

050-18(金)

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

中华人民共和国电力行业标准
水工混凝土施工规范
DL/T 5144—2001

*

中国电力出版社出版、发行
(北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)
北京通天印刷厂印刷

*

2002年6月第一版 2002年7月北京第二次印刷
850毫米×1168毫米 32开本 4.125印张 108千字
印数 4001—9000册

*

书号 155083·579 定价 18.00元

版权专有 翻印必究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

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范
 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）

ACI 211.1—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(℃)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

$\Delta_{fcu,i}$ 第 i 组三个试件中最大值与最小值之差

$f_{\text{cu},\min}$ 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 $40\% \sim 70\%$ 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。