

ICS27.140

P59

备案号: J148—2002

DL

中华人民共和国电力行业标准

P

DL/T 5144-2001

水工混凝土施工规范

Specifications for hydraulic concrete construction

2001-12-26 发布

2002-05-01 实施

中华人民共和国国家经济贸易委员会 发布

中华人民共和国电力行业标准

P

DL/T 5144-2001

水工混凝土施工规范

Specifications for hydraulic concrete construction

主编单位：中国长江三峡工程开发总公司

中国葛洲坝水利水电工程集团公司

批准部门：中华人民共和国国家经济贸易委员会

批准文号：国家经济贸易委员会公告二〇〇一年第 31 号

中国电力出版社

2002 北京

前 言

本标准是根据原电力工业部科技司《关于下达 1996 年制定、修订电力行业标准计划项目（第一批）的通知》（技综 [1996] 40 号文）要求修订的。

SDJ 207—1982《水工混凝土施工规范》（简称“原标准”，下同）自 1982 年 4 月颁布至今，已实施 19 年，它对保证我国水工混凝土工程施工质量、推动其技术的发展，起到了很好的作用。随着科学技术的进步，施工装备水平的提高，国外先进技术的引进以及我国建设管理体制的变化等因素，有必要对原标准进行修订。

修订工作从 1998 年 10 月开始，专门组成“修订组”，修订组充分利用三峡工地集中全国众多具有国内先进水平的水电施工、设计、监理和建设管理单位的优势，就近召开修订讨论会，广泛吸收全国有关单位和专家的有益建议和宝贵经验，加上修订人员外出调研，收集资料，于 1999 年 7 月完成初稿，9 月邀请专家进行审查讨论，根据专家的意见和建议，再次作了修改，于 1999 年 11 月完成征求意见稿，2000 年 5 月根据征求意见稿进行修订形成送审稿，2000 年 11 月，在宜昌召开送审稿审查会。2001 年 8 月形成报批稿。

按照主管部门“关于修订《水工混凝土施工规范》的通知”及“关于修订《水工混凝土施工规范》的几点意见”，在这次修订时，将原标准中“模板工程”和“钢筋工程”两章及“特种混凝土的施工”一节独立出去，另成标准。原标准的第一、四、五、六、七章及附录等废止。

根据 DL/T 600—1996《电力标准编写的基本规定》中的规定，本次修订时，增加了“范围”、“引用标准”及“主要术语与

符号”三章，原标准中第四章“混凝土工程”中的材料、配合比选定、施工（包括拌和、运输、浇筑、雨季施工和养护）、质量控制与检查均独立成章，连同原标准的总则、混凝土温度控制的措施、低温季节混凝土的施工、预埋件施工等章，共计 11 章 4 个附录。

本标准的附录 A 是标准的附录。

本标准的附录 B、附录 C、附录 D 都是提示的附录。

本标准由电力行业水电施工标准化技术委员会提出、归口并负责解释。

本标准的主编单位：中国长江三峡工程开发总公司、中国葛洲坝水利水电工程集团公司。

本标准的参编单位：长江水利委员会、中国水利水电第四工程局。

本标准主要起草人：陈福厚、周厚贵、史振寰、刘文彦、刘松柏、曾广耀、张小厅、刘玉山、周世明、陈果清、胡兴娥、张佑明、周俊、严四海、席浩、周幼林、李百胜、孙明伦

目 次

前言

1 范围	1
2 引用标准	2
3 总则	5
4 术语、符号	6
4.1 术语	6
4.2 符号	7
5 材料	9
5.1 水泥	9
5.2 骨料	10
5.3 掺合料	13
5.4 外加剂	14
5.5 水	15
6 配合比选定	17
7 施工	20
7.1 拌和	20
7.2 运输	21
7.3 浇筑	23
7.4 雨季施工	27
7.5 养护	27
8 温度控制	29
8.1 一般规定	29
8.2 温度控制措施	29
8.3 温度测量	32
9 低温季节施工	33

9.1	一般规定	33
9.2	施工准备	33
9.3	施工方法、保温措施	34
9.4	温度观测	35
10	预埋件施工	37
10.1	一般规定	37
10.2	止水、伸缩缝、排水	37
10.3	冷却、接缝灌浆管路	40
10.4	铁件	40
10.5	内部观测仪器	41
11	质量控制与检查	43
11.1	一般规定	43
11.2	原材料的质量控制	43
11.3	混凝土拌和与混凝土拌和物的质量控制	44
11.4	浇筑质量检查与控制	45
11.5	强度检验与评定	46
附录 A (标准的附录)	混凝土平均强度 $m_{f_{cu}}$ 、标准差 σ 、 强度保证率 P 和盘内变异系 数 δ_b 计算方法	50
附录 B (提示的附录)	混凝土碱含量的计算方法	53
附录 C (提示的附录)	用成熟度法计算混凝土早期强度	54
附录 D (提示的附录)	接缝止水材料性能指标	57
条文说明		59

1 范 围

本标准规定了水工混凝土施工行为和质量的基本要求，适用于大、中型水电水利工程中 1、2、3 级水工建筑物的混凝土和钢筋混凝土的施工。

2 引 用 标 准

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

- GB 175—1999 硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥
- GB/T 176—1996 水泥化学分析方法
- GB 200—1989 中热硅酸盐水泥、低热矿渣硅酸盐水泥
- GB 748—1996 抗硫酸盐硅酸盐水泥
- GB/T 750—1992 水泥压蒸安定性试验方法
- GB 1344—1999 矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥及粉煤灰硅酸盐水泥
- GB/T 1345—1991 水泥细度检验方法（80 μ m 筛筛析法）
- GB/T 1346—2001 水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法
- GB/T 2022—1980 水泥水化热试验方法（直接法）
- GB/T 2059—2000 铜及铜合金带材
- GB/T 2847—1996 用于水泥中的火山灰质混合材料
- GB 2938—1997 低热微膨胀水泥
- GB 5749—1985 生活饮用水水质标准
- GB/T 6645—1986 用于水泥中的粒化电炉磷渣
- GB 8076—1997 混凝土外加剂
- GB/T 9142—2000 混凝土搅拌机
- GB 12573—1990 水泥的取样方法
- GB/T 12959—1991 水泥水化热测定方法（溶解热法）
- GB/T 14684—2001 建筑用砂
- GB/T 14685—2001 建筑用卵石、碎石
- GB/T 17671—1999 水泥胶砂强度检验方法（ISO 法）

- GB 50164—1992 混凝土质量控制标准
- GBJ 80—1985 普通混凝土拌和物性能试验方法
- GBJ 107—1987 混凝土强度评定标准
- GBJ 119—1988 混凝土外加剂应用技术规范
- GBJ 146—1990 粉煤灰混凝土应用技术规范
- CECS 03: 1988 钻芯法检测混凝土强度技术规程
- CECS 38: 1992 钢纤维混凝土设计与施工规程
- DL 5017—1993 压力钢管制造安装及验收规范
- DL/T 5055—1996 水工混凝土掺用粉煤灰技术规范
- DL/T 5057—1996 水工混凝土结构设计规范
- DL/T 5082—1998 水工建筑物抗冰冻设计规范
- DL/T 5100—1999 水工混凝土外加剂技术规程
- HG 2288—1992 橡胶止水带
- JGJ/T 10—1995 混凝土泵送施工技术规程
- JGJ 52—1992 普通混凝土用砂质量标准及检验方法
- JGJ 53—1992 普通混凝土用碎石或卵石质量标准及检验方法
- JGJ/T 55—1996 普通混凝土配合比设计规程
- JGJ 63—1989 混凝土拌和用水标准
- JGJ 104—1997 建筑工程冬期施工规程
- SD 105—1982 水工混凝土试验规程
- SDJ 12—1978 水利水电枢纽工程等级划分及设计标准（山区、丘陵区部分）
- SDJ 17—1978 水利水电工程天然建筑材料勘察规程
- SDJ 249.1—1988 水利水电基本建设工程单元工程质量等级评定标准
- SDJ 336—1989 混凝土大坝安全监测技术规范（试行）
- SDJ 338—1989 水利水电工程施工组织设计规范（试行）
- SL 62—1994 水工建筑物水泥灌浆施工技术规范
- SL 172—1996 小型水电站施工技术规范

- SL 176—1996 水利水电工程施工质量评定规范（试行）
- AC I211.1—1995 普通混凝土、重质混凝土及大体积混凝土配合比选择的标准方法
- ACI 214—1989 混凝土强度试验结果评定推荐方法

3 总 则

3.0.1 本标准规范了水工建筑物混凝土的材料、配合比选定、施工、温度控制、低温季节施工、预埋件施工、质量控制与检查的基本要求。

3.0.2 水工混凝土应满足抗压、抗拉、抗渗、抗冻、抗裂、抗冲耐磨和抗侵蚀等设计要求。

3.0.3 水工混凝土的施工应采用新技术、新工艺、新材料和新设备。应建立完善的质量保证体系。

3.0.4 本标准未规定的其他混凝土施工，按现行的有关国家标准或行业标准执行。

4 术语、符号

4.1 术语

4.1.1 掺合料 extender

用于拌制水泥混凝土和砂浆时，掺入的粉煤灰等混合材料。

4.1.2 强度等级 class of cube strength

按标准条件下的立方体抗压强度分成若干级别，称为强度等级。

4.1.3 水胶比 ratio of water to cementitious material

每立方米混凝土用水量与所用胶凝材料用量的比值。

4.1.4 胶凝材料用量 cementitious material consumption

每立方米混凝土中水泥和掺合料质量的总和。

4.1.5 拌和时间 mixing time

全部材料加入后经过拌和至出料开始的时间。

4.1.6 混凝土运输时间 concrete transportation time

从机口全部卸料完到混凝土卸入仓内的时间。

4.1.7 浇筑间歇时间 concreting intermission time

混凝土振捣作业完毕至覆盖上层混凝土的时间。

4.1.8 毛面 rough surface

经过处理、无乳皮、微露粗砂的混凝土表面。

4.1.9 浇筑温度 concreting temperature

混凝土经过平仓振捣后，覆盖上层混凝土前，在距混凝土面10cm深处的温度。

4.1.10 气温骤降 suddenly drop in air temperature

日平均气温在2d~3d内连续下降累计6℃以上。

4.1.11 寒潮 cold wave

日平均气温5℃以下时的气温骤降。

4.1.12 混凝土成熟度 maturity degree of concrete

混凝土养护时间(h)和等效养护温度(°C)的乘积,用符号“N”表示。

4.1.13 表面积系数 coefficient of superficial area

结构物的表面积与体积之比,用符号“M”表示。

4.1.14 严寒地区 severe cold region

最冷月平均气温低于-10°C的地区。

4.1.15 寒冷地区 cold region

最冷月平均气温在-10°C与-3°C之间的地区。

4.1.16 温和地区 mild region

最冷月平均气温高于-3°C的地区。

4.1.17 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。

4.1.18 综合蓄热法 comprehensive method of heat accumulation

“蓄热法”加早强或抗冻外加剂的施工方法。

4.2 符 号

α_T 温度为 T 的等效系数

t_T 温度为 T 的养护时间

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

$f_{cu,k}$ 混凝土设计强度标准值

$f_{cu,0}$ 混凝土的配制强度

$m_{f_{cu}}$ 混凝土强度平均值

σ 混凝土强度标准差

σ_0 验收批混凝土强度标准差

δ 混凝土强度变异系数

δ_b 盘内混凝土强度变异系数

$f_{cu,i}$ 第 i 组混凝土试件的强度

$\Delta_{f_{cu},i}$ 第 i 组三个试件中最大值与最小值之差

$f_{cu, \min}$ n 组强度中的最小值

F100 表示抗冻为 100 级的抗冻等级

W2 表示抗渗为 2 级的抗渗等级

5 材 料

5.1 水 泥

5.1.1 每一个工程所用水泥品种以 1~2 种为宜，并应固定供应厂家。

5.1.2 选择水泥品种应符合下列原则：

1 水位变化区外部混凝土、溢流面和经常受水流冲刷部位的混凝土及有抗冻要求的混凝土，宜选用中热硅酸盐水泥或硅酸盐水泥，也可选用普通硅酸盐水泥。

2 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，也可选用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、普通硅酸盐水泥和低热微膨胀水泥。

3 环境水对混凝土有硫酸盐侵蚀性时，应选择抗硫酸盐硅酸盐水泥。

5.1.3 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、溢流面及经常受水流冲刷部位、抗冻要求较高的部位，宜使用较高强度等级的水泥。

5.1.4 选用的水泥必须符合现行国家标准的规定。并可根据工程的特殊需要对水泥的化学成分、矿物组成和细度等提出专门要求。

5.1.5 运至工地的每一批水泥，应有生产厂的出厂合格证和品质试验报告，使用单位应进行验收检验（按每 200t~400t 同厂家、同品种、同强度等级的水泥为一取样单位，如不足 200t 也作为一取样单位），必要时应进行复验。

5.1.6 水泥品质的检验，按现行的国家标准进行。

5.1.7 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 运到工地的水泥,应按标明的品种、强度等级、生产厂家和出厂批号,分别储存到有明显标志的储罐或仓库中,不得混装。

3 水泥在运输和储存过程中应防水防潮,已受潮结块的水泥应经处理并检验合格方可使用。罐储水泥宜一个月倒罐一次。

4 水泥仓库应有排水、通风措施,保持干燥。堆放袋装水泥时,应设防潮层,距地面、边墙至少 30cm,堆放高度不得超过 15 袋,并留出运输通道。

5 散装水泥运至工地的人罐温度不宜高于 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。

7 应避免水泥的散失浪费,做好环境保护。

5.2 骨 料

5.2.1 使用的骨料应根据优质、经济、就地取材的原则进行选择。可选用天然骨料、人工骨料,或两者互相补充。选用人工骨料时,有条件的地方宜选用石灰岩质的料源。

5.2.2 骨料料源在品质、数量发生变化时,应按现行建筑材料勘察规程进行详细的补充勘察和碱活性成分含量试验。未经专门论证,不得使用碱活性骨料。

5.2.3 应根据粗细骨料需要总量、分期需要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环境措施,避免产生水土流失。

5.2.4 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。

5.2.5 根据实际需要和条件,可将细骨料分成粗细两级,分别堆存,在混凝土拌和时按一定比例掺配使用。

5.2.6 成品骨料的堆存和运输应符合下列规定:

1 堆存场地应有良好的排水设施,必要时应设遮阳防雨棚。

2 各级骨料仓之间应设置隔墙等有效措施,严禁混料,并

应避免泥土和其他杂物混入骨料中。

3 应尽量减少转运次数。卸料时，粒径大于 40mm 骨料的自由落差大于 3m 时，应设置缓降设施。

4 储料仓除有足够的容积外，还应维持不小于 6m 的堆料厚度。细骨料仓的数量和容积应满足细骨料脱水的要求。

5 在粗骨料成品堆场取料时，同一级料应注意在料堆不同部位同时取料。

5.2.7 细骨料（人工砂、天然砂）的品质要求：

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 范围内，天然砂的细度模数宜在 2.2~3.0 范围内。使用山砂、粗砂、特细砂应经过试验论证。

2 细骨料在开采过程中应定期或按一定开采数量进行碱活性检验，有潜在危害时，应采取相应措施，并经专门试验论证。

3 细骨料的含水率应保持稳定，人工砂饱和面干的含水率不宜超过 6%，必要时应采取加速脱水措施。

4 细骨料的其他品质要求应符合表 5.2.7 的规定。

表 5.2.7 细骨料的品质要求

项 目		指 标		备 注
		天然砂	人工砂	
石粉含量 %		—	6~18	
含泥量 %	≥C ₉₀ 30 和有抗冻要求的	≤3	—	
	<C ₉₀ 30	≤5		
泥块含量		不允许	不允许	
坚固性 %	有抗冻要求的混凝土	≤8	≤8	
	无抗冻要求的混凝土	≤10	≤10	
表观密度 kg/m ³		≥2500	≥2500	
硫化物及硫酸盐含量 %		≤1	≤1	折算成 SO ₃ , 按质量计
有机质含量		浅于标准色	不允许	
云母含量 %		≤2	≤2	
轻物质含量 %		≤1	—	

5.2.8 粗骨料（碎石、卵石）的品质要求：

1 粗骨料的**最大粒径**：不应超过钢筋净间距的 $2/3$ 、构件断面最小边长的 $1/4$ 、素混凝土板厚的 $1/2$ 。对少筋或无筋混凝土结构，应选用较大的粗骨料粒径。

2 施工中，宜将粗骨料按粒径分成下列几种粒径组合：

1) 当最大粒径为 40mm 时，分成 D_{20} 、 D_{40} 两级；

2) 当最大粒径为 80mm 时，分成 D_{20} 、 D_{40} 、 D_{80} 三级；

3) 当最大粒径为 150 (120) mm 时，分成 D_{20} 、 D_{40} 、 D_{80} 、 D_{150} (D_{120}) 四级。

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

4 采用连续级配或间断级配，应由试验确定。

5 各级骨料应避免分离。 D_{150} 、 D_{80} 、 D_{40} 和 D_{20} 分别用中径 (115mm、60mm、30mm 和 10mm) 方孔筛检测的筛余量应在 40%~70% 范围内。

6 如使用含有活性骨料、黄锈和钙质结核等粗骨料，必须进行专门试验论证。

7 粗骨料表面应洁净，如有裹粉、裹泥或被污染等应清除。

8 碎石和卵石的压碎指标值宜采用表 5.2.8-1 的规定。

表 5.2.8-1 粗骨料的压碎指标值

骨 料 类 别		不同混凝土强度等级的压碎指标值	
		%	
		$C_{90.55} \sim C_{90.40}$	$\leq D_{90.35}$
碎石	水成岩	≤ 10	≤ 16
	变质岩或深成的火成岩	≤ 12	≤ 20
	火成岩	≤ 13	≤ 30
卵 石		≤ 12	≤ 16

9 粗骨料的其他品质要求应符合表 5.2.8-2 的规定。

表 5.2.8-2 粗骨料的品质要求

项 目		指 标	备 注
含泥量 %	D ₂₀ 、D ₄₀ 粒径级	≤1	
	D ₈₀ 、D ₁₅₀ (D ₁₂₀) 粒径级	≤0.5	
泥块含量		不允许	
坚固性 %	有抗冻要求的混凝土	≤5	
	无抗冻要求的混凝土	≤12	
硫化物及硫酸盐含量 %		≤0.5	折算成 SO ₃ , 按质量计
有机质含量		浅于标准色	如深于标准色, 应进行混凝土强度对比试验, 抗压强度比不应低于 0.95
表观密度 kg/m ³		≥2550	
吸水率 %		≤2.5	
针片状颗粒含量 %		≤15	经试验论证, 可以放宽至 25%

5.2.9 取样与检验方法按 SD105 和有关标准执行。

5.3 掺 合 料

5.3.1 水工混凝土中应掺入适量的掺合料。其品种有粉煤灰、凝灰岩粉、矿渣微粉、硅粉、粒化电炉磷渣、氧化镁等。掺用的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, 通过试验论证确定。

5.3.2 掺合料的品质应符合现行的国家和有关行业标准。

5.3.3 粉煤灰掺合料宜选用 I 级或 II 级粉煤灰。

5.3.4 掺合料每批产品出厂时应有产品合格证，主要内容包括：厂名、等级、出厂日期、批号、数量及品质检验结果等。

5.3.5 使用单位对进场使用的掺合料应进行验收检验。粉煤灰等掺合料以连续供应 200t 为一批（不足 200t 按一批计），硅粉以连续供应 20t 为一批（不足 20t 按一批计），氧化镁以 60t 为一批（不足 60t 按一批计）。掺合料的品质检验按现行国家和有关行业标准进行。

5.3.6 掺合料应储存在专用仓库或储罐内，在运输和储存过程中应注意防潮，不得混入杂物，并应有防尘措施。

5.4 外加剂

5.4.1 水工混凝土中必须掺加适量的外加剂。

5.4.2 常用的外加剂有：普通减水剂、高效减水剂、缓凝高效减水剂、缓凝减水剂、引气减水剂、缓凝剂、高温缓凝剂、引气剂、泵送剂等。根据特殊需要，也可掺用其他性质的外加剂。外加剂品质必须符合现行的国家和有关行业标准。

5.4.3 外加剂选择应根据混凝土性能要求、施工需要、并结合工程选定的混凝土原材料进行适应性试验，经可靠性论证和技术经济比较后，选择合适的外加剂种类和掺量。一个工程掺用同种类外加剂的品种宜选用 1~2 种，并由专门生产厂家供应。

5.4.4 有抗冻性要求的混凝土应掺用引气剂。混凝土的含气量应根据混凝土的抗冻等级和骨料最大粒径等，通过试验确定。表 5.4.4 的规定供参考。

表 5.4.4 掺引气剂型外加剂混凝土的含气量

骨料最大粒径 mm		20	40	80	150 (120)
含气量 %	≥F200 混凝土	5.5	5.0	4.5	4.0
	≤F150 混凝土*	4.5	4.0	3.5	3.0

* F150 混凝土掺用与否，根据试验确定。

5.4.5 外加剂应配成水溶液使用。配制溶液时应称量准确，并搅拌均匀。根据工程需要，外加剂可复合使用，但必须通过试验论证。有要求时，应分别配制使用。

5.4.6 外加剂每批产品应有出厂检验报告和合格证。使用单位应进行验收检验。

5.4.7 外加剂的分批以掺量划分。掺量大于或等于 1% 的外加剂以 100t 为一批，掺量小于 1% 的外加剂以 50t 为一批，掺量小于 0.01% 的外加剂以 1t~2t 为一批，一批进场的外加剂不足一个批号数量的，应视为一批进行检验。

5.4.8 外加剂的检验按现行的国家和行业标准进行。

5.4.9 外加剂应存放在专用仓库或固定的场所妥善保管，不同品种外加剂应有标记，分别储存。粉状外加剂在运输和储存过程中应注意防水防潮。当外加剂储存时间过长，对其品质有怀疑时，必须进行试验认定。

5.5 水

5.5.1 凡符合国家标准的生活饮用水，均可用于拌和与养护混凝土。未经处理的工业污水和生活污水不得用于拌和与养护混凝土。

5.5.2 地表水、地下水和其他类型水在首次用于拌和与养护混凝土时，须按现行的有关标准，经检验合格方可使用。检验项目和标准应符合以下要求：

1 混凝土拌和养护用水与标准饮用水试验所得的水泥初凝时间差及终凝时间差均不得大于 30min。

2 混凝土拌和养护用水配制水泥砂浆 28d 抗压强度不得低于用标准饮用水拌和的砂浆抗压强度的 90%。

3 拌和与养护混凝土用水的 pH 值和水中的不溶物、可溶物、氯化物、硫酸盐的含量应符合表 5.5.2 的规定。

表 5.5.2 拌和与养护混凝土用水的指标要求

项 目	钢筋混凝土	素混凝土
pH值	>4	>4
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

6 配合比选定

6.0.1 为满足混凝土设计强度、耐久性、抗渗性等要求和施工和易性需要，应进行混凝土施工配合比优选试验。混凝土施工配合比选择应经综合分析比较，合理地降低水泥用量。主体工程混凝土配合比应经审查选定。

6.0.2 混凝土配制强度：

1 混凝土配制强度按下式计算：

$$f_{cu,0} = f_{cu,k} + t\sigma \quad (6.0.2-1)$$

式中： $f_{cu,0}$ ——混凝土的配制强度，MPa；

$f_{cu,k}$ ——混凝土设计龄期的强度标准值，MPa；

t ——概率度系数，依据保证率 P 选定，其值见附录 A 表 A1；

σ ——混凝土强度标准差，MPa。

2 混凝土强度标准差 (σ) 按以下规定确定：

1) 当没有近期的同品种混凝土强度资料时， σ 可参照表 6.0.2 取用。

表 6.0.2 标准差 σ 值

混凝土强度标准值	$\leq C_{90}15$	$C_{90}20 \sim C_{90}25$	$C_{90}30 \sim C_{90}35$	$C_{90}40 \sim C_{90}45$	$\geq C_{90}50$
σ (90d) MPa	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5

2) 根据前一个月 (或三个月) 相同强度等级、配合比的混凝土强度资料，混凝土强度标准差 σ 按下式计算：

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_{cu,i}^2 - nm^2_{fcu}}{n-1}} \quad (6.0.2-2)$$

式中： $f_{cu,i}$ ——第 i 组的试件强度，MPa；

m_{fcu} —— n 组试件的强度平均值，MPa；

n ——试件组数， n 值应大于 30。

σ 的下限取值：对小于和等于 C₉₀25 级混凝土，计算得到的 σ 小于 2.5MPa 时， σ 取 2.5MPa；对大于和等于 C₉₀30 级混凝土，计算得到的 σ 小于 3.0MPa 时， σ 取 3.0MPa。

施工中应根据施工时段强度的统计结果，调整 σ 值，进行动态控制。

6.0.3 混凝土设计强度标准值，按设计龄期提出的混凝土强度标准，以按标准方法制作养护的边长为 150mm 立方体试件的抗压强度值确定，用 MPa 表示。混凝土强度等级和保证率应符合设计的规定。

6.0.4 大体积内部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。

6.0.5 混凝土的水胶比（或水灰比），根据设计对混凝土性能的要求，应通过试验确定，并不应超过表 6.0.5 的规定。

表 6.0.5 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：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（或水灰比）应减小 0.05。

6.0.6 粗骨料级配及砂率的选择应根据混凝土的性能要求、施工和易性及最小单位用水量并尽量充分利用所生产的骨料、减少

弃料等原则，通过试验进行综合分析确定。

6.0.7 混凝土的坍落度，应根据建筑物的结构断面、钢筋含量、运输距离、浇筑方法、运输方式、振捣能力和气候等条件决定，在选定配合比时应综合考虑，并宜采用较小的坍落度。混凝土在浇筑地点的坍落度，可参照表 6.0.7 选用。

表 6.0.7 混凝土在浇筑地点的坍落度

混凝土类别	坍落度 cm
素混凝土或少筋混凝土	1~4
配筋率不超过 1% 的钢筋混凝土	3~6
配筋率超过 1% 的钢筋混凝土	5~9

注：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。

6.0.8 混凝土使用有碱活性反应的骨料时，配合比选择必须控制混凝土中的总含碱量（混凝土含碱量的计算方法见附录 B），以保证混凝土的耐久性。

6.0.9 混凝土配合比设计方法和混凝土试验按 SD105—1982《水工混凝土试验规程》的规定进行。抗冻性能以快冻法试验确定。

7 施 工

7.1 拌 和

7.1.1 拌和设备投入混凝土生产前，应按经批准的混凝土施工配合比进行最佳投料顺序和拌和时间的试验。

7.1.2 混凝土拌和必须按照试验部门签发并经审核的混凝土配料单进行配料，严禁擅自更改。

7.1.3 混凝土组成材料的配料量均以重量计。称量的允许偏差，不应超过表 7.1.3 的规定。

表 7.1.3 混凝土材料称量的允许偏差

材 料 名 称	称量允许偏差 (%)
水泥、掺合料、水、冰、外加剂溶液	±1
骨 料	±2

7.1.4 混凝土拌和时间应通过试验确定。表 7.1.4 中所列最少拌和时间，可供参考。

表 7.1.4 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
$0.8 \leq Q \leq 1$	80	90	60
$1 < Q \leq 3$	150	120	75
$Q > 3$	150	150	90

注

- 1 人机拌和量应在拌和机额定容量的 110% 以内。
- 2 加冰混凝土的拌和时间应延长 30s (强制式 15s)，出机的混凝土拌和物中不应有冰块。

7.1.5 每台班开始拌和前，应检查拌和机叶片的磨损情况。在

混凝土拌和过程中，应定时检测骨料含水量，必要时应加密检测。

7.1.6 混凝土掺合料在现场宜用干掺法，且必须拌和均匀。

7.1.7 外加剂溶液中的水量，应在拌和用水量中扣除。

7.1.8 拌和楼进行二次筛分后的粗骨料，其超逊径应控制在要求范围内。

7.1.9 混凝土拌和物出现下列情况之一者，按不合格料处理：

- 1 错用配料单已无法补救，不能满足质量要求；
- 2 混凝土配料时，任意一种材料计量失控或漏配，不符合质量要求；
- 3 拌和不均匀或夹带生料；
- 4 出机口混凝土坍落度超过最大允许值。

7.2 运 输

7.2.1 选择混凝土运输设备及运输能力，应与拌和、浇筑能力、仓面具体情况相适应。

7.2.2 所用的运输设备，应使混凝土在运输过程中不致发生分离、漏浆、严重泌水、过多温度回升和坍落度损失。

7.2.3 同时运输两种以上强度等级、级配或其他特性不同的混凝土时，应设置明显的区分标志。

7.2.4 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。掺普通减水剂的混凝土运输时间不宜超过表 7.2.4 的规定。因故停歇过久，混凝土已初凝或已失去塑性时，应作废料处理。严禁在运输途中和卸料时加水。

表 7.2.4 混凝土运输时间

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

7.2.5 在高温或低温条件下，混凝土运输工具应设置遮盖或保温设施，以避免天气、气温等因素影响混凝土质量。

7.2.6 混凝土的自由下落高度不宜大于 1.5m。超过时，应采取缓降或其他措施，以防止骨料分离。

7.2.7 用汽车、侧翻车、侧卸车、料罐车、搅拌车及其他专用车辆运送混凝土时，应遵守下列规定：

- 1 运输混凝土的汽车应为专用；运输道路应保持平整。
- 2 装载混凝土的厚度不应小于 40cm，车箱应平滑密闭不漏浆。
- 3 每次卸料，应将所载混凝土卸净，并应适时清洗车箱（料罐）。
- 4 汽车运输混凝土直接进入仓时，必须有确保混凝土施工质量措施。

7.2.8 用门式、塔式、缆式起重机以及其他吊车配吊罐运输混凝土时，应遵守下列规定：

- 1 起重设备的吊钩、钢丝绳、机电系统配套设施、吊罐的吊耳及吊罐放料口等，应定期进行检查维修，保证设备完好。
- 2 吊罐不得漏浆，并应经常清洗。
- 3 起重设备运转时，应注意与周围施工设备保持一定距离和高度。

7.2.9 用各类皮带机（包括塔带机、胎带机等）运输混凝土时，应遵守下列规定：

- 1 混凝土运输中应避免砂浆损失；必要时适当增加配合比的砂率。
- 2 当输送混凝土的最大骨料粒径大于 80mm 时，应进行适应性试验，满足混凝土质量要求。
- 3 皮带机卸料处应设置挡板、卸料导管和刮板。
- 4 皮带机布料应均匀，堆料高度应小于 1m。
- 5 应有冲洗设施及时清洗皮带上粘附的水泥砂浆，并应防止冲洗水流入仓内。

6 露天皮带机上宜搭设盖棚，以免混凝土受日照、风、雨等影响；低温季节施工时，应有适当的保温措施。

7.2.10 用溜筒、溜管、溜槽、负压（真空）溜槽运输混凝土时，应遵守下列规定：

1 溜筒（管、槽）内壁应光滑，开始浇筑前应用砂浆润滑筒（管、槽）内壁；当用水润滑时应将水引出仓外，仓面必须有排水措施。

2 使用溜筒（管、槽），应经过试验论证，确定溜筒（管、槽）高度与合适的混凝土坍落度。

3 溜筒（管、槽）宜平顺，每节之间应连接牢固，应有防脱落保护措施。

4 运输和卸料过程中，应避免混凝土分离，严禁向溜筒（管、槽）内加水。

5 当运输结束或溜筒（管、槽）堵塞经处理后，应及时清洗，且应防止清洗水进入新浇混凝土仓内。

7.3 浇 筑

7.3.1 建筑物地基必须经验收合格后，方可进行混凝土浇筑仓面准备工作。

7.3.2 岩基上的松动岩块及杂物、泥土均应清除。岩基面应冲洗干净并排净积水；如有承压水，必须采取可靠的处理措施。清洗后的岩基在浇筑混凝土前应保持洁净和湿润。

7.3.3 软基或容易风化的岩基，应作好下列工作：

1 在软基上准备仓面时，应避免破坏或扰动原状土壤。如有扰动，必须处理。

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

3 当地基为湿陷性黄土时，应采取专门的处理措施。

4 在混凝土覆盖前，应做好基础保护。

7.3.4 浇筑混凝土前，应详细检查有关准备工作，包括地基处

理（或缝面处理）情况，混凝土浇筑的准备工作，模板、钢筋、预埋件等是否符合设计要求，并应作好记录。

7.3.5 基岩面和新老混凝土施工缝面在浇筑第一层混凝土前，可铺水泥砂浆、小级配混凝土或同强度等级的富砂浆混凝土，保证新混凝土与基岩或新老混凝土施工缝面结合良好。

7.3.6 混凝土的浇筑，可采用平铺法或台阶法施工。应按一定厚度、次序、方向，分层进行，且浇筑层面平整。台阶法施工的台阶宽度不应小于2m。在压力钢管、竖井、孔道、廊道等周边及顶板浇筑混凝土时，混凝土应对称均匀上升。

7.3.7 混凝土浇筑坯层厚度，应根据拌和能力、运输能力、浇筑速度、气温及振捣能力等因素确定，一般为30cm~50cm。根据振捣设备类型确定浇筑坯层的允许最大厚度可参照表7.3.7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 7.3.7 混凝土浇筑坯层的允许最大厚度

振捣设备类别		浇筑坯层允许最大厚度
插入式	振捣机	振捣棒（头）长度的1.0倍
	电动或风动振捣器	振捣棒（头）长度的0.8倍
	软轴式振捣器	振捣棒（头）长度的1.25倍
平板式	无筋或单层钢筋结构中	250mm
	双层钢筋结构中	200mm

7.3.8 入仓的混凝土应及时平仓振捣，不得堆积。仓内若有粗骨料堆叠时，应均匀地分布至砂浆较多处，但不得用水泥砂浆覆盖，以免造成蜂窝。在倾斜面上浇筑混凝土时，应从低处开始，浇筑面应水平，在倾斜面处收仓面应与倾斜面垂直。

7.3.9 混凝土浇筑的振捣应遵守下列规定：

1 混凝土浇筑应先平仓后振捣，严禁以振捣代替平仓。振捣时间以混凝土粗骨料不再显著下沉，并开始泛浆为准，应避免欠振或过振。

2 振捣设备的振捣能力应与浇筑机械和仓位客观条件相适应，使用塔带机浇筑的大仓位，宜配置振捣机振捣。使用振捣机时，应遵守下列规定：

- 1) 振捣棒组应垂直插入混凝土中，振捣完应慢慢拔出。
- 2) 移动振捣棒组，应按规定间距相接。
- 3) 振捣第一层混凝土时，振捣棒组应距硬化混凝土面 5cm。振捣上层混凝土时，振捣棒头应插入下层混凝土 5cm~10cm。
- 4) 振捣作业时，振捣棒头离模板的距离应不小于振捣棒的有效作用半径的 1/2。

3 采用手持式振捣器时应遵守下列规定：

- 1) 振捣器插入混凝土的间距，应根据试验确定并不超过振捣器有效半径的 1.5 倍。
- 2) 振捣器宜垂直按顺序插入混凝土。如略有倾斜，则倾斜方向应保持一致，以免漏振。
- 3) 振捣时，应将振捣器插入下层混凝土 5cm 左右。
- 4) 严禁振捣器直接碰撞模板、钢筋及预埋件。
- 5) 在预埋件特别是止水片、止浆片周围，应细心振捣，必要时辅以人工捣固密实。
- 6) 浇筑块第一层、卸料接触带和台阶边坡的混凝土应加强振捣。

7.3.10 混凝土浇筑过程中，严禁在仓内加水；混凝土和易性较差时，必须采取加强振捣等措施；仓内的泌水必须及时排除；应避免外来水进入仓内，严禁在模板上开孔赶水，带走灰浆；应随时清除粘附在模板、钢筋和预埋件表面的砂浆。

7.3.11 混凝土浇筑应保持连续性。

1 混凝土浇筑允许间歇时间应通过试验确定。掺普通减水剂混凝土的允许间歇时间可参照表 7.3.11。如因故超过允许间歇时间，但混凝土能重塑者，可继续浇筑。

2 如局部初凝，但未超过允许面积，则在初凝部位铺水泥砂浆或小级配混凝土后可继续浇筑。

表 7.3.11 混凝土的允许间歇时间

混凝土浇筑时的气温 ℃	允许间歇时间 min	
	中热硅酸盐水泥、硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥	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	—

7.3.12 浇筑仓面出现下列情况之一时，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偏差值，并在 1 小时内无法调整至允许温度范围内。

7.3.13 浇筑仓面混凝土料出现下列情况之一时，应予挖除：

- 1 出现 7.1.9 第 1、2、3 款情况的不合格料；
- 2 下到高等级混凝土浇筑部位的低等级混凝土料；
- 3 不能保证混凝土振捣密实或对建筑物带来不利影响的级配错误的混凝土料；
- 4 长时间不凝固、超过规定时间的混凝土料。

7.3.14 混凝土施工缝处理，应遵守下列规定：

- 1 混凝土收仓面应浇筑平整，在其抗压强度尚未到达 2.5MPa 前，不得进行下道工序的仓面准备工作。
- 2 混凝土施工缝面应无乳皮，微露粗砂。
- 3 毛面处理宜采用 25MPa~50MPa 高压水冲毛机，也可采用低压水、风砂枪、刷毛机及人工凿毛等方法。毛面处理的开始时间由试验确定。采取喷洒专用处理剂时，应通过试验后实施。

7.3.15 结构物混凝土达到设计顶面时，应使其平整，其高程必须符合设计要求。

7.4 雨季施工

7.4.1 雨季施工应做好下列工作：

- 1 砂石料仓应排水畅通；
- 2 运输工具应有防雨及防滑措施；
- 3 浇筑仓面应有防雨措施并备有不透水覆盖材料；
- 4 增加骨料含水率测定次数，及时调整拌和用水量。

7.4.2 中雨以上的雨天不得新开混凝土浇筑仓面，有抗冲耐磨和有抹面要求的混凝土不得在雨天施工。

7.4.3 在小雨天气进行浇筑时，应采取下列措施：

- 1 适当减少混凝土拌和用水量和出机口混凝土的坍落度，必要时适当缩小混凝土的水胶比；
- 2 加强仓内排水和防止周围雨水流入仓内；
- 3 做好新浇筑混凝土面尤其是接头部位的保护工作。

7.4.4 在浇筑过程中，遇大雨、暴雨，应立即停止进料，已入仓混凝土应振捣密实后遮盖。雨后必须先排除仓内积水，对受雨水冲刷的部位应立即处理，如混凝土还能重塑，应加铺接缝混凝土后继续浇筑，否则应按施工缝处理。

7.4.5 及时了解天气预报，合理安排施工。

7.5 养 护

7.5.1 混凝土浇筑完毕后，应及时洒水养护，保持混凝土表面湿润。

7.5.2 混凝土表面养护的要求：

- 1 混凝土浇筑完毕后，养护前应避免太阳光暴晒。
- 2 塑性混凝土应在浇筑完毕后 6~18h 内开始洒水养护，低塑性混凝土宜在浇筑完毕后立即喷雾养护，并及早开始洒水养护。
- 3 混凝土应连续养护，养护期内始终使混凝土表面保持湿润。

7.5.3 混凝土养护时间，不宜少于 28d，有特殊要求的部位宜适当延长养护时间。

7.5.4 混凝土养护应有专人负责，并应作好养护记录。

8 温度控制

8.1 一般规定

8.1.1 有温度控制要求的混凝土应符合本章规定。有关低温季节混凝土施工的温度控制规定见第9章。

8.1.2 混凝土浇筑的纵横缝设置、分层厚度及浇筑间歇时间等，应符合设计规定。

8.1.3 为了防止混凝土裂缝，必须从结构设计、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、养护和表面保护等方面采取综合措施。混凝土应避免薄块长间歇和块体早期过水，基础部位必须从严控制。经试验论证后，可使用微膨胀型水泥。

8.1.4 为提高有抗裂要求工程部位混凝土的抗裂能力，混凝土的质量除应满足强度保证率的要求外，施工质量均匀性应达到表11.5.11中的良好以上标准。

8.1.5 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。

8.1.6 应控制混凝土的出机口温度及运输、浇筑过程中的温度回升。混凝土允许浇筑温度应符合设计规定。设计文件未规定允许浇筑温度时，可根据混凝土内部允许最高温度计算允许浇筑温度。混凝土浇筑温度不宜大于28℃。应采取综合措施，使混凝土最高温度控制在设计允许范围内。

8.1.7 施工过程中，坝块宜均匀上升，相邻坝块的高差不宜超过10m~12m。如因施工特殊需要，应论证并经批准后可适当放宽。

8.2 温度控制措施

8.2.1 降低混凝土浇筑温度

1 采取下列措施降低料仓骨料温度：

- 1) 成品料仓骨料的堆高不宜低于 6m，并应有足够的储备；
- 2) 通过地弄取料；
- 3) 搭盖凉棚，喷洒水雾降温（砂子除外）等。

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

3 为防止温度回升，骨料从预冷仓到拌和楼，应采取隔热、保温措施。

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。

5 在高温季节施工时，应根据具体情况，采取下列措施减少混凝土的温度回升：

- 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、夜间及利用阴天进行；
- 5) 当浇筑块尺寸较大时，可采用台阶式浇筑法，浇筑块分层厚度小于 1.5m；
- 6) 混凝土平仓振捣后，采用隔热材料及时覆盖。

6 基础部位混凝土，应在有利季节进行浇筑。如需在高温季节浇筑，必须经过论证，并采取有效的温度控制措施，经批准后进行。

8.2.2 降低混凝土的水化热温升

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，采取综合措施，减少混凝土的单位水泥用量。

2 基础混凝土和老混凝土约束部位浇筑层厚以 1m~2m 为宜，上下层浇筑间歇时间宜为 5d~10d。若在浇筑层中埋设冷却

水管，分层厚度可采用 3m，层间间歇时间可适当延长。在高温季节，可采用表面流水养护混凝土，有利于表面散热。

3 采用冷却水管进行初期冷却，通水时间由计算确定，一般为 15d~20d。混凝土温度与水温之差，不宜超过 25℃，管中水的流速以 0.6m/s 为宜。水流方向应每 24h 调换 1 次，每天降温不宜超过 1℃。

8.2.3 降低坝体内外温差

为降低坝体内外温差，防止或减少表面裂缝，应在低温季节前，将坝体温度降至设计要求的温度。如采用坝体中期通水冷却，通水冷却时间由计算确定，一般为 2 个月左右。通过水温与混凝土内部温度之差，不应超过 20℃，日降温不超过 1℃。

8.2.4 表面保护

1 在低温季节和气温骤降季节，混凝土应进行早期表面保护。

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，必须加以保护。寒冷地区的老混凝土，其表面保护措施和时间可根据具体情况确定。

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；如必须拆模，应在拆模的同时采取保护措施。

4 混凝土侧面保护，应结合模板类型、材料性能等综合考虑，必要时采用模板内贴保温材料或混凝土预制模板。

5 混凝土表面保护层材料及其厚度，应根据不同部位、结构的混凝土内外温度和气候条件，经计算、试验选择确定。

6 已浇好的底板、护坦、闸墩等薄板（壁）建筑物，其顶（侧）面宜保护到过水前。对于宽缝重力坝、支墩坝、空腹坝的空腔，在进入低温、气温骤降频繁的季节前，宜将空腔封闭并进行表面保护。

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护。

7 28d 龄期内的混凝土，应在气温骤降前进行表面保护。浇筑面顶面保护至气温骤降结束或上层混凝土开始浇筑前。

8.2.5 特殊部位的温度控制措施

1 对岩基深度超过 3m 的塘、槽回填混凝土，应采用分层浇筑或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。

2 预留槽必须在两侧老混凝土温度达到设计规定后，才能回填混凝土。回填混凝土应在有利季节进行或采用低温混凝土施工。

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，除应必须控制浇筑温度外，可采用薄层、短间歇均匀上升的施工方法，并应安排在有利季节进行。必要时，采用初期通水冷却或其他措施。

4 自然冷却不能达到坝体的接缝灌浆温度要求时，应在混凝土浇筑时埋设冷却水管进行后期冷却。

5 孔洞封堵的混凝土宜采用综合温控措施，以满足设计要求。

8.3 温 度 测 量

8.3.1 在混凝土施工过程中，应至少每 4h 测量一次混凝土原材料的温度、机口混凝土温度以及坝体冷却水的温度和气温，并做好记录。

8.3.2 混凝土浇筑温度的测量，每 100m² 仓面面积应不少于一个测点，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。

8.3.3 浇筑块内部的温度观测，除按设计规定进行外，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°C 以下或最低气温连续 5d 稳定在 -3°C 以下时, 按低温季节施工。

9.1.2 低温季节施工, 必须编制专项施工组织设计和技术措施, 以保证浇筑的混凝土满足设计要求。

9.1.3 混凝土早期允许受冻临界强度应满足下列要求:

1 大体积混凝土不应低于 7.0MPa (或成熟度不低于 $1800^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}$);

2 非大体积混凝土和钢筋混凝土不应低于设计强度的 85%。

9.1.4 低温季节, 尤其在严寒和寒冷地区, 施工部位不宜分散。已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。

9.1.5 进入低温季节, 施工前应先准备好加热、保温和防冻材料 (包括早强、防冻外加剂), 并应有防火措施。

9.2 施工准备

9.2.1 原材料的储存、加热、输送和混凝土的拌和、运输、浇筑仓面, 均应根据气候条件通过热工计算, 选择适宜的保温措施。

9.2.2 骨料宜在进入低温季节前筛洗完毕。成品料应有足够的储备和堆高, 并要有防止冰雪和冻结的措施。

9.2.3 低温季节混凝土拌和水宜先加热。当日平均气温稳定在 -5°C 以下时, 宜将骨料加热。骨料加热方法, 宜采用蒸汽排管法, 粗骨料可以直接用蒸汽加热, 但不得影响混凝土的水灰比。

骨料不需加热时, 应注意不要结冰, 也不应混入冰雪。

9.2.4 拌和混凝土之前，应用热水或蒸汽冲洗拌和机，并将积水排除。

9.2.5 在岩基或老混凝土上浇筑混凝土前，应检测表面温度，如为负温，应加热至正温，加热深度不小于 10cm 或加热至仓面边角（最冷处）表面正温（大于 0℃）为准，经检验合格后方可浇筑混凝土。

9.2.6 仓面清理宜采用热风枪或机械方法，不宜用水枪或风水枪。

9.2.7 在软基上浇筑第一层基础混凝土时，基土不能受冻。

9.3 施工方法、保温措施

9.3.1 低温季节混凝土的施工方法遵照下列要求：

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 在严寒和寒冷地区预计日平均气温 -10°C 以上时，宜采用蓄热法；预计日平均气温 $-15^{\circ}\text{C} \sim -10^{\circ}\text{C}$ 时可采用综合蓄热法或暖棚法；对风沙大，不宜搭设暖棚的仓面，可采用覆盖保温被下面布设暖气排管的办法；对特别严寒地区（最热月与最冷月平均温度差大于 42°C ），在进入低温季节施工时要制订周密的施工方案。

3 除工程特殊需要，日平均气温 -20°C 以下不宜施工。

9.3.2 混凝土的浇筑温度应符合设计要求，但温和地区不宜低于 3°C ；严寒和寒冷地区采用蓄热法不应低于 5°C ，采用暖棚法不应低于 3°C 。

9.3.3 当采用蒸汽加热或电热法施工时，应进行专门设计。

9.3.4 温和地区和寒冷地区采用蓄热法施工，应遵守下列规定：

1 保温模板应严密，保温层应搭接牢靠，尤其在孔洞和接头处，应保证施工质量；

2 有孔洞和迎风面的部位，应增设挡风保温设施；

3 浇筑完毕后应立即覆盖保温；

4 使用不易吸潮的保温材料。

9.3.5 外挂保温层必须牢固地固定在模板上。模板内贴保温层表面应平整，并有可靠措施保证在拆模后能固定在混凝土表面。

9.3.6 混凝土拌和时间应比常温季节适当延长，具体通过试验确定。已加热的骨料和混凝土，宜缩短运距，减少倒运次数。

9.3.7 在施工过程中，应控制并及时调节混凝土的机口温度，尽量减少波动，保持浇筑温度均匀。控制方法以调节拌和水温为宜。提高混凝土拌和物温度的方法：首先应考虑加热拌和用水；当加热拌和用水尚不能满足浇筑温度要求时，应加热骨料。水泥不得直接加热。

9.3.8 拌和用水加热超过 60°C 时，应改变加料顺序，将骨料与水先拌和，再加入水泥，以免假凝。

9.3.9 混凝土浇筑完毕后，外露表面应及时保温。新老混凝土接合处和边角处应做好保温，保温层厚度应是其他面保温层厚度的 2 倍，保温层搭接长度不应小于 30cm。

9.3.10 在低温季节浇筑的混凝土，拆除模板应遵守下列规定：

1 非承重模板拆除时，混凝土强度必须大于允许受冻的临界强度或成熟度值。

2 承重模板拆除应经计算确定。

3 拆模时间及拆模后的保护，应满足温控防裂要求，并遵守内外温差不大于 20°C 或 2d~3d 内混凝土表面温降不超过 6°C 。

9.3.11 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 C）。

9.4 温度观测

9.4.1 施工期间，温度观测规定如下：

1 外界气温宜采用自动测温仪器，若采用人工测温，每天应测量 4 次。

2 暖棚内气温每 4 小时一次，以距混凝土面 50cm 的温度

为准，测四边角和中心温度的平均数为暖棚内气温值。

3 水、外加剂及骨料的温度每小时测一次。测量水、外加剂溶液和砂的温度，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 混凝土的机口温度、运输过程中温度损失及浇筑温度，根据需要测量或每2h测量一次。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，可用电阻式温度计或热电偶等仪器观测或埋设测温孔（孔深应大于15cm，孔内灌满液体介质），用温度传感器或玻璃温度计测量。

9.4.2 大体积混凝土浇筑后3d内应加密观测温度变化：外部混凝土每天应观测最高、最低温度；内部混凝土8h观测一次。其后宜12h观测一次。

9.4.3 气温骤降和寒潮期间，应增加温度观测次数。

10 预埋件施工

10.1 一般规定

10.1.1 预埋件的结构型式、位置、尺寸以及所用材料的品种、规格、性能指标必须符合设计要求和有关标准。

10.1.2 预埋件所用材料应有生产厂家的性能检测报告和出厂合格证。在使用前，应对其进行抽样（或全部）检测。不合格者严禁使用。

10.1.3 预埋件材料及构件均不宜露天堆存，要防晒防潮。各种内部观测仪器应有库房存放和专人管理。

10.1.4 对已安装的埋件设施，在施工中应做好保护，保证不受损、不移位、不变形。

10.2 止水、伸缩缝、排水

10.2.1 止水片（带）连接与安装

1 铜止水片应平整，表面的浮皮、锈污、油渍均应清除干净，如有砂眼、钉孔、裂纹应予补焊。

2 铜止水片的现场接长宜用搭接焊接。搭接长度应不小于2cm，且应双面焊接（包括“鼻子”部分）。经试验能够保证质量亦可采用对接焊接，但均不得采用手工电弧焊。

3 焊接接头表面应光滑、无砂眼或裂纹，不渗水。在工厂加工的接头应抽查，抽查数量不少于接头总数的20%。在现场焊接的接头，应逐个进行外观和渗透检查合格。

4 铜止水片安装应准确、牢固，其鼻子中心线与接缝中心线偏差为 $\pm 5\text{mm}$ 。定位后应在鼻子空腔内满填塑性材料。

5 不得使用变形、裂纹和撕裂的聚氯乙烯（PVC）或橡胶止水带。

6 橡胶止水带连接宜采用硫化热粘接；PVC止水带的连

接，按厂家要求进行，可采用热粘接（搭接长度不小于 10cm）。接头应逐个进行检查，不得有气泡、夹渣或假焊。

7 对止水片（带）接头必要时进行强度检查，抗拉强度不应低于母材强度的 75%。

8 铜止水片与 PVC 止水带接头，宜采用螺栓栓接法（俗称塑料包紫铜），栓接长度不宜小于 35cm。

9 止水带安装应由模板夹紧定位，支撑牢固。

10 水平止水片（带）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​​施把止水片（带）埋入或留出。

10.2.2 止水基座施工

1 接缝止水基座，应按设计要求的尺寸挖槽，并按建基面要求清除松动岩块和浮渣，冲洗干净。基座混凝土必须振捣密实，混凝土抗压强度达 10MPa 后，方可浇筑上部混凝土（混凝土抗压强度达 2.5MPa 后可开始下道工序准备工作）。

2 坝基止水槽、止水堤（埂）基础，应按建基面要求验收合格。在混凝土面上应刷隔离剂，但不得污染其他部位。

10.2.3 沥青止水井制作和安装

1 沥青止水井（简称沥青井）内所用沥青和沥青混合物（简称填料）的配合比应按设计要求通过试验确定。同一口沥青井内填料的材料和配合比应一致。

2 宜采用预制的止水沥青（填料）柱。

3 采用预留沥青井时，应做到：

1) 混凝土预制井壁内、外面应是粗糙面，并保持干燥清洁，各节头处应座浆严密；

2) 电热元件（或蒸汽管道）的位置应埋设准确，固定牢靠，逐段灌注填料。

4 沥青井全部形成后，沥青填料应通电（或蒸汽）加热融化一次，再加满填料，井口加盖，并详细记录各项资料。

10.2.4 伸缩缝缝面填料施工

1 伸缩缝缝面应平整、洁净，如有蜂窝麻面，应填平，外

露铁件应割除。

2 缝面填料的材料、厚度应符合设计要求。

3 缝面应干燥，先刷冷底子油，再按序粘贴。其高度不得低于混凝土收仓高度。

4 贴面材料要粘贴牢靠，破损的应随时修补。

10.2.5 排水设施施工

1 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。排水孔的钻进应按设计图纸及有关文件要求统一编号并作好原始记录。

2 岩基排水孔的允许偏差，按设计要求控制，当设计未作规定时，应按表 10.2.5 的规定控制。

表 10.2.5 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%	$\pm 0.5\%$

3 坝基排水孔钻好后，应进行冲洗，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。

4 排水孔的孔口装置应按设计要求加工、安装，并进行防锈处理。孔口装置连接件应安装牢固，不得有渗水、漏水现象。

5 岩基水平排水管（道）和岩基排水廊道的接头及与基岩面的接触处必须密合。接头密合连接前应将管（道）内清除干净，保证通畅。

6 坝体排水孔宜采用拔管法造孔。拔管时间由试验确定。平面位置应符合设计规定。

7 当坝体排水孔采用预制无砂混凝土管时，应达到设计强度后才能安装。应做好管段接头的密封，施工中应有专人维护，管身不得淤堵、碰撞。

10.3 冷却、接缝灌浆管路

10.3.1 埋设的管子应无堵塞现象。管子表面的锈皮、油渍等应清除干净。

10.3.2 管子的接头必须牢固，不得漏水、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，不得漏入水泥浆。

10.3.3 管路安装应牢固、可靠。经过伸缩缝的管道，应设置伸缩节或过缝处理。

10.3.4 所有埋管出口应妥善保护，埋管出口集中处，应作好识别标志。出口段宜露出模板外面 30cm~50cm。

10.3.5 管路安装完毕，应以压力水或通气的方法检查是否通畅。如发现有堵塞或漏水（气）现象，应进行处理，直至合格。

10.3.6 管路在混凝土浇筑过程中，应有专人维护，以免管路变形或发生堵塞。在埋入混凝土 30cm~50cm 后，应通水（气）检查，发现问题，应及时处理。

10.3.7 各种预埋管路的位置、高程、进出口等均应作好详细记录并绘图说明。

10.4 铁 件

10.4.1 各类预埋铁件，应按图加工、分类堆放。

10.4.2 各类预埋铁件，在埋设前，应将表面的锈皮、油污等清除干净。

10.4.3 各种预埋铁件的规格、数量、高程、方位、埋入深度及外露长度等均应符合设计要求，安装必须牢固可靠，精度应符合有关规程、标准的要求。

10.4.4 在混凝土浇筑过程中，各类埋设的铁件不得移位或松动。周围混凝土应振捣密实。

10.4.5 安装螺栓或精度要求高的铁件，可采用样板固定，或采用二期混凝土施工方法。

10.4.6 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：柱子的锚筋不大于2cm；钢筋网的锚筋不大于5cm。

2 钻孔底部的孔径以 $d_0 + 20\text{mm}$ 为宜（ d_0 为锚筋直径）。

3 在岩石部分的钻孔深度，不得浅于设计孔深。

4 钻孔的倾斜度对设计轴线的偏差在全孔深度范围内不得超过5%。

5 锚筋埋设后不得晃动，应在孔内砂浆强度达到2.5MPa时，方可进行下道工序。

10.4.7 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级钢材加工。埋入的吊钩、铁环，在混凝土浇筑过程中，应有专人维护，防止移动或变形。待混凝土达到设计强度后，方可使用。

10.4.8 各种爬梯、扶手及栏杆预埋铁件，埋入深度应符合设计要求。未经安全检查，不得启用。

10.5 内部观测仪器

10.5.1 各种观测仪器的安装，应按照设计图纸和SDJ336及制造厂家的说明书进行，如需变更，应经过论证和批准。

10.5.2 所有观测仪器在埋设之前，均应按SDJ336的规定对厂家提供的仪器（设备）重新率定或检验，合格后方可进行埋设。

10.5.3 仪器电缆应采用专用电缆和硫化仪硫化连接。接头应绝缘、不透气、不渗水。

10.5.4 仪器按图在电缆上编号，每个仪器的电缆上编号不得少于3处，再根据电缆长度每20m结标一个编号，埋设前必须逐个查对，做到准确无误。

10.5.5 仪器埋设前，应清查仪器及其附件的数量、规格、尺寸是否符合设计要求；需用的工具和材料应满足埋设安装的需要。

10.5.6 埋设仪器应轻拿轻放。安装时，要保证仪器位置、方向和角度准确。仪器安装定位后，应检查合格，方可浇筑混凝土，

并将周围混凝土中粒径大于 4cm 的骨料剔除，再振捣密实。

10.5.7 仪器的电缆走向，在平面上按平行于坝轴线和垂直于坝轴线呈直线进行埋设。电缆应距施工缝面 15cm 以上，上游面仪器电缆应分散进行埋设。电缆过缝、进观测站应分别进行过缝、防剪切和防渗处理。

10.5.8 仪器和电缆在埋设中应有专人看护，埋入后应提供仪器编号、坐标和方向、埋设日期、埋设前后观测数据及环境情况等资料，及时绘制竣工图。

11 质量控制与检查

11.1 一般规定

11.1.1 混凝土原材料、配合比、施工各环节及硬化后的混凝土质量均应进行控制与检查。

11.1.2 在混凝土施工过程中，应进行质量检验，掌握质量动态信息，应采用质量管理图表进行统计分析，及时制定改进与提高质量的措施。

11.1.3 应建立和健全质量管理和保证体系，并根据工程规模和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，建立健全必要的技术管理与质量控制制度。

11.2 原材料的质量控制

11.2.1 混凝土的各种原材料，应经检验合格后方可使用。

11.2.2 混凝土生产过程中，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品质。

11.2.3 拌和与养护混凝土用水，在水源改变或对水质有怀疑时，应随时进行检验。

11.2.4 对配制外加剂溶液的浓度，每天应检测 1~2 次。必要时可采用水泥净浆（或砂浆）流动度检测减水剂溶液的减水率和引气剂溶液的表面张力。

11.2.5 骨料品质检验：

1 骨料生产成品的品质检验：

1) 骨料生产成品的品质，每 8h 应检测一次。检测项目：细骨料的细度模数、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 600t

~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、泥块含量和 D_{20} 粒级骨料的中径筛筛余量。

- 3) 每批产品出厂时，应有产品品质检验报告（内容应包括产地、类别、规格、数量、检验日期、检测项目及结果、结论等）。
 - 4) 使用单位每月按表 5.2.7、表 5.2.8-1 和表 5.2.8-2 中的指标进行 1~2 次抽样检验。必要时应定期进行碱活性检验。
- 2 在拌和楼抽样检测：
- 1) 砂子、小石的含水量每 4h 检测 1 次，雨雪后等特殊情况下应加密检测。
 - 2) 砂子的细度模数和人工砂的石粉含量、天然砂的含泥量每天检测 1 次。
当砂子细度模数超出控制中值 ± 0.2 时，应调整配料单的砂率。
 - 3) 粗骨料的超逊径、含泥量每 8h 应检测 1 次。
 - 4) 每月应在拌和楼取砂石骨料按表 5.2.7、表 5.2.8-1 和表 5.2.8-2 所列项目进行一次检验。

11.3 混凝土拌和与混凝土拌和物的质量控制

11.3.1 混凝土施工配合比必须通过试验，满足设计技术指标和施工要求，并经审批后方可使用。混凝土施工配料单必须经审核后签发，并严格按签发的混凝土施工配料单进行配料，严禁擅自更改。

11.3.2 混凝土拌和楼（站）的计量器具应定期（每月不少于一次）检验校正，在必要时随时抽验。每班称量前，应对称量设备进行零点校验。

11.3.3 在混凝土拌和生产中，应定期对混凝土拌和物的均匀性、拌和时间和称量衡器的精度进行检验，如发现问题应立即处理。

11.3.4 在混凝土拌和生产中，应对各种原材料的配料称量进行检查并记录，每 8h 不应少于 2 次。

11.3.5 混凝土组成材料计量的允许偏差按表 7.1.3 控制。

11.3.6 混凝土拌和时间，每 4h 应检测 1 次。

11.3.7 混凝土拌和物应拌和均匀，其检测方法应按 GB/T 9142 和 SD105—1982 进行。

11.3.8 混凝土坍落度每 4h 应检测 1~2 次。其允许偏差应符合表 11.3.8 的规定。

表 11.3.8 坍落度允许偏差

坍落度 cm	允许偏差 cm
≤4	±1
4~10	±2
>10	±3

11.3.9 引气混凝土的含气量，每 4h 应检测 1 次。含气量允许的偏差范围为 ±1.0%。

11.3.10 混凝土拌和物温度、气温和原材料温度，每 4h 应检测 1 次。

11.3.11 混凝土拌和物的水胶比（或水灰比）在必要时按 GBJ80 和 SD105—1982 进行检测。

11.4 浇筑质量检查与控制

11.4.1 混凝土浇筑前准备工作检查

1 应按 SDJ249.1—1988 的要求对基础面或混凝土施工缝面进行处理；对模板、钢筋、预埋件质量进行检查，取得开仓证方可进行混凝土浇筑。

2 有金属结构、机电安装和仪器埋设时，签发开仓证前，应按相关规程或标准进行验收。

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与出现的问题及其处理进行详细记录。

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事故时应及时检查和处理。对混凝土强度或内部质量有怀疑时，可采取无损检测法（如回弹法、超声回弹综合法等）或钻孔取芯、压水试验等进行检查。

11.5 强度检验与评定

11.5.1 现场混凝土质量检验以抗压强度为主，并以 150mm 立方体试件的抗压强度为标准。

11.5.2 混凝土试件以机口随机取样为主，每组混凝土的 3 个试件应在同一储料斗或运输车箱内的混凝土中取样制作。浇筑地点试件取样数量宜为机口取样数量的 10%，并按下列规定确定其强度代表值。

1 以每组 3 个试件的算术平均值为该组试件的强度代表值。

2 当一组试件中强度的最大值或最小值与中间值之差超过 15% 时，取中间值作为该组试件的强度代表值。

3 当一组试件中强度的最大值和最小值与中间值之差均超过 15% 时，该组试件的强度不应作为评定的依据。

11.5.3 同一强度等级混凝土试件取样数量应符合下列规定：

1 抗压强度：大体积混凝土 28d 龄期每 500m³ 成型一组，设计龄期每 1000m³ 成型一组；非大体积混凝土 28d 龄期每 100m³ 成型一组，设计龄期每 200m³ 成型一组。

2 抗拉强度：28d 龄期每 2000m³ 成型一组，设计龄期每 3000m³ 成型试件一组。

3 抗冻、抗渗或其他主要特殊要求应在施工中适当取样检验，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 为预测混凝土的强度，宜采用快速测强法，或进行 7d 龄期强度试验。

11.5.5 混凝土试件的成型、养护及试验，按 SD105—1982 进行。

11.5.6 混凝土强度的检验评定：验收批混凝土强度平均值和最小值应同时满足下列要求：

$$m_{f_{cu}} \geq f_{cu,k} + Kt\sigma_0 \quad (11.5.6-1)$$

$$f_{cu,min} \geq \begin{cases} 0.85f_{cu,k} & (\leq C_{90}20) \\ 0.90f_{cu,k} & (> C_{90}20) \end{cases} \quad (11.5.6-2)$$

$$(11.5.6-3)$$

式中： $m_{f_{cu}}$ ——混凝土强度平均值，MPa；

$f_{cu,k}$ ——混凝土设计龄期的强度标准值，MPa；

K ——合格判定系数，根据验收批统计组数 n 值，按表 11.5.6 选取；

t ——概率度系数，取值见附录 A 表 A1；

σ_0 ——验收批混凝土强度标准差，MPa；

$f_{cu,min}$ —— n 组强度中的最小值，MPa。

表 11.5.6 合格判定系数 K 值表

n	2	3	4	5	6~10	11~15	16~25	>25
K	0.71	0.58	0.50	0.45	0.36	0.28	0.23	0.20
注								
1 同一验收批混凝土，应由强度标准相同、配合比和生产工艺基本相同的混凝土组成，对现浇混凝土宜按单位工程的验收项目或按月划分验收批。								
2 验收批混凝土强度标准差 σ_0 计算值小于 $0.06f_{cu,k}$ 时，应取 $\sigma_0 = 0.06f_{cu,k}$ 。								

11.5.7 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应以标准养护 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。

11.5.8 混凝土抗压强度试件的检测结果未满足 11.5.6 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，应对已完成的结构物，按实际条件验算结构的安全度，根据需要采取必要的补救措施或其他处理措施。

11.5.9 混凝土设计龄期抗冻检验的合格率不应低于 80%，混凝土设计龄期的抗渗检验应满足设计要求。

11.5.10 混凝土强度除应分期分批进行质量评定外，尚应对每一个统计周期内的同一强度标准和同一龄期的混凝土强度进行统计分析，统计计算混凝土强度平均值 ($m_{f_{cu}}$)、标准差 (σ) 及保证率 (P)，并计算出不低于设计强度标准值的百分率 (P_s)，计算方法见附录 A。

11.5.11 衡量混凝土生产质量水平以现场试件 28d 龄期抗压强度标准差 σ 值表示，其评定标准见表 11.5.11。

表 11.5.11 混凝土生产质量水平

评 定 指 标		质 量 等 级			
		优秀	良好	一般	差
不同强度等级下的 混凝土强度标准差 MPa	$\leq C_{90}20$	<3.0	3.0~3.5	3.5~4.5	>4.5
	$C_{90}20 \sim C_{90}35$	<3.5	3.5~4.0	4.0~5.0	>5.0
	$> C_{90}35$	<4.0	4.0~4.5	4.5~5.5	>5.5
强度不低于强度标准值的百分率 P_s %		≥ 90		≥ 80	<80

11.5.12 衡量试验系统误差的盘内混凝土强度的变异系数 (δ_b) 不应大于 5%。计算方法和评定标准见附录 A.0.4 和 A.0.5。当 δ_b 大于 5% 时，应查明原因并采取改进措施。

11.5.13 在混凝土施工期间，各项试验结果应及时整理，并按

月报主管部门。出现重要质量问题应及时上报。

11.5.14 已建成的混凝土建筑物，应适量地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 2m~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，在必要时采取钻孔法检测混凝土。

混凝土芯样的钻取、加工和试验，可按照 CECS03 进行。

附录 A (标准的附录)

混凝土平均强度 $m_{f_{cu}}$ 、标准差 σ 、 强度保证率 P 和盘内变异系数 δ_b 计算方法

A.0.1 混凝土平均强度 ($m_{f_{cu}}$) 按下式确定:

$$m_{f_{cu}} = \frac{\sum_{i=1}^n f_{cu,i}}{n} \quad (A1)$$

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。

A.0.2 混凝土强度标准差 (σ) 和强度不低于设计强度标准值的百分率 (P_s), 按下列公式计算:

1 标准差

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_{cu,i}^2 - nm_{f_{cu}}^2}{n-1}} \quad (A2)$$

2 百分率

$$P_s = \frac{n_0}{n} \times 100\% \quad (A3)$$

式中: $f_{cu,i}$ ——统计周期内第 i 组混凝土试件强度值, MPa;

n ——统计周期内相同强度标准值的混凝土试件组数;

$m_{f_{cu}}$ ——统计周期内 N 组混凝土试件的强度平均值, MPa;

n_0 ——统计周期内试件强度不低于要求强度标准值的组数。

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。

A.0.3 强度保证率 P :

1 计算概率度系数 t

$$t = \frac{m_{f_{cu}} - f_{cu,k}}{\sigma} \quad (A4)$$

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

可由表 A1 查得。

表 A1 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	2.0	3.0

A.0.4 盘内混凝土变异系数 (δ_b) 按下列公式确定:

$$\delta_b = \frac{\sigma_b}{m_{f_{cu}}} \quad (A5)$$

盘内混凝土强度均值 ($m_{f_{cu}}$) 及其标准差 (σ_b) 可利用正常生产连续积累的强度资料, 按下列公式确定:

$$m_{f_{cu}} = \frac{\sum_{i=1}^n f_{cu,i}}{n} \quad (A6)$$

$$\sigma_b = \frac{0.59}{n} \sum_{i=1}^n \Delta f_{cu,i} \quad (A7)$$

式中: δ_b ——盘内混凝土强度的变异系数;

σ_b ——盘内混凝土强度的标准差, MPa;

$m_{f_{cu}}$ —— n 组混凝土试件强度的平均值, MPa;

$\Delta f_{cu,i}$ ——第 i 组三个试件中强度最大值与最小值之差，
MPa；

n ——试件组数，该值不得小于 30 组；

$f_{cu,i}$ ——第 i 组混凝土试件的强度值，MPa。

A.0.5 用盘内混凝土强度变异系数 (δ_b) 评定试验水平等级见表 A2。

表 A2 试验水平等级

试验水平		优秀	良好	一般	差
盘内变异系数 δ_b	现场	<4	4~5	5~6	>6
%	室内	<3	3~4	4~5	>5

附录 B (提示的附录)

混凝土碱含量的计算方法

B.0.1 中热水泥混凝土碱含量

混凝土碱含量 (kg/m^3) = 中热水泥碱含量 (%) \times 水泥用量 (kg/m^3) + 0.2 \times 粉煤灰碱含量 (%) \times 粉煤灰用量 (kg/m^3) + 外加剂中碱含量 (%) \times 外加剂用量 (kg/m^3)

B.0.2 低热水泥混凝土碱含量

混凝土碱含量 (kg/m^3) = 低热水泥熟料中碱含量 (%) \times 水泥熟料用量 (kg/m^3) + 0.5 \times 矿渣中碱含量 (%) \times 矿渣用量 (kg/m^3) + 0.2 \times 粉煤灰碱含量 (%) \times 粉煤灰用量 (kg/m^3) + 外加剂中碱含量 (%) \times 外加剂用量 (kg/m^3)

附录 C (提示的附录)

用成熟度法计算混凝土早期强度

C.0.1 成熟度法:

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,可以求出所要知道的混凝土强度。

混凝土的成熟度,只要将等效龄期与标准温度乘积累计起来,即是所要知道的混凝土的成熟度。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。

C.0.2 成熟度法的适用范围及条件:

- 1 本法适用于蓄热法、暖棚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)。

C.0.3 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, 经回归分析拟合成本下列形式曲线方程:

$$f_{cu} = ae^{-\frac{b}{d}} \quad (C1)$$

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。

2 根据现场的实测混凝土养护温度资料, 用公式 (C2) 计算混凝土已达到的等效龄期 (相当于 20℃ 标准养护的时间)。

$$t = \sum \alpha_T t_T \quad (C2)$$

式中: t ——等效龄期, h;

α_T ——温度为 T 的等效系数, 按表 C1 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 (C1) 可算出强度。

C.0.4 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可按以下步骤。

1 用标准养护试件各龄期强度数据, 经回归分析拟合成本成熟度—强度曲线方程:

$$f_{cu} = ae^{-\frac{b}{N}} \quad (C3)$$

$$N = \sum (T + 15) t \quad (C4)$$

式中: f_{cu} ——混凝土抗压强度, MPa, 当采用综合蓄热法时, f_{cu} 需乘以调整系数 0.8;

N ——混凝土成熟度, $^{\circ}\text{C} \cdot \text{h}$;

T ——在时间段 t 内混凝土平均温度, $^{\circ}\text{C}$;

t ——温度为 T 的持续时间, h。

2 取成熟度 N 代入公式 (C3) 可算出强度 f_{cu} 。

表 C1 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	28	1.45	6	0.43
49	3.07	27	1.39	5	0.40
48	2.97	26	1.33	4	0.37
47	2.88	25	1.27	3	0.35
46	2.80	24	1.22	2	0.32
45	2.71	23	1.16	1	0.30
44	2.62	22	1.11	0	0.27
43	2.54	21	1.05	-1	0.25
42	2.46	20	1.00	-2	0.23
41	2.38	19	0.95	-3	0.21
40	2.30	18	0.91	-4	0.20
39	2.22	17	0.86	-5	0.18
38	2.14	16	0.81	-6	0.16
37	2.07	15	0.77	-7	0.15
36	1.99	14	0.73	-8	0.14
35	1.92	13	0.68	-9	0.13
34	1.85	12	0.64	-10	0.12
33	1.78	11	0.61	-11	0.11
32	1.71	10	0.57	-12	0.11
31	1.65	9	0.53	-13	0.10
30	1.58	8	0.50	-14	0.10
29	1.52	7	0.46	-15	0.09

附录 D (提示的附录)

接缝止水材料性能指标

D1 金属止水片

铜带不同状态下的主要特性见表 D1。

表 D1 铜带不同状态下特性

型号	状态	厚度 mm	抗拉强度 MPa	延伸率 %	宽度 mm
T2、T3	M (软)	0.5~1.0	≥196	≥32	≤600
TP1、TP2	Y (半硬)	0.5~1.0	245~343	≥8	

紫铜片的物理力学指标见表 D2。

表 D2 紫铜片物理力学指标

项目	单位	指标
抗拉强度	MPa	≥240
延伸率	%	≥30
冷弯		冷弯 180°, 不出现裂缝 在 0°~60°范围内连续张闭 50 次不出现裂缝
相对密度		8.89
熔点	℃	1084.5

D2 橡胶止水带

橡胶止水带的性能指标见表 D3。

表 D3 橡胶止水带胶料和成品性能指标

项 目		单位	天然橡胶	合成橡胶	橡胶止水带成品
硬度 (邵氏 A)		度	60 ± 5	60 ± 5	60 ± 5
拉伸强度		MPa	≥18	≥16	14
扯断伸长率		%	≥450	≥400	≥450
定伸永久变形		%	≤20	≤25	28 ± 2
撕裂强度		kN/m	≥35	≥35	
脆性温度		℃	≤ - 45	≤ - 40	
热空气老化	70℃ × 72h	硬度变化 (邵氏 A)	度	≤ + 8	
		拉伸强度变化率 (降低)	%	≤10	
		伸长率变化率 (降低)	%	≤20	
臭氧老化 50pphm 20% 48h			2 级	0 级	

D3 PVC 止水片

PVC 止水带的物理力学性能见表 D4。

表 D4 PVC 止水带物理力学性能

项 目		单 位	测 试 方 法	性 能 指 标
拉伸强度		MPa	GB1040	>14
断裂伸长率		%	GB1040	≥300
硬度 (邵氏)			GB2411	>65
相对密度			ASTM D792	1.07
脆性温度		℃	ASTM D746	≤ - 37.2
吸水率		%	GB1034	<0.5
挥发损失		%	ASTM D1023 - 89	<0.5
加速耐碱	质量变化率	%	JIS K6773	± 5
	强度变化率	%	JIS K6773	± 20
	伸长变化率	%	JIS K6773	± 20
加速耐盐	质量变化率	%	JIS K6773	± 5
	强度变化率	%	JIS K6773	± 10
	伸长变化率	%	JIS K6773	± 10