

JTS

中华人民共和国行业标准

JTS 202—20XX

水运工程混凝土施工规范

Specifications for Concrete Construction of
Port and Waterway Engineering

(征求意见稿)

20XX— — 发布

20XX— — 实施

中华人民共和国交通运输部发布

中华人民共和国行业标准

水运工程混凝土施工规范

JTS 202—20XX

主编单位：中交天津港湾工程研究院有限公司

批准部门：中华人民共和国交通运输部

施行日期：20 年 月 日

人民交通出版社股份有限公司

20XX·北京

修 订 说 明

本规范是在《水运工程混凝土施工规范》（JTS 202—2011）的基础上，经深入调查研究、广泛征求意见，总结近年来我国水运工程混凝土施工的实践经验，吸纳成熟的新技术、新工艺、新材料，并结合我国水运工程建设发展的现状与需求修订而成。

本规范的主编单位为中交天津港湾工程研究院有限公司，参加单位为中交第一航务工程局有限公司、中交武汉港湾工程设计研究院有限公司、中交上海港湾工程设计研究院有限公司、中交第四航务工程局有限公司、中交四航工程研究院有限公司、天津市交通运输综合行政执法总队。

《水运工程混凝土施工规范》（JTS 202—2011）自发布实施以来，对保障水运工程建设质量、提高经济效益、促进水运工程建设发展等方面发挥了重要作用。随着我国水运工程建设事业的不断发展，在水运工程混凝土施工方面的新材料、新技术不断出现并达到了新的水平，原规范中的部分内容已不能适应我国水运工程混凝土施工技术的需要。为此，交通运输部水运司组织中交天津港湾工程研究院有限公司等单位对《水运工程混凝土施工规范》（JTS 202—2011）进行修订。

本规范中的黑体字部分为强制性条文，必须严格执行。

本规范共分 11 章和 8 个附录，并附条文说明，主要章节如下：

- 1 总则
- 2 术语
- 3 基本规定
- 4 原材料
- 5 配合比设计
- 6 模板工程
- 7 钢筋工程
- 8 混凝土工程
- 9 预应力混凝土工程
- 10 特殊混凝土施工
- 11 混凝土质量检查

附录 A 原材料检验要求及方法

附录 B 松香引气剂溶液的配制及使用方法

附录 C 作用在模板及支架上的荷载标准值

附录 D 纵向受拉钢筋的最小搭接长度

附录 E 特殊天气施工

附录 F 自密实混凝土拌合物性能试验方法

附录 G 透水系数试验

附录 H 本规范用词用语说明

本规范于 202X 年 XX 月 XX 日通过部审，20XX 年 XX 月 XX 日发布，自 202X 年 XX 月 XX 日起实施。

本规范由交通运输部水运局负责管理和解释。各有关单位在执行过程中发现的问题和意见，请及时函告交通运输部水运局（地址：北京市建国门内大街 11 号，交通运输部水运局技术管理处，邮政编码：100736）和本规范管理组（地址：天津市河西区大沽南路 1002 号，中交天津港湾工程研究院有限公司，邮政编码：300222），以便再修订时参考。

目 次

1	总则	1
2	术语	2
3	基本规定	4
4	原材料	10
4.1	水泥	10
4.2	细骨料	10
4.3	粗骨料	13
4.4	掺合料	16
4.5	外加剂	17
4.6	拌和用水	17
4.7	钢筋	18
5	配合比设计	26
5.1	一般规定	26
5.2	有特殊要求的混凝土配合比设计	31
6	模板工程	45
6.1	一般规定	45
6.2	材料	45
6.3	设计	46
6.4	制作与安装	48
6.5	拆除与维护	49
6.6	特种模板	50
7	钢筋工程	52
7.1	一般规定	52
7.2	材料	52
7.3	加工	52

7.4	连接	54
7.5	装设	57
8	混凝土工程	59
8.1	拌制	59
8.2	运输与输送	60
8.3	浇筑与振捣	61
8.4	养护	64
8.5	特殊天气施工	65
8.6	大体积混凝土防裂措施	66
9	预应力混凝土工程	68
9.1	预应力筋制作	68
9.2	预应力张拉、放松机具设备	68
9.3	施加预应力	70
9.4	先张法	72
9.5	后张法	73
9.6	无粘结预应力	75
10	特殊混凝土施工	76
10.1	一般规定	76
10.2	水下浇筑混凝土	76
10.3	自密实混凝土	79
10.4	泵送混凝土	81
10.5	真空吸水混凝土	82
10.6	水下预填骨料升浆混凝土	84
10.7	补偿收缩混凝土	86
10.8	合成纤维混凝土	88
10.9	特细砂混凝土	88
10.10	透水水泥混凝土	90
11	混凝土质量控制与检查	92

11.1	一般规定.....	92
11.2	混凝土施工过程控制.....	92
11.3	混凝土质量评定.....	93
11.4	质量问题处理.....	97
附录 A	原材料检验要求及方法	98
A.1	水泥	98
A.2	矿物掺合料	100
A.3	细骨料	104
A.4	粗骨料	105
A.5	减水剂	106
A.6	拌和用水	112
附录 B	松香引气剂溶液的配制及使用方法	114
B.1	配制方法.....	114
B.2	使用方法.....	114
B.3	注意事项.....	114
附录 C	作用在模板及支架上的荷载标准值	115
附录 D	纵向受拉钢筋的最小搭接长度	117
附录 E	特殊天气施工	119
E.1	雨天施工.....	119
E.2	高温施工.....	119
E.3	冬期施工.....	120
附录 F	自密实混凝土拌和物性能试验方法	122
F.1	坍落扩展度、T ₅₀₀ 流动时间试验方法	122
F.2	L型仪试验方法.....	123
F.3	U型仪试验方法.....	124
F.4	拌合物稳定性跳桌试验方法	125
附录 G	透水系数试验	127

附录 H 本规范用词说明	129
附加说明 本规范主编单位、参加单位、主要起草人、主要审查人、总校人员和 管理组人员名单	130
条文说明	132

1 总 则

1.0.1 为统一水运工程混凝土施工的技术要求，确保工程质量，做到技术先进、经济合理，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于水运工程永久性水工建筑物所用的素混凝土、钢筋混凝土、预应力混凝土的施工。

1.0.3 水运工程中混凝土施工除应符合本规范规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 海水环境 Marine Environment

受海水影响的水运工程建筑物所处的环境。

2.0.2 胶凝材料 Cementitious Material

用于配制混凝土的水泥或水泥与粉煤灰、粒化高炉矿渣粉和硅灰等活性矿物掺合料的总称。

2.0.3 最大粒径 Maximum Size of Aggregate

骨料某一粒径级公称粒级的上限。

2.0.4 机制砂 Manufactured Sand

经除土处理，由机械破碎、整形、筛分、粉控等工艺制成的公称粒径小于5mm的岩石颗粒，但不包括软质、风化的颗粒。

2.0.5 混合砂 Mixed Sand

由天然砂与机制砂按一定比例组合而成的砂。

2.0.6 石粉 Crusher Dust

机制砂中粒径小于75 μm ，且其矿物组成和化学成分与机制砂相同的颗粒。

2.0.7 水胶比 Water to Binder Ratio

用于配制混凝土的单位体积用水量与单位体积胶凝材料总量的比值。

2.0.8 高性能混凝土 High Performance Concrete

用常规材料、常规工艺，以较低水胶比、合理的外加剂、大掺量优质掺合料和严格的质量控制制作的高耐久性、高体积稳定性、良好工作性及较高强度的水泥基混凝土。

2.0.9 大体积混凝土 Mass Concrete

预计会因混凝土中胶凝材料水化引起的温度变化和收缩导致裂缝，或结构实体断面最小尺寸不小于1m的混凝土。

2.0.10 石灰石粉 Limestone Powder

将石灰石粉磨至一定细度的粉体或石灰石机制砂生产过程中产生的收尘粉。

2.0.11 碱活性骨料 Alkali reactive Aggregate

能在一定条件下与混凝土中的碱发生化学反应导致混凝土产生膨胀、开裂甚

至破坏的骨料。

2.0.12 补偿收缩混凝土 Shrinkage-compensating Concrete

由膨胀剂或膨胀水泥配制的自应力为（0.2~1.0）MPa 的混凝土。

2.0.13 水下浇筑混凝土 Underwater Concreting/Pouring Concrete Underwater

在干地拌制后在水环境中（淡水、海水、水泥浆）浇筑和硬化的混凝土，不包括在干地拌制胶凝材料后进行水下预填骨料压力灌浆的混凝土。

2.0.14 水下浇筑普通混凝土 Pouring Concrete Underwater other than Antiwashout Underwater Concrete

除水下不分散混凝土之外的水下浇筑混凝土。

2.0.15 水下不分散混凝土 Antiwashout Underwater Concrete

掺加絮凝剂后具有抗分散性能的水下施工混凝土。

2.0.16 纤维混凝土 Fiber Reinforced Concrete

掺加短钢纤维或短合成纤维的混凝土总称。

2.0.17 纤维体积率 Fraction of Fiber by Volume

纤维混凝土占混凝土体积的百分比。

2.0.18 透水水泥混凝土 Pervious Cement Concrete

由粗集料及水泥基胶结料经拌合形成的具有连续孔隙结构的混凝土。

2.0.19 增强料 Reinforcer

用于改善粗集料和胶结料的粘结性能，提高透水水泥混凝土强度的添加剂。

3 基本规定

3.0.1 混凝土除强度和拌合物的和易性必须满足设计和施工要求外，尚应具备所需要的抗冻性、抗渗性、抗蚀性、防止钢筋锈蚀和抵抗冰凌撞击的性能。

3.0.2 混凝土在建筑物上部位的划分应符合表 3.0.2-1 和表 3.0.2-2 的规定。

海水环境混凝土部位划分

表 3.0.2-1

掩护条件	划分类别	大气区	浪溅区	水位变动区	水下区
有掩护条件	按港工设计水位	设计高水位加 1.5m 以上	大气区下界至设计高水位减 1.0m 之间	浪溅区下界至设计低水位减 1.0m 之间	水位变动区下界至泥面
无掩护条件	按港工设计水位	设计高水位加 ($\eta_0+1.0m$) 以上	大气区下界至设计高水位减 η_0 之间	浪溅区下界至设计低水位减 1.0m 之间	水位变动区下界至泥面
	按天文潮位	最高天文潮位加 0.7 倍百年一遇有效波高 $H_{1/3}$ 以上	大气区下界至最高天文潮汐减百年一遇有效波高 $H_{1/3}$ 之间	浪溅区下界至最低天文潮位减 0.2 倍百年一遇有效波高 $H_{1/3}$ 之间	水位变动区下界至泥面

注：① η_0 为设计高水位时的重现期 50 年 $H_{1\%}$ （波列累积频率为 1% 的波高）波峰面高度（m）；

②当浪溅区上界计算值低于码头面板顶面高程时，应取码头面板顶面高程为浪溅区上界；

③当无掩护条件的海港工程混凝土结构无法按港工有关规范计算设计水位时，可按天文潮潮位确定混凝土结构的部位划分。

淡水环境混凝土部位划分

表 3.0.2-2

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

注：①水上区也可按历年平均最高水位以上划分；

②库区工程分为水上区和水下区，以设计低水位作为分界。

3.0.3 混凝土的强度等级应按立方体抗压强度标准值确定，等级划分应符合表 3.0.3 规定。

混凝土强度等级

表 3.0.3

普通混凝土	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60	C65	C70	C75	C80
引气混凝土	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	C60	-	-	-	-

3.0.4 混凝土生产控制水平应符合下列规定。

3.0.4.1 混凝土抗压强度标准差按式 (5.1.4) 计算, 并宜符合表 3.0.4 的规定。

混凝土抗压强度标准差 (MPa)

表 3.0.4

生产场所	强度标准差		
	<C20	C20~C40	≥C45
预拌混凝土搅拌站 预制混凝土构件厂	≤3.0	≤3.5	≤4.0
施工现场搅拌站	≤3.5	≤4.0	≤4.5

3.0.4.2 实测抗压强度达到抗压强度标准值组数的百分率按式 (3.0.4) 计算, 并不应小于 95%。

$$P = \frac{n_0}{n} \times 100\% \quad (3.0.4)$$

式中 P —统计周期内实测抗压强度达到抗压强度标准值组数的百分率, 精确到 0.1%;

n_0 —统计周期内相同强度等级混凝土达到强度标准值的试验组数。

3.0.4.3 预拌混凝土搅拌站和预制混凝土构件厂的统计周期可取一个月; 施工现场搅拌站的统计周期可根据实际情况确定, 但不宜超过三个月。

3.0.5 配合比选定, 应保证拌合物的和易性, 并应采取减小泌水率和离析的措施。混凝土的和易性应按坍落度或维勃稠度、泌水性、离析和捣实难易程度综合评定。低塑性、塑性、流动性混凝土拌合物在浇筑时的坍落度宜按表 3.0.5-1 选用。干硬性混凝土拌合物在浇筑时的维勃稠度宜按表 3.0.5-2 选用。

塑性、低塑性、流动性混凝土坍落度选用值 (mm)

表 3.0.5-1

混凝土种类	坍落度
低塑性混凝土	10~40
塑性混凝土	50~90
流动性混凝土	≥100

干硬性混凝土维勃稠度选用值 (mm)

表 3.0.5-2

混凝土种类	维勃稠度 (s)
特干硬性混凝土	>20
干硬性混凝土	20~11
半干硬性混凝土	10~5

3.0.6 混凝土的抗水渗透性以抗渗等级表示，抗渗等级应按表 3.0.6 所列数值选定。

混凝土抗渗等级

表 3.0.6

最大作用水头与混凝土壁厚之比 δ	抗 渗 等 级	最大作用水头与混凝土壁厚之比 δ	抗 渗 等 级
$\delta < 5$	P4	$15 \leq \delta < 20$	P10
$5 \leq \delta < 10$	P6	$\delta \geq 20$	P12
$10 \leq \delta < 15$	P8	—	—

3.0.7 混凝土的抗冻性以抗冻等级表示，应分为 F350、F300、F250、F200、F150 和 F100 等 6 级。有掩护条件的水位变动区及浪溅区下部 1m 范围、无掩护条件的设计高水位至设计低水位之间有抗冻要求的混凝土抗冻等级，应按表 3.0.7 的规定选取，码头面层混凝土可选用比同一地区低 2~3 级的抗冻等级。

混凝土抗冻等级

表 3.0.7

所 在 地 区	海 水 环 境		淡 水 环 境	
	钢筋混凝土 预应力混凝土	素混凝土	钢筋混凝土 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℃）	F300	F250	F200	F150
微冻地区（最冷月月平均气温在 0℃~-4℃）	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同；

②开敞式码头结构和防波堤等建筑物混凝土宜选用高 1 级的抗冻等级或采用其它措施。

3.0.8 有抗冻要求的混凝土及最冷月月平均气温在 0℃以上，但有偶然受冻情况

的海水环境所用混凝土的含气量应控制在表 3.0.8 所列的范围内。

混凝土含气量选择范围

表 3.0.8

骨料最大粒径(mm)	含气量 (%)	骨料最大粒径(mm)	含气量 (%)
10.0	5.0~8.0	31.5	3.5~6.5
20.0	4.0~7.0	40.0	3.0~6.0
25.0	3.5~7.0	63.0	3.0~5.0

注：泵送混凝土含气量应控制在 5.0%~7.0%。

3.0.9 海水环境混凝土抗氯离子渗透性最高限值应符合下列规定。

3.0.9.1 对于设计使用年限 50 年的工程，处于浪溅区、水位变动区和大气区的钢筋混凝土和预应力混凝土结构，混凝土的抗氯离子渗透性应符合表 3.0.9-1 的规定。

海水环境混凝土抗氯离子渗透性限值

表 3.0.9-1

氯离子 渗透性指标	普通混凝土	高性能混凝土	
		钢筋混凝土	预应力混凝土
电通量法 (C)	2000	1000	800

注：对掺加粉煤灰或粒化高炉矿渣粉的高性能混凝土抗氯离子渗透性可按 90d 龄期的试验结果评定。

3.0.9.2 对于设计使用年限 50 年以上的工程，处于浪溅区、水位变动区和大气区的钢筋混凝土和预应力混凝土结构，混凝土的抗氯离子渗透性应符合表 3.0.9-2 的规定。

海水环境混凝土抗氯离子渗透性限值

表 3.0.9-2

氯离子渗透性指标	浪溅区	水位变动区	大气区
扩散系数法 (56d, $10^{-12}m^2/s$)	4.5	6.5	8.0

3.0.10 混凝土拌合物中的总氯离子含量限值应符合表 3.0.10 的规定。

混凝土拌合物总氯离子含量限值 (%)

表 3.0.10

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

注：总氯离子含量为混凝土拌合物中各种原材料的氯离子含量之和与胶凝材料质量的百分比。

3.0.11 海水环境中严禁采用碱活性骨料；淡水环境下，当检验表明骨料具有碱性时，混凝土的总碱量不应大于 3.0kg/m^3 。

注：①当 14d 砂浆棒膨胀率小于 0.10% 时，为无潜在危害的骨料，对混凝土中碱含量不作限制。

②混凝土总碱含量为各种混凝土原材料的碱含量之和。其中，矿物掺合料的碱含量以其所含可溶性碱量计算。粉煤灰的可溶性碱量取粉煤灰总碱量的 1/6，矿渣粉的可溶性碱量取矿渣粉总碱量的 1/2，硅灰的可溶性碱量取硅灰总碱量的 1/2。

3.0.12 海水环境钢筋的混凝土保护层最小厚度应符合表 3.0.12 的规定。

海水环境钢筋的混凝土保护层最小厚度(mm) 表 3.0.12

建筑物 所处地区	构件所在部位			
	大气区	浪溅区	水位变动区	水下区
北方	50	60	50	40
南方	50	65	50	40

注：①混凝土保护层厚度系指受力主筋外边缘与构件表面的距离；

②表中数值系箍筋直径为 6mm 时受力主筋的保护层厚度，当箍筋直径大于 6mm 时，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南方指最冷月月平均气温大于 0°C 地区。

3.0.13 海水环境预应力筋的混凝土保护层厚度应符合表 3.0.11 的规定。

海水环境预应力筋的混凝土保护层最小厚度 表 3.0.13

构件厚度 (m)	构件所在部位(mm)			
	大气区	浪溅区	水位变动区	水下区
≥ 0.5	65	80	65	65
< 0.5	2.5 倍预应力筋直径且不小于 50			

注：①构件厚度系指规定保护层最小厚度方向上的构件尺寸；

②后张法预应力筋的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，如采用特殊施工工艺或专门防腐措施，应经充分技术论证，对钢筋的防腐作用确有保证时，保护层厚度可适当减小；

④有效预应力小于 400MPa 的预应力筋的保护层厚度，按表 3.0.10 执行,但不宜小于 1.5 倍主筋直径；

⑤预应力螺纹钢筋保护层厚度按表 3.0.12 执行,但不宜小于 1.5 倍主筋直径。

3.0.14 淡水环境混凝土保护层厚度应符合表 3.0.12 的规定。

淡水环境钢筋的混凝土保护层最小厚度(mm) 表 3.0.12

保护层最小厚度	构件所在部位			
	水上区		水位变动区	水下区
	水气积聚	无水气积聚		
	40	35	40	35

注：①混凝土保护层厚度系指受力主筋外边缘与构件表面的距离；

②表中数值系箍筋直径为 6mm 时受力主筋的保护层厚度，当箍筋直径大于 6mm 时，应按表中规定增加 5mm；

③无箍筋的构件（如板等）其保护层厚度应按表中规定减少 5mm；

④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，可不增加保护层厚度；

⑤预应力筋的保护层厚度不宜小于 1.5 倍主筋直径；

⑥预应力螺纹钢筋保护层厚度按表 3.0.12 执行，且不宜小于 1.5 倍受力主筋直径。

3.0.15 应制定混凝土施工环境保护计划，落实责任人员，并应组织实施。混凝土施工过程中的环境保护效果，宜进行自评估。

3.0.16 混凝土施工过程中，应采取建筑垃圾减量化措施。施工过程中产生的建筑垃圾，应进行分类、统计和处理。

4 原材料

4.1 水泥

4.1.1 水泥品质应符合《通用硅酸盐水泥》（GB 175）的相关要求。

4.1.2 配制混凝土所用的水泥可采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥或复合硅酸盐水泥，必要时也可采用其他品种水泥，其质量均应符合国家现行有关标准的规定。生产普通硅酸盐水泥和硅酸盐水泥的熟料中的铝酸三钙含量宜在 6%~12%。

4.1.3 水泥品种应根据建筑物所在地区和部位选取，并应符合下列规定。

4.1.3.1 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。

4.1.3.2 不受冻地区海水环境浪溅区混凝土，宜采用矿渣硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥和硅酸盐水泥。

4.1.3.3 高性能混凝土宜采用标准稠度用水量低的中热硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，不宜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或复合硅酸盐水泥。

4.1.3.4 水运工程严禁使用烧粘土质的火山灰质硅酸盐水泥。

4.1.4 与其他侵蚀性水接触的混凝土所用水泥应按国家现行有关标准选用。

4.1.5 水泥进场的检验应符合现行行业标准《水运工程质量检验标准》（JTS 257）和附录 A 的有关规定。

4.1.6 用于大体积混凝土的水泥进场时应检查水泥品种、代号、强度等级、包装或散装编号、出厂日期等，并应对水泥的强度、安定性、凝结时间、水化热进行检验，检验结果应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB175 的相关规定。

4.2 细骨料

4.2.1 拌制混凝土应采用质地坚固、公称粒径在 5.00mm 以下的砂作为细骨料，其杂质含量限值应符合表 4.2.1 的规定。

砂杂质含量限值

表 4.2.1

项次	项 目	有抗冻性要求		无抗冻性要求		
		>C40	≤C40	≥C60	C55~C30	<C30
1	总含泥量(%)	≤2.0	≤3.0	≤2.0	≤3.0	≤5.0
	泥块含量(%)	<0.5		≤0.5	≤1.0	<2.0
2	云母含量(%)	<1.0		≤2.0		
3	轻物质(%)	≤1.0		≤1.0		
4	硫化物及硫酸盐含量(%)	≤0.5		≤0.5		
5	有机物	合格				

注：①总含泥量为含泥量与泥块含量之和；

②对有抗冻要求和强度大于等于 C30 的混凝土，对砂的坚固性有怀疑时，应用硫酸钠法进行检验，经浸烘 5 次循环的失重率不应大于 8%；

③轻物质是指表观密度小于 2000kg/m³ 的物质。

4.2.2 机制砂中的石粉含量和泥块含量应符合表 4.2.2 的规定。

机制砂中的石粉含量和泥块含量限值

表 4.2.2

指 标		≥C60	C55~C30	<C30
石粉含量 (%)	MB<1.40 或合格	≤10.0	≤10.0	≤10.0
	MB≥1.40 或不合格	≤2.0	≤3.0	≤5.0
泥块含量 (%)	MB<1.40 或合格	0	≤1.0	≤2.0
	MB<1.40 或不合格	0	≤1.0	≤2.0

注：①MB<1.40 或合格，石粉含量大于 10% 且不大于 15% 时，根据使用部位和用途，经试验证明能够确保工程质量的前提下方可使用；

②MB≥1.40 或不合格，石粉含量大于 5% 且不大于 10% 时，根据使用部位和用途，经试验证明能够确保工程质量的前提下方可使用；

③对于有抗冻、抗渗或其他特殊要求的混凝土，机制砂泥块含量应不大于 1.0%。

4.2.3 砂的粗细程度和级配分区应符合下列规定。

4.2.3.1 砂的粗细程度应根据细度模数按表 4.2.3-1 划分。

砂的粗细程度划分

表 4.2.3-1

粗细程度	细度模数 μ_f	粗细程度	细度模数 μ_f
天然砂			
粗砂	3.7~3.1	细砂	2.2~1.6
中砂	3.0~2.3	特细砂	1.5~0.7
机制砂			
粗砂	3.7~3.1	中砂	3.0~2.3

4.2.3.2 级配分区应符合表 4.2.3-2 的规定。

砂的颗粒级配区

表 4.2.3-2

砂的分类		天然砂			机制砂	
级配区		I区	II区	III区	I区	II区
公称粒径	方孔筛筛孔边长	累计筛余 (%)				
5.00mm	4.75mm	10~0	10~0	10~0	10~0	10~0
2.50mm	2.36mm	35~5	25~0	15~0	35~5	25~0
1.25mm	1.18mm	65~35	50~10	25~0	65~35	50~10
630 μ m	600 μ m	85~71	70~41	40~16	85~71	70~41
315 μ m	300 μ m	95~80	92~70	85~55	95~80	92~70
160 μ m	150 μ m	100~90	100~90	100~90	97~85	94~80

注：①砂的实际颗粒级配与表中所列的累计筛余百分比相比，除公称粒径为 5.00mm 和 630 μ m 的累积筛余外，其余公称粒径的累积筛余允许超出表列范围，但超出总量不大于 5%；

②当使用I区砂，特别是当级配接近上限时，宜适当提高混凝土的砂率，确保混凝土不离析；当使用III区砂时，应适当降低混凝土的砂率或掺入减水剂，提高拌合物的和易性并便于振实；

③当采用特细砂时，应符合相关的规定；

④I区砂宜配制低流动性混凝土、II区砂宜配制不同强度等级混凝土、III区砂宜降低砂率配制不同强度等级混凝土。

4.2.3.3 当砂颗粒级配不符合要求时，宜采取相应的技术措施，并经试验证明能确保工程质量后，方允许使用。

4.2.4 采用海砂时,其质量应符合下列规定。

4.2.4.1 海砂中氯离子含量不得大于 0.03%（按干砂质量百分率计）。

4.2.4.2 海砂不得应用于预应力混凝土。

4.2.5 砂进场的检验应符合现行行业标准《水运工程质量检验标准》（JTS 257）和附录 A 的有关规定。

4.3 粗骨料

4.3.1 粗骨料质量应符合下列规定。

4.3.1.1 配制混凝土应采用质地坚硬的碎石、卵石或碎石与卵石的混合物作为粗骨料，其强度可用岩石抗压强度和压碎指标两种方法进行检验。在选择采石场、对粗骨料强度有严格要求或对质量有争议时，宜用岩石立方体抗压强度作检验；常用的石料质量控制可用压碎指标进行检验，强度值或压碎指标宜符合表 4.3.1-1 的规定。卵石压碎值指标宜符合表 4.3.1-2 的规定。

岩石抗压强度或压碎指标值

表 4.3.1-1

岩石品种	混凝土强度等级	岩石的立方体抗压强度(MPa)	碎石压碎指标(%)
沉积岩	C60~C40	≥80	≤10
	C35~C10	≥60	≤16
变质岩或深成的火成岩	C60~C40	≥100	≤12
	C35~C10	≥60	≤20
喷出的火成岩	C60~C40	≥120	≤13
	C35~C10	≥80	≤30

注：沉积岩包括石灰岩、砂岩等；变质岩包括片麻岩、石英岩等；深成的火成岩包括花岗岩、正长石和橄榄岩等；喷出的火成岩包括玄武岩和辉绿岩等。

卵石的压碎指标值

表 4.3.1-2

混凝土强度等级	C60~C40	C35~C10
压碎指标(%)	≤12	≤16

4.3.1.2 卵石中软弱颗粒含量应符合表 4.3.1-3 中的规定。

软弱颗粒的含量

表 4.3.1-3

指标名称	有抗冻要求	无抗冻要求
软弱颗粒含量（以质量计,%）	≤5	≤10

4.3.1.3 粗骨料的其他物理性能宜符合表 4.3.1-4 中的规定。

粗骨料物理性能的要求

表 4.3.1-4

指 标 名 称	有抗冻要求		无抗冻要求	
	≥C30	<C30	≥C30	<C30
针片状颗粒含量(按质量计,%)	≤15	≤25	≤15	≤25
山皮水锈颗粒含量(按质量计,%)	≤25		≤30	
表观密度(kg/m ³)	≥2600		≥2600	

注：①针片状颗粒是指颗粒的长度大于该颗粒所属粒级的平均粒径 2.4 倍者；片状颗粒是指颗粒的厚度小于平均粒径 0.4 倍者。平均粒径是指该粒径级上、下限粒径的平均值；

②山皮水锈颗粒是指风化面积超过 1/4 的颗粒；

③用卵石或卵石与碎石混合物配制受拉、受弯构件的混凝土时，应进行混凝土的抗拉强度试验；试验结果不合格，应采取相应措施提高其抗拉强度；

④对粗骨料的坚固性有怀疑时，应用硫酸钠溶液法进行检验，经浸烘 5 次循环后的失重率有抗冻要求的混凝土应不大于 3%，强度等级大于等于 C30 的混凝土应不大于 5%。

4.3.2 粗骨料的杂质含量限值应符合表 4.3.2 中的规定。

粗骨料杂质含量限值

表 4.3.2

项次	杂 质 名 称	有抗冻要求		无抗冻要求		
		>C40	≤C40	≥C60	C55~C30	<C30
1	总含泥量 (%)	≤0.5	≤0.7	≤0.5	≤1.0	≤2.0
2	泥块含量 (%)	≤0.2		≤0.2	≤0.5	≤0.7
3	硫化物及硫酸盐含量 (按 SO ₃ 质量计, %)	≤0.5		≤1.0		
4	卵石有机物含量 (比色法)	合格				

注：①总含泥量为含泥量与泥块含量之和；

②粗骨料中不得混入煅烧过的石灰石块、白云石块，骨料颗粒表面不宜附有粘土薄膜；

③含泥基本是非粘土质的石粉时，对无抗冻性要求的混凝土所用粗骨料的总含泥量可由 1.0%、2.0% 分别提高到 1.5%、3.0%。

4.3.3 粗骨料的最大粒径应满足下列要求。

- (1) 不大于 80mm;
- (2) 不大于构件截面最小尺寸的 1/4;
- (3) 不大于钢筋最小净距的 3/4;
- (4) 不大于混凝土保护层厚度的 4/5, 在南方地区浪溅区不大于混凝土保护层厚度的 2/3;
- (5) 厚度为 100mm 和小于 100mm 混凝土板允许采用最大粒径不大于 1/2 板厚的骨料。

4.3.4 粗骨料的颗粒级配应符合表 4.3.4 的要求, 并符合下列规定。

4.3.4.1 当最大粒径等于或小于 40mm 且级配适当, 可不分级; 但对装配式薄壁结构所用的粗骨料, 通过 1/2 最大粒径的筛余率为 30%~60%。

4.3.4.2 在保证混凝土不离析的情况下, 可采用中断级配。根据粗骨料开采和制备的具体情况, 也可采用其它分级方法, 但在确定各粒径级配的数量尺寸时, 应保证粗骨料在运输和堆放时不发生显著分离现象。

4.3.4.3 当卵石的颗粒级配不符合表 4.3.4 要求时, 应采取措施并经试验证明能确保工程质量后, 方可使用。

碎石或卵石的颗粒级配范围

表 4.3.4

级配情况	公称粒级 (mm)	累计筛余(按质量计, %)											
		方孔筛筛孔边长尺寸(mm)											
		2.36	4.75	9.5	16.0	19.0	26.5	31.5	37.5	53	63	75	90
连续粒级	5~10	95~100	80~100	0~15	0	—	—	—	—	—	—	—	—
	5~16	95~100	85~100	30~60	0~10	0	—	—	—	—	—	—	—
	5~20	95~100	90~100	40~80	—	0~10	0	—	—	—	—	—	—
	5~25	95~100	90~100	—	30~70	—	0~5	0	—	—	—	—	—
	5~31.5	95~100	90~100	70~90	—	15~45	—	0~5	0	—	—	—	—
	5~40	—	95~100	70~90	—	30~65	—	—	0~5	0	—	—	—
单粒级	10~20	—	95~100	85~100	—	0~15	0	—	—	—	—	—	—
	16~31.5	—	95~100	—	85~100	—	—	0~10	0	—	—	—	—
	20~40	—	—	95~100	—	80~100	—	—	0~10	0	—	—	—
	31.5~63	—	—	—	95~100	—	—	75~100	45~75	—	0~10	0	—
	40~80	—	—	—	—	95~100	—	—	70~100	—	30~60	0~10	0

4.3.5 粗骨料进场检验应符合现行行业标准《水运工程质量检验标准》(JTS 257)和附录 A 的有关规定。

4.4 掺合料

4.4.1 混凝土中掺加的硅灰应符合下列规定。

4.4.1.1 硅灰品质应符合现行标准《砂浆和混凝土用硅灰》(GB/T 27690)中的有关规定。

4.4.1.2 硅灰进场检验应符合现行标准《高强高性能混凝土用矿物外加剂》(GB/T 18736)、《水运工程混凝土试验检测技术规范》(JTS/T 236)和《水运工程质量检验标准》(JTS 257)的有关规定。

4.4.2 混凝土中掺加的粉煤灰应符合下列规定。

4.4.2.1 粉煤灰的品质应符合现行标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》(GB/T 1596)中的有关规定。

4.4.2.2 C类粉煤灰需经试验证明安定性合格；

4.4.2.3 粉煤灰的进场检验应符合现行标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》(GB/T 1596)、《水运工程混凝土试验检测技术规范》(JTS/T 236)和《水运工程质量检验标准》(JTS 257)的有关规定。

4.4.2.4 当检验结果指标达不到规定要求时应从同一批中加倍取样进行复验，复验后仍有指标不符合要求时，该批粉煤灰应作不合格品或降级处理。

4.4.2.5 粉煤灰应按品种、等级分别运输储存，不得混入杂物。

4.4.3 混凝土中掺加的粒化高炉矿渣粉应符合下列规定。

4.4.3.1 粒化高炉矿渣粉的品质应符合现行标准《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》(GB/T 18046)的有关规定。

4.4.3.2 粒化高炉矿渣粉进场检验应符合现行标准《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》(GB/T 18046)、《水运工程混凝土试验检测技术规范》(JTS/T 236)和《水运工程质量检验标准》(JTS 257)的有关规定。

4.4.3.4 粒化高炉矿渣粉应按品种、等级分别运输储存，不得混入杂物。

4.5 外加剂

4.5.1 混凝土应根据要求选用减水剂、引气剂、早强剂、调凝剂、泵送剂、防水剂、防冻剂、膨胀剂等外加剂。外加剂的品质应符合现行标准《混凝土外加剂》（GB 8076）、《砂浆和混凝土防水剂》（JC 474）、《混凝土防冻剂》（JC 475）和《混凝土膨胀剂》（GB/T 23439）的有关规定。

4.5.2 混凝土有抗冻要求时，混凝土掺加的引气剂宜采用松香热聚物或松香皂，品质应符合表 4.5.2 的规定，溶液配制方法及使用方法见附录 B。使用其它类型引气剂时，应通过试验确定其抗冻性满足要求。引气剂掺量应通过试验确定，并应符合第 3.0.8 条有关含气量的规定。

松香热聚物或松香皂的品质标准 **表 4.5.2**

引气剂种类	手摇法		机摇法	
	泡沫度	30min 后泡容量	泡沫度	30min 后泡容量
松香热聚物	≥40%	≥300ml/g	≥20%	≥300ml/g
松香皂	≥45%		≥12%	

4.5.3 钢筋混凝土、预应力混凝土中不得掺用氯盐外加剂。

4.5.4 引气剂溶液泡沫度检测方法应按现行行业标准《水运工程混凝土试验检测技术规范》（JTS/T 236）的有关规定。

4.5.5 外加剂进场检验应符合现行行业标准《水运工程混凝土试验检测技术规范》（JTS/T 236）和《水运工程质量检验标准》（JTS 257）的有关规定。

4.5.6 减水剂检验可采用对应工程所用的水泥进行试验。

4.6 拌和用水

4.6.1 混凝土拌和用水不得影响水泥正常凝结、硬化或促使钢筋锈蚀，并符合表 4.6.1 的规定。

拌和用水质量指标 **表 4.6.1**

项目	钢筋混凝土、预应力混凝土	素混凝土
pH 值	>5.0	>4.5

不溶物 (mg/L)	<2000	<5000
可溶物 (mg/L)	<2000	<5000
氯化物 (以 Cl ⁻ 计, mg/L)	<200	<2000
硫酸盐 (以 SO ₄ ²⁻ 计, mg/L)	<600	<2200
初凝时间差 (min)	≤30	
终凝时间差 (min)	≤30	
抗压强度比 (3d, %)	≥90	
抗压强度比 (28d, %)	≥90	

4.6.2 钢筋混凝土和预应力混凝土均不得采用海水拌和。在缺乏淡水的地区，需采用海水拌和素混凝土有抗冻要求时，水胶比宜降低 0.05。

4.6.3 混凝土不得采用沼泽水、工业废水或含有害杂质的水拌和。

4.6.4 使用非生活饮用水时，开工前应检查其质量。水源有改变或对水质有怀疑时，应及时检验。

4.6.5 拌合用水的检验应符合现行标准《水运工程混凝土试验检测技术规范》（JTS/T 236）和《混凝土质量控制标准》（GB 50164）的有关规定。

4.7 钢筋

4.7.1 钢筋质量应符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢 第 1 部分：热轧光圆钢筋》（GB/T 1499.1）、《钢筋混凝土用钢 第 2 部分：热轧带肋钢筋》（GB/T 1499.2）、《钢筋混凝土用余热处理钢筋》（GB/T 13014）、《冷轧带肋钢筋》（GB/T 13788）和《预应力混凝土用钢棒》（GB/T 5223.3）的有关规定，环氧涂层钢筋尚应符合现行国家标准《钢筋混凝土用环氧涂层钢筋》（GB/T 25826）的有关规定，碳素钢丝、钢绞线的质量应符合现行国家标准《预应力混凝土用钢丝》（GB/T 5223）、《预应力混凝土用钢绞线》（GB/T 5224）的有关规定，螺纹钢筋的质量应符合现行国家标准《预应力混凝土用螺纹钢筋》（GB/T 20065）的有关规定。

4.7.2 钢筋的进场检验应符合表 4.7.2 和现行行业标准《水运工程质量检验标准》（JTS 257）的有关规定。

热轧钢筋的检验要求

表 4.7.2-1

检验项目	检验要求					
	质量证明文件检查		抽样试验检验			
化学分析	√	核查每一批产品的质量证明文件。施工单位、监理单位均全部检查	√	下列情况之一时，检验一次： 原料、生产工艺、设备有重大变化及新产品生产时。 施工单位试验检验；监理单位见证检验	√	同一厂家、同一炉罐号、同一规格、同一交货状态，每 60t 为一批，不足 60t 也按一批计；允许由同一牌号、同一冶炼方法、同一浇筑方法的不同炉罐号组成混合批，但各炉罐号含碳量之差不大于 0.02%，含锰量之差不大于 0.15%。混合批的重量不大于 60t。 施工单位每批抽检一次；监理单位按施工单位抽检次数的 10% 进行平行检验，但至少一次。
拉伸	√		√		√	
弯曲	√		√		√	
反向弯曲	√		√		√	
尺寸	√		√			
表面	√		√			
重量偏差	√		√		√	
金相组织	√		√			
疲劳性能	√		√			
晶粒度	√		√			

- 注：1. 表中钢筋包括：热轧光圆钢筋、热轧带肋钢筋；
 2. 对牌号带 E 的热轧带肋钢筋应进行反向弯曲试验；
 3. 根据需方要求，其他牌号钢筋也可进行反向弯曲试验；
 4. 可用反向弯曲试验代替弯曲试验。

余热处理钢筋的检验要求

表 4.7.2-2

检验项目	检验要求					
	质量证明文件检查		抽样试验检验			
化学分析	√	核查每一批产品的质量证明文件。施工单位、监理单位均全部检查	√	下列情况之一时，检验一次： 生产工艺、设备有重大变化及新产品生产时。	√	同一厂家、同一炉罐号、同一规格、同一交货状态，每 60t 为一批，不足 60t 也按一批计；允许由同一牌号、同一冶炼方法、同一浇筑方法的不同炉罐号组成混合批，但各炉罐号含碳量之差不大
拉伸	√		√		√	
弯曲	√		√		√	
反向弯曲	√		√		√	
尺寸	√		√			
表面	√		√			
重量偏差	√		√		√	
			√			

金相组织	√		√	施工单位		于 0.02%，含锰量之差不大于 0.15%。混合批的重量不大于 60t。 施工单位每批抽检一次；监理单位按施工单位抽检次数的 10%进行平行检验，但至少一次。
疲劳性能	√		√	试验检验； 监理单位见证检验		

注：1. 根据需方要求，钢筋可进行反向弯曲性能试验；

2. 如需方要求，经供需方双方协议，可进行疲劳性能试验。

冷轧带肋钢筋的检验要求

表 4.7.2-3

检验项目	检验要求					
	质量证明文件检查		抽样试验检验			
拉伸	√	核查每一批产品的质量证明文件。 施工单位、监理单位均全部检查	√	下列情况之一时，检验一次： 生产工艺、设备有重大变化及新产品生产时。 施工单位试验检验；监理单位见证检验	√	由同一牌号、同一外形、同一规格、同一生产工艺和同一交货状态的钢筋组成，每批不大于 60t。 施工单位每批抽检一次；监理单位按施工单位抽检次数的 10%进行平行检验，但至少一次。
弯曲	√		√			
反复弯曲	√		√		√	
应力松弛	√		√		√	
尺寸	√		√			
表面	√		√			
重量偏差	√		√			

预应力混凝土用钢棒的检验要求

表 4.7.2-4

检验项目	检验要求					
	质量证明文件检查		抽样试验检验			
表面	√	核查每一批产品的质量证明文件。 施工单位、监理单位均全部检查	√	下列情况之一时，检验一次： 更换原材料牌号、规格		由同一牌号、同一规格、同一加工状态的钢棒组成，每批重量不大于 60t。
外形尺寸	√		√			
每米重量	√		√			
伸直性	√		√			
抗拉强度	√		√		√	

规定塑性延伸强度	√	全部检查	√	格时。 施工单位 试验检验； 监理单位见 证检验	√	施工单位每批 抽检一次；监理单位 按施工单位抽 检次数的 10%进 行平行检验，但至 少一次。
断后伸长率	√		√		√	
最大力总伸长率	√		√		√	
弯曲性能	√		√			
应力松弛性能	√		√			
冲击性能	√		√			

环氧树脂涂层钢筋的检验要求

表 4.7.2-5

检验项目	检验要求					
	质量证明文件检查		抽样试验检验			
外观	√	核查每一 批产品的质量 证明文件。 施工单 位、监理单 位均全部检 查	√	下列情况之一 时，检验一次： ①产品主要原 料及用量或生产 工艺由重大变更 时。 ② 主要生产 设备改造后或生 产过程中关键设 备发生较大故障 时。 ③ 停产半年 以上恢复生产 时。 ④ 出厂检验 结果与上次型式 检验有较大差异 时。 施工单位试验 检验；监理单位 见证检验	√	由同一生产 线、同一生产工 艺、同一公称直 径、同一牌号钢 筋、同一批环氧 树脂粉末制备的 涂层钢筋组成。 每批重量应不大 于 60t。 施工单位每批 抽检一次；监理 单位按施工单位 抽检次数的 10% 进行平行检验， 但至少一次。
涂层厚度	√		√		√	
涂层连续性	√		√		√	
涂层可弯性	√		√		√	
与混凝土相对 黏结强度 ¹	√		√			
孔隙率	√		√			
耐化学腐蚀性	√		√			
耐盐雾性	√		√			
抗冲击性	√		√			
涂层附着性 ²	√		√		√	

注：1. 直径小于 16mm 的涂层钢筋不做要求；

2. 涂层附着性根据需要要求进行检测，样品应从生产线上随机抽取。

预应力混凝土用钢丝的检验要求

表 4.7.2-6

检验项目	检验要求					
	质量证明文件检查		抽样试验检验			
表面	√	核查每一批产品的质量证明文件。施工单位、监理单位均全部检查	√	下列情况之一时，检验一次： ①原料、生产工艺、设备有较大变化。 ②新产品投产及停产后重新生产时。 施工单位试验检验；监理单位见证检验	√	由同一牌号、同一规格、同一加工状态的钢丝组成，每批质量不大于60t。 施工单位每批抽检一次；监理单位按施工单位抽检次数的10%进行平行检验，但至少一次。
外形尺寸	√		√		√	
消除应力钢丝伸直性	√		√		√	
重量偏差	√		√		√	
最大力	√					
0.2%屈服力 $F_{p0.2}$	√		√		√	
最大力总伸长率	√		√		√	
断面收缩率	√		√		√	
反复弯曲	√		√		√	
弯曲	√		√		√	
扭转	√		√		√	
墩头强度	√		√		√	
弹性模量 ¹	√		√		√	
应力松弛性能	√		√			
疲劳性能	√		√			
氢脆敏感性（压力管道用冷拉钢丝）	√		√		√	
氢脆敏感性（消除应力钢丝）	√	√	√			

注：1. 当需方要求时测定。

预应力混凝土用钢绞线的检验要求

表 4.7.2-7

检验项目	检验要求					
	质量证明文件检查		抽样试验检验			
表面	√	核查每一批产品的质量证明文件。施工单位、监理单位均全部检查	√	下列情况之一时，检验一次： ①原料、生产工艺、设备有重大变化。 ②新产品生产、停产后复产	√	由同一牌号、同一规格、同一生产工艺捻制的钢绞线组成，每批重量不大于60t。 施工单位
外形尺寸	√		√		√	
钢绞线伸直性	√		√		√	
整根钢绞线最大力	√		√		√	
0.2%屈服力	√		√		√	
最大力总伸长率	√		√		√	
弹性模量 ¹	√		√		√	
应力松弛性能	√		√			

轴向疲劳性能	√		√	时。		每批抽检一次；监理单位按施工单位抽检次数的10%进行平行检验，但至少一次。
偏斜拉伸	√		√	施工单位试验检验；监理单位见证检验		
应力腐蚀	√		√			

注：1. 当需方要求时测定。

预应力混凝土用螺纹钢¹的检验要求

表 4.7.2-8

检验项目	检验要求					
	质量证明文件检查		抽样试验检验			
化学成分	√	核查每一批产品的质量证明文件。施工单位、监理单位均全部检查	√	下列情况之一时，检验一次： ①原料、生产工艺、设备有重大变化。 ②新产品生产、停产后复产时。 施工单位试验检验；监理单位见证检验	√	由同一炉号、同一规格、同一交货状态的钢筋组成，每批60t。 施工单位每批抽检一次；监理单位按施工单位抽检次数的10%进行平行检验，但至少一次。
拉伸	√		√		√	
松弛	√		√		√	
疲劳	√		√		√	
非金属夹杂物	√		√		√	
表面	√		√		√	
重量偏差	√		√		√	

注：1. 预应力混凝土用螺纹钢的检查和验收由供方进行，需方有权进行检验。

4.7.3 成型钢筋进场时，应抽取试件作屈服强度、抗拉强度、伸长率和重量偏差检验，检验结果应符合国家现行有关标准的规定。对由热轧钢筋制成的成型钢筋，当有施工单位或监理单位的代表驻厂监督生产过程，并提高原材料钢筋力学性能第三方检验报告时，可仅进行重量偏差检验。

检查数量：同一厂家、同一类型、同一钢筋来源的成型钢筋、不超过60t为一批，每批中每种钢筋牌号、规格均应至少抽取1个钢筋试件，总数不应少于3个。施工单位每批抽检一次；监理单位按施工单位抽检次数的10%进行见证检验，但至少一次。

检验方法：施工单位检查质量证明文件、抽样检验报告并进行重量偏差检验；

监理单位检查质量证明文件、抽样检验报告并进行见证检验。

4.7.4 钢筋焊接接头的质量应符合表 4.7.4 和现行行业标准《钢筋焊接及验收规范》（JGJ 18）的有关规定。

焊接接头的检验要求

表 4.7.4-1

焊接型式	试验或检验项目	抽样组批原则	备注
焊接骨架	外观质量	相同牌号、直径及尺寸，每 300 件为一批，一周内不足 300 件亦按一批计算，每周至少检查一次	不属于专门规定的焊接骨架和焊接网可只进行外观检查
焊接网	外形尺寸和外观质量		
闪光对焊接头	外观质量、拉伸、弯曲	同一台班、同一焊工、同牌号、同直径的每 300 个接头为一批；当同一台班内焊接的接头较少时，按周累计，不足 300 个也按一批计	异径钢筋接头可只做拉伸试验
箍筋闪光对焊接头	外观质量、拉伸	同一台班、同一焊工、同牌号、同直径的每 600 个接头为一批；如超出 600 个接头，其超出部分可与下台班完成接头累计计算	
电弧焊接头	外观质量、拉伸	现浇混凝土结构：同牌号、同形式的每 300 个接头为一批；房屋结构：不超过连续二层中同牌号、同形式的每 300 个接头为一批；装配式结构：可按生产条件制作模拟试件，3 个为一批	钢筋与钢板搭接焊接接头可只进行外观质量检查
			在用一批中若有 3 种不同直径的钢筋焊接接头，应在最大直径钢筋接头和最小直径钢筋接头种分别切取 3 个试件进行拉伸试验
电渣压力焊接头	外观质量、拉伸	现浇混凝土结构：同牌号的每 300 个接头为一批；房屋结构：不超过连续二层中同牌号的每 300 个接头为一批；	
气压焊接头	外观质量、拉伸、弯曲	现浇混凝土结构：同牌号的每 300 个接头为一批；房屋结构：不超过连续二层中同牌号的每 300 个接头为一批；当不足 300 个接头时，仍应作为一批；	同一批中，异径钢筋气压焊接头可只做拉伸试验

预埋件钢筋 T形接头	外观质量	同一台班内完成的同类型预埋件	
	拉伸	同类型预埋件每 300 件为一批，一周内连续焊接时，可累计计算；当不足 300 件时，按一批计算。	

4.7.5 钢筋机械连接接头的质量应符合表 4.7.5 和现行行业标准《钢筋机械连接技术规范》（JGJ 107）的有关规定。

机械连接接头的检验要求

表 4.7.5

检验项目	检验要求					
	质量证明文件检查		抽样试验检验			
母材拉伸	√	核查每一批产品的质量证明文件。施工单位、监理单位均全部检查	√	下列情况之一时，检验一次： 更换钢筋生产厂或接头技术提供单位。 施工单位试验检验；监理单位见证检验	√	同钢筋生产厂、同强度等级、同规格、同类型式和同型式接头，以 500 个为一验收批，不足 500 个也应作为一个验收批。 施工单位每批抽检一次；监理单位按施工单位抽检次数的 10% 进行平行检验，但至少一次。
单向拉伸	√		√		√	
高应力反复拉压	√		√		√	
大变形反复拉压	√		√		√	
疲劳性能（用于直接承受重复荷载的构件时）	√		√		√	

5 配合比设计

5.1 一般规定

5.1.1 混凝土配合比设计应满足设计和施工要求，并应经济合理。

5.1.2 混凝土配合比应根据原材料性能及对混凝土的技术要求进行计算，并经试验试配调整后确定。

5.1.3 混凝土施工配制强度应按下式计算。

5.1.3.1 当混凝土的设计强度等级小于 C60 时，配制强度应按下式计算：

$$f_{cu,0} = f_{cu,k} + 1.645\sigma \quad (5.1.3-1)$$

式中 $f_{cu,0}$ —混凝土施工配制强度 (MPa)；

$f_{cu,k}$ —设计要求的混凝土立方体抗压强度标准值 (MPa)；

σ —工地实际统计的混凝土立方体抗压强度标准差 (MPa)。

5.1.3.2 当混凝土的设计强度等级大于或等于 C60 时，配制强度应按下式计算：

$$f_{cu,0} \geq 1.15f_{cu,k} \quad (5.1.3-2)$$

5.1.4 混凝土立方体抗压强度标准差的确定应符合下列规定。

5.1.4.1 施工单位如有近期混凝土强度统计资料时，按下式计算。

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N f_{cu,i}^2 - Nm_{fcu}^2}{N-1}} \quad (5.1.4)$$

式中 σ —混凝土立方体抗压强度标准差 (MPa)；

$f_{cu,i}$ —第 i 组混凝土立方体抗压强度 (MPa)；

N —统计批内的试件组数， $N \geq 30$ ；

m_{fcu} — N 组混凝土立方体抗压强度的平均值 (MPa)。

5.1.4.2 当混凝土强度等级不大于 C30 时，按式 (5.1.4) 计算的强度标准差小于 3.0MPa 时，计算配制强度用的混凝土立方体抗压强度标准差取 3.0MPa；当混凝土强度等级大于 C30 且小于 C60 时，按式 (5.1.4) 计算的强度标准差小于 4.0MPa 时，计算配制强度用的混凝土立方体抗压强度标准差取 4.0MPa。

5.1.4.3 施工单位没有近期混凝土强度统计资料时，宜按表 5.1.4 中混凝土强度标准差的平均水平，结合本单位的生产管理水平，酌情选取混凝土立方体抗压强度标准差。开工后宜积累统计资料，对混凝土立方体抗压强度标准差进行修正。

混凝土强度标准差的平均水平 **表 5.1.4**

强度等级	≤C20	C25~C45	C50~C55
混凝土强度标准差 (MPa)	4.0	5.0	6.0

5.1.5 混凝土配合设计中基本参数选取应符合下列规定。

5.1.5.1 水胶比的选择应满足下列要求：

(1) 用建立强度与水胶比关系曲线的方法求水胶比，按指定的坍落度，用实际施工应用的材料，拌制数种不同水胶比混凝土拌和物，并根据 28d 龄期的混凝土立方体试件的极限抗压强度绘制强度与水胶比的关系曲线，从曲线上查出与混凝土施工配制强度相应的水胶比；

(2) 有耐久性要求的混凝土，按强度要求得出的水胶比还应与按表 5.1.5-1 及表 5.1.5-2 中的按耐久性要求规定的水胶比相比较，当计算的水胶比大时，取表中规定值。

海水环境混凝土按耐久性要求的水胶比最大允许值 **表 5.1.5-1**

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		0.40	0.40	0.65	0.65	
水 位 变 动 区	严重受冻	0.45	—	0.45	—	
	受冻	0.50	—	0.50	—	
	微冻	0.55	—	0.55	—	
	不冻	—	0.50	—	0.65	
水 下 区	无水头作用		0.55	0.55	0.65	0.65
	受水 头作 用	最大作用水头与混凝土壁厚之比<5	0.55			
		最大作用水头与混凝土壁厚之比 5~10	0.50			
		最大作用水头与混凝土壁厚之比>10	0.45			

注：除全日潮型港口外，其他海港有抗冻性要求的细薄构件水胶比最大允许值应酌情减小。

淡水环境混凝土按耐久性要求的水胶比最大允许值

表 5.1.5-2

环境条件		钢筋混凝土、 预应力混凝土	素混凝土
水上区	水气积聚或通风不良	0.60	0.65
	无水气积聚或通风良好	0.65	
水位变动区	严重受冻	0.55	0.55
	受冻	0.60	0.60
	微冻	0.65	0.65
	不冻	0.65	0.65
水下区	无水头作用		0.65
	受水头作用	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 $5\sim 10$	0.55
		最大作用水头与混凝土壁厚之比 >10	0.50

5.1.5.2 根据所用的砂石的最大公称粒径和确定的坍落度值，宜按经验或按表 5.1.5-3、表 5.1.5-4 选择用水量。

塑性、低塑性、流动性用水量选用值 (kg/m^3)

表 5.1.5-3

坍落度 (mm)	碎石最大公称粒径 (mm)			
	20	40	63	80
10~30	185	170	160	150
30~50	195	180	170	160
50~70	210	195	185	175
70~90	220	205	195	185

注：①采用卵石时，用水量可减少 $10\text{kg}/\text{m}^3\sim 15\text{kg}/\text{m}^3$ ；

②表中用水量系采用中砂时的取值；采用粗砂时，用水量可减少 $10\text{kg}/\text{m}^3$ ；采用细砂时可增加 $10\text{kg}/\text{m}^3$ ；

③实际要求坍落度大于 90mm 时，以表中 90mm 坍落度的用水量为基础，按每增大 20mm 坍落度相应增加 $5\text{kg}/\text{m}^3$ 用水量计算，当坍落度增大到 180mm 以上时，随坍落度相应增加的用水量可减少；

④掺用外加剂和掺合料时，用水量应相应调整。

干硬性混凝土用水量选用值 (kg/m^3)

表 5.1.5-4

维勃稠度 (s)	卵石最大公称粒径 (mm)			碎石最大公称粒径 (mm)		
	10.0	20.0	40.0	16.0	20.0	40.0
16~20	175	160	145	180	170	155
11~15	180	165	150	185	175	160
5~10	185	170	155	190	180	165

5.1.5.3 胶凝材料用量可按选定的水胶比和用水量计算近似值,宜按经验或按表 5.1.5-4 选取数种不同砂率,拌制混凝土,确定最佳砂率。在保持胶凝材料用量和其他条件相同的情况下,坍落度最大的拌合物所对应的砂率应为最佳砂率。

砂率选用值 (%)

表 5.1.5-4

碎石最大粒径 (mm)	近似胶凝材料用量 (kg/m^3)							
	200	225	250	275	300	350	400	450
20	38~44	37~43	36~42	35~41	34~40	32~38	30~36	28~34
40	36~42	35~41	34~40	33~39	32~38	30~36	28~34	26~32
63	33~39	32~38	31~37	30~36	29~35	27~33	26~32	25~31
80	32~38	31~37	30~36	29~35	28~34	26~32	25~31	24~30

注:①采用卵石时,砂率可减少 2%~4%;

②采用引气剂时,空气含量每增加 1%,砂率可减少 0.5%~1.0%;

③采用细砂时,砂率可减少 3%;采用粗砂时,砂率可增加 3%。

5.1.6 按选定的水胶比和已确定的最佳砂率,拌制数种胶凝材料用量不同的混凝土拌合物,测定其坍落度,并绘制坍落度与胶凝材料用量的关系曲线,从曲线上查出与施工要求坍落度相应的胶凝材料用量。对于在海水环境有耐久性要求的混凝土,上述过程应在不掺加减水剂的情况下进行,确定胶凝材料用量,且不得低于表 5.1.6 规定的限值。

海水环境按耐久性要求的最低胶凝材料用量 (kg/m^3)

表 5.1.6

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	320	360	280	280

浪溅区		400	400	280	280
水位变动区	F350	400	360	400	280
	F300	360		360	
	F250	330		330	
	F200	300		300	
水下区		320	320	280	280

5.1.7 每立方米混凝土中的砂石用量宜采用绝对体积法按下列公式计算：

$$V = 1000(1 - 0.01A) - \frac{W_w}{\rho_w} - \frac{W_B}{\rho_B} \quad (5.1.7-1)$$

$$W_s = V\gamma\rho_s \quad (5.1.7-2)$$

$$W_G = V(1 - \gamma)\rho_G \quad (5.1.7-3)$$

式中 V —混凝土中砂石料的绝对体积 (L)；

A —混凝土拌和物中的空气含量，以占混凝土体积的百分数表示，不使用引气型外加剂时，取 $A=1$ ；

W_w —混凝土的用水量 (kg)；

ρ_w —水密度 (kg/L)；

W_B —混凝土中的胶凝材料用量 (kg)；

ρ_B —胶凝材料密度 (kg/L)；

W_s —混凝土中砂的质量 (kg)；

γ —砂率 (按体积计)；

ρ_s —砂的表观密度 (kg/L)；

W_G —混凝土中的石的质量 (kg)；

ρ_G —石表观密度 (kg/L)。

5.1.8 经济合理的配合比应按以上确定的配合比和施工要求的坍落度，经试拌校正后得出。当采用皮带机输送时考虑有 2%~3% 的砂浆损失。

5.1.9 确定的配合比应按表 5.1.9 的要求进行试验校核。

混凝土配合比选定试验的检验和计算项目 **表 5.1.9**

序号	检验项目	试验方法	备注
1	总碱含量	3.0.11	基本计算项目
2	总三氧化硫含量		
3	总氯离子含量	3.0.10	
4	坍落度或维勃稠度	JTS/T 236	基本检验项目
5	泌水率	JTS/T 236	
6	凝结时间	JTS/T 236	
7	扩展度和扩展时间	JTS/T 236	高性能混凝土、自密实的混凝土
8	收缩	JTS/T 236	
9	抗压强度	JTS/T 236	基本检验项目
10	电通量	JTS/T 236	
11	含气量	JTS/T 236	
12	弹性模量	JTS/T 236	预应力混凝土或当设计有要求时
13	抗冻等级	JTS/T 236	抗冻混凝土
14	气泡间距系数	JTS/T 236	抗冻混凝土、 处于盐类结晶破坏环境的混凝土
15	氯离子扩散系数	JTS/T 236	处于氯盐环境的混凝土
16	56d 抗硫酸盐结晶破坏等级	GB/T 50082	处于盐类结晶破坏环境的混凝土
17	胶凝材料抗蚀系数		处于硫酸盐化学侵蚀环境的混凝土
18	抗渗等级	JTS/T 236	抗渗混凝土

5.2 有特殊要求的混凝土配合比设计

5.2.1 抗冻混凝土配合比设计应符合下列规定。

5.2.1.1 抗冻混凝土应掺用引气剂。引气剂的掺量应通过试验确定，混凝土的含气量应符合第 3.0.8 条的规定。

5.2.1.2 抗冻混凝土水胶比应符合表 5.1.5-1 和表 5.1.5-2 的规定。

5.2.1.3 海水环境抗冻混凝土最低胶凝材料用量应符合表 5.1.6 的规定。

5.2.1.4 抗冻混凝土配合比计算方法应按第 5.1 节中的有关规定进行，采用绝对体积法进行计算应计入混凝土拌合物的含气量。

5.2.1.5 对确定的配合比制作试件应根据抗冻融性能及其他要求，进行试验校核，试验应符合现行行业标准《水运工程混凝土试验检测技术规范》（JTS/T 236）的有关规定。

5.2.2 高性能混凝土配合比设计应符合下列规定。

5.2.2.1 配制高性能混凝土的原材料质量应符合第 4 章的有关规定。

5.2.2.2 高性能混凝土的质量除应满足设计要求的强度等级、耐久性及稠度等指标外，尚应符合表 5.2.2-1 的规定。

高性能混凝土的技术指标 **表 5.2.2-1**

水胶比		胶凝物质总量 (kg/m ³)	浇筑地点坍落度 (mm)
浪溅区	≤0.35	≥400	≥120
水位变动区、大气区	≤0.40	≥380	

5.2.2.3 高性能混凝土应掺加一种或多种矿物掺和料，矿物掺和料的品种及掺量可按下列要求或经验选用，并应经试验确定。

(1) 单掺一种掺合料时，按表 5.2.2-2 选用；

高性能混凝土的掺合料掺量 (%) **表 5.2.2-2**

水泥种类	掺合料种类		
	粒化高炉矿渣粉	粉煤灰	硅灰
硅酸盐水泥	50~80	25~40	3~8
普通硅酸盐水泥	50~80	20~35	3~8

注：高性能混凝土的掺合料掺量以占胶凝材料质量计。

(2) 同时掺入粉煤灰、粒化高炉矿渣粉时，其总量不宜超过胶凝材料总量的 70%，其中粉煤灰掺入量不宜超过 25%。

(3) 掺粒化高炉矿渣粉或粉煤灰的高性能混凝土必可同时掺入 2%~4% 的硅灰。

5.2.2.4 配制高性能混凝土的粗骨料，最大粒径不应大于 25mm；

5.2.2.5 单位体积浆体比不宜大于 0.35。

注：体积浆体比即混凝土中水泥、矿物掺合料、水和外加剂的体积之和与混凝土

总体积之比。

5.2.2.6 高性能混凝土配合比设计应采用计算-试配法，其配制强度的确定和配合比计算方法应按第 5.1 节的有关规定进行，有抗冻要求的高性能混凝土还应符合第 5.2.1 条的有关规定。

5.2.2.7 对确定的配合比制作试件应根据抗氯离子渗透性能及其他要求进行试验校核，试验应符合现行行业标准《水运工程混凝土试验检测技术规范》(JTS/T 236) 的有关规定。

5.2.3 抗渗混凝土配合比设计应符合下列规定。

5.2.3.1 配制抗渗混凝土所用原材料除应符合第 4 章的有关规定外还应满足下列要求：

- (1) 选用连续级配的粗骨料，其最大粒径不宜大于 40mm，总含泥量不大于 1.5%，其中泥块含量不大于 0.5%；
- (2) 细骨料总含泥量不大于 4.0%，其中泥块含量不大于 1.0%；
- (3) 细骨料中云母含量不大于 1%。

5.2.3.2 抗渗混凝土配合比设计除应遵守第 5.1 节的规定外，尚应满足下列要求：

- (1) 胶凝材料总量不宜小于 320kg/m^3 ；
- (2) 砂率宜为 35%~45%；
- (5) 掺用引气剂的抗渗混凝土，含气量宜控制在 3%~5%。

5.2.3.3 对确定的配合比制作试件应根据抗渗性能及其他要求进行试验校核，试验应符合现行行业标准《水运工程混凝土试验检测技术规范》(JTS/T 236) 的有关规定。

5.2.3.4 配制抗渗混凝土要求的抗渗水压值应比设计提高 0.2MPa，试验结果应满足下式要求：

$$P_i \geq P/10 + 0.2 \quad (5.2.3)$$

式中 P_i —6 个试件中不少于 4 个未出现渗水时的最大水压值 (MPa)；

P —设计要求的抗渗等级值。

5.2.4 泵送混凝土配合比设计应符合下列规定。

5.2.4.1 泵送混凝土所用原材料除应符合第 4 章的有关规定外，尚应符合下列

规定：

(1) 选用连续级配的粗骨料，其针片状颗粒含量不宜大于 10%；粗骨料最大粒径与输送管径之比应符合表 5.2.4-1 的规定；

粗骨料最大粒径与输送管径之比 **表 5.2.4-1**

粗骨料品种	泵送高度 (m)	粗骨料最大粒径与输送管径比
碎石	<50	≤1: 3.0
	50~100	≤1: 4.0
	>100	≤1: 5.0
卵石	<50	≤1: 2.5
	50~100	≤1: 3.0
	>100	≤1: 5.0

(2) 细骨料细度模数宜为 2.4~2.9，其通过 0.315mm 筛孔的颗粒含量不宜少于 15%；

(3) 泵送混凝土应掺用泵送剂或减水剂，并宜掺用矿物掺合料，质量应符合国家现行有关标准的规定。

5.2.4.2 泵送混凝土配合比设计除应符合第 5.1 节中有关规定外，尚应满足下列要求：

(1) 拌合物坍落度的选用，考虑泵送高度、经时损失和气候等因素的影响，取 100~200mm，对不同泵送高度按表 5.2.4-2 选用；

混凝土拌合物的坍落度选用值 **表 5.2.4-2**

泵送高度 (m)	坍落度 (mm)	泵送高度 (m)	坍落度 (mm)
<30	100~140	60~100	160~180
30~60	140~160	>100	180~200

(2) 泵送混凝土最小胶凝材料用量根据管径、距离、坍落度、骨料种类、气候条件等因素确定，无抗冻要求的混凝土不宜小于 300kg/m³；有抗冻要求的混凝土不宜小于 340kg/m³；

(3) 泵送混凝土水胶比不大于 0.60；

(4) 砂率应根据骨料粒径、胶凝材料用量和拌合物的和易性等综合分析确定，宜在 38%~45% 的范围内；

(5) 有抗冻要求的泵送混凝土，含气量宜控制在 5%~7% 的范围内。

5.2.4.3 对确定的配合比制作试件应根据要求性能进行试验校核，试验应符合现行行业标准《水运工程混凝土试验检测技术规范》（JTS/T 236）的有关规定。

5.2.5 补偿收缩混凝土配合比设计应符合下列规定。

5.2.5.1 所用材料应符合第 4 章的有关规定，且在海水或侵蚀性水环境工程中不得采用含氧化钙类膨胀剂。

5.2.5.2 配合比设计除应符合第 5.1 节中有关规定外，尚应满足下列要求：

(1) 膨胀剂等量取代胶凝材料率应根据设计要求的限制膨胀率，采用实际工程用材料，经试验验证后确定。配合比试验的限制膨胀率应比设计值高 0.005%，试验时，等量取代率宜为 0.06~0.12；

(2) 有耐久性要求时水胶比不宜大于 0.50；

(3) 最低胶凝材料用量不宜小于 $300\text{kg}/\text{m}^3$ ；海水环境中抗冻性要求时最低胶凝材料用量不宜小于 $330\text{kg}/\text{m}^3$ ；用于膨胀加强带和工程接缝填充部位时胶凝材料用量不宜小于 $350\text{kg}/\text{m}^3$ 。

5.2.5.3 配合比计算应满足下列要求：

(1) 按第 5.1 节计算基准混凝土配合比每立方米胶凝材料 (W_B)、水 (W_W)、砂 (W_S) 及石 (W_G) 的用量；

(2) 根据选取的膨胀剂等量取代胶凝材料率及每立方米基准混凝土胶凝材料用量，按下列公式计算膨胀剂掺量及胶凝材料实际用量：

$$E = f \cdot W_B \quad (5.2.5-1)$$

$$C = (1 - f) \cdot W_B \quad (5.2.5-2)$$

式中 E —膨胀剂掺量 (kg)；

F —膨胀剂等量取代胶凝材料率；

W_B —基准混凝土胶凝材料用量 (kg)；

C —胶凝材料实际用量 (kg)。

(3) 按等稠度原则，根据所掺膨胀剂需水量比及其它外加剂性能确定的实际用水量应满足下列要求：

$$W \leq W_w \quad (5.2.5-3)$$

式中 W —实际用水量 (kg) ;

W_w —基准混凝土用水量 (kg) 。

(4) 在砂中扣除膨胀剂所增加的绝对体积相同的砂重,按下式计算调整后的砂重:

$$S = W_s - [E / \rho_E - E / \rho_B - (W_w - W) / \rho_w] / \rho_s \quad (5.2.5-4)$$

式中 S —实际用砂量 (kg) ;

W_s —基准混凝土砂重 (kg) ;

E —膨胀剂掺量 (kg) ;

ρ_E —膨胀剂密度 (kg/m³) ;

ρ_B —胶凝材料密度 (kg/m³) ;

W_w —基准混凝土用水量 (kg) ;

W —实际用水量 (kg) ;

ρ_w —水的表观密度 (kg/m³) , 取 1000kg/m³;

ρ_s —砂的表观密度 (kg/m³) 。

(5) 膨胀混凝土配合比各种材料用量分别为 C 、 E 、 W 、 S 及 W_G 。

5.2.5.4 对确定的配合比制作试件应根据限制膨胀率及其他要求的性能进行试验校核,试验应符合现行行业标准《水运工程混凝土试验检测技术规范》(JTS/T 236) 的有关规定。

5.2.6 粉煤灰混凝土配合比设计应符合下列规定。

5.2.6.1 配制粉煤灰混凝土所用原材料除应符合第 4 章中的有关规定外尚应满足下列要求:

(1) 预应力混凝土宜采用 I 级 F 类粉煤灰,掺用 II 级 F 类粉煤灰时应经过试验论证;其它混凝土宜掺用 I 级、II 级粉煤灰,掺用 III 级粉煤灰时应经过试验论证。

(2) 有抗冻要求时,应采用 I 级、II 级粉煤灰。

5.2.6.2 粉煤灰混凝土配合比设计除应符合第 5.1 节的有关规定外,尚应满足下列要求:

(1) 宜采用硅酸盐和普通硅酸盐水泥;采用其他品种水泥时,考虑水泥混合材的品种和掺量,通过试验确定粉煤灰的合理掺量;

(2) 应通过试验确定粉煤灰与各类外加剂的适应性;

(3) 有抗冻要求时，引气剂掺量应符合第 3.0.8 条的规定；

(4) 应通过试验确定粉煤灰掺量，最大掺量宜符合表 5.2.6 的规定。

粉煤灰最大掺量 **表 5.2.6**

水泥品种	预应力混凝土		钢筋混凝土		素混凝土	
	水胶比 ≤0.4	水胶 比>0.4	水胶比 ≤0.4	水胶 比>0.4	水胶比 ≤0.4	水胶 比>0.4
硅酸盐水泥	30	25	40	35	55	55
普通硅酸盐水泥	25	15	35	30	45	45

注：①粉煤灰掺量超过本表时，应进行试验论证；

②早期强度要求较高或环境温度、湿度较低时，宜适当降低粉煤灰掺量。

5.2.6.3 对确定的配合比制作试件应根据要求的性能进行试验校核，试验应符合现行行业标准《水运工程混凝土试验检测技术规范》（JTS/T 236）的有关规定。

5.2.7 水下浇筑混凝土配合比设计应符合下列规定。

5.2.7.1 采用的原材料除应符合第 4 章的规定外，尚应符合下列要求：

(1) 水泥宜采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥和粉煤灰硅酸盐水泥；使用其它水泥时，除应符合相应产品标准外，需经试验确认具备水下浇筑混凝土所需性能。水泥强度等级不应低于 42.5MPa；

(2) 对于水下不分散素混凝土，可采用海水拌和；

(3) 细骨料宜采用连续级配的中砂。

(4) 粗骨料宜采用连续级配，最大粒径不大于导管内径的 1/6、混凝土输送管的 1/3 和钢筋最小净距的 1/4，且不大于 40mm；水下不分散混凝土的粗骨料最大粒径不大于 31.5mm。

5.2.7.2 水下浇筑混凝土配合比设计应满足下列要求：

(1) 配合比设计满足混凝土的设计强度、水陆强度比、水下抗分散性、水下自密实性、耐久性、施工和易性的要求，并经济合理；

(2) 水胶比的选择同时满足强度和耐久性要求，取按强度要求得出的水胶比和按耐久性要求规定的水胶比较小值作为配合比的设计依据；

(3) 施工配制强度宜比设计强度标准值提高 40%~50%，或按下式计算：

$$f_{cu,0} = \alpha \cdot f_{cu,k} + 1.645\sigma \quad (5.2.7)$$

式中 $f_{cu,0}$ —混凝土施工配制强度 (MPa)；

α —水下浇筑混凝土的陆水强度比，为水陆强度比的倒数，根据工程所用材料的情况按经验取值，或通过试验确定；

$f_{cu,k}$ —设计要求的混凝土立方体抗压强度标准值 (MPa)；

σ —混凝土立方体抗压强度标准差 (MPa)。

(4) 施工单位如有近期混凝土强度统计资料时，混凝土立方体抗压强度标准差按第 5.1.4.1 款和第 5.1.4.2 款的规定计算；施工单位没有近期混凝土强度统计资料时，宜按表 5.2.7-1 中混凝土强度标准差的平均水平选取；开工后宜积累统计资料，对混凝土立方体抗压强度标准差进行修正。

混凝土强度标准差平均水平

表 5.2.7-1

强度等级	<C20	C20~C40	>C40
混凝土强度标准差 (MPa)	4.0	5.0	6.0

(5) 有耐久性要求时，水胶比最大允许值应符合表 5.2.7-2 的规定。

水下浇筑混凝土按耐久性要求的水胶比最大允许值

表 5.2.7-2

环境条件		钢筋混凝土	素混凝土
海水环境	水位变动区	0.45	0.45
	水下区	0.50	0.50
淡水或其他地下水环境	水位变动区	0.50	0.50
	水下区	0.50	0.50

5.2.7.3 水下浇筑普通混凝土的配合比设计尚应满足下列要求：

- (1) 砂率宜取 38%~50%，有试验依据时酌情增大或减小；
- (2) 拌和物应具有良好的和易性，在运输和灌注过程中无显著离析、泌水现象，灌注时保持足够的流动性，其坍落度宜为 160mm~220mm；
- (3) 胶凝材料用量不宜小于 350kg/m^3 ，当掺缓凝型减水剂或粉煤灰时，其中水泥用量不宜少于 300kg/m^3 ；
- (4) 混凝土的初凝时间不早于全部混凝土灌注完成时间，当混凝土数量较大或灌注量受到限制而需灌注时间较长时，通过试验确定适量掺入缓凝剂，确保混凝土的初凝时间满足需要。

5.2.7.4 水下不分散混凝土的配合比设计应满足下列要求：

(1) 强度等级应划分为：C20、C25、C30、C35、C40、C45、C50。

(2) 根据所用骨料公称粒级和级配、减水剂或絮凝剂、坍落扩展度，在满足工作性要求的前提下，减少单位用水量；

(3) 胶凝材料用量不宜小于 500kg/m³；

(4) 在保证和易性和抗分散性的前提下选取最佳砂率，宜为 38%~42%；

(5) 有抗冻要求时，含气量宜为 4.0%~6.0%。

5.2.7.5 对确定的配合比制作试件应根据要求的性能进行试验校核，试验应按现行行业标准《水运工程混凝土试验检测技术规范》（JTS/T 236）的规定进行。

5.2.8 自密实混凝土配合比设计应符合下列规定。

5.2.8.1 采用的原材料除应符合第 4 章的规定外，还应满足下列要求：

(1) 水泥宜采用硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥；

(2) 宜选用粉煤灰、粒化高炉矿渣粉、硅灰、偏高岭土、石灰石粉等矿物掺合料。采用其它掺合料时，应通过试验验证。硅灰应符合现行国家标准《高强高性能混凝土用矿物外加剂》（GB/T 18736）的规定；偏高岭土应符合现行国家标准《高强高性能混凝土用矿物外加剂》（GB/T 18736）的规定；石灰石粉应符合现行国家标准《用于水泥、砂浆和混凝土中的石灰石粉》（GB/T 35164）的规定。

(2) 粗骨料宜采用连续级配，最大粒径不宜大于 20mm，针片状颗粒含量小于 10%，紧密空隙率小于 40%；

(3) 细骨料宜采用连续级配的中砂；

(4) 宜优先采用高性能减水剂，掺用引气剂、膨胀剂、增稠剂、絮凝剂等其它外加剂时，应通过试验进行验证，其性能应符合现行有关标准的规定。

5.2.8.2 配合比设计除应符合第 5.1 节的规定外，尚应满足下列要求：

(1) 单位体积混凝土中粗骨料体积宜按表 5.2.8-1 选用。

单位体积混凝土中粗骨料体积 (m³)

表 5.2.8-1

粗骨料最大粒径	
10mm	20mm
0.260~0.330	0.280~0.350

(2) 单位体积用水量宜按表 5.2.8-2 选用。

单位体积用水量 (kg)

表 5.2.8-2

粗骨料最大粒径	
10mm	20mm
165~195	155~185

注：根据骨料品质、外加剂种类和性质、胶凝材料种类和性质，在达到要求的工作性和自密实性同时，选择较少的单位用水量。

(3) 水与胶凝材料的体积比宜为 0.8~1.1；

(4) 单位体积胶凝材料用量为水泥与粉煤灰、粒化高炉矿渣粉、硅灰、偏高岭土、石灰石粉等矿物掺合料的总和，宜为 (400~550) kg/m³；

(5) 在保证工作性和自密实性同时，单位体积细骨料用量宜为骨料总体积用量的 45%~55%。

(6) 根据经验，自密实混凝土单位体积浆体量宜为 0.32 m³~0.40m³。

(7) 有抗冻要求时，引气剂掺量应符合第 3.0.8 条的规定。

5.2.8.3 对确定的配合比制作试件应根据要求的性能进行试验校核，试验应符合现行行业标准《水运工程混凝土试验检测技术规范》(JTS/T 236) 的有关规定。

5.2.9 大体积混凝土配合比设计应符合下列规定。

5.2.9.1 采用的原材料除应符合第 4 章中的规定外，尚应满足下列要求：

(1) 应选用水化热低的通用硅酸盐水泥，3d 水化热不宜大于 250kJ/kg，7d 水化热不宜大于 280kJ/kg；当选用 52.5 强度等级水泥时，7d 水化热不宜大于 300kJ/kg；

(2) 细骨料宜采用中砂，细度模数宜大于 2.3，总含泥量及泥块含量应符合表 4.2.1 的规定；

(3) 粗骨料宜采用连续级配，公称粒级 (5~31.5) mm，总含泥量及泥块含量应符合表 4.3.2 的规定；

(4) 宜掺用矿物掺合料，选用粉煤灰和粒化高炉矿渣粉时，质量应符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》(GB/T 1596) 和《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》(GB/T 18046) 的有关规定。

(5) 外加剂宜选用缓凝型、缓凝型普通减水剂、缓凝型高效减水剂、缓凝型

聚羧酸系高性能减水剂或膨胀剂，其品质应符合现行标准《混凝土外加剂》和《混凝土膨胀剂》（GB/T 23439）的有关规定。

5.2.9.2 配合比设计除应符合第 5.1 节的规定外，尚应满足下列要求：

(1) 强度等级宜为 C25~C50，可采用 60d 或 90d 的强度作为配合比设计依据；

(2) 混凝土拌合物坍落度不宜大于 180mm；

(3) 水胶比不宜大于 0.45；

(4) 拌合水用量不宜大于 170kg/m^3 ；

(5) 粉煤灰掺量不宜大于胶凝材料用量的 50%，矿渣粉掺量不宜大于胶凝材料用量的 40%；粉煤灰和矿渣粉掺量总和不宜大于胶凝材料用量的 50%；

(6) 砂率宜为 38%~45%；

(7) 有抗冻要求时，宜采用引气剂或引气减水剂。外加剂的品种、掺量应通过试验确定；

(8) 胶凝材料用量应满足表 5.1.6 中混凝土耐久性要求的规定，并考虑水泥水化热；

(9) 宜进行绝热温升、泌水率、可泵性等对大体积混凝土裂缝控制有影响的技术参数试验，必要时应通过泵送验证。

(10) 应根据混凝土绝热温升、温控施工方案等要求，在配合比设计时提出粗、细骨料、拌和水及入模温度控制的技术措施。

5.2.9.3 在配合比确定后应进行混凝土水化热验算或绝热温升测试。

5.2.10 纤维混凝土配合比设计应符合下列规定。

5.2.10.1 采用的原材料除应符合第 4 章的有关规定外，尚应满足下列要求：

(1) 钢纤维的品质和性能的检验方法应符合现行行业标准《纤维混凝土应用技术规范》（JGJ/T 221）的有关规定；

(2) 合成纤维的品质应符合现行行业标准《纤维混凝土应用技术规范》（JGJ/T 221）的有关规定，主要性能的检验方法应符合现行国家标准《水泥混凝土和砂浆用合成纤维》（GB/T 21120）的有关规定；

(3) 钢纤维混凝土宜采用硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥；

(4) 细骨料宜采用中砂。海砂不得用于钢纤维混凝土；

(5) 粗骨料宜采用连续级配，公称粒级（5~25）mm，最大粒径不宜大于钢纤维长度的 2/3；喷射钢纤维混凝土的骨料最大粒径不宜大于 10mm；

(6) 宜掺用矿物掺合料，选用粉煤灰和粒化高炉矿渣粉时，质量应符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》（GB/T 1596）和《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》（GB/T 18046）的有关规定。

(7) 不得使用含氯盐外加剂。宜采用无碱速凝剂，其品质应符合现行行业标准《纤维混凝土应用技术规范》（JGJ/T 221）的有关规定；

注：氧化钠当量含量不大于 1% 的速凝剂。

(8) 不得采用海水拌和；

(9) 纤维在混凝土中化学性质稳定、易分散、与混凝土粘结良好，且不降低硬化混凝土强度；

(10) 纤维及其表面处理层对人体健康和环境无不利影响。

5.2.10.2 配合比设计除应符合第 5.1 节的规定外，尚应满足下列要求：

(1) 纤维混凝土拌合物性能、力学及耐久性能应满足设计要求，最大水胶比应符合表 5.1.5-1 和表 5.1.5-2 的规定；

(2) 最小胶凝材料应满足表 5.1.6 中混凝土的耐久性要求，并宜同时符合表 5.2.10-1 的规定；喷射钢纤维混凝土的胶凝材料用量不宜小于 380kg/m³。

纤维混凝土的最小胶凝材料用量 表 5.2.10-1

最大水胶比	最小胶凝材料用量 (kg/m ³)	
	钢纤维混凝土	合成纤维混凝土
0.60	—	280
0.55	340	300
0.50	360	320
≤0.45	360	340

(3) 有抗冻要求时，引气剂掺量应符合表 3.0.8 中的要求；

(4) 每立方米混凝土中的粗、细、纤维用量宜采用绝对体积法按下列公式计算：

$$V = 1000(1 - 0.01A - 0.01A_F) - \frac{W_w}{\rho_w} - \frac{W_B}{\rho_B} \quad (5.2.10-1)$$

$$W_s = V\gamma\rho_s \quad (5.2.10-2)$$

$$W_G = V(1-\gamma)\rho_G \quad (5.2.10-3)$$

$$W_F = 0.01A_F \times 1000 \times \rho_F \quad (5.2.10-4)$$

式中 A_F —纤维体积率（%），宜取（0.5~2.0）%；

W_F —混凝土中纤维质量（kg）；

ρ_F —纤维表观密度（kg/L）。

（5）钢纤维、合成纤维最终掺量应经试验验证确定。

5.2.10.3 校核合成纤维混凝土配合比设计时，应按《水运工程混凝土试验检测技术规范》（JTS/T 236）进行早期收缩裂缝试验，评定其限裂效能等级。

5.2.11 透水水泥混凝土配合比设计应符合下列规定。

5.2.11.1 透水水泥混凝土宜为干硬性混凝土。

5.2.11.2 配制强度应符合第 5.1 节的规定。

5.2.11.3 混凝土配合比设计时，应根据透水要求确定孔隙率设计值，且不应低于 10%。

5.2.11.4 水胶比应根据配制强度、水泥品种及混凝土工作性确定，水胶比的取值范围宜为 0.25~0.35。

5.2.11.5 单位体积粗集料用量应按下列式计算确定：

$$W_G = \alpha \times \rho_G \quad (5.2.11-1)$$

式中 W_G —无砂透水混凝土中粗集料用量，kg/m³；

ρ_G —粗集料紧密堆积密度，kg/m³；

α —粗集料用量修正系数，取 0.98。

5.2.11.6 胶结料浆体体积应按下列式计算确定：

$$V_p = 1 - \alpha \times (1 - v_c) - 1 \times R_{\text{void}} \quad (5.2.11-2)$$

式中 V_p —每立方米无砂透水混凝土中胶结料浆体体积，m³/m³；

v_c —粗集料紧密堆积孔隙率，%；

R_{void} —孔隙率设计值，%。

5.2.11.7 单位体积水泥用量应按下式确定：

$$W_C = \frac{V_p}{R_{w/c} \cdot \rho_C + 1} \cdot \rho_C \quad (5.2.11-3)$$

式中 W_C —每立方米无砂透水混凝土中水泥用量， kg/m^3 ；

V_p —每立方米无砂透水混凝土中胶凝材料浆体体积， m^3/m^3 ；

$R_{w/c}$ —水胶比；

ρ_C —水泥密度， kg/m^3 。

5.2.11.8 单位体积用水量应按下式确定：

$$W_w = W_C \times R_{w/c} \quad (5.2.11-4)$$

式中： W_w —每立方米无砂透水混凝土中用水量， kg/m^3 ；

W_C —每立方米无砂透水混凝土中水泥用量， kg/m^3 ；

$R_{w/c}$ —水胶比；

5.2.11.9 外加剂用量应按下式确定：

$$M_a = W_C \times a \quad (5.2.11-5)$$

式中 M_a —每立方米无砂透水混凝土中外加剂用量， kg/m^3 ；

W_C —每立方米无砂透水混凝土中水泥用量， kg/m^3 ；

a —外加剂的掺量，%。

5.2.11.10 当掺用增强料时，掺量应按水泥用量的百分比计算，然后将其掺量换算成对应的体积。

6 模板工程

6.1 一般规定

6.1.1 模板工程应编制专项施工方案。滑模、爬模等工具式模板工程及高大模板支架工程的专项施工方案，应进行技术论证。

6.1.2 模板的设计、制作和安装应符合国家现行标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》（GB 50204）、《组合钢模板技术规范》（GB/T 50214）、《滑动模板工程技术规范》（GB 50113）、《钢框胶合板模板技术规范》（JGJ 96）、《清水混凝土应用技术规范》（JGJ 169）等的有关规定。

6.1.3 模板支架的架体构造和施工要求应满足国家现行行业标准《建筑施工安全检查标准》（JGJ 59）、《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》（JGJ 130）、《建筑施工门式钢管脚手架安全技术规范》（JGJ 128）、《建筑施工碗扣式钢管脚手架安全技术规范》（JGJ 166）、《建筑施工模板安全技术规范》（JGJ 162）等的有关规定。

6.1.4 模板及支架应保证工程结构和构件各部分的形状、尺寸和相互位置准确，便于钢筋绑扎及安装、混凝土浇筑和养护，并应防止漏浆。

6.1.5 模板及支架拆除应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》（GB 50666）的有关规定和施工方案要求。

6.1.6 混凝土浇筑施工时，应安排专人负责检查模板及支架的变形和位置情况。对重要构件的模板及支架，应进行施工监测。

6.2 材料

6.2.1 模板及支架宜选用轻质、高强、耐用的材料，其质量应符合国家现行有关标准的规定。

6.2.2 接触混凝土的模板表面应平整，并应具有良好的耐磨性和硬度；清水混凝土模板的面板材料应能保证脱模后所需的饰面效果。

6.2.3 模板与混凝土的接触面应涂刷脱模剂，且不应影响脱模后混凝土表面的后

期装饰。

6.3 设计

6.3.1 模板及支架的形式和构造应根据工程结构形式、荷载大小、地基土类别、施工设备和材料供应等条件确定。

6.3.2 模板及支架设计应包括下列内容：

- (1) 选型及构造设计；
- (2) 荷载及其效应计算；
- (3) 承载力、刚度验算；
- (4) 抗倾覆验算；
- (5) 施工图。

6.3.3 模板及支架设计应符合下列规定：

- (1) 结构设计宜采用以分项系数表达的极限状态设计方法；
- (2) 结构分析中所采用的计算假定和分析模型，应有理论或试验依据，或经工程验证可行；
- (3) 应分析施工过程中的各种受力工况，并确定其最不利作用效应组合；
- (4) 承载力计算应采用基本组合；变形验算可仅采用永久荷载标准值。

6.3.4 作用在模板及支架上的荷载标准值，可按附录 C 确定。

6.3.5 模板及支架结构构件应按短暂设计状况进行承载力计算。承载力计算应符合下式要求：

$$\gamma_0 S \leq R / \gamma_R \quad (6.3.5)$$

式中： γ_0 — 结构重要性系数，对重要的模板及支架宜取 $\gamma_0 \geq 1.0$ ；对一般的模板及支架应取 $\gamma_0 \geq 0.9$ ；

S — 模板及支架按荷载基本组合计算的效应设计值，应按国家现行有关标准计算；

R — 模板及支架结构构件的承载力设计值，应按国家现行有关标准计算；

γ_R — 承载力设计值调整系数，应根据模板及支架重复使用情况取用，不应小于 1.0。

6.3.6 模板及支架承载力计算时，各项荷载宜按表 6.3.6 进行组合，并应考虑冰荷载、水流力、波浪力等的影响。

参与模板及支架承载力计算的各项荷载 **表 6.3.6**

计算内容		参与荷载项
模板	底模板的承载力	$G_1+G_2+Q_1$
	侧模板的承载力	G_3+Q_2
支架	支架水平杆及节点的承载力	$G_1+G_2+Q_1$
	立杆的承载力	$G_1+G_2+Q_1+Q_4$
	支架结构的整体稳定	$G_1+G_2+Q_1+Q_3$ $G_1+G_2+Q_1+Q_4$

注：①表中的“+”仅表示各项荷载参与组合，不表示代数相；

②永久荷载：模板及支架自重（ G_1 ）、新浇筑钢筋混凝土自重（ G_2 ）及新浇筑混凝土对模板的侧压力（ G_3 ）等；

③可变荷载：施工人员及施工设备产生的荷载（ Q_1 ）、混凝土下料产生的水平荷载（ Q_2 ）、泵送混凝土或不均匀堆载等因素产生的附加水平荷载（ Q_3 ）、风荷载（ Q_4 ）、冰荷载（ Q_5 ）、水流力（ Q_6 ）及波浪力（ Q_7 ）等。

6.3.7 模板及支架的变形验算应符合下列规定：

$$a_{fG} \leq a_{f,lim} \quad (6.3.7)$$

式中： a_{fG} ——按永久荷载标准值计算的构件变形值；

$a_{f,lim}$ ——构件变形限制，按第 6.3.8 条的规定确定。

6.3.8 模板及支架的变形限值应满足工程结构要求，并宜符合下列规定：

- (1) 对结构表面外露的模板，其挠度限值宜取为模板构件计算跨度的 1/400；
- (2) 对结构表面隐藏的模板，其挠度限值宜取为模板构件跨度的 1/250；
- (3) 支架的轴向压缩变形限值或侧向挠度限值，宜取为计算高度或计算跨度的 1/1000。

6.3.9 支架的高宽比不宜大于 3；当高跨比大于 3 时，应加强整体稳固性措施。

6.3.10 支架应按混凝土浇筑前和混凝土浇筑时两种工况进行抗倾覆验算。支架的抗倾覆验算应满足下式要求：

$$\gamma_0 M_0 \leq M_r \quad (6.3.10)$$

式中： M_0 — 支架的倾覆力矩设计值，按荷载基本组合计算，分项系数应按国家现行有关标准取用；

M_r — 支架的抗倾覆力矩设计值，按荷载基本组合计算，分项系数应按国家现行有关标准取用。

6.3.11 支架结构中钢构件的长细比不应超过表 6.3.11 规定的容许值。

构件类别	容许长细比
受压构件的支架立柱及桁架	180
受压构件的斜撑、剪刀撑	200
受拉构件的钢杆件	350

6.3.12 验算支架立柱或竖向模板下的土层承载力设计值时，宜按现行行业标准《水运工程地基基础试验检测技术规范》（JTS 237）的规定采集相关数据

6.3.13 支架立柱或竖向模板支撑在混凝土结构构件上时，宜按现行行业标准《水运工程混凝土结构设计规范》（JTS 151）的有关规定对混凝土结构构件进行验算。

6.4 制作与安装

6.4.1 模板吊环严禁使用冷拉钢筋。

6.4.2 模板应按图加工、制作。通用性强的模板宜制作成定型模板。

6.4.3 现场制作模板的允许偏差应符合现行行业标准《水运工程质量检验标准》（JTS 257）的有关规定。

6.4.4 支架立柱和竖向模板安装在土层上时，应符合下列规定：

- (1) 应设置具有足够强度和支撑面积的垫板；
- (2) 土层应坚实，并应有排水措施；对湿陷性黄土、膨胀土，应有防水措施；对冻胀性土，应有防冻措施；
- (3) 对软土地基，必要时可采用堆载预压的方法调整模板面板安装高度。

6.4.5 应依据模板工程专项施工方案进行模板安装，其上荷载不得超过模板设计荷载。

6.4.6 安装模板时，应进行测量放线，并应采取保证模板位置准确的定位措施。

对竖向构件的模板及支架，应根据混凝土一次浇筑高度和浇筑速度，采取竖向模板抗侧移、抗浮和抗倾覆措施。对水平构件的模板及支架，应结合不同的支架和模板面板形式，采取支架间、模板间及模板与支架间的有效拉结措施。对可能承受较大风荷载的模板，应采取防风措施。

6.4.7 对跨度不小于 4m 的梁、板，其模板施工起拱高度宜为梁、板跨度的 1/1000~3/1000。起拱不得减少构件的截面高度。

6.4.8 预制构件模板、现浇混凝土模板的安装允许偏差应符合现行行业标准《水运工程质量检验标准》（JTS 257）的有关规定。

6.4.9 支架的竖向斜撑和水平斜撑应与支架同步搭设，支架应与成型的混凝土结构拉结。钢管支架的竖向斜撑和水平斜撑的搭设，应符合国家现行有关钢管脚手架标准的规定。

6.4.10 模板安装应与钢筋安装配合进行，梁柱节点的模板宜在钢筋安装后安装。

6.4.11 模板与混凝土接触面应清理干净并涂刷脱模剂，脱模剂不得污染钢筋和混凝土接茬处。

6.4.12 后浇带的模板及支架应独立设置。

6.4.13 固定在模板上的预埋件、预留孔和预留洞，均不得遗漏，且应安装牢固、位置准确，其制作及安装允许偏差应符合现行行业标准《水运工程质量检验标准》（JTS 257）的有关规定。

6.5 拆除与维护

6.5.1 模板拆除时，可采用先支的后拆、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。

6.5.2 底模及支架应在混凝土强度达到设计要求后再拆除；当设计无具体要求时，同条件养护的混凝土立方体试件抗压强度应符合表 6.5.2 的规定。

支架结构钢构件容许长细比 表 6.5.2

构件类别	构件跨度 (m)	达到设计混凝土强度等级值的百分率 (%)
板	≤2	≥50
	>2, ≤8	≥75
	>8	≥100

梁	≤ 8	≥ 75
	> 8	≥ 100
悬臂结构	≤ 2	≥ 75
	> 2	≥ 100

6.5.3 当混凝土强度能保证其表面及棱角不受损伤时，方可拆除侧模。

6.5.4 后张预应力混凝土结构构件，侧模宜在预应力筋张拉前拆除；底模及支架不应在结构构件建立预应力前拆除。

6.5.5 水下和水位变动区的混凝土结构构件，模板拆模时间可适当延长。

6.5.6 拆下的模板及支架杆件不得抛掷，应分散堆放在指定地点，并应及时清运。

6.5.7 模板拆除后应将混凝土表面清理干净，对变形和损伤部位进行修复，并在每个结构或构件表面的约定位置上标注类型、型号、混凝土强度等级、成型日期、施工单位等信息，防止混淆。

6.5.8 应对遗留在混凝土结构构件表面的拉杆及拉杆孔眼进行处理。拉杆头的保护层的厚度不得小于设计最小厚度，拉杆孔眼的封堵应密实、平整。

6.6 特种模板

6.6.1 充气胶囊芯模应符合下列要求。

6.6.1.1 胶囊使用前应进行漏气检查。

6.6.1.2 胶囊的充气压力应能保证预留空心的设计形状和尺寸。用于空心桩和空心板时，其气压宜采用 0.03~0.05MPa。从开始浇筑混凝土到胶囊放气时止，其气压应保持稳定。

6.6.1.3 固定胶囊的箍筋或压枋(块)数量和间距应满足设计要求。

6.6.1.4 胶囊的放气时间应经试验确定，并以满足混凝土强度能够维持其构件形状为原则。抽胶囊时应避免碰损孔壁。

6.6.1.5 胶囊在使用中应避免被绑扎钢筋的铁丝头、定位箍筋焊口等扎破或划破。每次用后应将其表面的灰浆清洗干净。

6.6.2 整体弹性钢模板应符合下列规定。

6.6.2.1 弹性钢模板宜用 Q235 钢板，冷压成型。

6.6.2.2 模板的回弹角度应经试验确定，宜使模板顶口回弹量为 30~40mm。

6.6.2.3 模板下口侧板与底板应为圆弧连接，其半径宜为 30mm。

6.6.2.4 弹性钢模板宜用专用顶撑或对拉卡具固定。当采用对拉卡具时，卡具横杆距模板顶口的高度宜为 30~50mm。

6.6.3 扭工字块、钩连体、四脚空心块等人工块体模板应符合下列规定。

6.6.3.1 模板的几何尺寸应能保证块体的设计重量。

6.6.3.2 模板的结构型式应与块体的浇筑、脱模、起吊工艺相适应。

6.6.3.3 模板的分片应便于小片制作、大片组装和支拆。

6.6.3.4 人工块体模板宜在工厂制作，其曲面、折角宜冷压成型，模板的接缝应采用连续焊，并应磨平、抛光。

6.6.4 永久性模板应符合下列规定。

6.6.4.1 永久性混凝土模板应满足下列要求：

- (1) 模板的厚度、混凝土的强度和耐久性等级满足设计要求；
- (2) 采用钢模预制，制作和安装质量符合第 6.4.11 条的有关规定；
- (3) 模板与结构混凝土的接合面按施工缝要求进行处理。

6.6.4.2 当采用永久性金属模板时，金属模板的材质、形状、尺寸和表面处理应满足设计要求。

7 钢筋工程

7.1 一般规定

- 7.1.1 钢筋工程宜采用专业化生产的成型钢筋。
- 7.1.2 钢筋连接方式应根据设计要求和施工条件选用。
- 7.1.3 当需要进行钢筋代换时，应办理设计变更文件。
- 7.1.4 有关环氧涂层钢筋的材料、加工、连接及安装的相关要求应符合现行行业标准《水运工程结构防腐蚀施工规范》（JTS/T 209）的有关规定。
- 7.1.5 钢筋工程的施工除应符合本规范外，尚应符合现行行业标准《水运工程混凝土结构设计规范》（JTS 151）的有关规定。

7.2 材料

- 7.2.1 钢筋质量及进场检验应符合第 4.7 节的有关规定。
- 7.2.2 施工过程中应采用防止钢筋混淆、锈蚀或损伤的措施。
- 7.2.3 施工过程中发现钢筋脆断、焊接性能不良或力学性能显著不正常等现象时，应停止使用该批钢筋，并应对该批钢筋进行化学成分检验或其他专项检验。
- 7.2.4 预制构件可采用吊环吊装，吊环应采用 HPB300 钢筋，其加工及安装应符合现行行业标准《水运工程混凝土结构设计规范》（JTS 151）的有关规定。

7.3 加工

- 7.3.1 钢筋加工前应将表面清理干净，并再次对钢筋表面进行外观质量检查，表面有颗粒状、片状老锈或有损伤的钢筋不得使用。
- 7.3.2 钢筋加工宜在常温状态下进行，加工过程中不得加热钢筋，并应一次弯折到位。
- 7.3.3 钢筋宜机械调直，也可冷拉调直。钢筋调直过程中不应损伤带肋钢筋的横肋。调直后的钢筋应平直，不应有局部弯折。

(1) 机械调直时，调直设备不应具有延伸功能，且不应使用卷扬机钢筋调直工艺；

(2) 冷拉调直时，HPB300 光圆钢筋的冷拉率不宜大于 4%；HRB400、HRB500、HRBF400、HRBF500 及 RRB400 带肋钢筋的冷拉率，不宜大于 1%。

7.3.4 钢筋弯折的弯弧内直径应符合下列规定：

(1) HPB300 光圆钢筋，不应小于钢筋直径的 2.5 倍；

(2) 400MPa 级带肋钢筋，不应小于钢筋直径的 4 倍；

(3) 500MPa 级带肋钢筋，当直径为 28mm 以下时不应小于钢筋直径的 6 倍，当直径为 28mm 及以上时不应小于钢筋直径的 7 倍；

(4) 箍筋弯折处尚不应小于纵向受力钢筋的直径；箍筋弯折处纵向受力钢筋为搭接钢筋或并筋时，应按钢筋实际排布情况确定箍筋弯弧内直径。

7.3.5 纵向受力钢筋的弯折后平直段长度应符合设计要求及现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。HPB300 光圆钢筋末端作 180°弯钩时，弯钩的弯折后平直段长度不应小于钢筋直径的 3 倍。

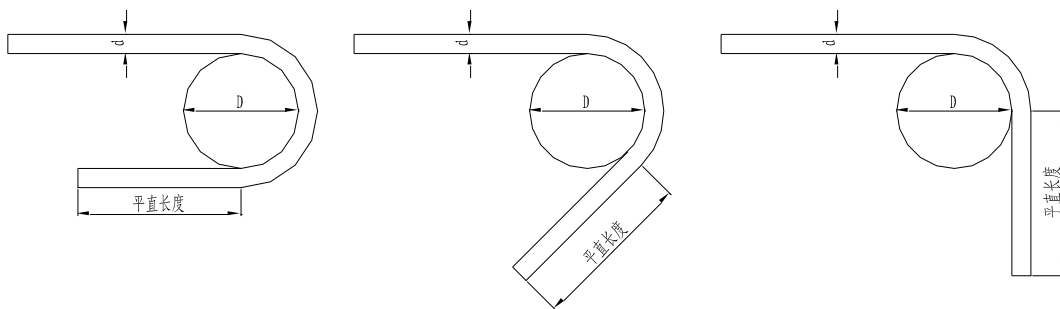


图 7.3.5 钢筋弯钩示意图

a) 180°弯钩

b) 135°弯钩

c) 90°弯折

7.3.6 箍筋、拉筋的末端应按设计要求作弯钩，并应符合下列规定：

(1) 对一般结构构件，箍筋弯钩的弯折角度不应小于 90°，弯折后平直段长度不应小于箍筋直径的 5 倍；对有抗震设防要求或设计有专门要求的结构构件，箍筋弯钩的弯折角度不应小于 135°，弯折后平直段长度不应小于箍筋直径的 10 倍和 75mm 两者之中的较大值；

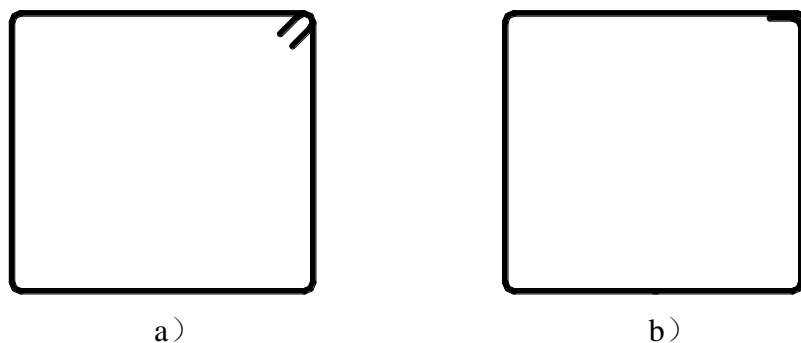


图 7.3.6 箍筋弯折示意图

a) 135°弯钩

b) 90°弯钩

(2) 圆形箍筋的搭接长度不应小于其受拉锚固长度，且两末端均应作不小于 135°的弯钩，弯折后平直段长度对一般结构构件不应小于箍筋直径的 5 倍，对有抗震设防要求的结构构件不应小于箍筋直径的 10 倍和 75mm 两者之中的较大值；

(3) 拉筋用作梁、柱复合箍筋中单肢箍筋或梁腰筋间拉结筋时，两端弯钩的弯折角度均不应小于 135°，弯折后平直段长度应符合本条第 (1) 款对箍筋的有关规定。

7.3.7 焊接封闭箍筋宜采用专用设备。焊接封闭箍筋下料长度和端头加工应按焊接工艺确定。

7.3.8 当纵向受拉钢筋末端采用机械锚固措施时，钢筋箍筋端的加工应符合现行行业标准《水运工程混凝土结构设计规范》(JTS 151) 的有关规定。

7.3.8 钢筋加工的形状、尺寸的允许偏差应符合现行行业标准《水运工程质量检验标准》(JTS 257) 的有关规定。

7.4 连接

7.4.1 钢筋的连接可采用绑扎搭接、机械连接或焊接。机械连接接头及焊接接头的类型及质量应符合现行国家、行业有关标准的规定。

7.4.2 受力钢筋的接头宜设置在受力较小处。同一受力钢筋上宜少设接头。结构的重要构件和关键传力部位，纵向受力钢筋不宜设置连接接头。接头末端至钢筋弯起点的距离，不应小于钢筋直径的 10 倍。

7.4.3 轴心受拉及小偏心受拉构件的纵向受力钢筋不得采用绑扎搭接；其他构件中的钢筋采用绑扎搭接时，受拉钢筋直径不宜大于 25mm，受压钢筋直径不宜大于 28mm。

7.4.4 当纵向受力钢筋采用绑扎搭接接头时，接头的设置应符合下列规定：

(1) 同一构件相邻纵向受力钢筋的绑扎搭接接头宜相互错开。各接头的横向净间距不应小于钢筋直径，且不应小于 25mm。

(2) 接头连接区段的长度为 1.3 倍搭接长度，凡接头中点位于该连接区段长度内的接头均应属于同一连接区段。同一连接区段内纵向受力钢筋搭接接头面积百分率为该区段内有搭接接头的纵向受力钢筋与全部纵向受力钢筋截面面积的比值。当直径不同的钢筋搭接时，按直径较小的钢筋计算。



图 7.4.4 同一连接区段内纵向受力钢筋的绑扎搭接接头

注：图中所示同一连接区段内的搭接接头钢筋为两根，当钢筋直径相同时，钢筋搭接接头面积百分率为 50%。

位于同一连接区段内的受拉钢筋搭接接头面积百分率：对梁类、板类及墙类构件，不宜大于 25%；对柱类构件，不宜大于 50%。当工程中确有必要增大受拉钢筋搭接接头面积百分率时，对梁类构件，不宜大于 50%；对板、墙、柱及预制构件的拼接处，可根据实际情况放宽。

并筋采用绑扎搭接连接时，应按每根单筋错开搭接的方式连接。接头面积百分率应按同一连接区段内所有的单根钢筋计算。并筋中钢筋的搭接长度应按单筋分别计算。

(3) 纵向受拉钢筋绑扎搭接接头的搭接长度应符合附录 D 的规定，且在任何情况下不应小于 300mm。

(4) 纵向受压钢筋绑扎搭接时，其搭接长度应取纵向受拉钢筋绑扎搭接长度的 0.7 倍，且在任何情况下不应小于 200mm。

7.4.5 当纵向受力钢筋采用机械连接接头或焊接接头时，接头的设置应符合下列规定：

(1) 同一构件内的接头宜相互错开。机械连接套筒的保护层厚度宜满足《水运工程混凝土结构设计规范》(JTS 151)中有关受力钢筋最小保护层厚度的规定,且不得小于15mm。机械连接套筒的横向净间距不宜小于25mm;套筒处箍筋的间距仍应满足相应的构造要求。

(2) 接头连接区段的长度为 $35d$,且不应小于500mm,凡接头中点位于该连接区段长度内的接头均应属于同一连接区段;其中 d 为相互连接两根钢筋中较小直径。

(3) 同一连接区段内,纵向受力钢筋接头面积百分率为该区段内有接头的纵向受力钢筋截面面积与全部纵向受力钢筋截面面积的比值;纵向受力钢筋的接头面积百分率应符合下列规定:

- 1) 同一连接区段内的纵向受拉钢筋接头面积百分率不宜大于50%;对板、墙、柱及预制构件的拼接处,可根据实际情况放宽;
- 2) 纵向受压钢筋的接头面积百分率可不受限制;
- 3) 结构构件直接承受动力荷载时,除应满足设计要求的抗疲劳性能外,位于同一连接区段内的纵向受力钢筋机械连接接头的面积百分率不应大于50%。

7.4.6 需进行疲劳验算的构件,其纵向受拉钢筋不得采用绑扎搭接接头,也不宜采用焊接接头,除端部锚固外不得在钢筋上焊有附件。

7.4.7 钢筋机械连接施工应符合下列规定:

(1) 钢筋丝头现场加工与接头安装应按接头技术提供单位的加工、安装技术要求进行,操作工人应经专业培训合格后上岗,人员应稳定。

(2) 钢筋丝头加工与接头安装应经工艺检验合格后方可进行。

(3) 机械连接接头的适用范围、工艺要求、套筒材料及质量要求等应符合现行行业标准《钢筋机械连接技术规范》(JGJ 107)的有关规定。

7.4.8 钢筋焊接施工应符合下列规定:

(1) 经专业培训结业的学员,或具有独立焊接工作能力的焊工,均应参加钢筋焊工考试。焊工考试应由经设区市或设区市以上建设行政主管部门审查批准的单位负责进行,对考试合格的焊工应签发考试合格证。

(2) 细晶粒热轧带肋钢筋及直径大于28mm的普通热轧带肋钢筋,其焊接应经试验确定;余热处理钢筋不宜焊接。

(3) 钢筋焊接接头的适用范围、工艺要求、焊条及焊剂选择、焊接操作及质量要求等应符合现行行业标准《钢筋焊接及验收规范》(JGJ 18)的有关规定。

(4) 同时具备以下条件时不得使用闪光对焊工艺:

- 1) 在非固定的专业预制厂(场)或钢筋加工厂(场)内进行钢筋连接作业;
- 2) 直径大于或等于 22mm 的钢筋连接。

7.5 装设

7.5.1 在梁、柱类构件的纵向受力钢筋搭接长度范围内应按设计要求配置箍筋,并应符合下列规定:

- (1) 箍筋直径不应小于搭接钢筋较大直径的 25%;
- (2) 受拉搭接区段的箍筋间距不应大于搭接钢筋较小直径的 5 倍,且不应大于 100mm;
- (3) 受压搭接区段的箍筋间距不应大于搭接钢筋较小直径的 10 倍,且不应大于 200mm;
- (4) 当柱中纵向受力钢筋直径大于 25mm 时,应在搭接接头两个端面外 100mm 范围内各设置两个箍筋,其间距宜为 50mm。

7.5.2 钢筋绑扎应符合下列规定:

- (1) 钢筋的绑扎搭接接头应在接头中心和两端用镀锌扎丝扎牢;
- (2) 墙、柱、梁钢筋骨架中各竖向面钢筋网交叉点应全数绑扎;板上部钢筋网的交叉点应全数绑扎,底部钢筋网除边缘部分外可间隔交错绑扎;
- (3) 梁、柱的箍筋弯钩及焊接封闭箍筋的焊点应沿纵向受力钢筋方向错开设置;
- (4) 构造柱纵向钢筋宜与承重结构同步绑扎;
- (5) 梁及柱中箍筋、墙中水平分布钢筋、板中钢筋距构件边缘的起始距离宜为 50mm。

7.5.3 构件交接处的钢筋位置应符合设计要求。当设计无具体要求时,应保证主要受力构件和构件中主要受力方向的钢筋位置。

7.5.4 钢筋安装应采用定位件固定钢筋的位置,并宜采用专用定位件。定位件应

具有足够的承载力、刚度、稳定性和耐久性。

7.5.5 钢筋绑扎和装设的允许偏差应符合现行行业标准《水运工程质量检验标准》（JTS 257）的有关规定。

7.5.6 钢筋装设过程中，因施工操作需要而对钢筋进行焊接时，应符合现行行业标准《钢筋焊接及验收规范》JGJ 18 和第 7.4.8 条的有关规定。

7.5.7 采用复合箍筋时，箍筋外围应封闭。梁类构件复合箍筋内部，宜选用封闭箍筋，奇数肢也可采用单肢箍筋；柱类构件复合箍筋内部可部分采用单肢箍筋。

7.5.8 钢筋装设应采用防止钢筋受模板、模具内表面的脱模剂污染的措施。

7.5.9 钢筋与模板之间设置垫块。**禁止使用在施工现场拌制砂浆，通过切割成型等方法制作的钢筋保护层垫块，垫块的强度与密实性不应低于结构构件混凝土。**

垫块的外观颜色宜与结构构件混凝土一致。垫块厚度的允许偏差为 $^{+2}_0$ mm。

8 混 凝 土 工 程

8.1 拌制

8.1.1 混凝土的拌制宜由混凝土搅拌站或搅拌船集中搅拌。当不具备集中拌制条件时，应采用符合现行国家标准《混凝土搅拌机》（GB/T 9142）的搅拌机进行搅拌，并应配备计量装置。混凝土搅拌应按配料单配料，不得任意更改。

8.1.2 当粗、细骨料的实际含水量发生变化时，应及时调整粗、细骨料和拌和用水的用量。雨、雪天施工应增加粗、细骨料含水量测定次数。

8.1.3 混凝土拌制时应对原材料用量准确计量，计量偏差不得超过表 8.1.3 规定的数值。

原材料计量的允许偏差（%）

表 8.1.3

原材料名称	水上拌制	陆上拌制	
		单罐计量允许偏差	累计计量允许偏差
水泥、掺合料	±2	±2	±1
粗、细骨料	±3	±3	±2
水	±2	±2	±1
外加剂	±1	±1	±1

注：① 表中“水上拌制”指水上工程现场混凝土搅拌船集中拌制混凝土；“陆上拌制”指陆上混凝土搅拌站集中拌制混凝土；

② 表中“累计计量允许偏差”是指每一运输车中各罐混凝土的每种材料计量偏差的平均值，该项指标仅适用于采用计算机控制计量的陆上搅拌站。

8.1.4 原材料计量应采用电子计量设备。计量设备应能连续计量不同混凝土配合比的各种原材料，并应具有逐盘记录和存储计量结果（数据）的功能，其精度应符合现行国家标准《混凝土搅拌站（楼）》（GB 10171）的有关规定，并应定期校验。混凝土生产单位每月应至少自检一次；每一工作班开始前，应对计量设备进行零点校准。

8.1.5 混凝土应搅拌均匀，宜采用强制式搅拌机搅拌。自全部材料装入搅拌筒起，至开始卸料时止，其连续搅拌的最短时间应按搅拌设备说明书的规定，并经试验确定。当缺乏资料时，强制式搅拌机可按表 8.1.5 采用。

混凝土在搅拌机中连续搅拌的最短时间 (s) 表 8.1.5

混凝土坍落度 (mm)	搅拌机机型	搅拌机出料量 (L)		
		500	750~1000	>1000
≤40	强制式	90	120	150
>40 且 <100	强制式	60	90	120
≥100	强制式	60		90

注：① 掺加外加剂与掺合料时，搅拌时间应适当延长；
 ② 采用翻斗车运送混凝土时，应适当延长搅拌时间。

8.2 运输与输送

8.2.1 运送能力应与搅拌及浇筑能力相适应，并宜缩短运输时间和减少倒运次数。

8.2.2 运输工具宜采用搅拌车，搅拌车应符合《混凝土搅拌运输车》(GB/T 26408)的有关规定，在运距较短时可使用自卸汽车。运输工具在使用前应喷水润湿，但不得留有积水。混凝土在运输过程中应避免发生离析、漏浆、泌水和坍落度损失较大等现象。运至浇筑地点后，如有上述现象发生，应进行二次拌制。二次拌制时，不得任意加水。必要时可同时加水和胶凝材料或减水剂，保持水胶比不变。

8.2.4 采用自卸汽车运输混凝土时，车箱内壁应光洁、平整、不吸水、不漏浆。

8.2.3 采用吊罐输送混凝土时，吊罐应便于卸料，卸料活门应开启方便、不得漏浆。吊罐的装料量宜为其容积的 90%~95%。

8.2.5 采用皮带机输送混凝土时，应符合下列要求。

8.2.5.1 皮带机的倾角应经试验确定，当缺乏试验资料时可按表 8.2.5 的规定采用。

皮带机的最大允许倾角 表 8.2.5

混凝土坍落度 (mm)	最大允许倾角 (°)	
	向上提升时	向下降落时
<40	18	12
40~80	15	10

8.2.5.2 皮带机末端的下方应设置刮浆板。

8.2.5.3 皮带机的最大运转速度不应超过 1.2m/s。

8.2.5.4 混凝土在进入皮带机时，应设置漏斗或供料器，在转运或卸料处应设置避免混凝土发生离析的挡板或漏斗。

8.2.5.5 皮带机输送的水平距离不宜超过两条皮带机接运，且不宜大于 40m。

8.2.6 采用管道输送混凝土时，应选择与混凝土浇筑强度、距离和高度相匹配的泵送设备，并按现行行业标准《混凝土泵送施工技术规范》（JGJ/T 10）的有关规定进行。

8.3 浇筑与振捣

8.3.1 浇筑混凝土前，应清除模板内的杂物，检查模板安装及钢筋装设的正确性，并应掌握水文气象预报。

8.3.2 表面干燥的地基、垫层、模板上应洒水湿润；现场环境温度高于 35℃时，宜对金属模板进行洒水降温；洒水后不得留有积水。如遇流动水，应采取防水措施。

8.3.3 混凝土宜一次性连续浇筑。分层浇筑时，分层厚度应符合第 8.3.17 条的规定，上层混凝土应在下层混凝土初凝之前浇筑完毕。

8.3.4 混凝土从搅拌机卸出到浇筑完毕的延续时间不宜超过表 8.3.4 的规定。对于早强混凝土及有特殊要求的其他混凝土，应根据混凝土凝结时间和振捣能力，经试验确定延续时间。

混凝土浇筑的允许延续时间

表 8.3.4

混凝土的入模温度 (°C)	允许延续时间 (h)	
	硅酸盐水泥、 普通硅酸盐水泥	矿渣硅酸盐水泥、火山灰硅 酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥
30~35	1.5	2.0
20~29	2.0	2.5
10~19	2.5	3.0
5~9	3.0	3.5

注：① 掺外加剂时，表列数值宜增加 1h；

② 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，应按施工缝处理；

③ 重塑试验时，使用插入式振捣器在振动下靠自重插入混凝土中,如经振捣 15s 后距振捣器 100mm 处仍能翻浆,即认为可重塑。

8.3.5 混凝土浇筑布料点宜接近浇筑位置，并应符合下列规定：

(1) 宜先浇筑竖向结构构件，后浇筑水平结构构件；

(2) 浇筑区域结构平面有高差时，宜先浇筑低区部分，再浇筑高区部分；

(3) 宜先浇筑强度等级高的混凝土，后浇筑强度等级低的混凝土。

8.3.6 混凝土在模板内不得发生离析。混凝土自由倾落高度不宜超过 2m，当不满足要求时，可加设串筒、溜管、溜槽等装置。当混凝土浇筑接近顶面且存在浮浆时，测定混凝土浮浆厚度，计算与原混凝土相同级配的石子量并投入和振捣密实。

8.3.7 混凝土浇筑后，宜分别在混凝土初凝前和终凝前对混凝土裸露表明进行抹面处理。

8.3.8 泵送混凝土浇筑时，应按现行行业标准《混凝土泵送施工技术规范》(JGJ/T 10) 的有关规定进行。

8.3.9 施工缝和后浇带的留置位置，应在混凝土浇筑前确定，宜留设在结构受剪力较小且便于施工的位置。对于有抗渗要求，且与底板整浇的侧墙等，其水平施工缝距离底板顶面不宜小于 1m。

8.3.10 施工缝的形式应符合下列规定。

(1) 施工缝应做成竖向缝或水平缝。

(2) 有抗渗要求的墙或薄壁结构，宜做成棒状或设置止水板。

(3) 在埋有块石的混凝土中留置水平施工缝时，宜使埋入的块石外露一半。

8.3.11 施工缝或后浇带浇筑混凝土，应符合下列规定。

(1) 施工缝已浇筑的混凝土，其抗压强度不应小于 1.2MPa。

(2) 结合面应凿毛处理，清除浮浆、松动石子和软弱混凝土层。

(3) 结合面应洒水湿润，但不得留有积水。

(4) 后浇带浇筑混凝土强度等级及性能应符合设计要求；当设计无具体要求时，强度等级宜比两侧混凝土提高一级，采用补偿收缩混凝土等技术措施。

8.3.12 乘潮位浇筑混凝土时，应采取措施保证混凝土连续浇筑。低层混凝土初凝前不宜受水淹没，浇筑完后，应及时封顶，并推迟拆模时间。

8.3.13 应注意海生物滋长对水下混凝土结构构件接茬部位浇筑质量的危害，宜缩短浇筑间隔时间或避免在海生物滋长旺季浇筑混凝土。

8.3.14 无掩护海域现场浇筑面层混凝土时，应采取防浪、防雨、防冻等措施。

8.3.15 大体积混凝土浇筑应按现行国家标准《大体积混凝土施工标准》（GB 50496）的有关规定进行。

8.3.16 自密实混凝土浇筑应按现行行业标准《水运工程自密实混凝土技术规范》（JTS/T 226）的有关规定进行。

8.3.17 地下连续墙混凝土的浇筑应按现行行业标准《码头结构施工规范》（JTS 215）的有关规定进行。

8.3.18 混凝土的分层浇筑厚度，应根据环境条件、浇筑能力和振捣设备综合分析确定，其最大分层厚度应符合表 8.3.18 的规定。

混凝土分层浇筑允许厚度（mm）

表 8.3.18

捣实方法	捣实后的厚度	捣实方法	捣实后的厚度
插入式振捣器振实	≤500	附着式（外挂） 振捣器振实	≤300
表面振动器振实	≤200	人工辅助振实	≤200

8.3.19 混凝土振捣应能使模板内各个部位混凝土密实、均匀，不应漏振、欠振、过振，并应符合下列规定：

（1）每一振点的振捣持续时间应能保证混凝土获得足够的捣实程度。

（2）插入式振捣器的振捣顺序宜从近模板处开始，先外后内，移动间距不应大于振捣器有效振捣半径的 1.5 倍。振捣器的作用半径应根据试验确定，缺乏试验资料时，可采用（250~300）mm。插入式振捣器至模板的距离不应大于振捣器有效半径的 1/2，并应避免碰撞钢筋、模板、芯管、充气气囊和各种预埋件等。插入式振捣器应垂直插入混凝土中，并快插慢拔，上下抽动。振捣器应插入下层混凝土中不少于 50mm。

（3）表面振动器的移动间距应能保证覆盖已振实部分的边缘。

（4）附着式振动器应与模板紧密连接，其设置间距应通过试验确定。

（5）当采用高频振捣器振捣引气混凝土时，其振捣时间宜为（15~20）s。

(6) 特殊部位的混凝土应采取加强振捣措施。

8.3.20 混凝土浇筑过程中，应检查模板及支架的稳固性。浇筑空心构件混凝土时，布灰、振捣应均匀对称地进行。当采用胶囊作空心内模时，应加强二次抹面，消除混凝土表面气孔。

8.4 养护

8.4.1 混凝土浇筑完毕后应及时保湿养护，可采用洒水、覆盖、喷涂养护剂等方式。养护方式应根据现场条件、环境温湿度、结构构件特点、技术要求、施工操作等因素确定。

8.4.2 混凝土保湿养护时间应符合下列规定：

(1) 采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥的混凝土，不应少于 10d；采用矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥的混凝土，不应少于 15d；采用其他品种水泥时，养护时间应根据水泥性能确定；

(2) 采用缓凝型外加剂、大掺量矿物掺和料的混凝土，不应少于 14d；

(3) 有抗冻要求的混凝土，按第(1)项规定保湿养护后，宜在空气中干燥碳化(7~14) d；

(4) 抗渗混凝土、强度等级 C60 及以上的混凝土，不应少于 14d；

(5) 后浇带混凝土的养护时间不应少于 14d；

(6) 大体积混凝土养护时间应根据施工方案确定。采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥时，不应少于 14d；采用矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥或粉煤灰硅酸盐水泥时，不应少于 21d。

8.4.3 洒水养护应符合下列规定。

(1) 洒水养护应保证混凝土表面处于湿润状态，养护用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》(JGJ 63)的有关规定。当日平均温度低于+5℃时，不宜洒水养护；

(2) 素混凝土宜采用淡水养护或养护剂养护，在缺乏淡水的地区，可采用海水养护。

8.4.4 覆盖养护应符合下列规定。

(1) 覆盖养护宜在混凝土裸露表面覆盖土工布、塑料薄膜、保水养护膜等进行；

(2) 覆盖物应严密，覆盖层数应按施工方法确定。

8.4.5 喷涂养护剂养护应符合下列规定。

(1) 养护剂应经验证有可靠的保湿效果，其使用方法应符合产品说明书的有关要求；

(2) 养护剂应均匀喷涂于结构构件表面。

8.4.6 处于浪溅区和水位变动区的现浇钢筋混凝土结构构件，采用淡水养护确有困难时，北方地区应适当降低水胶比；南方地区可掺入适量的钢筋阻锈剂，并在成型 2d 后拆模，再喷涂养护剂养护。

8.4.7 预制钢筋混凝土结构构件和预应力混凝土结构构件均不得采用海水养护。

8.4.8 混凝土强度达到 2.5MPa 前，不得在其上踩踏、堆放物料、安装模板及支架。混凝土达到 2.5MPa 所需时间应经试验确定，当缺乏试验资料时，可按表 8.4.8 采用。

混凝土达到 2.5MPa 所需的时间 (h) 表 8.4.8

水泥品种	水泥强度等级	混凝土强度等级	混凝土平均硬化温度 (°C)					
			5	10	15	20	25	30
硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥	≥42.5	<C30	40~44	25~28	20~23	18~20	15~17	14~15
		≥C30	37~40	21~24	18~20	14~16	12~14	11~12
矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥	32.5	<C30	78~82	56~60	45~48	33~36	22~24	18~20
	≥42.5	≥C30	60~64	44~48	35~38	28~30	20~22	16~18

8.5 特殊天气施工

8.5.1 雨天施工应按雨期施工要求采取措施。

8.5.2 当日平均气温达到 30°C 及以上时，应按高温施工要求采取措施。

8.5.3 当室外日平均气温连续 5 日稳定低于 5°C 时，应采用冬期施工措施；当室外日平均气温连续 5 日稳定高于 5°C 时，可解除冬期施工措施。当混凝土未达到

受冻临界强度而气温骤降至 0℃以下时，应按冬期施工的要求采取应急防护措施。工程越冬期间，应采取维护保温措施。

8.5.4 雨天施工、高温施工、冬期施工及其应急防护的具体施工措施见附录 E。

8.6 大体积混凝土防裂措施

8.6.1 应编制大体积混凝土防裂专项施工方案，应包括下列主要内容：

- (1) 大体积混凝土温度及温度应力计算结果；
- (2) 施工阶段主要抗裂构造措施和温控指标的确定；
- (3) 原材料优选、配合比设计、制备与运输计划；
- (4) 主要施工设备和现场总平面布置；
- (5) 温控监测设备和测试布置图；
- (6) 浇筑顺序和施工进度计划；
- (7) 保温和保湿养护方法；
- (8) 应急预案和应急保障措施；
- (9) 特殊部位和特殊气候条件下的施工措施。

8.6.2 大体积混凝土温度及温度应力，可按现行行业标准《水运工程大体积混凝土温度裂缝控制技术规程》（JTS 202-1）的有关规定确定。

8.6.3 保温覆盖层的厚度，可根据温控指标的要求按现行行业标准《水运工程大体积混凝土温度裂缝控制技术规程》（JTS 202-1）的有关规定确定。

8.6.4 大体积混凝土施工宜采用整体分层或推移式连续浇筑施工。

8.6.5 混凝土入模温度宜控制在 5℃~30℃，入模后的温升值不宜大于 50℃。

8.6.6 保温养护时，应现场监测混凝土浇筑体的里表温差和降温速率，当实测结果不满足温控指标要求时，应及时调整保温养护措施。

8.6.7 大体积混凝土施工温控指标应符合下列规定：

- (1) 混凝土浇筑体里表温差（不含混凝土收缩当量温度）不宜大于 25℃；
- (2) 混凝土浇筑体降温速率不宜大于 2.0℃/d；
- (3) 拆除保温覆盖时混凝土浇筑体表面与大气温差不应大于 20℃。

8.6.8 大体积混凝土中需埋放块石时，应按下列规定进行。

(1) 当气温低于 0°C 时，应停埋块石。

(2) 受拉区的混凝土内不得埋放块石。

(3) 混凝土中埋放块石尺寸应根据运输条件和振捣设备能力而定，块石形状应大致呈方正，最长边与最短边之比不应大于 2。凡有显著风化迹象、裂缝夹泥砂层、片状体或强度低于第 4.3.1 条所规定指标的块石，均不得使用。

(4) 混凝土中所埋放的块石距混凝土结构物表面的距离应满足下列要求：

1) 有抗冻性要求的，不得小于 300mm；

2) 无抗冻性要求的，不得小于 100mm 或混凝土粗骨料最大粒径的 2 倍。

(5) 块石应立放在新浇筑的混凝土层上，并被混凝土充分包裹。埋放前应冲洗干净并保持湿润。块石与块石之间的净距不得小于 100mm 或混凝土粗骨料最大粒径的 2 倍。

8.6.9 特殊天气下的大体积混凝土施工应符合第 8.5 节的有关规定。

9 预应力混凝土工程

9.1 预应力筋制作

9.1.1 预应力筋的下料长度应根据预应力筋种类、张拉方式和锚固方式经计算确定，并应考虑锚夹具厚度、千斤顶长度、接头形式和镦头或其它型式锚头的预留量、冷拉伸长值、弹性回缩值、张拉伸长值、台座长度、构件长度、构件间距和连接杆长度等因素。

9.1.2 预应力筋下料长度的允许偏差和抽检数量应符合下列规定。

9.1.2.1 采用钢丝束作预应力筋，且两端采用镦头锚具时，同一束中各根钢丝下料长度的相对差值不应大于配筋长度的 $1/5000$ ，且不应大于 5mm 。

9.1.2.2 采用钢筋作预应力筋时，冷拉后同一构件内各钢筋的下料长度的相对差值不应大于构件配筋长度的 $1/2000$ ，且不应大于 20mm 。

9.1.2.3 预应力筋每工作班应抽查总数的 3% ，且不得少于 3 根。

9.1.3 钢丝、钢绞线、钢棒及精轧螺纹钢，应采用砂轮锯或切断机切断，不得采用电弧切割。

9.1.4 成束预应力筋应逐根理顺，捆扎成束，并宜用穿束网套穿束。

9.1.5 预应力筋端部锚具的制作质量和抽检数量应符合下列规定。

9.1.5.1 挤压锚具制作时压力表油压应符合操作说明书的规定，挤压后预应力筋外端应露出挤压套筒 $1\sim 5\text{mm}$ 。对挤压锚的抽检数量，每工作班应抽查 5% ，且不应少于 5 件。

9.1.5.2 钢绞线压花锚成形时，表面应清洁、无油污，梨形头尺寸和直线段长度应满足设计要求。对压花锚的抽检数量，每工作班应抽查 3 件。

9.1.5.3 钢丝镦头的强度不得低于其强度标准值的 98% 。每批钢丝抽取 6 个镦头试件进行强度检测。

9.2 预应力张拉、放松机具设备

9.2.1 预应力筋张拉所用的张拉梁，应按预应力筋的布置、根数、张拉荷载、张

拉条件等因素经过计算选定。设计时，除应满足强度、刚度要求外，尚应考虑操作简便等因素。

9.2.2 预应力张拉机具设备及仪表应定期维护和校验，并应配套标定，配套使用，专人保管。

9.2.2.1 张拉机具设备及仪表应按使用条件配套标定，建立张拉力与仪表示值的关系曲线。油压表的准确度等级不应低于 1.6 级，荷重传感器等级不应低于 1 级，所用试验机或测力计的精度不应低于 $\pm 2\%$ 。标定时千斤顶活塞的运行方向，应与实际张拉工作状态一致。

9.2.2.2 张拉设备的校验或标定期限，应根据千斤顶密封圈的老化程度、油管、仪表的使用状态和使用环境等因素而定，不宜超过半年/次。

9.2.2.3 使用过程中出现异常现象，千斤顶更换密封圈、改变油压管管道或更换计量仪表后，应重新配套标定。

9.2.3 预应力筋用锚具、夹具和连接器的形式应根据设计要求或使用条件选用。

9.2.4 预应力筋用锚具、夹具和连接器应具有可靠的锚固性能、足够的承载能力和良好的适应性、安全性。

9.2.5 预应力筋用锚具和夹具，以同一类产品、同一厂家、同一批原材料、同一生产工艺，每 1000 套为一批，不足 1000 套也按一批计；连接器每 500 套为一批，不足 500 套也按一批计；非定型产品每批不超过 200 套。

9.2.6 预应力筋用锚具、夹具和连接器复验的内容应根据设计要求、使用条件和相关技术标准等综合确定。当设计无明确要求时，复验内容应包括外观质量、尺寸偏差、硬度和静载锚固性能试验。

9.2.6.1 外观和尺寸偏差检查，抽检数量不应少于 10%，且不应少于 10 套锚具。当有一套表面有裂纹或超过产品标准及设计图纸规定尺寸的允许偏差时，应另取双倍数量的锚具重做检查，如仍有一套不符合要求，则应逐套检查，合格者方可使用。

9.2.6.2 夹片式和锥塞式锚夹具硬度检查应从每批中抽取 5%，且不少于 5 件。有硬度要求的零件应做硬度试验，对多孔夹片式锚具的夹片，每套不少于 5 片。每个零件应测试 3 点。其硬度应在设计要求范围内，当有一个零件不合格时，应另取双倍的零件重做试验，如仍有一个零件不合格，则逐个检查，合格者可使用。

9.2.6.3 首次使用的锚具，或改变锚具型号、规格时，经上述两项试验合格后，应从同批中取 6 套锚具组成 3 个预应力筋锚具组装件，进行静载锚固性能试验，当有一个试件不符合要求时，应另取双倍的锚具重做试验，如仍有一套不合格则该批锚具为不合格品。

9.2.6.4 重复使用的锚具组件应进行互换性检查，互换性合格率应达到 95% 以上；每次使用前应进行外观检查，其表面应无污染、锈蚀、变形、裂纹和机械损伤等，对失效的锚具组件应及时进行报废处理。

9.2.7 先张法放松预应力筋的放松器设计与制作应符合下列规定。

9.2.7.1 放松器宜选用通用性强的结构型时，多根预应力筋应能一次性放松。

9.2.7.2 放松器的结构应以刚度控制，应力校核。

9.2.7.3 放松器应构造简单、操作方便、易于维修。

9.2.8 先张法放松器的型式及其有关参数的选择应符合下列规定。

9.2.8.1 当采用楔型放松器时，楔块的宽度、高度应根据张拉台座的布置、放松预应力筋最大回缩量选定；楔块的倾斜度应根据楔形正压力、放松器的扭矩和楔块的润滑条件等因素计算确定。

9.2.8.2 当采用砂箱放松器时，砂箱的直径、高度应根据承受的正压力、砂的承载能力和放松预应力筋时的最大回缩量确定。

9.2.8.3 当采用平面推力轴承时，轴承的选型应根据预应力筋的布置、单根预应力筋的张拉力、端头螺杆的直径等因素综合确定。

9.3 施加预应力

9.3.1 施加预应力时应符合下列规定。

9.3.1.1 先张法多根直线预应力钢筋同时张拉时，其张拉力的合力线水平位置应在构件中轴线的垂直面内，垂直位置应在台座设计允许偏心范围内。

9.3.1.2 多根直线预应力钢筋单根张拉时，张拉力的作用线应与钢筋的设计轴线一致。

9.3.1.3 后张法直线预应力筋张拉力作用线应与孔道中心线末端的切线一致。

9.3.1.4 曲线预应力筋的张拉力作用线应与孔道中心线末端的切线一致。

9.3.2 应力控制方法张拉时，应减少张拉体系的摩阻力。摩阻力数值应通过试验确定，并在张拉时补足。

9.3.3 预应力筋的张拉控制应力应符合下列规定。

张拉控制应力限值 **表 9.3.3**

预应力筋种类	限值	
	最大值	最小值
消除应力钢丝、钢绞线	$0.75f_{ptk}$	$0.4f_{ptk}$
中强度预应力钢丝	$0.70f_{ptk}$	$0.4f_{ptk}$
预应力螺纹筋	$0.85f_{pyk}$	$0.5f_{pyk}$

注：① f_{ptk} 为预应力筋极限抗拉强度标准值；

② f_{pyk} 为预应力螺纹筋屈服强度标准值；

③当符合下列情况之一时，张拉控制应力最大值可相应提高 $0.05f_{ptk}$ 或 $0.05f_{pyk}$ ：

(1) 要求提高构件在施工阶段的抗裂性能而在使用阶段受压区内设置的预应力钢筋；

(2) 要求部分抵消由于应力松弛、摩擦、钢筋分批张拉以及预应力钢筋与张拉台座之间的温差等因素产生的预应力损失。

9.3.4 预应力筋张拉锚固后，实际预应力值的偏差应不超过 $\pm 5\%$ 。

9.3.5 预应力筋可通过超张拉方法张拉减少松弛影响，进行张拉，设计未规定时，可从零应力开始张拉至 1.05 倍张拉控制应力，持荷 2min 后卸载至张拉控制应力；或从应力为零开始，张拉至 1.03 倍张拉控制应力。

9.3.6 采用应力控制张拉时，应校核预应力筋的伸长值。实际伸长值与设计计算理论伸长值的相对偏差不应超过 $\pm 6\%$ 。如有异常，应立即查明原因，并采取措施予以调整后方可继续张拉，预应力筋的伸长值应符合下列规定。

9.3.6.1 预应力筋的计算伸长值，可按下列公式计算：

$$\Delta L = \frac{F_p \cdot L}{A_p \cdot E_s} \quad (9.6.3)$$

式中 ΔL ——预应力筋的计算伸长值 (mm)；

F_p ——预应力筋的平均张拉力 (N)，直线筋取张拉端的拉力；两端张拉的曲线筋，取张拉端的拉力与跨中扣除孔道摩阻损失后的拉力的平均值；

L ——预应力筋的长度（mm）；
 A_p ——预应力筋的截面积（mm²）；
 E_s ——预应力筋的弹性模量（MPa）。

9.3.6.2 预应力筋的实际伸长值，宜在初应力为 10%张拉控制应力时开始量测，但应加上量测前张拉力的推算伸长值；先张法尚应扣除钢模在张拉过程中的弹性压缩值；对后张法尚应扣除混凝土构件在张拉过程中的弹性压缩值。

9.3.7 预应力筋断裂或滑脱数量必须符合下列规定。

9.3.7.1 结构、构件中钢丝、钢丝束、钢绞线断裂或滑脱的数量，对后张法，严禁超过结构、构件同一截面钢丝总数的 3%，且一束钢丝不得超过一根；对先张法，严禁超过结构、构件同一截面钢丝总根数的 5%，一束钢丝不得超过一根且严禁相邻两根预应力筋断裂或滑落。

9.3.7.2 结构、构件中的预应力钢筋发生断裂或滑脱必须予以更换。

9.3.8 后张法锚固阶段张拉端预应力筋的内缩量不得大于表 9.3.8 规定的允许值。

锚固阶段张拉端预应力筋的内缩允许值（mm） 表 9.3.8

序号	锚具类别	内缩量允许值
1	支承式锚具	1
2	锥塞式锚具	5
3	夹片式锚具	5
4	每块后加的锚具垫板	1

9.3.9 采用热轧带肋钢筋作预应力筋时，张拉时的温度不得低于-15℃。

9.3.10 张拉过程应做好记录。

9.4 先张法

9.4.1 张拉台座必须具有足够的强度和刚度，并应进行抗倾和抗滑验算，其抗倾系数不得小于 1.5，抗滑系数不得小于 1.3，并应采取预防台座区差异沉降的措施。张拉台座可采用墩板式、压柱式、墩台—压柱式、低桩墩台—压柱式等。墩板式张拉台座可采用钢底模板、钢筋混凝土或素混凝土底模板。底模板的构造应保证

放松预应力筋时不产生有害滑移，并应采取预防底模板拱凸变形或出现裂纹得措施。

9.4.2 张拉台座长度应根据构件的通用长度、单构件混凝土体积、生产能力和场区的地形等因素综合考虑确定。

9.4.3 张拉梁、锚固梁安装时，其受力中心的位置应与台座底板中心一致，水平位置偏差不得大于 3mm。

9.4.4 多根预应力筋同时张拉，应预先调整初应力，保持各根钢筋的应力基本一致。

9.4.5 构件的侧模板在施加预应力之后安装时，宜先施加 70%的控制应力，待模板安装后，再施加至设计要求的张拉控制应力。

9.4.6 施加预应力时，所需的混凝土立方体抗压强度应经计算确定，但不宜低于设计的混凝土强度标准值的 75%。

注：当张拉预应力钢筋是为防止混凝土早期出现的收缩裂缝时，可不受上述限制，但应符合局部受压承载力的规定。

9.4.7 预应力筋的放松顺序应符合下列规定。

9.4.7.1 轴心受压构件，所有预应力筋应同时放松。

9.4.7.2 偏心受压构件，在整体张拉工艺时，所有预应力筋宜同时放松；预应力筋不能同时放松时，应先同时放松预压力较小区域的预应力筋，再同时放松预压力较大区域的预应力。

9.4.7.3 当不能按第 9.4.7.1 款和 9.4.7.2 的要求放松时，应分阶段、对称、相互交错放松。

9.4.8 放松后的预应力筋应由放松端开始按顺序向另一端切断。切割钢筋时应分阶段、对称、相互交错进行。

9.5 后张法

9.5.1 预留孔道的尺寸与位置应正确，孔道应平顺。端部的预埋垫板应垂直于孔道中心线，并采取措施固定在模板上，在浇筑混凝土时不得移动。

9.5.2 预留孔道可采用预埋管法或抽芯管法，并应符合下列规定。

9.5.2.1 采用预埋管法时，预埋管应有一定的轴向刚度，密封良好，接头应严密、不漏浆。

9.5.2.2 采用抽芯管法时，钢管应平直光滑，胶管宜充压力水或采取其他防止变形的措施。

9.5.2.3 振捣时应采取防止预留孔道变位或变形的措施。

9.5.2.4 预埋管道宜用钢筋井字架固定，其间距：金属螺旋管、塑料波纹管及钢筋间距不宜大于 1m，胶管间距不宜大于 0.5m，曲线孔道宜适当加密。

9.5.2.5 灌浆孔间距，预埋管不宜大于 30m，抽芯管不宜大于 12m；采用真空辅助灌浆时，灌浆孔间距可适当加大。曲线孔道的曲线波峰部位，宜设排气孔。

9.5.2.6 电焊作业必须采取措施保护预埋管道和预应力筋。

9.5.3 预埋管的抽芯时间，应根据气温和所用水泥性能通过试验确定。抽芯的顺序应先上后下。用钢管作孔道芯管时，宜在浇筑混凝土后每隔（5~15）min 将芯管转动一次，抽管的速度应均匀，边抽边转，抽管的拉力作用线应与孔道中心线一致。

9.5.4 孔道形成后应立即逐孔进行检查，发现堵塞应及时疏通。

9.5.5 预应力筋张拉时，结构、构件的混凝土强度、弹性模量应满足设计要求，当设计无要求时，不应低于设计强度标准值的 75%。

9.5.6 预应力筋张拉顺序、张拉端的设置，应按设计规定进行。

9.5.7 平卧重叠浇筑的构件，宜先上后下逐层进行张拉，并逐层加大张拉力。底层张拉力对钢丝、钢绞线、钢棒不宜比顶层大 5%，且不应超过第 9.3.3 条的规定。

9.5.8 预应力筋锚固后的外露长度应按设计要求留置，当设计无要求时，不宜小于预应力筋直径的 1.5 倍，且不宜小于 30mm。锚具应用封端混凝土保护，封闭预应力锚具的混凝土质量应高于构件本体混凝土。如需长期外露时，应有防止锈蚀的措施。

9.5.9 预应力筋张拉后应及时进行孔道灌浆，并检查灌浆的密实情况，如有不实，应及时补灌。每一工作班应制作留取不少于 3 组尺寸为 40mm×40mm×160mm 的试件，标准养护 28d，进行抗压强度和抗折强度试验，作为质量评定的依据。

9.5.10 灌浆前孔道应湿润、洁净。灌浆顺序宜先灌注下层孔道。对曲线孔道和竖向孔道应由最低点的压浆孔压入。

9.5.11 灌浆量应均匀，不得中断，并采取措施保证灌浆密实饱满。

9.5.12 孔道内的灌浆材料强度未达到设计要求时，不得移动构件、切割主筋和拆卸锚具。

9.5.13 灌浆过程和灌浆后 48h 内，若环境温度低于+5℃，应对结构或构件采取保温措施。

9.6 无粘结预应力

9.6.1 采用无粘结预应力结构时，其施工技术要求应符合设计规定。

9.6.2 无粘结预应力筋用的包裹物应具有足够的抗拉强度和防水性能。

9.6.3 无粘结预应力筋的涂包质量应满足设计要求或符合现行行业标准《无粘结预应力钢绞线》（JG/T 161）的规定。

9.6.4 无粘结预应力筋应按设计要求的数量、位置和形状铺设就位，并固定牢靠。

9.6.5 无粘结预应力筋的张拉端和固定端处理应按设计要求进行锚固和防腐处理。

10 特殊混凝土施工

10.1 一般规定

10.1.1 特殊混凝土的施工应根据结构构件特点和施工环境等因素，制定专项施工方案。

10.1.2 特殊混凝土施工前宜结合现场实际情况进行现场验证试验，完善混凝土配合比、施工工艺、施工设备及施工组织。

10.2 水下浇筑混凝土

10.2.1 水下浇筑混凝土施工时应根据设计要求选用水下普通混凝土或水下不分散混凝土。

10.2.2 水下不分散混凝土基本性能应符合表 10.2.2 的规定。

水下不分散混凝土的基本性能 表 10.2.2

工作性	扩展度 (mm)		400~550
	30min 扩展度损失 (mm)		≤50
水下抗分散性	水陆成型试件抗压强度比 (%)	7d	≥65
		28d	≥75
	悬浮物含量 (mg/L)		<180
	pH 值		<12
力学性能	满足设计强度要求		

10.2.3 水下浇筑混凝土施工时，当浇筑水深不大于 1.5m 时宜采用导管法或泵压法，水下不分散混凝土也可采用吊罐法；当浇筑水深小于 1.5m 时，水下普通混凝土宜采用夯击法及振捣法；临时性工程的水下普通混凝土可采用袋装法。

10.2.4 采用导管法、泵压法及吊罐法施工的水下浇筑混凝土的生产与输送应符合第 8 章的有关规定外，尚应符合下列规定。

10.2.4.1 应连续浇筑，当浇筑不得不间断时，续浇的时间间隔不得超过混凝土的初凝时间。

10.2.4.2 水下不分散混凝土应采用强制式搅拌机搅拌，搅拌时间应较普通混凝土延长 60s 以上，且搅拌机的搅拌能力应能保证水下连续浇筑作业。

10.2.4.3 水下不分散混凝土采用水下泵送浇筑时，宜选用泵送能力较大的活塞式混凝土输送泵，并宜适当增大管径、减少弯头和减小输送距离。

10.2.5 导管法、泵压法及吊罐法施工应在能防止水流影响的模板内或其它围水结构中进行，并应符合下列规定。

10.2.5.1 围水结构设计时，应满足下列要求：

(1) 围水结构的设计，应根据实际情况考虑冰荷载、水流力、波浪力等的影响；

(2) 围水结构应稳固，通常采用钢模板或钢围埝、素混凝土或钢筋混凝土围埝；

(3) 需重复利用的围水结构，应构造简单，装拆方便，并制成装配式或整体式，减少水下安装。必要时先行在陆上试拼。

10.2.5.2 围水结构安装应满足下列要求：

(1) 围水结构组装稳固，不变形；

(2) 围水结构下沉定位时，考虑水流力、波浪力等因素的影响并采用螺栓或锚缆固定；

(3) 围水结构接缝严密，围水结构与旧混凝土或岩石接触处有较大缝隙时，宜采用袋装混凝土或砂袋封堵。

10.2.6 采用导管法施工时，应符合下列规定。

10.2.6.1 导管法施工应采用刚性导管，导管内径宜为 200mm~350mm。导管在使用前，除应对其规格、质量和拼接构造进行检查外，还应进行水密承压和接头抗拉试验。进行水密试验的水压不应小于围水结构内水深 1.3 倍的压力，也不应小于导管壁和焊缝可能承受浇筑混凝土时最大内压力的 1.3 倍，最大内压力可按下式计算：

$$P_{\max}=\gamma_c h_{\max}-\gamma_w H_w \quad (10.2.6)$$

式中 P_{\max} —导管可能受到的最大内压力 (kPa)；

γ_c —混凝土拌和物的重度 (取 24kN/m³)；

h_{\max} —导管内混凝土柱最大高度，以导管全长或预计的最大高度计 (m)；

γ_w —围水结构内水或泥浆的重度 (kN/m^3)；

H_w —围水结构内水或泥浆的深度 (m)。

10.2.6.2 首批混凝土采用专用储料斗进行储备，其储量应能确保距基底面 200~400mm 的导管底口一次性埋入混凝土内不少于 1m。

10.2.6.3 浇筑首批混凝土采用的隔水栓、阀应与导管密贴，且结构应合理，使用应方便。

10.2.6.4 导管平面布置的位置与数量，按混凝土浇筑范围和流动半径而定，同时应考虑基底面的平整度及障碍物的影响。混凝土流动半径不宜大于 3m，当采用减水剂或导管管径较大时，可适当加大。

10.2.6.5 需要采用多根导管浇筑时，每根导管首批混凝土的坍落度不宜太大。各导管首批混凝土的浇筑顺序，应根据现场实际情况进行设计，先低处后高处。混凝土进入正常浇筑阶段时，应对各导管及时、合理补料，使混凝土面同步上升。

10.2.6.6 在正常浇筑过程中，应经常测探混凝土面的位置，及时调整导管埋深。导管埋深应与混凝土需浇筑的总高度、深度和导管的间距相适应，宜控制在 2m~6m。

10.2.6.7 混凝土面的最终浇筑标高应略高于设计标高值，可在混凝土硬化后清除超高部分，清除超高部分后的混凝土强度应达到设计强度。

10.2.7 水下普通混凝土采用泵压法施工时，除满足导管法的有关规定外，尚应符合下列规定。

10.2.7.1 泵压法施工宜采用 100m~150m 内径的金属输送管，每根的浇筑面积宜为 $3\text{m}^2\sim 5\text{m}^2$ ，灌注范围较广时，可采用多导管或用柔性软管由潜水员移动浇筑位置，且不得扰动已浇筑的混凝土。

10.2.7.2 混凝土泵的输送管不得透水。

10.2.7.3 泵压混凝土前应排除管内积水。泵送管前端应安装滑阀。

10.2.7.4 泵送管出口宜伸入混凝土内 300mm~400mm。

10.2.8 水下不分散混凝土施工时，水下浇筑自由落差不宜大于 500mm，流动半径不宜大于 3m。

10.2.9 水下不分散混凝土采用吊罐法施工时，除应符合第 10.2.8 条的规定外，尚应符合下列规定。

- 10.2.9.1** 吊罐法施工可用于混凝土运距短的中小型水下工程。
- 10.2.9.2** 吊罐的结构应保证混凝土能顺畅装入和排出，罐的有效容积不宜小于 0.5m^3 。
- 10.2.9.3** 吊罐施工应按顺序快速浇筑，不得中途停顿。
- 10.2.10** 采用夯击法施工时，除应符合第 8 章的规定外，尚应符合下列要求。
- 10.2.10.1** 混凝土坍落度宜保持在 $70\text{mm}\sim 100\text{mm}$ 。
- 10.2.10.2** 当岸坡坡度不大于 $1:1.5$ 时，首批混凝土应自岸侧开始浇筑，当坡度大于 $1:1.5$ 时，应用导管在边角处筑一小岛，使其露出水面 200mm 左右。
- 10.2.10.3** 继续浇筑时，应采取由岸向水顺序进行，不断向水区扩展。每批续浇的混凝土，均应倾注在已浇出水的混凝土顶面，采取夯击方法，使外侧混凝土逐渐扩展。
- 10.2.11** 采用振捣法施工时，除应符合第 8 章的规定外，尚应符合下列规定。
- 10.2.11.1** 混凝土的坍落度宜保持在 $30\text{mm}\sim 60\text{mm}$ 。
- 10.2.11.2** 振捣法施工应采用由岸向水、赶浆振捣的顺序及浇筑方式进行。续浇时，将混凝土倾注在已出水首批混凝土内侧，通过振捣，使混凝土向水区推进。
- 10.2.11.3** 应在首批混凝土初凝前全部水下浇筑施工。
- 10.2.12** 采用袋装堆筑法施工时，应符合下列规定。
- 10.2.12.1** 混凝土坍落度宜保持在 $50\text{mm}\sim 70\text{mm}$ 。
- 10.2.12.2** 混凝土袋应为透水的纤维编织袋。
- 10.2.12.3** 袋装堆筑法不得采用干拌混凝土。袋的装料量宜为袋容积的 $2/3$ 。
- 10.2.12.4** 堆筑时应交错叠置，相互紧靠，层与层之间宜用短钢筋插接牢固。

10.3 自密实混凝土

- 10.3.1** 自密实混凝土配合比设计时，宜采用坍落扩展度、扩展时间、 U 型仪流动高度差、 L 型仪流动高度比和离析率等综合判别自密实混凝土拌合物的工作性能。
- 10.3.2** 自密实混凝土拌合物的工作性能应符合表 10.3.1 的规定。检验方法应按附录 F 中的规定进行。

工作性能指标及检验方法

表 10.3.2

工作性能	指标要求			检测方法
填充性 (mm)	I级	$650 \leq SF \leq 750$		坍落扩展度试验
	II级	$550 \leq SF \leq 650$		
填充性 (s)	$2 \leq T_{500} \leq 5$			T_{500} 扩展时间试验
间隙通过性	I级	钢筋净距 40mm	$H_2/H_1 \geq 0.8$	L 型仪试验
	II级	钢筋净距 60mm		
	I级	钢筋净距 40mm	$\Delta h \leq 30$ (mm)	U 型仪试验
	II级	钢筋净距 60mm		
抗离析性	$f_m \leq 10\%$			拌合物稳定性 跳桌试验

注：① SF 为坍落扩展度； T_{500} 为混凝土拌合物达直径 500mm 所需时间； H_2/H_1 为前、后槽混凝土拌合物的高度比； Δh 为前、后槽混凝土拌合物的高度差；

② 对于密集配筋构件，采用自密实混凝土施工时，拌合物工作性指标应符合表中的 I 级指标要求；

③ 对于钢筋最小净距超过粗骨料最大粒径 5 倍的混凝土构件或钢管混凝土构件，采用自密实混凝土施工时，拌合物工作性指标宜符合表中的 II 级指标要求。

10.3.3 自密实混凝土施工除应符合第 8 章的有关规定外，尚应符合下列规定。

10.3.3.1 自密实混凝土应使用强制式搅拌机集中预拌。当浇筑量较少时，可在浇筑现场使用强制式搅拌机现场拌制，严禁人工搅拌。搅拌时间不宜少于 120s，或通过现场试验确定。

10.3.3.2 拌制用原材料的计量允许偏差应符合表 10.3.3 的规定。

原材料称量的允许偏差

表 10.3.3

原材料名称	水泥	掺和料	粗、细骨料	水	外加剂
允许偏差 (%)	±1	±1	±2	±1	±1

10.3.3.3 在正式生产前必须对自密实混凝土拌合物进行鉴定，检测其工作性。

10.3.3.4 应根据实际情况对自密实混凝土的生产速度、运输时间及浇筑速度

进行协调，制定合理的运输计划，确保自密实混凝土拌合物的输送与浇筑在其工作性保持期内完成。运输车从开始接料至卸料的时间不宜大于 120min。

10.3.3.5 自密实混凝土浇筑最大水平流动距离应根据施工部位具体要求确定。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。

10.3.3.6 自密实混凝土浇筑的最大倾落高度应根据施工部位具体要求确定，当不满足规定时，应加设串筒、溜管、溜槽等装置。

10.3.3.7 密闭空间或者半封闭空间的自密实混凝土结构浇筑，应在适当位置设置排气孔，排气孔孔径宜为 20mm。

10.3.3.8 水下自密实混凝土浇筑应使用导管、混凝土泵、开底容器或模袋法浇筑。如果能确保所要求的混凝土质量，并且能减少施工时对浇筑部位周围水质的污染，也可采用其他方法进行浇筑。

10.3.3.9 水下浇筑时，自密实混凝土应填充到模板内各个角落，浇筑结束后表面应平整。当水下自密实混凝土需要抹平时，应待混凝土自流平终止后进行。

10.3.3.10 当水下自密实混凝土表面露出水面后，需继续浇筑普通混凝土时，应将露出水面的顶部混凝土劣质层清除。

10.3.3.11 在动水条件下，应做好水下混凝土表面保护。

10.3.3.12 当地狭窄或浇筑口很小时，可以采用人工浇筑的方法，但应保证浇筑连贯。

10.4 泵送混凝土

10.4.1 泵送混凝土施工除应符合第 8 章的有关规定外，尚应符合下列规定。

10.4.1.1 应根据施工技术要求、原材料特性、配合比及拌制、运输和输送工艺等技术条件分析泵送混凝土的可泵性。

10.4.1.2 泵送混凝土的可泵性，可采用现行行业标准《水运工程混凝土试验检测技术规范》（JTS/T 236）中压力泌水试验进行测试，10s 时的相对压力泌水率不宜大于 40%。

10.4.1.3 液体泵送剂宜与拌和水预混后使用，并应从拌和用水量中扣除其液体质量；粉状泵送剂宜与胶凝材料一同搅拌，并宜延长搅拌时间 30s。

10.4.1.4 在泵送混凝土中二次掺加泵送剂时，掺量应经试验确定，搅拌时间宜较首次搅拌时间延长 30s，掺量及搅拌时间应记录备案。

10.4.1.5 二次掺加的泵送剂不应包括缓凝、引气组分。

10.4.1.6 混凝土泵送浇筑完毕后，应使用插入式振捣器插捣密实，插捣时间可按表 10.4.1 选用。

泵送混凝土插捣时间 **表 10.4.1**

混凝土坍落度 (mm)	插捣时间 (s)	混凝土坍落度 (mm)	插捣时间 (s)
80~140	15~30	150~180	10~20

10.4.1.7 泵送完毕后，应及时将混凝土泵和输送管清洗干净。

10.4.2 评定混凝土拌合物坍落度、含气量和各项物理力学性能的试件应在浇筑地点的泵车出口处制取。

10.5 真空吸水混凝土

10.5.1 平面混凝土的真空脱水宜采用软吸垫，立面和斜度大于 70°的斜面宜采用刚性或半刚性吸垫。真空脱水设备宜采用真空度可调式机组。

10.5.2 混凝土真空吸水工艺宜采用先低真空度，后高真空度的变真空度工艺，低真空度宜为 0.05MPa，并保持 4min，高真空度的最低值可按下式计算：

$$P=0.0533+0.0001H \quad (10.5.2)$$

式中： P —高真空度的最低值 (MPa)；

H —混凝土真空脱水深度 (mm)。

10.5.3 混凝土以分钟计真空脱水时间可取以毫米计板厚数值的 0.10~0.15 倍，或根据经验观察混凝土表面的水分明显被吸干，用手指压上无痕、用脚踩只留有轻微的痕迹，即可认为真空抽吸完成。也可按下式计算。

$$t=(1.1-0.01T)t_{10} \quad (10.5.3)$$

式中： t —混凝土真空脱水时间 (min)；

T —气温 (°C)；

t_{10} —气温为 10°C 时的脱水时间 (min)， t_{10} 可按表 10.5.3 选用。

气温为 10°C 时的脱水时间

表 10.5.3

脱水深度 (mm)	最少脱水时间 (min)	脱水深度 (mm)	最少脱水时间 (min)
≤100	0.1H	≤200	0.2H-10
≤150	0.15H-5	—	—

注：① H 为混凝土真空脱水深度。

② 水泥用量大于 $380\text{kg}/\text{m}^3$ 时，应适当延长表中脱水时间。

③ 采用掺合料时，表中脱水时间应延长 50%。

10.5.4 混凝土配合比设计除应符合第 5.1 节的规定外，尚应符合下列规定。

10.5.4.1 粗骨料可采用中断级配；当要求同时提高配制强度和节约水泥时，宜采用连续级配。

10.5.4.2 混凝土拌合物坍落度宜选用 40mm~60mm。当混凝土厚度大、要求脱水时间短或表面平整度要求高时，宜选用 20mm~40mm。

10.5.5 真空吸水系统应严密不漏气。脱水处理前，设备检查应符合下列规定。

10.5.5.1 真空泵的空载真空度应高于 0.087MPa。

10.5.5.2 连接软管、真空吸垫和接头，应无损伤、漏气或阻塞。胶管应能承受外界大气压力，在抽真空时不被压扁。

10.5.5.3 真空系统应保持清洁，应防止固体颗粒被吸入真空泵内。在脱水处理前应进行试运转。

10.5.6 厚度小于 100mm 的平面混凝土，可采用振动梁振动。厚度超过 100mm 或配筋密集时，可辅以插入式振捣器插捣。

10.5.7 真空脱水程序应符合下列规定。

10.5.7.1 振捣密实后的混凝土可采用振动梁或振动刮尺进行振动刮平。混凝土厚度应高出设计厚度 1.0%~1.5%。振动刮平后，应立即进行真空脱水。

10.5.7.2 振动刮平后的混凝土表面应铺放真空吸垫。气垫薄膜与边膜应保持 80mm~100mm 距离。

10.5.7.3 真空泵启动 3min 内，如真空度达不到 0.59MPa 以上时，应检查真空泵、接头和气垫薄膜的密封状况并及时处理。

10.5.7.4 真空脱水施工中应记录真空度、脱水时间与脱水量，并观察气垫薄

膜内各处水流的情况。如发现局部水体移动不畅时，可间歇、短暂地掀起邻近的局部密封边，借助渗入少量空气，促使混凝土表层水体正常移动。

10.5.7.5 真空脱水过程中，不宜临时关停真空泵或掀起密封边。因故必须中途关停真空泵时，再进行真空脱水前，可在四周密封边外抹一层水泥浆恢复良好的密封状态。

10.5.7.6 真空脱水过程中应保证相邻两次抽吸区间有 30mm~50mm 的搭接。

10.5.7.7 卷起吸垫与过滤布后，应立即用水冲洗干净。

10.5.7.8 真空脱水后，应立即采用圆盘式抹光机进行抹面处理，再用叶片式抹光机抹平，不得加水泥砂浆面层。

10.5.8 混凝土经真空脱水后，应按第 8.4 节规定进行养护。

10.5.9 现场混凝土检验应符合下列规定。

10.5.9.1 现场混凝土检验应采用配备小真空吸垫的真空试模。试验所采用的混凝土、真空度和其它工艺条件，均应与工程实际一致。

10.5.9.2 真空脱水混凝土的强度和密实性应采用钻取芯样法检验。

10.6 水下预填骨料升浆混凝土

10.6.1 水下预填骨料升浆混凝土所用原材料应符合下列规定。

10.6.1.1 预填骨料粒径宜为 50mm~200mm，其中粒径 50mm~80mm 的骨料占比 13%~15%，粒径 80mm~200mm 的骨料占比 85%~87%。

10.6.1.2 预填骨料应经高压水冲洗，去除粉尘与碎屑。

10.6.1.3 河砂应通过 2.5mm 方孔筛，细度模量宜为 1.2~2.0，平均粒径不应大于 0.35mm。平均粒径按下式计算。

$$d_m = 0.5 \left(\frac{G}{11a_6 + 1.3a_5 + 0.17a_4 + 0.02a_3 + 0.0024a_2} \right)^{1/3} \quad (10.6.1)$$

$$G = a_2 + a_3 + a_4 + a_5 + a_6$$

式中： d_m — 河砂的平均粒径，mm；

a_2 、 a_3 、 a_4 — 2.5mm、1.25mm、0.63mm 孔径筛上的筛余量，g；

a_5 、 a_6 —0.315mm、0.16mm 孔径筛上的筛余量，g。

10.6.1.4 宜采用缓凝型外加剂，掺量应通过试验确定。

10.6.1.5 需掺入加气剂时，宜选用纯度 96% 以上的脱脂铝粉，掺量宜为水泥质量的 0.03%~0.06%。

10.6.2 水下升浆混凝土用砂浆的流动性宜为 (18 ± 2) s，泌水率不应大于 1.25%，膨胀率不应大于 4.5%，初凝时间不应小于 10.5h，终凝时间不应大于 23.5h。

10.6.3 拌制水泥砂浆的高速砂浆搅拌机的叶片转速宜为 147r/min。

10.6.4 按预填骨料升浆混凝土基础的大小及升浆能力宜对基础进行分段抛填和升浆，段与段之间宜以钢隔板分开，使其成为独立的升浆单元。

10.6.5 隔板安装应稳定、牢固。隔板间的竖缝宜采用橡皮板紧固连接。隔板与基础间宜用袋装混凝土封堵。

10.6.6 隔板安装固定后，应立即在隔板两侧均匀抛石，两侧抛石高度不宜低于 1.5m，其高差应严格控制在 0.5m 以内，隔板两侧块石抛填的水平推进长度之差不得大于 1.0m。隔板两侧块石抛填固定后，方可进行其它部位预填骨料的大面积抛填。抛填中，不得将块石直接抛砸在钢隔板上。抛填厚度应满足设计要求，块石顶面标高的偏差宜控制在 300mm 以内。

10.6.7 预填骨料块石抛填完成后，应及时打管升浆或立即用土工布等覆盖。

10.6.8 成孔及布管宜用 $\Phi 127$ mm 导向管定位。垂直定位于升浆点的抛填块石顶面，用重锤在导向定位管内施打护管至岩面，再分别穿入压浆管和管壁打有“花孔”的观察管，之后拔出护管。升浆管的布管排距、管距应根据升浆压力、预填骨料粒径及升浆单元体的尺寸确定，宜为 3.0m；观测管宜布置在两排升浆管中间，其排距和管距宜为 3.0m。

10.6.9 压浆泵额定压力不宜低于 1.5MPa、排量不小于 $4\text{m}^3/\text{h}$ ；储浆罐的容积宜为 1m^3 ，罐内应设有 20r/min 的搅拌器。

10.6.10 升浆程序应符合下列规定。

10.6.10.1 升浆前应先用水泥净浆润滑管路。

10.6.10.2 每根升浆管应配一台压浆泵，每一排管同时升浆，正常升浆压力应控制在 0.3MPa~0.5MPa，当升浆管被浆体埋深 2m、灌浆压力升至 1.0MPa 时应提升升浆管，使灌浆压力恢复正常，提管后的埋置深度不应小于 0.5m。

10.6.10.3 升浆顶面至设计标高以上 0.5m 时应结束升浆。升浆结束后应及时清理升浆体表面的浮浆。

10.6.10.4 升浆过程中，应采用比重锤测定压浆面的位置、浆体的流动半径及浆面的流动坡度等。

10.6.11 升浆混凝土的质量检验应符合下列规定。

10.6.11.1 混凝土试件的制作、养护及强度试验应符合现行行业标准《水运工程混凝土试验检测技术规范》（JTS/T 236）的有关规定。

10.6.11.2 抗压强度试件尺寸为 200mm×200mm×200mm，每个升浆单元留置试件（6~10）组，并应同时满足下列要求。

$$m_{fcu} \geq f_{cu, k} \quad (10.6.11-1)$$

$$f_{cu, \min} \geq 0.85f_{cu, k} \quad (10.6.11-2)$$

式中 m_{fcu} ——混凝土抗压强度的平均值（MPa）；

$f_{cu, k}$ ——该验收批混凝土立方体抗压强度标准值（MPa）；

$f_{cu, \min}$ ——该验收批混凝土立方体抗压强度的最小值（MPa）；

10.6.11.3 需测试抗折强度时，抗折强度试件尺寸为 150mm×150mm×550mm，每个升浆单元留置试件（3~5）组，并应同时满足下列要求。

$$m_{fcm} \geq f_{cm} \quad (10.6.11-3)$$

$$f_{\min} \geq 0.85f_{cm} \quad (10.6.11-4)$$

式中 m_{fcm} ——混凝土抗折强度的平均值（MPa）；

f_{cm} ——该验收批混凝土设计抗折强度标准值（MPa）；

f_{\min} ——该验收批混凝土试件的最低抗折强度（MPa）。

10.6.11.4 需测试抗渗性能时，每个升浆单元留置试件（2~3）组，抗渗测试结果应满足式（5.2.3）。

10.6.12 升浆混凝土硬化后，宜采用钻芯法和声波透射法检验升浆体混凝土强度和完整性。

10.7 补偿收缩混凝土

10.7.1 补偿收缩混凝土的强度等级应满足设计要求，且不应小于 C30。用于后

浇带和膨胀加强带的补偿收缩混凝土的设计强度等级应比两侧混凝土高一个强度等级。

10.7.2 掺膨胀剂的补偿收缩混凝土，其限制膨胀率应符合表 10.7.2 的规定。

补偿收缩混凝土的限制膨胀率 **表 10.7.2**

用途	限制膨胀率（%）	
	水中 14d	水中 14d 转空气中 28d
用于补偿混凝土收缩	≥0.015	≥-0.030
用于后浇带、膨胀加强带和工程接缝填充	≥0.025	≥-0.020

10.7.3 补偿收缩混凝土的膨胀剂掺量应根据设计要求的限制膨胀率经试验确定，配合比试验的限制膨胀率应比设计值提高 0.005%。限制膨胀率试验应按现行行业标准《水运工程混凝土试验检测技术规范》（JTS/T 236）的有关规定进行。

10.7.4 补偿收缩混凝土的抗冻性能试验应按现行行业标准《水运工程混凝土试验检测技术规范》（JTS/T 236）的有关规定进行。试件养护应符合下列规定。

（1）试件成型后在温度（20±5）℃、湿度 50% 以上的环境下放置一昼夜，带模在标准养护池中养护 13d，拆模后继续放入标准养护池中养护 14d。

（2）用于后浇带、膨胀加强带和工程接缝填充的补偿收缩混凝土，其抗冻试件应在成型二昼夜后拆模，放入标准养护池中养护 26d。

10.7.5 补偿收缩混凝土施工除应符合第 8 章的有关规定外，尚应符合下列规定。

（1）膨胀剂的计量允许偏差为±1%；

（2）搅拌时间应比普通混凝土适当延长；

（3）应按顺序连续浇筑，在终凝前采用机械或人工的方式，对混凝土表面进行多次抹压；

（4）应适当延迟拆模时间，其拆模时间不宜早于 3d。冬期施工时拆模时间宜延迟至 7d 以上；

（5）潮湿养护时间不应少于 15d。

10.7.6 补偿收缩混凝土的质量检查应符合第 11 章的有关规定。限制膨胀率试件的留置组数应根据使用部位的重要性及用量大小综合考虑。一般情况下，每 500m³ 留置一组，不足 500m³ 取一组。

10.8 合成纤维混凝土

10.8.1 合成纤维混凝土的强度等级应满足设计要求，且不小于 C30。

10.8.2 合成纤维混凝土的早期收缩裂缝试验应按现行行业标准《水运工程混凝土试验检测技术规范》（JTS/T 236）的有关规定进行。限裂等级应符合表 10.8.2 的规定。用于限制早期收缩裂缝的合成纤维混凝土，其限裂等级不宜低于二级。

限裂等级评定标准

表 10.8.2

裂缝降低系数	限裂效能等级
$\eta \geq 70$	一级
$55 \leq \eta < 70$	二级
$40 \leq \eta < 55$	三级

注：裂缝降低系数为基准混凝土试件裂缝名义总面积与纤维混凝土试件裂缝名义总面积的差值与基准混凝土试件裂缝名义总面积的比值。

10.8.3 合成纤维混凝土施工除应符合第 8 章的有关规定外，尚应符合下列规定。

10.8.3.1 应采用强制式搅拌机搅拌。在加水之前投入合成纤维，拌和时间应较普通混凝土延长（40~60）s。

10.8.3.2 拌合物从搅拌机卸出到浇筑完毕不宜超过 30min。

10.8.4 合成纤维混凝土质量检验除应符合第 11 章的有关规定外，尚应符合下列规定。

10.8.4.1 应在浇筑地点采用水洗法取样检验混凝土拌合物的纤维掺量，测得的纤维实际含量与配合比要求的含量相差不应超过 15%。每个工作班应至少检验 2 次。

10.8.4.2 应进行早期收缩裂缝检验，每单位工程相同配合比混凝土拌合物留置两组试件，且每 500m² 至少留置一组。

10.9 特细砂混凝土

10.9.1 特细砂混凝土不应用于梁、拱和有抗冲刷、抗磨（水位变化范围）、抗

冻和抗腐蚀要求的工程。

10.9.2 特细砂混凝土配置强度等级不宜超过 C40。

10.9.3 特细砂混凝土拌合物的粘度较大，投料时，先将特细砂和粗骨料混合均匀后，再投入胶凝材料、外加剂和水，混凝土的拌和时间应比普通混凝土的拌和时间延长（1~2）min。浇筑时，若出现砂浆与石子有分离现象，应重新搅拌均匀后方可浇筑。

10.9.4 特细砂混凝土浇筑成型后宜进行二次抹压，消除失水收缩造成的裂纹。浇筑完成后应立即进行保湿养护，养护时间不应少于 14d。

10.9.5 特细砂混凝土所用原材料除满足第 4 章要求外，尚应符合下列要求。

10.9.5.1 特细砂应为细度模数在 0.70~1.50 范围内的河砂。

10.9.5.2 配制不同强度等级混凝土所用特细砂的细度模数应满足以下要求：

- （1）强度等级 C40 混凝土，砂的细度模数不小于 1.0；
- （2）强度等级 C35 混凝土，砂的细度模数不小于 0.90；
- （3）强度等级 C30 混凝土，砂的细度模数不小于 0.80；

10.9.6 特细砂配合比设计应符合本规范 5.1 节、5.2 节的规定，在计算粗、细骨料用量时宜采用砂浆剩余系数法按下列公式计算：

$$W_G = \frac{1000}{1 + K \cdot \frac{P}{1 - P}} \cdot \rho_G$$

$$W_S = (1000 - W_G / \rho_G - W_B / \rho_B - W_W / \rho_W - 10 \cdot A) \cdot \rho_S$$

式中 W_G ——每立方米特细砂混凝土的粗骨料用量（ kg/m^3 ）；

W_S ——每立方米特细砂混凝土的细骨料用量（ kg/m^3 ）；

P ——粗骨料的紧密空隙率（%）；

ρ_G ——粗骨料的表观密度（ g/cm^3 ）；

W_B ——每立方米混凝土的胶凝材料用量（ kg/m^3 ）；

W_W ——每立方米混凝土的用水量（ kg/m^3 ）

ρ_B ——胶凝材料密度（ kg/L ）；

ρ_S ——细骨料的表观密度（ g/cm^3 ）；

ρ_w ——水的密度 (g/cm^3)；

A ——混凝土的含气量百分数，在不使用引气型外加剂时， A 可取 1。

特细砂混凝土砂浆剩余系数 K 可按下表选用。

特细砂混凝土砂浆剩余系数 K 表 10.9.6

混凝土稠度	粗骨料规格 (mm)			
	5~10	5~20	5~40	5~80
5s~20s	1.30~1.35	1.20~1.25	1.15~1.20	1.10~1.15
10mm~30mm	1.35~1.40	1.25~1.30	1.20~1.25	1.15~1.20
30mm~50mm	1.40~1.45	1.30~1.35	1.25~1.30	1.20~1.25
50 mm ~70mm	1.45~1.50	1.35~1.40	1.30~1.35	1.25~1.30

10.10 透水水泥混凝土

10.10.1 透水水泥混凝土强度等级应满足设计要求，且不应小于 C20。

10.10.2 透水水泥混凝土的连续孔隙率不应小于 10%，透水系数不应小于 0.5mm/s，试验应按附录 G 的有关规定进行。

10.10.3 透水水泥混凝土施工除应符合第 8 章的有关规定外，尚应符合下列规定。

10.10.3.1 拌制宜先将集料和 50%用水量加入搅拌机拌和 30s，再加入水泥、增强料、外加剂拌和 40s，最后加入剩余用水量拌和 50s 以上。

10.10.3.2 拌合物从搅拌机出料至浇筑完毕的允许最长时间，可由试验室根据水泥初凝时间及施工气温确定，并应符合表 10.10.3 的规定。

透水混凝土从搅拌机出料至浇筑完毕的允许最长时间 表 10.10.3

施工气温 T ($^{\circ}\text{C}$)	允许最长时间 (min)
$5 \leq T < 10$	120
$10 \leq T < 20$	90
$20 \leq T < 32$	60

10.10.4 透水水泥混凝土质量检验除应符合第 11 章的有关规定外，尚应符合下列要求。

10.10.4.1 透水水泥混凝土应按设计要求的性能指标进行检验。

10.10.4.2 透水水泥混凝土的连续孔隙率、透水系数应达到设计要求，每 500m³ 无砂透水混凝土各取一组，不足 500m³ 按 500m³ 计。

11 混凝土质量控制与检查

11.1 一般规定

11.1.1 应对结构、构件混凝土强度等级进行检验评定，混凝土试件应在浇筑地点随机抽取。

11.1.2 混凝土的强度评定龄期宜为 28d。当设计文件对混凝土强度评定龄期有具体要求时，应按设计文件执行。

11.1.3 混凝土的强度应分批次进行检验评定。同一检验批次的混凝土应由强度等级相同、试验龄期相同、生产工艺条件和配合比基本相同的混凝土组成。

11.1.4 对现浇混凝土结构构件，宜按分项工程划分验收批；对预制混凝土构件，宜按月划分验收批。对同一验收批的混凝土强度，应以该批内按规定留置的所有标准试件组数强度代表值，作为统计数据进行评定，除非查明确系试验失误，不得任意抛弃一个强度代表值。

11.1.5 对大批量、连续施工的混凝土，当混凝土原材料、生产工艺及施工水平在较长时段内不能保持一致，导致同一配合比混凝土的强度变异性不稳定，或没有足够数据确定检验批次混凝土的抗压强度标准差时，应采用标准差未知法进行混凝土强度评定。对用量较小、零星浇筑的混凝土，宜采用小样本法进行混凝土强度评定。

11.1.6 混凝土立方体抗压强度标准值应为按标准方法制作、养护的边长为 150mm 的立方体试件，在规定龄期试验测得的混凝土抗压强度总体分布中，具有不低于 95% 保证率的强度值。

11.1.7 混凝土的抗渗性、抗冻性、抗氯离子渗透性试验应按现行行业标准《水运工程混凝土试验检测技术规范》（JTS/T 236）的有关规定进行。

11.2 混凝土施工过程控制

11.2.1 原材料的称量视值检查，每一工作班检查次数应满足表 11.2.1 的规定。

每一工作班检查次数

表 11.2.1

原材料	水泥		掺合料	拌和用水	粗、细骨料	外加剂
	散装	袋装				
检查次数	4	2	4	4	2	4

11.2.2 混凝土施工过程中的原材料检验要求，应满足附录 A 的规定。

11.2.3 混凝土施工配合比应根据第 5 章和第 10 章的相关要求进行试验校核。

11.2.4 混凝土施工过程应符合第 8 章、第 9 章和第 10 章的有关规定。

11.2.5 混凝土拌合物浇筑入模前，应在浇筑现场取样测试拌合物的坍落度和含气量：对于普通混凝土，每一工作班应至少检测 2 次坍落度；对于引气混凝土，每一工作班应至少检测 1 次含气量；当拌合物从搅拌机卸出至浇筑入模不超过 15min 时，可在拌制地点取样测试。

11.3 混凝土质量评定

11.3.1 混凝土结构、构件的外观缺陷检查及尺寸偏差缺陷检查应按现行行业标准《水运工程质量检验标准》（JTS 257）的有关规定进行。

11.3.2 混凝土立方体抗压强度试件的边长与粗骨料最大粒径的关系应满足表 11.3.2 的规定。

允许的试件最小边长

表 11.3.2

粗骨料最大粒径（mm）	31.5	40.0	50.0
试件最小边长（mm）	100	150	200

11.3.3 混凝土立方体抗压强度试验应按现行行业标准《水运工程混凝土试验检测技术规范》（JTS/T 236）的有关规定进行。每组混凝土试件强度代表值的确定，应符合下列规定。

（1）以 3 个试件强度的算术平均值作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中间值的 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中间值的 15% 时，该组试件的强度不应作为评定的依据。

11.3.4 当采用非标准尺寸试件时，应将其抗压强度乘以尺寸折算系数，折算成边长为 150mm 的标准尺寸试件抗压强度。混凝土强度等级小于 C60 时，强度折算系数按表 11.3.3 采用；混凝土强度等级大于或等于 C60 时，强度折算系数应由试验确定，试件组数不应少于 30 对组。

强度折算系数

表 11.3.3

试件最小边长 (mm)	100	150	200
强度折算系数	0.95	1.00	1.05

11.3.5 采用标准差未知方法进行混凝土抗压强度评定时，一个检验批应由 5 组或 5 组以上混凝土试件组成，其抗压强度应同时满足式(11.3.5-1)和式(11.3.5-2)的要求：

$$m_{f_{cu}} \geq f_{cu,k} + \alpha s_{f_{cu}} \quad (11.3.5-1)$$

$$f_{cu,\min} \geq f_{cu,k} - C\sigma \quad (11.3.5-2)$$

式中 $m_{f_{cu}}$ — 同一检验批混凝土立方体抗压强度的平均值 (MPa)，精确到 0.1MPa；

$f_{cu,k}$ — 同一检验批混凝土立方体抗压强度标准值 (MPa)，精确到 0.1MPa；

α — 系数，按表 11.3.5-1 选取。当试验组数为 5~9 组时， $\alpha=1$ ，且：当混凝土强度等级小于 C60 时， $s_{f_{cu}} \geq 0.15f_{cu,k}$ ；当混凝土强度等级不小于 C60 时，

$$s_{f_{cu}} \geq 0.1f_{cu,k}。$$

系数 α 的取值

表 11.3.5-1

组数	10~14	15~19	≥ 20
α	1.15	1.05	0.95

$s_{f_{cu}}$ — 同一检验批混凝土立方体抗压强度的标准差 (MPa)，按式 (5.1.4) 计算，精确到 0.01MPa，且不得低于 2.5MPa；

$f_{cu,\min}$ — 同一检验批混凝土立方体抗压强度中的最小值 (MPa)，精确到 0.1MPa；

C — 系数，按表 11.3.5-2 选取；

σ — 混凝土抗压强度标准差的平均水平，按表 5.1.4 选取。

系数 C 的取值

表 11.3.5-2

强度等级 组数	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55
5~9	0.15	0.25	0.25	0.3	0.35	0.4	0.4	0.4	0.45
10~14	0.35	0.5	0.5	0.6	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9
15~19	0.55	0.75	0.75	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
≥ 20	0.55	0.75	0.75	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

11.3.6 当验收批内混凝土试件组数 $n=2\sim 4$ 时，混凝土抗压强度统计数据应同时满足式 (11.3.6-1) 和式 (11.3.6-2) 的要求。

$$m_{f_{cu}} \geq f_{cu,k} + \beta\sigma \quad (11.3.6-1)$$

$$f_{cu,\min} \geq f_{cu,k} - D\sigma \quad (11.3.6-2)$$

式中 $m_{f_{cu}}$ — 同一检验批混凝土立方体抗压强度的平均值 (MPa)，精确到 0.1MPa；

$f_{cu,k}$ — 同一检验批混凝土立方体抗压强度标准值 (MPa)，精确到 0.1MPa；

β — 系数，按表 11.3.6 选取；

系数 β 的取值

表 11.3.6

强度等级	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55
β	1.0	1.0	1.0	1.0	1.05	1.2	1.35	1.25	1.4

σ — 混凝土抗压强度标准差的平均水平，按表 5.1.4 选取；

$f_{cu,\min}$ — 同一检验批混凝土立方体抗压强度中的最小值 (MPa)，精确到 0.1MPa；

D — 系数，按表 11.3.5-2 中试件组数 5~9 组时取值。

11.3.7 当检验结果满足第 11.3.5 条或第 11.3.6 条的规定时，则该检验批混凝土强度应评定为合格；不能满足上述规定时，该检验批混凝土应评定为不合格。

11.3.8 当对留置试件的混凝土抗压强度的评定结论有怀疑时，可采用超声-回弹

综合法检测结构、构件的混凝土抗压强度，必要时采用钻芯法进行修正。检测方法按现行行业标准《水运工程混凝土结构实体检测技术规范》（JTS 239）中的有关规定执行。

11.3.9 混凝土抗折强度的评定验收应满足下列要求：

(1) 混凝土抗折试件的制作、养护及强度试验应符合现行行业标准《水运工程混凝土试验检测技术规范》（JTS/T 236）的有关规定。

(2) 当试件组数大于 10 组时，混凝土平均抗折强度符合下式的规定：

$$f_{mn} \geq f_{cm} + K\sigma \quad (11.3.9)$$

式中 f_{mn} —实测平均抗折强度（MPa）；

f_{cm} —设计抗折强度（MPa）；

K —合格判断系数，按表 11.3.9 选取；

σ —实测抗折强度标准差（MPa）。

合格判断系数 **表 11.3.9**

n	11~14	15~19	≥20
K	0.75	0.70	0.65

当试件组数大于 10 组时，允许有 1 组最小抗折强度小于 $0.85 f_{cm}$ ，但不得小于 $0.80 f_{cm}$ ；当试件组数小于或等于 10 组时，试件平均抗折强度不得小于 $1.15 f_{cm}$ ，任一组抗折强度不得小于 $0.85 f_{cm}$ 。

11.3.10 混凝土抗渗性能评定应满足下列要求。

(1) 有抗渗要求的同一检验批混凝土，留置试件不应少于 3 组。

(2) 各组试件的抗渗水压值满足式（5.2.3）。

11.3.11 混凝土抗冻性能评定应满足下列要求。

(1) 有抗冻要求的同一检验批混凝土，留置试件不应少于 3 组；跨年度施工时，应至少增加 1 组；

(2) 当试件组数为 3 组时，至少应有两组达到设计抗冻等级；当试件组数大于 3 组时，达到设计等级的组数不低于总组数的 75%；

(3) 当设计抗冻等级不大于 F250 时，最低 1 组的抗冻等级最多比设计抗冻等级低 50 次循环；当设计抗冻等级大于 F300 时，最低 1 组的抗冻等级最多比设计抗冻等级低 100 次循环。

11.3.12 混凝土抗氯离子渗透性能评定应满足下列要求。

(1) 有抗氯离子渗透要求的同一检验批混凝土，每 1000m³ 留置 1 组，留置试件不应少于 3 组；

(2) 当对留置试件的抗氯离子渗透性能的评定结论有怀疑时，应在混凝土结构、构件上钻取芯样进行验证性检测。在同类混凝土结构、构件上钻取的芯样不应少于 3 个，临期不大于 58d；

(3) 留置或钻取芯样试件的电通量平均值不应大于电通量设计值或第 3.0.9 节规定的混凝土抗氯离子渗透性限值，电通量代表值的最大值不应大于电通量设计值的 1.15 倍或第 3.0.9 节规定的混凝土抗氯离子渗透性限值的 1.15 倍。

11.3.13 混凝土的耐久性评定应符合下列规定。

(1) 混凝土的耐久性应根据混凝土的各耐久性检验项目的检验结果，分项评定。符合设计规定的检验项目，可评定为合格。

(2) 同一检验批全部耐久性项目检验合格者，该检验批混凝土耐久性可评定为合格。

(3) 对于某一检验批被评定为不合格的耐久性检验项目，应进行专项评审并对该检验批的混凝土提出处理意见。

11.3.14 宜采用声波透射法或现场压水试验检验结构、构件混凝土的密实性。现场压水试验应按现行行业标准《水运工程混凝土试验检测技术规范》(JTS/T 236) 的有关规定执行。

11.3.15 混凝土结构、构件的钢筋保护层厚度检测结果应符合现行行业标准《水运工程混凝土结构实体检测技术规范》(JTS 239) 的有关规定。

11.4 质量问题处理

11.4.1 对于发现的外观缺陷及尺寸偏差缺陷，应认真分析其产生原因。对于发现的严重缺陷，应制定专项技术处理方案，经论证审批后实施，不得擅自实施。

11.4.2 混凝土结构、构件施工缺陷处理应按现行行业标准《港口水工建筑物修补加固技术规范》(JTS 311) 和现行国家标准《混凝土结构加固设计规范》(GB 50367) 的有关规定执行。

附录 A 原材料检验要求及方法

A.1 水泥

水泥的检验要求

表 A.1-1

检验项目		检验要求					
		质量证明文件检查		抽样试验检验			
1	比表面积	√	核查每一厂家提供的每一编号产品的质量证明文件。施工单位、监理单位均全部检查	√	下列情况之一时，检验一次： ①任何新选货源； ②使用同厂家、同规格的水泥达6个月。 施工单位试验检验；监理单位见证检验	√	同厂家、同编号、同生产日期连续进场的散装水泥达500t（袋装水泥每200t）为一批，不足上述数量时按一批计。 施工单位每批抽检一次；监理单位按施工单位抽检次数的10%进行见证检验，但至少一次。 水泥出厂日期达3个月，施工单位抽检一次，监理单位见证检验
2	凝结时间	√		√		√	
3	安定性	√		√		√	
4	强度	√		√		√	
5	烧失量	√		√			
6	游离氧化钙	√		√			
7	氧化镁含量	√		√			
8	三氧化硫含量	√		√			
9	氯离子含量	√		√			
10	碱含量	√		√			
11	阻磨剂种类剂掺量	√					
12	石膏种类剂掺量	√					
13	混合材种类及掺量	√					
14	熟料中的铝酸三钙含量	√		√			

硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥的性能

表 A.1-2

序号	检验项目	技术要求	检验方法
1	比表面积	300m ² /kg~350m ² /kg	按 JTS/T 236 检验
2	凝结时间	初凝≥45min, 终凝≤600min (硅酸盐水泥终凝≤600min)	
3	安定性	沸煮法合格	
4	强度	符合表 A.1-3 的规定	
5	烧失量	≤5.0% (P·O); ≤3.5% (P·II); ≤3.0% (P·I)	
6	游离氧化钙含量	≤1.0%	
7	氧化镁含量	≤5.0%	
8	三氧化硫含量	≤3.5%	
9	氯离子含量	≤0.06%	
10	碱含量	≤0.80%	
11	助磨剂种类及掺量	符合 GB 175	
12	石膏种类及掺量		
13	混合材种类及掺量		
14	熟料中的铝酸三钙含量	≤8.0%	

注：1. 当混凝土结构所处环境为氯盐环境时，混凝土宜选用低氯离子含量（不大于 0.06%）的水泥，不宜使用抗硫酸盐硅酸盐水泥。

2. 当混凝土结构所处环境为严重硫酸盐化学腐蚀环境时，混凝土宜选用铝酸三钙含量小于 5.0%的熟料所产生的硅酸盐水泥。

3. 当骨料具有碱-骨料反应活性时，水泥的碱含量不应超过 0.60%。C40 及以上混凝土用水泥的碱含量不宜超过 0.60%。

硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥的强度要求

表 A.1-3

品种	强度等级	抗压强度 (MPa)		抗折强度 (MPa)	
		3d	28d	3d	28d
硅酸盐水泥	42.5	≥17.0	≥42.5	≥3.5	≥6.5
	52.5	≥23.0	≥52.5	≥4.0	≥7.0
	62.5	≥28.0	≥62.5	≥5.0	≥8.0
普通硅酸盐水泥	42.5	≥17.0	≥42.5	≥3.5	≥6.5
	52.5	≥23.0	≥52.5	≥4.0	≥7.0

A.2 矿物掺合料

矿物掺合料的检验要求

表 A.2-1

检验项目		检验要求					
		质量证明文件检查		抽样试验检验			
粉煤 灰	细度 (45μm 方孔筛筛余)	√	核查每一厂家提供的每种编号产品的质量证明文件。施工单位、监理单位均全部检查	√	下列情况之一时，检验一次： ①任何新选货源； ②使用同厂家、同规格产品达6个月。 施工单位试验检验；监理单位平行检验	√	同厂家、同编号、同出厂日期的产品每200t 为一批，不足200t 按一批计。 施工单位每批抽检一次；监理单位按施工单位抽检次数的10%进行平行检验，但至少一次。
	需水量比	√		√		√	
	烧失量	√		√		√	
	氯离子含量	√		√		√	
	含水量	√		√		√	
	三氧化硫含量	√		√		√	
	半水亚硫酸钙含量	√		√		√	
	氧化钙含量	√		√		√	
	游离氧化钙含量	√		√		√	
	二氧化硅、三氧化二铝和三氧化二铁总含量	√		√		√	
密度	√	√	√	√			

	活性指数	√		√			
	碱含量	√		√			
	安定性 (C类粉煤灰)	√		√		√	
矿渣粉	密度	√	核查每一厂家提供的每一编号产品的质量证明文件。 施工单位、监理单位均全部检查	√	下列情况之一时，检验一次： ①任何新选货源； ②使用同厂家、同规格产品达6个月。 施工单位试验检验；监理单位平行检验	√	同厂家、同编号、同出厂日期的产品每200t为一批，不足200t按一批计。 施工单位每批抽检一次；监理单位按施工单位抽检次数的10%进行平行检验，但至少一次。
	比表面积	√		√			
	流动度比	√		√			
	烧失量	√		√			
	氧化镁含量	√		√			
	三氧化硫含量	√		√			
	氯离子含量	√		√			
	含水量	√		√			
	7d活性指数	√		√			
	28d活性指数	√		√			
	碱含量	√		√			
硅灰	烧失量	√	核查每一厂家提供的每一编号产品的质量证明文件。 施工单位、监理单位均全部检查	√	下列情况之一时，检验一次： ①任何新选货源； ②使用同厂家、同规格产品达6个月。 施工单位试验检验；监理单位平行检验	√	同厂家、同编号、同出厂日期的产品每20t为一批，不足20t按一批计。 施工单位每批抽检一次；监理单位按施工单位抽检次数的10%进行平行检验，但至少一次。
	比表面积	√		√			
	需水量比	√		√			
	28d活性指数	√		√			
	氯离子含量	√		√			
	二氧化硅含量	√		√			
	含水量	√		√			
	碱含量	√		√			
	三氧化硫含量	√	√				
石灰	细度(45μm方孔筛筛余)	√	核查每一厂家提供的	√	下列情况之一时，检验一	√	同厂家、同编号、同出厂

石粉	碳酸钙含量		√	每一编号产品的质量证明文件。 施工单位、监理单位均全部检查	√	次： ①任何新选货源： ②使用同厂家、同规格产品达6个月。 施工单位试验检验；监理单位平行检验	√	日期的产品每100t为一批，不足100t按一批计。 施工单位每批抽检一次；监理单位按施工单位抽检次数的10%进行平行检验，但至少一次。
	MB值		√		√			
	含水量		√		√			
	流动度比		√		√			
	抗压强度比	7d	√		√			
		28d	√		√			
碱含量		√	√					

粉煤灰的性能要求

表 A.2-2

序号	检验项目		技术要求		检验方法
			I级	II级	
1	细度（45μm方孔筛筛余）		≤12.0%	≤30.0%	
2	需水量比		≤95%	≤105%	
3	烧失量		≤5.0%	≤8.0%	
4	氯离子含量		≤0.02%		
5	含水量		≤1.0%		
6	三氧化硫含量		≤3.0%		
7	半水亚硫酸钙含量 ^a		≤3.0%		
8	氧化钙含量		≤10%		
9	游离氧化钙含量		≤1.0%		
10	二氧化硅、三氧化二铝和三氧化二铁总含量		≥70%		
11	密度		≤2.6 g/cm ³		
12	活性指数	28d	≥70%		
13	碱含量		*		
14	安定性（C类粉煤灰）		≤5mm		

注：当混凝土结构所处的环境为严重冻融破坏环境时，宜采用烧失量不大于 3.0% 的粉煤灰。

^a 当采用干法或半干法脱硫工艺排出粉煤灰时，应检测半水亚硫酸钙（ $\text{CaSO}_3 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ ）含量。

“*”碱含量值用于计算混凝土的总碱含量。

矿渣粉的性能要求

表 A.2-3

序号	检验项目		技术要求			检验方法
			S75	S95	S105	
1	密度		$\geq 2.8 \text{ g/cm}^3$			
2	比表面积		$\geq 300 \text{ m}^2/\text{kg}$	$\geq 400 \text{ m}^2/\text{kg}$	$\geq 500 \text{ m}^2/\text{kg}$	
3	流动度比		$\geq 95\%$			
4	烧失量		$\leq 1.0\%$			
5	氧化镁含量		$\leq 14.0\%$			
6	三氧化硫含量		$\leq 4.0\%$			
7	氯离子含量		$\leq 0.06\%$			
8	含水量		$\leq 1.0\%$			
9	活性指数	7d	$\geq 55\%$	$\geq 70\%$	$\geq 95\%$	
		28d	$\geq 75\%$	$\geq 95\%$	$\geq 105\%$	
10	碱含量		*			

注：“*”碱含量值用于计算混凝土的总碱含量。

硅灰的性能要求

表 A.2-4

序号	检验项目	技术要求	检验方法
1	烧失量	$\leq 4.0\%$	
2	比表面积	$\geq 18000 \text{ m}^2/\text{kg}$	
3	需水量比	$\leq 125\%$	
4	28d 活性指数	$\geq 85\%$	
5	氯离子含量	$\leq 0.02\%$	

6	二氧化硅含量	≥85%	
7	含水量	≤3.0%	
8	碱含量	≤1.5%	
9	三氧化硫含量	*	

注：1 硅灰掺量不宜超过胶凝材料总量的 8%，且宜与其他矿物掺合料复合使用。

2 “*”三氧化硫含量值用于计算混凝土中总三氧化硫含量。

石灰石粉的性能要求

表 A.2-4

序号	检验项目		技术要求	检验方法
1	细度（45μm 方孔筛筛余）		≤15%	
2	碳酸钙含量		≥75%	
3	MB 值		≤1.0 g/kg	
4	含水量		≤1.0 %	
5	流动度比		≥100%	
6	抗压强度比	7d	≥60%	
		28d	≥60%	
7	碱含量		*	

注：“*”碱含量值用于计算混凝土的总碱含量。

A.3 细骨料

细骨料的检验要求

表 A.3

序号	检验项目	检验要求			
1	颗粒级配	√	下列情况之一时，检验一次： ①任何新选	√	连续进场的同一料源、同品种、同规格的细骨料每 400m ³ （或
2	含泥量	√		√	
3	泥块含量	√		√	
4	云母含量	√		√	

5	轻物质含量	√	货源： ②使用同厂家、同规格产品达6个月。 施工单位试验检验；监理单位平行检验	√	600t) 为一批，不足上述数量按一批计。 施工单位每批抽样试验一次；监理单位按施工单位抽检次数的10%进行平行检验，但不少于一次
6	有机物含量	√		√	
7	压碎指标值（机制砂）	√		√	
8	石粉含量	√		√	
9	吸水率	√			
10	坚固性	√			
11	硫化物及硫酸盐含量（以SO ₃ 计）	√			
12	氯化物含量（以Cl ⁻ 计）	√			
13	碱活性	√			

A.4 粗骨料

细骨料的检验要求

表 A.4

序号	检验项目	检验要求			
1	颗粒级配	√	下列情况之一时，检验一次： ①任何新选货源； ②连续使用同料源、同品种、同规格的粗骨料达1年。 施工单位试验检验；监理单位平行检验	√	连续进场的同料源、同品种、同规格的粗骨料每400m ³ （或600t）为一批，不足上述数量时也按一批计。 施工单位每批抽检一次；监理单位按施工单位抽检次数的10%进行平行检验，但不少于一次
2	压碎指标	√		√	
3	针片状颗粒总含量	√		√	
4	含泥量	√		√	
5	泥块含量	√		√	
6	岩石抗压强度（碎石）	√			
7	吸水率	√			
8	紧密空隙率	√		√	
9	坚固性	√			
10	硫化物及硫酸盐含量（以SO ₃ 计）	√			
11	氯化物含量（以Cl ⁻ 计）	√			
12	有机物含量（卵石）	√			
13	碱活性	√			

A.5 减水剂

减水剂的检验要求

表 A.5-1

检验项目		检验要求					
		质量证明文件检查		抽样试验检验			
高效减水剂	减水率	√	核查每一厂家提供的每一编号产品的质量证明文件。 施工单位、监理单位均全部检查	√	下列情况之一时，检验一次： ①任何新选料源； ②使用同厂家、同品种的产品达6个月及出厂日期达6个月的产品。 施工单位试验检验；监理单位平行检验	√	同厂家、同编号、同编号的产品每50t为一批，不足50t按一批计。 施工单位每批抽检一次；监理单位按施工单位抽检次数的10%进行平行检验，但至少一次
	含气量	√		√		√	
	含气量经时变化量	√		√		√	
	泌水率比	√		√		√	
	压力泌水率比（用于配制泵送混凝土时）	√		√		√	
	抗压强度比	√		√		√	
	坍落度1h经时变化量（用于配制泵送混凝土时）	√		√		√	
	凝结时间差	√		√		√	
	硫酸钠含量（按折固含量计）	√		√		√	
	氯离子含量（按折固含量计）	√		√		√	
	碱含量（按折固含量计）	√		√		√	
	收缩率比	√		√		√	
	均质性	√		√		√	
高性能减水剂	减水剂	√	核查每一厂家提供的每一编号产品的质量证明文件。 施工单位、监理单位均	√	下列情况之一时，检验一次： ①任何新选货源； ②使用同厂家、同品种的	√	同厂家、同品种、同编号的产品每50t为一批，不足50t按一批计。 施工单位每批抽检一次；
	含气量	√		√		√	
	含气量经时变化量	√		√		√	
	泌水率比	√		√		√	
	压力泌水率比（用于配制泵送混凝土时）	√		√		√	

抗压强度比	√	全部检查	√	产品达 6 个月及出厂日期达 6 个月的产品。施工单位试验检验；监理单位平行检验	√	监理单位按施工单位抽检次数的 10%进行平行检验，但至少一次。
坍落度 1h 经时变化量（用于配制泵送混凝土时）	√		√			
凝结时间差	√		√			
甲醛含量（按折固含量计）	√		√			
硫酸钠含量（按折固含量计）	√		√			
氯离子含量（按折固含量计）	√		√			
碱含量（按折固含量计）	√		√			
收缩率比	√		√			
匀质性	√					

注：现场抽检减水剂可采用对应工程所用的水泥进行试验。

减水剂的性能要求

表 A.5-2

序号	检验项目		技术要求		检验方法
1	含气量		≤3.0%	3.0%~6.0%	
	含气量经时变化量	1h	—	-1.5%~+1.5%	
2	减水率	高效减水剂	≥20%		
		高性能减水剂	≥25%		
3	泌水率比	高效减水剂	≤20%		
		高性能减水剂	≤20%		
4	压力泌水率比（用于泵送混凝土时）		≤90%		
5	硫酸钠含量（按折固含量计）	高效减水剂	≤10.0%		
		高性能减水剂	≤5.0%		
6	氯离子含量（按折固含量计）		≤0.6%		
7	碱离子含量（按折固含量计）		≤10%		

8	坍落度 1h 经时变化量 (用于泵送混凝土时)	高效减水剂		缓凝型≤60mm	
		高性能减水剂		标准型≤80mm 缓凝型≤60mm	
9	凝结时间差	高效减水剂	初凝	标准型-90min~+120min 缓凝型>+90min	
			终凝	标准型-90min~+120min	
		高性能减水剂	初凝	早强型 -90min~+90min 标准型 -90min~+120min 缓凝型>+90min	
			终凝	早强型 -90min~+90min 标准型-90min~+120min	
10	抗压强度比	高效减水剂	1d	标准型≥140%	
			3d	标准型≥130%	
			7d	标准型≥125% 缓凝型≥125%	
			28d	标准型≥120% 缓凝型≥120%	
		高性能减水剂	1d	早强型≥180% 标准型≥170%	
			3d	早强型≥170% 标准型≥160%	
			7d	早强型≥145% 标准型≥150% 缓凝型≥140%	
			28d	早强型≥130% 标准型≥140% 缓凝型≥140%	
11	收缩率比	高效减水剂		≤125%	
		高性能减水剂		≤110%	
12	均质性 (密度、pH 值、含固量)			满足 GB 8076	

引气剂的检验要求

表 A.5-3

检验项目		检验要求					
		质量证明文件检查		抽样试验检验			
引气剂	减水率	√	核查每一 供应商提供 的每一产品 的质量证明 文件。 施工单位、 监理单位均 全部检查	√	下列情况之 一时，检验一 次： ①任何新选 料源； ②使用同厂 家、同品种 产品达6个月 及出厂日期达 6个月的产品。 施工单位试 验检验；监理 单位平行检验	√	同厂家、同 编号、同编号 的产品每5t 为一批，不足 5t时也按一批 计。 施工单位 每批抽检一 次；监理单位 按施工单位 抽检次数的 10%进行平行 检验，但至少 一次
	含气量	√		√		√	
	泌水率比	√		√		√	
	1h含气量经时变化	√		√		√	
	抗压强度比	√		√		√	
	凝结时间差	√		√		√	
	收缩率比	√		√		√	
	相对耐久性指数 (200次)	√		√		√	
	28d硬化混凝土气 泡间距系数	√		√		√	
	氯离子含量(按折 固含量计)	√		√		√	
	碱离子含量(按折 固含量计)	√		√		√	

引气剂的性能要求

表 A.5-4

序号	检验项目	技术要求	检验方法
1	减水率	≥6%	
2	含气量	≥3.0%	
3	泌水率比	≤70%	
4	1h含气量经时变化量	-1.5%~+1.5%	
5	抗压强度比	3d ≥95%	

		7d	≥95%	
		28d	≥90%	
6	凝结时间差	终凝	-90min~+120min	
		初凝		
7	收缩率比		≤125%	
8	相对耐久性指数（200次）		≥80%	
9	28d 硬化混凝土气泡间距系数		≤300μm	
10	氯离子含量（按折固含量计）		*	
11	碱离子含量（按折固含量计）		*	

注：“*”氯离子含量值和碱含量值用于计算混凝土的总氯离子含量和总碱含量。

增黏剂的检验要求

表 A.5-5

检验项目		检验要求					
		质量证明文件检查		抽样试验检验			
增黏剂	氯离子含量	√	检查每一 供应商提供的 每种产品的 质量证明 文件。 施工单位、 监理单位均 全部检查	√	下列情况之 一时，检验一 次： ①任何新选 料源； ②使用同厂 家、同品种的 产品达6个月 及出厂日期达 6个月的产品。 施工单位试 验检验；监理 单位平行检验	同厂家、同 编号、同编号 的产品每5t 为一批，不足 5t时也按一批 计。 施工单位 每批抽检一 次；监理单位 按施工单位 抽检次数的 10%进行平行 检验，但至少 一次	
	碱含量	√		√			
	黏度比	√		√			√
	用水量敏感度	√		√			√
	扩展度之差	√		√			√
	常压泌水率比	√		√			√
	凝结时间差	√		√			
	抗压强度比	√		√			
	28d 收缩率比	√		√			
三氧化硫含量	√	√	√				

引气剂的性能要求

表 A.5-6

序号	检验项目		技术要求	检验方法
1	氯离子含量		≤0.6%	
2	碱含量		≤1.0%	
3	黏度比		≥150%	
4	用水量敏感度		≥12kg/m ³	
5	扩展度之差		≤50mm	
6	常压泌水率比		≤50%	
7	凝结时间差	初凝	-90min~+120min	
		终凝		
8	抗压强度比	3d	≥90%	
		28d	≥100%	
9	28d 收缩率比		≤100%	
10	三氧化硫含量		*	

注：“*”三氧化硫含量值用于计算混凝土的总三氧化硫含量。

膨胀剂的检验要求

表 A.5-7

检验项目	检验要求						
	质量证明文件检查		抽样试验检验				
膨胀剂	细度	√	检查每一供应商提供的每种产品的质量证明文件。 施工单位、监理单位均全部检查	√	下列情况之一时，检验一次： ①任何新选料源； ②使用同厂家、同品种的产品达6个月及出厂日期达6个月的产品。 施工单位试验检验；监理单位平行检验	√	同厂家、同编号、同编号的产品每100t为一批，不足100t时也按一批计。 施工单位每批抽检一次；监理单位按施工单位抽检次数的20%进行平行检验，但至少一次
	凝结时间	√		√		√	
	限制膨胀率	√		√		√	
	抗压强度	√		√		√	
	氧化镁含量	√		√		√	
	碱含量	√	√	√	√		

膨胀剂的性能

表 A.5-8

序号	检验项目		技术要求		检验方法
			I型	II型	
1	细度	比表面积	$\geq 200\text{m}^2/\text{kg}$		
		1.18mm 筛筛余	$\leq 0.5\%$		
2	凝结时间	初凝	$\geq 45\text{min}$		
		终凝	$\leq 600\text{min}$		
3	限制膨胀率	水中 7d	$\geq 0.035\%$	$\geq 0.050\%$	
		空气中 28d	$\geq -0.015\%$	$\geq -0.010\%$	
4	抗压强度	7d	$\geq 22.5\text{MPa}$		
		28d	$\geq 42.5\text{MPa}$		
5	氧化镁含量		$\leq 5\%$		
6	碱含量		$\leq 0.75\%$		

A.6 拌和用水

拌和用水的检验要求

表 A.6-1

序号	检验项目	检验要求			
1	pH 值	√	下列情况之一时，检验一次： ①新水源； ②同一水源的水使用达到一年。 施工单位试验检验；监理单位见证检验	√	用一水源的涨水季节检验一次。 施工单位试验检验；监理单位按施工单位抽检次数的 10% 进行见证检验，但至少一次
2	不溶物含量	√		√	
3	可溶物含量	√		√	
4	氯化物含量	√		√	
5	硫酸盐含量	√		√	
6	碱含量	√		√	
7	抗压强度比（28d）	√			
8	凝结时间差	√			

拌和用水的性能

表 A.6-2

序号	检验项目	技术要求			检验方法
		预应力混凝土	钢筋混凝土	素混凝土	
1	pH 值	>6.5	>6.5	>6.5	
2	不溶物含量	<2000mg/L	<2000mg/L	<5000mg/L	
3	可溶物含量	<2000mg/L	<5000mg/L	<10000mg/L	
4	氯化物含量（以 Cl ⁻ 计）	<500mg/L <350mg/L （用钢丝 或热处理的 钢筋）	<1000mg/L	<3500mg/L	
		<200mg/L（混凝土处于氯盐环境下）			
5	硫酸盐含量（以 SO ₄ ²⁻ 计）	<600mg/L	<2000mg/L	<2700mg/L	
6	碱含量	<1500mg/L	<1500mg/L	<1500mg/L	
7	抗压强度比（28d）	≥90%			按 JGJ 63 检 验
8	凝结时间差	≤30min			

附录 B 松香引气剂溶液的配制及使用方法

B.1 配制方法

B.1.1 用松香热聚物配制引气剂溶液时，松香热聚物、氢氧化钠、水的质量比为 1:0.2:30。

B.1.2 引气剂溶液的配制应满足下列要求：

- (1) 量取 2/3 的总用水量并加热至 70℃以上；
- (2) 将全部氢氧化钠搅拌溶于热水中，形成氢氧化钠溶液；
- (3) 将全部松香热聚物捣碎后搅拌溶于氢氧化钠溶液，并加入剩余 1/3 的总用水量，稀释成质量浓度为 3.2% 的引气剂溶液。

B.2 使用方法

B.2.1 引气剂的掺量应通过试验确定，并符合第 3.0.8 条的规定。

B.2.2 混凝土拌合物拌制完成后应立即测定其含气量，检验引气剂掺量是否合理。

B.3 注意事项

B.3.1 引气剂溶液应在使用前 24h 配制，不得有沉淀物。

B.3.2 引气剂需与氯化钙联合使用时应分别掺入拌和水中，并分别加入搅拌机。

B.3.3 引气剂溶液不宜用铁容器盛装。引气剂固形物的贮存和运输应避免潮湿或日晒。

B.3.4 引气混凝土的搅拌时间应较普通混凝土搅拌时间延长（30~60）s。

附录 C 作用在模板及支架上的荷载标准值

C.0.1 模板及支架自重 (G_1) 的标准值应根据模板施工图确定。

C.0.2 新浇筑混凝土自重 (G_2) 的标准值宜根据混凝土实际重力密度 γ_c 确定, 素混凝土 γ_c 可取 (23.0~24.0) kN/m^3 , 钢筋混凝土 γ_c 可取 (24.0~25.0) kN/m^3 , 预应力混凝土 γ_c 可取 (25.0~26.0) kN/m^3 。

C.0.3 采用插入式振动器且浇筑速度不大于 10m/h、混凝土坍落度不大于 180mm 时, 新浇混凝土对模板的侧压力 (G_4) 的标准值, 可按下列公式分别计算, 并应取较小值:

$$F = 0.28\gamma_c t_0 \beta V^{1/2} \quad (\text{C.0.3-1})$$

$$F = \gamma_c H \quad (\text{C.0.3-2})$$

当浇筑速度大 10m/h, 或混凝土坍落度大于 180mm 时, 侧压力 (G_4) 的标准值可按公式 (C.0.3-2) 计算。

式中: F — 新浇筑混凝土作用于模板的最大侧压力标准值 (kN/m^2);

γ_c — 混凝土的重力密度 (kN/m^3);

t_0 — 新浇混凝土的初凝时间 (h), 可按实测确定; 当缺乏试验资料时可采用 $t_0 = 200 / (T + 15)$ 计算, T 为混凝土的温度 ($^{\circ}\text{C}$);

β — 混凝土坍落度影响修正系数: 坍落度大于 50mm 且不大于 90mm 时, β 取 0.85; 坍落度大于 90mm 且不大于 130mm 时, β 取 0.9; 坍落度大于 130mm 且不大于 180mm 时, β 取 1.0;

V — 浇筑速度, 取混凝土浇筑高度 (厚度) 与浇筑时间的比值 (m/h);

H — 混凝土侧压力计算位置处至新浇筑混凝土顶面的总高度 (m)。

混凝土侧压力的计算分布如图 C.0.3 所示, $h = F / \gamma_c$ 。

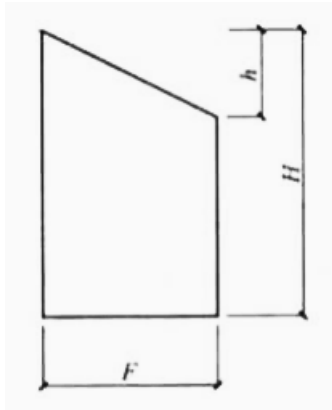


图 C.0.3 混凝土侧压力分布

h — 有效压头； H — 模板内混凝土总高度； F — 最大侧压力

C.0.4 施工人员及施工设备产生的荷载 (Q_1) 的标准值，可按实际情况计算，且不应小于 2.5kN/m^2 。

C.0.5 混凝土下料产生的水平荷载 (Q_2) 的标准值可按表 C.0.5 采用，其作用范围可取为新浇筑混凝土测压力的有效压头高度 h 之内。

拌和用水的性能

表 C.0.5

下料方式	水平荷载 (kN/m^2)
溜槽、串筒、导管或泵管下料	2
吊车配备斗容器下料或小车直接倾倒	4

C.0.6 泵送混凝土不均匀堆载等因素产生的附加水平荷载 (Q_3) 的标准值，可取计算工况下竖向永久荷载标准值的 2%，并应作用在模板支架上端水平方向。

C.0.7 风荷载 (Q_4)、冰荷载 (Q_5)、水流力 (Q_6) 的标准值，可按现行行业标准《港口工程荷载规范》JTS 144-1 的有关规定确定。

C.0.8 波浪力 (Q_7) 的标准值，可按现行行业标准《港口与航道水文规范》JTS 145 的有关规定确定。

附录 D 纵向受拉钢筋的最小搭接长度

D.0.1 当纵向受拉钢筋的绑扎搭接接头面积百分率不大于 25%时，其最小搭接程度应符合表 D.0.1 的规定。

纵向受拉钢筋的最小搭接长度 表 C.0.1

钢筋类型		混凝土强度等级								
		C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C55	≥C60
光圆钢筋	300 级	48 <i>d</i>	41 <i>d</i>	37 <i>d</i>	34 <i>d</i>	31 <i>d</i>	29 <i>d</i>	28 <i>d</i>	—	—
带肋钢筋	400 级	—	48 <i>d</i>	43 <i>d</i>	39 <i>d</i>	36 <i>d</i>	34 <i>d</i>	33 <i>d</i>	31 <i>d</i>	30 <i>d</i>
	500 级	—	58 <i>d</i>	52 <i>d</i>	47 <i>d</i>	43 <i>d</i>	41 <i>d</i>	39 <i>d</i>	38 <i>d</i>	36 <i>d</i>

注：*d* 为搭接钢筋直径。两根直径不同钢筋的搭接长度，以较细钢筋的直径计算。

D.0.2 当纵向受拉钢筋搭接接头面积百分率为 50%时，其最小搭接长度应按表 D.0.1 中的数值乘以系数 1.15 取用；当接头面积百分率为 100%时，应按表 D.0.1 中的数值乘以系数 1.35 取用；当接头面积百分率为 25%~100%的其他中间值时，修正系数可按内插取值。

D.0.3 纵向受拉钢筋的最小搭接长度根据第 D.0.1 条和第 D.0.1 条确定后，可按下列规定进行修正。

(1) 直径大于 25mm 的带肋钢筋，其最小搭接长度应按相应数值乘以系数 1.1 取用；

(2) 环氧树脂涂层的带肋钢筋，其最小搭接长度应按相应数值乘以系数 1.25 取用；

(3) 当施工过程中受力钢筋易受扰动时，其最小搭接长度应按相应数值乘以系数 1.1 取用；

(4) 末端采用弯钩或机械锚固措施的带肋钢筋，其最小搭接长度可按相应数值乘以系数 0.6 取用；

(5) 当带肋钢筋的混凝土保护层厚度为搭接钢筋直径的 3 倍，且配有箍筋时，其最小搭接长度可按相应数值乘以系数 0.8 取用；当带肋钢筋的混凝土保护层厚度为搭接钢筋直径的 5 倍，且配有箍筋时，其最小搭接长度可按相应数值乘以系数 0.7 取用；当带肋钢筋的混凝土保护层厚度大于搭接钢筋直径 3 倍且小于 5 倍，且配有箍筋时，修正系数可按内插取值；

(6) 有抗震要求的受拉钢筋的最小搭接长度，一、二级抗震等级应按相应数值乘以系数 1.15 采用；三级抗震等级应按相应数值乘以系数 1.05 采用。

注：本条中第（4）款和第（5）款情况同时存在时，可仅选其中之一执行。

附录 E 特殊天气施工

E.1 雨天施工

E.1.1 雨天施工应符合下列规定。

(1) 骨料堆场应有排水和防止污水浸染的设施，必要时应加盖防雨棚。水泥和矿物掺合料应采取防水、防潮措施。

(2) 混凝土搅拌、运输设备和浇筑作业面应采取防雨措施，并应加强施工机械检查维修及接地接零检测工作。

(3) 适当增加骨料含水率的测定次数，并根据其含水率的变化及时调整骨料和拌和用水量。

E.1.2 小雨、中雨不宜进行混凝土露天浇筑，且不应进行大面积混凝土露天浇筑

作业，并应采取下列措施：

- (1) 加快混凝土浇筑速度，加强振捣；
- (2) 采取措施防止模板内和混凝土浇筑分层面积水；
- (3) 混凝土浇筑完毕后，应及时采取防雨措施。

E.1.3 雨天进行断面较小的薄壁构件的混凝土浇筑时，应按照第 E.1.2 条执行。

E.1.4 大雨、暴雨天气不应进行混凝土露天浇筑。

E.1.5 台风来临前，应对尚未浇筑混凝土的模板及支架采取临时加固措施；台风结束后，应检查模板及支架，已验收合格的模板及支架应重新办理验收手续。

E.2 高温施工

E.2.1 高温施工应符合下列规定。

(1) 露天堆放的混凝土原材料应采取遮阳防晒措施。必要时，对粗骨料进行喷雾降温。

(2) 可根据环境温度、湿度、风力及温控措施，调整混凝土配合比。

(3) 适当掺入缓凝型外加剂。

(4) 混凝土搅拌、运输设备和浇筑作业面应采取遮阳防晒措施，并应对模板、

钢筋和施工机具进行洒水降温，但浇筑时模板内不得积水。

E.2.2 混凝土拌合物入模温度不应低于 5℃，且不应高于 35℃。

E.2.3 混凝土浇筑宜在早、晚间进行。

E.2.4 混凝土浇筑完毕后，应及时保湿养护。

E.3 冬期施工

E.3.1 冬期施工的混凝土工程，应编制冬期施工专项方案。

E.3.2 宜选用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥。使用其它品种水泥时，强度等级不应低于 42.5，并应考虑掺合料对混凝土抗冻、抗渗等性能的影响。

E.3.3 骨料不得含有冰、雪等冻结物及易冻裂物质。

E.3.4 冬期施工混凝土用外加剂，应符合现行国家标准《混凝土外加剂应用技术规范》（GB 50119）的有关规定。

E.3.5 冬期施工的混凝土，应掺入无氯盐防冻剂或早强剂。有抗冻要求的混凝土，宜掺入引气剂、引气型减水剂或含有引气组分的外加剂，且不得采用加热养护法，含气量应符合表 3.0.8 的规定。

E.3.6 经混凝土热工计算和施工验证，应保证冬期施工混凝土拌合物的入模温度不低于 5℃。当不符合要求时，应采取调整配合比、预热原材料及拌制、运输、输送过程中的保温或加热等措施。

E.3.7 混凝土原材料的预热宜按现行行业标准《建筑工程冬期施工规范》（JGJ/T 104）的有关规定进行。

E.3.8 混凝土加热养护法宜采用蓄热法、蒸汽养护法、电加热法、暖棚法等，宜按现行行业标准《建筑工程冬期施工规范》（JGJ/T 104）的有关规定进行。

E.3.9 混凝土受冻临界强度，不应低于设计强度标准值的 50%，有抗冻要求时不宜小于设计强度标准值的 70%，且不低于 10MPa。

E.3.10 模板拆除应符合下列规定。

- (1) 混凝土强度达到受冻临界强度；
- (2) 混凝土表面温度不高于 5℃；
- (3) 面板、桩等细薄构件，宜推迟拆模；
- (4) 当混凝土表面温度与环境温度之差大于 20℃时，拆模后应立即对混凝土

表面进行保温覆盖。

E.3.11 混凝土冬期施工期间，应对混凝土原材料温度、拌合物出机和入模温度、浇筑温度、养护期间混凝土温度和环境温度进行测量，测量频次应符合下列规定。

(1) 原材料温度、拌合物出机和入模温度、浇筑温度，每一工作班应至少测量 4 次。

(2) 蓄热法养护时，每昼夜应为 4 次，在达到受冻临界强度之前应每隔 4h~6h 测量一次；电加热法养护时，升温 and 降温阶段应每隔 1h 测量一次，恒温阶段每隔 2h 测量一次。

(3) 环境温度，每一工作班应至少测量 4 次。

(4) 混凝土强度达到受冻临界强度后，可停止测温。

(5) 大体积混凝土的施工温度测量尚应符合现行行业标准《水运工程大体积混凝土温度裂缝控制技术规程》(JTS 202-1) 的有关规定。

E.3.12 养护期间混凝土温度测量测控设置应符合下列规定。

(1) 测温孔应编号，并应绘制测温孔布置图，现场应设置明显标识。

(2) 测温时，测温元件应采取措施与外界气温隔离；测温元件测量位置应处于结构表面下 20mm 处，留置在测温孔内的时间不应少于 3min；

(3) 采用非加热法养护时，测温孔应设置在易于散热的部位；采用加热法养护时，应分别设置在离热源不同的位置。

E.3.13 混凝土强度检验评定时，应采用 28d 或设计规定龄期的标准养护试件。混凝土强度试件的留置，除应符合第 11 章的有关规定外，尚应增加不少于 2 组的同条件养护试件。同条件试件应在解冻后试验。

E.3.14 无掩护且有冰凌的水上混凝土施工不宜在冬期进行。

附录 F 自密实混凝土拌和物性能试验方法

F.1 坍落扩展度、 T_{500} 流动时间试验方法

F.1.1 仪器设备应满足下列要求：

(1) 混凝土坍落度筒，符合现行行业标准《混凝土坍落度仪》（JG3021）的有关规定；

(2) 底板应为硬质不吸水的光滑正方形平板，边长为 1000mm，最大挠度不超过 3mm，在平板表面标出坍落度筒的中心位置和直径分别为 500mm、600mm、700mm、800mm、900mm 的同心圆，具体见图 F.1.1。

(3) 铲子、抹刀、精度 1mm 的钢尺、秒表。

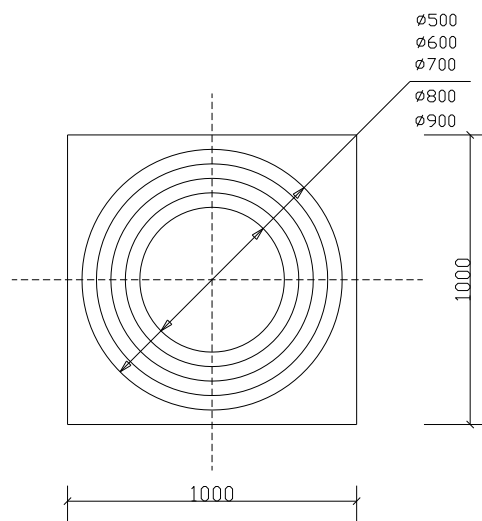


图 F.1.1 坍落扩展度测试底板 (mm)

F.1.2 试验步骤应满足下列要求：

(1) 润湿底板和坍落度筒，在坍落度筒内壁和底板上无明水；底板应放置在坚实的水平面上，并把筒放在底板中心，然后用脚踩住两侧脚踏板，坍落度筒在装料时保持在固定的位置。

(2) 用铲子将混凝土加入到坍落度筒中，每次加入量为坍落度筒体积的 1/3，中间间隔 30s，不振捣，加满后用抹刀抹平，将底盘坍落度筒周围多余的混凝土清除；

(3) 垂直平稳地提起坍落度筒，使混凝土自由流出；坍落度筒的提离过程应在 5s 内完成；从开始装料到提离坍落度筒的整个过程不间断地进行，并应在 150s 内完成。

F.1.3 试验记录应满足下列要求:

- (1) 从提离坍落度筒开始, 记录混凝土到达 500mm 圆圈所需要的时间 T_{500} ;
- (2) 测量混凝土最终的扩展直径, 在相互垂直的两个方向上测量, 并计算两个所测直径的平均值;
- (3) 观察最终坍落后的混凝土的状况, 如发现粗骨料在中央堆积或最终扩展后的混凝土边缘有较多水泥浆析出, 记录此混凝土拌合物抗离析性不好。

F.2 L 型仪试验方法

F.2.1 仪器设备应满足下列要求:

- (1) L 型仪用硬质不吸水材料制成, 由前槽 (竖向) 和后槽 (水平) 组成, 具体外形尺寸见图 G.2.1。前槽和后槽之间有一活动门隔开, 活动门前设一垂直钢筋栅, 钢筋栅由 3 根 (或 2 根) 长为 150mm 的 $\phi 12$ 光圆钢筋组成, 钢筋净间距为 40mm 或 60mm;
- (2) 铲刀、抹刀、秒表。

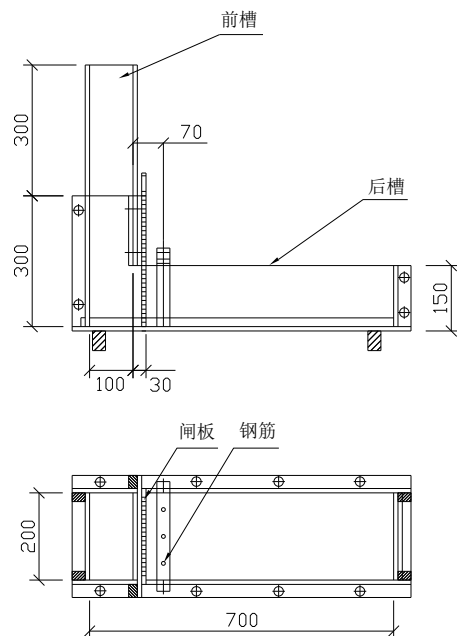


图 F.2.1 L 型仪结构图 (mm)

F.2.2 试验步骤应满足下列要求:

- (1) 将仪器水平放在地面上, 保证活动门可以自由地开关;
- (2) 润湿仪器内表面, 清除多余的水;
- (3) 用混凝土将仪器前槽填满;

(4) 静置 1min 后, 迅速提起活动门使混凝土拌合物流进水平部分, 见图 G.2.2。

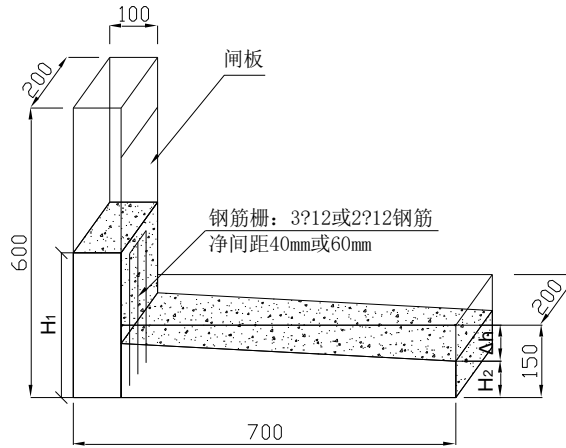


图 F.2.2 L 型仪试验示意图 (mm)

F.2.3 试验应在混凝土拌合物停止流动时, 测量并记录 H_1 、 H_2 。

F.2.4 整个试验在 5min 内完成。

F.3 U 型仪试验方法

F.3.1 仪器设备应满足下列要求:

(1) U 型仪为由硬质透明不吸水材料制成的槽子, 具体尺寸见图 G.3.1; 槽子中央有一隔板, 将槽子分成等容积的前槽和后槽, 隔板下开一间隙, 间隙尺寸为 60mm, 隔板处设有闸板, 抽出闸板可使前槽和后槽相连通; 在 U 型仪中央隔板 (后槽一侧) 设置垂直钢筋栅, 钢筋栅由直径为 12mm 的光圆钢筋组成, 钢筋净间距为 40mm 或 60mm;

(2) 铲刀、抹刀、秒表。

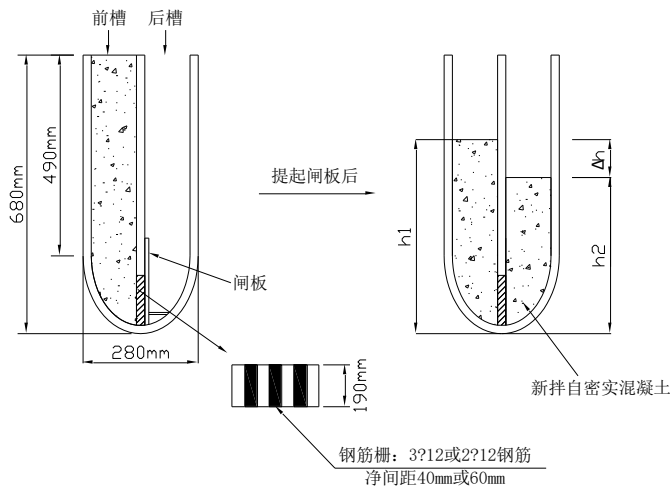


图 F.3.1 U 型仪结构图 (mm)

F.3.2 试验步骤应满足下列要求：

- (1) 将仪器水平放在地面上，保证活动门可以自由地开关；
- (2) 润湿仪器内表面，清除多余的水；
- (3) 用混凝土将仪器前槽部分填满；
- (4) 静置 1min，提起闸板使混凝土流进后槽。

F.3.3 试验记录应满足下列要求：

- (1) 当混凝土停止流动时，测量前后槽混凝土高度 h_1 、 h_2 ；
- (2) 计算： $\Delta h = h_1 - h_2$ ，得填充高度差。

F.3.4 整个试验应在 5min 内完成。

F.4 拌合物稳定性跳桌试验方法

F.4.1 仪器设备应满足下列要求：

- (1) 拌合物稳定性检测筒由硬质、光滑、平整的金属板制成，其内径为 115mm，外径为 135mm，分 3 节，每节高度均为 100mm，并用活动扣件固定，见图 G4.1。
- (2) 振幅为 (25 ± 2) mm 的跳桌。
- (3) 抹刀、5mm 筛子、台秤、天平、海绵、料斗。

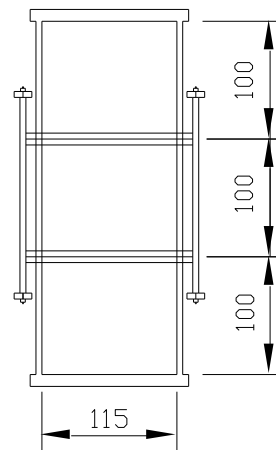


图 F.4.1 稳定性检测筒立面图（单位：mm）

F.4.2 试验步骤应满足下列要求：

- (1) 将混凝土拌合物用料斗装入稳定性检测筒内，平至料斗口，垂直移走料斗，静置 1min，用抹刀将多余的拌合物除去并抹平，要轻抹，不允许压抹；
- (2) 将稳定性检测筒放置在跳桌上，每秒钟转动一次摇柄，使跳桌跳动 25 次。

(3) 分节拆除稳定性检测筒，并将每节筒内拌合物装入孔径为 5mm 的圆孔筛子中，用清水冲洗拌合物，筛除浆体和细骨料，将剩余的粗骨料用海绵拭干表面的水分，用天平称其质量，精确到 1g，分别得到上、中、下三段拌合物中粗骨料的湿重： m_1 、 m_2 、 m_3 。

F.4.3 粗骨料振动离析率按下式计算：

$$f_m = (m_3 - m_1) / \bar{m} \times 100\%$$

式中： f_m —粗骨料振动离析率（%）；

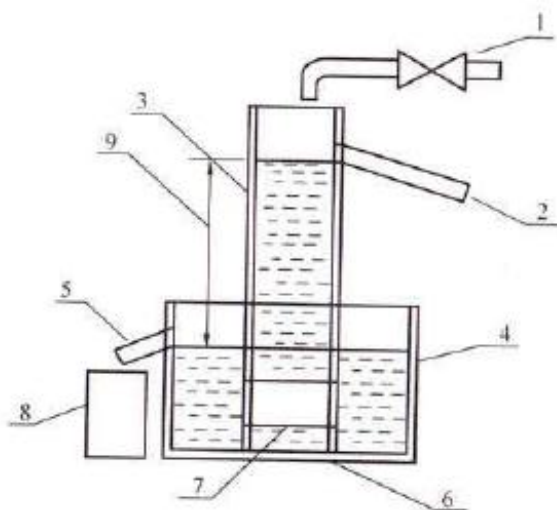
m_3 —下段混凝土拌合物中湿骨料的质量（g）；

m_1 —上段混凝土拌合物中湿骨料的质量（g）；

\bar{m} —三段混凝土拌合物中湿骨料质量的平均值（g）。

附录 G 透水系数试验

G.1.1 透水水泥混凝土透水系数的试验装置宜按图 G.1.1 设置。



G.1.1 透水系数试验装置示意图

1-供水系数；2-圆筒的溢流口；3-水圆筒；4-溢流水槽；5 水槽的溢流口；6-支架；7-试样；8-量筒；9-水位差

G.1.2 试验设备与装置应符合下列要求：

- (1) 水圆筒：没有溢流口并能保持一定水位的圆筒；
- (2) 溢流水槽：设有溢流口并能保持一定水位的水槽；
- (3) 抽真空装置应能装下试样，并应保持 90kPa 以上的真空度。

G.1.3 测量器具应符合下列要求：

- (1) 量具：分度值为 1mm 的钢直尺及类似量具；
- (2) 秒表：精度为 1s；
- (3) 量筒：容量为 2L，最小刻度为 1mL；
- (4) 温度计：最小刻度为 0.5℃。

G.1.4 试验用水应使用无气水，可采用新制备的蒸馏水进行排气处理，实验室水温宜为 $(20 \pm 3) ^\circ\text{C}$ 。

G.1.5 应分别在样品上制取三个直径为 100mm、高度 50mm 的圆柱作为试样。

G.1.6 试验宜按下列步骤进行：

(1) 用钢直尺测量圆柱试样的直径 (D) 和厚度 (L)，分别测量两次，取平均值，精确值 1mm，计算试样的上表面面积 (A)。

(2) 将试样的四周用密封材料或其他方式密封好,使其不漏水,水仅从试样的上下表面进行渗透。

(3) 待密封材料固化后,将试样放入真空装置,抽真空至 (90 ± 1) kPa,并保持 30min,在保证真空的同时,加入足够的水将试样覆盖并使水位高出试样 100mm,停止抽真空,浸泡 20min,将其取出,装入透水系数试验装置,将试样与透水圆筒连接密封好。放入溢流水槽,打开供水阀门,使无气水进入容器中,等溢流水槽的溢流孔有水流出时,调整进水量,使透水圆筒保持一定的水位(约 150mm),待溢流水槽的溢流口和透水圆筒的溢流口的流水量稳定后,用量筒从出水口接水,记录 5min 流出的水量(Q),测量 3 次,取平均值。

(4) 用钢直尺测量透水圆筒的水位与溢流水槽水位之差(H),精确至 1mm。用温度计测量试验中溢流水槽中水的温度(T),精确至 0.5°C。

G.1.7 透水系数应按下式计算:

$$k_T = \frac{QL}{AHt} \quad (\text{G.1.7})$$

式中 k_T ——水温为 T°C 时试样的透水系数 (mm / s);

Q ——时间 t 秒内渗出的水量 (mm³);

L ——试样的厚度 (mm);

A ——试样的上表面积 (mm²);

H ——水位差 (mm);

t ——时间 (s)。

试验结果以三块试样的平均值表示,计算精确至 1.0×10^{-2} mm / s。

G.1.8 本试样以 15°C 水温为标准温度,标准温度下的透水系数应按下式计算:

$$k_T = k_{15} \frac{\eta_T}{\eta_{15}} \quad (\text{G.1.8})$$

式中 k_{15} ——标准温度时试样的透水系数 (mm / s);

η_T ——T°C 时水的动力黏滞系数 (kPa·s);

η_{15} ——15°C 时水的动力黏滞系数 (kPa·s);

η_T / η_{15} ——水的动力黏滞系数比。

附录 H 本规范用词说明

H.0.1 为便于执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

(1) 表示很严格，非这样作不可的：

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) 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”；

反面词采用“不宜”。

H.0.2 条文中指定应按其他有关标准、规范执行时，写法为“应符合……的有关规定”或“应按……执行”。

附加说明 本规范主编单位、参加单位、主要起草人、主要 审查人、总校人员和管理组人员名单

主编单位：中交天津港湾工程研究院有限公司

参加单位：中交第一航务工程局有限公司

中交武汉港湾工程设计研究院有限公司

中交上海港湾工程设计研究院有限公司

中交第四航务工程局有限公司

中交四航工程研究院有限公司

天津市交通运输综合行政执法总队

天津港湾工程质量检测中心有限公司

主要起草人：米胜东（中交天津港湾工程研究院有限公司）

李 沛（中交天津港湾工程研究院有限公司）

李 杰（天津港湾工程质量检测中心有限公司）

（以下按姓氏笔画为序）

王伟广（天津市交通运输综合行政执法总队）

王成启（中交上海港湾工程设计研究院有限公司）

王定武（中交第四航务工程局有限公司）

叶国良（中交第一航务工程局有限公司）

苏忠纯（天津港湾工程质量检测中心有限公司）

李俊毅（中交天津港湾工程研究院有限公司）

杨建军（天津港湾工程质量检测中心有限公司）

周晓朋（天津港湾工程质量检测中心有限公司）

秦明强（中交武汉港湾工程设计研究院有限公司）

梁 萌（中交第一航务工程局有限公司）

曹忠露（中交天津港湾工程研究院有限公司）

熊建波（中交四航工程研究院有限公司）

主要审查人：

总校人员：

管理组人员：米胜东（中交天津港湾工程研究院有限公司）

李 沛（中交天津港湾工程研究院有限公司）

李俊毅（中交天津港湾工程研究院有限公司）

中华人民共和国行业标准

水运工程混凝土施工规范

JTS 202-202X

条文说明

目 次

3	基本规定	135
4	原材料	137
4.2	细骨料	137
4.5	外加剂	138
5	配合比设计	139
5.1	一般规定	139
5.2	有特殊要求的混凝土配合比设计	140
6	模板工程	145
6.1	一般规定	145
6.2	材料	145
6.3	设计	146
6.4	制作与安装	146
6.6	特种模板	146
7	钢筋工程	148
7.1	一般规定	148
7.2	材料	148
7.3	加工	148
7.4	连接	148
7.5	装设	148
8	混凝土工程	149
8.1	拌制	149
8.2	运输与输送	149
8.3	浇筑与振捣	149
8.4	养护	150
8.5	特殊天气施工	150

8.6 大体积混凝土防裂措施	151
10 特殊混凝土施工	152
10.2 水下浇筑混凝土	152
10.3 自密实混凝土	154
10.5 真空吸水混凝土	155
10.6 水下预填骨料升浆混凝土	155
10.7 补偿收缩混凝土	156
10.8 纤维混凝土施工	156
10.9 特细砂混凝土施工	157
11 混凝土质量控制与检查	158
11.4 质量问题处理	158

3 基本规定

3.0.3 表中的普通混凝土，是相对于引气混凝土而言，对于强度等级大于等于 C60 的引气混凝土掺加活性矿物掺合料并用引气剂和高性能减水剂已可制备，且工程中也需，因此增加 C60 一个等级。

3.0.5 原规范中坍落度选用值，施工单位普遍反映偏小，不利于施工，影响施工质量，因此进行了调整。

3.0.7 本条在表 3.0.7 增加注②是根据近几年工程实例调查，特别是 1988 年对北方重力式海工混凝土建筑物的调查结果发现：防波堤等混凝土建筑物普遍较顺岸码头混凝土建筑物受冻破坏要严重，为了确保《港口工程结构可靠性设计统一标准》(GB 50158-2010)中规定的港口工程混凝土结构的设计基准期 50 年，因此对防波堤这类建筑物的抗冻等级比表中规定的同一地区的抗冻等级高一级，而对开敞式码头结构混凝土的抗冻性因目前还未能积累资料，暂按防波堤结构混凝土对待，有待今后在继续工作的基础上进一步研究确认。

另考虑到北方地区码头的混凝土面层因浪溅积水等原因也会发生冻融破坏，但比临水面混凝土轻微，因此无必要按同一地区选抗冻等级，可适当低 2~3 级。

3.0.9 抗氯离子渗透性的限值引入《水运工程结构耐久性设计标准》(JTS 153-2015)中氯离子扩散系数的相关规定。

3.0.10 明确定义总氯离子含量为混凝土拌合物中各种原材料的氯离子含量之和与胶凝材料质量的百分比。

3.0.15 施工环境保护计划一般包括环境因素分析、控制原则、控制措施、组织机构与运行管理、应急准备和响应、检查和纠正措施、文件管理、施工用地保护和生态复原等内容。环境因素控制措施一般包括对扬尘、噪声与振动、光、气、水污染的控制措施，建筑垃圾的减量计划和处理措施，地下各种设施以及文物保护措施等。

对施工环境保护计划的执行情况和实施效果可由现场施工项目部进行自评估，以利于总结经验教训，并进一步改进完善。

3.0.16 对施工过程中产生的建筑垃圾进行分类，区分可循环使用和不可循环使用的材料，可促进资源节约和循环利用。对建筑垃圾进行数量或重量统计，可进

一步掌握废弃物产生来源，为制定建筑垃圾减量化和循环利用方案提供基础数据。

4 原材料

本次修订增加了混凝土原材料检验的要求和方法。

4.2 细骨料

4.2.2 ~4.2.3 本条参照《高性能混凝土用骨料》(JG/T 568-2019)制定。石粉指机制砂中小于 0.075mm 的颗粒,绝大部分是母岩被破碎的细粒,与天然砂中的含泥量不同。石粉含量高一方面使砂的比表面积增大,增加用水量;另一方面石粉细小的球形颗粒产生的滚珠作用又会改善混凝土的和易性。关于机制砂石粉含量的规定,不同国家的规定差异较大,见表 4.2 所示。

不同国家和地区机制砂石粉含量的最高限值 **表 4.2**

国家	标准名称及标准号	石粉最大粒径 (μm)	石粉限值 (%)
美国	《Standard Specification for fine aggregate》(ASTM C33-1999)	75	5~7
日本	《混凝土碎石和机制砂》(JIS A5005-2009)	75	9
澳大利亚	《Aggregates and rock for engineering purposes, Part 1: Concrete aggregates》(AS 2758.1-1998)	75	25
印度	-	75	15~20
英国	《Specification for aggregates from natural sources for concrete》(BS 882-1992)	63	8~15
欧洲	《Aggregate for concrete》(BS EN 12620-2013)	63	12~18
中国	《建设用砂》(GB/T 14684-2011)	75	10
	《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》(JGJ 52-2006)	75	5~10
	《公路工程水泥混凝土用机制砂》(JT/T 819-2011)	75	3~10
	《水运工程混凝土质量控制标准》(JTS 202-2-2011)	75	5~10
	《贵州省地方标准:山砂混凝土技术规范》(DB 24/016-2010)	75	7~15
	《重庆市工程建设标准:混凝土用机制砂质量标准及控制方法》(DBJ 50/T-150-2012)	75	7~15
	《广东省标准:预拌混凝土用机制砂应用技术规范》(DBJ/T 15-119-2016)	75	10~14

相关规范中机制砂的石粉含量一般跟亚甲蓝值的检测结果挂钩,亚甲蓝值越

小，石粉含量的控制值越高。研究表明，机制砂亚甲蓝值较小的情况下，机制砂中石粉中泥土的含量较低，石粉对混凝土性能影响较小。

在以往规范中，采用亚甲蓝值进行控制，当亚甲蓝检测结果大于 1.4 时，按规范一般要求石粉含量需要控制在较低水平，当石粉含量控制在较低水平时，重新检测机制砂亚甲蓝，往往会出现检测结果又小于 1.4，因此按规范有可以放宽石粉含量的限值要求，从而导致实际工程中进入死循环而无法操作。本规范将机制砂中的石粉单独筛出来，进行石粉亚甲蓝试验，根据石粉亚甲蓝检测结果，确定机制砂的石粉含量的控制指标，规避了石粉含量波动导致亚甲蓝检测结果改变的问题，具有较好的可操作性。

4.5 外加剂

4.5.6 选用外加剂时，除考虑混凝土强度、耐久性外还要考虑外加剂与水泥的相容性，因为两者之间的相容性是影响混凝土工作度的重要因素，相容性好才能配制出性能优异、施工方便的混凝土，一般通过调整外加剂的配方来适应水泥，提高二者的相容性。

掺减水剂是制备高性能混凝土的关键技术之一。掺加减水剂的作用，一是减少用水量来提高混凝土的耐久性，二是调整混凝土的工作性能以满足现场施工需要。因此，减水剂的性能品质与工程原材料相适应是成功配制高性能混凝土的基本条件。为了能够制备出满足设计要求的混凝土，现场所用减水剂必须根据现场水泥、掺合料、骨料等进行调整。本次修订，注重了减水剂与工程原材料的适应性及减水剂自身性能的稳定性。

5 配合比设计

5.1 一般规定

5.1.3 混凝土配制强度对生产施工的混凝土强度应具有充分的保证率。对于强度等级小于 C60 的混凝土，实践证明式 (5.1.3-1) 是合理的，本次修订时仍然沿用；对于强度等级不小于 C60 的混凝土，式 (5.1.3-1) 已不能满足要求，本次修订采用式 (5.1.3-2)，此公式早已经在公路桥涵、建筑、铁路等实际工程中得到检验，并在其相应的施工技术规范中体现。

5.1.4 式 (5.1.4) 中的混凝土强度标准值是反映施工工地实际管理水平的强度标准值，一般根据本工地前期大样本（n 大于等于 30 组）资料统计而得。

本次修订时，根据实际生产技术水平和大量调研，适当提高表 5.1.4 的强度标准差取值。虽与目前实际控制水平的标准差比较偏于安全，但与国际上提高安全性的总体趋势是一致的。

5.1.5 除规定外工程中还参考下列经验公式计算水胶比：

$$\text{普通混凝土} \quad \frac{W}{C} = \frac{0.47}{\frac{f_{cu,0}}{\lambda f_{ce,g}} + 0.23} \quad (5.1.5-1)$$

$$\text{引气混凝土} \quad \frac{W}{C} = \frac{0.47(1-0.04A)}{\frac{f_{cu,0}}{\lambda f_{ce,g}} + 0.23(1-0.04A)} \quad (5.1.5-2)$$

式中 $f_{cu,0}$ — 混凝土的配制强度；

$f_{ce,g}$ — 水泥强度等级值；

λ — 水泥富裕系数；

A — 含气量，以体积百分率表示。

其中水泥强度等级值的富余系数，一般按实际统计资料确定。

5.1.9 混凝土配合比选定的好坏，直接关系到结构物的寿命合整个工程的经济效益。混凝土配合比的设计不仅考虑强度等级而且还要考虑耐久性能等。当混凝土原材料合施工工艺等发生变化时，必须重新选定配合比。当施工工艺合环境条件未发生明显变化、原材料的品质在合格的基础上发生波动时，可对混凝土外加剂用量、粗骨料分级比例、砂率进行适当调整，调整后混凝土的拌合物性能应与

原配合比一致。

5.2 有特殊要求的混凝土配合比设计

5.2.2 体积浆体比即混凝土中水泥、矿物掺合料、水和外加剂的体积之和与混凝土总体积之比。

5.2.3 抗渗混凝土的配制抗渗等级比设计值要求高，有利于确保实际工程混凝土抗渗性能满足设计要求。

5.2.5 用膨胀剂配制的补偿收缩混凝土宜用于混凝土结构自防水、工程接缝、填充灌浆，采取连续施工的超长混凝土结构，大体积混凝土工程等；用膨胀剂配制的自应力混凝土宜用于自应力混凝土输水管、灌注桩等。

5.2.6 粉煤灰混凝土的配合比设计按《粉煤灰混凝土应用技术规范》（GB/T 50146-2014）中有关内容编入。

5.2.7 条文在原规范的基础上，总结近些年来水下混凝土施工经验，并参考交通运输部“水下混凝土材料及耐久性研究”成果以及现行行业标准《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3650-2020）中的相关要求，对相关内容进行了调整和补充。

5.2.8.1 自密实混凝土宜选用粉煤灰、粒化高炉矿渣粉、硅灰、偏高岭土、石灰石粉等矿物掺合料。采用其它掺合料时，应通过试验验证。硅灰应符合现行国家标准《高强高性能混凝土用矿物外加剂》（GB/T 18736）的规定；偏高岭土应符合现行国家标准《高强高性能混凝土用矿物外加剂》（GB/T 18736）的规定；石灰石粉应符合现行国家标准《用于水泥、砂浆和混凝土中的石灰石粉》（GB/T 35164）的规定。

经实际工程调研，对河砂含泥量小于 1% 的要求过于严格。本次修订时予以删除。

由于自密实混凝土中往往都掺有粉煤灰或磨细矿物掺合料，如果水泥中再含有较多的矿物掺合料，则可能引起硬化混凝土强度发展较慢等问题，所以对于自密实混凝土，可优先使用不含矿物掺合料或矿物掺合料含量较少的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥。

砂的含泥量大，石子中的针片状颗粒含量高，将使混凝土的需水量增大；石子的空隙率大，则为满足相同的拌合物工作性所需的砂浆量增大，这些均会对自

密实混凝土的工作性、力学性能和耐久性产生不良影响。在现行国家标准《建筑用砂》（GB/T 14684-2001）中，砂的含泥量一般要求小于 3.0%；在现行国家标准《建筑用卵石、碎石》（GB/T 14685-2001）中，石子的针片状颗粒含量要求小于 15%，空隙率要求小于 47%。但是，配制自密实混凝土要求砂石的品质更高，对砂的含泥量、石子中针片状颗粒含量、石子空隙率等指标要求均严于现行国标中的相应指标要求。自密实混凝土要求石子为连续级配，目的也是为了使石子获得较低的空隙率。

由于自密实混凝土往往用于薄壁构件、密集配筋构件等场合，所以粗骨料粒径不宜过大，否则将影响拌合物的间隙通过性；即使不是在这些场合使用，粗骨料粒径过大也会增大拌合物中粗骨料的分层离析几率；而且粒径较大的粗骨料会增大内摩擦，从而增大拌合物流动阻力，所以限定自密实混凝土中粗骨料粒径一般宜小于 20mm。

自密实混凝土的砂浆量较大，砂率较大，如果选用细砂，则混凝土的强度和弹性模量等力学性能将会受到不利影响，同时，细砂的比表面积较大将增大拌合物的需水量，对拌合物的工作性产生不利影响；若选用粗砂则会降低混凝土拌合物的黏聚性。所以，自密实混凝土一般宜选用中砂或偏粗中砂。经试验证实可以达到需要的性能指标时，也可采用中砂以外的其他砂及混合砂。

外加剂是配制自密实混凝土的关键组成材料。通过掺入适宜的外加剂，混凝土才能在较低的水胶比下获得适宜的黏度、良好的流动性、良好的黏聚性和保塑性，才能实现自密实所需的工作性。混凝土中胶凝材料用量过大，易引起混凝土体积稳定性不良，而且不经济；胶凝材料用量过小，则浆体量过少，难以满足拌合物自密实的工作性要求。根据大量试验研究，自密实混凝土中胶凝材料总用量范围宜为 450~550kg/m³。高掺合料、少水泥用量的自密实混凝土，应注意提高其抗碳化的能力。考虑高强超高强自密实混凝土的制备，胶凝材料可适当增加。

单位用水量不仅关系到混凝土的强度，而且直接关系到混凝土的耐久性，所以在满足拌合物工作性的前提下还应尽量减小单位用水量。对于一般条件下的自密实混凝土，单位体积用水量宜小于 200kg/m³。高耐久性自密实混凝土宜小于 175kg/m³。在较低用水量下，拌合物工作性可通过增加外加剂掺量、改善掺合料的需水性等技术措施来保证。

有些工程的施工条件特殊,采用实验室的测试方法并不能准确评价混凝土拌合物的工作性是否满足实际施工要求,这时即需要进行足尺试验,以便直观准确地判断拌合物的工作性是否适宜。

初始配合比选定后,宜采用实际的原材料进行试配,研究与应用表明,自密实混凝土的工作性对原材料的波动较为敏感,工程施工时,其原材料必须与试配时采用的原材料一致。当原材料发生显著变化时,应对配合比进行重新试配调整。

已有的研究表明,自密实混凝土与普通混凝土的干燥收缩影响因素及发展规律相似。自密实混凝土一般比同强度等级的普通混凝土胶凝材料用量大、砂率高,若配合比设计不当,容易导致结构在非荷载作用下的抗裂性能降低,尤其是 28d 前的早期抗裂性能。为了提高自密实混凝土的抗裂性能,除了对原材料比如水泥、外加剂等提出更高的要求外,配合比的优化也很重要。研究表明,在保证自密实混凝土工作性的前提下,配合比应尽量与普通混凝土靠拢,这样得到的自密实混凝土的干燥收缩不会比普通混凝土增大很多。

5.2.9 大体积混凝土的配合比设计按《大体积混凝土施工标准》(GB 50496-2018)中有关内容编入。

5.2.10 在保证分散性良好的前提下,从阻裂增韧角度,选用直径细的纤维;纤维愈细,单位体积混凝土中纤维的根数愈多,阻裂效果愈显著。纤维长度应与粗集料的粒径相适应,直径愈大的粗集料应选择较长的纤维。但纤维越长,分散性越差,现场混凝土搅拌时越容易结团。

为保证合成纤维混凝土所用合成纤维的长期性能,合成纤维中不得含有再生塑料,且应无毒,不能对周围环境造成污染。

合成纤维应有高抗碱、抗酸、抗老化、抗生物侵蚀等性能。具有足够的耐碱性,可不受混凝土中水泥碱性水化物的侵蚀。合成纤维对外加剂也应具有化学稳定性。

合成纤维对骨料的握裹状况也即纤维与混凝土的粘结性能是纤维能否起作用的另一个关键。当纤维表面为憎水性时,纤维表面包裹的水泥浆体较少,纤维受力后容易在混凝土中发生滑移。所以应使纤维有一定的亲水性,以使纤维表面与水泥能充分粘结。根据国内的工程应用情况和近年来采用纤维的效果及 ASTM C1116 (美国材料试验协会标准)的有关规定,确定了合成纤维的抗拉性能指标

要求。

目前工程中应用的合成纤维有单丝状和膜裂网片状等，其限裂和增韧效果无显著差别。纤维抗拉强度和拉伸极限成一定的反比关系，若纤维抗拉强度过大，可能会导致脆性加大。若拉伸极限过大，混凝土中的纤维在受力变形过程中又可能无法控制裂纹。合成纤维的各种参数宜通过试验确定，表 5.2.10 给出了几种常用单丝合成纤维的几何特征和主要力学指标，当无试验资料时可参考表 5.2.10 确定。应结合合成纤维的力学参数等进行试验优选后综合考虑确定其品种和型号。

试验和工程经验表明，在常用掺量下，一般合成纤维体积率不大于 0.15%，混凝土强度等级可不考虑纤维的影响。合成纤维的掺加不会影响结构的强度，在原则上不必改变混凝土配合比设计原则，也不取代原设计的受力钢筋；同时不能减少混凝土的单方水泥用量，否则将会降低混凝土的强度。但当合成纤维体积率大于 0.15% 时，混凝土抗压强度等有关参数的选取应考虑纤维的影响，并通过试验确定。

另外，高强混凝土中加入低弹性模量的合成纤维后，混凝土韧性可得到改善，但混凝土抗压强度会略有降低，应进行与基准混凝土的强度对比试验。

单丝合成纤维的几何特征和主要物理力学指标参考值 表 5.2.10

主要参数 和性能	纤维品种			
	聚丙烯腈纤维	聚丙烯纤维	聚酰胺纤维	改性聚脂纤维
直径 (μm)	13	18~65	23	2~15
长度 (mm)	6~25	4~19	19	6~20
截面形状	肾形或圆形	圆形	圆形	三角形
密度 (g/cm ³)	1.18	0.91	1.16	0.9~1.35
抗拉强度 (N/mm ²)	500~910	276~650	600~970	400~1100
弹性模量 (N/mm ²)	7.5×10 ³ ~21×10 ³	3.79×10 ³	4×10 ³ ~6×10 ³	1.4×10 ⁴ ~ 1.8×10 ⁴
极限伸长率 (%)	11~20	15~18	15~20	16~35
安全性	无毒材料	无毒材料	无毒材料	无毒材料
熔点 (°C)	240	176	220	250
吸水性 (%)	<2	<0.1	<4	<0.4

合成纤维掺量应根据使用目的及混凝土种类的要求而确定,同时考虑混凝土配合比、骨料和外加剂的具体情况,进行合成纤维多种掺量的试配和性能比较,从而选择最佳方案。

合成纤维掺量较小时,混凝土劈裂抗拉强度较低,常达不到设计要求。用于防止混凝土早期收缩裂缝时,工程上常采用的纤维体积率为 0.1%。对抗裂、抗渗、耐磨要求高的部位,掺量相对高一些,对使用特细砂地区的掺量相对高一些。但当掺量较大时,抗压强度和弹性模量会略有降低,因此除特殊用途外,高掺量在一般工程中不一定适用,应用时要注意这点。合成纤维的密度一般为 $0.9\sim 0.96\text{ kg/cm}^3$,合成纤维重量掺量一般以不超过 2 kg/m^3 为宜,常用掺量为 $0.8\sim 1.2\text{ kg/m}^3$ 。

由于数目很大的细纤维分布于混凝土的水泥砂浆中,增加了拌合料的粘稠度,使坍落度略有降低,比普通混凝土约降低 30%左右。若这时的可施工性未显著降低,施工对坍落度要求可适当降低;若发现因坍落度低不能满足施工要求时,不应用增加用水量来提高坍落度,更严禁在工地临时加水,而应调整配合比,采用掺加高效减水剂的办法,并应通过试验调整减水剂用量,比如略增大减水剂用量来提高坍落度。控制坍落度在适宜范围内满足施工要求。

6 模板工程

6.1 一般规定

6.1.1 模板工程主要包括模板和支架两部分。模板面板、支承面板的次楞和主楞以及对拉螺栓等组件统称为模板。模板背侧的支承(撑)架和连接件等统称为支架或模板支架。

模板工程专项施工方案一般包括下列内容：模板及支架的类型；模板及支架的材料要求；模板及支架的计算书和施工图；模板及支架安装、拆除相关技术措施；施工安全和应急措施(预案)；文明施工、环境保护等技术要求。

本规范中高大模板支架工程是指搭设高度 8m 及以上；搭设跨度 18m 及以上，施工总荷载 15kN/m^2 及以上；集中线荷载 20kN/m 及以上的模板支架工程。

6.1.2 关于模板的设计、制作和安装的规范包括现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB 50204)、《组合钢模板技术规范》(GB/T 50214)、《滑动模板工程技术规范》(GB 50113)、《钢框胶合板模板技术规范》(JGJ 96)、《清水混凝土应用技术规范》(JGJ 169)等。

6.1.3 关于模板支架的架体构造和施工要求的规范包括现行行业标准《建筑施工安全检查标准》(JGJ 59)、《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》(JGJ 130)、《建筑施工门式钢管脚手架安全技术规范》(JGJ 128)、《建筑施工碗扣式钢管脚手架安全技术规范》(JGJ 166)、《建筑施工模板安全技术规范》(JGJ 162)等。

6.2 材料

6.2.1 混凝土结构施工用的模板材料，包括钢材、铝材、胶合板、塑料、木材等。目前，国内建筑行业现浇混凝土施工的模板多使用木材作主、次楞、竹(木)胶合板作面板，但木材的大量使用不利于保护国家有限的森林资源，而且周转使用次数少的不耐用的木质模板在施工现场将会造成大量建筑垃圾，应引起重视。为符合“四节一环保”的要求，应提倡“以钢代木”，即提倡采用轻质、高强、耐用的模板材料，如铝合金和增强塑料等。支架材料宜选用钢材或铝合金等轻质高强

的可再生材料，不提倡采用木支架。连接件将面板和支架连接为可靠的整体，采用标准定型连接件有利于操作安全、连接可靠和重复使用。

6.2.2 混凝土模板脱模剂有油性、水性等种类。为不影响后期的混凝土表面实施粉刷、批腻子及涂料装饰等，宜采用水性的脱模剂。

6.3 设计

6.3.3 模板及支架中杆件之间的连接考虑了可重复使用和拆卸方便，设计计算分析的计算假定和分析模型不同于永久性的钢结构或薄壁型钢结构，本条要求计算假定和分析模型应有理论或试验依据，或经工程经验验证可行。设计中实际选取的计算假定和分析模型应尽可能与实际结构受力特点一致。模板及支架的承载力计算采用荷载基本组合；变形验算采用永久荷载标准值，即不考虑可变荷载，当所有永久荷载同方向时，即为永久荷载标准值的代数和。

6.3.12 支架立柱或竖向模板下的土层承载力设计值，宜按现行行业标准《水运工程地基基础试验检测技术规范》（JTS 237）的规定或工程地勘报告提供的数据采用。

6.3.13 支架立柱或竖向模板支撑在混凝土结构构件上时，宜按现行行业标准《水运工程混凝土结构设计规范》（JTS 151）的有关规定对混凝土结构构件进行验算。

6.4 制作与安装

6.4.1 模板可在工厂或施工现场加工、制作。将通用性强的模板制作成定型模板可以有效地节约材料。

6.4.12 后浇带部位的模板及支架通常需保留到设计允许封闭后浇带的时间。该部分模板及支架应独立设置，便于两侧的模板及支架及时拆除，加快模板及支架的周转使用。

6.6 特种模板

6.6.1 对充气胶囊芯模的要求。强调了对充气胶囊芯模漏气的检查。漏气的胶囊

不得使用。

6.6.2 对整体弹性钢模板的要求。

弹性钢模板的回弹量、弹性趋于高度和底角弯曲半径为弹性钢模板的主要技术参数。试验表明钢板弯曲后，在屈服强度内其弹性变形与钢板厚度及弯曲半径有关。弹性钢模板设计主要在于确定模板的回弹量和弯曲半径。当模板的回弹量为 30~40mm 时，侧模与构件可全部脱开，能满足构件脱模的要求。

6.6.3 对人工块体模板的特殊规定。

(1) 人工块体的预制工艺分为平式、立式、正式和倒式等，其底模、侧模或顶模各有不同，因此块体的模板结构形式应与选定的预制工艺相适应。

(2) 人工块体的外形比较复杂，为便于加工制作，模板设计时应模板支拆、讲块体模板划分为几个大片，再按模板的曲率、折角及加工制作的方便，将大片分解为若干小片模板。

(3) 人工块体模板的数量大，加工精度要求较高，为保证加工质量，故规定块体的钢模板宜在工厂制作，冷压成型。

6.6.4 永久性模板（如混凝土镶面板、混凝土套箱和大型钢护角等）在水运工程有不少应用。故增加相关内容。

7 钢筋工程

7.1 一般规定

7.1.1 成型钢筋的应用可减少钢筋损耗且有利于质量控制,同时缩短钢筋现场存放时间,有利于钢筋的保护。

7.1.2 混凝土结构施工的钢筋连接方式由设计确定,且应考虑施工现场的各种条件。

7.2 材料

7.2.4 预制构件的吊环严禁使用冷加工钢筋,应采用 HPB300 钢筋制作。当吊环钢筋直径不大于 30mm 时,可用冷弯或冷冲成型;直径大于 30mm 时应采用不致降低钢筋韧性的成型工艺。

7.3 加工

7.3.3 (1) 交通部文件《公路水运工程淘汰危及生产安全施工工艺、设备和材料目录》已经明确禁止使用卷扬机钢筋调直工艺。

7.4 连接

7.4.8 交通部文件《公路水运工程淘汰危及生产安全施工工艺、设备和材料目录》明确规定同时具备以下条件时不得使用闪光对焊工艺:

- 1) 在非固定的专业预制厂(场)或钢筋加工厂(场)内进行钢筋连接作业;
- 2) 直径大于或等于 22mm 的钢筋连接。

7.5 装设

7.5.9 交通部文件《公路水运工程淘汰危及生产安全施工工艺、设备和材料目录》已经明确禁止使用在施工现场拌制砂浆,通过切割成型等方法制作的钢筋保护层垫块。

8 混凝土工程

8.1 拌制

8.1.1 混凝土的集中搅拌包括对所使用商品混凝土搅拌站的要求。

8.1.2 由于水运工程有大量的混凝土要用混凝土搅拌船在水上工程现场搅拌，混凝土搅拌船受波浪、水流的影响，工作条件较差，因此对原材料称量的允许偏差分为水上拌制和陆上拌制两种不同情况规定。

对陆上拌制混凝土原材料称量的允许偏差值参考了《混凝土结构工程施工规范》《GB 50666-2011》的部分取值。经调查和征求意见证实，水运工程混凝土搅拌中，外加剂的计量偏差已可以控制在±1%的范围以内，已小于国标单罐计量允许的±2%偏差，故定为±1%。

8.2 运输与输送

8.2.5 移动式皮带机最长约 20m，两台接运约 40m，故限制水平运距 40m 左右为宜。

8.2.6 采用管道输送混凝土时，应选择与混凝土浇筑强度、距离和高度相匹配的泵送设备，并按现行行业标准《混凝土泵送施工技术规范》（JGJ/T 10）的有关规定进行。

8.3 浇筑与振捣

8.3.11 本条对施工缝或后浇带处浇筑混凝土作了规定。

1) 施工缝处已浇筑混凝土的强度低于 1.2MPa 时，不能保证新老混凝土的紧密结合。

2) 采用粗糙面、清除浮浆、清理疏松石子、清理软弱混凝土层是保证新老混凝土紧密结合的技术措施。如果施工缝或后浇带处由于搁置时间较长，而受建筑废弃物污染，则首先应清理建筑废弃物，并对结构构件进行必要的整修。现浇结构分次浇筑的结合面也是施工缝的一种类型。

3) 充分湿润施工缝或后浇带，避免施工缝或后浇带积水是保证新老混凝土

充分结合的技术措施。

4) 后浇带处的混凝土, 由于部位特殊, 环境较差, 浇筑过程也有可能产生泌水集中, 为了确保质量, 可采用提高一级强度等级的混凝土进行浇筑。为了使后浇带处的混凝土与两侧的混凝土充分紧密结合, 采取减少收缩的技术措施是必要的。减少收缩的技术措施包括混凝土组成材料的选择、配合比设计、浇筑方法以及养护条件等。

8.4 养护

8.4.2 经试验研究和工程经验证明, 对有抗冻要求的混凝土, 按表列规定进行潮湿养护之后, 在空气中干燥碳化 7~14d, 混凝土的抗冻融循环次数提高 20%~30%。

8.5 特殊天气施工

8.5.2 高温条件下拌合、浇筑和养护的混凝土比低温度下施工养护的混凝土早期强度高, 但 28d 强度和后期强度通常要低。根据美国规范 ACI 305R-99 《Hot Weather Concreting》, 当混凝土 24h 初始养护温度为 100F(38℃), 试块的 28d 抗压强度将比规范规定的温度下养护低 10%~15%。

混凝土高温施工的定义温度, 美国是 24℃, 日本和澳大利亚是 30℃。我国《铁路混凝土工程施工技术指南》中给出, 当日平均气温高于 30℃时, 按照暑期规定施工。本规范综合考虑我国气候特点和施工技术水平, 高温施工温度定义为日平均气温达到 30℃。

8.5.3 冬期施工中的冬期界限划分原则在各个国家的规范中都有规定。多年来, 我国和多数国家均以“室外日平均气温连续 5 日稳定低于 5℃”为冬期划分界限, 其中“连续 5 日稳定低于 5℃”的说法是依气象部门术语引进的, 且气象部门可提供这方面的资料。本规范仍以 5℃作为进入或退出冬期施工的界限。

我国的气候属于大陆性季风型气候, 在秋末冬初和冬末春初时节, 常有寒流突袭, 气温骤降 5℃~10℃的现象经常发生, 此时会在一两天之内最低气温突然降至 0℃以下, 寒流过后气温又恢复正常。因此, 为防止短期内的寒流袭击造成新浇筑的混凝土发生冻结损伤, 特规定当气温骤降至 0℃以下时, 混凝土应按冬期施工要求采取应急防护措施。

8.6 大体积混凝土防裂措施

8.6.1 根据大体积混凝土的特点和工程实践经验对大体积混凝土施工组织设计规定了九个方面的主要内容,有关安全管理与文明施工还应遵守国家现行有关标准的规定。

8.6.2 大体积混凝土温度及温度应力,可按现行行业标准《水运工程大体积混凝土温度裂缝控制技术规程》(JTS 202-1)的有关规定确定。该计算方法是目前众多计算大体积混凝土温度场和温度应力方法中的一种,可以在施工前对施工对象在现有条件下(包括材料和工艺)的温升峰值、降温速率、里表温差等参数及开裂情况做出合理估算,参考估算结果可对拟采用材料和工艺进行调整。计算过程中需要的参数,应尽量采用实际试验结果。

8.6.3 关于保温覆盖层厚度的确定,《水运工程大体积混凝土温度裂缝控制技术规程》(JTS 202-1)中给出了计算方法。它是根据热交换原理,假定混凝土的中心向混凝土表面的散热量,等于混凝土表面保温材料应补充的发热量,并把保温层厚度虚拟成混凝土的厚度进行计算。但应指出的是现场应根据实测温度进行及时调整。

10 特殊混凝土施工

10.2 水下浇筑混凝土

10.2.2 本条文坍落度值沿用了原规范的内容。对于普通混凝土，一般以坍落度值表示混凝土工作性的主要指标，但对于水下不分散混凝土，因其具有较大的流动性，坍落度值显然已不能正确反映水下混凝土的工作性能目前，扩展度（坍扩度）已成为衡量水下混凝土工作性的主要技术指标，根据经验，一般取400~550mm。

10.2.4 因水下不分散混凝土粘性大，泵送时的压送阻力大，其泵送阻力一般是普通混凝土的2~3倍。因此，对水下不分散混凝土采用泵压输送时，尽量选用泵送能力大的活塞式泵，并适当增大管径，减少弯头和减小输送距离以减小泵送阻力。

10.2.5 随着水下混凝土的运用越来越广泛，采用的围水结构类型也越来越多，除了单一的模板外，还包括围堰、吊箱、沉井和护筒等，当然还可直接在土（岩）中成孔、槽后进行水下混凝土灌注，鉴于此，本条文将原规范中的“模板”扩大到了“围水结构”。

10.2.6 本条文在原规范的基础上，总结近些年来水下混凝土施工经验，并参考交通运输部“水下混凝土材料及耐久性研究”成果以及现行行业标准《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3650-2020）中的相关要求，对相关内容进行了调整和补充。

导管在加工及拼接过程中应确保质量，以避免导管在使用过程中出现渗水及悬挂或提拔过程中管身破裂，因此，导管除在加工及拼接中加强过程控制外，还须进行必要的试验。经参考现行行业标准《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3650-2020）中的相关内容，提出了水密试验的相关要求，包括最大内压力的计算方法。

导管的水密试验可采用以下方法：把拼装好的导管灌入70%的水，两端封闭，一端焊接输风管接头，输入计算的风压力，将导管滚动数次，经过15min不漏水即为合格。

首批混凝土为导管的封口混凝土，其数量应能满足导管首次埋置深度（ \geq

1.0m) 和填充导管底部的需要。首批混凝土应先储备再集中灌注, 因此需要专用的混凝土储料设施。

首批混凝土储备时, 需在导管上的漏斗口下设置隔水栓、阀, 当混凝土储量满足要求时, 即可开启栓、阀, 使首批混凝土在很短的时间内下落至导管底。

目前采用的隔水栓主要有球栓和钢板垫。根据使用的方法不同, 隔水栓的开启分为剪球法、拔球法及提板法。

当采用拔球、提板和打开阀门的方法进行首批混凝土灌注时, 一般在球、板的下面和阀门的上面垫一层塑料膜, 以便下落的混凝土压着塑料膜垫层与水呈隔绝状态, 有效地排出导管内的水。

当水下灌注面积较小时, 可采用单根导管, 如钻孔灌注桩的水下混凝土灌注; 当灌注面积较大时, 应根据混凝土的流动半径布置多根导管, 若基底有难以清除的深坑陡坎或其它障碍物时, 应适当增加导管数量。

导管布置前, 先仔细探明基底的情况, 包括各部位的标高、障碍物等。

当混凝土的灌注面较大时, 每根导管的首批混凝土的坍落度不宜太大, 一般取许用坍落度的下限, 以避免因落下的混凝土不能形成一定的坡度(一般宜为 $1/6\sim 1/4$)而埋不住导管底口。

首批混凝土的灌注一般从基底最低处的导管开始, 并逐渐由低处向高处进行。当某导管首批混凝土的灌注完成后, 该导管即进入了正常灌注状态, 在进行其它导管首批混凝土灌注的同时, 要及时对已进入正常灌注状态的导管进行补料, 这样既可缩短导管前后两次灌注的时间间隔, 便于混凝土流动, 又能使混凝土面整体上升, 减小高差。

导管最小埋深主要与混凝土需灌注的总高度、灌注深度和导管的间距有关, 当然也受到混凝土的性能、灌注速度等方面的影响。

10.2.8 本条文参考了交通部“水下混凝土材料及耐久性研究”成果。

日本《水下不分散混凝土的设计施工指南》规定水下不分散混凝土的浇筑落差小于 50cm, 水下流动距离原则上定为 5m 以内。“水下混凝土材料及耐久性研究”项目组的大型水槽模拟试验研究表明, 水下浇筑落差和 underwater 流动距离对水下不分散混凝土的强度和强度的变异均有较明显的影响, 主要是因为水下混凝土在水中下落和在水下向周围扩散流动时, 受到水的冲刷, 水下落差和流动距离越

大，浆体的流失越多，从而造成性能下降和质量不均匀，为保证水下不分散混凝土的质量，必须控制水下浇筑落差和流动半径。根据“水下混凝土材料及耐久性研究”项目的研究结果，结合我国目前水下不分散剂的产品性能和水下混凝土的施工质量水平，本条文规定水下不分散混凝土的浇筑落差不宜大于 50cm，流动半径不宜大于 3m。

10.3 自密实混凝土

10.3.2 自密实混凝土拌合物性能最重要内容就是其工作性，工作性是衡量混凝土是否达到自密实要求的重要指标。

国内外研究和实践表明，相对于坍落度测试，坍落扩展度测试指标与混凝土的自密实性能相关性比较好；通过 T_{500} 流动时间测试可以评价拌合物的黏度， T_{500} 越小拌合物黏度越低，拌合物的流动越快。

在无筋构件或钢筋间距较大的构件中进行混凝土自密实施工时，即拌合物受到的流动阻力较小时（接近于水平自由流动状态），坍落扩展度、 T_{500} 流动时间可以较好的反映自密实混凝土拌合物的填充性能。

设置钢筋的 L 型仪是针对施工实际情况设计的拌合物工作性能测试装置，可以用来测试混凝土拌合物的自密实填充性、在有阻挡情况下的抗离析性能和钢筋通过能力。

设置钢筋栅的 U 型仪可以用来反映混凝土拌合物的屈服应力、塑性黏度以及拌合物的填充能力、在有阻挡情况下的抗离析性能和间隙通过能力。

拌和物稳定性跳桌试验是通过测定经过振动后上中下三层混凝土拌和物中粗骨料的含量来评价拌和物的抗离析性能。该方法能够准确反映拌和物在动力作用下的稳定性，接近于工程实际情况，测试条件比较苛刻。拌和物稳定性跳桌试验方法操作比较麻烦，在施工现场不易操作，主要用于自密实混凝土配合比参数优选。

10.3.3 自密实混凝土的生产与施工除符合本规范的有关规定外，经参照现行中国土木工程学会标准《自密实混凝土设计与施工指南》（CCES 02-2004），提出了一些特殊要求。

由于自密实混凝土原材料种类多、拌合物黏性较大，因此需优先使用剪切力

大的强制式搅拌机，以节约拌制时间，并使拌合物充分搅拌均匀。

试验表明，自密实混凝土的工作性对材料的计量精度比较敏感，计量精度偏差较大时，将严重影响自密实混凝土的工作性，因此本条规定的计量精度要求比普通混凝土严格。

自密实混凝土中掺入的外加剂和粉煤灰等活性矿物掺合料在混凝土材料中的均匀性，对保证自密实混凝土强度和工作性等具有重要作用，因此在生产中应控制好混凝土搅拌时间。搅拌的最短时间应比普通混凝土适当延长，一般情况下搅拌时间不宜小于 90s。具体时间应根据现场试拌试验确定。

自密实混凝土质量对各种因素的影响较为敏感，因此应特别重视自密实混凝土生产中的检测，并根据开盘鉴定结果及时调整配合比。检测中尤其应注意的是自密实混凝土的抗离析能力。

由于自密实混凝土在浇注的过程中没有振捣，仅靠自重成型，因此必须保证其在入模之前，仍具有优异的工作性，否则将影响混凝土工程质量，甚至造成严重的工程事故。缩短自密实混凝土从出机到入模的时间非常必要，在施工中务必做好施工组织工作，保证运输、施工过程的连续性。

10.5 真空吸水混凝土

试验研究与工程实践证实，混凝土的真空吸水工艺不仅能使混凝土很快具有 0.2~0.3MPa。塑性结构强度，可以提前拆模，还可以显著提高混凝土的抗压、抗折强度，提高混凝土的耐磨性。经过盘式、叶片式机械抹光的真空吸水混凝土并不降低其抗冻性。

10.5.7.8 试验和实践表明，圆盘式抹光机在抹光的过程中，由于机械的振动、压实、抹光摩擦作用，改善和封闭了混凝土自身的吸水通道，显著提高混凝土的密实性和结构强度。

10.6 水下预填骨料升浆混凝土

本节内容是根据水下预填骨料升浆混凝土的试验研究成果和工程实践经验总结编写而成。

对水下预填骨料升浆混凝土的施工工艺和施工中各项参数的选取，曾结合大

连益远 15 万 t 船坞和大连 30 万 t 高新工程船坞进行了大型的模拟试验，在此基础上成功地应用在以上两座大型船坞工程中，实现了大连益远 15 万 t 船坞复杂石灰岩基础预填骨料升浆混凝土的湿法施工和两座船坞利用沉箱结构坞墙兼作施工围堰。不仅省去了传统施工围堰大量材料的抛填和完工后拆除的工序，而且大大缩短了工期。

10.6.3 施工经验证明，用叶片转速为 147r/min 的高速砂浆搅拌机较普通砂浆搅拌机拌制砂浆的抗压强度可提高 20% 左右。

10.6.8 预填骨料块石抛填完成后，不能立即打管升浆，需立即用土工布等覆盖，目的是防止泥沙回淤、充填骨料空隙，降低升浆效果。

10.7 补偿收缩混凝土

10.7.1 混凝土强度低时，抗拉强度也低。如果膨胀混凝土的抗拉强度低，就可能出现自身限制不足的崩溃现象，因此混凝土抗压强度要求大于 25MPa。

如果混凝土强度等级为 C25，则混凝土实际抗压强度 $f_{cu,min}$ 可能小于 25MPa，因此为保证混凝土的质量，确定混凝土最低强度等级为 C30。

10.7.2 参照现行国家标准《混凝土外加剂应用技术规范》（GBJ 119）对补偿收缩混凝土变形性能的规定，即水中限制膨胀率 $14d > 1.5 \times 10^{-4}$ ，限制收缩率 $28d \leq 3.0 \times 10^{-4}$ 。

10.7.4 根据试验目的，试件应采用标准养护或构件同条件养护，抗冻试件应在标准养护池中养护。

10.8 纤维混凝土施工

10.8.3 纤维混凝土拌合物的搅拌工艺至为重要。本应在特种搅拌机中进行，但根据目前国内施工现状规定采用强制式搅拌机拌和。要特别注意合成纤维混凝土拌合物搅拌的均匀性，避免成团，不可采用手工拌合，同时应视搅拌设备工作效率适当延长搅拌时间，以保证合成纤维在混凝土中彻底分散均匀。

混凝土搅拌完成后进行随机取样，可判断合成纤维是否分散均匀，因为合成纤维在混凝土中呈均匀、乱向分布的状况下才能发挥其作用。

合成纤维混凝土的初凝提前了 1h~1.5h，终凝也略有提前，为使合成纤维混

凝土表面平整光滑，适当加强混凝土收面作业。压面时使用钢或铁质抹子，若部分纤维影响抹平，人工拍打抹平。

10.9 特细砂混凝土施工

特细砂具有平均粒径小、颗粒级配差、细度模数小、含泥量大、空隙率高、比表面积大等特点，若配合比设计不合理，将导致所配混凝土拌合物粘度大，泵送困难，混凝土收缩大且引起变形裂缝，混凝土耐磨性差等。应合理设计特细砂混凝土配合比，是保证特细砂混凝土工程施工质量和混凝土结构耐久性的重要技术基础。

特细砂混凝土配合比设计原则，遵循低砂率、较高胶凝材料用量、低流动性、低强度等级等原则。

有特殊要求的混凝土配比应符合第五章的要求，其中高强混凝土应采用高效减水剂或缓凝高效减水剂以及活性较高的矿物掺合料，配合比需经试配试验确定；单独采用特细砂作细骨料配制抗渗混凝土和泵送混凝土时，砂率宜控制在 20%~28%之间，且应掺掺合料和外加剂；配制大体积混凝土宜采用混合砂作细骨料。

特细砂混凝土成型后表面容易出现泌水和收缩裂缝，在施工完毕混凝土终凝前应进行二次压实抹面。

特细砂混凝土特别是特细砂配制的大流动性混凝土往往在施工初期因养护不及时而引发裂缝类质量问题。因此，本条特别强调了特细砂混凝土浇筑后养护的及时性，并规定保湿养护时间不得迟于 12h。

11 混凝土质量控制与检查

11.4 质量问题处理

11.4.1 裂缝修补是个较重要的问题，不同原因产生的裂缝，其危害性也不一样。因此提出了对裂缝产生的原因、性质必须进行调查分析，并应有针对性地制定修补方案。

裂缝容许宽度的极限与结构的功能有关，对以耐久性控制的工程缝宽主要是与钢筋、锈蚀有关，对以防水抗渗为主的工程缝宽与渗漏水量有关。按耐久性规定的最大容许裂缝宽度，部分国家规定如表 11.4.1-1 所示。

部分国家裂缝限值 (mm)

表 11.4.1-1

国名	提出者	环境条件	容许裂缝宽度
日本	运输省	港湾构筑物	0.2
美国	ACI 建筑规范	室内构件	0.38
		室外构件	0.25
原苏联	钢筋混凝土规范	—	0.2
欧洲	欧洲混凝土委员会	受严重腐蚀作用的结构构件	0.1
		无保护措施的正常结构构件	0.2
		有保护措施的普通结构构件	0.3

在表 11.4.1-2 中规定的裂缝宽度限值是根据 1979 年由试验研究及实际调查后，在《港工钢筋混凝土结构允许裂缝宽度值的研究与确定》的报告中提出的意见，近几年来又对港工建筑物进行了实地调查研究，在此基础上对上述意见进行了修订。并指出：就抗冻钢锈而言，缝宽 $\leq 0.1\text{mm}$ 、就抗渗而言，缝宽 $\leq 0.05\text{mm}$ 的无须修补；超过表中限值的裂缝一般应予修补，介于两者之间宽度的裂缝，根据缝深、缝型、钢筋保护层厚度，混凝土表面有无涂料等情况，综合判断，确定是否应予修补。

允许最大裂缝宽度 (mm)

表 11.4.1-2

结构部位	环境条件	
	海水	淡水
水上区	0.13	0.20
水变区	0.20	0.25
水下区	0.30	0.35