 175的规定。

2 混凝土拌和用水与饮用水样进行水泥胶砂强度对比试验。被检验水样配制的水泥胶砂3d和28d龄期强度不应低于饮用水

配制的水泥胶砂 3d 和 28d 龄期强度的 90%。

3 混凝土拌和用水应符合表 5.6.2 的规定。

表 5.6.2 混凝土拌和用水要求

项 目	钢筋混凝土	素混凝土
pH 值	≥4.5	≥4.5
不溶物（mg/L）	≤2000	≤5000
可溶物（mg/L）	≤5000	≤10000
氯化物，以 Cl^- 计（mg/L）	≤1200	≤3500
硫酸盐，以 SO_4^{2-} 计（mg/L）	≤2700	≤2700
碱含量（mg/L）	≤1500	≤1500

注：碱含量按 $Na_2O+0.658K_2O$ 计算值来表示。采用非碱活性骨料时，可不检验碱含量。

6 混凝土配合比

6.0.1 混凝土配合比设计，应根据工程要求、结构型式、设计指标、施工条件和原材料状况，通过试验确定各组成材料的用量。混凝土施工配合比选择应经综合分析比较，合理降低水泥用量。室内试验确定的配合比还应根据现场情况进行必要的调整。混凝土配合比应经批准后使用。

6.0.2 混凝土强度等级（标号）和保证率应符合设计规定。

6.0.3 骨料最大粒径不应超过钢筋最小净间距的2/3、构件断面最小尺寸的1/4、素混凝土板厚的1/2。对少筋或无筋混凝土，应选用较大的骨料最大粒径。受海水、盐雾或侵蚀性介质影响的钢筋混凝土面层，骨料最大粒径不宜大于钢筋保护层厚度。

6.0.4 粗骨料级配及砂率选择，应根据混凝土施工性能要求通过试验确定。粗骨料宜采用连续级配。当采用胶带机输送混凝土拌和物时，可适当增加砂率。

6.0.5 混凝土的坍落度，应根据建筑物的结构断面、钢筋间距、运输距离和方式、浇筑方法、振捣能力以及气候环境等条件确定，并宜采用较小的坍落度。混凝土在浇筑时的坍落度，可参照表6.0.5选用。

表6.0.5 混凝土在浇筑时的坍落度 单位：mm

混凝土类别	坍落度
素混凝土	10～40
配筋率不超过1%的钢筋混凝土	30～60
配筋率超过1%的钢筋混凝土	50～90
泵送混凝土	140～220

注：在有温度控制要求或高、低温季节浇筑混凝土时，其坍落度可根据实际情况酌量增减。

6.0.6 大体积内部常态混凝土的胶凝材料用量不宜低于140kg/m³，水泥熟料含量不宜低于70kg/m³。

6.0.7 混凝土的水胶比应根据设计对混凝土性能的要求，经试验确定，且不应超过表6.0.7的规定。

表6.0.7 水胶比最大允许值

部　位	严寒地区	寒冷地区	温和地区
上、下游水位以上（坝体外部）	0.50	0.55	0.60
上、下游水位变化区（坝体外部）	0.45	0.50	0.55
上、下游最低水位以下（坝体外部）	0.50	0.55	0.60
基础	0.50	0.55	0.60
内部	0.60	0.65	0.65
受水流冲刷部位	0.45	0.50	0.50

注1：在有环境水侵蚀情况下，水位变化区外部及水下混凝土最大允许水胶比减小0.05。

注2：表中规定的水胶比最大允许值，已考虑了掺用减水剂和引气剂的情况，否则酌情减小0.05。

6.0.8 使用碱活性骨料时，应采取抑制措施并专门论证，混凝土总碱含量最大允许值不应超过3.0kg/m³。混凝土总碱含量的计算方法见附录C。

6.0.9 混凝土配合比设计应按SL 352—2006附录A的规定进行。

6.0.10 混凝土配制强度应按式（6.0.10）计算：

$$f_{cu,0} = f_{cu,k} + t\sigma \tag{6.0.10}$$

式中 $f_{cu,0}$——混凝土的配制强度，MPa；

$f_{cu,k}$——混凝土设计龄期的立方体抗压强度标准值，MPa；

t——概率度系数，依据保证率P选定，$P=80\%$时，$t=0.840$；$P=95\%$时，$t=1.645$；

σ——混凝土抗压强度标准差，MPa。

6.0.11 混凝土抗压强度标准差（σ），宜按同品种混凝土抗压强度统计资料确定。

1 统计时，混凝土抗压强度试件总数应不少于30组。

2 根据近期相同抗压强度、生产工艺和配合比基本相同的混凝土抗压强度资料，混凝土抗压强度标准差（σ）应按式（6.0.11）计算：

$$\sigma=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}f_{cu,i}^{2}-nm_{f_{cu}}^{2}}{n-1}} \tag{6.0.11}$$

式中 $f_{cu,i}$——第 i 组试件抗压强度，MPa；

$m_{f_{cu}}$——n 组试件的抗压强度平均值，MPa；

n——试件组数。

3 当混凝土设计龄期立方体抗压强度标准值不大于25MPa，其抗压强度标准差（σ）计算值小于2.5MPa时，计算配制强度用的标准差应取不小于2.5MPa；当混凝土设计龄期立方体抗压强度标准值不小于30MPa，其抗压强度标准差计算值小于3.0MPa时，计算配制强度用的标准差应取不小于3.0MPa。

6.0.12 当无近期同品种混凝土抗压强度统计资料时，σ 值可按表6.0.12选用。施工中应根据现场施工时段强度的统计结果调整 σ 值。

表6.0.12 标准差 σ 选用值 单位：MPa

设计龄期抗压强度标准值 $f_{cu,k}$	≤15	20、25	30、35	40、45	≥50
混凝土抗压强度标准差 σ	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5

7 混凝土施工

7.1 一般规定

7.1.1 混凝土施工前应对混凝土拌和设备、运输设备和浇筑设备等进行检查，确保设备完好。

7.1.2 混凝土拌和设备正式投入混凝土生产前，应按经批准的混凝土施工配合比进行生产性试验，以确定最佳投料顺序和拌和时间。

7.1.3 混凝土运输设备和浇筑设备，应与运输条件、混凝土级配、拌和能力、运输能力、浇筑强度、混凝土温度控制要求、仓面具体情况等相适应。

7.2 拌　和

7.2.1 混凝土拌和应严格遵守签发的混凝土配料单，不应擅自更改。

7.2.2 混凝土组成材料的配料量均应以质量计，计量单位为“kg”，称量的允许偏差见表 7.2.2。

表 7.2.2 混凝土组成材料称量的允许偏差

材料名称	允许偏差（%）
水泥、掺合料、水、冰、外加剂溶液	±1
砂、石	±2

7.2.3 每台班混凝土拌和前应检查拌和设备的性能，拌和过程中也应加强观测。拌和设备应经常进行衡器设备的准确性、拌和机及叶片磨损情况的检测。拌和楼宜安装与运输车辆识别系统配套的控制系统。

7.2.4 为保证混凝土的拌和用水量不变，混凝土拌和过程中，应根据气候条件定时检测骨料含水率，必要时应加密检测次数。

7.2.5 混凝土掺合料宜采用现场干掺法，并应掺和均匀。

7.2.6 外加剂溶液应均匀配入混凝土拌和物中，外加剂溶液中的水量应包含在拌和用水量之内。

7.2.7 混凝土应拌和均匀，颜色一致。混凝土拌和时间应通过试验确定，且不宜小于表 7.2.7 中所列最少拌和时间。

表 7.2.7 混凝土最少拌和时间

拌和机容量 Q（m^3）	最大骨料粒径（mm）	最少拌和时间（s）	
		自落式拌和机	强制式拌和机
$0.75 \leqslant Q \leqslant 1$	80	90	60
$1 < Q \leqslant 3$	150	120	75
$Q > 3$	150	150	90

注 1：入机拌和量在拌和机额定容量的 110%以内。

注 2：掺加掺合料、外加剂和加冰时建议延长拌和时间，出机口的混凝土拌和物中不要有冰块。

注 3：掺纤维、硅粉的混凝土其拌和时间根据试验确定。

7.2.8 混凝土粗骨料需风冷降温时，每台班开始拌和前宜对制冷风机进行冲霜。

7.2.9 拌和楼二次筛分后的粗骨料，其超逊径含量应控制在要求范围内。

7.2.10 混凝土拌和物出现下列情况之一者，应按不合格料处理：

1 错用配料单配料。

2 混凝土任意一种组成材料计量失控或漏配。

3 出机口混凝土拌和物拌和不均匀或夹带生料，或温度、含气量和坍落度不符合要求。

7.3 运　　输

7.3.1 选用的运输设备，应使混凝土在运输过程中不发生泄漏、分离、漏浆、严重泌水，并减少温度回升和坍落度损失等。

7.3.2 不同级配、不同强度等级（标号）或其他特性不同的混凝土同时运输时，应在运输设备上设置明显的区分标志或识别系统。

7.3.3 混凝土运输过程中，应缩短运输时间，减少转运次数，不应在运输途中和卸料过程中加水。

7.3.4 混凝土运输设备，必要时应设置遮盖或保温设施。

7.3.5 因故停歇过久，混凝土拌和物出现下列情况之一者，应按不合格料处理：

1 混凝土产生初凝。

2 混凝土塑性降低较多，已无法振捣。

3 混凝土被雨水淋湿严重或混凝土失水过多。

4 混凝土中含有冻块或遭受冰冻，严重影响混凝土质量。

7.3.6 不论采用何种运输设备，混凝土自由下落高度不宜大于2m，超过时，应采取缓降或其他措施，防止骨料分离。

7.3.7 自卸汽车、料罐车、搅拌车等车辆运送混凝土，应遵守下列规定：

1 运输道路保持平整。

2 装载混凝土的厚度不小于40cm，车厢严密平滑不漏浆。

3 搅拌车装料前，应将拌筒内积水清理干净。运送途中，拌筒保持3～6r/min的慢速转动，并不应往拌筒内加水。

4 不宜采用汽车运输混凝土直接入仓。

7.3.8 门式、塔式、缆式起重机以及其他起吊设备配吊罐运送混凝土应遵守下列规定：

1 定期对起吊设备进行检查维修，保证设备完好。

2 起吊设备的起吊能力、吊罐容量与混凝土入仓强度相适应。

3 起吊设备运转时，与周围施工设备及建筑物保持安全距离，并安装防撞装置。

4 吊罐入仓时，采取措施防止撞击模板、钢筋和预埋件等。

7.3.9 胶带机（包括塔带机、胎带机、布料机等）运送混凝土

应遵守下列规定：

1 避免砂浆损失和骨料分离，必要时可适当增大砂率。

2 混凝土最大骨料粒径大于80mm时，进行适应性试验。

3 卸料处设置挡板、卸料导管和刮板。

4 布料均匀。

5 卸料后及时清洗胶带机上粘附的水泥砂浆，并防止冲洗水流入仓内和污染其他物体。

6 露天胶带机上搭设盖棚。高温季节和低温季节有适当的保温措施。

7 塔带机、胎带机卸料胶筒不应对接，胶筒长度宜控制在6～12m。

7.3.10 溜筒、溜管、溜槽、负压（真空）溜槽运送混凝土应遵守下列规定：

1 溜筒（管、槽）内壁平顺、光滑、不漏浆，混凝土运输前用砂浆或干净水润滑溜筒（管、槽）内壁，用水润滑时，应将水排出仓外。

2 溜筒（管、槽）型式、高度及适宜的混凝土坍落度试验确定，试验场地不应选取主体建筑物。

3 溜筒（管、槽）每节之间应连接牢固，并有防脱落措施。

4 运输和卸料过程中避免砂浆损失和骨料分离，必要时可设置缓冲装置，不应向溜筒（管、槽）内混凝土加水。

5 运输结束或溜筒（管、槽）堵塞处理后，应及时冲洗。

7.3.11 混凝土泵输送混凝土应遵守下列规定：

1 混凝土泵和输送管安装前，应彻底清除管内污物及水泥砂浆，并用压力水冲洗干净。安装后及时检查，防止脱落、漏浆。

2 泵送混凝土最大骨料粒径不应大于导管直径的1/3，并不应有超径骨料进入混凝土泵内。

3 泵送混凝土之前应先泵送砂浆润滑。

4 应保持泵送混凝土的连续性。因故中断，混凝土泵应经

常转动，间歇时间超过45min，应及时清除混凝土泵和输送管内的混凝土并清洗。

5 泵送混凝土输送完毕后，应及时用压力水清洗混凝土泵和输送管。

7.4 浇　　筑

7.4.1 结构物基础应经验收合格批准后，方可进行混凝土浇筑仓面的准备工作。

7.4.2 岩基上的杂物、泥土及松动岩石均应清除。岩基仓面应冲洗干净并排净积水；如有承压水应采用可靠的处理措施。混凝土浇筑前岩基应保持洁净和湿润。

7.4.3 软基或容易风化的岩基应做好下列工作：

1 软基上的仓面准备，避免破坏或扰动原状基础。如有扰动应处理。

2 非黏性土壤地基，如湿度不够，至少浸润15cm深，使其湿度与最优强度时的湿度相符。

3 地基为湿陷性黄土时，应采取专门的处理措施。

4 混凝土覆盖前应做好基础保护。

7.4.4 混凝土浇筑前应做好仓面设计并检查相关准备工作，包括地基处理或缝面处理，模板、钢筋、预埋件及止水设施等是否符合设计要求，并详细记录。

7.4.5 仓面检查合格并经批准后，应及时开仓浇筑混凝土，延后时间宜控制在24h之内。若开仓时间延后超过24h且仓面污染时，应重新检查批准。

7.4.6 基岩面和混凝土施工缝面浇筑第一坯混凝土前，宜先铺一层2～3cm厚的水泥砂浆，或同等强度的小级配混凝土或富砂浆混凝土。

7.4.7 混凝土浇筑可采用平铺法或台阶法。浇筑时应按一定厚度、次序、方向，分层进行，且浇筑层面应保持平整。台阶法施工的台阶宽度和高度应根据入仓强度、振捣能力等综合确定，台

阶宽度不应小于2m。浇筑压力管道、竖井、孔道、廊道等周边及顶板混凝土时，应对称均匀上升。

7.4.8 混凝土浇筑坯层厚度，应根据拌和能力、运输能力、浇筑速度、气温及振捣能力等确定。浇筑坯层允许最大厚度应符合表7.4.8的规定。如采用低塑性混凝土及大型强力振捣设备时，其浇筑坯层厚度应根据试验确定。

表7.4.8 混凝土浇筑坯层的允许最大厚度

振捣设备类别		浇筑坯层的允许最大厚度
插入式	振捣机	振捣棒（头）工作长度的1.0倍
	电动或风动振捣器	振捣棒（头）工作长度的0.8倍
	软轴式振捣器	振捣棒（头）工作长度的1.25倍
平板式振捣器		200mm

7.4.9 入仓混凝土应及时平仓振捣，不应堆积。仓内若有粗骨料堆叠时，应均匀地分散至砂浆较多处，但不应用水泥砂浆覆盖。倾斜面上浇筑混凝土，应从低处开始浇筑，浇筑面宜保持水平，收仓面与倾斜面接触处宜与倾斜面垂直。浇筑混凝土坝时不应产生斜向下游的斜坡。

7.4.10 混凝土浇筑过程中，不应在仓内加水。如发现混凝土和易性较差时，应采取加强振捣等措施；仓内泌水应及时排除；避免外来水进入仓内；不应在模板上开孔赶水，带走灰浆；粘附在模板、钢筋和预埋件表面的灰浆应及时清除。

7.4.11 不合格的混凝土不应入仓，已入仓的不合格混凝土应彻底清除。清除混凝土时，应对基础、钢筋、模板等进行保护，如扰动应重新处理合格。

7.4.12 混凝土浇筑应保持连续性，并应遵守下列规定：

1 混凝土浇筑允许间歇时间应通过试验确定，无试验资料时可按表7.4.12控制。

2 因故中断且超过允许间歇时间，但混凝土尚能重塑者，可继续浇筑，否则应按施工缝处理。

表 7.4.12 混凝土浇筑允许间歇时间

混凝土浇筑时的气温（℃）	允许间歇时间（min）	
	普通硅酸盐水泥、中热硅酸盐水泥、硅酸盐水泥	低热矿渣硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥
20～30	90	120
10～20	135	180
5～10	195	—

7.4.13 混凝土振捣应遵守下列规定：

1 振捣设备的振捣能力与入仓强度、仓面大小等相适应，合理选择振捣设备。混凝土入仓后先平仓后振捣，不应以振捣代替平仓。

2 每一位置的振捣时间以混凝土粗骨料不再显著下沉，并开始泛浆为准，防止欠振、漏振或过振。

3 浇筑块第一层、卸料接触带和台阶边坡混凝土应加强振捣。

4 振捣作业时，振捣器棒头距模板的距离应不小于振捣器有效半径的 1/2。振捣器不应直接碰撞模板、钢筋及预埋件等。

7.4.14 手持式振捣器振捣应遵守下列规定：

1 振捣器插入混凝土的间距，不超过振捣器有效半径的 1.5 倍。振捣器有效半径根据试验确定。

2 振捣器垂直插入混凝土中，按顺序依次振捣，每次振捣时间 30s。如略有倾斜，倾斜方向保持一致，防止漏振、过振。

3 振捣上层混凝土时，振捣器插入下层混凝土 5cm 左右，加强上、下层混凝土的结合。

4 在止水片、止浆片、钢筋密集处等细心振捣，必要时辅以人工捣固密实。

7.4.15 振捣机振捣应遵守下列规定：

1 振捣棒组垂直插入混凝土中，振捣密实后缓慢拔出。

2 移动振捣棒组的间距根据试验确定。

3 振捣上层混凝土时，振捣棒头插入下层混凝土5～10cm。

7.4.16 平板式振捣器振捣应遵守下列规定：

1 平板式振捣器缓慢、均匀、连续不断地作业，不随意停机等待。

2 坡面上从坡底向坡顶振捣，并采取有效措施防止混凝土下滑和骨料集中。

3 根据混凝土坍落度的大小，调整振捣频率或移动速度。

7.4.17 混凝土浇筑仓出现下列情况之一者，应停止浇筑：

1 混凝土初凝并超过允许面积。

2 混凝土平均浇筑温度超过允许值，并在1h内无法调整至允许温度范围内。

7.4.18 浇筑仓混凝土出现下列情况之一时，应予挖除：

1 7.2.10条中规定的不合格料。

2 低等级混凝土料混入高等级混凝土浇筑部位。

3 混凝土无法振捣密实或对结构物带来不利影响的级配错误混凝土料。

4 未及时平仓振捣且已初凝的混凝土料。

5 长时间不凝固的混凝土料。

7.4.19 混凝土施工缝的处理应遵守下列规定：

1 混凝土收仓面浇筑平整，抗压强度未达到2.5MPa前，不应进行下个仓面的准备工作。

2 混凝土表面毛面处理时间试验确定。毛面处理采用25～50MPa高压水冲毛机，或低压水、风砂枪、刷毛机及人工凿毛等方法。

3 混凝土施工缝面无乳皮，微露粗砂，有特殊要求的部位微露小石。

7.4.20 结构物设计顶面应平整，高程应符合设计要求。

7.4.21 板、梁、柱等结构混凝土浇筑要求应遵照GB 50666的规定执行。

7.5 养　　护

7.5.1　混凝土表面养护应遵守下列规定：

1　混凝土浇筑完毕初凝前，应避免仓面积水、阳光曝晒。

2　混凝土初凝后可采用洒水或流水等方式养护。

3　混凝土养护应连续进行，养护期间混凝土表面及所有侧面始终保持湿润。

4　特种混凝土的养护，按有关规定执行。

7.5.2　混凝土养护用水应符合5.6节的有关规定。

7.5.3　混凝土养护时间按设计要求执行，不宜少于28d，对重要部位和利用后期强度的混凝土以及其他有特殊要求的部位应延长养护时间。

7.5.4　混凝土采用养护剂养护应遵守下列规定：

1　养护剂性能应符合JC 901的有关要求。

2　养护剂在混凝土表面湿润且无水迹时开始喷涂，夏季使用应避免阳光直射。

7.5.5　混凝土养护应有专人负责，并详细记录。

7.6 特种混凝土施工

7.6.1　抗冲耐磨混凝土施工应符合下列规定：

1　宜与基底混凝土同时浇筑，需分期浇筑时，应按设计要求施工。

2　掺加硅粉、纤维等材料的抗冲耐磨混凝土应适当延长拌和时间，并经试验确定。

3　浇筑后应及时保温保湿，防止开裂。

4　溢流坝面、溢洪道等泄水边界抗磨蚀混凝土浇筑，可采用滑动模板、翻转模板等施工。

5　必要时应在非重要部位的施工现场进行工艺性试验。

7.6.2　水下混凝土施工应符合下列规定：

1　水下混凝土施工时动水流速不宜大于1m/s。

2 水下混凝土的施工应有专门的施工措施。

3 混凝土施工前，待浇区的基础应清理干净，旁侧岸坡应稳定。

4 水下模板应架设稳固、严密，防止模板走样和混凝土中砂浆流失。

5 水深大于 1.5m 时宜采用导管法、混凝土泵压法或开底容器法；水深小于或等于 1.5m 时宜采用夯击法或振捣法；临时性工程可采用袋装法。

7.6.3 自密实混凝土施工应符合下列规定：

1 自密实混凝土施工前，应根据工程结构类型和施工特点等制定专项施工方案。

2 自密实混凝土应采用混凝土搅拌车运输，并宜采取防晒、防寒等措施。

3 高温季节施工时，自密实混凝土入仓温度不宜超过 35℃；低温季节施工时，自密实混凝土入仓温度不宜低于 5℃。在降雨、降雪期间，不宜在露天浇筑自密实混凝土。

4 自密实混凝土浇筑最大水平流动距离不宜超过 7m。布料点应根据混凝土自密实性能确定，并通过试验确定混凝土布料点的间距。

5 钢管自密实混凝土浇筑应按设计要求在适当位置设置排气孔，排气孔孔径宜为 20mm；混凝土最大下落高度不宜大于 9m，超过时应采取溜槽、溜管等缓冲设备。

7.6.4 真空混凝土施工应符合下列规定：

1 真空作业应配备真空系统设备以及专用的真空模板、硬吸盘和真空气嘴等。真空系统应严密不漏气，脱水处理前应先检查设备。

2 混凝土真空脱水工艺宜采用先低真空度，后高真空度的变真空工艺。

3 真空作业应有专门的施工措施。混凝土振捣密实平整 15min 后，宜开始真空作业。当真空混凝土施工气温低于 10℃

时，真空系统应有防冻措施。

4 为使真空作业后的混凝土顶面符合设计标高，混凝土浇筑时应预留超高，其数值应经试验确定。真空作业完成后修饰混凝土时，不应扰动混凝土表面。

5 真空脱水过程应连续，作业时应观察气垫薄膜内的水流情况，每次真空作业均应有详细的作业记录、真空度及吸出水量等。

7.6.5 压浆混凝土施工应符合下列规定：

1 压浆混凝土的粗骨料级配应连续，填放密实，其最小粒径不宜小于20mm；细骨料粒径超过2.5mm者，应予以筛除。

2 压浆混凝土的施工应满足设计要求并进行现场试验。

3 压浆程序应由下而上，逐渐上升，不应间断。压浆压力宜采用0.2～0.5MPa，浆体上升速度宜为0.5～1m/h。

4 压浆混凝土使用的模板，除遵守本标准有关规定外，应结合工程专门设计，保证不漏浆、不变形。在压浆过程中应加强对模板的观测。

5 压浆部位应埋设观测管、排气管等。压浆混凝土达到设计龄期后应按设计要求钻孔压水检查，并取样进行物理力学性能试验。

7.7 雨季施工

7.7.1 雨季施工应做好下列准备工作：

1 及时了解天气预报，合理安排施工。

2 砂石料场的排水设施保证通畅。

3 运输设备有防雨及防滑设施。

4 浇筑仓面有防雨设施。

5 增加骨料含水率的检测频次。

7.7.2 有抗冲耐磨和有抹面要求的混凝土不应在雨天施工。

7.7.3 小雨中浇筑混凝土应遵守下列规定：

1 适当减少混凝土拌和用水量和出机口混凝土的坍落度，

必要时适当减小混凝土的水胶比。

2 加强仓内排水和防止周围雨水流入仓内。

3 新浇混凝土面尤其是接头部位应采取有效的防雨措施。

7.7.4 中雨以上的雨天不应新开室外混凝土浇筑仓面。

7.7.5 浇筑过程中如遇中雨、大雨和暴雨，应及时停止进料，已入仓的混凝土在防雨设施的保护下振捣密实并遮盖。雨后及时排除仓内积水，受雨水冲刷的部位应及时处理。停止浇筑的混凝土尚未超过允许间歇时间或能重塑时，可加铺砂浆后继续浇筑，否则应按施工缝处理。

8 混凝土温度控制

8.1 一 般 规 定

8.1.1 混凝土浇筑的分缝分块、分层厚度及层间间歇时间等，应符合设计规定。

8.1.2 施工过程中，各坝块应均衡上升，相邻坝块的高差不宜超过 8～12m，上下块从严要求。如个别坝块因施工特殊需要，经论证批准后可适当放宽。

8.1.3 混凝土质量除应满足强度保证率的要求外，混凝土生产质量水平宜达到优良。设计龄期大于 28d 的混凝土，选择混凝土施工配合比时，应考虑早期抗裂能力要求。

8.1.4 应从结构设计、原材料选择、配合比设计、施工安排、施工质量、混凝土温度控制、养护和表面保温等方面采取综合措施，防止混凝土裂缝。混凝土应避免薄层长间歇和块体早期过水，基础部位应从严控制。

8.1.5 应采取综合温控措施，使混凝土最高温度控制在设计允许范围内。混凝土浇筑温度应符合设计规定。未明确温控要求的部位，其混凝土浇筑温度不应高于 28℃。

8.1.6 基础部位混凝土，宜在有利季节浇筑，如需在高温季节浇筑，应经过论证采取有效的温度控制措施使混凝土最高温度控制在设计允许范围内，经批准后进行。

8.2 浇 筑 温 度 控 制

8.2.1 料场骨料温度控制宜采取下列措施：

1 成品料场骨料的堆高不宜低于 6m，并应有足够的储备量。

2 通过地下廊道取料。

3 搭盖凉棚，喷洒水雾降温（细骨料除外）等。

8.2.2 粗骨料预冷可采用风冷、浸水、喷洒冷水等措施。采用风冷法时，应采取措施防止骨料（尤其是小石）冻仓。采用水冷法时，应有脱水措施，使骨料含水量保持稳定。

8.2.3 骨料从预冷仓到拌和楼，应采取隔热保温措施。

8.2.4 混凝土拌和时，可采用冷水、加冰等降温措施。加冰时，宜用片冰或冰屑，并适当延长拌和时间。

8.2.5 高温季节施工时，宜采取下列措施：

1 缩短混凝土运输及等待卸料时间，入仓后及时进行平仓振捣，加快覆盖速度，缩短混凝土的暴露时间。

2 混凝土运输工具有隔热遮阳措施。

3 采用喷雾等方法降低仓面气温。

4 混凝土浇筑宜安排在早晚、夜间及阴天进行。

5 当浇筑块尺寸较大时，可采用台阶法，台阶宽应大于2m，浇筑块分层厚度宜小于2m。

6 混凝土平仓振捣后，及时采用隔热材料覆盖。

8.3 内部温度控制

8.3.1 在满足混凝土各项设计指标的前提下，应采用水化热低的水泥，优化配合比设计，采取加大骨料粒径，改善骨料级配，掺用掺合料、外加剂和降低混凝土坍落度等综合措施，合理减少混凝土的单位水泥用量。

8.3.2 基础混凝土和老混凝土约束部位浇筑层厚宜为1.5～2m，并应做到短间歇均匀上升。

8.3.3 采用冷却水管进行初期冷却，通水时间应计算确定，可取10～20d。混凝土温度与水温之差，不应超过25℃，管中水的流速宜为0.6～0.7m/s。水流方向应每24h调换1次，日降温不应超过1℃。

8.3.4 应控制坝体内外温差，在低温季节前将坝体温度降至设计要求的温度。应进行中期通水冷却，通水时间应计算确定，宜为1～2个月左右。通水水温与混凝土内部温度之差，不应超过

20℃，日降温不超过0.5℃。

8.4 表面保温

8.4.1 28d龄期内的混凝土，应在气温骤降前进行表面保温，必要时应进行施工期长期保温。浇筑面顶面保温至气温骤降结束或上层混凝土开始浇筑前。

8.4.2 在气温变幅较大的季节，长期暴露的基础混凝土及其他重要部位混凝土，应妥加保温。寒冷地区的老混凝土，在冬季停工前，宜使各坝块浇筑齐平，其表面保温措施和时间可根据具体情况确定。

8.4.3 模板拆除时间应根据混凝土强度及混凝土的内外温差确定，并应避免在夜间或气温骤降时拆模。在气温较低季节，当预计拆模后有气温骤降，应推迟拆模时间；如确需拆模，应在拆模后及时采取保温措施。

8.4.4 混凝土侧面保温，应结合模板类型、材料性能等综合考虑，可在拆模后适时贴保温材料，必要时应采用模板内贴保温材料。

8.4.5 混凝土表面保温材料及其厚度，应根据不同部位、结构要求结合混凝土内外温差和气候条件，经计算、试验确定。保温时间和保温后的等效放热系数应符合设计要求。

8.4.6 已浇好的底板、护坦、面板、闸墩等薄板（壁）建筑物，其顶（侧）面宜保温到过水前。对于宽缝重力坝、支墩坝、空腹坝的空腔，在进入低温或气温骤降频繁的季节前，宜将空腔封闭并进行表面保温。隧洞、竖井、调压井、廊道、尾水管、泄水孔及其他孔洞的进出口在进入低温季节前应封闭。浇筑块的棱角和突出部分应加强保温。

8.5 特殊部位的温度控制

8.5.1 岩基深度超过3m的塘、槽回填混凝土，应采用分层浇筑、通水冷却等温控措施，控制混凝土最高温度，将回填混凝土

温度降低到设计要求的温度后，再继续浇筑上部混凝土。

8.5.2 预留槽应在两侧老混凝土温度及龄期达到设计要求后，方可回填混凝土。回填混凝土宜在低温季节浇筑，并采取温控措施使最高温度不超过设计允许最高温度。

8.5.3 并缝块浇筑前，下部混凝土温度应达到设计要求。并缝块混凝土浇筑应安排在有利季节进行，应采取综合温度控制措施使混凝土最高温度在设计允许范围内，并采用薄层、短间歇均匀上升的施工方法。

8.5.4 孔、洞封堵的混凝土宜采用综合温控措施，以满足设计要求。

8.5.5 堆石坝面板混凝土初凝后，应及时保温隔热，并养护至水库蓄水为止。

8.6 温 度 测 量

8.6.1 在混凝土施工过程中，宜每4h测量一次混凝土原材料的温度、混凝土出机口温度以及坝体冷却水的温度和气温，并做好记录。

8.6.2 混凝土浇筑温度的测量，每100m^{2}仓面面积应不少于1个测点，每一浇筑层应不少于3个测点。测点应均匀分布在浇筑层面上。

8.6.3 浇筑块内部的温度观测，除按设计要求进行外，可根据混凝土温度控制的需要，补充埋设仪器进行观测。

9 低温季节施工

9.1 一般规定

9.1.1 日平均气温连续5d稳定在5℃以下或最低气温连续5d稳定在−3℃以下时，应按低温季节施工。

9.1.2 低温季节施工，应编制专项施工措施计划和可靠的技术措施。

9.1.3 混凝土早期允许受冻临界强度应满足下列要求：

1 受冻期无外来水分时，抗冻等级小于（含）F150的大体积混凝土抗压强度应大于5.0MPa（或成熟度不低于1800℃·h）；抗冻等级大于（含）F200的大体积混凝土抗压强度应大于7.0MPa（或成熟度不低于1800℃·h）；结构混凝土不应低于设计强度的85%。

2 受冻期可能有外来水分时，大体积混凝土和结构混凝土均不应低于设计强度的85%。

9.1.4 低温季节施工，尤其在严寒和寒冷地区，施工部位不宜分散。当年浇筑的有保温要求的混凝土，在进入低温季节之前，应采取保温措施，防止混凝土产生裂缝。

9.1.5 施工期采用的加热、保温、防冻材料（包括早强剂、防冻剂），应事先准备好，并应有防火措施。

9.1.6 混凝土当采用蒸汽加热或电热法施工时，应按专项技术要求进行。

9.1.7 混凝土质量检查除按规定成型试件检测外，还可采取无损检测手段或用成熟度法随时检查混凝土早期强度（用成熟度法计算混凝土早期强度见附录D）。

9.2 施工准备

9.2.1 原材料的加热、输送、储存和混凝土的拌和、运输、浇

筑设备设施及浇筑仓面，均应根据气候条件通过热工计算，采取适宜的保温措施。加热过的骨料及混凝土，应缩短运距，减少倒运次数。

9.2.2 砂石骨料在进入低温季节前宜筛洗完毕。成品料堆应有足够的储备和堆高，并应有防止冰雪和冻结的措施。

9.2.3 当日平均气温稳定在－5℃以下时，宜将骨料加热，骨料加热宜采用蒸汽排管法，粗骨料也可直接用蒸汽加热，但不应影响混凝土的水胶比。外加剂溶液不应直接用蒸汽加热，水泥不应直接加热。

9.2.4 拌和混凝土前，应用热水或蒸汽冲洗拌和机，并将积水或冰水排除。拌和水宜采用热水。混凝土的拌和时间应比常温季节适当延长。延长的时间应通过试验确定。

9.2.5 在岩石基础或老混凝土上浇筑混凝土前，应检测表面温度，如为负温，整个仓面应加热至3℃，经检验合格后方可浇筑混凝土。

9.2.6 仓面清理宜采用喷洒温水配合热风枪或机械方法，亦可采用蒸汽枪，不宜采用水枪或风水枪。受冻面处理应符合设计要求。

9.2.7 在软基上浇筑第一层基础混凝土时，应防止与地基接触的混凝土遭受冻害和地基受冻变形。

9.3 施 工 方 法

9.3.1 低温季节混凝土的施工方法应遵守下列规定：

1 在温和地区宜采用蓄热法，风沙大的地区应采取防风设施。

2 在严寒和寒冷地区日平均气温－10℃以上时，宜采用蓄热法；日平均气温－20～－10℃时可采用综合蓄热法。

3 日平均气温－20℃以下不应施工。

9.3.2 混凝土的浇筑温度应符合设计要求，大体积混凝土的浇筑温度，在温和地区不宜低于3℃；在严寒和寒冷地区不宜低

于5℃。

9.3.3 寒冷地区低温季节施工的混凝土掺引气剂时，其含气量可适当增加；有早强要求者，可掺早强剂等，其掺量应经试验确定。

9.3.4 提高混凝土拌和物温度的方法：首先应考虑加热拌和用水；加热拌和用水不能满足浇筑温度要求时，再加热砂石骨料。砂石骨料不加热时，不应掺混冰雪，表面不应结冰。

9.3.5 拌和用水的温度，不宜超过60℃。超过60℃时，应改变拌和加料顺序，将骨料与水先拌和，然后加入水泥。

9.3.6 浇筑混凝土前和浇筑过程中，应清除钢筋、模板和浇筑设施上附着的冰雪和冻块，不应将冰雪、冻块带入仓内。

9.3.7 在浇筑过程中，应控制并及时调节混凝土的出机口温度，减少波动，保持浇筑温度均匀。控制方法以调节水温为宜。

9.4 保温与温度观测

9.4.1 混凝土浇筑完毕后，外露表面应及时保温。新老混凝土的接合处和易受冻的边角部分应加强保温。

9.4.2 温和地区和寒冷地区采用蓄热法施工时应遵守下列规定：

1 保温模板应严密，保温层应搭接到位，尤其在接头处，应搭接牢固。

2 有孔洞和迎风面的部位，增设挡风保温设施。

3 浇筑完毕后及时覆盖保温。

4 使用不易吸潮的保温材料。

9.4.3 低温季节施工的保温模板，除应符合一般模板要求外，还应满足保温要求，所有孔洞缝隙应填塞封堵，保温模板的衔接应严密可靠。

9.4.4 外挂保温层应牢靠地固定于模板上。内贴保温层的表面应平整，且保温层材料强度应满足混凝土表面不变形要求，并有可靠措施保证其固定在混凝土表面，不因拆模而脱落，必要时应进行混凝土表面等效放热系数的验算。

9.4.5 在低温季节施工的模板，在整个低温期间不宜拆除，如需拆除模板应遵守下列规定：

1 混凝土强度应大于允许受冻的临界强度。

2 不宜在夜间和气温骤降期间拆模。具体拆模时间应满足温控防裂要求：内外温差不大于 20℃或 2～3d 内混凝土表面温降不超过 6℃，如确需拆模，应及时采取保护措施。

3 承重模板的拆除时间应经计算确定。

4 在风沙大的地区拆模后应采取混凝土表面保湿措施。

9.4.6 施工期间的温度检查应遵守下列规定：

1 外界气温宜采用自动测温仪器，若采用人工测温，每天应至少测量 6 次。

2 暖棚内气温每 4h 至少测量 1 次，以距混凝土面 50cm 的温度为准，取四边角和中心温度的平均数为暖棚内气温值。

3 水、外加剂及骨料温度每 1h 至少测量 1 次；测量水、外加剂溶液和细骨料的温度，温度传感器或温度计插入深度不小于 10cm，测量粗骨料温度，插入深度不小于 10cm，并大于骨料粒径 1.5 倍，且周围用细粒径充填。用点温计测量，应自 15cm 以下取样测量。

4 混凝土的出机口温度和浇筑温度，每 2h 至少测量 1 次。温度传感器或温度计插入深度不小于 10cm。

5 已浇混凝土块体内部温度，浇筑后 7d 内加强观测，外部混凝土每天观测最高、最低温度；以后可按气温及构件情况定期观测。测温时应观测边角最易降温的部位。

6 气温骤降期间，增加温度观测次数。

10 预埋件施工

10.1 一般规定

10.1.1 预埋件的结构型式和尺寸、埋设位置以及所用材料的品种、规格、性能指标应符合设计要求和有关标准。

10.1.2 预埋件不应露天存放，以防晒防潮，避免与油和润滑剂接触。各种观测仪器应有库房存放和专人管理。

10.1.3 施工前应做好预埋件和混凝土施工计划，并提出预埋件保护措施。在预埋件埋入混凝土过程中，应有专人看护。埋设完成后，应做好保护，避免受损、移位、变形或堵塞。

10.2 止水及伸缩缝

10.2.1 止水片应有生产厂家的性能检测报告和出厂合格证，在使用前，应按 GB/T 2059 和 GB 18173.2 的规定进行抽样检测。

10.2.2 金属止水片表面的浮皮、锈污、油漆、油渍均应清除干净，如有砂眼、钉孔，应予焊补。非金属止水片不应有气孔，应塑化均匀，有变形、裂纹和撕裂的不应使用。

10.2.3 止水片连接与质量检查应遵守下列规定：

1 金属止水片连接宜采用搭接双面焊，搭接长度不小于20mm。经试验能够保证质量亦可采用对接焊接，但均不应采用手工电弧焊。焊工应持证上岗。

2 橡胶止水片连接宜采用硫化热粘接；塑料止水带的连接宜采用搭接双面焊接，搭接长度不小于 10cm。

3 金属止水片与非金属止水片接头，宜采用螺栓栓接法，搭接长度不小于 35cm。

4 十字形、T 形等异形接头和不同材料止水片之间的接头宜在工厂内预先制作或购买成品。

5 焊接接头表面应光滑、无砂眼或裂纹。工厂加工的接头

应抽查，抽查数量不少于接头总数的20%。现场焊接的接头，应逐个进行外观和渗透检查合格，必要时应进行强度检查，抗拉强度不应低于母材强度的75%。

10.2.4 止水片安装应遵守下列规定：

1 止水片应与混凝土接缝面垂直，其中心线与接缝中心线允许偏差为±5mm。金属止水片定位后，应在“鼻子”空腔内填满塑性材料。

2 已安装的止水片应做好保护，支撑牢固，不应穿孔拉挂固定，并防止在混凝土浇筑过程中移位或扭曲。

3 靠近止水片的混凝土，应剔除粒径大于40mm的骨料，止水片下面及周围的混凝土应振捣密实，以确保混凝土同止水片紧密结合，避免止水片周围形成空穴。

4 水平止水片上或下50cm范围内不宜设置水平施工缝。如无法避免，应采取措施将止水片埋入或留出。

10.2.5 止水基座施工应遵守下列规定：

1 止水基座（含止水槽、止水埂）应按设计要求的尺寸挖槽，清除松动岩块和浮渣，冲洗干净，并按建基面要求验收合格。

2 止水基座混凝土抗压强度达到10MPa后，方可浇筑上部混凝土。在上部混凝土浇筑前，应在基座混凝土面上刷隔离剂，但不应污染其他部位。

10.2.6 伸缩缝缝面填料施工应遵守下列规定：

1 缝面应平整、洁净，如有蜂窝麻面，应按设计要求处理，外露铁件应割除。

2 缝面应干燥，先刷冷底子油，再按序粘贴缝面填料，其高度不应低于混凝土收仓高度。

3 缝面填料要粘贴牢靠，破损的应及时修补。

10.3 排水设施

10.3.1 排水设施的型式和尺寸、位置及材料规格等应符合设计

要求，并统一编号、记录。坝基排水孔的施工应在相邻 30m 范围内的帷幕灌浆施工完毕后进行。

10.3.2 岩基排水孔的允许偏差，应按设计要求控制，当设计未做规定时，应按表 10.3.2 的规定控制。

表 10.3.2 基岩排水孔的允许偏差

分项	孔口位置	孔的倾斜度		孔的深度
		孔深≥8m	孔深<8m	
允许偏差	10cm	1%	2%	2%（±0.5%）

10.3.3 坝基排水孔应冲洗干净，直至回水澄清并持续 10min 方可结束。应做好孔口保护，防止污水、污物等流进孔内。

10.3.4 排水孔的孔口装置和排水管（道）的接头应按设计要求加工、安装，并进行防锈处理。孔口装置、接头和与基岩面的接触处应密合，接头密合连接前应将管（道）内清除干净，保证通畅，且安装牢固，不应有渗水。

10.3.5 坝体排水孔宜采用拔管法造孔，拔管时间由试验确定。当采用预制多孔性混凝土排水管时，应达到设计强度后方可安装。

10.3.6 铸铁管或其他管路与多孔性排水管连接处的缝隙，应以沥青麻丝堵塞。

10.4 预埋铁件

10.4.1 各类预埋铁件，应按图纸加工、分类堆放。埋设前，应将表面的锈皮、油漆、油污等清除干净。

10.4.2 各种预埋铁件安装应牢固可靠，精度满足要求。在混凝土浇筑过程中，不应移位或松动，周围混凝土应振捣密实。预埋螺栓或精度要求高的铁件，可采用样板固定或预留二期混凝土再埋设的方法。

10.4.3 锚固在岩基或混凝土上的锚筋，应遵守下列规定：

1 钻孔位置允许偏差：柱的锚筋不大于 20mm；钢筋网的

锚筋不大于50mm。

2 钻孔底部的孔径以 $d+20$mm 为宜（d 为锚筋直径）。

3 钻孔深度不应浅于设计孔深，外露锚筋长度应符合设计要求。

4 钻孔的倾斜度与设计轴线的偏差在全孔深度范围内不应超过5%。

5 锚筋注浆后不应晃动，应在孔内砂浆强度超过2.5MPa后，方可进行下道工序。

10.4.4 用于起重运输的吊钩或铁环，应经计算确定，必要时应做荷载试验。其材质应满足设计要求或采用未经冷处理的Ⅰ级钢加工。埋入的吊钩、铁环，在混凝土浇筑过程中，应有专人看护，防止移动或变形。

10.4.5 各种爬梯、扶手及栏杆预埋铁件，埋入位置、深度应符合设计要求。

10.4.6 各种预埋铁件应待混凝土达到设计要求的强度，并经安全验收合格后，方可启用。

10.5 管　　路

10.5.1 埋设的管路应符合设计要求。管道应无堵塞，表面锈皮、油渍等应清除干净。

10.5.2 管道的接头应牢固，不应漏水、漏气，宜选用丝扣连接。不同形状的管、盒的连接可用包扎的方法，以防串入水泥浆。

10.5.3 管道安装应牢固可靠。经过伸缩缝的管道，应设置伸缩节或过缝处理。

10.5.4 所有管道管口应妥善保护，并有识别标志。管口宜露出模板外30～50cm。

10.5.5 管路安装完毕，应以压力水或通气的方法检查是否通畅。如发现堵塞或漏水（气）应处理。

10.5.6 管路在混凝土浇筑过程中，应对管路妥善保护，以免管

路变形或发生堵塞。混凝土覆盖后，应通水（气）检查，发现问题及时处理。

10.5.7 各种预埋管路的施工均应详细记录并绘图说明。

10.6 观测仪器

10.6.1 观测仪器应按设计图纸和文件以及仪器使用说明书的要求埋设安装。埋设前，所有仪器（设备）均应进行测试、校正和率定。

10.6.2 观测仪器电缆应采用专用电缆，电缆连接可采用硫化接头或热缩接头。接头应绝缘、不透气、不渗水。

10.6.3 观测仪器应按设计编号在仪器端、电缆中部和测量端安放仪器编号牌。

10.6.4 观测仪器安装时，应保证安装位置、方向和角度准确。仪器安装定位后，应经检查合格和校正，并读取初始值后方可浇筑混凝土。仪器周围混凝土中粒径大于 40mm 的骨料应剔除，并人工或用小功率振捣器振捣密实，浇筑过程中应有专人看护。

10.6.5 仪器电缆走向应按照电缆走线设计图敷设，宜减少电缆接头，在平面上宜按平行于坝轴线和垂直于坝轴线呈直线埋设。电缆牵引路线距缝面不应小于 15cm，距上、下游坝面不应小于 50cm。靠近上游面仪器电缆应分散埋设，必要时应采取止水措施。电缆过缝、进观测站应采取过缝措施，并应有不小于 10cm 的弯曲长度。

10.6.6 观测仪器埋入后应记录仪器编号、坐标和方向、埋设日期、埋设前后观测数据及环境情况等，及时成图。电缆安装后应绘制电缆实际走线图，绘制误差不宜大于 30cm。

11 质量控制与检验

11.1 一 般 规 定

11.1.1 为保证混凝土质量达到设计要求，应对混凝土原材料、配合比、施工过程中各主要工序及硬化后的混凝土质量进行控制与检查。

11.1.2 应建立和健全质量管理和保证体系，并根据工程规模、质量控制及管理的需要，配备相应的技术人员和必要的检验、试验设备。

11.1.3 对混凝土原材料和生产过程中的检查、检验资料，以及混凝土抗压强度和其他试验结果应及时进行统计分析。对于主要的控制检测指标，如水泥强度和凝结时间、粉煤灰细度和需水量比、细骨料的细度模数和表面含水率、粗骨料的超径和逊径、减水剂的减水率、外加剂溶液的浓度、混凝土坍落度、含气量和强度等，应采用管理图反映质量波动状态，并及时反馈。

11.2 原材料的质量检验

11.2.1 混凝土原材料应经检验合格后方可使用。

11.2.2 使用碱活性骨料时，每批原材料进场均应进行碱含量检测。

11.2.3 进场的每一批水泥，应有生产厂的出厂合格证和品质试验报告，每 200～400t 同厂家、同品种、同强度等级的水泥为一取样单位，不足 200t 也作为一取样单位，进行验收检验。水泥品质的检验，应按现行的国家标准进行。

11.2.4 骨料生产和验收检验，应符合下列规定：

1 骨料生产的质量，每 8h 应检测 1 次。检测项目：细骨料的细度模数和石粉含量（人工砂）、含泥量和泥块含量；粗骨料的超径、逊径、含泥量和泥块含量。

2 成品骨料出厂品质检测：细骨料应按同料源每600～1200t为一批，检测细度模数、石粉含量（人工砂）、含泥量、泥块含量和表面含水率；粗骨料应按同料源、同规格碎石每2000t为一批，卵石每1000t为一批，检测超径、逊径、针片状、含泥量、泥块含量。

3 每批产品的检验报告应包括产地、类别、规格、数量、检验日期、检测项目及结果、结论等内容。

4 使用单位每月按表5.3.5、表5.3.6-1和表5.3.6-2中的所列项目进行1～2次抽样检验。必要时应进行碱活性检验。

11.2.5 同品种掺合料以连续供应不超过200t为一个取样单位，不足一个取样单位的按一个取样单位计。粉煤灰应检验其细度、需水量比、烧失量、含水量等，其他掺合料应遵照相应标准进行检验。

11.2.6 外加剂验收检验，应符合下列规定：

1 外加剂验收检验的取样单位按掺量划分。掺量不小于1%的外加剂以不超过100t为一取样单位，掺量小于1%的外加剂以不超过50t为一取样单位，掺量小于0.05%的外加剂以不超过2t为一取样单位。不足一个取样单位的应按一个取样单位计。

2 外加剂验收检验项目：减水率、泌水率比、含气量、凝结时间差、坍落度损失、抗压强度比。必要时进行收缩率比、相对耐久性和匀质性检验。

11.2.7 符合GB 5749要求的饮用水，可不经检验作为水工混凝土用水。地表水、地下水、再生水等，在使用前应进行检验；在使用期间，检验频率宜符合下列规定：

1 地表水每6个月检验1次。

2 地下水每年检验1次。

3 再生水每3个月检验1次；在质量稳定1年后，可每6个月检验1次。

4 当发现水受到污染和对混凝土性能有影响时，应及时检验。

11.2.8 混凝土生产过程中的原材料检验应遵守下列规定：

1 必要时在拌和楼抽样检验水泥的强度、凝结时间和掺合料的主要指标。

2 砂、小石的表面含水率，应每4h检测1次，雨雪天气等特殊情况应加密检测。

3 砂的细度模数和人工砂的石粉含量，天然砂的含泥量应每天检测1次。

4 粗骨料的超逊径、含泥量每8h应检测1次。

5 外加剂溶液的浓度，应每天检测1～2次。必要时检测减水剂溶液的减水率和引气剂溶液的表面张力。

6 拌和楼砂石骨料按表5.3.5、表5.3.6-1和表5.3.6-2所列项目，应每月进行1次检验。

11.3 拌和物质量控制与检验

11.3.1 混凝土拌和楼（站）的计量器具应定期（每月不少于1次）检验校正，必要时随时抽验。每班称量前，应对称量设备进行零点校验。

11.3.2 在混凝土拌和生产中，应对各种原材料的配料称量、混凝土拌和物的均匀性和拌和时间进行检查并记录，每8h不应少于2次。

11.3.3 混凝土坍落度每4h在机口应检测1～2次，每8h在仓面应检测1～2次，高温雨雪天气应加密检测。其允许偏差见表11.3.3。

表11.3.3 坍落度允许偏差 单位：mm

坍落度	允许偏差
＜40	10
40～100	20
＞100	30

11.3.4 掺引气剂混凝土的含气量，每4h应检测1次。混凝土

含气量的允许偏差为1.0%。

11.4 浇筑质量控制与检验

11.4.1 混凝土浇筑前，应按照SL 632的要求对基础面或施工缝面处理、模板、钢筋、预埋件等进行验收评定，验收合格并取得开仓证后方可进行混凝土浇筑。有金属结构、机电安装和仪器埋设时，签发开仓证前，应按相关要求验收。

11.4.2 混凝土拌和物入仓后，应观察其均匀性与和易性，发现异常应及时处理。

11.4.3 浇筑混凝土时，应有专人在仓内检查并对施工过程中出现的问题及其处理方案进行详细记录。

11.4.4 混凝土拆模后，应检查其外观质量。有混凝土裂缝、蜂窝、麻面、错台和模板走样等质量问题或缺陷时应及时检查和处理。

11.5 混凝土质量检验与评定

11.5.1 现场混凝土质量检验应以抗压强度为主，并以150mm立方体试件、标准养护条件下的抗压强度为标准。

11.5.2 混凝土试件以机口随机取样为主，每组混凝土试件应在同一储料斗或运输车箱内取样制作。浇筑地点取一定数量的试件进行比较。

11.5.3 同强度等级（标号）混凝土试件取样数量应遵守下列规定：

1 抗压强度：大体积混凝土28d龄期每500m^{3}成型1组，设计龄期每1000m^{3}成型1组；结构混凝土28d龄期每100m^{3}成型1组，设计龄期每200m^{3}成型1组。每一浇筑块混凝土方量不足以上规定数字时，也应取样成型1组试件。

2 抗拉强度：28d龄期每2000m^{3}成型1组，设计龄期每3000m^{3}成型1组。

3 抗冻、抗渗或其他特殊指标应适当取样，其数量可按每

季度施工的主要部位取样成型 1～2 组。

11.5.4 混凝土强度的检验评定应以设计龄期抗压强度为准，宜根据不同强度等级（标号）按月评定，当组数不足 30 组时可适当延长统计时段。混凝土质量评定标准见表 11.5.4，混凝土强度保证率 P 的计算方法见附录 E。

表 11.5.4 设计龄期混凝土抗压强度质量标准

项目		质量标准	
		优良	合格
任何一组试块抗压强度最低不应低于设计值的	$f_{cu,k}\leqslant 20MPa$	85%	
	$f_{cu,k}>20MPa$	90%	
无筋或少筋（配筋率不超过 1%）混凝土强度保证率不低于		85%	80%
钢筋（配筋率超过 1%）混凝土强度保证率不低于		95%	90%

11.5.5 混凝土质量验收取用混凝土抗压强度的龄期应与设计龄期相一致，混凝土生产质量的过程控制以标准养护 28d 试件抗压强度为准，混凝土不同龄期抗压强度比值由试验确定。

11.5.6 混凝土设计龄期抗冻检验的合格率：素混凝土不应低于 80%，钢筋混凝土不应低于 90%；混凝土设计龄期的抗渗检验应满足设计要求。

11.5.7 混凝土生产质量水平应采用现场试件 28d 龄期抗压强度标准差表示，其评定标准见表 11.5.7，标准差 σ 值的计算方法见附录 E。

表 11.5.7 混凝土生产质量水平

评定指标		生产质量水平	
		优良	合格
抗压强度标准差（MPa）	$f_{cu,k}\leqslant 20MPa$	$\leqslant 3.5$	$\leqslant 4.5$
	$20MPa<f_{cu,k}\leqslant 35MPa$	$\leqslant 4.0$	$\leqslant 5.0$
	$f_{cu,k}>35MPa$	$\leqslant 4.5$	$\leqslant 5.5$

11.5.8 在混凝土施工期间，各项试验结果应及时整理按月报

送。出现重要质量问题应及时上报。

11.5.9 混凝土抗压强度试件的检测结果未满足 11.5.4 条合格标准要求或对混凝土试件强度的代表性有怀疑时，可从结构物中钻取混凝土芯样试件或采用无损检验方法，按有关标准规定对结构物的强度进行检测；如仍不符合要求，应对已建成的结构物，按实际条件验算结构的安全度，采取必要的补救措施或其他处理措施。

11.5.10 已建成的结构物，应进行钻孔取芯和压水试验。大体积混凝土取芯和压水试验可按每万立方米混凝土钻孔 2～10m，具体钻孔取样部位、检测项目与压水试验的部位、吸水率的评定标准，应根据工程施工的具体情况确定。钢筋混凝土结构物应以无损检测为主，必要时采取钻孔法检测混凝土。

附录A　大体积混凝土模板荷载计算方法

A.1　计算模板时的荷载标准值

A.1.1　模板自重标准值，应根据模板设计图纸确定。肋形楼板及无梁楼板模板的自重标准值，可按表A.1.1采用。

表A.1.1　楼板模板自重标准值　　单位：kN/m^2

项次	模板及构件的种类	定型组合钢模板	木模板
1	平板的模板及楞木	0.5	0.3
2	楼板模板（其中包括梁的模板）	0.75	0.5
3	楼板模板（楼层高度4m以下）	1.1	0.75

A.1.2　新浇混凝土自重标准值，对普通混凝土可采用24kN/m^3，对其他混凝土可根据实际表观密度确定。

A.1.3　钢筋自重标准值，应根据设计图纸确定。对一般梁板结构，每m^3钢筋混凝土的钢筋自重标准值可采用下列数值：楼板，1.1kN；梁，1.5kN。

A.1.4　施工人员和设备荷载标准值应按下列规定取值：

1　计算模板及直接支承模板的小楞时，对均布荷载取2.5kN/m^2，另应以集中荷载2.5kN进行验算，比较两者所取得的弯矩值，按其中较大者采用。

2　计算直接支承小楞结构构件时，均布荷载取1.5kN/m^2。

3　计算支架立柱及其他支承结构构件时，均布荷载取1.0kN/m^2。

注1：对大型浇筑设备上料平台、混凝土输送泵等按实际情况计算。

注2：混凝土集料高度超过100mm以上者按实际高度计算。

注3：模板单块宽度小于150mm时，集中荷载可分布在相邻的两块板上。

A.1.5　振捣混凝土时产生的荷载标准值，对水平面模板可采用

2.0kN/m²；对垂直面模板可采用4.0kN/m²（作用范围在新浇筑混凝土侧压力的有效压头高度之内）。

A.1.6 新浇混凝土对模板侧面的压力标准值应按下列规定取值：

1 采用内部振捣器时，最大侧压力可按式（A.1.6-1）、式（A.1.6-2）计算，并取二式中的较小值。

$$F=0.22\gamma_c t_0\beta_1\beta_2 v^{1/2} \qquad (A.1.6-1)$$

$$F=\gamma_c H \qquad (A.1.6-2)$$

式中 F——新浇混凝土对模板的最大侧压力，kN/m²；

γ_c——混凝土的表观密度，kN/m³；

t_0——新浇混凝土的初凝时间，h，可按实测确定，当缺乏实验资料时，可采用 $t_0=200/(T+15)$ 计算（T 为混凝土的浇筑温度，℃）；

v——混凝土的浇筑速度，m/h；

H——混凝土侧压力计算位置处至新浇混凝土顶面的总高度，m；

β_1——外加剂影响修正系数，不掺外加剂时取1.0，掺具有缓凝作用的外加剂时取1.2；

β_2——混凝土坍落度影响修正系数，当坍落度小于30mm时，取0.85；当坍落度为30～90mm时，取1.0；当坍落度大于90mm时，取1.15。

2 混凝土侧压力的计算分布图，薄壁混凝土如图A.1.6-1所示；大体积混凝土如图A.1.6-2所示。图中 h 为有效压头高度，$h=F/\gamma_c$（m）。

3 重要部位的模板承受新浇混凝土的侧压力，应通过实测确定。

A.1.7 浮托力。新浇筑混凝土的浮托力应由试验确定。当没有试验资料时，可采用模板受浮面水平投影面积每平方米承受浮托力15kN进行估算。

A.1.8 混凝土卸料时对模板产生的冲击荷载，应通过实测确

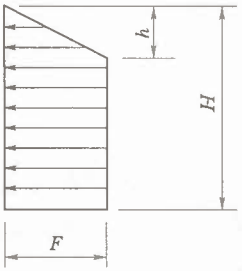


图 A.1.6-1 薄壁混凝土侧压力分布图

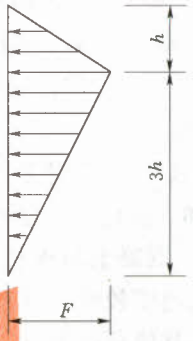


图 A.1.6-2 大体积混凝土侧压力分布图

定。当没有实测资料时，对垂直面模板产生的水平荷载标准值可按表 A.1.8 采用。

表 A.1.8 混凝土卸料时产生的水平荷载标准值

单位：kN/m^2

向模板内拱料方法	水平荷载
溜槽、串筒或导管	2
容量为小于 $1m^3$ 的运输器具	6
容量为 1～$3m^3$ 的运输器具	8
容量为大于 $3m^3$ 的运输器具	10
注：作用范围在有效压头高度以内。	

A.1.9 垂直于建筑物表面上的风荷载标准值按下述规定计算，其基本风压与相关系数取值见 GB 50009。

1 当计算主要承重结构时：

$$W_k = \beta_z \mu_s \mu_z \omega_0 \qquad (A.1.9-1)$$

式中 W_k——风荷载标准值，kN/m^2；

β_z——高度 Z 处的风振系数；

μ_s——风荷载体型系数；

μ_z——风压高度变化系数；

ω_0——基本风压，kN/m^2。

2 当计算围护结构时：

$$W_k = \beta_{gz}\mu_s\mu_z\omega_0 \qquad (A.1.9-2)$$

式中 β_{gz}——高度 Z 处的阵风系数。

A.1.10 其他荷载标准值按下列规定取值：

1 混凝土与模板的黏结力。使用竖向预制混凝土模板时，如浇筑速度较低，可考虑预制混凝土模板与新浇混凝土之间的黏结力，其值可按表 A.1.10 采用。黏结力的计算，应按新浇混凝土与预制混凝土模板的接触面积及预计各铺层龄期，沿高度分层计算。

表 A.1.10 预制混凝土模板与新浇混凝土之间的黏结力

混凝土龄期（h）	4	8	16	24
黏结力（kN/m^2）	2.5	5.4	7.8	27.4

2 混凝土与模板的摩阻力。设计滑动模板时需考虑，钢模板取 1.5～3.0kN/m^2，调坡时取 2.0～4.0kN/m^2。

3 雪荷载。结构物水平投影面上的雪荷载标准值，按公式（A.1.10）计算。其基本雪压与相关系数取值见 GB 50009。

$$S_k = \mu_r S_0 \qquad (A.1.10)$$

式中 S_k——雪荷载标准值，kN/m^2；

μ_r——建筑物面积雪分布系数；

S_0——基本雪压，kN/m^2。

A.2 计算模板时的荷载分项系数

A.2.1 计算模板时的荷载设计值，应采用荷载标准值乘以相应的荷载分项系数求得。

A.2.2 荷载分项系数应按表 A.2.2 采用。

表 A.2.2 荷载分项系数

项次	荷载类别	荷载分项系数
1	模板自重	1.2
2	新浇混凝土自重	
3	钢筋自重	
4	施工人员及施工设备荷载	1.4
5	振捣混凝土时产生的荷载	
6	新混凝土对模板侧面的压力	1.2
7	混凝土卸料时产生的荷载	1.4

附录 B　钢筋的主要机械性能及接头检验

B. 1　钢筋的主要机械性能

表 B. 1　钢筋主要的机械性能

钢筋级别	牌号	钢筋直径（mm）	屈服点 σ_s（MPa）	抗拉强度 σ_b（MPa）	伸长率（%）		冷弯	表面形状
					δ_5	δ_{10}		
			不小于					
Ⅰ	HPB300	6～22	300	420	25	10	180°$D=d$	光圆
Ⅱ	HRB335	6～25	335	490	16	—	180°$D=3d$	月牙肋
		28～50					180°$D=4d$	
Ⅲ	HRB400	6～25	400	570	14	—	90°$D=4d$	
		28～50					90°$D=5d$	
	HRB500	6～25	500	630	12	—	90°$D=6d$	
		28～50					90°$D=7d$	
Ⅲ	KL400	8～25	440	600	14	—	90°$D=3d$	
		28～40					90°$D=4d$	
	CBR550	4～12	500	550	—	81	80°$D=3d$	冷轧带肋
Ⅰ		$d\leqslant 12$	280	370	—	11	180°$D=3d$	冷拉钢筋

注 1：D—弯心直径；d—钢筋直径。$d>25$mm 的钢筋作冷弯试验时，D 增加 $1d$。

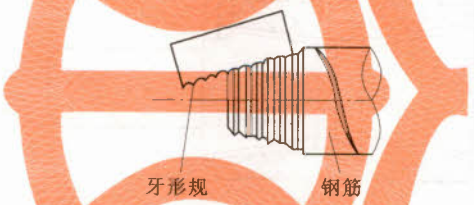
注 2：经供需双方协议，可以做低温（0℃、－20℃、－40℃）冲击试验，其数据不作为验收依据。

B.2　锥螺纹加工质量检验方法

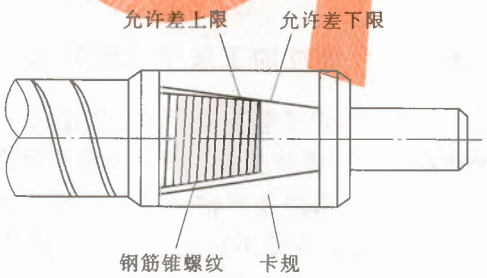
B.2.1　锥螺纹丝头牙形检验：牙形饱满，无断牙、秃牙缺陷，且与规定的牙形吻合，牙齿表面光洁的为合格品（见图B.2.1）。

B.2.2　锥螺纹丝头锥度与小端直径检验：丝头锥度与卡规或环规吻合，小端直径在卡规或环规上的允许误差刻度之内为合格（见图B.2.2-1和图B.2.2-2）。

B.2.3　锥螺纹连接套质量检验：锥螺纹塞规拧入连接套后，连接套的大端边缘在锥螺纹塞规大端的缺口范围内为合格（见图B.2.3）。



图B.2.1　锥螺纹丝头牙形检验示意图



图B.2.2-1　锥螺纹丝头锥度检验示意图

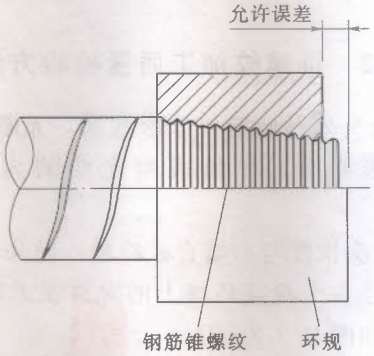


图 B.2.2-2　锥螺纹丝头小端直径检验示意图

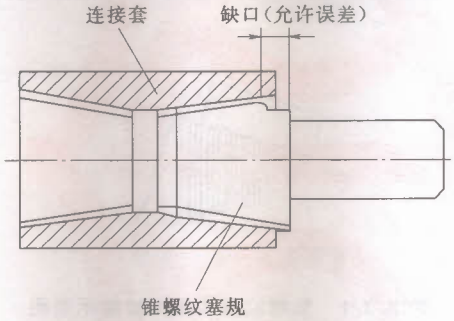


图 B.2.3　锥螺纹连接套筒检验示意图

B.3　直螺纹加工质量检验方法

B.3.1　螺纹牙形检验：牙形饱满、牙顶宽超过 0.6mm，秃牙部分不超过一个螺纹周长，螺丝扣长度满足要求为合格。

B.3.2　螺纹大径检验：采用光面轴用量规检测。通端量规能通过螺纹的大径，而止端量规则不能通过螺纹大径为合格（见图 B.3.2）。

B.3.3　螺纹中径及小径检验：采用螺纹环规检测。通端螺纹环规能顺利旋入螺纹并达到旋合长度，止端螺纹环规与端部螺纹部分旋合，旋入量不超过 $3P$（P 为螺距）为合格（见图 B.3.3）。

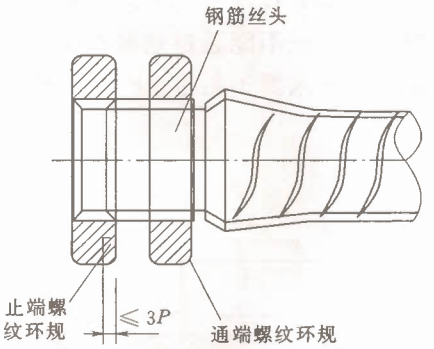


图 B.3.2　直螺纹丝头螺纹大径检验示意图

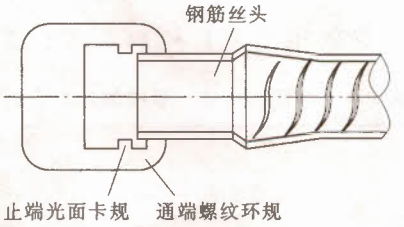


图 B.3.3　直螺纹丝头螺纹中小径检验示意图

B.3.4　直螺纹连接套的检验：外观无裂纹或肉眼可见缺陷，长度及外形尺寸符合设计要求；采用光面塞规检验时，通端塞规能通过螺纹的小径，而止端塞规则不能通过螺纹小径；采用

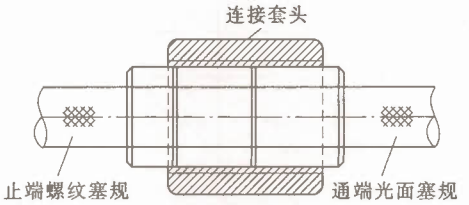


图 B.3.4-1　直螺纹套筒小径检验示意图

螺纹塞规检验时，通端塞规能顺利旋入连接套筒两端并达到旋合长度，而止端螺纹塞规不能通过连接套筒内螺纹，但允许从套筒两端部分旋合，旋入量不超过 $3P$ 为合格（见图 B.3.4-1 和图 B.3.4-2）。

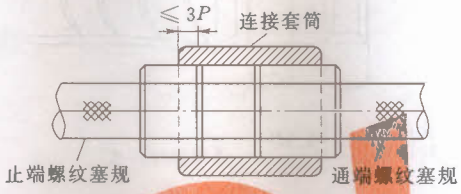


图 B.3.4-2　直螺纹套筒中大径检验示意图

B.4　钢筋锥（直）螺纹加工检验记录

表 B.4　钢筋锥（直）螺纹加工检验记录

工程名称				所在部位	
接头数量		抽检数量		构件种类	
序号	钢筋规格	牙形检验	小直径检验	检验结论	

注 1：按每批加工钢筋锥螺纹头数的 10%进行检验。
注 2：牙形合格、小端直径合格的打“√”；否则打“×”。

检查单位：　　检查人员：　　日期：　　负责人：

B.5 机械连接接头型式检验

B.5.1 在下列情况时应进行下列型式的检验：

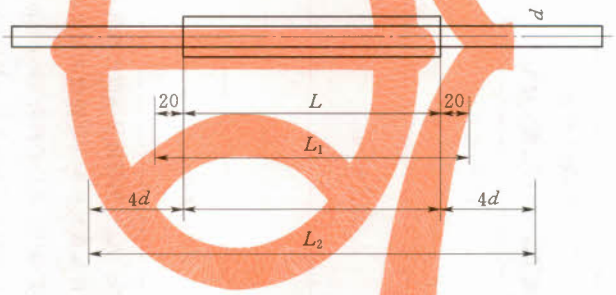
1 确定接头性能等级时。

2 材料、工艺、规格进行改动时。

3 质量监督部门提出专门要求时。

B.5.2 用于型式检验的钢筋母材性能除应符合有关标准的规定外，其屈服强度及抗拉强度实测值分别不宜大于相应屈服强度和抗拉强度标准值的1.1倍。当实测大于1.1倍标准值时，对Ⅰ级接头，接头的单向拉伸强度实测值还应不小于0.9倍钢筋实际抗拉强度。

B.5.3 型式检验的接头试件尺寸（见图B.5.3）应符合表B.5.3的要求。



图B.5.3 型式检验接头试件尺寸（单位：mm）

表B.5.3 型式检验接头试件尺寸

项次	符号	含 义	尺寸（mm）
1	L	接头试件连接长度	实测
2	L_1	接头试件割线模量及残余变形量测标距	$L+40$
3	L_2	接头试件极限应变的量测标距	$L+8d$
4	d	钢筋直径	公称直径

表 B.5.5　接头性能检验指标

等级		Ⅰ级	Ⅱ级	Ⅲ级
单向拉伸	抗拉强度	$f^0_{mst} \geqslant f_{stk}$ 断于钢筋 或 $f^0_{mst} \geqslant 1.1 f_{stk}$ 断于接头	$f^0_{mst} \geqslant f_{stk}$	$f^0_{mst} \geqslant 1.25 f_{yk}$
	残余变形（mm）	$\mu \leqslant 0.10$（$d \leqslant 32$） $\mu \leqslant 0.14$（$d > 32$）	$\mu \leqslant 0.14$（$d \leqslant 32$） $\mu \leqslant 0.16$（$d > 32$）	$\mu \leqslant 0.14$（$d \leqslant 32$） $\mu \leqslant 0.16$（$d > 32$）
	最大力总伸长率（%）	$A_{sgt} \geqslant 6.0$	$A_{sgt} \geqslant 6.0$	$A_{sgt} \geqslant 3.0$
高应力反复拉压	残余变形（mm）	$\mu_{20} \leqslant 0.3$	$\mu_{20} \leqslant 0.3$	$\mu_{20} \leqslant 0.3$
大变形反复拉压	残余变形（mm）	$\mu_4 \leqslant 0.3$ 且 $\mu_8 \leqslant 0.6$	$\mu_4 \leqslant 0.3$ 且 $\mu_8 \leqslant 0.6$	$\mu_4 \leqslant 0.6$

注 1：f^0_{mst}—接头试件实测抗拉强度，MPa；f_{stk}—钢筋抗拉强度标准值，MPa；f_{yk}—钢筋屈服强度标准值，MPa；A_{sgt}—接头试件的最大力总伸长率，%；μ—接头试件加载至 $0.6 f_{yk}$ 并卸载后在规定标距内的残余变形，mm；d—钢筋公称直径，mm；μ_4—按附录 B.5.7 加载制度经大变形反复拉压 4 次后的残余变形，mm；μ_8—按附录 B.5.7 加载制度经大变形反复拉压 8 次后的残余变形，mm；μ_{20}—按附录 B.5.7 加载制度经高应力反复拉压 20 次后的残余变形，mm。

注 2：当频遇荷载组合下，构件中钢筋应力明显高于 $0.6 f_{yk}$ 时设计部门可对单向拉伸残余变形的加载峰值提出调整要求。

B. 5. 4 对每种型式、级别、规格、材料、工艺的机械连接接头，型式检验试件不应少于 12 个：其中单向拉伸试件不应少于 6 个，高应力反复拉压试件不应少于 3 个，大变形反复拉压试件不应少于 3 个。同时，还应取 3 根同批、同规格钢筋试件做力学性能试验。

B. 5. 5 型式检验的加载制度应按 B. 5. 7 条的规定进行，其合格条件为：

1 强度检验：每个试件的实测值均应符合表 B. 5. 5 规定的相应性能等级的检验指标。

2 割线模量、极限应变、残余变形检验：每组试件的实测平均值应符合表 B. 5. 5 规定的相应性能等级的检验指标。

B. 5. 6 型式检验应由国家、省部级主管部门认可的检测机构进行，并应按表 B. 5. 8 的格式出具试验报告和评定结论。

B. 5. 7 接头性能检验的试验方法应按表 B. 5. 7 的加载制度进行。

表 B. 5. 7 接头型式检验的加载制度

试验项目	加载制度	
单向拉伸	0→0.6f_{yk}→0（测量残余变形）→最大拉力（记录抗拉强度）→0（测定最大总伸长率）	
高应力反复拉压	0→（0.9f_{yk}→—0.5f_{yk}）→破坏 （反复 20 次）	
大变形反复拉压	Ⅰ级、Ⅱ级	0→（2ε_{yk}→—0.5f_{yk}）→（5ε_{yk}→—0.5f_{yk}）→破坏 （反复 4 次）　　（反复 4 次）
	Ⅲ级	0→（2ε_{yk}→—0.5f_{yk}）→破坏 （反复 4 次）

B. 5. 8 接头试件型式试验报告应包括试验件基本参数和试验结果两部分，宜按表 B. 5. 8 的格式汇总记录。

表 B.5.8　接头试件型式检验报告

接头名称		送检验试件数量		送检日期			
送检单位				设计接头等级		Ⅰ级	Ⅱ级
接头试件基本参数	连接件示意图			连接件各部位尺寸(mm)			
				连接件原材料			
				连接工艺参数			
	钢筋母材编号	1	2	3	4	5	6
	钢筋直径(mm) 实际面积(mm^2)						
	钢筋直径(mm) 屈服强度(MPa)						
	钢筋直径(mm) 抗拉强度(MPa)						
	钢筋直径(mm) 弹性模量(MPa)						
试验结果	试件编号	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6
	单向拉伸 强度(MPa)						
	单向拉伸 割线模量(MPa)						
	单向拉伸 极限应变(%)						
	单向拉伸 残余变形(mm)						
	高应力反复拉压 强度(MPa)						
	高应力反复拉压 割线模量(MPa)						
	高应力反复拉压 残余变形(mm)						
	大变形反复拉压 强度(MPa)						
	大变形反复拉压 残余变形(mm)						
评定结论							

注：接头试件基本参数栏应详细记载。对套筒挤压接头，应包括套筒长度、外径、内径、挤压道次、挤压力（kN）、压痕处平均直径（或挤压后套筒长度）、压痕总宽度。对锥螺纹接头应包括连接套长度、外径、内径、锥度、牙形角平分线垂直于钢筋轴线（或垂直于锥面）、扭紧力矩值（N·m）。可加页描述，盖章有效。

试验单位：　　负责人：

试验员：　　校核：

B.6 钢筋机械连接接头现场施工记录

B.6.1 施工现场挤压接头外观检查记录见表 B.6.1。

表 B.6.1 施工现场挤压接头外观检查记录

工程名称			工程部位			构件类型			
验收批号			验收批数量			抽检数量			
连接钢筋直径（mm）				套筒外径（或长度）（mm）					
外观检查内容	压痕处套筒外径（或挤压后套筒长度）（mm）		规定挤压道次		接头弯折≤4°		套筒无肉眼可见裂缝	
	合格	不合格	合格	不合格	合格	不合格	合格	不合格
外观检查不合格接头之编号 1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
评定结论								

注 1：接头外观检查抽检数量应不少于验收批接头数量的 10%。

注 2：外观检查内容共四项，其中压痕处套筒外径（或挤压后套筒长度）、挤压道次，二项的合格标准由产品供应单位根据型式检验结果提供，接头弯折≤4°为合格。

注 3：仅要求对外观检查不合格接头作记录，四项外观检查内容中，任一项不合格即为不合格，记录时可以在合格与不合格栏中打“√”。

注 4：外观检查不合格接头数超过抽检数的 10%时，该验收批外观质量评为不合格。

检查人： 负责人： 日期：

B. 6. 2 钢筋锥（直）螺纹接头质量检查记录见表 B. 6. 2。

表 B. 6. 2 钢筋锥（直）螺纹接头质量检查记录

工程名称					检验日期	
结构所在部位					构件种类	
钢筋规格	接头位置	无完整丝扣外露	规定力矩值（N·m）	施工力矩值（N·m）	检验力矩值（N·m）	检验结论
检验结论：合格“√”；不合格“×”。						

检查单位： 检查人员：

检查日期： 负责人：

附录C　混凝土总碱含量的计算方法

C.0.1　混凝土总碱含量由水泥中的碱、掺合料中的碱、外加剂中的碱和拌和水中的碱组成。水泥熟料、外加剂与拌和水中的碱含量全部视为有效碱；矿物掺合料中的碱含量以其可溶性碱计算，按碱的溶出量试验确定，当无检测条件时，粉煤灰碱含量可取实测值的1/5，矿渣粉和硅粉的碱含量可取实测值的1/2。

C.0.2　中（低）热硅酸盐水泥混凝土碱含量按式（C.0.2）计算：

混凝土碱含量（kg/m^3）＝中（低）热硅酸盐水泥碱含量（%）×水泥用量（kg/m^3）＋0.2×粉煤灰碱含量（%）×粉煤灰用量（kg/m^3）＋外加剂碱含量（%）×外加剂用量（kg/m^3）＋水碱含量（%）×用水量（kg/m^3）　　（C.0.2）

C.0.3　低热矿渣硅酸盐水泥混凝土碱含量按式（C.0.3）计算：

混凝土碱含量（kg/m^3）＝低热矿渣硅酸盐水泥熟料碱含量（%）×水泥熟料用量（kg/m^3）＋0.5×矿渣碱含量（%）×矿渣用量（kg/m^3）＋0.2×粉煤灰碱含量（%）×粉煤灰用量（kg/m^3）＋外加剂碱含量（%）×外加剂用量（kg/m^3）＋水碱含量（%）×用水量（kg/m^3）　　（C.0.3）

附录 D　用成熟度法计算混凝土早期强度

D.0.1　成熟度法的适用范围及条件：

1　本法适用于蓄热法或综合蓄热法施工的混凝土。

2　本法适用于预测混凝土强度标准值 60%以内的强度。

3　使用本法预测混凝土强度，需用实际工程使用的混凝土原材料和配合比，制作不少于 5 组混凝土立方体标准试件在标准条件下养护，得出 3d、5d、7d、14d、21d 的强度值。

4　使用本法需取得现场养护混凝土时间和温度实测资料（温度、时间）。

D.0.2　用等效龄期法测算混凝土强度宜按下列步骤进行：

1　用标准养护试件的各龄期强度数据，经回归分析形成式（D.0.2-1）的曲线方程：

$$f_{cu}=ae^{-\frac{b}{d}} \tag{D.0.2-1}$$

式中　f_{cu}——混凝土立方体抗压强度，MPa；

d——混凝土养护龄期，d；

a、b——参数，利用标准养护试验结果，经回归分析得到；

e——自然对数的底，其值为 2.7182818。

2　根据现场的实测混凝土养护温度资料，用公式（D.0.2-2）计算混凝土已达到的等效龄期（相当于 20℃标准养护的时间）。

$$t=\sum \alpha_T t_T \tag{D.0.2-2}$$

式中　t——等效龄期，h；

α_T——温度为 T 的等效系数，按表 D.0.2 采用；

t_T——温度为 T 的持续时间，h。

3　以等效龄期 t 作为 d 代入公式（D.0.2-1）计算出混凝土强度。

D.0.3　当采用蓄热法或综合蓄热法施工时，成熟度法计算混凝

土强度宜按下列步骤进行：

1 混凝土成熟度根据公式（D.0.3-1）计算：

$$N=\sum(T+15)t \qquad \text{(D.0.3-1)}$$

式中 N——混凝土成熟度，℃·h；

T——在时间段 t 内混凝土平均温度，℃；

t——温度为 T 的持续时间，h。

2 用标准养护试件各龄期强度数据，经回归分析形成成熟度—强度曲线方程：

$$f_{cu}=\alpha e^{-\frac{b}{N}} \qquad \text{(D.0.3-2)}$$

3 取成熟度 N 代入公式（D.0.3-2）可算出强度 f_{cu}。当采用综合蓄热法时，f_{cu} 需乘以调整系数 0.8。

表 D.0.2 温度 T 与等效系数 α_T 表

温度 T（℃）	等效系数 α_T	温度 T（℃）	等效系数 α_T	温度 T（℃）	等效系数 α_T
50	3.16	35	1.92	20	1.00
49	3.07	34	1.85	19	0.95
48	2.97	33	1.78	18	0.91
47	2.88	32	1.71	17	0.86
46	2.80	31	1.65	16	0.81
45	2.71	30	1.58	15	0.77
44	2.62	29	1.52	14	0.73
43	2.54	28	1.45	13	0.68
42	2.46	27	1.39	12	0.64
41	2.38	26	1.33	11	0.61
40	2.30	25	1.27	10	0.57
39	2.22	24	1.22	9	0.53
38	2.14	23	1.16	8	0.50
37	2.07	22	1.11	7	0.46
36	1.99	21	1.05	6	0.43

表 D.0.2（续）

温度 T（℃）	等效系数 α_T	温度 T（℃）	等效系数 α_T	温度 T（℃）	等效系数 α_T
5	0.40	−2	0.23	−9	0.13
4	0.37	−3	0.21	−10	0.12
3	0.35	−4	0.20	−11	0.11
2	0.32	−5	0.18	−12	0.11
1	0.30	−6	0.16	−13	0.10
0	0.27	−7	0.15	−14	0.10
−1	0.25	−8	0.14	−15	0.09

附录 E　混凝土平均强度 $m_{f_{cu}}$ 和标准差 σ 及强度保证率 P 计算方法

E. 0. 1　混凝土平均强度（$m_{f_{cu}}$）按式（E. 0. 1）确定：

$$m_{f_{cu}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} f_{cu,i}}{n} \tag{E. 0. 1}$$

式中　$m_{f_{cu}}$——n 组试件的强度平均值，MPa；

$f_{cu,i}$——第 i 组试件的强度值，MPa；

n——试件的组数。

E. 0. 2　验收批混凝土强度标准差 σ_0 的计算公式和 σ 计算公式相同，见式 6. 0. 11。

E. 0. 3　强度保证率 P 计算应符合下列规定：

1　概率度系数 t 按式（E. 0. 3）计算：

$$t = \frac{m_{f_{cu}} - f_{cu,k}}{\sigma} \tag{E. 0. 3}$$

式中　t——概率度系数；

$m_{f_{cu}}$——混凝土试件强度的平均值，MPa；

$f_{cu,k}$——混凝土设计强度标准值，MPa；

σ——混凝土强度标准差，MPa。

2　保证率 P 和概率度系数 t 的关系，由表 E. 0. 3 和图 E. 0. 3 查得。

表 E. 0. 3　保证率和概率度系数关系

保证率 P（%）	65. 5	69. 2	72. 5	75. 8	78. 8	80. 0	82. 9	85. 0	90. 0	93. 3	95. 0	97. 7	99. 9
概率度系数 t	0. 40	0. 50	0. 60	0. 70	0. 80	0. 84	0. 95	1. 04	1. 28	1. 50	1. 65	2. 00	3. 00

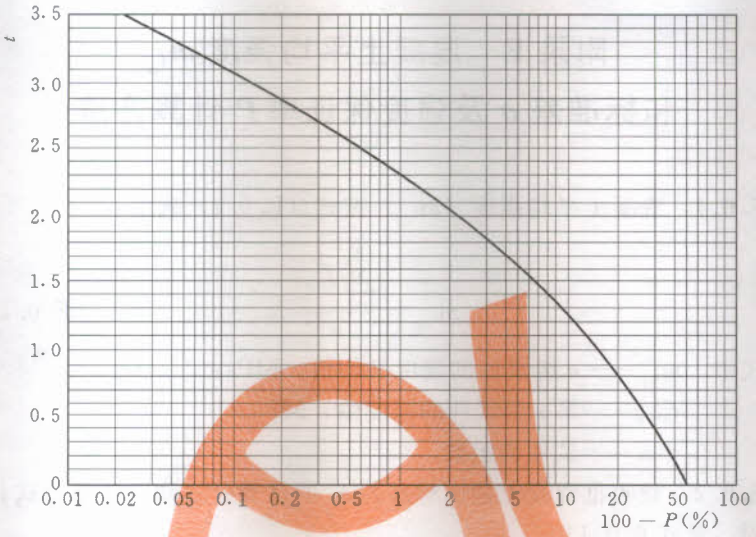


图 E.0.3 概率度系数（t）与保证率（P）关系曲线图

标 准 用 词 说 明

标准用词	在特殊情况下的等效表述	要求严格程度
应	有必要、要求、要、只有……才允许	要　求
不应	不允许、不许可、不要	
宜	推荐、建议	推　荐
不宜	不推荐、不建议	
可	允许、许可、准许	允　许
不必	不需要、不要求	

中华人民共和国水利行业标准

水工混凝土施工规范

SL 677—2014

条 文 说 明

目　次

1　总则 …… 109
2　术语和符号 …… 110
3　模板 …… 112
4　钢筋 …… 118
5　混凝土原材料 …… 122
6　混凝土配合比 …… 131
7　混凝土施工 …… 135
8　混凝土温度控制 …… 148
9　低温季节施工 …… 154
10　预埋件施工 …… 163
11　质量控制与检验 …… 168
附录 A　大体积混凝土模板荷载计算方法 …… 174
附录 B　钢筋的主要机械性能及接头检验 …… 175
附录 C　混凝土总碱含量的计算方法 …… 176
附录 D　用成熟度法计算混凝土早期强度 …… 177
附录 E　混凝土平均强度 $m_{f_{cu}}$ 和标准差 σ 及强度保证率 P 计算方法 …… 178

1 总 则

1.0.2 本条针对适用范围采用水工建筑物级别进行规定，使用范围更加明确。



2 术语和符号

2.1 术　　语

2.1.1 水工混凝土的定义，是根据水利水电工程的特点和结构要求，结合我国建国以来几十年的工程设计与施工经验，同时参考国外的一些技术标准而提出的。

2.1.2 美国混凝土学会《Cement and Concrete Terminology》（ACI 116R－00）对于大体积混凝土的定义是，“各向尺寸都较大，以致需要采取温控措施以解决水化热及随之引起的体积变形，从而最大限度地减少开裂的混凝土。”该学会还认为，结构最小尺寸大于0.6m，即应考虑水化热引起的混凝土体积变化与开裂问题。

日本建筑学会《Japanese Architectural Standard Specification for Reinforced Concrete Work》（JASS 5－2004）的定义是，“结构断面尺寸在0.8m以上，同时水化热引起的混凝土内部最高温度与外界气温之差预计超过25℃的混凝土称之为大体积混凝土。”

国际预应力混凝土协会《FIP Recommendations：Design and Construction of Concrete Sea Structures，4th Ed.，1985》规定，“凡是混凝土一次浇筑最小尺寸大于0.6m，特别是水泥用量大于400kg/m^3时，应考虑采用水化热低的水泥或采取其他降温散热措施。”

《普通混凝土配合比设计规程》（JGJ 55—2006）的定义是，“混凝土结构实体最小尺寸等于或大于1m，或预计会因水泥水化热引起混凝土内外温差过大而导致裂缝的混凝土。”

还有一种观点，用表面积系数M值定义大体积混凝土。由于表示方法简单、直观，北方施工单位技术人员多用此方法划分

大体积混凝土，用于热工计算。将表面积系数 $M<3$ 划分为大体积混凝土。

2.1.3 结构混凝土是相对于大体积混凝土而言，断面尺寸较小，含钢筋较多的混凝土。

3 模　板

3.1 一 般 规 定

3.1.1 原规范 2.1.2 条所述内容。本条提出了对模板的基本要求，这是保证模板的安全并对混凝土成型质量起重要作用的项目。多年的工程实践证明，这些要求对保证混凝土结构的施工质量是必要的，应严格执行。无论是采用钢材、木材或其他材料制作的模板，模板接缝应不漏浆。

3.1.4 原规范 2.1.3 条所述内容。模板工程采用的材料及制作、安装等工序的成品，均应在受控状态下进行。

3.1.5 新增条款。引自《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB 50204—2002) 中 4.1.3 条。模板拆除的顺序及相应的施工安全措施对避免重大工程事故非常重要，在制定施工技术方案时要考虑周全，并严格执行。模板拆除时，混凝土结构可能尚未形成设计要求的受力状态，必要时加设临时支撑。

3.2 材　料

3.2.1 为原规范 2.2.1 条的修改。前我国混凝土结构模板材料已向多样化发展，除钢材、木材外，还有胶合板（含芬兰板）、塑料板、树脂板、钢筋混凝土薄板、预应力混凝土薄板等。为保护环境，尽量少用木材。

3.2.3 新增条款。混凝土施工采用的保温模板，以前不够重视混凝土的外观质量，只强调保温效果。由于保温材料比较松软，内保温型式难以保证混凝土表面的平整度，只能用于混凝土的隐蔽内面。对于混凝土的外露表面，采用外保温的型式。

3.3 设　计

3.3.2 为原规范 2.3.2 条的修改。本标准规定模板应根据结构

形式、荷载大小等结合施工（制作、安装、拆除等）主要工况设计，保证其安全可靠，具有整体稳固性、足够的刚度和承载力。模板设计时应考虑本标准第3.3.4条所列各项荷载。原规范第2.3.2条只强调“重要结构物的模板，承重模板，移动式、滑动式、工具式及永久性的模板，均须进行模板设计”。为确保工程质量和施工安全，所有模板工程均应进行设计。如能根据经验确定材料规格和构造，可不做结构计算。

3.3.3 新增条款。参照《水电水利工程模板施工规范》（DL/T 5110—2000）中6.0.3条。

3.3.4 原规范2.3.4条只考虑模板的6种主要基本荷载，目前模板设计朝着大型化、新型化、多样化发展，模板面积大，种类多，而且大型施工机械（塔带机、胎带机、缆机等）普遍采用，混凝土入仓卸料对模板的冲击较大；新浇混凝土对特种模板（移置模板、滑动模板等）的浮托力也较大，本条增加了模板荷载计算需考虑的“新浇混凝土的浮托力”及“混凝土卸料时产生的荷载”两种荷载。

原规范2.3.4条风荷载与其他荷载作为特殊荷载，现要求模板设计时应根据工程实际情况考虑风荷载与其他荷载的选取。其他荷载除附录A.1.10中提示的“混凝土与模板的黏结力”和“混凝土与模板的摩阻力”外，还包括冬天施工时“保温层的重力”以及“雪荷载”等荷载。

3.3.5 表3.3.5是参照《建筑结构荷载规范》（GB 50009—2001）中第3章的第3条“荷载分类及荷载效应组合”，同时充分考虑了水利水电工程特点以及对模板变形的要求越来越严格的实际情况进行编制的。

3.3.7

2 分析模板稳定力矩时，模板自重荷载设计值按0.8折减，偏安全考虑。

3.3.11 参照DL/T 5110—2000中6.0.11条。

3.4 制　　作

3.4.1 水利工程大型模板与复合模板及胶木（竹）模板已大量使用，故在原规范表 2.4.1 基础上增加了大型模板与复合模板及胶木（竹）模板制作的允许偏差。目前对结构物外观质量的要求普遍提高，因此增加了大型模板长和宽、对角线及两块模板间的拼缝宽度、模板侧面不平整度的制作允许偏差。

3.4.2 有的厂家生产的定型组合钢模板的面板涂防锈漆，很容易黏结在混凝土表面，难以清除，影响混凝土美观。故本标准规定钢模板面板应涂防锈油脂而不是涂防锈漆，而且要求防锈油脂不得影响混凝上表面颜色。

3.5 安　　装

3.5.3 引自 GB 50204—2002 中 4.2.5 条。对跨度较大的现浇混凝土梁、板，考虑到自重的影响，适度预拱有利于保证构件的形状和尺寸。原规范 2.3.8 条只规定了梁的预拱值一般可为跨长的 0.3%左右，活动范围较大。本规范增加了板的预拱值，而且明确规定了梁、板跨度不小于 4m 时，模板预拱高度宜为全跨长度的 1/1000～3/1000。但该预拱高度未包括设计预拱值，只考虑到模板本身在荷载作用下的向下挠度。使用时应根据模板情况确定预拱高度，如钢模板可取偏小值，木模板可取偏大值。

3.5.6 逐层校正下层偏差，是指下层已有偏差的情况下，上层立模时要与下层顶部相接，至上层顶部将偏差的一部分或全部校正过来，而不是在上层结构的模板下端校正模板的偏差，防止产生错台。

3.5.7 目前脱模剂的种类很多，有些油脂类化合物脱模剂对混凝土结构性能和装饰要求产生不利影响，因此加以限制。此外，考虑到在施工中若不采取措施会发生脱模剂污染钢筋和老混凝土浇筑施工缝表面的情况，因此做了相应规定。

3.5.8

1 原规范表 2.5.8 仅规定了大体积混凝土木模板安装的允许偏差，目前，大体积混凝土普遍采用钢模板。故本标准对大体积混凝土的模板种类增加了钢模。对原规范做了调整，提出了钢模面板平整度要求；结构物边线与设计边线的允许偏差，只允许正值，不允许负值；承重模板安装标高的偏差，只允许正值，不允许负值；预留孔洞尺寸及位置偏差具体分为中心线位置偏差和截面内部尺寸偏差。

表 3.5.8-1 中模板安装局部不平（用 2m 直尺检查）的允许偏差，维持原规范木模面板的水平，没有提高标准，这是考虑对一般混凝土结构外表面（除高速水流区、流态复杂部位以及有装饰要求的混凝土等）的平整度要求过严，既无必要，实际上也很难达到。

2 新增条款。引自 GB 50204—2002 中表 4.2.7。仅做了部分调整：底模上表面标高的偏差，只允许正值，不允许负值。

3 新增条款。引自 GB 50204—2002 中表 4.2.8。

3.5.11 在混凝土浇筑过程中使模板始终处于正确的位置至关重要，所以本条款强调混凝土浇筑过程中对模板的检查、调整。

3.6 拆除与维修

3.6.1

2 系参照 GB 50204—2002 中的表 4.3.1。混凝土结构拆模时所需混凝土强度，由原“设计标号的百分率”计改为“混凝土设计强度标准值的百分率”计。其中原规定为 70%的值，考虑与 GB 50204—2002 一致，改为 75%。这是由于混凝土标号改为混凝土强度等级后，对相同质量的一批混凝土，其标号比强度等级高 2.0N/mm^2，因此，在拆模时为了达到与原规范规定的同等拆模强度，对以强度等级表示的混凝土尚应提高 5%的强度标准值，来补偿其差值。

3.6.3 新增条款。参照 DL/T 5110—2000 中 9.0.3 条 1 款。

3.6.4 新增条款。参照 GB 50204—2002 中 4.3.2 条。对后张

法预应力施工，模板的拆除时间和顺序应事先在施工技术方案中确定并报批。当施工技术方案中无明确规定时，应遵照本条的规定执行。

3.6.5 新增条款。引自《混凝土结构工程施工规范》（GB 50666—2011）中4.5.1条。模板的拆除顺序和方法应事先在施工技术方案中确定并报批。当施工技术方案中无明确规定时，应遵照本条的规定执行。

3.7 特种模板

3.7.1 本节在原规范的基础上，吸收了国内外特种模板方面的新经验。

3.7.2 原规范仅对混凝土及钢筋混凝土永久性模板做了有关规定。现增加了金属模板被用作永久性模板的有关内容。水利工程常用的金属永久性模板包括尾水管、蜗壳、闸墩及闸门槽等体型复杂、高速水流区的钢衬等。施工时，应进行可靠的支撑和加固，使其能够承受浇筑混凝土时的各项荷载。

重力式竖向模板稳定性值（即混凝土模板的重心到前趾的水平距离）计算方法参考下式：

稳定特性值 X＝自重产生的稳定力矩/每块模板自重

3.7.3 本条文对滑模设计与施工的控制性参数做了原则规定。滑模设计与施工需遵守《滑动模板工程技术规范》（GB 50113—2005）和《水工建筑物滑动模板施工技术规范》（SL 32—92）的具体规定。

2、4 系引自《混凝土面板堆石坝施工规范》（SL 49—94）。

3.7.4 本条将原规范第二章第七节（Ⅳ）钢模台车调整为移置模板。增加了滑框倒模施工相应内容。

1 滑框倒模（亦称滑框翻模）的工艺特点是：模板不沿混凝土表面滑动，而是操作平台带动模板围檩沿模板背面滑动。随着操作平台的滑升，分层拆除模板，并将拆下的模板倒至操作平台上进行检修后重复支立。这种模板工艺可达到较高精度，尤其

适用于精度要求较高的高耸建筑物的混凝土施工。

2 封拱器是隧洞衬砌浇筑顶拱混凝土时使用的一种装置。事先将其固定在顶拱模板上，封拱时，将混凝土泵管与封拱器连接，可以方便、有效地使顶拱混凝土浇满。

拆除移置模板时，直立面混凝土的强度不应小于0.8MPa，这个要求是参照《烟囱工程施工及验收规范》（GB 50078—2008）确定的。隧洞衬砌拆除移置模板时对隧洞顶拱混凝土强度的要求，是参考《铁路隧道施工规范》（TB 10204—2002）的规定，并结合实际施工经验确定的。

3 根据已有的施工经验，规定滑框倒模混凝土脱模强度不低于0.4MPa是合适的，但也不宜太高，以免脱模困难。

3.7.5 新增条文。混凝土施工速度快、建设周期短、浇筑方法简单经济、工程造价低，已受到业内的普遍重视，翻转模板能适应混凝土快速施工。翻转模板的种类迅速增多，有条件时应尽可能使用翻转模板。

3.7.6 新增条款。随着技术进步，对混凝土的外观质量要求越来越高。过去通常需进行装修的混凝土表面，现在往往取消装修，而要求混凝土表面直接达到装修混凝土的标准，为此制定了装饰模板的有关内容。

4 钢　　筋

4.1 一 般 规 定

4.1.1 钢筋材料的国家标准在不断地修订，根据国家标准化委员会2012年第35号“关于批准发布GB 1499.1—2008《钢筋混凝土用钢　第1部分：热轧光圆钢筋》国家标准第1号修改单的公告”，HPB235为HPB300所替代，所以本条对用于水工混凝土结构的钢筋材料的规定进行了相应修订。

4.1.2 根据钢筋材料的国家现行标准和《水工混凝土结构设计规范》（SL 191—2008）的规定编写。

4.2 材　　料

4.2.2 将原规范中的批注变为正文。

4.2.3 将原规范3.1.4条的批注变为正文。原规范中规定“直径在12mm及以下的热轧Ⅰ级钢筋，有出厂证明书或试验报告单时，可以不再进行试验”，考虑到目前市场的现状，要求进入现场的钢筋应进行现场试验。

4.3 加　　工

4.3.1

1　本条增加了“钢筋表面的水锈和色锈可不做专门处理”的规定，因为钢筋表面水锈和色锈对钢筋强度和握裹力没有影响，但有锈皮和鳞锈的钢筋必须处理，并应重新鉴定，视损伤程度决定降级使用或剔除不用。

2　出现死弯的钢筋，其死弯处易出现局部强化，故增加了剔除不用的规定。钢筋调直以及加工过程中出现劈裂时，除按废品处理外特别规定了应鉴定该批钢筋。

3　一般钢筋经调直后，对截面损伤较小，原规范中“其表

面伤痕不得使钢筋截面减小5%以上”的规定，在工程实践中很难检测统计，故改为“不应有明显的伤痕”。

4 将原规范3.2.1条的批注变为正文。

5 新增条款。由于机械除锈效率高，且质量易保证，因此推荐采用机械除锈。另外除锈后的钢筋易发生再锈，因此规定应尽快使用。

4.3.5～4.3.9 目前窄间隙焊、气压焊、锥螺纹连接和直螺纹连接等钢筋连接技术在水利水电工程上广泛应用，增加了相应内容。

4.3.6 钢筋接头的切割应按不同的连接方式采用不同的方法，如机械连接的接头就不允许使用电焊、气焊切割，因为采用电、气焊切割的端头不规则，影响接头质量；气压焊对钢筋端头端面垂直度要求较高，也不能采用电、气焊或切断机切断。本条最后规定其他新接头的切割须按经鉴定的工艺要求进行，是为推广新技术的同时确保接头质量。

4.3.7 新增条款。

直螺纹连接为保证其接头处钢筋断面面积，一般要求墩粗后再进行螺纹加工。如不墩粗直接进行螺纹加工，加工后的接头强度应经试验检测，符合设计要求后方可使用。

鉴于国内现有的钢筋锥（直）螺纹接头的技术参数不相同，其套丝机、螺纹锥度、牙形、螺纹等也不一样，施工时应特别注意，对技术参数不一样的接头不得混用，避免出现质量问题。钢筋锥（直）螺纹丝头质量好坏直接影响接头的连接质量，为此要求在自检的基础上，按每种规格钢筋加工批量的10%抽检。不允许使用牙形撕裂、掉牙、牙瘦、小端直径过小、钢筋纵肋上无齿形等不合格丝头连接钢筋。查出1个不合格接头，则要重新检查该批接头，可以切去不合格丝头，再重新加工，并及时填写检验记录，不得追记。

钢筋锥（直）螺纹连接的成品钢筋因端头有丝扣，在存放过程中容易造成丝扣的损坏，不能满足安装质量的要求，因此规定

应对端头丝扣采取有效措施进行保护。

4.3.8 新增条款。钢筋机械连接件（套筒）是连接质量的关键，套筒加工工艺复杂、要求高，因此规定应经专门的设计和型式检验，在专业厂家生产，出厂的套筒须有出厂质检证明。

4.3.9 在原规范规定的基础上增加了圆弧钢筋加工的径向偏差要求，因为径向偏差将严重影响安装质量，特别是影响混凝土保护层厚度。

4.4 接　　头

4.4.1 钢筋接头型式首先要满足设计要求。

明确了在工厂和施工现场所使用的钢筋接头方式，在原规范的基础上增加了窄间隙焊、机械连接和气压焊等方式。

明确了各类钢筋在不同条件下可采用的接头方式，在原规范规定的接头方式基础上增加了钢筋新型接头方式的规定并说明了注意事项。另外，在一些工程的实际施工中，当钢筋的直径大于28mm时，仍然采用搭接焊接头，甚至采用绑扎搭接。因此在一些混凝土结构中，受施工条件限制，经论证可根据现场条件确定合适的连接型式。

根据《钢筋机械连接技术规程》（JGJ 107—2010），引入接头等级概念。

4.4.3 对于手工电弧焊用焊条，原规范规定应选用优质焊条，不够具体，本次修订为焊条必须是专业厂家生产，并有出厂合格证，型号明确，使用时不得混淆。焊条的型号改为国际标准代号。由于手工电弧焊是一种比较普及的焊工技术，质量容易保证，故一般只做外观检查，必要时才取样做抗拉试验，对处在有利条件下施焊的预制钢筋骨架焊缝，可不从成品中取样做抗拉试验，但要进行严格的外观检查。

4.4.4 新增条款。根据JGJ 107—2010编写。

4.4.5 根据SL 191—2008编写，增加了接头面积百分率对最小搭接长度的影响。

4.4.6 新增条款。根据 JGJ 18 编写。

4.4.7 新增条款。根据 JGJ 107—2010 编写。

4.4.8 增加了钢筋机械连接接头等级对接头分布的要求。



5 混凝土原材料

5.1 一般规定

新增节。规定了水工混凝土原材料选择和使用的一般原则。

5.1.1 原规范 4.1.18 条和 4.1.20 条所述内容。水工混凝土中掺入适量的掺合料，具有改善混凝土性能，提高混凝土质量，减少混凝土水化热温升，抑制碱骨料反应，节约水泥，降低成本等作用。混凝土外加剂可以改善混凝土拌和物性能以及硬化混凝土性能，是水工混凝土必不可少的组分。掺入适量的掺合料和外加剂成为混凝土配合比优化设计的一项重要措施。大、中型水利水电工程已普遍掺用掺合料和外加剂。

5.1.2 原规范 4.1.18 条和 4.1.20 条所述内容。选用何种水泥和掺合料，要遵循技术可靠、经济合理、就近取材的原则。水泥、掺合料、外加剂等原材料品种和掺量要通过试验确定。掺合料和外加剂品种多、质量差异大、掺量范围较宽，用于混凝土时只有通过试验验证，才能有效地实施混凝土的质量控制。为方便混凝土施工和质量管理，要求原材料供应厂家相对固定，避免影响混凝土质量的稳定性。

5.1.3 新增条款。本条强调当更换原材料时，应进行相容性试验，特别是外加剂与水泥、掺合料之间的相容性。三峡水利枢纽工程和构皮滩水电站等均发生过外加剂与水泥不相容的情况，导致混凝土过度缓凝或速凝，影响工程质量和进度。

5.2 水　　泥

5.2.1 原规范 4.1.3 条所述内容。本条规定了水泥品种选用的原则，水泥品种主要是根据工程部位、混凝土性能要求和环境条件等确定。

1 原规范 4.1.2 条所述内容。为方便混凝土施工和质量管

理，并满足各部位混凝土性能要求，选用水泥品种以1～2种为好，建议通过招标，选择品质优良、供应可靠的厂家。

2 水工混凝土宜优先选用中热硅酸盐水泥，既可满足混凝土各项性能要求，又可降低混凝土发热量，减少温度裂缝。增加了低热硅酸盐水泥，低热硅酸盐水泥是大坝水泥新品种，具有优良的低热和强度特性。已无普通硅酸盐大坝水泥这一品种，故删除。

3 增加了中热硅酸盐水泥、低热硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥和低热微膨胀水泥。

4 通过选择掺合料品种、调整掺合料掺量等措施，可改善混凝土抗硫酸盐侵蚀性能，所以当环境水对混凝土有硫酸盐侵蚀时，将应选用抗硫酸盐硅酸盐水泥改为宜选用抗硫酸盐硅酸盐水泥。

5 新增条款。沿海地区混凝土要遭受海水、盐雾作用的侵蚀，本款对选用水泥品种进行了规定。

5.2.2 原规范4.1.4条所述内容。本条规定了选用水泥强度等级的原则。

5.2.3 原规范4.1.2条所述内容。根据工程的特殊需要可对水泥化学成分、矿物组成和细度等提出特殊要求。

（1）水泥的化学成分。水泥熟料中内含较多的MgO可使混凝土具有延滞性微膨胀性能，部分补偿混凝土后期温降收缩，已有大量的科研成果和国内工程应用实例。因此，某些大、中型工程规定水泥熟料中MgO含量宜在3.5%以上，但不超过国家标准规定的上限5.0%。重力坝工程对内含MgO水泥的应用经验较多，效果可以肯定。对膨胀变形有时间限制的拱坝工程，如要求90d龄期不再产生膨胀变形，内含MgO水泥的应用还有待进一步深入研究。

（2）水泥的矿物组成。为控制水泥水化热，某些工程对C_3S和C_3A含量也会加以限制，在硫酸盐侵蚀环境下，对C_3A含量加以限制。

（3）水泥的细度。根据三峡水利枢纽工程实际检测数据，水泥细度过小，混凝土早期发热快，不利于温度控制。

三峡水利枢纽工程根据设计及施工具体情况，提出水泥细度宜控制在筛余3%～6%、比表面积宜控制在320m²/kg以内、SO_3含量1.4%～2.2%、MgO含量3.5%～5.0%，对水泥熟料矿物组成及化学成分提出了具体要求，见表1。

表1　三峡水利枢纽工程水泥熟料矿物组成及化学成分要求

矿物组成与化学成分	中热硅酸盐水泥熟料	低热硅酸盐水泥熟料	低热矿渣硅酸盐水泥熟料
C_3S（%）	≤55		
C_2S（%）		≥40	
C_3A（%）	≤6.0	≤6.0	≤8.0
游离CaO（%）	≤1.0	≤1.0	≤1.2

5.2.4　原规范4.1.7条所述内容。增加散装水泥入罐温度不宜高于65℃的规定。在混凝土温控计算中，水泥温度一般采用60℃，即要求水泥进入拌和机的最高温度不超过60℃，否则会影响混凝土温控效果。根据三峡、小浪底等工程的情况，发现散装水泥运到工地的入罐温度最高时达到80℃左右，虽然在储存和输送过程中可以降低，但进入拌和机的水泥温度有时仍超过60℃，故须限制水泥进入工地储罐的温度。三峡水利枢纽工程施工中规定一般情况下不宜超过65℃，在混凝土施工高峰期，生产厂家确因供不应求时，允许放宽到70℃。

5.3　骨　　料

5.3.1　本条规定了骨料的选用原则。所谓两者互为补充，是指天然骨料（或人工骨料）中某一级料不够时用人工骨料（或天然骨料）替代，或是指天然骨料级配不平衡时在生产工艺流程中增加机械破碎或机械制砂部分。无论采用哪种方式补充，都应进行试验。石灰岩线膨胀系数和需水量较小，加工成骨料配制的混凝

上抗裂性能优于其他种类岩石，因此，当选用人工骨料时，有条件的地方宜优先选用石灰岩质的料源。

5.3.2 本条强调已选择确定的料源在质量、储量有改变时，需对料源储量、质量、覆盖剥离量进行补充勘察。本条提出禁止使用碱活性的骨料，如从成本考虑或料源困难需使用碱活性骨料，要经过专门论证。

5.3.3 本条强调制订开采规划和使用平衡计划，并要重视料源覆盖剥离和弃碴的堆存，避免水土流失，还要采取恢复环境的措施。当在河滩开采时，还要对河道冲淤、航道影响进行论证。

5.3.4 本条规定砂石加工系统的生产能力和成品料仓的堆存容积应满足混凝土施工高峰期的需要，并要有调节余地。

5.3.5 原规范 4.1.13 条所述内容。

1 对人工砂和天然砂细度模数的适宜范围进行了分别规定，根据细度模数的大小，可将细骨料分为粗、中、细、特细四种砂，中砂的细度模数范围为 2.3～3.0，水工混凝土宜使用中砂。当颗粒级配不符合规定要求时，要采取相应措施，以保证混凝土质量。删除了天然砂分级的规定，增加了使用海砂和特细砂时应经试验论证的规定。

2 本条表面含水率以饱和面干状态为准。砂料含水率超过6%后很难稳定，控制成品砂含水率稳定，是控制水胶比和出机口混凝土坍落度稳定的主要措施之一。同时含水率较高（大于6%）的砂对混凝土温度控制非常不利。每一种级配（标号）的混凝土，为保证坍落度在允许范围内，其用水量是一定的。若砂的含水率较大，拌和时加冰量或冷水量将减少，调整控制出机口温度能力将减弱。若高温季节砂的含水率越大，其含与砂同温度的水量也越大，预冷骨料、制冷水和片冰需分出一部分冷负荷冷却砂中高温水，致使出机口温度控制难度加大。二滩、三峡等工程施工中，均采用了包括真空脱水机、脱水筛等加速脱水的综合措施。

3 大量工程试验研究和实际应用证明，石粉含量由原规范

中的6%～12%放宽到6%～18%，不仅可改善混凝土和易性、抗分离性，还可提高混凝土强度和抗渗能力，同时还能提高人工砂产量，降低生产成本。超过此含量时，对混凝土干缩性有不利影响，若需使用，须进行试验论证。人工砂中粒径小于0.08mm的微粒含量可与胶凝材料一起起到填充空隙和包裹砂粒表面的作用，相当于增加了胶凝材料浆体，能够改善拌合物和易性，增进混凝土的均匀性、密实性和抗渗性，进而提高混凝土的强度和断裂韧性。合理控制人工砂石粉含量，是改善混凝土性能的重要措施之一，石粉最佳含量应通过试验确定。冲洗筛分骨料时应注意减少人工砂中石粉的流失。石粉含量增加，人工砂脱水更困难，应予重视。

含泥量限制值参考《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》（JGJ 52—2006）规定。含泥量和泥块含量超过一定限度，会对混凝土强度、抗冻性、抗渗性有影响，因而在水工混凝土中，特别是有抗冲耐磨和抗冻要求的高强度等级混凝土应严格限制。

坚固性限制值参考JGJ 52—2006的规定。骨料的坚固性是指在气候、外力或其他物理因素作用下抵抗破碎的能力。

5.3.6 原规范4.1.13条所述内容。

1 骨料裹粉、裹泥或污染对混凝土用水量和性能有不良影响，应予清除。

2 根据水利水电行业习惯，粗骨料的粒径范围为5～150（120）mm。

3 超径、逊径要严格控制，控制限值按原规范不变。

4 由于堆存、取料、运输不当可能会造成某一级骨料分离，造成粒径偏小或偏大，影响混凝土用水量和性能。为了有效监测与控制各粒级骨料的分离，规定采用各粒级的中径筛筛余率作检验，筛余率在40%～70%范围内，超出范围时及时查找原因并采取抗分离措施，必要时还需调整混凝土配合比参数。

5 压碎指标限制值参考JGJ 52—2006的规定。压碎指标

值是碎石或卵石抵抗压碎的能力，是岩石抗压强度的表征。碎石或卵石的压碎值与混凝土强度等级之间的关系较为复杂，目前还没有足够的试验数据，本条规定的限值可作为一般的控制值。

骨料的吸水率过大对混凝土抗冻性能和自生体积变形等有不良影响，本条增加了用于有抗冻性要求和侵蚀作用环境下混凝土的骨料吸水率限制值。

裹泥的骨料，会影响骨料与水泥的黏结，降低和易性，增加用水量，影响混凝土的干缩和抗冻性。试验表明，粗骨料含泥量低于1.0%时，对混凝土的性能影响较小，超过1.0%时，混凝土的抗冻、抗渗等性能有影响。泥块含量对混凝土的影响较含泥量大，特别对抗拉、抗渗、收缩的影响更为显著。

骨料中软弱颗粒含量会降低混凝土和易性，增加用水量，影响混凝土的强度和其他性能。本条规定了不同抗压强度混凝土所用骨料软弱颗粒含量的限制值。

针片状颗粒含量限制值参考JGJ 52—2006的规定。

5.3.7 原规范4.1.12条所述内容。

1 成品骨料特别是细骨料在堆存和运输过程中，为了使含水率不因下雨超标或不稳定，可搭设遮阳防雨棚。

2 本款规定应采取有效措施防止混料和混入杂物。

3 堆料厚度要求不小于6m，主要是为了骨料内部温度不因外界气温和日照变化而发生较大波动，有利于混凝土温度控制，同时也可防止骨料因冲击破碎分离和有利脱水。

4 粗骨料用胶带机堆料时，一般卸料高度都大于3m，骨料因冲击破碎，使骨料中逊径超标，应设置缓降器或采取二次筛分措施。

5 粗骨料在堆存时可能造成分离，因而无论是挖装机械取料，还是地弄下料漏斗放料，要在同一料堆选2～3个不同取料点同时取料，以使同一级骨料粒径均匀。

5.4 掺 合 料

5.4.1 目前水工混凝土中掺入粉煤灰较为普遍，其他品种掺合料也有工程使用的实例。如索风营和构皮滩工程掺用磷渣粉，新疆山口水电站掺用石灰石粉，漫湾工程掺用凝灰岩粉，大朝山工程双掺磷渣粉加凝灰岩粉等。溢流面及经常受水流冲刷部位混凝土普遍掺用粉煤灰加硅粉。

5.4.2 Ⅰ级、Ⅱ级粉煤灰，特别是Ⅰ级粉煤灰，具有明显减水增强和显著改善混凝土多种性能的效果，并可降低混凝土水化热温升。因此要优先选用等级较高的粉煤灰，以获得最大的技术经济效益。

5.4.3 本条规定了掺合料运输和储存过程中的要求。

5.5 外 加 剂

5.5.1 为方便混凝土施工和质量管理，并满足各部位混凝土性能要求，选用外加剂品种以1～2种为好，建议通过招标，选择品质优良、供应可靠的厂家。

5.5.2 混凝土中掺入适量引气剂，能产生大量独立并分布均匀的微小气泡，可以改善混凝土和易性，显著提高硬化混凝土抗冻性，因而对有抗冻要求的混凝土，应掺用引气剂。不同级配混凝土，其要求含气量不一样，可通过调整引气剂的掺量来控制。表5.5.2数据引自《水工建筑物抗冰冻设计规范》(GB/T 50662—2011)。

5.5.3 为原规范4.1.26条修改。对外加剂的使用进行了规定，并规定两种外加剂复合掺用时，应分别配制成溶液，在混凝土拌和配料时分别称量、入机拌和使用。

5.5.4 本条规定了外加剂运输和储存过程中应注意的问题。

5.6 水

5.6.1 为保证混凝土质量，混凝土拌和用水所含物质不得对混

凝土产生以下有害作用：影响混凝土的和易性和凝结时间；有损于混凝土强度发展；降低混凝土的耐久性，加快钢筋腐蚀及导致预应力钢筋脆断。因而符合 GB 5749 的饮用水适用于拌和混凝土，未经处理的各类污水不得用于拌和混凝土。

5.6.2 对原规范第 4.1.16 条做了修改。较原规范增加了水中不溶物、可溶物、碱含量的明确要求。地表水、地下水和其他类型水是否适用于拌和和养护混凝土，应通过检验确定。《混凝土拌和用水标准》（JGJ 63）要求检验以下三项限制指标：一是拌和用水对水泥凝结时间影响的限值；二是拌和用水对砂浆或混凝土抗压强度影响的限值；三是对水中有害物质的含量限值。如果满足这三项限制指标，则可用于拌和和养护混凝土。

混凝土的拌和用水不得使水泥的凝结不正常，不得使混凝土有较大的强度损失。用被检测水试验所得的水泥初凝与终凝时间，与用符合国家标准的饮用水或用蒸馏水，在相同水泥、同一配合比时所获得的初凝和终凝时间的差值均不得大于 30min，且初凝和终凝时间还应符合水泥国家标准的规定。

凝结时间差、抗压强度比是从拌和用水对混凝土物理力学性能的影响来控制拌和用水品质，但水中某些物质对混凝土其他性能如耐久性、钢筋锈蚀、混凝土饰面等的影响还不能体现出来，所以规定了水中有害物质含量限值，其中包括水的 pH 值、不溶物、可溶物、氯化物、硫酸盐和硫化物含量，不同类别混凝土（素混凝土、钢筋混凝土）其限值不同。

水的 pH 值要大于 4，虽然没有规定上限值，拌和水的品质还是可以保证的。

不溶物、可溶物的含量限值与 ISO 标准一致。

混凝土中氯离子含量允许限值是国际上争论激烈的问题，各国标准规定的宽严程度有很大的差别。我国允许在普通钢筋混凝土中掺加水泥量 1% 的无水 $CaCl_2$，即相当于 0.667 的水溶性 Cl^-，拌和用水标准中允许的 Cl^- 含量限值相比之下是低的，不应对水中的 Cl^- 含量限制过严，因此，钢筋混凝土与素混凝土拌

和水中 Cl^- 含量的限值分别为 1200mg/L 与 3500mg/L。当水中氯离子含量超过规定限值时，必须核对混凝土中氯离子总含量是否超过有关标准允许值，如未超过时，采用一定的技术措施（如加大钢筋保护层，提高混凝土的密实度等），仍可拌制混凝土。

硫酸根离子与水泥中的 C_3A 反应生成水化硫铝酸钙，若此反应过程在混凝土塑性状态下进行，不会因反应产物体积的增大产生有害的内应力，否则会发生很大的膨胀变形和有害内应力，降低混凝土耐久性。考虑到 SO_4^{2-} 对钢筋有腐蚀作用，钢筋混凝土与素混凝土小于 2700mg/L，较为符合实际。

6 混凝土配合比

6.0.1 新增条款。混凝土配合比设计包括原材料的优选试验和混凝土配合比选择试验两个阶段。配合比设计以设计指标、施工和易性和经济性三项内容进行综合优选。要采取综合措施改善混凝土的孔隙结构，提高密实性、抗冻融、抗渗透、抗裂以及抗环境侵蚀的能力。

6.0.2 新增条款。结构混凝土（设计龄期一般为28d）其抗压强度保证率（P）为95%；大体积混凝土抗压强度保证率为80%。《混凝土重力坝设计规范》（SL 319—2005）定义了大体积混凝土极限抗压强度，系指“90d龄期的15cm立方体强度，强度保证率为80%”，SL 191—2008定义了结构混凝土强度等级系指“28d龄期的150mm立方体强度，强度保证率为95%”。国内标准尚未有对采用其他保证率的混凝土的规定。

6.0.3 为原规范4.1.14条1款的修改。增加了受海水、盐雾等影响的钢筋混凝土面层，骨料最大粒径不大于钢筋保护层厚度的要求。

6.0.4 为原规范4.2.6条的修改。连续级配粗骨料堆积相对紧密，空隙率较小，有利于节约水泥，改善混凝土性能。

6.0.5 为原规范4.2.7条的修改。依据目前浇筑工艺，对不同类别混凝土在浇筑地点的坍落度范围进行了适当调整，并增加了泵送混凝土的坍落度范围。本条参考《混凝土质量控制标准》（GB 50164—2011）的规定。

6.0.6 为原规范4.2.3条的修改。本条规定了大体积混凝土胶凝材料的最低用量，增加了水泥熟料最低含量的限制，保证混凝土的长期耐久性。

6.0.7 为原规范4.2.5条的修改。本条是为保证混凝土耐久性的需要规定的。为了保证和提高上、下游水位以上（坝体外部）

混凝土的耐久性，这两个部位混凝土水胶比的最大允许值在原规范的基础上降低了0.05。增加了严寒地区水胶比最大允许值限制，各部位水胶比最大允许值分别比寒冷地区降低0.05。

6.0.8 新增条款。本条规定如从经济考虑或料源困难确需采用碱活性骨料时，应经过专门试验论证。同时规定当使用具有潜在碱活性骨料时应控制混凝土中的总碱含量。

当使用碱活性骨料时，世界各国的标准均对混凝土的总碱含量予以限制，基本在2.0～3.5kg/m³范围内。在一些国家的标准中，根据骨料活性程度和工作环境的差异，总碱含量限制值有所差别，如加拿大CSA A23.2－27A—04的规定总碱含量最大限制值从1.8kg/m³直到3.0kg/m³。CECS 53：93的规定混凝土的总碱含量最大限制值从2.1kg/m³直到3.5kg/m³，TB/T 3054—2002的规定与此基本一致。DL/T 5241—2010的规定混凝土的总碱含量最大限制值从2.5kg/m³直到3.5kg/m³。GB/T 50733—2011的规定混凝土总碱含量不应大于3.0kg/m³。GB/T 50476—2008规定应严格控制混凝土碱含量，但未明确给出限制值。三峡工程质量标准TGPS T07—2003《混凝土碱含量限值标准》规定总碱含量不大于2.5kg/m³。南水北调中线干线工程标准《预防混凝土工程碱骨料反应技术条例（试行）》（中线局工〔2005〕8号）根据不同的结构类型和工作环境，规定总碱含量限制值为2.5kg/m³或3.0kg/m³。综上，本条规定混凝土总碱含量不超过3.0kg/m³的控制指标是合适的。

6.0.9 新增条款。本条规定了水工混凝土配合比设计方法。

6.0.10 为原规范4.2.2条的修改。本条规定了混凝土配制强度的计算公式。现行国家标准及国内各行业混凝土配合比设计和混凝土生产管理，均采用标准差，为与现行的国家和行业标准相协调，将原规范采用离差系数确定混凝土配制强度的方法改为采用标准差确定。原公式和变更的公式，计算的结果没有实质上的差别，两个公式计算的配制强度结果相近。依据国家标准规定，材料强度统一用符号“f”（force）表达，混凝土立方体抗压强度

以符号“f_{cu}”。表达，其中“cu”是英文立方体 cube 的缩写。而混凝土立方体抗压强度标准值以符号“$f_{cu,k}$”表达，其中 k 是标准值的意思。

6.0.11 为原规范 4.2.2 条的修改。本条规定了按统计方法确定混凝土强度标准差的原则。

6.0.12 为原规范 4.2.2 条的修改。当无近期同品种混凝土强度统计资料时，本条给出了不同强度混凝土的标准差参考值，统一了不同设计龄期混凝土强度的标准差参考值。

《普通混凝土配合比设计规程》（JGJ 55—2000）第 3.0.3 条规定“当无统计资料计算混凝土强度标准差时，其值应按现行国家标准《混凝土结构工程施工及验收规范》（GB 50204）的规定选取”，而 GB 50204—2002 第 7 章配合比设计规定“混凝土应按国家现行标准《普通混凝土配合比设计规程》（JGJ 55）的有关规定，根据混凝土强度等级、耐久性和工作性等要求进行配合比设计”，正文和条文说明中均没有给出混凝土强度标准差参考值。《水工混凝土施工规范》（DL/T 5144—2001）第 6.0.2 条给出了设计龄期 90d 的混凝土强度标准差参考值，也没有给出其他设计龄期的强度标准差参考值。新修订实施的 JGJ 55—2011 第 4.0.2 条规定，当没有近期的同一品种、同一强度等级混凝土强度资料时，其混凝土强度标准差可按表 2 取用。与本条规定的标准差参考值比较，其取值偏大，不能反映现代混凝土生产和施工的质量管理水平，造成材料的浪费，不利于降低施工成本；且按强度等级分类的范围较粗，可操作性不强。

表 2 JGJ 55—2011 规定的标准差 σ 值

混凝土强度标准值	≤C20	C25～C45	C50～C55
σ（MPa）	4.0	5.0	6.0

水工大体积混凝土施工期长，混凝土的受力时间晚，为了利用混凝土的后期强度，有时按 90d 或 180d 等龄期设计，本条给出的不同设计龄期的混凝土强度标准差参考值，均参照 DL/T

5144—2001 中规定的设计龄期为 90d 的强度标准差选用。

根据《高强混凝土结构技术规程》（CECS 104：99）的规定：当缺乏可靠的强度统计数据时，C50 和 C60 混凝土的配制强度应不低于强度等级值的 1.15 倍；C70 和 C80 混凝土的配制强度应不低于强度等级值的 1.12 倍。按此规定，当强度保证率为 95%时，C50、C60、C70、C80 混凝土的最小标准差分别为 4.5MPa、5.5MPa、5.1MPa、5.8MPa，本条给出的强度标准值大于 50MPa 时强度标准差取 5.5MPa 是合适的。

7 混凝土施工

7.1 一般规定

7.1.1 新增条款。规定了混凝土拌和设备、运输设备和浇筑设备等在混凝土浇筑前设备应完好，才能保证混凝土拌和、运输、浇筑的质量。

7.1.2 新增条款。

7.1.3 新增条款。规定了混凝土运输设备、浇筑设备应与运输能力和浇筑强度相匹配。设备资源优化配置是保证混凝土施工质量和速度的重要因素，因此，混凝土拌和、运输、浇筑强度三者之间应配套，充分发挥整个施工机械设备系统的效率。

7.2 拌　和

7.2.3 原规范 4.3.3 条所述内容。规定了每班拌和混凝土前应检查拌和设备的性能，特别是衡器设备、拌和机及叶片等关键设备；拌和过程中也应不定时观察，及时排除拌和设备的故障。

7.2.4 原规范 4.3.4 条所述内容。工程施工经验表明，骨料特别是砂的含水率偏大或不稳定，对混凝土的性能影响较大，因此，规定在拌和过程中对骨料含水率进行检测。

7.2.5 原规范 4.3.6 条所述内容。对现场掺加掺合料拌和进行了规定，推荐混凝土掺合料优先采用干掺法。

7.2.7 对原规范 4.3.8 条所述内容进行了适当归纳、修改、补充。鉴于工程所用拌和设备型号各异、混凝土配合比对混凝土施工性能的影响以及混凝土在不同季节的施工要求不同等，规定试验确定拌和时间。

7.2.8 新增条款。制冷风机运行一定时间后，蒸发器叶片表面会蒙上一层霜与石粉混合物，这些霜垢变厚，将堵塞蒸发器叶片之间的间隙，加大料仓回风阻力，减少回风与蒸发器的有效接触

面积，致使热阻变大，有效制冷交换面积减少，最终导致料仓进风温度升高，进风量减少，从而影响料仓骨料冷却效果，因此需定时对制冷风机蒸发器进行冲霜。

合理安排冲霜时间非常重要。三峡水利枢纽工程 79.00m 高程拌和系统一次、二次风冷冲霜每天安排 3 次，每次冲霜 0.5h，滤水 0.5h，共需 1h，安排在交接班时进行，冲霜效果比较理想，但 1d 冲霜需占用 3h，每次冲霜时间太长，尤其每天中午冲霜时，骨料温度回升快，影响出机口温度控制。后来为减少冲霜时间，改为每天冲霜两次（早班 6：00～6：45，晚班 22：00～23：00），虽然避开白班高温时段冲霜，但由于时间间隔太长，蒸发器叶片表面霜垢太厚，风冷骨料效果较差，难以满足出机口温控要求。

为此，进一步对冲霜时间加以改进，采用每天交接班时冲霜（早班 6：00～6：45，中班 14：00～14：45，晚班 22：00～22：45），每次冲霜 0.5h，滤水 15min。实际运行表明，改进后既能缩短冲霜时间，又能保证冲霜效果。

7.2.9 新增条款。规定了对二次筛分后的骨料进行超逊径的控制和检验。对粗骨料进行二次筛分，有利于保持骨料级配的稳定、控制超逊径含量和排除骨料中的石屑及污泥，以提高混凝土质量和节约水泥（有资料表明可节省水泥 2%～10%）；有利于保证风冷骨料仓料相对稳定，提高风冷效果，是一项有效的混凝土质量控制措施。鉴于此，目前已经有不少工程采用了在拌和系统对粗骨料进行二次筛分的工艺。

7.2.10 新增条款。规定了混凝土拌和物不合格料的判别标准及其处理措施。为解决施工中经常出现对拌和料合格与否的争议而制订。其中，拌和不均匀主要指明显夹杂生料或拌和物的某种组成材料严重集中或短缺的状况。

7.3 运　　输

7.3.1 原规范 4.4.2 条所述内容。混凝土运输过程中，分离、

漏浆、严重泌水、过多温度回升和坍落度损失都将对混凝土施工质量带来不同程度的影响，应避免。

7.3.2 对原规范 4.4.3 条所述内容进行了适当归纳、修改、补充。提出了多种混凝土同时运输的识别要求。当采用车辆运输时，在车前（如挡风玻璃）或车箱上设置代表所运输混凝土品种的明显标志，有条件时，采用计算机条码识别系统，以增加识别的准确性。当采用胶带运输时，则在某一品种料输送完毕后，切换另一品种。

7.3.3 对原规范 4.4.4 条所述内容进行了适当归纳、修改、补充。混凝土在运输过程中，应尽量缩短运输时间及减少转运次数，以减少混凝土温度回升和坍落度损失。掺普通减水剂的混凝土运输时间，可参照表 3 确定适宜的运输时间，如超出时，应积极采取相应措施。

表 3 混凝土运输时间

运输时的平均气温（℃）	混凝土运输时间（min）
20～30	45
10～20	60
5～10	90

7.3.4 原规范 4.4.5 条所述内容。混凝土运输工具设置遮盖或保温措施，有利于避免日晒、雨淋、气温等因素影响混凝土质量。

自卸汽车运输混凝土是三峡二期工程混凝土运输的主要设备之一。4～10 月太阳直射时，每天 7：00～18：00 在拌和楼下有专人拉开遮阳篷；6～8 月气温较高，阳光较强时，汽车卸完料后也将遮阳篷拉开，使空车返回拌和楼时避免阳光直射车厢。1999 年 5 月，对自卸汽车遮阳效果进行跟车对比测试，选取自 79.00m 高程拌和系统至 2 号塔带机临时供料线区段，测试结果表明，气温在 28～30℃时，安装遮阳篷的运输汽车，其混凝土温度回升仅 1～3℃，无遮阳措施的回升达 2～5℃。

7.3.5 新增条款。规定了混凝土在运输过程中不合格料的判别标准及其处理措施，避免不合格料入仓。

7.3.6 原规范 4.4.7 条所述内容。根据施工实践，为确保浇筑质量，对混凝土下料高度进行限制。对于塔（顶）带机等下料速度较快的设备，除控制下料高度外，还应采取缓降或其他措施，防止骨料分离。

7.3.7 新增条款。给出了各类混凝土专用机动车辆运送混凝土时应遵守的规定。采用自卸汽车直接入仓易产生混凝土质量问题，要有可靠的质量保证措施。运送混凝土的车辆运送混凝土期间，要专车专用。运输道路要求平整，避免混凝土运输途中过分振动，混凝土液化分离和泌水。装载混凝土的厚度不小于 40cm，避免混凝土卸料困难和分离。不建议采用汽车运输混凝土直接入仓，如确需采用，要有确保混凝土施工质量的措施。

7.3.8 新增条款。给出了各类非连续垂直运输工具运输混凝土时应遵守的规定。

7.3.9 新增条款。给出了各类连续运输手段如胶带机、布料机运输混凝土时应遵守的规定。塔带机（或胎带机或顶带机）及常规运送混凝土的胶带机的有关参数可参照表 4。

表 4 胶带机运输混凝土有关参数表

胶带机类型	最大骨料粒径 (m/s)	胶带机速度 (m/s)	最大向上倾角 (°)	最大向下倾角 (°)
塔带机（或顶带机）	150	3.15～4	26	12
胎带机	150	2.8～4	22	10
常规胶带输送机	80	1.2 以内	15	7
深槽胶带	150	3.4		
注：表中的数据均为工程实际已使用过的数据。				

胶带机运输混凝土的一个难点就是控制砂浆损失。如不能控制在 1%以内，则调整混凝土配合比中的砂率。当胶带机布料堆

料高度过大时，会造成骨料分离，影响混凝土浇筑质量。根据三峡水利枢纽工程等施工经验，规定堆料高度在1m以内。胶筒长度小于6m不易形成负压，胶筒长度超过12m跌落速度过快骨料易分离。

7.3.10 新增条款。溜筒、溜管、溜槽、负压（真空）溜槽主要用于门塔机、缆机、混凝土泵等机械设备布置不便或覆盖范围以外的施工部位，具有结构简单、安装方便和入仓速度快等特点。在十三陵抽水蓄能电站、大朝山电站及江垭水电站等工程中普遍使用。

7.3.11 对原规范4.4.10条所述内容进行了适当修改、补充、完善。给出了混凝土泵运输混凝土时应遵守的规定。混凝土泵在结构复杂、钢筋密集、空间狭小以及其他浇筑设备不易达到的部位进料方便，随着混凝土泵车的使用及高效减水剂的成功掺用，泵送混凝土在水利工程中被广泛使用。

7.4 浇　　筑

7.4.1 原规范4.4.7条所述内容。规定了进行混凝土浇筑仓面准备的必要条件。建筑物地基包括岩基和非岩基基础，在基础开挖到设计要求的标高和轮廓线履行验收手续后，进行混凝土浇筑备仓工作。

7.4.2、7.4.3 原规范4.5.2条、4.5.3条所述内容。规定了建筑物地基在混凝土浇筑前各项准备工作的内容和要求。其中，7.4.2条针对岩基基础，对表面光滑的岩基面要凿毛处理。7.4.3条则针对非岩基基础。为了保护非岩基基础，可经审批后在处理合格的基础面上先浇一层厚15～20cm与结构物相同强度等级的混凝土垫层。垫层表面按施工缝面处理。考虑我国黄土高原的情况，第3款对湿陷性黄土地基做了“应采取专门的处理措施”的规定。

7.4.4 原规范4.5.4条所述内容。规定了混凝土浇筑前仓面各项准备工做的内容和要求。

7.4.5 新增条款。规定了仓面检查合格后至混凝土正式浇筑期间，浇筑仓面保护的要求。

7.4.6 根据大量现场资料和工程经验，对于基岩面、老混凝土面或浇筑层面接缝问题做出了规定。水泥砂浆、小级配混凝土及富砂浆混凝土的强度不低于结构物混凝土的强度，其摊铺面积与混凝土浇筑强度相适应。三峡水利枢纽工程普遍采用同标号富砂浆混凝土，混凝土厚度为 20 ～ 40cm。

7.4.7 新增条款。规定了混凝土仓面浇筑方式和方法。混凝土浇筑根据仓面资源配置情况采用平铺法或台阶法浇筑，采用台阶法时台阶宽度不小于 2m，以免形成滚浇。

7.4.8 对原规范 4.5.7 条所述内容进行了适当归纳、修改、补充。规定了混凝土浇筑坯层厚度。浇筑坯层厚度指每一铺料层振捣完成后的厚度，该厚度的确定取决于混凝土浇筑强度和气温等。大规模的水工混凝土浇筑中已广泛采用振捣机作业，表 7.4.8 中增加了相应内容。

7.4.9 对原规范 4.5.8 条所述内容进行了适当归纳、修改、补充。规定了混凝土浇筑过程中仓面作业的有关注意事项。不及时平仓或平仓不好会造成骨料分离、泌水、漏振等，影响浇筑质量。有条件时，采用平仓机平仓。仓内骨料堆叠会造成混凝土不密实。在倾斜面上浇筑时，靠近倾斜面部位约 50cm 范围，收仓面一般与倾斜面垂直，以免混凝土在倾斜面接触处形成小于 45° 的尖角。

7.4.10 对原规范 4.5.9 条所述内容进行了适当归纳、修改、补充。对混凝土浇筑过程中的注意事项作了规定。在仓内加水会改变混凝土性能，降低混凝土质量，必须严禁；混凝土和易性差时，要加强振捣；仓内泌水会影响混凝土正常凝固，要及时排除；浇筑中的外来水无异于仓内加水，要避免；赶水浇筑将带走灰浆，造成蜂窝麻面等，也要严禁；模板、钢筋和预埋件表面粘附的混凝土要随时清除，以免造成质量缺陷。

7.4.11 原规范 4.5.10 条所述内容。规定了对不合格混凝土所

采取的措施。

7.4.12 原规范4.5.11条所述内容。规定混凝土浇筑应保持连续性。在混凝土施工中，一个常有争议的问题就是如何确定混凝土的初凝。由于大面积初凝会造成施工冷缝，影响结构物的整体性、耐久性，易漏水等，且不易处理好，规定能重塑者，可继续浇筑。混凝土能重塑的标准是，将混凝土用振捣器振捣30s，振捣器周围10cm内能泛浆且振捣器拔出时不留孔洞。混凝土的允许间歇时间为自从拌和楼出料时起到覆盖上层混凝土时为止，表7.4.12给出了混凝土的允许间歇时间，可供参照使用。

7.4.13 对原规范4.5.15条、4.5.18条、4.5.20条所述内容进行了适当归纳、修改、补充。对混凝土浇筑的振捣进行了全面规定。

7.4.14～7.4.16 对不同混凝土振捣设备的振捣要求进行了规定。其中7.4.14条针对手持式振捣器，为对原规范4.5.16条、4.5.17条、4.5.19条、4.5.21条所述内容的修改、补充；7.4.15条针对振捣机，为新增条款；7.4.16条针对平板式振捣器，为新增条款。

7.4.17 新增条款。规定了混凝土浇筑过程中因故需要停止浇筑并按施工缝处理的判定标准。混凝土浇筑温度的允许值遵照有关规定。

7.4.18 新增条款。规定了混凝土浇筑过程中入仓混凝土应挖除的判定标准。长期以来人们普遍较为重视出机口的混凝土质量，而对运输及浇筑过程中的混凝土质量往往出于进度、成本等因素而忽视，此条的目的，是为引起重视。

7.4.19 对原规范4.5.12条所述内容进行了适当归纳、修改、补充。给出了混凝土工作缝处理的规定。近几年发展起来的高压水冲毛技术已被证实是一种高效、经济又能保证质量的缝面处理技术，推荐采用该技术。三峡水利枢纽工程施工高压水冲毛时间以收仓后24～36h为最佳，每平方米冲毛时间以0.75～1.25min为宜。

7.4.21 新增条款。

7.5 养　　护

7.5.1 对原规范 4.8.2 条所述内容进行了适当归纳、修改、补充。给出了混凝土养护的要求。

1 由于阳光直射会导致混凝土表面水分蒸发较快，对新浇混凝土应采取遮盖等措施避免阳光直射混凝土表面。

2 流水养护可使混凝土早期最高温度降低约 1.5℃。

3 为提高混凝土的养护质量，强调了养护的连续性，不允许时干时湿，避免混凝土水份蒸发、冷空气袭击、表面干湿变化而产生裂缝。

4 特种混凝土由于其性能不同于常规混凝土，其养护方式不仅与水泥品种有关，还与掺合料、外加剂及使用环境等有关。

7.5.3 对原规范 4.8.3 条、4.8.4 条所述内容进行了归纳、修改、补充。关于混凝土的养护时间，原规范按水泥品种不同规定了两个标准，即硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥养护期为 14d，矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸水泥等其他水泥养护期为 21d。现在大多数大中型水利水电工程均在混凝土中掺用了粉煤灰等掺合料，在硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥中可更多地增加掺合料，需要养护的时间差别在缩小。鉴于水工大体积混凝土存在着表面散热以及容易产生干缩裂缝等问题，为有利于表面散热和后期强度增长，本标准要求无论采用何种水泥，养护时间均不宜少于 28d，对于重要部位，应适当延长养护时间。

7.5.4 新增条款。混凝土养护剂是一种喷洒或涂刷于混凝土表面，使混凝土表面形成一层连续的不透水的密闭养护薄膜，从而阻止混凝土中的水分蒸发，达到养护混凝土的目的，已广泛采用。

7.6 特种混凝土施工

7.6.1 新增条款。给出了抗冲耐磨混凝土施工的有关要求。

1 综合国内外情况，当抗冲耐磨混凝土与普通混凝土能够正常连续施工时，抗磨层厚度只需 20cm。同时，考虑到各类抗冲耐磨混凝土的强度等级（标号）与基底混凝土相差较大，故规定应安排在同一层内浇筑且同时振捣，使强度等级（标号）不同的混凝土交界面形成一个结合良好的过渡层。如果不能同时施工，则要按施工缝处理，从便于施工考虑，此时抗磨层厚度宜增大至 30～50cm。

3 抗冲耐磨混凝土单位水泥用量较高，水化热大，混凝土表面干缩变形大，早期保湿不良，容易产生表面裂缝。

7.6.2 对原规范 4.6.20～4.6.23 条所述内容进行了归纳、修改、补充。给出了水下混凝土施工的有关要求。

1 规定了水下混凝土施工时对流速的要求。

2 水下混凝土施工是将拌和好的流态混凝土用工程的手段送入水下预定部位，其施工工艺和浇筑手段均不同于常规混凝土，为保证水下混凝土的施工质量，在混凝土正式开仓浇筑前要根据现场实际情况制定严格的施工工艺。

3 根据工程部位的深浅和工程量大小，通常采用的清基方法有：高压水枪或风枪清渣；索铲或抓斗等机械清渣；清淤管（或称吸渣器，虹吸管）吸渣，或潜水工水下清渣；当有较大的孤石时，可采用水下爆破，然后清除。

4 水下模板的制作及安装质量直接影响到水下混凝土的施工质量和建筑物外形尺寸。水下模板应尽量在陆地上组装牢固，防止水下安装时变形，或因混凝土侧压力造成变形而涌浆；模板下沉定位时，要考虑水流、波浪的影响，一般采用螺栓或锚缆固定，必要时增荷加压，确保稳定；模板与老混凝土或岩石接缝处有较大缝隙时，一般用袋装混凝土或砂袋堵塞。

5 规定了不同深度的水下混凝土采用的施工方法。

（1）导管法施工的技术要求。

a）混凝土粗骨料最大粒径不大于 60mm，并不大于导管内径的 1/4 或钢筋净间距的 1/4。混凝土坍落度以 15～18cm 为宜。

b）导管的数量与位置，根据浇筑仓面面积和水下混凝土的扩散半径确定，水下混凝土的扩散半径经试验确定。

c）混凝土开始浇筑时，导管底部接近基础面5～10cm，从基础面最低处开始浇筑。浇筑过程中，导管内持续充满混凝土，并始终保持导管插入已浇筑混凝土内不少于30cm，随浇筑面升高而垂直提升，不得左右摇动导管。

d）混凝土供应因故中断，采取措施防止导管内混凝土流出产生中空。中断时间超出有关规定，及时清除导管内混凝土，并清洗干净。待已浇混凝土的强度达2.5MPa并清理混凝土表面软弱部分后方可继续浇筑。

e）浇筑的混凝土表面，高于设计标高约10cm，此超高部分在硬化后清除。

（2）混凝土泵压法与导管法相比，其输送距离远，能增大流态混凝土在水下的扩散范围，1根浇筑管控制的面积在40～50m^2。其施工除符合导管法的有关施工要求外，还要满足下列要求：

a）混凝土泵输送管不透水。

b）泵压混凝土前采用海绵球或预泵砂浆法等排除管内积水。

（3）开底容器法适用于混凝土运距短的中小型水下工程，可同时完成混凝土的输送和水下浇筑。其施工要满足下列要求：

a）开底容器的形状以混凝土能顺利流出为原则，容量的大小根据施工要求确定。

b）吊罐施工按一定的顺序快速浇筑，不得中途停顿。

c）浇筑处水流尽量处于静止或低流速状态。

7.6.3 新增条款。给出了自密实混凝土施工的有关要求。

1 自密实混凝土施工应符合《混凝土结构工程施工规范》（GB 50666）以及《自密实混凝土应用技术规程》（JGJ/T 283—2012）的有关规定。由于自密实混凝土施工质量对各种因素的变化比较敏感，因此应编制专项施工方案，条件许可时还要对施工

人员进行适当地培训。

3 规定了自密实混凝土在高温季节及低温季节的入仓温度。

4 在浇筑过程中为保证混凝土质量，要控制混凝土的流动距离。

7.6.4 对原规范 4.6.12～4.6.19 条所述内容进行了归纳、修改、补充。给出了真空混凝土施工的有关要求。

1 由于真空作业在浇筑振捣成型后的混凝土表面形成一定的真空度，使其受到大气压力差形成的挤压力、气泡膨胀力和毛细管收缩力的共同作用，除去混凝土中多余的游离水和气泡，从而可显著提高其密实度、抗冲耐磨性、抗冻性等指标，并能提高其强度、减少收缩等。混凝土真空作业在水利工程中主要用于泄流孔道、过流面等混凝土施工。真空泵的空载真空度要大于 0.087MPa；连接软管、真空吸垫和接头无损伤、漏气或阻塞，胶管能承受外界大气压力，使其在抽真空时不被压扁；所有真空设备要保持清洁，防止固体颗粒被吸入真空泵内。

2 真空脱水初期，如果采用高真空度，会使混凝土中水泥等细颗粒过早地随水流移向混凝土脱水表面，形成微密硬壳，阻止真空度向混凝土内纵深传播，使混凝土内部难以脱水密实，故一般采用先低真空度，后高真空度的变真空脱水工艺。

3 给出了真空作业对最低气温的要求。当气温低于 10℃时，由于真空系统内压力较低，易导致真空系统内水分冻结。

4 真空脱水后，混凝土体积会收缩，为保证混凝土成型后的结构尺寸和外观，要求混凝土浇筑时留有一定超高。混凝土表面在真空脱水后，其强度、抗渗性等指标均较脱水前有较大的提高，若其表面被扰动破坏，则其所具有的密实度、抗压强度、抗渗性等指标会降低，达不到真空作业的目的。

5 真空作业操作过程、真空度和吸出水量等直接关系到真空作业的效果，同时，也便于查找原因，总结经验。

7.6.5 对原规范 4.6.1～4.6.11 条所述内容进行了归纳、修改、补充。给出了压浆混凝土施工的有关要求。

1　给出了压浆混凝土粗、细骨料的粒径要求。

2　压浆混凝土与常规混凝土在施工工艺上具有本质的区别，且受施工条件影响，施工前应通过试验验证施工工艺。

3　给出了压浆施工时的要求。压浆过程中压浆压力对压浆混凝土的施工质量至关重要，压力过大易造成浆液外露，过小则无法灌满。

4　压浆混凝土使用的模板除满足一般混凝土施工模板的要求外，还需承受一定的压浆压力，对模板缝隙和变形要求更为严格。

5　观测管能监测压浆过程，排气管能排除气体。芯样检测和钻孔压水检查是评判施工质量的重要手段。

7.7　雨季施工

7.7.1　原规范 4.7.1 条所述内容。规定了雨季施工时为保证混凝土拌和及施工质量而采取的保护措施。

7.7.3～7.7.5　对原规范 4.7.2 条、4.7.3 条所述内容进行了归纳、修改、补充。明确规定了当降雨强度（日或半日或小时的降雨总量）达到中雨以上时，对于尚未开始浇筑的仓位，不得再新开仓浇筑。对于已开仓浇筑混凝土而中途遇上大雨时，应立即停止浇筑，雨后可否恢复浇筑按本标准 7.4.12 条执行。降雨等级的判断和划分见表 5。

表 5　降雨等级表

降雨等级	现象描述	降雨量（mm）		
		1d 总量	12h 总量	1h 总量
小雨	雨能使地面潮湿，但不泥泞	1～10	1～5	1～3
中雨	雨降到屋顶有淅淅声，凹地积水	10.1～25	5.1～15	3～10
大雨	降雨如倾盆，落地四溅，平地积水	25.1～50	15.1～30	10～20
暴雨	降雨比大雨还猛，能造成山洪暴发	50.1～100	30.1～70	＞20
大暴雨	降雨比暴雨还大，或时间长，造成洪涝灾害	100.1～200	70.1～140	
特大暴雨	降雨比大暴雨还大，能造成洪涝灾害	＞200	＞140	

雨天施工要减少混凝土单位用水量，出机口混凝土坍落度按下限控制。如下雨持续时间较长，仓面受雨水冲洗较严重，可适当增加胶凝材料用量，一般按减小水胶比 0.02～0.05 控制。因水工混凝土施工大多无防雨棚，以露天浇筑为主（除特殊要求外），即便有防雨棚的仓面也只是局部的措施，很难对全部浇筑系统采取防雨措施，故仍采取调整拌和用水量、排除仓内积水、防止雨水流入仓内等措施。

大雨、暴雨时应停止浇筑。在浇筑过程中如遇中雨，视下雨的持续时间和仓内的实际状况灵活处置。一般如下雨持续时间长，且积水无法排除干净时，停止浇筑。根据工程的施工实践，增加了停止浇筑前应将已入仓的混凝土立即振捣密实的要求，以减少恢复浇筑时仓面的处理难度。

8 混凝土温度控制

8.1 一般规定

8.1.2 控制相邻坝块高差的主要目的包括：避免纵缝键槽被挤压，影响灌浆质量；避免过大的剪切变形对横缝内的止水设施的不利影响；避免先浇块混凝土长期暴露，温度梯度过大引起表面裂缝等。

本条增加了个别坝块如因施工特殊需要经论证批准后可突破高差限制。有些工程受到实际条件的限制，如施工机械占压、预留交通通道、施工组织安排、地形条件限制等，难以全部做到控制在12m内，如高坝洲工程相邻坝块高差设计文件规定不超过15m；隔河岩大坝9坝段由于门塔机占压，高差实际达到18m；三峡工程由于地形及设备占压等原因，多处超过12m。

8.1.3 混凝土的抗裂能力不仅与其强度有关，还与其强度均匀性有密切关系，混凝土强度不均匀性越大，裂缝就越易产生，因此要提高施工管理水平，保证混凝土施工质量。

随着技术进步，水工大体积混凝土的设计龄期已延至90～180d，并适量掺加粉煤灰等掺合料，在此情况下，配合比设计时不仅要考虑设计龄期的强度，还要考虑混凝土早期的抗裂要求。

8.1.4 本条较原规范做了一些修改：

(1) 在采取的综合措施中增加了“配合比设计”，主要考虑到配合比设计对尽量减少水泥水化热温升、提高混凝土力学性能方面起重要作用，在工程开始阶段进行混凝土配合比设计时就应考虑温度控制这一重要因素。

(2) 混凝土的表面保温对抵御气温骤变起重要的作用，可减少混凝土表面裂缝的产生，良好的养护条件不仅有利于混凝土强度的增长，而且可防止混凝土表面产生干缩裂缝。混凝土表面保

温和养护要作为一项工程来对待，并且一定要把混凝土的保温和养护措施落到实处。

（3）在原规范基础上增加了“避免薄层长间歇”的文字表述，这是由于国内许多工程经验表明，在基岩或老混凝土块上浇筑一薄层而后长期停歇是极易产生裂缝的。混凝土块体龄期在28d以前，尤其是不足7d龄期时过水也容易产生裂缝。

8.1.5 通过控制混凝土出机口温度、运输及浇筑过程中温度回升、控制水化热温升等综合温控措施来控制混凝土内部最高温度，达到防止裂缝的目的。现场施工的主要温控指标是浇筑温度，要明确并加以严格控制。

8.1.6 本条增加了基础混凝土在高温季节浇筑时需经论证并批准，主要考虑到国内许多工程做不到基础部位混凝土在低温季节浇筑。如在高温季节浇筑基础部位混凝土时，要采取必要的措施，一方面采用有效的温控措施控制混凝土最高温度在设计允许范围内，如采取低温混凝土、通水冷却、养护及保温措施等；另一方面减少混凝土变形约束，如适当分缝，减小混凝土的浇筑块尺寸。

8.2 浇筑温度控制

8.2.1 料场骨料降温措施基本上为条文规定的3项，国内大、中型工程已普遍采用，方法简单、效果明显，尤其是在昼夜温差较大的地区可有效降低骨料初始温度。随着施工手段的改善、施工工艺的改进，混凝土浇筑强度在不断提高，骨料堆高由6～8m改为不低于6m。

8.2.2 风冷骨料和水冷骨料相比，其设备占地面积小，冷量损耗少，运行的可靠性高，而且投资较省，目前得到广泛应用。据此将粗骨料预冷方法进行重新排序，并加入应防止骨料冻仓的条文。施工中可根据不同的出机口温度要求，针对工程条件及混凝土系统的工艺布置，灵活采取相应的骨料预冷措施。

8.2.3 与原规范5.2.3条相同。实践表明，此项措施非常重要，

因骨料此时与气温的温差可达 20～30℃。

8.2.4 将原规范 5.2.4 条中“冰块”改为“冰屑”，“可用”改为“宜用”。近 20 年来，我国混凝土预冷技术发展很快，进口或国产片冰机的大量使用，使加冰技术大大提高，目前已很少采用加冰块的方法。隔河岩、构皮滩、三峡等工程均采用加片冰，二滩、小浪底等工程为加冰屑（或称冰粒）。国内工程在采用加冰技术时，为保证搅拌均匀，一般延长拌和时间 30s。

8.2.5 本条增加了平仓振捣后仓面覆盖隔热保温材料的措施，增加了利用阴天浇筑措施。这 6 项是减少预冷混凝土运输和浇筑过程中温度回升的主要措施，已在国内各工程广泛应用。

将浇筑块分层厚度“小于 1.5m”改为“宜小于 2m”。随着温控技术的提高，在高温季节施工，当采取一定的温控措施后混凝土温度可以满足设计允许最高温度时，目前很多工程浇筑层厚大于 1.5m，三峡、二滩等工程在部分脱离基础约束区部位采用 3m 层厚，施工速度可以提高。台阶宽应大于 2m 主要是防止滚浇，影响浇筑质量。

8.3 内部温度控制

8.3.1 将原规范 5.2.7 条中“满足混凝土设计强度”改为“满足混凝土各项设计指标”，随着水工混凝土技术的发展，单一的强度指标已不能反映出对混凝土的要求，如耐久性、抗渗性、极限拉伸值等均为混凝土的性能指标。

减少混凝土的水化热温升，最根本的措施是采用水化热较低的水泥，掺用活性掺合料，合理地降低水泥用量。其他措施尚有加大骨料粒径、改善骨料级配、使用外加剂和降低混凝土坍落度等。目前我国水工混凝土已普遍掺用粉煤灰和外加剂，单位水泥用量较大幅度减少。

8.3.2 受到基础约束和老混凝土约束的部位，浇筑块需要满足基础温差和上下层温差的要求，混凝土的允许最高温度一般要比脱离基础约束区部位低，为有利于浇筑块的散热，浇筑层厚不宜

超过 2m，并做到短间歇连续均匀上升，实践证明薄层长间歇极易引起混凝土裂缝。

8.3.3 本条在原规范 5.2.9 条基础上做了以下改动：

（1）将通水时间略为延长，主要是根据二滩（通水 14～19d）、隔河岩（通水 12～15d）、三峡（通水 15～20d）等工程经验，初期通水一般可将混凝土块体最高温度削峰 3～4℃，且可避免二次温升的峰值过高。

（2）增加日降温不应超过 1℃的内容。当混凝土内部温降梯度过大时会引起混凝土温度应力不平衡而产生裂缝。

（3）删除“埋管应覆盖一层混凝土后开始通水”。二滩、三峡工程的实践证明，在使用塑料类软冷却水管时，如果下料前通水，可提前发现漏水情况及保证水管畅通。

8.3.4 新增条文。一般在秋季对高温季节所浇筑的混凝土进行中期通水冷却，以减小入冬后坝体的内外温差，中期通水可根据坝体温度情况选用制冷水或河水。坝体中期通水冷却措施已在许多工程（如三峡、构皮滩、彭水等）中应用，二滩工程中要求大坝混凝土一期冷却须将坝体温度降至 20～22℃，相当于初期冷却与中期冷却一次完成。实践表明，中期通水冷却对减小混凝土内外温度梯度、防止坝体产生表面裂缝有明显作用。

8.4 表面保温

8.4.1 新增条文，主要考虑到早龄期混凝土抗裂能力差，遇气温骤降极易产生裂缝，国内许多工程（三峡、构皮滩、向家坝等）均明确有此要求，且上、下游面都进行了施工期长期保温。

8.4.2 本条与原规范 5.2.15 条相比，将“气温年变幅较大的地区”改为“气温变幅较大的季节”，适用的范围更加广泛且更加合适。将“表面保护措施”改为“表面保温措施和时间”，更加具体。

8.4.3 “混凝土表面温降可能超过 6～9℃”用“气温骤降”代替。

8.4.4 考虑到保温材料及施工工艺等技术进步，本条将原规范“采用混凝土预制模板”删除，加入了“可在拆模后适时贴保温材料，必要时应采用模板内贴保温材料”。目前，采用混凝土预制模板保温的工程较少，多数工程采用了混凝土表面外贴保温材料这种方式，施工中要注意保温材料与混凝土贴合紧密，保温效果更好。

8.4.5 新增条文。不同的保温对象，因其形状不同、方位不同、重要性不同而采用不同的保温层厚度，如重要部位、口门、棱角处应加厚。另外，需要的保温层厚度还与保温材料的性能、气温条件等有关。

8.4.6 条文中列出的这些部位及浇筑块的棱角和边缘部位，最易在气温骤降和空气流畅的情况下，受温度变化影响易开裂，因此应及时封闭和保温。

8.5 特殊部位的温度控制

8.5.1 基本同原规范。主要考虑到要重视填塘部位的混凝土温度要求，根据工程实践，岩基的塘、槽、陡坡和坝体预留块回填以及并缝块混凝土，处于多面约束状态，温度应力也较复杂，因此建议从严要求，在施工安排、结构设计、温度控制诸方面专门采取措施。

8.5.2 在原规范基础上增加了“回填混凝土宜在低温季节浇筑，并采取温控措施使最高温度不超过设计允许最高温度”，主要参照了三峡、彭水、构皮滩、向家坝等水利工程对预留槽混凝土提出在低温季节或使用低温混凝土回填的技术要求。

预留槽混凝土受到两侧已浇混凝土的约束，当两侧老混凝土温度处于不稳定状态时，会给回填混凝土造成复杂的约束应力，要对预留槽两侧混凝土进行温度控制并有一定的龄期后回填，回填混凝土也要有温度控制措施保证最高温度在设计允许范围内。

8.5.3 并缝块混凝土，除自身温降产生应力外，下部混凝土的温降变形在并缝处会造成应力集中，易出现裂缝。施工中要加强

下部混凝土的冷却和并缝块混凝土的温度控制，必要时铺设并缝钢筋。

8.5.4 新增条文，本条中“孔洞封堵的混凝土”指大体积混凝土，如导流孔、隧洞的堵头。

8.5.5 新增条文。由于堆石坝混凝土面板厚度很薄，当外界气温骤降时，面板温度急速降低，易产生较大的拉应力引起面板裂缝，因此，加强表面保温对防止面板施工期直至蓄水前产生危害性裂缝是必要的。面板的养护、保湿可有效减少混凝土表面的干缩裂缝，也要高度重视。

8.6 温 度 测 量

8.6.1～8.6.3 规定了混凝土施工过程测温及浇筑块内部温度观测的要求。

如果只有温控措施，没有必要的测温及观测手段，对于温控措施的效果就无从评价，也不便于分析发生裂缝的原因。因此，为了检测温控措施的效果，有必要对混凝土施工全过程进行温度测量，对所采取的温控措施进行监测，以及对已浇筑混凝土的内部温度状况及时进行观测、分析。

大、中型工程要有专门人员从事这方面的工作。

9 低温季节施工

9.1 一般规定

9.1.1 为原规范 6.0.1 条修改。低温季节混凝土施工的气温标准。

本条款将原规范寒冷地区和温和地区的气温标准统一规定为“日平均气温连续 5d 稳定在 5℃以下或最低气温连续 5d 稳定在 −3℃以下时，应按低温季节施工”。理由是：

(1) 日平均气温降至 5℃以下时，混凝土强度增长明显减缓；最低气温 −3℃以下时，混凝土易早期受冻。在 5℃条件下养护，其 28d 的强度仅能达到标准养护强度的 60%。

(2) 混凝土强度增长与受冻、气温有关，而与地区无关。

(3) 我国现行标准中，如《水利水电工程施工组织设计规范》(SL 303—2004)、《水工混凝土施工规范》(DL/T 5144—2001)、《小型水电站施工技术规范》(SL 172—1996) 等凡涉及低温季节施工的，对气温标准都趋向于提出气温标准，而不提地区因素。德国、日本、美国等国均根据气温条件规定低温季节混凝土施工的气温标准。

表 6 中，大多数规范都以平均气温低于 5℃为低温季节混凝土施工的气温标准，这与混凝土养护温度低于 5℃时强度增长明显减缓是一致的。

表 6 国内外低温季节混凝土施工气温标准

标准名称	低温季节混凝土施工气温标准
《水工混凝土施工规范》(DL/T 5144—2001)	日平均气温稳定在 5℃以下或最低气温稳定在 −3℃以下
《小型水电站施工技术规范》(SL 172—1996)	日平均气温稳定在 5℃以下或最低气温稳定在 −3℃以下

表 6（续）

标准名称	低温季节混凝土施工气温标准
《水利水电工程施工组织设计规范》（SL 303—2004）	日平均气温稳定在 5℃以下或最低气温稳定在 −3℃以下
苏联标准（1976 年）	日平均气温低于 0℃或最低气温低于 −5℃
美国 ACI306—1978	日平均气温连续 3d 低于 4.5℃
日本土木学会标准	日平均气温低于 4℃
联邦德国工业标准 DIN1045 规定	日平均气温低于 5℃
国际建设材料及结构试验研究协会，RILEM 规定（1963 年）	日平均气温低于 5℃

确定低温季节施工期应依据当地 10 年以上气象资料。当地缺少资料可借鉴邻近地区气象部门资料。

9.1.2 同原规范 6.0.2 条。本条强调应制定专项混凝土在低温季节施工组织设计和可靠的技术措施，并至少包括下列基本内容：

（1）确定低温季节施工起止日期。

（2）施工环境及各环节的热工计算。

（3）保温材料调查和确定。

（4）配合比、外加剂试验及确定。

（5）低温季节施工中掺有防冻剂的混凝土对骨料的要求：碱—骨料反应导致混凝土破坏的事故在国内外发现后，已引起关注。在施工之前，一是检查骨料中的活性二氧化硅等活性成分，判别是否属于碱活性骨料；二是使用碱活性骨料应控制每立方米混凝土的总含碱量，并通过专门试验论证确定。

防冻剂的含碱量较高，所以要在施工中控制总的含碱量。一般工程每立方米混凝土含碱量（Na_2O 当量计）2～3kg。水泥的含碱量应小于 0.6%，生产厂家应提供检测数据。对防冻剂或早强剂应测试其含碱量，一般防冻剂和早强剂成分中的含碱量可参

见表 7。为保证混凝土质量，低温季节施工中一般掺用防冻剂和早强剂，不得使用活性的骨料，除非有专门的论证。

表 7　防冻、早强剂中几种成分的碱含量

序	名称	化学式	每千克物质含碱量（kg）
1	硫酸钠	Na_2SO_4	0.436
2	亚硝酸钠	$NaNO_2$	0.449
3	碳酸钾	K_2CO_3	0.448
4	硝酸钠	$NaNO_3$	0.365
5	氯化钠＋氯化钙（1∶1）	$NaCl+CaCl_2$	0.464
6	氯化钠＋亚硝酸钠（1∶1）	$NaCl+NaNO_2$	0.486

（6）混凝土质量检查、测量方法及设备的准备。

（7）采用成熟度法计算混凝土临界强度值（混凝土的强度是其养护龄期和温度乘积的函数，不同的龄期与温度的乘积相等时其强度亦大致相同。用这一乘积计算混凝土强度的方法称为成熟度法）。

（8）气温骤降的施工保护措施。

9.1.3　为原规范 6.0.3 条修改。本条文对原规范修改较大，主要有：

（1）本条根据《水工混凝土抗冰冻设计规范》（GB/T 50662—2011）对混凝土早期允许受冻临界强度按无外来水分和有外来水分的大体积混凝土和钢筋混凝土进行了修改，更为具体。

（2）参考 GB/T 50662—2011、SL 303—2004 和 DL/T 5144—2001，增加了用成熟度值 1800℃·h 确定允许受冻的临界强度标准。成熟度 1800℃·h 是北方严寒地区桓仁、白山、红石工程中的应用成果，对普通硅酸盐水泥拌制的混凝土强度可达到 28d 标准养护的 40%以上，同大体积 $C_{90}15$～$C_{90}20$ 混凝土达到允许受冻临界的强度基本一致。成熟度法计算混凝土早期强度运

用于50℃以下养护条件的普通混凝土和30℃以下养护的掺外加剂混凝土，在其标准值的60%以内吻合较好。

9.1.5 为原规范6.0.5条修改。基本内容未变，仅在条款中增加了早强剂、防冻剂的内容。

9.1.7 新增条款，强调外观质量检查的重要性。低温季节施工的混凝土由于养护温度的变化，确定混凝土的温度不方便，成熟度法可解决不需混凝土试块只需测得养护温度和龄期，计算出成熟度就可以查出或计算出混凝土强度。此法特别适用于早期强度，各国标准在冬期施工内容中都给予了承认，本次修编也将成熟度法引进本规范。我国桓仁、回龙山、白山和红石等水电施工工地上一直沿用成熟度1800℃·h作为混凝土允许受冻标准，并用于确定拆模时间。

9.2 施工准备

9.2.1 基本同原规范6.0.9条，仅增加热工计算的要求。

9.2.2 基本同原规范6.0.10条。本条把“宜进行覆盖，以防冰雪和冻结”的内容改成“应有防止冰雪和冻结的措施”，因为防止冰雪和冻结的措施内容比“宜覆盖”广。

9.2.3 基本同原规范6.0.13条。增加骨料加热条件“当日气平均气温稳定在－5℃以下时”和“外加剂溶液不应直接用蒸汽加热”的条件。日气平均温稳定在－5℃以上一般不需加热骨料，采用热水拌和即可。

9.2.4 基本同原规范6.0.14条。仅增加“拌和水宜采用热水”。

9.2.5 为原规范6.0.15条修改。原条款对混凝土、岩石基础加热，要求加热深度不小于10cm，执行起来不好操作，本次修订取消了此要求。根据工程实践经验，只要表面温度达到3℃，10cm深处就能达到正温的要求。“整个仓面应加热至3℃”是指边角处也需到达3℃。

9.2.6 基本同原规范6.0.16条。仅增加“受冻面处理应符合设计要求”。

9.3 施 工 方 法

9.3.1 此条对原规范 6.0.6 条进行了以下补充：

（1）明确了各地区的低温季节施工方法，根据工程经验将原规范中蓄热法的气温标准降低 5℃，允许日平均气温－10℃以上采用蓄热法施工。

（2）增加了综合蓄热法施工的内容。

本条增加的综合蓄热法是在蓄热法的基础上利用高效能的保温围护结构，使混凝土加热拌和所获得的初始热量不致过快散失，并充分利用水泥水化热和掺用相应的外加剂（或进行短时加热）等综合措施，使混凝土温度在降至冰点前达到允许受冻临界强度或者承受荷载所需的强度。一般综合蓄热法分高、低蓄热法两种养护方式，高蓄热养护过程，主要以短期时加热为主，使混凝土在养护期间达到的受荷强度；低蓄热养护过程，则主要以使用早强水泥或掺用防冻外加剂等冷法为主，是使混凝土在一定的负温条件下不被冻坏，仍可继续硬化。水利水电工程多使用低蓄热养护方式。在十三陵抽水蓄能电站的冬季施工中，上池边坡加固工程混凝土 2.6 万 m^3，在－16℃的气温下，掺用 3%MRT 复合防冻剂，采用综合蓄热法获得成功。

在特别严寒地区预计日平均气温－10～－20℃时，可采用暖棚法、外部加热法等综合蓄热法。外部加热法根据热源种类可分为：蒸汽加热、电加热、远红外加热、暖棚加热等，对风沙大，不宜搭设暖棚的仓面，可采用覆盖保温被下布置供暖设备的办法，如龙羊峡工程，浇筑完成后立即在混凝土上铺塑料隔水层、设置供热暖气管、上盖保温被，以代替暖棚法。综合蓄热法升温时，模板周边部位采用搭设简易保温篷并在仓面周边采用暖风机对模板周边升温，对仓面中间部位采用电热毯升温。在仓面浇筑混凝土过程中，采用边揭除保温被边浇筑的方法，浇筑完毕的每一坯层及时覆盖保温被（新型保温被由六防布袋内装 2cm 厚 EPE 聚乙烯薄膜塑料片制作而成）。在浇筑过程中始终保持暖风

机对保温篷的吹暖，利用钢制模板良好的导热性能，对周边混凝土传热，以达到保温的目的。

a）电热保温毯施工方法。根据所要求保温的部位，将保温部位清理干净（混凝土面不得有水），将电热毯展开平铺在施工面上，相邻两块搭接3～5cm，接通电源后，使保温面温度逐渐升高。使用过程中要特别注意运输移动，不允许在地面拖拉、折叠，以免划破、拉伤使线路断路或短路造成事故。

b）暖风机施工方法。先浇块浇筑时，在仓面两侧各布置4台暖风机，并将两侧的横缝模板各改造两块，键槽模板中间加一个爬行锥和一组竖背愣，每块模板上口做一个3.0m×3.26m的平台支架，模板加固除爬行锥外，在模板低口和上口各增加三根ϕ20mm拉杆。每两台暖风机放置在一个吊篮中，整体吊放在模板支架上。暖风机供热主管垂直水流方向布置，用铅丝将主管悬挂起来，利用主管上的分叉接支管对仓面吹暖风，支管按一长一短间隔布置。后浇块浇筑时，相邻坝块高差小于6m时，可将暖风机放置在相邻坝块。若相邻坝块高差大于6m时，在相邻坝块浇筑时预埋埋件，仓面内埋设蛇形柱，利用蛇形柱和预埋的埋件架设平台，放置暖风机。

c）保温棚施工方法。该方法不适用于风沙大的地区。简易保温棚的搭设方式：坝前、坝后及横缝模板在3～4m范围内沿上下游面弧线及横缝方向采用彩条布搭设简易保温篷，将彩条布上口固定在悬臂模板上，下口采用重物压实固定，使悬臂模板在3～4m范围内形成了三角封闭区域即形成了简易三角保温篷。

（3）混凝土低温季节施工方法，可依据当地多年气温资料10～15d日平均气温来选定。

（4）提出经济合理低温季节施工的温度范围为日平均气温在5～－20℃之间。从理论上讲只要供热保温符合要求，在任何负温条件下，都可以进行混凝土施工，但比较经济的还是施工期平均气温在－20℃以上。根据桓仁、白山、红石水电工程的经验，日平均气温低于－20℃时，施工设备、建筑材料及施工各环节出

现问题的几率成倍增加。比如：暖棚法、电热法或蒸汽法在低于－20℃条件下施工，供热管的接头、运料胶带、电器开关出故障几率增加，施工人员的劳动生产率也将大大降低。在此条件下施工，将增加人大量人力、物力。经济合理的施工温度范围是根据当前水利水电工程施工企业通常使用的设备、建材及施工工艺水平提出的。

根据水利水电工程的经验并参考建筑行业综合蓄热法的标准，综合蓄热法适用于日平均气温－10℃或最低气温－20℃以上。

以下列出混凝土蓄热法和综合蓄热法养护规定，供参阅：

当室外最低温度不低于－15℃时，地面以下的工程，或表面系数 $M<5$ 的结构，应优先采用蓄热法养护。

当采用蓄热法不能满足要求时，应选用综合蓄热法养护。当围护层的总传热系数与结构表面系数的乘积 KM 在 50kJ/(m³ · h · ℃) ～200kJ/(m³ · h · ℃) 的范围时，应符合公式 (1)：

$$T_{m,a} > \frac{1}{b}\ln\left(\frac{KM}{a}\right) \tag{1}$$

其中

$$M = \frac{A(\text{结构表面积})}{V(\text{结构体积})} m^{-1}$$

式中 $T_{m,a}$——冷却期间平均气温，且不应低于－12℃；

M——结构表面系数，$5 \leqslant M \leqslant 15$；

K——围护层的总传热系数，kJ/(m² · h · ℃)；

a，b——系数，宜按表 8 采用。

综合蓄热法施工应选用早强剂或早强防冻复合型外加剂，并应具有减水、引气作用。

表 8　系数 a、b 值

水泥用量 (kg/m³)	硅酸盐水泥		普通硅酸盐水泥		矿渣硅酸盐水泥	
	a	b	a	b	a	b
250	213	0.131	164	0.110	104	0.116
300	251	0.136	178	0.112	125	0.118

表 8（续）

水泥用量（kg/m³）	硅酸盐水泥		普通硅酸盐水泥		矿渣硅酸盐水泥	
	a	*b*	*a*	*b*	*a*	*b*
350	289	0.141	193	0.115	148	0.120
400	327	0.146	208	0.118	171	0.123
450	366	0.151	224	0.122	194	0.126
500	405	0.157	240	0.126	216	0.130
550	443	0.162	256	0.130	236	0.135

9.3.4 基本同原规范 6.0.11 条。砂石骨料不加热时提出不应掺混冰雪和表面结冰的要求。

9.3.5 同原规范 6.0.12 条。规定了拌和用水的温度不宜超过 60℃。超过 60℃时，应将骨料与水先拌和，然后加入水泥，以免水泥假凝和速凝。

9.3.7 基本同原规范 6.0.19 条。原规范中“及时调节混凝土的温度”，不明确，混凝土的温度有出机口温度、入仓温度和浇筑温度等，能够较好控制和及时调整的是混凝土出机口温度，因此修改为“及时调节混凝土的出机口温度”。

9.4 保温与温度观测

9.4.2 为原规范 6.0.22 条修改。原规范中“温和地区和结构表面积系数小于 3 者，宜采用蓄热法施工”仅是大体积混凝土的要求，对非大体积混凝土未做规定，因此修改为“温和地区和寒冷地区采用蓄热法施工时”。原规范“易吸收水分的保温材料，应用油纸、沥青纸或塑料薄膜等与混凝土隔开”在施工中存在隐患，目前，保温材料已有很好的不易吸潮的保温材料，施工也方便，因此修改为“使用不易吸潮的保温材料”。

9.4.4 基本同原规范 6.0.24 条。本条增加“且保温层材料强度应满足混凝土表面不变形要求”和“必要时应进行混凝土表面等效放热系数的验算”。

保温后混凝土表面等效放热系数，可采用公式（2）验算：

$$\beta=\frac{1}{\frac{1}{\beta_0}+\sum_{i=1}^{n}\frac{\delta_i}{K_1K_2\lambda_i}} \tag{2}$$

式中 β——保温后混凝土表面等效放热系数，kJ/(m²·h·℃)；

K_1——风速修正系数；

K_2——潮湿程度修正系数，潮湿材料取3～5，干燥材料取1；

δ_i——第 i 层保温材料的厚度，m；

λ_i——第 i 层材料的导热系数，kJ/(m·h·℃)。

9.4.5 基本同原规范6.0.25条。考虑到新疆等寒冷地区风沙较大，拆模后混凝土表面失水较大，影响混凝土质量，因此增加“在风沙大的地区拆模后应采取混凝土表面保湿措施。”

9.4.6 本条为原规范6.0.26条修改。主要对施工期温度观测的内容、观测频率以及注意事项进行具体的说明。

2 暖棚内温度测量的部位和气温值确定原规范没有说明，本款增加“以距混凝土面50cm的温度为准，取四边角和中心温度的平均数为暖棚内气温值”。

3 原规范“水和骨料温度每2h至少测一次”，没有考虑外加剂的温度测量和测量方法，本款加上外加剂温度测量及水温、外加剂和骨料温度测量方法。考虑到低温地区日气温变幅较大，温度测量也加大了测量频率。

5 大体积混凝土内部的最高温升多出现在浇筑后的3d左右，但寒冷地区浇筑的混凝土在气温较低时强度增长缓慢，本款将内部温度观测延长至7d内。

6 当出现气温骤降时，本款强调了增加检测次数，具体应根据实际情况加密测量次数。

10 预埋件施工

10.1 一般规定

10.1.1 为原规范 7.1.1 条修改。预埋件是建筑物的组成部分，其种类很多，一般按其作用分为土建、金属结构、机电设备和监测仪器等埋件。各类埋件的结构型式、位置等要符合设计要求和有关标准，为后续工程施工质量打下良好的基础。如需代用，需经过批准。

10.1.2 新增条文。预埋件一般都是事先加工，为避免锈蚀、损坏、变形或者丢失，不宜露天堆存，特别是内部观测仪器，怕震、怕潮、怕碰伤，需在库房存放，由专人管理，专人领用。

10.1.3 新增条文。预埋件安装应做好计划安排，避免漏埋。在埋入混凝土施工过程中，受施工影响易发生碰撞位移、变形甚至破坏，出现问题处理比较困难，在埋入过程中应派人值班守护，以便及时发现问题及时处理。

10.2 止水及伸缩缝

10.2.1、10.2.2 为原规范 7.1.2 条修改。止水片安装为隐蔽工程，施工延续时间长，一旦埋入混凝土内很难有补救措施，所以对预埋件材料性能进行检测和检查是必不可少的。

10.2.3 为原规范 7.1.3 条修改。

1 金属止水片连接的方法有搭接、对接等，推荐搭接双面焊。增加了“经试验能够保证质量亦可采用对接焊接”。

2 非金属止水片连接有硫化热粘接、焊接和冷粘接。橡胶止水带推荐硫化热粘接，塑料止水带推荐双面焊接。冷粘接需经现场试验论证，采用人工涂刷粘合剂的方式，其质量控制与检查方法较难把握，故大、中型工程和重要部位的止水片连接不宜采用。

3 异形接头中，两种不同材料（金属止水片和非金属止水带）的连接比较困难，实际工程有用螺栓连接或铆接的，搭接部分有用热粘或冷粘的。本标准推荐螺栓栓接法（俗称“塑料包紫铜”）。为保证接头的抗拉强度和一定的渗透路径，规定了栓（搭）接长度不小于35mm。

4 工地现场施工条件差、设备简单，较难满足异形接头和不同材料的精度和质量要求，目前生产厂家均有定型或可按设计要求定做的异形接头，工地现场只宜进行直线对接或搭接，异形接头一般在工厂内预先制作或购买成品，这样既可加快安装进度也可保证接头质量。

5 焊接接头表面质量很重要，不得有砂眼、裂纹等渗漏通道，不得有假焊。焊接接头除检查外观外，还要做渗漏检查，工厂加工的接头抽样（不少于20%）检验；现场焊接接头逐个检验。渗漏检查一般采用煤油滴在焊缝上，另一侧洒上粉笔灰的方法检验。止水片（带）接头的抗拉强度是接头质量的主要控制指标之一，根据工程经验，接头的抗拉强度应不低于母材75%的抗拉强度。

10.2.4 为原规范7.1.4条修改。

1、2 止水片一般采用模板夹紧定位，并采取支撑固定措施与模板垂直，规定的中心偏差是指相对于接缝面的偏差。“鼻子”空腔内的塑性材料种类较多，填满即可。三峡水利枢纽工程采用预制的沥青麻丝，使用方便。

3 止水片下面及周围的混凝土振捣较为困难，剔出止水片周边的大骨料有利于混凝土同止水片紧密结合，避免止水片周围形成空穴。

4 在无法避免在止水片（带）附近形成水平施工缝时，一般采取图1的形式把止水片（带）浇入或留出。

10.2.5 为原规范7.1.5条修改。止水基座（含止水槽、止水埂）是坝体的一部分，其基础开挖、混凝土施工和止水片安装应与大坝的要求一样，甚至更高。此部位面积不大，但结构、施工

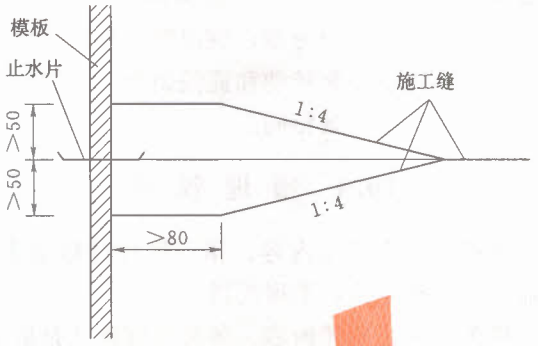


图 1　止水片（带）浇入或留出形式（单位：cm）

较复杂，要按设计要求施工、检查、验收。

10.2.6　新增条文。规定了伸缩缝缝面处理要求和填料施工要求。

10.3　排 水 设 施

10.3.1　为原规范 7.2.1 条修改。帷幕灌浆施工可能会串浆至邻近排水孔，造成排水孔堵塞，所以规定“坝基排水孔的施工应在相邻 30m 范围内的帷幕灌浆施工完毕后进行”。

10.3.2　为原规范 7.2.3 条修改。增加了不同孔深对应倾斜度的要求。

10.3.3　为原规范 7.2.2 条修改。岩基排水孔一般采用压力水将岩壁裂隙内填充物冲洗出来，以利于渗透水顺畅排至排水孔内，本条新增了冲洗结束标准。

10.3.4　为原规范 7.2.4 条修改。排水孔孔口密封及接头处是容易出现渗水、漏水的部位，应“按设计要求加工、安装，并进行防锈处理”，以确保接触处密合。

10.3.5　与原规范 7.2.5 条相同。坝体排水管可采用拔管、钻孔或预制无砂混凝土管，工程实践表明采用拔管法造孔简单、实用、成本低，故推荐采用。采用拔管法造孔时，木模拔管一般在

混凝土终凝前后进行，具体时间由试验确定，以既能顺利拔出，又能保证孔口混凝土无破损为准；钢拔管在混凝土浇筑过程中视气温和混凝土上升速度经常转动和提拔钢管。

10.3.6 与原规范 7.2.6 条相同。

10.4 预埋铁件

10.4.1 原规范 7.3.1 所述内容。预埋铁件的数量多、品种多，应按图纸加工、分类存放，不得混淆。

10.4.2 原规范 7.3.2 所述内容。各类预埋铁件是后期设备、金属结构、埋件等的基础，不能漏埋或错埋，其安装精度要符合有关规定，并保证施工中不变形走样。

10.4.3 原规范 7.3.3 条所述内容。锚筋是结构受力的一部分，要注重其施工质量。本条对锚筋孔的钻孔位置、孔径、孔深、倾斜度及锚筋安装后的保护等进行了规定。

10.4.4 原规范 7.3.4 条所述内容。用于起重运输的吊钩或铁环，必须保证安全，所以应经计算确定，必要时应做荷载试验。

10.4.5 原规范 7.3.5 所述内容。各种爬梯、扶手及栏杆预埋铁件，其埋入位置和深度应符合设计要求。

10.4.6 原规范 7.3.4 条和 7.3.5 条所述内容。将有关预埋件安全的内容合并，作为强制条文。

10.5 管　路

10.5.1 原规范 7.4.1 条和 7.4.2 条所述内容。管路的安装高程、走向按设计要求埋设，若有变更要征得设计同意并做好记录。

10.5.2 为原规范 7.4.3 条修改。管道的接头有丝扣、法兰、焊接、嵌沥青麻丝和涂水泥砂浆等方法，工程实践表明，丝扣连接有利于安装质量，故推荐丝扣连接。

10.5.3 与原规范 7.4.4 条相同。

10.5.4 为原规范 7.4.5 条修改。由于冷却、灌浆的进出管路多

且集中，排列又无规律，故规定“所有管道管口应妥善保护，并有识别标志”。管口外露长度不宜过短，以方便标识及后续接管通水或灌浆。

10.5.5、10.5.6 原规范7.4.6条和7.4.7条所述内容。管道埋入混凝土后，出现堵塞、移位等情况，处理费工费时，故在施工过程中妥加保护。在管道安装完毕和混凝土覆盖后检查管道畅通情况，发现漏水、堵塞等问题越早，越容易处理。

10.5.7 为原规范7.4.8条修改。预埋管路安装完成后，做好详细记录，并绘图说明，以避免后续钻孔、取芯打断管道。

10.6 观测仪器

10.6.1 为原规范7.5.1条修改。观测仪器埋设前的测试、校正和率定，是必不可少的一道重要工序，是观测和计算成果的基础。

10.6.2 新增条文。内观仪器是隐蔽工程，埋入后主要通过电缆来观测、检查仪器运用状况，所以应使用专用电缆。电缆连接可采用硫化接头或热缩接头。

10.6.3 新增条文。观测仪器电缆与观测仪器相对应，要逐一编号以防混淆，编号的标记要做好防水、防脱落、防损坏等保护措施，推荐采用透明热塑套管包裹。

10.6.4 新增条文。混凝土卸料应距观测仪器至少1.5m，大功率振捣器距观测仪器至少1.0m，观测仪器周围的混凝土一般采用小功率振捣器或人工振捣密实，避免混凝土浇筑过程损坏或使仪器移位。

10.6.5 新增条文。观测仪器埋设安装按设计要求执行，若无设计要求，按《大坝安全监测仪器安装标准》（SL 531—2012）中相关要求执行。

10.6.6 为原规范7.5.2条修改。在仪器和电缆安装后要及时绘制竣工图，并发送有关单位备查，以避免在以后施工中受到损坏。

11 质量控制与检验

11.1 一 般 规 定

11.1.2 新增条文。由于质量管理和足够的资源配置是混凝土质量的基本保证。因此，本条增加了质量管理和资源配置方面的要求。

11.1.3 新增条文。质量数据统计分析是质量控制的基础。因此，本条增加了应对各工序取得的质量数据（包括对材料的质量检测结果，生产过程中工序生产工艺参数，产品质量参数等）进行统计分析。

11.2 原材料的质量检验

11.2.2 新增条文。在使用碱活性骨料时，需控制混凝土总碱含量，因此，需对每批进场原材料进行碱含量检测。

11.2.3 为原规范 4.1.5 条、4.9.2 条修改。运到工地的每一批水泥除了要有生产厂家的品质检验报告以外，使用单位也应按批验收检验，一般要求袋装水泥按每 200t，散装水泥按每 400t 为一取样单位，如不足 200t 也作为一取样单位。

水泥的取样方法按《水泥的取样方法》（GB 12573）进行，细度的测定按《水泥细度检验方法 筛析法》（GB/T 1345）进行，安定性和凝结时间的测定按《水泥压蒸安定性试验方法》（GB/T 750）和《水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法》（GB 1346）进行，强度的测定按《水泥胶砂强度检验方法（ISO 法）》（GB/T 17671）进行，水化热的测定按《水泥水化热测定方法》（GB/T 12959）进行，氧化镁、碱、三氧化硫含量的测定按《水泥化学分析方法》（GB/T 176）进行。

11.2.4 为原规范 4.9.4 条修改。规定了骨料生产和验收检验的频次和检验项目。

11.2.5 为原规范 4.9.5 条的修改。规定了掺合料检验频次和粉煤灰的主要检验项目，矿渣粉检验项目参照《用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》（GB/T 18046）确定，磷渣粉检验项目参照《水工混凝土掺用磷渣粉技术规范》（DL/T 5387）确定，天然火山灰检验项目参照《水工混凝土掺用天然火山灰质材料技术规范》（DL/T 5273），石灰石粉验收检验项目参照《水工混凝土掺用石灰石粉技术规范》（DL/T 5304）确定，硅粉检验项目参照《砂浆和混凝土用硅灰》（GB/T 27690）。

11.2.6 为原规范 4.9.6 条修改。外加剂检验项目和频率参照《混凝土外加剂》（GB 8076）确定。由于外加剂匀质性是生产厂家用于生产控制的参数，因此规定匀质性检验在必要时进行。

11.2.7 为原规范 4.9.3 条修改。混凝土用水检验频率参照 JGJ 63 确定。

11.2.8 为原规范 4.9.3 条 2 款修改。规定了在混凝土拌制生产过程中，仍应对各种原材料的易波动的指标进行检验，以掌握其变化状况，在必要时调整配合比参数，以保证混凝土质量。

11.3 拌和物质量控制与检验

11.3.1 为原规范 4.9.7 条修改。混凝土拌和楼配料称量要达到称量精度的要求，其决定条件是计量器具的准确程度，因而对检测制度做了规定。除正常的定期检测外，当混凝土和易性异常或其他情况出现对计量准确性有怀疑时，要及时检测，必要时用砝码校验。

11.3.2 为原规范 4.9.8 条修改。在混凝土拌和生产中，要定期对混凝土原材料的配料称量、拌和物的均匀性和拌和时间进行检查，如发现问题立即处理。目前，混凝土拌和生产的称量系统一般自动化程度较高，每盘混凝土各种原材料的称量都具有打印记录装置。但试验和检查人员不能放松检查，每 8h 的检查记录不少于 2 次。

11.3.4 为原规范 4.9.10 条修改。混凝土抗冻融性能在一定程

度上取决于混凝土的含气量。因而在混凝土拌和生产中，含气量是现场质量控制的重要内容之一。混凝土含气量允许的偏差为要求值的1%。例如F100抗冻等级、骨料最大粒径40mm的二级配混凝土含气量要求值为5%，其允许波动范围为4%～6%。

11.4 浇筑质量控制与检验

11.4.1 新增条文。基础面或施工缝处理、模板、钢筋、预埋件（止水、伸缩缝）安装等是混凝土施工的基本工序，因此在开仓浇筑混凝土前应按SL 632—2012的要求检验合格。当有交叉工序时，亦应按相关标准检验合格，并取得开仓浇筑许可证。

11.4.2 新增条文。为保证混凝土浇筑质量，混凝土拌和物运至浇筑部位后，要观察混凝土拌和物的均匀性和稠度变化等，当发现异常（如拌和不匀、坍落度过大或过小等）时，及时进行现场处理，或通知混凝土拌和楼（站）进行调整，若发现不合格的混凝土拌和物要禁止入仓，已入仓的也要挖除。

11.4.3 为原规范4.9.19条修改。为了能及时发现并处理混凝土施工中的质量问题，要派专人在混凝土浇筑现场进行监控（盯仓）。同时，认真做好检查记录，主要包括：

（1）每一工程部位的高程、桩号和混凝土数量，混凝土所用原材料的种类、品质，混凝土强度等级和混凝土配合比。

（2）建筑物各构件、块体的浇筑顺序、浇筑起讫时间，施工期间发生的质量问题及处理结果，养护及表面养护时间、方式，模板和钢筋及各种预埋件的情况。

（3）浇筑地点的气象情况（晴、阴、雨、风、气温等），原材料温度，混凝土浇筑温度，各部位模板拆除日期。

（4）混凝土试件的试验结果及其分析。

（5）混凝土裂缝的部位、长度、宽度、深度、发现日期及发展情况。

11.5 混凝土质量检验与评定

11.5.1 为原规范 4.9.13 条修改。水工混凝土的技术指标要求较多，如抗压、抗渗、抗冻、极限拉伸值以及抗冲耐磨、抗侵蚀等，在混凝土配合比设计阶段，应通过试验论证达到要求指标，确定施工配合比。SL 191—2008 把立方体抗压强度标准值作为其他力学指标的基本代表值。在现场混凝土施工中，均以 150mm 立方体试件的抗压强度为主要控制指标。

11.5.2 为原规范 4.9.14 条修改。考虑到水工混凝土施工输送距离较短、输送设备多种多样的特点，以机口取样为主。浇筑地点取样可按机口取样数量的 10%控制。

11.5.3 为原规范 4.9.12 条修改。混凝土的取样频率是保证预期检验效果的重要因素，为此本条根据水工混凝土量大的特点，规定了抽取试样的频率。

11.5.4 为原规范 4.9.16 条修改。参照《水利水电工程单元工程施工质量验收评定标准——混凝土工程》（SL 632—2012）和《水利水电工程施工质量检验与评定规程》（SL 176—2007）中混凝土质量评定标准，采用混凝土抗压强度保证率和最低抗压强度值评定混凝土质量。

质量评定一般以 1 个月为一个统计周期，但对于一些零星的工程部位，在 1 个月内统计组数 n 值达不到 30，这种情况可以 3 个月为一个统计周期。

11.5.6 新增条文。混凝土抗冻抗渗的要求指标，在混凝土设计中要予以保证，但在施工中进行检验是必要的。虽然混凝土配合比设计试验可保证达到设计要求指标，但施工中原材料质量的变化、混凝土生产工艺的过程质量控制尤其是含气量控制的稳定性都会影响到混凝土的抗冻、抗渗性的变化。因此若抽样检验发现问题，要及时查找原因，认真处理。原规范未提合格控制的要求，现参照 GB/T 50662—2011 提出了合格率控制指标要求。其和混凝土抗压强度控制指标基本相同，这是保证混凝土耐久性的

需要。

11.5.7 为原规范4.9.17条修改。混凝土质量水平，一般可用其强度均值和标准差描述。评定一批混凝土的强度质量时，不可能采用全数的破坏性试验，只能从检验批的总体中，随机抽取若干组试件进行破型试验，并以此试验结果来推断总体的质量状况。根据抽样统计理论，试样的统计参数与总体的统计参数之间的关系，有一定的规律可循。因此，在合格性控制上采用统计方法能较好地反映验收批的质量状况，是实行质量管理的一个组成内容。混凝土结构的可靠度与混凝土强度的变异程度有关，混凝土强度变异程度能综合地反映混凝土生产单位的质量管理水平。根据对全国混凝土强度的调查结果表明，质量管理水平越高，反映强度变异的强度标准差越小。

混凝土强度标准差与混凝土强度平均值的关系，根据调查结果表明，当平均值小于30MPa时，标准差与均值有明显关系，即随均值的增大，标准差按对数关系递增。当均值大于等于30MPa时，标准差随均值增大而递增的关系不明显。综合考虑目前实际情况提出了表11.5.7，给出了衡量混凝土质量水平的标准差指标。

当采用标准差已知统计法评定混凝土强度时，其验收批的强度标准差 σ_0 使用时间可按一个季度考虑，即第一季度统计计算的同类混凝土强度标准差 σ_0 在第二季度使用；第三、第四季度依次类推。对具备采用标准差已知统计法条件的一般单位，混凝土验收批的标准差 σ_0 使用时间可按1个月考虑，即用3个月同类混凝土强度计算所得的标准差（σ_0）在本月计算验收界限使用。例如，由1～3月强度数据计算出的 σ_0，4月使用；由2～4月强度数据计算出的 σ_0，为5月使用……依次类推。

11.5.10 原规范4.9.21条规定，对已建成的混凝土建筑物，是否需要进行钻孔取样、压水试验，应由设计、施工等单位共同研究决定。本标准规定，应进行钻孔取芯和压水试验，并提出了大坝大体积混凝土每万立方米混凝土可钻孔取芯和压水试验2～

10m。这是由于无论在机口或浇筑地点抽样成型的试件，都是代表混凝土拌和物的质量，但对混凝土施工的下料、平仓、振捣、泌水排除及层面处理和控制均未包含在内。而这些工序作业的严谨程度，对混凝土的质量有重要影响，建成的混凝土建筑物的质量要依靠钻孔取出芯样的检验及压水试验成果最后做出判定，因而被列为必测项目。具体取样数量一般混凝土总量较大时取下限值，混凝土总量较小时取上限值。对于钢筋混凝土结构物，为避免破坏钢筋，一般不进行钻孔取芯和压水试验的检验，而是以无损检测（如超声波、回弹仪等）为主进行检测。



附录 A　大体积混凝土模板荷载计算方法

A.1　引自 GB 50204。新浇混凝土模板侧压力计算公式是以流体静压力原理为基础，并结合浇筑速度与侧压力的国内试验结果而建立的，考虑了不同混凝土密度、凝结时间、坍落度的影响和掺缓凝剂的影响等因素。它适用于浇筑速度在 6m/h 以下的普通混凝土和轻骨料混凝土。

A.1.6　GB 50204 中，对 β_2（混凝土坍落度影响修正系数）的取值规定不严密，本标准进行了修改。关于混凝土侧压力的计算分布图形，结合水电水利工程施工的特点，上述规范和原标准的图形均被采用，分别适用于薄壁混凝土和大体积混凝土。

A.1.8　结合水电水利工程施工的特点，对于混凝土卸料时产生的水平荷载标准值，本标准考虑了大型运输器具的情况。

A.1.9　风荷载标准值计算，引自《建筑结构荷载规范》（GB 50009—2012）。

A.1.10　雪荷载标准值计算，引自《建筑结构荷载规范》（GB 50009—2012）。

A.2　计算模板时的荷载分项系数，是参照 GB 50009 的原则确定的。

附录 B　钢筋的主要机械性能及接头检验

B. 1　根据 DL/T 5169—2002 编写，并根据国家标准化委员会 2012 年第 35 号“关于批准发布 GB 1499. 1—2008《钢筋混凝土用钢第 1 部分：热轧光圆钢筋》国家标准第 1 号修改单的公告”，删除 HPB235 钢筋，增加 HPB300 钢筋。

B. 2～B. 4　根据 DL/T 5169—2002 编写。

B. 5　根据 JGJ 107—2010 编写。

B. 6　根据 DL/T 5169—2002 编写。

附录C 混凝土总碱含量的计算方法

C.0.1 本条规定了混凝土各组成材料中的有效碱取值原则。

（1）混凝土各组成材料中的碱按含量大小依次为总碱、可溶性碱和有效碱。总碱量并不能说明它对 SiO_2 的活性，而有效碱量则可作为对 SiO_2 的一个比较好的活性指标。但由于有效碱随可溶性碱量的不确定变化较大，目前还没有能准确测试有效碱的方法，一般将可溶性碱视同为有效碱。

（2）基于安全考虑，通常将水泥、外加剂、拌和水中的总碱均视为有效碱。掺合料中的有效碱，根据各国研究人员的大量试验研究，国际上通常取粉煤灰总碱量的1/6～1/5作为其有效碱量，取矿渣或硅粉总碱量的1/2作为其有效碱量。

（3）一些研究人员认为以上关于有效碱取值的粉煤灰“1/6规则”和矿渣“1/2规则”不够科学。英国建筑研究协会标准（BRE Digest 330，2004 Edition）根据掺合料掺量的不同分别考虑其有效碱量。对矿渣，当掺量低于25%时，以全部碱作为有效碱；当掺量为25%～39%时，以全部碱的1/2作为有效碱；当掺量达40%以上时，则忽略不计。对粉煤灰，当掺量低于20%时，以全部碱作为有效碱；当掺量为20%～24%时，以全部碱的1/5作为有效碱；当掺量大于25%时，则忽略不计。

附录 D　用成熟度法计算混凝土早期强度

D. 0. 1～D. 0. 3　混凝土的强度是其养护龄期和温度乘积的函数，不同的龄期与温度的乘积相等时其强度亦大致相同。用这一乘积计算混凝土强度的方法称为成熟度法。成熟度法可解决不需混凝土试块只需测得养护温度和龄期，计算出成熟度就可以查出或计算出混凝土强度。此法特别适用于早期强度，各国标准在冬期施工内容中都给予了承认，我国桓仁、回龙山、白山和红石等水电工程施工工地上一直沿用成熟度 1800℃·h 作为混凝土允许受冻标准，并用于确定拆模时间。

成熟度法有多种表现形式。本标准推荐使用等效龄期法和成熟度法计算混凝土强度。等效龄期法是成熟度法的具体应用。低温季节施工期混凝土养护温度是变化的，在相同的混凝土原材料、外加剂、配合比条件下，通过试验分析找出施工养护温度与标准养护温度（20℃）之间的关系，即为等效系数。将实际养护温度、时间乘以等效系数之积，就是等效龄期，利用试验室提供的标准养护试件的各龄期强度资料，可以求出混凝土强度。成熟度法计算混凝土强度更适合蓄热法和综合蓄热法施工。

附录E　混凝土平均强度 $m_{f_{cu}}$ 和标准差 σ 及强度保证率 P 计算方法

此附录为原规范附录三的修订，根据《混凝土强度检验评定标准》（GB/T 50107—2010）以及《水利水电工程施工质量检验与评定规程》（SL 176—2007）中相关内容编写。

水利水电技术标准咨询服务中心
中国水利水电出版社标准化出版分社 简介

中国水利水电出版社，一个创新、进取、严谨、团结的文化团队，一家把握时代脉搏、紧跟科技步伐、关注社会热点、不断满足读者需求的出版机构。作为水利部直属的中央部委专业科技出版社，成立于1956年，1993年荣膺首批“全国优秀出版社”的光荣称号。经过多年努力，现已发展成为一家以水利电力专业为基础、兼顾其他学科和门类，以纸质书刊为主、兼顾电子音像和网络出版的综合性出版单位，迄今已经出版近三万种、数亿余册（套、盘）各类出版物。

水利水电技术标准咨询服务中心（中国水利水电出版社标准化出版分社）是水利部指定的行业标准出版、发行单位，主要负责水利水电技术标准及相关出版物的出版、宣贯、推广工作，同时还负责水利水电类科技专著、工具书、文集及相关职业培训教材编辑出版工作。

感谢读者多年来对水利水电技术标准咨询服务中心的关注和垂爱，中心全体人员真诚欢迎广大水利水电科技工作者对标准、水利水电图书出版及推广工作多提意见和建议，我们将秉承“服务水电，传播科技，弘扬文化”的宗旨，为您提供全方位的图书出版咨询服务，进一步做好标准和水利水电图书出版、发行及推广工作。

主　　任：王德鸿 010－68545951　wdh@waterpub.com.cn
副 主 任：陈　昊 010－68545981　hero@waterpub.com.cn
主任助理：王　启 010－68545982　wqi@waterpub.com.cn
责任编辑：王丹阳 010－68545974　wdy@waterpub.com.cn
　　章思洁 010－68545995　zsj@waterpub.com.cn
　　覃　薇 010－68545889　qwei@waterpub.com.cn
　　刘媛媛 010－68545889　lyuan@waterpub.com.cn
传　　真：010－68317913

155170.164

SL 677—2014

中华人民共和国水利行业标准

水工混凝土施工规范

SL 677—2014

*

中国水利水电出版社出版发行

（北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038）

网址：www.waterpub.com.cn

E-mail：sales@waterpub.com.cn

电话：（010）68367658（发行部）

北京科水图书销售中心（零售）

电话：（010）88383994、63202643、68545874

全国各地新华书店和相关出版物销售网点经售

北京瑞斯通印务发展有限公司印刷

*

140mm×203mm 32开本 6印张 162千字

2014年12月第1版 2014年12月第1次印刷

*

书号 155170·164

定价 **58.00** 元

凡购买我社规程，如有缺页、倒页、脱页的，

本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

水利水电技术标准
咨询服务中心

SL

微信二维码，扫一扫
信息更多、服务更快