

中华人民共和国行业标准

水运工程混凝土质量控制标准

JTJ 269—96

主编单位：交通部第四航务工程局科研所

批准部门：中华人民共和国交通部

施行日期：1996年10月1日

人民交通出版社

1996·北京

中华人民共和国行业标准  
水运工程混凝土质量控制标准  
**JTJ 269—96**

交通部第四航务工程局科研所  
人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号)

各地新华书店经销

北京通县曙光印刷厂印刷

开本:850×1168 1/32 印张:2.125 字数:50 千

1996 年 7 月 第 1 版

1996 年 7 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数:0001—11000 册 定价:15.00 元

统一书号:15114·0067

# 关于发布《水运工程 混凝土质量控制标准》的通知

交基发[1996]357号

由我部组织第四航务工程局科研所等单位编制的《水运工程混凝土质量控制标准》，业经审查，现批准为强制性行业标准，编号为JTJ 269—96，自1996年10月1日起施行。《海港钢筋混凝土结构防腐规范》(JTJ 228—87)、《海港预应力混凝土结构防腐规范》(JTJ 229—87)同时废止。

本规范由交通部第四航务工程局科研所负责解释，出版工作由基建司组织。

中华人民共和国交通部  
一九九六年四月十九日

# 目 次

<b>1</b>	总则 .....	(1)
<b>2</b>	术语 .....	(2)
<b>3</b>	混凝土质量要求 .....	(4)
3.1	混凝土拌合物 .....	(4)
3.2	混凝土强度 .....	(6)
3.3	混凝土耐久性设计 .....	(7)
<b>4</b>	混凝土质量初步控制 .....	(14)
4.1	组成材料的质量控制 .....	(14)
4.2	混凝土配合比的确定与控制 .....	(17)
<b>5</b>	混凝土质量生产控制 .....	(20)
5.1	称量 .....	(20)
5.2	搅拌 .....	(20)
5.3	运输 .....	(21)
5.4	浇筑前的检查 .....	(22)
5.5	浇筑 .....	(23)
5.6	养护 .....	(24)
<b>6</b>	混凝土质量合格控制 .....	(26)
6.1	混凝土外观质量及尺寸偏差 .....	(26)
6.2	混凝土强度的合格评定 .....	(26)
6.3	混凝土耐久性的合格检验 .....	(28)
6.4	混凝土质量问题的处理 .....	(28)
附录	本标准用词用语说明 .....	(30)
附加说明	本标准主编单位、参加单位和主要起草人名单 .....	(31)
附 条文说明	.....	(34)

# 前 言

水运工程建筑物所处的环境条件与其他工业、民用工程有较大的差异,混凝土常处于淡水或海水环境中,除受到冻融等破坏外,处于海水环境中的建筑物混凝土常会由于氯离子的渗入,引起钢筋锈蚀而导致混凝土破坏,耐久性往往是控制混凝土质量的主要因素。

根据多年来我国水运工程建设的经验,为对混凝土实施有效的控制,交通部组织编制了《水运工程混凝土质量控制标准》。本标准主要包括混凝土质量要求、混凝土质量初步控制、生产控制和合格控制等内容,共分 6 章 15 节。为便于执行者正确理解和掌握条文,本标准附有条文说明。

本标准由交通部第四航务工程局科研所负责解释,请各单位在执行过程中,注意结合工程实际总结经验、积累资料,发现问题及时函告。

本标准如进行局部修订时,其修订的内容将在《水运工程标准与造价管理信息》上刊登。

# 1 总 则

**1.0.1** 为加强对水运工程混凝土质量控制,促进技术进步和提高管理水平,确保混凝土质量,制订本标准。

**1.0.2** 本标准适用于水运工程建筑物普通混凝土的质量控制。混凝土的质量控制包括耐久性设计及施工过程中的初步控制、生产控制和合格控制。

**1.0.3** 为实施质量控制,应配备必要的检验及试验设备,建立和健全必要的技术管理与质量控制制度。

**1.0.4** 混凝土的质量控制除应符合本标准外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术 语

**2.0.1 质量控制:**为确保工程质量,按规范的规定和各项检验制度综合起来的行动过程。

**2.0.2 混凝土质量初步控制:**混凝土拌和前对原材料质量的检验和混凝土配合比的确定等。

**2.0.3 混凝土质量生产控制:**混凝土生产中,根据混凝土质量要求,对操作过程各环节的检验与控制。

**2.0.4 混凝土质量合格控制:**混凝土成品交付使用前,根据规定的质量检验、评定标准所进行的行动和判断的组合。

**2.0.5 普通混凝土:**指用水泥、普通碎(卵)石、砂和水(含掺适量外加剂或掺合料)配制密度为  $1950\sim 2500\text{kg}/\text{m}^3$  的混凝土,不包括特殊工艺、特殊材料的混凝土。

**2.0.6 动态管理:**在施工中运用管理图(控制图)显示生产或施工全过程中质量波动状况,对各工序进行质量控制,以预先防止质量事故的发生。

**2.0.7 混凝土耐久性:**在正常设计、正常施工、正常使用和正常维护条件下,在设计使用期内具有抗冻、防止钢筋腐蚀或抗渗的能力。

**2.0.8 混凝土耐久性设计:**为保证混凝土具有要求的耐久性能,根据使用条件,确定有关技术指标和选择各种措施的过程。

**2.0.9 海水环境:**受海水作用的水工建筑物,包括海港和受海水影响的河口港以及其它近海岸建筑物。

**2.0.10 基准混凝土:**不掺外加剂或掺合料的对比试验用的混凝土。

**2.0.11 粉煤灰取代水泥率:**基准混凝土中的水泥被粉煤灰取代的重量百分率。

**2.0.12 超量取代法:**为达到粉煤灰混凝土与基准混凝土等稠度、等强度的目的,粉煤灰的掺入量超过其取代的水泥量的配合比设

计方法。

**2.0.13 超量系数:**粉煤灰掺入量与其所取代水泥量的重量比值。

**2.0.14 施工、生产现场质量保证体系:**在施工、生产现场,通过制定的制度、规章、方法、程序、机构等,将质量保证加以系统化、标准化、制度化的体系,它由工序管理和出场(厂)保证两个环节组成。

**2.0.15 大体积混凝土:**体积大到必须采取措施以限制温度裂缝的混凝土。

**2.0.16 预拌混凝土:**原材料在搅拌站(厂)经计量、拌(配)制后,用运输车在规定时间内运至使用地点作为商品的混凝土拌合物。

## 3 混凝土质量要求

### 3.1 混凝土拌合物

3.1.1 混凝土拌合物质量指标的检验应符合下列规定。

3.1.1.1 各种混凝土拌合物均检验其稠度。

3.1.1.2 有抗冻要求的混凝土拌合物检验其含气量。

3.1.1.3 流动性和大流动性混凝土拌合物检验其稠度损失。

3.1.1.4 根据需要检验混凝土拌合物的均匀性。

3.1.1.5 有温度控制要求的混凝土拌合物,检测其温度。

3.1.2 混凝土拌合物的稠度应以坍落度或维勃稠度表示,坍落度适用于塑性和流动性混凝土拌合物,维勃稠度适用于干硬性混凝土拌合物。其检测方法应符合现行行业标准《港口工程混凝土试验方法》(JTJ 225)的规定。

3.1.3 混凝土拌合物根据其坍落度大小可分为四个级别,并应符合表 3.1.3 的规定。

混凝土拌合物按坍落度的分级

表 3.1.3

名称	级别	坍落度(mm)	名称	级别	坍落度(mm)
低塑性混凝土	S1	10~40	流动性混凝土	S3	100~150
塑性混凝土	S2	50~90	大流动性混凝土	S4	≥160

注:坍落度检测结果,在分级评定时,其表达取舍至临近的 10mm。

3.1.4 混凝土拌合物根据其维勃稠度大小可分为四个级别,并应符合表 3.1.4 的规定。

3.1.5 当要求的坍落度或维勃稠度为某一定值时,其检测结果的允许偏差值应分别符合表 3.1.5-1 和表 3.1.5-2 的规定。当要求值为某一范围时,检测结果应满足规定范围的要求。

混凝土拌合物按维勃稠度的分级

表 3.1.4

名称	级别	维勃稠度(s)
特干硬性混凝土	V1	>20
干硬性混凝土	V2	20~11
半干硬性混凝土	V3	10~5

坍落度允许偏差

表 3.1.5-1

坍落度(mm)	允许偏差(mm)
≤40	±10
50~90	±20
≥100	±30

**3.1.6** 对塑性和低塑性混凝土拌合物,其在浇注地点的坍落度宜按表 3.1.6 选用。

维勃稠度允许偏差

表 3.1.5-2

维勃稠度(s)	允许偏差(s)
≤10	±3
11~20	±4
21~30	±6

坍落度选用值

表 3.1.6

结构种类	坍落度(mm)
素混凝土	10~30
配筋率不超过 1.5% 的钢筋混凝土	30~50
配筋率超过 1.5% 的钢筋混凝土	50~70

**3.1.7** 对流动性和大流动性混凝土拌合物应考虑坍落度损失,保证满足浇筑时的坍落度符合要求,其在浇筑地点的坍落度应按有关规定选用。

**3.1.8** 混凝土拌合物应拌合均匀,颜色一致,不得有离析和明显泌水现象。

**3.1.9** 当混凝土配合比、组成材料、搅拌设备或搅拌时间变更时,应检测混凝土拌合物的均匀性。

**3.1.10** 混凝土拌合物均匀性的检测方法应符合现行国家标准《混凝土搅拌机性能试验方法》(GB 4477)的有关规定。

**3.1.11** 混凝土拌合物均匀性检测结果应符合下列规定。

**3.1.11.1** 混凝土中砂浆密度测值的相对误差不应大于 0.8%。

**3.1.11.2** 单位体积混凝土中粗骨料含量测值的相对误差不应大于 5%。

## 3.2 混凝土强度

**3.2.1** 混凝土的强度等级应按立方体抗压强度标准值  $f_{cu,k}$  ( $N/mm^2$ ) 划分,其分级如表 3.2.1。

混凝土强度等级 表 3.2.1

普通混凝土	C10	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60	C70	C80
引气混凝土	—	C15	C20	C25	C30	C35	C40	—	—	—	—	—	—

注:立方体抗压强度标准值系指按标准方法制作和养护的边长为 150mm 的立方体试件,在 28d 龄期,用标准试验方法测得的抗压强度总体分布中的一个值,强度低于该值的百分率不超过 5%。

**3.2.2** 混凝土强度的检测,应按现行行业标准《港口工程混凝土试验方法》(JTJ 225)的规定进行。

**3.2.3** 混凝土生产管理水平,可按强度等级对验收合格的混凝土批定期统计计算其大样本 ( $n \geq 25$ ) 的抗压强度标准差,并按表 3.2.3 划分。

混凝土生产管理水平 表 3.2.3

生产场地	强度等级	混凝土强度标准差 ( $N/mm^2$ )		
		优良	中等	较差
预制场	<C20	$\leq 2.5$	$\leq 3.5$	$> 3.5$
	C20~C40	$\leq 3.5$	$\leq 4.5$	$> 4.5$
	>C40	$\leq 4.5$	$\leq 5.5$	$> 5.5$
现场	<C20	$\leq 3.0$	$\leq 4.0$	$> 4.0$
	C20~C40	$\leq 4.0$	$\leq 5.0$	$> 5.0$
	>C40	$\leq 5.0$	$\leq 6.0$	$> 6.0$

**3.2.4** 罐盘内混凝土抗压强度的变异系数不宜大于 5%,其值可按下式确定:

$$\delta_b = \frac{\sigma_b}{\mu_{fou}} \times 100\% \quad (3.2.4)$$

式中  $\delta_b$ ——罐内混凝土抗压强度的变异系数(%)；  
 $\sigma_b$ ——罐内混凝土抗压强度的标准差(N/mm<sup>2</sup>)；  
 $\mu_{f_{cu}}$ ——统计周期内  $n$  组混凝土试件立方体抗压强度的平均值(N/mm<sup>2</sup>)。

**3.2.5** 罐内混凝土抗压强度的标准差可按下列规定确定。

**3.2.5.1** 在混凝土搅拌地点连续地从 15 罐混凝土中分别取样，每罐混凝土试样各成型一组试件，根据试件强度按下式确定：

$$\sigma_b = 0.04 \sum_{i=1}^{15} \Delta f_{cu,i} \quad (3.2.5-1)$$

式中  $\Delta f_{cu,i}$ ——第  $i$  组三个试件强度中最大值与最小值之差(N/mm<sup>2</sup>)；

**3.2.5.2** 当不能连续从 15 罐混凝土中取样时，可利用正常生产连续积累的强度资料进行统计，其值可按下式确定。

$$\sigma_b = \frac{0.59}{n} \sum_{i=1}^n \Delta f_{cu,i} \quad (3.2.5-2)$$

式中  $n$ ——试件组数， $n \geq 25$ 。

### 3.3 混凝土耐久性设计

**3.3.1** 海水环境混凝土耐久性主要包括抗冻性、抗渗性及防止钢筋腐蚀等耐久性性能。海水环境混凝土应根据其所处的环境、在建筑物上的部位等使用条件进行耐久性设计。

**3.3.2** 海水环境混凝土在建筑物上部位的划分应符合表 3.3.2 的规定。

海水环境混凝土部位划分 表 3.3.2

大气区	浪溅区	水位变动区	水下区
设计高水位 加 1.5m 以上	设计高水位加 1.5m 至 设计高水位减 1.0m 之间	设计高水位减 1.0m 至 设计低水位减 1.0m 之间	设计低水位 减 1.0m 以下

注：①对开敞式建筑物，其浪溅区上限，可根据受浪的具体情况适当调高。

②对掩护条件良好的建筑物，其浪溅区上限可适当调低。

**3.3.3** 淡水环境混凝土在建筑物上部位的划分，应符合表 3.3.3 的规定。

淡水环境混凝土部位划分

表 3.3.3

水上区	水下区	水位变动区
设计高水位以上	设计低水位以下	水上区与水下区之间

注：水上区也可按历年平均最高水位以上划分。

### 3.3.4 结构形式与细部构造符合下列规定。

**3.3.4.1** 构件截面几何形状应简单、表面平整，并应避免积水。

**3.3.4.2** 钢筋间距应能保证钢筋周围以及模板内各个部位的混凝土均匀浇筑、捣实，且不宜小于 50mm，必要时可考虑适当并筋。

**3.3.4.3** 海水环境钢筋混凝土结构的施工缝不宜设在浪溅区或拉应力较大部位。

**3.3.4.4** 应设置便于检测、维护及采取补充保护措施的适当通道。

**3.3.5** 海水环境钢筋混凝土的保护层最小厚度应符合表 3.3.5 的规定。

海水环境钢筋混凝土保护层最小厚度(mm) 表 3.3.5

建筑物所处地区	大气区	浪溅区	水位变动区	水下区
北方	50	50	50	30
南方	50	65	50	30

注：①混凝土保护层厚度系指主筋表面与混凝土表面的最小距离；

②表中数值系箍筋直径为 6mm 时主钢筋的保护层厚度，当箍筋直径超过 6mm 时，保护层厚度应按表中规定增加 5mm；

③位于浪溅区的码头面板、桩等细薄构件的混凝土保护层，南、北方一律取用 50mm。

④南方指历年最冷月月平均气温大于 0℃的地区。

**3.3.6** 海水环境预应力混凝土的保护层最小厚度应符合下列规定。

**3.3.6.1** 当构件厚度为 0.5m 以上时符合表 3.3.6 的规定。

### 海水环境预应力筋的混凝土保护层最小厚度值(mm)

表 3.3.6

所在部位	大气区	浪溅区	水位变动区	水下区
保护层厚度	75	90	75	75

- 注：①构件厚度系指规定保护层最小厚度的方向上的构件尺寸；  
 ②后张法的预应力筋保护层厚度系指预留孔道壁至构件表面的最小距离；  
 ③制作构件时，如采取特殊工艺或专门防腐措施，应经充分技术论证，对钢筋的防腐蚀作用确有保证时，保护层厚度方可不受上述规定的限制；  
 ④永存应力小于  $400\text{N}/\text{mm}^2$  的预应力筋的保护层厚度，按本标准表 3.3.5 执行，但不宜小于 1.5 倍主筋直径。

**3.3.6.2** 当构件厚度小于 0.5m 时，预应力筋的混凝土保护层最小厚度为 2.5 倍预应力筋直径(mm)，但不得小于 50mm。

**3.3.7** 淡水环境受力钢筋的混凝土保护层最小厚度应符合表 3.3.7 的规定。

淡水环境主筋混凝土保护层最小厚度(mm) 表 3.3.7

建筑物所处环境	水上区		水位变动区	水下区
	水汽积聚	不受水汽积聚		
北方	40	30	40	25
南方	40	30	30	25

- 注：①箍筋直径超过 6mm 时，保护层厚度应按表中规定增加 5mm。无箍筋的构件（如板等）其保护层厚度应按表中规定减少 5mm。  
 ②碳素钢丝、钢绞线的保护层厚度宜按表中规定增加 20mm，如对混凝土质量有特殊措施时，可不受此限。  
 ③预应力钢筋的保护层厚度同时不宜小于 1.5 倍主筋直径。

**3.3.8** 钢筋混凝土最大裂缝宽度不应超过表 3.3.8 中所规定的允许值。

钢筋混凝土最大裂缝限值 表 3.3.8

海水环境				淡水环境		
大气区	浪溅区	水位变动区	水下区	水上区	水位变动区	水下区
0.2	0.2	0.25	0.3	0.25	0.3	0.4

**3.3.9** 水位变动区有抗冻要求的混凝土，其抗冻等级不应低于表

### 3.3.9 的规定。

水位变动区混凝土抗冻等级选定标准 表 3.3.9

建筑物所在地区	海水环境		淡水环境	
	钢筋混凝土及预应力混凝土	素混凝土	钢筋混凝土及预应力混凝土	素混凝土
严重受冻地区(最冷月月平均气温低于-8℃)	F350	F300	F250	F200
受冻地区(最冷月月平均气温在-4~-8℃之间)	F300	F250	F200	F150
微冻地区(最冷月月平均气温在0~-4℃之间)	F250	F200	F150	F100

注:①试验过程中试件所接触的介质应与建筑物实际接触的介质相近。

②开敞式码头和防波堤等建筑物混凝土应选用比同一地区高一级的抗冻等级。

**3.3.10** 面层应选用比水位变动区抗冻等级低2~3级的混凝土。

**3.3.11** 有抗冻性要求的混凝土必须掺入适量引气剂,其拌合物的含气量应在表3.3.11范围内选择。

有抗冻要求的混凝土拌合物含气量控制范围 表 3.3.11

骨料最大粒径(mm)	含气量范围(%)	骨料最大粒径(mm)	含气量范围(%)
10.0	5.0~8.0	40.0	3.0~6.0
20.0	4.0~7.0	63.0	3.0~5.0
31.5	3.5~6.5		

**3.3.12** 当要求的含气量为某一定值时,其检查结果与要求值的允许偏差范围应为±1.0%。当含气量要求值为某一范围时,检测结果应满足规定范围的要求。

**3.3.13** 混凝土抗冻性试验方法应符合现行行业标准《港口工程混凝土试验方法》(JTJ 225)的规定。

**3.3.14** 有抗渗要求的混凝土,根据最大作用水头与混凝土壁厚之比,其抗渗等级应符合表3.3.14的规定。

混凝土抗渗等级选定标准

表 3.3.14

最大作用水头与混凝土壁厚之比	抗渗等级
<5	W4
5~10	W6
11~15	W8
16~20	W10
>20	W12

**3.3.15** 混凝土抗渗性试验方法应符合现行行业标准《港口工程混凝土试验方法》(JTJ 225)的规定。

**3.3.16** 按耐久性要求,海水环境及淡水环境混凝土水灰比最大允许值应分别满足表 3.3.16-1 及表 3.3.16-2 的规定。

海水环境混凝土的水灰比最大允许值 表 3.3.16-1

环境条件		钢筋混凝土 预应力混凝土		素混凝土		
		北方	南方	北方	南方	
大气区		0.55	0.50	0.65	0.65	
浪溅区		0.50	0.40	0.65	0.65	
水变动位区	严重受冻	0.45	—	0.45	—	
	受冻	0.50	—	0.50	—	
	微冻	0.55	—	0.55	—	
	偶冻、不冻	—	0.50	—	0.65	
水下水区	不受水头作用		0.60	0.60	0.65	0.65
	受作水头用	最大作用水头与混凝土壁厚之比<5	0.60			
		最大作用水头与混凝土壁厚之比 5~10	0.55			
		最大作用水头与混凝土壁厚之比>10	0.50			

注:①除全日潮型区域外,其他海水环境有抗冻性要求的细薄构件(最小边尺寸小于 300mm 者,包括沉箱工程)混凝土水灰比最大允许值宜减小。

②对有抗冻要求的混凝土,如抗冻性要求高时,浪溅区范围内下部 1m 应随同水位变动区按抗冻性要求确定其水灰比。

③位于南方海水环境浪溅区的钢筋混凝土宜掺用“高效减水剂”。

淡水环境混凝土的水灰比最大允许值 表 3. 3. 16-2

环境条件		钢筋混凝土 预应力混凝土	素混凝土	
水上区	受水汽积聚或通风不良	0.60	0.70	
	不受水汽积聚或通风良好	0.65	0.70	
水变动 位区	严重受冻	0.55	0.55	
	受冻	0.60	0.60	
	微冻	0.65	0.65	
	偶冻、不冻	0.65	0.70	
水下区	不受水头作用		0.65	0.70
	受作 水 头用	最大作用水头与混凝土壁厚之比<5	0.60	
		最大作用水头与混凝土壁厚之比 5~10	0.55	
		最大作用水头与混凝土壁厚之比>10	0.50	

**3. 3. 17** 按耐久性要求,海水环境混凝土的最低水泥用量应符合表 3. 3. 17 的规定,但不宜超过  $500\text{kg}/\text{m}^3$ 。

海水环境混凝土的最低水泥用量( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) 表 3. 3. 17

环境条件		钢筋混凝土 预应力混凝土		素混凝土	
		北方	南方	北方	南方
大气区		300	360	280	280
浪溅区		360	400	280	280
水变动 位区	F350	395		395	
	F300	360	360	360	280
	F250	330		330	
	F200	300		300	
水下区		300	300	280	280

注: ①有耐久性要求的大体积混凝土,水泥用量应按混凝土的耐久性和降低水泥水化热综合考虑。

②掺加掺合料时,水泥用量可适当减少,但应符合本标准第 4. 1. 26 条的规定;

③掺外加剂时,南方地区水泥用量可适当减少,但不得降低混凝土的密实性;

④对于有抗冻性要求的混凝土,浪溅区范围内下部 1m 应随同水位变动区按抗冻性要求确定其水泥用量。

**3.3.18** 有耐久性要求的混凝土,在生产控制中,可根据需要检测混凝土拌合物的水灰比和水泥用量。其检测方法应符合现行行业标准《港口工程混凝土试验方法》(JTJ 225)的规定。实测的水灰比和水泥含量,应符合本标准第 3.3.16 条和第 3.3.17 条的规定。

**3.3.19** 混凝土拌合物的氯离子最高限值应符合表 3.3.19 的规定。

混凝土拌合物中氯离子的最高限值(按水泥重量%计)

表 3.3.19

环境条件	预应力混凝土	钢筋混凝土	素混凝土
海水环境	0.06	0.10	1.30
淡水环境	0.06	0.30	1.30

**3.3.20** 当使用海骨料或含有氯盐的外加剂时,在生产控制中,应检测混凝土拌合物的氯离子含量。其检测方法应符合现行行业标准《港口工程混凝土试验方法》(JTJ 225)规定。实测的氯离子含量不得超过本标准表 3.3.19 规定的最高限值。

**3.3.21** 海水环境钢筋混凝土结构混凝土保护层垫块质量符合下列规定。

**3.3.21.1** 垫块的强度、密实性应高于构件本体混凝土,垫块宜采用水灰比不大于 0.40 的砂浆或细石混凝土制作。

**3.3.21.2** 垫块厚度尺寸不允许负偏差,正偏差不得大于 5mm。

**3.3.22** 当所用骨料经检验表明具有活性时,对于淡水环境,每立方米混凝土的总含碱量应不大于 3.0kg;对于海水环境不得采用活性骨料。

**3.3.23** 混凝土施工生产过程中产生的表面裂缝应按现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTJ 268)的规定进行修补。

## 4 混凝土质量初步控制

### 4.1 组成材料的质量控制

**4.1.1** 水运工程混凝土宜采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥及粉煤灰硅酸盐水泥，其质量应符合现行国家标准《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》(GB 175)和《矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥和粉煤灰硅酸盐水泥》(GB 1344)的规定。

注：普通硅酸盐水泥及硅酸盐水泥在熟料中铝酸三钙含量宜在6%~12%范围内。

**4.1.2** 有抗冻要求的混凝土宜采用普通硅酸盐水泥和硅酸盐水泥，不宜采用火山灰质硅酸盐水泥。

**4.1.3** 不受冻地区海水环境的浪溅区混凝土宜采用矿渣硅酸盐水泥，特别是矿渣含量大的矿渣硅酸盐水泥。

**4.1.4** 当采用矿渣硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥时，宜同时掺加适量减水剂或高效减水剂。

**4.1.5** 立窑水泥在符合有关标准的情况下，可用于不受冻地区的素混凝土和Ⅲ级建筑物的钢筋混凝土工程；当有充分论证时，方可用于不受冻地区处于海水环境中的钢筋混凝土和受冻地区的素混凝土、钢筋混凝土工程，使用中均应加强质量检验。

**4.1.6** 烧粘土质的火山灰质硅酸盐水泥，在各种环境中的水运工程均不得使用。

**4.1.7** 与其它侵蚀性环境水接触的混凝土所用水泥应按有关规定选用。

**4.1.8** 淡水环境混凝土，不得不采用碱活性骨料时，宜采用矿渣硅酸盐水泥或低钙(CaO含量小于10%)粉煤灰硅酸盐水泥或火山灰质硅酸盐水泥。当采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥时，其含碱( $\text{Na}_2\text{O} + 0.658\text{K}_2\text{O}$ )量应不大于0.6%。

**4.1.9** 对于Ⅰ级和Ⅱ级建筑物，水泥标号不得低于425号；对于

Ⅲ级建筑物,不得低于 325 号。

**4.1.10** 水泥进厂(场)时,应附有水泥生产厂的质量证明书,并应对其品种、标号、包装(或散装仓号)、包重、出厂日期等检查验收,并按国家现行有关标准对其质量进行复验。

**4.1.11** 水泥应按品种、标号、批次分别运输、装卸、存放,不得混杂,并应严防受潮。如因贮存不当引起质量有明显改变或水泥出厂超过 3 个月时,应在使用前对其质量进行复验,并按复验的结果使用。

**4.1.12** 混凝土所用骨料应符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTJ 268)的规定。

**4.1.13** 细骨料不宜采用海砂,不得不采用海砂时,海砂带入浪溅区或水位变动区混凝土的氯离子的量,对于钢筋混凝土,不宜大于水泥重量的 0.07%;对于预应力混凝土,不宜大于 0.03%。当超过限值时,应通过淋洗,使其降低到小于此限值;如淋洗确有困难,可在拌制的钢筋混凝土中掺入水泥重量 0.6%~1%的亚硝酸钠或其它经论证的缓蚀剂。若拌和用水的氯离子含量不大于 200mg/L,外加剂的氯离子含量不大于水泥重量的 0.02%,则细骨料的氯离子含量允许适当提高,但应满足本标准第 3.3.19 条的规定。

**4.1.14** 粗骨料的最大粒径应符合下列要求:

(1)不大于 80mm;

(2)不大于构件截面最小尺寸的 1/4;

(3)不大于钢筋(包括预应力筋)最小净距的 3/4;

(4)对于海水港,在浪溅区不大于保护层厚度的 2/3,当保护层厚度为 50mm 时,不大于 4/5;在水位变动区及大气区不大于保护层厚度的 4/5。

**4.1.15** 对所用骨料的活性有怀疑时,应按有关规范检验其活性。

**4.1.16** 骨料质量的复验应按下列规定进行。

**4.1.16.1** 来自采集场(生产厂)的骨料应附有质量证明书,根据需要按批检验其颗粒级配、含泥量及粗骨料的针片状颗粒含量。

**4.1.16.2** 对无质量证明书或其它来源的骨料,应按批检验其

颗粒级配、含泥量及粗骨料的针、片状颗粒含量、压碎指标。必要时还应检验其它质量指标。

**4.1.16.3** 对海砂,还应按批检验其氯离子含量。

**4.1.16.4** 对已检验合格并堆放于厂(场)内或搅拌楼料仓内的骨料,可根据情况对其颗粒级配、含泥量和针、片状颗粒含量进行复验。

**4.1.17** 骨料质量检验结果不符合本标准规定的指标时,应采取措,并经试验证明能确保工程质量时,方可使用。

**4.1.18** 骨料运输与贮存时,不得混入影响混凝土质量的有害杂物,宜按不同品种、粒级分级堆放,堆放场地宜铺筑混凝土,地面应平整、排水畅通。

**4.1.19** 混凝土掺用的外加剂必须是省级以上有关部门鉴定批准生产的产品,并应具有质量证明书,质量应符合现行国家标准《混凝土外加剂》(GB 8076)的规定。海水环境钢筋混凝土和预应力混凝土采用的外加剂氯离子含量不宜大于 0.02%。

**4.1.20** 混凝土外加剂的使用应符合现行国家标准《混凝土外加剂应用技术规范》(GBJ 119)的规定。

**4.1.21** 当所用骨料具有活性时,应检验混凝土外加剂的碱含量,并应限制采用碱含量高的外加剂,以确保混凝土拌合物含碱量符合本标准第 3.3.22 条的规定。

**4.1.22** 不同品种外加剂应分别贮存,做好标记,并不得混入杂物或受潮。

**4.1.23** 拌和用水宜采用城市供水系统的饮用水。当采用其它水源时,应符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTJ 268)的规定。海水环境钢筋混凝土和预应力混凝土的拌和用水的氯离子含量不宜大于 200mg/L,不得采用海水。

**4.1.24** 采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥拌制的混凝土中,宜适当掺加优质掺合料。掺合料包括粒化高炉矿渣粉、粉煤灰、硅灰等。掺合料的品质应符合现行国家标准《用于水泥中的粒化高炉矿渣》(GB 203)、《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》(GB 1596)的要

求,其掺量应通过试验确定。

**4.1.25** 水运工程混凝土掺用的粉煤灰,必须是质量稳定、附有品质检验证明的商品,并符合下列规定。

**4.1.25.1** 预应力混凝土应采用 I 级粉煤灰。

**4.1.25.2** 钢筋混凝土和 C30 及 C30 以上的素混凝土应采用 I 级、II 级粉煤灰,海水环境浪溅区的钢筋混凝土应采用需水量比不大于 100% 的 I 级、II 级粉煤灰。

**4.1.25.3** C30 以下的素混凝土可采用 III 级粉煤灰。

**4.1.25.4** 经论证后, I 级和 II 级粉煤灰方可应用于严重受冻及受冻地区的水位变动区及浪溅区。

**4.1.25.5** 经混凝土强度与耐久性试验论证后,方可采用比本标准第 4.1.25.1 款、第 4.1.25.2 款规定低一级的粉煤灰。

**4.1.26** 粉煤灰在水运工程混凝土中,取代水泥的最大限量(以重量百分率计),应符合以下规定。

**4.1.26.1** 用硅酸盐水泥拌制的混凝土不大于 25%。

**4.1.26.2** 用普通硅酸盐水泥拌制的混凝土不大于 15%。

**4.1.26.3** 用矿渣硅酸盐水泥拌制的混凝土不大于 10%。

**4.1.26.4** 经试验充分论证时可不受以上限制。

**4.1.27** 掺粉煤灰的混凝土应同时掺加适量减水剂,减水剂的适应性及掺量应由试验确定。

**4.1.28** 粉煤灰混凝土有抗冻要求时,应保证混凝土含气量符合本标准第 3.3.11 条的规定。

**4.1.29** 粉煤灰混凝土的施工要求、检验及试验方法应符合现行国家标准《粉煤灰混凝土应用技术规范》(GBJ 146)的有关规定。

**4.1.30** 粉煤灰应按品种、等级分别运输、贮存,不得混入杂物。

## 4.2 混凝土配合比的确定与控制

**4.2.1** 混凝土配合比的确定,应使混凝土能达到设计要求的强度等级、耐久性指标以及稠度等质量指标,并做到经济合理。

**4.2.2** 普通混凝土施工配合比,应按现行行业标准《水运工程混

凝土施工规范》(JTJ 268)的规定,通过计算和试配确定。

**4.2.3** 混凝土的施工配制强度,应按下列公式确定:

$$f_{cu,o} = f_{cu,k} + 1.645\sigma \quad (4.2.3)$$

式中  $f_{cu,o}$ ——混凝土的施工配制强度(N/mm<sup>2</sup>);

$f_{cu,k}$ ——设计所要求的混凝土立方体抗压强度标准值(N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma$ ——工地实际统计的立方体抗压强度标准差(N/mm<sup>2</sup>)。

**4.2.4** 混凝土施工配制强度计算式中 $\sigma$ 的选取,应符合下列规定。

**4.2.4.1** 施工单位如有近期混凝土强度的统计资料时, $\sigma$ 按下式确定:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_{cu,i}^2 - n\mu_{fcu}^2}{n-1}} \quad (4.2.4)$$

式中  $f_{cu,i}$ ——第*i*组混凝土试件强度值(N/mm<sup>2</sup>);

$\mu_{fcu}$ ——*n*组混凝土试件强度的平均值(N/mm<sup>2</sup>);

*n*——统计批内相同混凝土强度等级的试件组数, $n \geq 25$ 。

**4.2.4.2** 施工单位如没有近期混凝土强度统计资料时, $\sigma$ 按表4.2.4选取。开工后应尽快积累统计资料,对 $\sigma$ 值进行修正。

混凝土抗压强度标准差的平均水平( $\sigma_0$ ) 表 4.2.4

强度等级	<C20	C20~C40	>C40
$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> )	3.5	4.5	5.5

**4.2.5** 按早期推定的混凝土强度进行配合比设计时,强度推定式应有足够的精度和较好的适用性。

**4.2.6** 泵送混凝土配合比设计应根据输送管道的管径、输送的垂直距离、水平距离、弯头设置及泵送设备的技术条件等因素进行设计。

**4.2.7** 泵送混凝土配合比除应按普通混凝土配合比设计外,尚应

符合下列规定。

**4.2.7.1** 碎石最大粒径与输送管内径之比,不大于 1 : 3;卵石不宜大于 1 : 2.5,砂子宜采用中砂,通过 0.315mm 筛孔的砂不宜少于 15%。

**4.2.7.2** 水泥用量不少于 300kg/m<sup>3</sup>。

**4.2.7.3** 砂率控制在 38%~45%。

**4.2.7.4** 混凝土的坍落度应考虑泵送高度、水平距离及气候因素,在 80~180mm 范围内。

**4.2.7.5** 混凝土内掺加适量泵送剂或碱水剂。

**4.2.7.6** 混凝土内掺加适量粉煤灰。

**4.2.8** 粉煤灰混凝土的稠度、设计强度等级、强度保证率、标准差及离差系数等指标应与基准混凝土相同。

**4.2.9** 混凝土中掺用粉煤灰时,可采用等量取代法、超量取代法和外加法。粉煤灰混凝土配合比设计应按绝对体积法计算。

粉煤灰取代水泥的最大限量应符合本标准第 4.1.26 条的规定。

有耐久性要求的粉煤灰混凝土配合比设计应采用超量取代法,超量系数可按表 4.2.9 选用。

粉煤灰的超量系数

表 4.2.9

粉煤灰等级	超量系数
I	1.1~1.4
II	1.3~1.7
III	1.5~2.0

## 5 混凝土质量生产控制

### 5.1 称 量

**5.1.1** 原材料配料时,应按配料单进行称量,不得任意改动。

**5.1.2** 进行混凝土原材料称量时,其偏差不得超过表 5.1.2 中的规定。

原材料称量的允许偏差 表 5.1.2

材 料 名 称	允许偏差(%)
水泥、掺合料	±2
粗、细骨料	±3
水、外加剂	±2

**5.1.3** 每一工作班正式称量前,应对称量设备进行零点校准。

**5.1.4** 原材料称量示值每一工作班检查次数应符合表 5.1.4 中的规定。

每一工作班原材料称量示值检查次数 表 5.1.4

材 料 名 称	检 查 次 数
水泥、掺合料	≥4
粗、细骨料	≥2
水、外加剂	≥4

**5.1.5** 施工过程中应检测骨料含水率,每一工作班至少测定 2 次。当含水率有显著变化时,应增加测定次数,依据测定结果及时调整用水量和骨料用量。

### 5.2 搅 拌

**5.2.1** 混凝土拌合物各项质量指标应符合本标准第 3 章中的有关规定。

**5.2.2** 混凝土搅拌时,连续搅拌的最短时间应按设备说明书及试

验确定,或按表 5.2.2 中的规定选用。冷天施工搅拌时间应比高温时延长 50%,掺粉煤灰时搅拌时间应延长 60s,掺外加剂时,搅拌时间应延长 30~60s,混凝土搅拌时间,每一工作班至少检查 2 次。

混凝土搅拌的最短时间(s) 表 5.2.2

混凝土坍落度(mm)	搅拌机机型	搅拌机出料量(L)		
		<250	250~500	>500
≤30	自落式	90	120	150
	强制式	60	90	120
>30	自落式	60	90	120
	强制式	60	60	90

**5.2.3** 混凝土搅拌完毕后,应按下列要求检测拌合物的质量指标。

**5.2.3.1** 混凝土拌合物的稠度和含气量应在搅拌地点和浇筑地点分别取样检测,每一工作班对坍落度至少检查 2 次,含气量至少检查 1 次。

**5.2.3.2** 在混凝土预制构件厂(场),当混凝土拌合物从搅拌机出料起至浇筑入模的时间不超过 15min 时,可仅在搅拌地点检测。

**5.2.3.3** 混凝土拌合物的稠度和含气量检测结果应分别符合本标准第 3.1.5 条和第 3.3.12 条的规定。

**5.2.3.4** 必要时,应检测混凝土拌合物的其它质量指标。

### 5.3 运 输

**5.3.1** 混凝土拌合物运送到浇筑地点时,应不离析、不分层,并应保证施工所要求的稠度。

**5.3.2** 混凝土拌合物运送到浇筑地点如出现离析、分层或稠度不足等现象时,应对混凝土拌合物进行二次搅拌。二次搅拌时,不得任意加水,必要时,可同时加入水和水泥,保持其水灰比不变。

**5.3.3** 混凝土从搅拌机卸出后到浇筑完毕的延续时间不宜超过表 5.3.3 的规定。

混凝土从搅拌机卸出到浇筑完毕的延续时间(min)

表 5.3.3

气温 ℃	采用搅拌车		采用其他运输设备	
	≤C30	>C30	≤C30	>C30
<25	120	90	90	75
>25	90	60	60	45

注：掺有外加剂或采用快硬水泥时延续时间应通过试验确定。

**5.3.4** 采用皮带输送机运送混凝土拌合物时,应符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTJ 268)中的有关规定。

**5.3.5** 商品混凝土的运送应按现行国家标准《商品混凝土》中的有关规定进行。

**5.3.6** 采用泵送混凝土时,供应的混凝土量应能保证混凝土泵连续工作。如因故间歇,间歇时间不应超过 45min。

## 5.4 浇筑前的检查

**5.4.1** 浇筑混凝土前,应检查模板、钢筋、预埋件和预留孔等的尺寸、规格、数量和位置,其偏差应符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTJ 268)的规定,并应检查模板支撑的稳定性、接缝的密合情况、脱模剂涂刷情况,并清除模内杂物、积水。

**5.4.2** 钢筋的混凝土保护层厚度应符合设计要求,其尺寸允许偏差为浪溅区 $+10_{-0}$ mm、其它部位 $+10_{-5}$ mm。混凝土浇筑前还应检查钢筋、垫块的位置和数量,并应绑扎牢固。绑扎垫块的铁丝头不得伸入保护层内。

**5.4.3** 钢筋表面不得有锈屑、油污、水泥浆、盐渍或其它可能影响耐久性及握裹力的有害物质。

## 5.5 浇筑

**5.5.1** 混凝土在浇筑过程中,应控制混凝土的均匀性和密实性,不应出现露筋、空洞、冷缝、夹渣、松顶等现象。

**5.5.2** 混凝土在浇筑过程中,如发现原材料、稠度不符合规定,或有分层离析等异常现象时,应立即查明原因,妥善处理后再继续浇筑。

**5.5.3** 浇筑混凝土时,应随时检查模板、支架、钢筋、预埋件、预留孔和垫块的固定情况,当发现有变形、位移时,应立即停止浇筑,并应在已浇筑的混凝土凝结前进行修整。

**5.5.4** 混凝土自高处倾落的自由高度超过 2m 时,应采用串筒、斜槽、溜管或振动溜管浇筑混凝土。

**5.5.5** 混凝土应振捣成型,根据施工对象及混凝土拌合物性质选择适当的振捣器,并确定振捣时间。

**5.5.6** 浇筑混凝土的分层厚度应符合表 5.5.6 中的规定。

浇筑混凝土的分层最大允许厚度(mm) 表 5.5.6

捣实方法	分层最大允许厚度
插入式振捣器振实	500
表面振动器振实	200
附着式(外挂)振动器振实	300
人工捣实	200

注:浇筑层的厚度系指振实后的混凝土厚度。

**5.5.7** 混凝土拌合物运至浇筑地点的温度,最高不宜超过 35℃;最低不宜低于 5℃。大体积混凝土的浇筑应合理分段分层进行,使混凝土沿高度均匀上升;浇筑应在室外气温较低时进行,混凝土浇筑温度不宜超过 28℃。

**5.5.8** 混凝土的浇筑应连续进行。如因故中断,其允许间歇时间应根据混凝土硬化速度和振捣能力经试验确定,或按表 5.5.8 的

规定执行。

浇筑混凝土的允许间歇时间(h)

表 5.5.8

混凝土的 入模温度 ℃	允 许 间 歇 时 间	
	硅酸盐水泥 普通硅酸盐水泥	矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥 粉煤灰硅酸盐水泥
30~50	1.5	2.0
20~29	2.0	2.5
10~19	2.5	3.0
5~9	3.0	3.5

注：①允许间歇时间为混凝土从搅拌机卸出到浇注完毕延续时间；

②表列数值未考虑掺用外加剂的影响；

③如间歇时间过长，应在现场进行重塑试验，如混凝土不能重塑时，应按施工缝处理；

④重塑试验可用插入式振捣器在振动下靠自重插入混凝土中，并经振捣 15s 后，在振捣器周围 100mm 处仍能翻浆，即认为能重塑。

**5.5.9** 混凝土在浇筑及静置过程中，应采取措施防止产生裂缝。由于混凝土的沉降及塑性干缩产生的表面裂缝，应及时予以修整。

**5.5.10** 在浇筑混凝土时，应同时制作吊运、张拉、放松、加荷和强度合格评定用的立方体强度试件。必要时还应制作抗冻、抗渗或其它性能的试件，试件的取样与制作应符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTJ 268)的规定。

## 5.6 养 护

**5.6.1** 在养护过程中，应控制混凝土处在有利于硬化及强度增长的温度和湿度环境中。

**5.6.2** 混凝土浇筑完毕后，应及时加以复盖，终凝后浇水养护，养护用水应与拌和用水相同，缺乏淡水时应采用覆盖塑料薄膜或涂养护剂进行养护，并符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTJ 268)的有关规定。

**5.6.3** 预应力混凝土构件和海上大气区、浪溅区、水位变动区的

钢筋混凝土预制构件不得使用海水养护。

**5.6.4** 养护混凝土时,应每天记录大气气温的最高、最低温度和天气变化情况,并记录养护制度。

**5.6.5** 当采用塑料薄膜或养护剂进行养护时,应覆盖严密,并经常检查塑料薄膜或养护液薄膜的完整情况和混凝土的保湿效果。若有损坏,应及时修补。

**5.6.6** 大体积混凝土的养护,应通过热工计算,确定其保温、保湿或降温措施,并应设置测温孔或埋设热电偶等方法,测定混凝土内部和表面的温度,使温度控制在设计要求的温差内。当无设计要求时,温差不宜超过  $25^{\circ}\text{C}$ 。

**5.6.7** 混凝土潮湿养护时间应按表 5.6.7 中的规定执行。

混凝土潮湿养护时间(d)

表 5.6.7

水 泥 品 种	混凝土潮湿养护时间
硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥	$\geq 10$
矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥	$\geq 15$

注:①对有抗冻性要求的混凝土,按表列规定进行潮湿养护之后,宜在空气中放置 14~21d;

②对大体积混凝土,使用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥时,潮湿养护不得少于 14d;使用矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥或粉煤灰硅酸盐水泥时,潮湿养护不得少于 21d。

## 6 混凝土质量合格控制

### 6.1 混凝土外观质量及尺寸偏差

**6.1.1** 混凝土结构、构件拆模后应对其外观质量及外形尺寸进行检查,其检查数量和方法应按现行行业标准《港口工程质量检验评定标准》(JTJ 242)的有关规定进行,检查应作详细记录。

### 6.2 混凝土强度的合格评定

**6.2.1** 混凝土试件留置、制作、养护和试验应按现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTJ 268)和《港口工程混凝土试验方法》(JTJ 225)的有关规定进行。

**6.2.2** 评定混凝土强度的原始资料,应按下列规定统计。

**6.2.2.1** 混凝土强度的评定验收应分批进行。同一验收批的混凝土由强度等级相同、配合比和生产工艺基本相同的混凝土组成。对现浇混凝土,按分部工程划分验收批;对预制混凝土构件,按月划分验收批。

**6.2.2.2** 对同一验收批的混凝土强度,应以该批内全部留置标准试件的组强度代表值,作为统计数据来进行评定,除非查明确系试验失误,不得任意抛弃一个统计数据。

**6.2.2.3** 以取自同一罐混凝土的3个试件抗压强度的算术平均值作为该组强度的代表值。

注:①当3个试件中的最大或最小的强度值,与中间值相比有一个超过中间值的15%时,取中间值代表该组的混凝土试件强度;

②当3个试件中的最大和最小的强度值,与中间值相比均超过中间值的15%时,其试验结果不应作为评定的依据;

③采用非标准尺寸试件时,抗压强度应根据试件尺寸乘以下列折算系数:

边长为200mm的试件为1.05;

边长为100mm的试件为0.95。

**6.2.3** 当验收批内混凝土试件组数 $n$ 不少于5组时,混凝土强度

的合格评定应按下列规定进行。

**6.2.3.1** 混凝土强度的统计数据,应同时满足下列公式的要求:

$$m_{fcu} - S_{fcu} \geq f_{cu,x} \quad (6.2.3-1)$$

$$f_{cu,min} \geq f_{cu,x} - C\sigma_0 \quad (6.2.3-2)$$

式中  $f_{cu,x}$ ——验收批混凝土抗压强度标准值(N/mm<sup>2</sup>);

$\sigma_0$ ——港工混凝土抗压强度标准差的平均水平(N/mm<sup>2</sup>),按表 4.2.4 选取;

$m_{fcu}$ —— $n$  组混凝土抗压强度的平均值(N/mm<sup>2</sup>);

$S_{fcu}$ —— $n$  组混凝土抗压强度的标准差(N/mm<sup>2</sup>);

$f_{cu,min}$ —— $n$  组混凝土抗压强度中的最小值(N/mm<sup>2</sup>);

$C$ ——验收系数。

**6.2.3.2**  $n$  组混凝土抗压强度的标准差  $S_{fcu}$  应按式(6.2.3-3)计算,但其取值不得低于 $(\sigma_0) - 2.0$ (N/mm<sup>2</sup>)。

$$S_{fcu} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_{cu,i}^2 - nm_{fcu}^2}{n-1}} \quad (6.2.3-3)$$

式中  $n$ ——验收批内混凝土试件的组数,至少要有 5 组;

$f_{cu,i}$ ——第  $i$  组混凝土的抗压强度值(N/mm<sup>2</sup>)。

**6.2.3.3** 验收系数  $C$  应按表 6.2.3 选定:

验收系数 $C$			表 6.2.3
$n$	5~9	10~19	$\geq 20$
$C$	0.7	0.9	1.0

**6.2.3.4** 当只有强度最小值不能满足下列公式的要求,可将混凝土试件强度值按时间顺序排列,在结合生产过程管理图表,分析低强度数据出现原因和规律的基础上,适当将验收批划小,再按式(6.2.3-1)和式(6.2.3-2)重新进行合格评定。

**6.2.4** 当验收批内混凝土试件组数  $n$  为 2~4 组时,混凝土强度的合格评定应按下列规定进行。

**6.2.4.1** 混凝土强度的统计数据应同时满足下列公式的要求:

$$m_{fcu} \geq f_{cu,x} + D \quad (6.2.4-1)$$

$$f_{cu,min} \geq f_{cu,x} - 0.5D \quad (6.2.4-2)$$

式中  $D$ ——验收常数,其取值与表 4.2.4 中的  $\sigma_0$  值相同。

**6.2.4.2** 在进行配合比设计时,施工配制强度计算式(4.2.3)中的  $\sigma$  取值不宜小于  $\sigma_0$ 。

### 6.3 混凝土耐久性的合格检验

**6.3.1** 混凝土抗冻性、抗渗性合格检验及试块留置组数,应符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTJ 268)的有关规定。

**6.3.2** 用于混凝土抗冻性试验及抗渗性试验的试件,其制作、养护和试验应符合现行行业标准《港口工程混凝土试验方法》(JTJ 225)的有关规定。

**6.3.3** 对海水环境钢筋混凝土结构、构件应采用测定仪对混凝土保护层厚度进行测定,测定结果应符合本标准第 5.4.2 条的有关规定。

### 6.4 混凝土质量问题的处理

**6.4.1** 混凝土外观缺陷不符合本标准第 6.1.1 条的规定时,按以下规定处理。

**6.4.1.1** 当不影响结构的使用性能时,可由施工或生产单位有关部门提出处理方案,经整修后,由质量检验部门重新检验评定。

**6.4.1.2** 当影响结构性能时,施工或生产单位必须会同设计、建设等单位共同研究处理。

**6.4.2** 当对混凝土试件强度的代表性或强度合格评定结论有怀疑时,可采用非破损检验方法,必要时从结构、构件中钻取芯样,按现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTJ 268)、《港口工程混凝土试验方法》(JTJ 225)或有关标准的规定,对结构、构件的混凝土强度等级进行评估,作为是否进行处理的依据。

**6.4.3** 用超声——回弹综合法对结构中混凝土强度进行检测和评估时,符合下列规定。

**6.4.3.1** 当出现下列情况之一时,可采用超声——回弹综合法;

(1)标准立方体试件的强度被评定为不合格,但对结论有怀疑;

(2)标准立方体试件强度缺乏代表性;

(3)混凝土浇筑、养护不当而造成结构物施工质量不良。

**6.4.3.2** 当出现下列情况之一时,不宜采用超声——回弹综合法:

(1)遭受冻害、化学腐蚀和火灾损伤;

(2)埋有块石,或有明显缺陷和孔洞。

**6.4.3.3** 当对超声——回弹综合法的评估结论有怀疑或争议时,可在结构、构件上钻取芯样。经用芯样强度校准后,再重新进行合格评估。

**6.4.4** 经测定如保护层厚度不合格,应按现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTJ 268)的有关规定进行处理。

**6.4.5** 属于重大的混凝土质量事故应由施工或生产单位会同设计、建设和质量监督部门共同研究提出意见,并报送上级主管部门处理。

## 附录 本标准用词用语说明

一、为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

(1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”;

反面词采用“严禁”。

(2)表示严格,在正常情况下均应这样做的;

正面词采用“应”;

反面词采用“不应”或“不得”。

(3)对表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”或“可”;

反面词采用“不宜”。

二、条文中指定应按其它有关标准、规范执行时,写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 附加说明

### 本标准主编单位、参加单位和 主要起草人名单

主编单位：交通部第四航务工程局科研所

参加单位：交通部第一航务工程局  
交通部第三航务工程局  
中交水运规划设计院  
南京水利科学研究院  
河海大学

主要起草人：潘德强

(以下按姓氏笔画为序)

卫淑珊	刘清芹
卢瑞珍	林紫东
杨松泉	洪定海
黄孝蘅	蔡锐华

中华人民共和国行业标准

水运工程混凝土质量控制标准

JTJ 269—96

条文说明

## 制 订 说 明

本标准是根据交通部的安排,由交通部第四航务工程局科研所会同交通部第一航务工程局、交通部第三航务工程局、南京水利科学研究院、中交水运规划设计院、河海大学等单位共同编制而成。

在编制过程中,对水运工程混凝土质量现状和有关质量控制问题进行了广泛的调查研究,吸取了生产实践经验和科研成果,并借鉴了国内外有关标准。本标准在完成初稿、征求意见稿、并征求有关单位的意见后,完成了送审稿。

本标准编写人员分工如下:

第 1 章 潘德强

第 2 章 杨松泉

第 3 章 潘德强、刘清芹

第 4 章 洪定海、卫淑珊

第 5 章 黄孝衡、蔡锐华

第 6 章 林紫东、卢瑞珍

本标准于 1994 年通过部审,1996 年 4 月发布,1996 年 10 月 1 日实施。

## 目 次

<b>1</b>	总则	(37)
<b>3</b>	混凝土质量要求	(38)
3.1	混凝土拌合物	(38)
3.2	混凝土强度	(39)
3.3	混凝土耐久性设计	(40)
<b>4</b>	混凝土质量初步控制	(49)
4.1	组成材料的质量控制	(49)
4.2	混凝土配合比的确定与控制	(53)
<b>5</b>	混凝土质量生产控制	(55)
5.1	称量	(55)
5.2	搅拌	(55)
5.3	运输	(55)
5.4	浇筑前的检查	(56)
5.5	浇筑	(56)
5.6	养护	(57)
<b>6</b>	混凝土质量合格控制	(58)
6.1	混凝土外观质量及尺寸偏差	(58)
6.2	混凝土强度的合格评定	(58)
6.3	混凝土耐久性的合格检验	(60)

# 1 总 则

**1.0.2** 混凝土质量控制包括耐久性设计及施工过程中的初步控制、生产控制和合格控制。通过耐久性设计,确定混凝土的质量指标及选择必要的保护措施,保证混凝土建筑物的使用寿命;通过对原材料的质量检验与控制、混凝土配合比的确定与控制、生产和施工过程中的检验与控制以及合格性检验与控制,使混凝土质量符合设计要求。

**1.0.4** 混凝土质量控制涉及到原材料、混凝土配合比、施工生产工艺、生产设备、检验方法及结构设计等许多方面,故在进行质量控制时,除执行本标准的规定外,尚应执行国家现行有关标准。

## 3 混凝土质量要求

### 3.1 混凝土拌合物

**3.1.1** 混凝土拌合物的稠度根据构件尺寸、钢筋密度、捣实设备以及环境条件等因素确定。因此,施工时,若拌合物的稠度小于设计值,则难以保证混凝土浇筑质量,易出现蜂窝、麻面等缺陷。若稠度大于设计值规定范围,说明混凝土拌合物水灰比增大,将导致混凝土强度降低,并影响混凝土耐久性。因此,生产过程中应加强对混凝土拌合物稠度的检验,以利于发现问题,及时采取措施,确保混凝土拌合物的质量。

混凝土中掺入引气剂,使混凝土拌合物含有许多封闭的微小气泡,可明显地提高混凝土抗冻融能力,其抗冻性与含气量有密切关系,但含气量超过一定范围,会明显地降低混凝土强度。因此,为确保混凝土的强度或抗冻性,应检验混凝土拌合物的含气量。

流动性和大流动性混凝土拌合物的坍落度,通常会随时间迅速降低。降低率与外加剂的品种及掺量、环境气温及湿度、水泥品种等有密切关系。因此,为避免混凝土拌合物坍落度损失过大而影响浇筑质量,对流动性和大流动性混凝土拌合物,应根据外界条件的变化检验其坍落度损失,以确保浇筑时混凝土拌合物的坍落度能满足工艺要求。

均匀性差的混凝土,不仅对混凝土强度有明显影响,而且还会影响到混凝土的耐久性。因此,应根据需要对混凝土拌合物的均匀性进行检测。

有温度控制要求的混凝土,如大体积混凝土,炎热气候条件下或冷天浇筑混凝土时,为保证混凝土的质量,均应检测混凝土拌合物的温度。

**3.1.2~3.1.5** 混凝土拌合物的稠度分级标准、检测方法采用现行国家标准的分级标准及检测方法。当要求稠度为一定值时,坍落

度或维勃稠度允许偏差也沿用国标的规定。

**3.1.6** 本条参照现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTJ 268)制订。

**3.1.9** 混凝土拌合物中均匀性与混凝土配合比、组成材料、搅拌设备以及搅拌时间有关。因此,变更时应检测拌合物的均匀性。

**3.1.11** 本条参照现行国家标准《混凝土质量控制标准》(GB 50164)制订。

### 3.2 混凝土强度

**3.2.1** 根据现行国家标准《港口工程结构可靠度设计统一标准》(GB50153)混凝土强度分级从原来的标号改为等级,划分等级的依据是立方体强度标准值。确定强度标准值的试件尺寸由原来的边长 200mm 改为边长 150mm 立方体;强度保证率的要求提高到 95%,简称“双改”。

双改后新的强度等级与原来标号间关系大致为:

$$\text{新的强度等级} = \frac{\text{原来的标号} - 20}{10}$$

即原来设计标号为 300# 的混凝土,其强度质量水平相当于新的强度等级为 C28 的混凝土。不允许将原设计标号为 300# 的混凝土,只通过单位换算(由  $\text{kgf/cm}^2$  改为  $\text{N/mm}^2$ ),就改称为 C30 混凝土。

考虑到目前港工系统高强度混凝土的应用已有相当规模,强度等级的上限延伸至 C80。

设计人员在选定混凝土强度等级时,除考虑荷载作用外,还应综合考虑结构物所处环境和混凝土所处部位,对混凝土最大水灰比的限制。

**3.2.3** 混凝土生产管理水平的划分原则是:以港工混凝土强度标准差的平均值  $\sigma_0(\text{N/mm}^2)$  作为中等管理水平的基准,具体分界线的确定如条文说明表 3.2.3。

混凝土生产管理水平的划分原则

表 3.2.3

类别	生产管理水平			备 注
	优良	中等	较差	
现浇	$\leq \sigma_0 - 0.5$	$\sigma_0 \pm 0.5$	$> \sigma_0 \pm 0.5$	以 $\sigma_0$ 作为中等水平的中线
预制	$\leq \sigma_0 - 1.0$	$\begin{matrix} 0 \\ \sigma_0 \\ -1.0 \end{matrix}$	$> \sigma_0$	以 $\sigma_0$ 作为中等与较差的分界线

**3.2.4** 罐内混凝土强度的变异系数,反映的是一次称量情况下,由于搅拌及取样的不均匀性,试件成型操作、养护、仪器测试等一系列因素构成的强度离散。

由于通常每罐只取一组试件,组内只有 3 个试件,样本太少,不宜用样本标准差  $S_{fu}$  的公式来计算其离散,所以通过计算组内 3 个试件间的强度极差,用连续 15 罐或连续积累 25 罐以上,每罐抽一组试件,共 15 或 25 组以上的极差求平均值,再通过系数 0.59 来估算罐内强度的标准差,即式(3.2.5-1)和式(3.2.5-2)

### 3.3 混凝土耐久性设计

**3.3.1** 水运工程建筑物经常与水接触或处于潮湿环境中,混凝土冻融和钢筋腐蚀破坏比陆上建筑物要严重得多,特别是与海水接触的建筑物则处于更为严重的暴露条件下,由于受海水的物理化学作用、波浪和漂流固态物的撞击以及磨耗等各种有害作用而逐渐破损,其中最为突出的是处于水变区的冻融破坏和浪溅区的钢筋腐蚀破坏,混凝土的耐久性往往成为控制混凝土质量的主要指标。因此,混凝土除了拌合物的质量和强度要满足设计和施工要求外,尚应根据建筑物所处的环境条件,在建筑物上的部位,按混凝土所要求的抗冻性、抗渗性或防止钢筋腐蚀等耐久性能进行耐久性设计。

**3.3.2** 海水港是按环境对钢筋腐蚀程度分为海上大气、浪溅、水位变动和水下 4 个区。根据海港工程结构腐蚀调查表明(见条文说明表 3.3.2),钢筋腐蚀损坏最严重的范围是从设计高水位以上 1.0m 到设计高水位以下 0.8m 的浪溅区,而水位变动区与海洋大

气区次之,水下区很少发生腐蚀损坏。为留有适当余地,取设计高水位加 1.5m、设计高水位减 1.0m、设计低水位减 1.0m 为其区域分界线。

我国有掩护海港码头钢筋混凝土上部结构钢筋腐蚀破坏部位与设计高水位的关系表,见条文说明表 3.3.2。

钢筋腐蚀损坏范围(以设计高水位为准) 表 3.3.2

地区	港口	结构型式	损坏范围	构件
华 南	A	管柱、梁、 $\pi$ 型肋板	+0.72~+0.45	板底、 $\pi$ 型板肋
		桩基、梁、 $\pi$ 型肋板	+1.0~+0.6	板底
	B	桩基、无梁大板	$\pm 0$ ~-0.5	板底和桩帽
	C	沉箱基础、立柱、梁、 $\pi$ 型肋板	+0.6~+0	梁、 $\pi$ 型板肋的柱顶
桩基、框架、梁、板		+0.3~-0.3	梁底和柱	
南	D	桩基、框架、梁、板	+0.8~-0.3	板底、梁底和柱顶
		桩基、梁、 $\pi$ 型肋板	-0.4~-0.8	梁、 $\pi$ 型板肋
		桩基、梁、 $\pi$ 型肋板	-0.4~-0.8	梁、 $\pi$ 型板肋
		桩基、梁、 $\pi$ 型肋板	-0.1~-0.8	梁、 $\pi$ 型板肋
华 东	E	桩基、梁、板	+0.4~+0.2	边纵梁底、下横梁侧
	F	桩基、梁、板	+0.9~-0.26	纵梁底和板底

**3.3.5~3.3.6** 混凝土保护层对钢筋的防腐蚀极为重要,它有着双重作用。首先,增加它的厚度可明显地推迟腐蚀介质(氯离子)到达钢筋表面的时间,其次可增强抵抗钢筋腐蚀造成的胀裂力。因此,为防止海水环境建筑物过早的发生钢筋腐蚀损坏,除了要求混凝土保护层有良好的质量外(高密实性),尚应规定混凝土保护层最小厚度值。本标准给出的海水环境钢筋混凝土和预应力混凝土保护层最小厚度值主要沿用《港口工程技术规范》(1987),鉴于近几年我国连云港、北仑港及湛江港新建码头钢筋腐蚀破坏的情况,根据专家的意见,将南方海水环境浪溅区钢筋混凝土保护层最小厚度值由原 60mm 改为 65mm。国外有关标准规定的混凝土最小保护层厚度见条文说明表 3.3.5。

各国标准规定的最小保护层厚度(mm) 表 3.3.5

混凝土所处部位	FIP 建议 (1986)	ACI 357 (1989)	BS6235 (1982)	BS8110 (1985)	DNV (1977)	AS1481 (1983)
大气区	65(90)	65(90)	75(100)	60(60)	40(80)	75(100)
浪溅区	65(90)	65(90)	75(100)	60(60)	50(100)	75(100)
水下区	50(75)	50(75)	60(75)	60(60)	50(100)	60(75)

注：括号内指预应力混凝土最小保护层厚度。

**3.3.7** 淡水环境受力钢筋保护层最小厚度的规定是参照了现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTJ 268)的规定,将原水上区划分为受水气积聚和不受水气积聚两种,由于受水气积聚比不受水气积聚条件恶劣,因此,保护层最小厚度比不受水气积聚部位增加 10mm。

**3.3.8** 钢筋混凝土最大裂缝限值是引自现行行业标准《港口工程混凝土和钢筋混凝土设计》(JTJ 220-87)的规定。

**3.3.9** 水位变动区混凝土抗冻等级选定标准是按现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTJ 268)的规定制订。

**3.3.11** 混凝土抗冻融的能力与其含气量有密切关系,因此有抗冻要求的混凝土必须掺入适量的引气剂,使拌合物的含气量控制在表 3.3.11 范围内。国外一些标准对抗冻融混凝土含气量的规定见条文说明表 3.3.11。本标准规定有抗冻要求的混凝土拌合物含气量是根据我国港口工程多年的实践经验和参考国外标准制订的。

各国对抗冻融混凝土含气量的规定 表 3.3.11

标准名称或代号	集料最大粒径(mm)	含气量范围(%)
《FIP 海工混凝土结构设计 设计与施工建议》 (1986)	10	7~10
	20	5~8
	40	4~7
《CEB/FIP 模式混凝土 结构规范》 (1990)	8	≥6
	16	≥5
	32	≥4

续上表

标准名称或代号	集料最大粒径(mm)	含气量范围(%)
BS110 英国 (1985)	10	7
	20	5
	40	4
ACI318 美国 (1989)	10	6(7.5)
	20	5(6)
	40	4.5(5.5)
AS1480 澳大利亚 (1982)	10	6~10
	20	4~8
	40	3~6
DNV 挪威 (1989)	20	≥5
	40	≥3

注：ACI318 括号内的含气量是指混凝土处于严重受冻的环境条件下。

**3.3.14** 混凝土抗渗等级的选定标准是按现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTJ 268)的规定。

**3.3.16** 影响混凝土抗冻性、抗渗性和防止钢筋腐蚀的主要因素是它的渗透性,为了获得耐久性良好的混凝土,混凝土应尽可能密实。为此,除了选择级配良好密实的集料和精心施工保证混凝土充分捣实以及采用适当的养护方法保证水泥充分水化外,水灰比是影响混凝土密实性的最主要因素。因此,为获得耐久性良好的混凝土,必须根据环境条件及混凝土在构筑物中所处部位规定水灰比的最大允许值。

对于水运工程,冻融破坏最严重的是水位变动区,其次是浪溅区;钢筋腐蚀破坏最严重的是浪溅区,其次是水位变动区及大气区,水下区由于缺氧,钢筋腐蚀破坏很少发生。本标准规定的水灰比最大允许值主要按《港口工程技术规范》(1987)的规定,鉴于近几年连云港、北仑港、湛江港等新建码头钢筋腐蚀破坏的情况,本标准将南方海水环境浪溅区钢筋混凝土的水灰比最大允许值由**0.45**改为**0.40**。国外海工混凝土结构主要规范或标准要求的水灰比最大允许值见条文说明表**3.3.16**。

各国海工混凝土结构水灰比最大允许值 表 3.3.16

标准代号或名称	混凝土所处部位		
	大气区	浪溅区	水下区
《FIP 海工混凝土结构设计及施工建议》(1986)	0.40	0.40	0.45
ACI357(1989)	0.4	0.4	0.4
AS1480(1982)	0.45	0.45	0.45
DNV(1989)	0.45	0.45	0.45
日本土木学会编《混凝土标准规范》(1986)	0.45	0.45	0.5

**3.3.17** 为了保证混凝土有足够的耐久性,国内外大多数规范对最低水泥用量都有具体规定。究其原因可归纳为以下几点。

1. 单位水泥用量较高的混凝土,混凝土拌合物较均匀,可减少混凝土捣实过程中出现的局部缺陷;

2. 水泥用量较高的混凝土,能经常保持钢筋周围有较高的碱度,使钢筋钝化膜不易破坏。

本标准规定的海水环境按耐久性要求的最低水泥用量,主要按《港口工程技术规范》(1987)的规定,只是对南方水下区钢筋混凝土最低水泥用量由原  $325\text{kg}/\text{m}^3$  改为  $300\text{kg}/\text{m}^3$ 。主要依据是过去我国已建成的海港工程水下区水泥用量在  $300\text{kg}/\text{m}^3$  左右的钢筋混凝土至今未发现明显的腐蚀破坏。

国外海工混凝土结构主要规范或标准要求的最低水泥用量见条文说明表 3.3.17。

各国海工混凝土结构要求的最低水泥用量( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

表 3.3.17

标准代号或名称	混凝土所处部位		
	大气区	浪溅区	水下区
《FIP 海工混凝土结构设计及施工建议》(1986)	360	400	360

续上表

标准代号或名称	混凝土所处部位		
	大气区	浪溅区	水下区
ACI357(1989)	350	350	350
AS1480(1982)	400	400	360
DNV(1989)	300	400	300
日本土木学会编《混凝土标准规范》(1986)	330	330	300

**3.3.18** 水灰比大小和水泥用量大小,不仅影响混凝土的强度,而且是影响混凝土耐久性的主要因素。因此,对有耐久性要求的重要工程,特别是处于海水环境中的结构用混凝土,根据需要检测其拌合物的水灰比和水泥含量。

**3.3.19** 混凝土拌合物中氯离子最高限值,系指由拌合水、水泥、细骨料的海砂、粗骨料的海砾以及外加剂等各种材料带进混凝土的氯离子。当氯离子含量在钢筋周围达到某一临界值时,钢筋的钝化膜开始破裂,丧失对钢筋的保护作用,从而引起钢筋锈蚀。因此,对不接触氯盐的淡水环境混凝土,拌合物中的氯离子含量应小于引起钢筋锈蚀的临界值;对于处于海水环境中的钢筋混凝土,由于海水中的氯离子还会不断渗入到钢筋周围,因此,对海水环境混凝土,拌合物中的氯离子含量应尽可能的少;对预应力混凝土结构,由于预应力筋对氯盐腐蚀非常敏感,易发生应力腐蚀,因此,更应严格限制;至于素混凝土,虽然不存在钢筋腐蚀问题,但氯盐掺量过大(按无水氯化钙计,超过水泥重量2%时),混凝土拌合物易产生速凝,此外,氯盐的存在还会促进碱集料反应。因此,为保证混凝土的耐久性,应根据混凝土种类,环境条件等对混凝土拌合物中氯化物总量加以限制。

关于引起钢筋锈蚀的氯离子临界值,目前看法尚不一致,大约在占水泥重量的0.35%~1%范围内。《港口工程技术规范》(1987)对预应力混凝土和钢筋混凝土分别规定“混凝土拌合物中氯盐含量(以氯离子占水泥重量计),不得超过0.06%和0.1%。”

国外一些主要规范规定混凝土拌合物中氯离子允许的最高限值如下：

一、日本土木学会编《混凝土标准规范》(1986)规定：

1. 对于一般钢筋混凝土和后张预应力混凝土，混凝土中的氯离子总量定为  $0.60\text{kg}/\text{m}^3$  以下；

2. 对于耐久性要求特别高的钢筋混凝土和后张预应力混凝土，在可能发生盐害和电腐蚀的场合里以及采用先张预应力混凝土的场合里，混凝土中氯离子总量定为  $0.30\text{kg}/\text{m}^3$  以下；

另外日本《预拌混凝土规范》(JISA 5308)(1986)规定：“混凝土的氯化物含量，在卸货地点，氯离子必须在  $0.30\text{kg}/\text{m}^3$  以下。但是，在得到购货者认可时，可在  $0.60\text{kg}/\text{m}^3$  以下。”

二、《FIP 海工混凝土结构的设计与施工建议》(1986)，规定见条文说明表 3.3.19-1，该建议考虑了气候条件的影响。

FIP 对混凝土拌合物中氯离子的最高限值(按水泥重量的%计)

表 3.3.19-1

环境条件	钢筋混凝土	预应力混凝土
热带气候	0.1	0.06
温带气候	0.4	0.06
极冷地区	0.6	0.06

三、美国《固定式离岸混凝土结构设计与施工指南》(ACI357-1984)规定：混凝土拌合物中可溶性氯离子总含量不得超过水泥重量的 0.10%(对钢筋混凝土)和 0.06%(对预应力混凝土)。美国《钢筋混凝土房屋结构规范》(ACI318-1989)规定，见条文说明表 3.3.19-2。

ACI318 对混凝土拌合物中氯离子的最高限值

表 3.3.19-2

构件种类及环境条件	混凝土拌合物中可溶于水的氯离子(按水泥重量%计)
预应力混凝土	0.06
使用环境中暴露于氯化物的钢筋混凝土	0.15

续上表

构件种类及环境条件	混凝土拌合物中可溶于水 的氯离子(按水泥重量%计)
使用环境中干燥的或有防潮措施的钢筋混凝土	1.00
其它钢筋混凝土	0.30

四、英国《离岸固定建筑物实施规范》(BS6235-1982)和《混凝土结构应用》(BS8110-1985)对混凝土拌合物中氯离子限值的规定见条文说明表 3.3.19-3。

BS6235 和 BS8110 对混凝土中氯离子  
的最高限值(按水泥重量%计) 表 3.3.19-3

结构种类	水泥品种	BS6235(1982)	BS8110(1985)
钢筋混凝土	符合 BS12 的水泥或相当水泥	0.35	0.40
	符合 BS4207 的水泥或相当水泥	0.6	0.20
预应力混凝土	各种水泥	0.06	0.10

本标准规定的混凝土拌合物中氯离子的最高限值,主要是参考上述国内外标准制订的。

**3.3.20** 使用质量低劣、密实性差的混凝土保护层垫块,往往不能保证规定的保护层厚度和质量,外界腐蚀介质(如海水中的氯离子)极易经此渗透到钢筋周围引起钢筋腐蚀。因此,为了保证构件的耐久性,混凝土保护层垫块宜采用水灰比不大于 0.40 的砂浆或细石混凝土制作;为保证钢筋保护层最小厚度值,垫块尺寸不允许负偏差,正偏差不得大于 5mm。

**3.3.22** 有活性的骨料,有可能与来自水泥或其他来源的碱( $\text{Na}_2\text{O}$  和  $\text{K}_2\text{O}$ )发生反应,反应产物会使混凝土膨胀引起混凝土开裂和破裂,通常,发生这种反应应同时具备以下条件:

1. 混凝土湿度高;
2. 水泥的含碱高或有碱的其它来源;
3. 骨料中含有易与碱发生反应的物质,如活性  $\text{SiO}_2$  等。

当所用骨料经检验具有活性时,通常采用的低碱水泥或限制混凝土中的碱总含量来防止发生碱——骨料反应,但对海工结构

来说,混凝土经常处于饱水或干湿交替状态,有利于反应物产生较大的膨胀,即使采取措施限制水泥中的含碱量小于 **0.6%**(以 **Na<sub>2</sub>O** 当量计),但海水可不断提供新的碱来源,很难保证不会发生碱——骨料反应。因此,为保证海工结构的耐久性,故应严禁使用有可能产生碱——骨料反应的骨料。对于河港工程,每立方米混凝土的总含碱量限值是综合国际上近年成果规定的。

## 4 混凝土质量初步控制

### 4.1 组成材料的质量控制

**4.1.2** 本标准未推荐抗硫酸盐硅酸盐水泥,此外,将水泥熟料中的铝酸三钙含量限值放宽到6%~12%范围内,主要依据:

国内外长期研究与海水港混凝土工程的大量调查表明:既使硅酸盐水泥熟料的铝酸三钙计算含量高达9%~17%,低渗透性混凝土(如水灰比为0.53,水泥用量为 $350\text{kg}/\text{m}^3$ ),不会产生硫酸盐型化学腐蚀破坏,不影响海工混凝土结构的耐久性。由于海水含有大量氯离子,水泥的铝酸三钙水化物可与渗入混凝土的氯离子结合,反而推迟了钢筋周围水泥石孔隙液的氯离子浓度达到活化钢筋的临界浓度所需的时间,因此,目前国外普遍认为硅酸盐水泥熟料的铝酸三钙含量的适当增大,对保护钢筋来说,反而是有利的;另外,我国目前能供应抗硫酸盐型硅酸盐水泥(其熟料的铝酸三钙计算含量小于5%)的厂家较少,按原港工混凝土技术规范推荐海工混凝土采用此种水泥,势必使水泥运距和运费增加,工地水泥贮存时间和受潮的概率增加;根据以往的成功经验,配制适用于我国受冻地区海水港高抗冻性混凝土,其关键是混凝土掺有足够的引气剂,而不是单靠降低水泥熟料的铝酸三钙含量。近年,采用熟料的铝酸三钙含量高的硅酸盐水泥也能配制成高抗冻性混凝土。因此,对于受冻地区水位变动部位的海水环境混凝土,没有强调必须优先采用抗硫酸盐硅酸盐水泥;对于不受冻地区的浪溅区和水位变动区的海水环境混凝土,根据现行国际标准(如《FIP海工混凝土结构设计与施工建议》)(1986年第四次修订版的附录:混凝土耐久性的第3.1节),将硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥熟料中的铝酸三钙计算含量放宽到6%~12%范围内。

**4.1.3** 大掺量(大于胶凝材料总量的60%)的矿渣硅酸盐水泥,根据国外长期研究与大量海工钢筋混凝土工程实践表明:低水灰

比、富配合的这种混凝土具有极为优异的抗氯离子扩散性能和极为优异的对钢筋的长期防腐蚀性能。我国的对比试验也证实了掺矿渣 70% 的大掺量矿渣硅酸盐水泥的抗氯离子渗透能力比硅酸盐水泥高 27 倍。近年来,世界上钢筋腐蚀破坏最严重的中东海湾地区海工钢筋混凝土与预应力混凝土重要工程结构的耐久性设计,甚至采用这种水泥作为保证其长期使用寿命的关键性措施之一,与高效减水剂、低水灰比、厚保护层和充分潮湿养护并列加以推荐。

**4.1.4** 研究表明,同时掺适量高效减水剂,会大大增益减水效应,显著降低水灰比,使 7 天强度也不低于基准混凝土。

**4.1.8** 根据各国长期研究成果,高钙高碱粉煤灰抑制碱-骨料反应效果不好,掺量少时甚至会增加碱-骨料反应的膨胀破坏作用。国内外研究表明,当水泥的含碱量不大于 0.6% 时,一般不会发生有害的膨胀反应,因此,当不得不用碱活性骨料时,必须限制水泥中的碱含量。

**4.1.15** 对所用集料的碱活性有怀疑时,按现行行业标准《水工混凝土试验规范》(SD 105) 取样检验其碱活性。也可采用我国工程建设标准协会颁布的推荐性快速检验标准。

**4.1.21** 近十年来,广泛发展的早强剂与防冻剂均含大量碱,因此应检验外加剂的含碱量。

**4.1.24~4.1.29** 国内外大量实验和工程实践表明:掺加适量优质粉煤灰,取代部分水泥和部分细骨料,在保证混凝土强度等级与稠度要求的前提下,在充分潮湿养护(不少于 14d) 条件下,不仅可以节能、节约水泥、降低工程造价,改善混凝土施工和易性、可泵性,提高后期强度,消除混凝土泌水、离析带来的混凝土质量问题,而且可以显著提高抵抗氯离子扩散性的能力、抗碳化能力和不透水性、抗碱-骨料反应能力、抗硫酸盐性、增强对钢筋的防护性能、以及降低温度应力等。我国近来在工程实践中已取得一定的经验与经济技术效益(见条文说明表 4.1.24),今后应在水运工程中推广使用。

掺加粉煤灰的混凝土工程应用实例

表 4.1.24

应用单位	工程概况	粉煤灰质量	是否同时掺减水剂	混凝土水灰比	代替硅水泥量(%) (超代)	技术优点	节约效益	耐久性
挪威、英国等	北海预应力混凝土的重力式采油平台(水深百余米,浪高30m(70年代))	优质粉煤灰或硅灰	是	<0.40				十余年后检查,配筋无任何腐蚀破坏迹象,认为设计使用寿命可从30年延长到60年以上
南京水利院 三航局六公司 中国公路一局	厦门高集海峽公路大桥(1986) 4.4万方;(1)预应力混凝土梁(C50);(2)钢筋混凝土桥墩,泵送就地灌注混凝土桩(C35)	永安电厂II级;烧失量0.8%;需水量比92.6%	是 (1)(FDN); (2)木钙	(1)0.33 (2)0.48	(1)12.5%(是); (2)8%(是)	(1)3、7、28d强度和坍落度显著高于基准混凝土,不泌水,抗CL渗透性显著提高 90d达C90; (2) 28d达C39或C47 易泵送	15万元; 2200吨水泥	因显著提高混凝土对钢筋防护性能,有可能保证设计使用寿命(100年)
上海建筑材料工程公司	上海南浦大桥(1989, 4万方);杨浦大桥(1991, 5万方)的主桥塔和引桥横梁	上海磨细粉煤灰II级	是 (南浦1型泵送剂)	0.47	18%(是)	3d即达C30~C35;一次泵送高度达208m	(南浦桥)节约水泥2000余吨	强度与耐久性显著提高

续上表

应用单位	工程概况	粉煤灰质量	是否同时掺减水剂	混凝土水灰比	代普硅水泥量(%) (超代)	技术优点	节约效益	耐久性
核工业总公司建设公司二公司	秦山核电站核岛安全壳(厚1m)后张预应力混凝土壳板(厚2.5m) C40 (1990) 8万方	上海磨细粉煤灰Ⅱ级	是(木钙)	0.57	17%(是)	易泵送,60d达到C45,缓凝水化热低保证连续施工无冷缝,内外温差<25℃	每方混凝土节约水泥50~60kg	强度、抗渗、耐久性与内部缺陷,经中国科学院、冶建院5个月无损检测均满意(上海建制的测定)
二航局科研所	武汉客运码头防汛墙(1988)6千方 W8、C25素混凝土	武昌电厂Ⅰ级(需水量比94%)	是(木钙)		代425矿渣水泥25%(不是)	达 W10、C40	4.9万元,540吨水泥	强度与抗渗性显著提高
四航局科研所	广州珠江钢筋混凝土隧道工程(1991)泵送8000方	广西田东电厂Ⅰ级	是		15%(不是)	降低水化热,减少干缩,防裂,抗裂	900吨水泥,12万元	
一航局二公司	山东沿海港口防波堤混凝土扭工字块千余块(微冻地区潮差区)(1989)	济宁电厂Ⅱ级(需水量比93%)	是(木钙)		10%(是)	不泌水,夏季施工未发生温度裂缝,混凝土抗渗性密实性显著提高,室内试验达 F250 至 F300	节约水泥	2~3年后调查全部完好
山东筑港公司	混凝土海港口龙口电厂地埭 C20 混凝土 250方(1988)98%	龙口电厂Ⅰ级(需水量比98%)	是		10%(是)	28d 达标,90d、180d 超标,达 F300	估计每万方混凝土可节约9.3万元	

我国现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》(GB 1596)和《粉煤灰混凝土应用技术规范》(GBJ 146)总结了国内外正反面的大量工程实践经验,参照现行国际标准,对粉煤灰品质分级、各级粉煤灰适用范围及其掺量的适当范围以及施工要求等,作出了具体规定。本条根据这些标准,结合水运工程特点和要求,作出了必要的具体规定:海工钢筋混凝土的浪溅区,目前广泛存在严重的钢筋腐蚀破坏问题,为保证掺粉煤灰的混凝土能显著提高其耐久性,本条规定应采用需水量比不少于 100%的 I 级或 II 级的商品粉煤灰。试验表明对于抗冻等级不高于 D300 的混凝土,只要混凝土拌合物含气量合乎要求,掺入占水泥重量 30%以下的粉煤灰,并不降低其抗冻性,只是引气剂掺量有所增加,鉴于目前严重受冻地区和受冻地区港口工程尚缺乏实践经验,因此,本条规定:经论证后该地区受冻部位的混凝土方可掺加粉煤灰。粉煤灰在混凝土中取代水泥的最大限量,是根据近年港口工程实践经验和研究成果,并参考现行国家标准(GBJ 146)的表 4.2.1,就预应力混凝土所规定的最大限量而制定。

## 4.2 混凝土配合比的确定与控制

**4.2.3** 混凝土施工配制强度是施工所追求的目标强度。为满足强度标准值保证率 95%的要求,因此应加  $1.645\sigma$ 。

该  $\sigma$  是反映施工工地实际管理水平的强度标准差,应根据本工地前期大样本( $n \geq 25$ )资料统计而得。

**4.2.4** 港工混凝土强度标准差的平均水平( $\sigma_0$ )表,是在近 15 年港口工程 2 万多组实测资料统计的基础上确定的。当工地没有前期统计资料时,在开工初期可按  $\sigma$  选取。开工后应尽快积累实测资料进行统计,及时修正  $\sigma$  值。

**4.2.5** 早期推定混凝土强度的方法可参照《港口工程混凝土试验方法》(JTJ 225)或《公路工程水泥混凝土试验规程》(JTJ053—83)中促凝压蒸法的有关规定进行,但必须按具体情况建立有足够精度的适用性强的强度推定式,在使用过程中还应经常校核或修正,

以保证推定式的精度。

**4.2.7** 本条是参照现行国家标准《混凝土工程结构施工及验收规范》(GB 50204)及《混凝土泵送施工技术规程》的有关规定,结合水运工程的特点而制定的。

为了使混凝土泵送顺利,对石子的最大粒径及砂子的细颗粒含量应有一定要求,特别是砂中通过 0.315mm 筛孔的这部分细颗粒含量,若该含量过低,输送管容易阻塞,造成泵送不良,《钢筋混凝土工程施工及验收规范》和《混凝土泵送施工技术规程》的规定该部分的细颗粒含量应不少于 15%。若施工中确实无法满足此要求,则应采取措施,如掺入优质粉煤灰或细石粉,使混凝土有足够的细粉量,满足泵送要求。

**4.2.8** 本条规定是为了保证掺粉煤灰的混凝土质量不低于基准混凝土。

**4.2.9** 粉煤灰超量取代水泥,并同时掺入减水剂,可显著增加混凝土保护层的密实性,对于以碳化为主要腐蚀方式的淡水环境和以氯离子活化为主要腐蚀方式的海水环境均应采用此法,以提高混凝土保护层密实性。

表 4.2.9 中粉煤灰的超量系数是引自现行国家标准《粉煤灰混凝土应用技术规范》(GBJ 146—90)。

## 5 混凝土质量生产控制

### 5.1 称 量

**5.1.4** 为防止混凝土在搅拌过程中,因称量出现偏差,引起混凝土质量失控,应进行称量示值检查。

**5.1.5** 砂、石含水率是影响混凝土水灰比的重要因素之一,应根据含水率的变化及时调整用水量、砂、石用量,以减小混凝土质量的波动。

### 5.2 搅 拌

**5.2.1** 本条规定搅拌工序控制的目标,即要求混凝土拌合物各项质量指标达到本标准中有关规定。

**5.2.2** 本条规定了混凝土搅拌的最短时间和每一工作班检查次数,是为了保证混凝土拌合物的均匀性。

**5.2.3** 本条规定是混凝土生产质量控制中的重要内容,规定了每个工作班对混凝土拌合物检测的项目、次数及指标的控制范围,必要时,根据工程性质、产品类型,应检测拌合物的其它质量指标(水灰比、水泥含量、坍落度损失等)。

### 5.3 运 输

**5.3.1** 本条规定是运输工序控制的目标。

**5.3.3** 本条是对混凝土运输过程的基本要求,混凝土应以最短的时间从搅拌地点运抵浇筑地点,时间过长,特别是在气温较高的情况下,混凝土拌合物将失去流动性,难于操作。条文中的具体规定引自现行国家标准《混凝土质量控制标准》(GB 50164)。

**5.3.4** 当采用皮带输送机运送混凝土时,为了防止混凝土在运送过程中泌水、离析,应对皮带机的倾斜角度、运转速度、下料方式及混凝土的配合比严格进行控制和选用。

**5.3.6** 当采用泵送混凝土时,连续工作可以减少堵泵、堵管现象。为防止空气进入泵塞内产生堵泵,其受料斗必须有足够的混凝土量。泵送间歇过长,会引起输送管内混凝土内部组分发生变化,如产生离析、泌水、气泡消失等影响可泵性甚至产生堵管堵泵的现象,经验证明,其间歇时间不应超过 45min。

#### **5.4 浇筑前的检查**

**5.4.1** 钢筋垫块数量、位置及绑扎的牢固程度直接影响混凝土保护层厚度,特规定要进行检查。混凝土保护层厚度对钢筋的防腐蚀极为重要,在本标准第 3.3.5 条中特规定最小保护层厚度,为了保证钢筋有足够的保护层,对易发生钢锈的浪溅区从严要求,只允许有正偏差,而对其它部位则允许偏差数为 $-5\sim 10\text{mm}$ 。

**5.4.3** 锈屑、油污、水泥浆、盐渍对钢筋握裹力影响较大,因此必须清除。

#### **5.5 浇 筑**

**5.5.1** 本条为浇筑工序控制的目标。

**5.5.2** 混凝土运送到浇筑地点后,为了保证混凝土的浇筑质量及混凝土的性能,应观察混凝土拌合物的均匀性和稠度,如不符合规定,应立即查明原因,妥善处理后再继续浇筑。

**5.5.3** 在浇筑混凝土时,下料或振捣过程中易引起模板、钢筋位移或变形,因此应注意检查隐蔽项目,若发生偏差要及时纠正。

**5.5.4** 混凝土倾落自由高度过大,混凝土拌合物将发生离析现象,因此规定浇筑高度超过 2m 时,应采用串筒、溜管或振动溜管浇筑混凝土。

**5.5.6** 本条对不同的捣实方式规定的相应混凝土分层厚度是沿用现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTJ268)中的规定。

**5.5.7** 在极端的温度条件下,将会影响混凝土拌合物稠度变化和操作性能。因此,规定混凝土拌合物运至浇筑地点的温度。在浇筑大体积混凝土时,若浇筑温度过高,混凝土凝结加快,易产生接槎

不良,而且冷却时的体积变化也大,易出现裂缝,因此提出混凝土浇筑时的温度不宜超过 28℃。

**5.5.8** 混凝土在浇筑及静置过程中,由于混凝土拌合物的沉陷与干缩,极易在混凝土的表面和箍筋的上部产生非结构性裂缝,这些裂缝对结构的性能虽无大影响,但影响构件的外观和降低对箍筋的保护作用。因此,必须在混凝土终凝前采取对构件表面进行二次或三次压光等修整方法。

## 5.6 养 护

**5.6.6** 大体积混凝土在硬化过程中,产生的水化热不易散发,当混凝土内外温差过大时,就会出现裂缝,因此必须采取措施,把内外温差控制在设计要求之内,当设计无要求时,根据经验,温差不宜超过 25℃。

## 6 混凝土质量合格控制

### 6.1 混凝土外观质量及尺寸偏差

**6.1.1** 混凝土结构或构件的外观质量及尺寸偏差同混凝土拌合物质量,浇灌成型质量以及隐蔽项目质量的控制好坏有关;而且不同程度地直接影响混凝土的使用功能和耐久性,所以提出了对混凝土结构或构件的外观质量及尺寸偏差的检查项目。

### 6.2 混凝土强度的合格评定

**6.2.3** 条文适用于样本容量  $n$  不少于 5 组的情况。抽检以标准差未知方案为主,辅以最小值方案,与原《港工混凝土施工规范》(JTJ 221-87)中的验收条文,在抽检方案类型上一致。

由于强度标准值已不同于原来的设计标号,所以式(6.2.3-1)是用标准差未知方案来检验强度标准值  $f_{cu,k}$  能否达到设计所要求的 95% 保证率。此条文的优点是:物理概念明确;工程适用性强;当生产管理水平变动时,通过样本信息  $S_{fcu}$  可随时作出合理的调整,为防止偶然出现  $S_{fcu}$  统计值过小的情况,还限制了  $S_{fcu}$  的取值不得低于  $\sigma_0 - 2.0(N/mm^2)$ ;随  $n$  增大,错判概率和漏判概率均逐渐减小,对生产和使用双方都有利。

式(6.2.3-2)是用最小值方案作为辅助条文。当生产管理水平不高时,可以起加严控制的作用,同时也限制了局部低强度混凝土的出现。鉴于目前混凝土强度等级的幅度相当大(C10~C80),验收界限值采用  $f_{cu,k} - C\sigma_0$  而不是  $Cf_{cu,k}$  的形式,可以对各个强度等级都保持宽严一致。

最小值方案的抽检特性,具有随样本容量  $n$  增大而错判概率增大的缺点,所以对不同  $n$  下的验收界限值,通过验收系数  $C$  作出调整。同时也注意了主辅条文的协调。

本验收条文的错判、漏判概率列于表 6.2.3。

验收条文的错判、漏判概率

表 6. 2. 3

样本容量 $n$	5~9	10~19	$\geq 20$
错判概率	0.12~0.10	0.09~0.08	$\leq 0.08$
漏判概率	0.10~0.05	0.04~0.002	$\leq 0.004$
备 注	合格质量水平： $\mu=f_{cu,k}+1.645\sigma$ ； 拒收质量水平： $\mu=f_{cu,k}+0.25\sigma$ ； 假设： $f_{cu,k}=25\text{N/mm}^2$ ； $\sigma=\sigma_0=4.5\text{N/mm}^2$ 。		

当式(6. 2. 3-1)和式(6. 2. 3-2)中只有强度最小值不能满足要求时,可能是验收批内某一时段出现管理失误。为了查明此时段,把对不合格混凝土的处理限制在最必要的范围内,本条文的第 4 款中规定,在分析低强度数据出现原因和规律的基础上,可适当将原来的验收批划小,重新按本条文进行合格评定。但在执行中,不允许不加分地认为只有最小值不合要求的那一天,混凝土质量才有问题。

**6. 2. 4** 条文适用于零星浇筑的混凝土,样本容量  $n$  为 2~4 的情况。抽检采用平均值-最小值方案。

式(6. 2. 4-1)和式(6. 2. 4-2)的验收界限值分别采用  $f_{cu,k}$  士常数的形式,可以对各种强度等级的混凝土,都保持大致相同的宽严程度。

条文的错判、漏判概率列于条文说明表 6. 2. 4。

验收条文的错判、漏判概率

表 6. 2. 4

样本容量 $n$	2	3	4
错判概率	0.19	0.15	0.12
漏判概率	0.14	0.10	0.06
备 注	合格质量水平： $\mu=f_{cu,k}+1.645\sigma$ ； 拒收质量水平： $\mu=f_{cu,k}+0.25\sigma$ ； 假设： $f_{cu,k}=25\text{N/mm}^2$ ； $\sigma=\sigma_0=4.5\text{N/mm}^2$ 。		

由表中可以看出：小样本时的错判、漏判概率有所增大，但与第 6.2.3 条验收条文的错漏判概率仍有较好的衔接。

由于此类验收条文中没有直接反映混凝土强度离散的信息，所以在不同管理平时，其抽检特性的调整不够理想。为此，条文中规定：此类小批量浇筑的混凝土，在计算施工配制强度时， $\sigma$  取值不宜低于  $\sigma_0$ ，此外，在实际施工中也应注意保持管理水平不低于一般水平。

### **6.3 混凝土耐久性的合格检验**

**6.3.1** 对水运工程来说，混凝土耐久性是决定工程质量的最重要指标，所以必须严格检验，确保质量。