

# 安邵高速公路机制砂低强混凝土 (C30 以下) 实施细则

贵州省交通科学研究院

二〇一〇年四月

# 目 录

前 言 .....	1
一、总 则 .....	2
二、原材料 .....	3
(一) 一般要求 .....	3
(二) 机制砂 .....	3
(三) 粗集料 .....	4
(四) 水泥 .....	6
(五) 掺和料 .....	6
(六) 外加剂 .....	7
(七) 水 .....	7
三、设 计 .....	8
(一) 混凝土配合比法则 .....	8
(二) 机制砂混凝土配合比方法 .....	8
四、施 工 .....	14
(一) 拌合物的拌制 .....	14
(二) 拌合物的运输 .....	14
(三) 浇筑 .....	15
(四) 振捣 .....	16
(五) 养护 .....	16
五、质量检验和验收 .....	17

## 前 言

从 20 世纪 60 年代起,我国就在水利、水电工程及土木建筑工程中开展机制砂的研究与应用,经过四十多年的发展已经积累了丰富的经验并形成了系统的理论。受自然环境的影响,缺少优质天然砂而富有石灰岩的贵州、云南、河南等省份最早开展机制砂混凝土的研究工作。自上世纪 90 年代以来,由于各种工程建设的急剧增多和天然砂资源的匮乏,北京、天津、上海、重庆、广东、福建、浙江、河北、山东、四川、江苏等省市相继开展了人工砂的研究,先后建立了少量的专业人工砂生产线。

与天然砂相比,机制砂具有以下一些自身优点:

(1) 质量可控性。与无序生产的天然砂明显不同,机制砂适合大规模工厂产生,通过改进生产设备、改善生产工艺以及完善质量管理体系,可为工程提供优质的产品。机制砂的质量能够保持相对的稳定性和可控性。

(2) 生产计划性。机制砂生产可根据岩石品质、矿山储量、市场变化以及企业自身的发展策略等具体情况制定各种生产计划,与无计划、无目的的天然砂开采状态形成鲜明的对比。

(3) 机制砂的级配、细度模数、石粉含量等均具有选择性。根据混凝土的使用环境、施工方式等确定机制砂的性能要求,可改变机制砂生产工艺流程来生产达到要求指标的机制砂。天然砂的级配与细度模数自身不能够调整,只能通过与其他砂混合的方式改变其性能指标。

(4) 机制砂的化学成份与母岩一致,具有粗糙干净的界面,适用于各种混凝土。含风化、软质颗粒的成份较少。此外它含有一定量的石粉。在混凝土中可起到微填充作用并增加混凝土的密实状态,从而能够改善混凝土的工作性能、力学性能和耐久性能。

(5) 对于河砂缺乏的地区,机制砂具有明显的经济优势。

随着我国基础设施建设的发展和对环境保护的重视,使用机制砂已成为今后的发展趋势。

## 一、总 则

- 1、为促进和规范机制砂混凝土在安绍高速公路中的应用，确保机制砂混凝土符合质量合格、技术先进、安全可靠、经济合理的要求，制订本手册。
- 2、本细则适用于安绍高速公路 C30 以下（含 C30）机制砂混凝土的生产、质量控制和检验。
- 3、机制砂混凝土除应符合本手册规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

## 二、原材料

### (一) 一般要求

1、原材料入场前，应提供型式检验报告和批量出厂检验报告。

2、原材料入场后，应实施原材料入场检验。

3、在工程进行过程中，应实施原材料质量抽检。

4、原材料取样规则应为：

(1)同批次或连续供应同品种和同等级材料情况下，散装水泥每 500t(袋装水泥每 200t) 检验一次；粉煤灰每 200t 检验一次；砂、石骨料每 400m<sup>3</sup> 检验一次；外加剂每 50t 检验一次。

(2) 不同批次或非连续供应材料，不足(1)款规定的批量情况下，按同品种和同等级材料每批次检验一次。

5、原材料技术要求按不同原材料及其在混凝土中应用的有关标准执行。

6、应进行原材料之间的适应性试验，确认原材料之间的适应性可以满足混凝土性能要求后，方可采用。

### (二) 机制砂

#### 1、机制砂

机制砂定义为“由机械破碎、筛分制成的，粒径小于 4.75mm 的岩石颗粒，但不包括软质岩、风化岩的颗粒。”

#### 2、机制砂几个关键参数

##### 3.1、级配

机制砂级配需满足表 1 要求。

表 1 安绍高速机制砂级配

方孔筛筛孔(mm)	9.50	4.75	2.36	1.18	0.60	0.30	0.15	
累计筛余 (%)	I 区	0	10~0	35~5	65~35	85~71	95~80	100~90
	II 区	0	10~0	25~0	50~10	70~41	92~70	100~90
	混区	0	10~0	37~15	60~37	75~52	85~63	100~70

注：① I 区和 II 区表中除 4.75mm 和 0.60mm 筛孔外，其余各筛孔累计筛余允许超出分界线，但其总量不得大于 5%；

② 优先选用 II 区砂。

### 3.2、石粉含量

石粉是加工前经除土处理，加工后形成的粒径小于 75 微米，其矿物组成和化学成分与被加工母岩相同的物质。

机制砂石粉含量需满足表 2 要求。

表 2 安绍高速机制砂石粉含量（水洗法）

混凝土强度等级		≤C30
石粉含量 (按质量计, %)	MB<1.4	≤12.0
	MB≥1.4	≤10.0

### 3、机制砂性能指标要求及试验方法

机制砂性能指标要求及试验方法如表 3 所示。

表 3 机制砂性能指标要求及试验方法

序号	检验指标	指标要求	检验方法	备注
1	碱活性检验	非碱活性集料	T0325-1994 GB/T 14684-2001	
2	细度模数	2.6~3.2	T0327-2005	
3	泥块含量	≤1.0%	T0335-2005	
4	亚甲蓝法试验 MB 值	如表 2 要求	T0349-2005	
5	石粉含量	如表 2 要求	T0327-2005 水洗法	
6	坚固性	≤8%	T0340-2005	
7	单级最大压碎指标值	≤30%	T0350-2005	
8	有机质含量	合格	T0336-1994	
9	云母含量（按质量计）	<2.0%	T0337-1994	
10	轻物质含量（按质量计）	<1.0%	T0338-1994	
11	硫化物和硫酸盐含量 (折算成 SO <sub>3</sub> 按质量计)	<1.0%	T0341-1994	

### （三）粗集料

#### 1、粗集料基本要求

粗集料应清洁，颗粒尽量接近等粒径、针片状颗粒尽量少、不含能与碱反应的活性组分。

#### 2、粗集料化学性质

使用碳酸盐岩集料时应充分考虑酸的因素的影响，避免使用于酸性环境中，对必须处于酸性环境中工作的结构物应采取相关措施避免集料受到酸的腐蚀。

必须进行严格的材料选择，在工程中避免采用碱活性骨料。提出以下要求：(1) 骨料碱活性检验必须在进行采用岩石的勘察时就着手进行；(2) 设计和施工单位都应拟订防止碱骨料反应技术措施的文件；(3) 原材料生产供应者和施工单位都应提供原材料碱活性检验报告。

### 3、粗集料技术要求

#### 3.1、强度

选择用于制作粗骨料的岩石时，应进行岩石强度的检验，该岩石强度应比机制砂高强混凝土强度等级高 100% 以上；工程中，可采用压碎指标进行粗骨料强度的质量控制，压碎值指标不应大于 20%。

#### 3.2、级配

粗集料应为连续级配，级配范围应符合表 4 的规定。

表 4 粗集料颗粒级配规格

级配情况	公称粒径 (mm)	累计筛余 (%)							
		方孔筛筛孔尺寸 (mm)							
		2.36	4.75	9.5	16.0	19.0	26.5	31.5	37.5
连续级配	5~25	95~100	90~100	-	30~70	-	0~5	0	0
	5~31.5	95~100	90~100	70~90	-	15~45	-	0~5	0

为了控制级配及其稳定性宜采用两个或三个单粒级的粗集料配制连续级配粗集料，混合前的粗集料级配应符合表 5 的规定，混合后的粗集料级配应符合表 4 的规定。

表 5 粗集料颗粒级配规格

级配情况	公称粒径 (mm)	累计筛余 (%)							
		方孔筛筛孔尺寸 (mm)							
		2.36	4.75	9.5	16.0	19.0	26.5	31.5	37.5
单粒级	5~10	95~100	80~100	0~15	0	-	-	-	-
	5~16	95~100	85~100	30~60	0~10	0	-	-	-
	10~20	-	95~100	85~100	-	0~15	0	-	-
	16~31.5	-	95~100		85~100	-	-	0~10	0

#### 3.3、针片状含量

混凝土强度等级  $\leq$  C30，针片状颗粒含量（以质量计） $\leq$  15%；混凝土强度等级  $\leq$  C 25 时，针片状颗粒含量  $\leq$  25%。

#### 3.4、吸水率

粗集料的吸水率应小于 3.0%。

### 3.5、粗集料性能指标要求及试验方法

粗集料性能指标要求及试验方法如表 6 所示。

表 6 粗集料性能指标要求及试验方法

序号	检验指标	指标要求	检验方法	备注
1	碱活性	非碱活性集料	T0325-1994 GB/T 14685-2001	
2	压碎指标值	<20%	T0316-2005	
3	含泥量	<1.5%	T0310-2005	
4	泥块含量	<0.7%	T0310-2005	
5	针片状颗粒含量	混凝土强度等级≤C30, ≤15% 混凝土强度等级≤C25, ≤25%	T0312-2005	
6	坚固性	<12%	T0314-2000	
7	硫化物和硫酸盐含量 (折算成 SO <sub>3</sub> 按质量计)	<1.0%	GB/T 14685-2001	
8	有机质含量	合格	T0313-1994	
9	吸水率	<3.0%	T0307-2005	

#### (四) 水泥

1、水泥应符合《通用硅酸盐水泥》(GB175-2007)、《公路桥涵施工技术规范》(JTJ041-2000) 11.2.1 条的规定。

2、应采用旋窑或新型干法窑生产的水泥；不得采用立窑生产的水泥。

3、水泥强度等级宜采用 42.5 级，可采用 32.5 级水泥。

4、水泥碱含量不宜大于 0.6%，不得大于 0.8%。

5、氯离子含量不应大于 0.06%。

6、生产混凝土时，水泥温度不宜高于 50℃，不得高于 65℃。

7、对于桥梁工程，同一工程使用的水泥的颜色应一致。

#### (五) 掺和料

在机制砂混凝土中掺入适量的、符合质量要求的矿物掺合料，有利于改善混凝土的技术性能和经济性。本项目掺用的矿物掺合料主要指粉煤灰。粉煤灰应符合《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》(GB/T1596-2005) 的规定。

1、粉煤灰应满足下列要求：

(1) 粉煤灰颜色应满足工程要求。对于一些较大的桥梁等工程，对混凝土外观有一定

的要求，如采用的粉煤灰颜色较深和不均匀，会影响外观。

(2) 同一工程宜采用同一产源的粉煤灰。如果工程中明显改变掺合料，混凝土性能会受到影响，重新调整配制方案对工程也会有影响，因此不宜改变掺合料来源。

2、粉煤灰在符合标准规定的基础上，工程中还应符合下列规定：

(1) 宜采用 I 级粉煤灰，如达不到，仅应允许细度、需水量比和烧失量三项指标中有一项为 II 级粉煤灰指标，除此之外，不允许采用其它情况的 II 级粉煤灰和 III 级粉煤灰。

调研表明，年发电能力较大的电厂并近期投资建立粉煤灰分选生产线产出的粉煤灰，可达到接近 I 级灰水平；粉煤灰，细度、需水量比和烧失量三项指标中均仅有一项为 II 级指标，其它均达 I 级指标。

(2) 应采用 F 类粉煤灰，不得采用 C 类粉煤灰。

C 类粉煤灰为高钙灰，由于潜在的游离氧化钙问题，技术安全性和稳定性不及 F 类粉煤灰。

## (六) 外加剂

1、外加剂应符合《混凝土外加剂》(GB8076)、《聚羧酸系高性能减水剂》(JG/T 223)、《混凝土外加剂应用技术规范》(GB50119) 和《公路桥涵施工技术规范》(JTJ041) 11.2.5 条的规定。

2、机制砂混凝土宜采用减水率不小于 18% 的高效减水剂，宜采用聚羧酸系高效减水剂。

3、外加剂应与水泥有良好的适应性，该适应性可采用《混凝土外加剂匀质性试验方法》(GB/T8077) 中净浆流动度试验方法进行对比试验，以及采用混凝土拌合物性能和力学性能对比试验加以确定，适应性试验结果应满足工程的要求。

## (七) 水

机制砂混凝土拌合用水和养护用水应符合《混凝土用水标准》(JGJ63-2006) 的规定。

## 三、设计

### (一) 混凝土配合比法则

正确合理的混凝土配合比设计方法是以长期无数次实验和施工所积累的经验为基础的。丰富的经验形成了配合比设计必须遵循的法则；依靠这些法则，结合使用的原材料的特性，才能得到符合工程要求的混凝土。

机制砂混凝土配合比设计应该遵循一定的法则，才能达到设计的目标。

#### 1、灰水比法则

可塑状态的混凝土水灰比的大小决定混凝土硬化后的强度，并影响硬化后的混凝土的耐久性。混凝土的强度与水灰比成反比，与灰水比成正比。水灰比一经确定，决不能随意变动。这一法则，要求施工人员必须遵守。

#### 2、密实体积法则

混凝土的组成是以石子为骨架，以砂子填充石子间的空隙，又以浆体填充砂石空隙，并包裹砂石表面，以减少砂石间的摩擦阻力，保证混凝土有足够的流动性。因此可塑状态混凝土总体积为水、水泥（胶凝材料）、砂、石的密实体积之和。这一法则是计算混凝土配合比的基础。机制砂混凝土的胶凝材料包含了不同密度的各种组分，因此必须遵循这一法则。

#### 3、最小单位加水量或最小胶凝材料用量法则

在灰水比固定、原材料一定的情况下，使用满足工作性的最小加水量（最小的浆体量），可得到体积稳定的、经济的混凝土。

#### 4、最小水泥用量法则

为降低混凝土的温升、提高混凝土抗环境因素侵蚀的能力，在满足混凝土早期强度要求的前提下，应尽量减少胶凝材料中的水泥用量。

### (二) 机制砂混凝土配合比方法

宜采用简易机制砂混凝土配合比设计法。

## 1、设计思路

机制砂混凝土密实填充的概念为：砂石集料的空隙由水泥浆来填充。根据相关理论和工程实践，胶凝材料浆量等于砂石混合空隙体积加富余量。

## 2、设计步骤

(1) 根据设计文件要求确定设计混凝土的强度、工作性、耐久性、经济性等指标。

(2) 计算配制强度（方法与 JGJ55-2000 同）

$$f_{cu,p} = f_{cu,0} + 1.645\sigma$$

式中： $f_{cu,p}$ ——配制强度(MPa)；

$f_{cu,0}$ ——立方体抗压强度标准值(MPa)；

$\sigma$ ——抗压强度标准差（按 JGJ55-2000 规定取用）。无统计资料时，抗压强度标准差按《公路桥涵施工技术规范》(JTJ 041-2000) 规定取用：混凝土强度等级小于 C20 取 4.0 MPa；混凝土强度等级大于等于 C20 小于等于 C35 取 5.0 MPa。

(3) 计算水胶比（方法与 JGJ55-2000 同）

$$\frac{W}{C+f} = \frac{\partial_a \cdot f_{ce}}{f_{cu,p} + \partial_a \cdot \partial_b \cdot f_{ce}}$$

式中：

$f_{ce}$ ——水泥 28d 强度实测值 (MPa)；

$\partial_a, \partial_b$ ——回归系数（按 JGJ55-2000 规定取用）。无统计资料时：碎石， $\partial_a$  取 0.46， $\partial_b$  取 0.07；卵石， $\partial_a$  取 0.48， $\partial_b$  取 0.33。

(4) 选用空隙率、砂率

根据粗集料最大粒径与机制砂细度模数参考表 7 选用。

表 7 砂率选用表

细度模数	最大粒径 25~31.5 (mm) 最小捣实空隙率 (%)	最大粒径 25~31.5 (mm) 对应砂率 (%)
2.6	17~19	36~42
2.9	18~20	37~43
3.2	20~22	38~44

(5) 计算各组分量

设掺入粉煤灰的质量百分率为  $p_f$ ，对应密度为  $\rho_f$ ，水泥密度为  $\rho_c$ ，则浆体平均密度：

$$\bar{\rho} = \frac{\text{胶凝材料用量}}{\text{浆体积}} = \frac{1}{\frac{1-p_f}{\rho_c} + \frac{p_f}{\rho_f} + \frac{W/(C+f)}{\rho_w}}$$

1m<sup>3</sup> 中胶凝材料总用量（砂石混合空隙体积  $\alpha$ ，参考表 21 选用，富余量  $\alpha_1$  取 9%）

$$M = (\alpha + \alpha_1) \times 1000 \times \bar{\rho}$$

1m<sup>3</sup> 中水泥用量

$$m_c = M \times (1 - p_f)$$

1m<sup>3</sup> 中粉煤灰用量

$$m_f = M \times p_f$$

1m<sup>3</sup> 中水用量

$$m_w = M \times (W / (C + f))$$

集料总用量

$$(G+S) = (1 - (\alpha + \alpha_1)) \times 1000 \times \rho_g$$

砂用量

$$S = (G+S) \times S_p$$

碎石用量

$$G = (G+S) - S$$

(6) 试拌调整

根据上述计算材料用量和外加剂情况掺入外加剂试拌混凝土，测坍落度和流动度。如不符，则调整水泥浆体积或外加剂掺量。

达到要求后，装入筒中称量筒中混凝土和多余混凝土拌和物质量，求出混凝土表观密度，并校正各计算量。

各材料用量总和按实测的表观密度校正。

### 3、配合比计算举例

例 1：

C25 普通机制砂混凝土，工作性要求坍落度为 50~70mm。

原材料技术指标：水泥采用 P.C32.5 水泥，表观密度 3.1g / cm<sup>3</sup>，28d 强度实测值 38MPa；

粗集料最大粒径 31.5mm，表观密度 2.709 g / cm<sup>3</sup>；机制砂，表观密度 2.710 g / cm<sup>3</sup>，细度模数 2.9。

(1) 计算配制强度

$$f_{cu,p} = f_{cu,0} + 1.645\sigma = 25 + 5 \times 1.645 = 33.2(\text{MPa})$$

(3) 计算水胶比

$$\frac{W}{C+f} = \frac{\partial_a \bullet f_{ce}}{f_{cu,p} + \partial_a \bullet \partial_b \bullet f_{ce}} = \frac{0.46 \times 38}{33.2 + 0.46 \times 0.07 \times 38} = 0.495$$

(3) 选用空隙率、砂率

最大粒径 31.5mm，砂细度模数 2.9，根据表 21，空隙率选 19，砂率选择 41%

(4) 计算各组分用量

浆体平均密度：

$$\bar{\rho} = \frac{\text{胶凝材料用量}}{\text{浆体积}} = \frac{1}{\frac{1}{\rho_c} + \frac{W/(C+f)}{\rho_w}} = \frac{1}{\frac{1}{3.1} + \frac{0.495}{1}} = 1.223$$

1m<sup>3</sup> 中水泥用量

$$m_c = M = (\alpha + \alpha_1) \times 1000 \times \bar{\rho} = (0.19 + 0.09) \times 1000 \times 1.223 = 343 \text{ (kg)}$$

1m<sup>3</sup> 中水用量

$$m_w = M \times (W / (C+f)) = 343 \times 0.495 = 170 \text{ (kg)}$$

集料总用量

$$(G+S) = (1 - (\alpha + \alpha_1)) \times 1000 \times \rho_g = (1 - (0.19 + 0.09)) \times 1000 \times 2.710 = 1944 \text{ (kg)}$$

砂用量

$$S = (G+S) \times S_p = 1944 \times 0.41 = 797 \text{ (kg)}$$

碎石用量

$$G = (G+S) - S = 1944 - 797 = 1147 \text{ (kg)}$$

外加剂用量，根据试拌情况外加剂的品质试拌确定。

配合比如表 8 所示。

表 8 简易法确定的配合比 (1m<sup>3</sup> 材料用量)

用水量 (kg)	胶凝材总量 (kg)	水泥用量 (kg)	砂率 (%)	粗集料用量 (kg)	砂用量 (kg)	外加剂用量 (kg)
170	343	343	41	1147	797	根据试验情况定

例 2: 例 1 中若采用 P.O 42.5 水泥, 表观密度  $3.1\text{g}/\text{cm}^3$ , 28d 强度实测值 48MPa。

因为采用 42.5 级水泥, 水泥富余强度较大, 使得设计混凝土水胶比较大, 浆体较少, 工作性较差, 耐久性不良。因此考虑掺用粉煤灰 (结合安绍高速实际情况, 掺量占胶凝材料总量的 25%), 一方面发挥水泥的最大作用, 另一方面使得混凝土的工作性、经济性、耐久性得到全面提升。

(1) 计算配制强度

$$f_{cu,p} = f_{cu,0} + 1.645\sigma = 25 + 5 \times 1.645 = 33.2(\text{MPa})$$

(2) 按 32.5 级水泥强度 (38MPa) 计算水胶比

$$\frac{W}{C+f} = \frac{\partial_a \cdot f_{ce}}{f_{cu,p} + \partial_a \cdot \partial_b \cdot f_{ce}} = \frac{0.46 \times 38}{33.2 + 0.46 \times 0.07 \times 38} = 0.495$$

以此水胶比作为基础计算浆体平均密度。

(3) 选用空隙率、砂率

最大粒径 31.5mm, 砂细度模数 2.9, 根据表 21, 空隙率选 19, 砂率选择 41%

(4) 计算各组分用量

浆体平均密度 (粉煤灰表观密度实测取用, 此处取  $2.5\text{g}/\text{m}^3$ ):

$$\bar{\rho} = \frac{\text{胶凝材料用量}}{\text{浆体体积}} = \frac{1}{\frac{1-p_f}{\rho_c} + \frac{p_f}{\rho_f} + \frac{W/(C+f)}{\rho_w}} = \frac{1}{\frac{1-0.25}{3.1} + \frac{0.25}{2.5} + \frac{0.495}{1}} = 1.195$$

$1\text{m}^3$  中胶凝材用量

$$M = (\alpha + \alpha_1) \times 1000 \times \bar{\rho} = (0.19 + 0.09) \times 1000 \times 1.195 = 335 \text{ (kg)}$$

$1\text{m}^3$  中水泥用量

$$m_c = M \times (1 - p_f) = 335 \times 0.75 = 251 \text{ (kg)}$$

$1\text{m}^3$  中粉煤灰用量

$$m_f = M \times p_f = 335 \times 0.25 = 84 \text{ (kg)}$$

$1\text{m}^3$  中水用量

$$m_w = M \times (W / (C+f)) = 335 \times 0.495 = 166 \text{ (kg)}$$

集料总用量

$$(G+S) = (1 - (\alpha + \alpha_1)) \times 1000 \times \rho_g = (1 - (0.19 + 0.09)) \times 1000 \times 2.710 = 1944 \text{ (kg)}$$

砂用量

$$S = (G+S) \times Sp = 1944 \times 0.41 = 797 \text{ (kg)}$$

碎石用量

$$G = (G+S) - S = 1944 - 797 = 1147 \text{ (kg)}$$

外加剂用量，根据试拌情况外加剂的品质试拌确定。

配合比如表 9 所示。

表 9 简易法确定的配合比（1m<sup>3</sup>材料用量）

用水量 (kg)	胶凝材总量 (kg)	水泥用量 (kg)	粉煤灰 (kg)	砂率 (%)	粗集料用 量 (kg)	砂用量 (kg)	外加剂用量 (kg)
166	335	251	84	41	1147	797	根据试验情 况定

## 四、施工

机制砂混凝土生产和施工的质量控制，除了符合本手册要求外，还应符合《公路桥涵施工技术规范》(JTJ041)和《混凝土质量控制标准》(GB50164)的有关规定。

### (一) 拌合物的拌制

- 1、机制砂混凝土的拌制不得使用自落式搅拌机，宜采用双卧轴强制式搅拌机。由于机制砂内粉末含量较多，混凝土拌和必须均匀。拌和时间较混凝土施工及验收规范的要求，宜延长30~60s。
- 2、搅拌混凝土前，应测定粗细骨料的含水率，准确测定因天气变化引起的粗细骨料含水量的变化，及时调整施工配合比。一般情况下，每工作班抽测2次含水量，雨天应随时抽测，并按测定结果及时调整混凝土施工配合比。宜在骨料堆场搭设遮雨棚，避免雨水导致骨料堆内外含水差异过大。
- 3、化学外加剂可采用粉剂和液体外加剂，当采用液体外加剂时，应从混凝土用水量中扣除溶液中的水量；当采用粉剂时，应适当延长搅拌时间，延长不宜少于30s。
- 4、拌制第一盘混凝土时，可增加水泥和砂子用量10%，并保持水灰比不变，以便搅拌机挂浆。
- 5、冬季施工时，应保证混凝土拌合物入模温度不低于5℃。
- 6、炎热夏季施工时，可采取在骨料堆场搭设遮阳棚、采用低温水搅拌混凝土或在晚间搅拌混凝土等措施，保证混凝土入模温度不高于30℃。

### (二) 拌合物的运输

- 1、为了确保浇筑工作连续进行，应选用运输能力与混凝土搅拌机的搅拌能力相匹配的运输设备运送混凝土。不得采用机动翻斗车、手推车等工具长距离运送混凝土。
- 2、应保持运输道路平坦畅通，并加强调度，减少运输时间。混凝土出机至浇筑入模之间的间隔时间不宜大于75min。
- 3、应对运输设备采取保温隔热措施，防止局部混凝土温度升高(夏季)或受冻(冬季)。
- 4、如采用搅拌罐车运输混凝土，当罐车到达浇筑现场时，应使搅拌罐高速旋转20~30s，再将混凝土拌合物卸出。如混凝土拌合物因稠度原因出罐困难，可适当加入减水剂(应对加减水剂的情况做好记录)，并使搅拌罐高速旋转90s后，将混凝土拌合物卸出。

- 5、在混凝土拌合物的运输和浇筑过程中，严禁向混凝土拌合物中加水。
- 6、采用混凝土泵输送混凝土时，除应按《泵送混凝土施工技术规范》(JGJ/T 10) 规定进行施工外，还应符合以下规定：
  - (1) 泵送混凝土的出泵坍落度不宜大于 20cm。
  - (2) 泵送混凝土时，输送管路起始水平管段长度不宜小于 15m。除出口处可采用软管外，输送管路的其它部位均不得采用软管。高温或低温环境下，输送管路应采用湿帘和保温材料覆盖。
  - (3) 大高程泵送时，在水平管与垂直管之间，宜选用曲率半径大的弯管过渡；向下泵送混凝土时，管路与垂线的夹角不宜小于 12°，以防止混入空气引起管路阻塞。
  - (4) 应保持混凝土连续泵送，必要时可降低泵送速度以维持泵送的连续性。因各种原因导致停泵时间超过 15min，应每隔 4~5min 开泵一次，使泵机进行正转和反转两个冲程，同时开动料斗搅拌器，防止料斗中混凝土离析。如停泵时间超过 45min，应将管中混凝土清除，并清洗泵机。

### (三) 浇筑

- 1、浇筑混凝土前，应针对工程特点、施工环境条件与施工条件事先设计浇筑方案，包括浇筑起点、浇筑进展方向和浇筑厚度等；混凝土浇筑过程中，不得无故更改事先确定的浇筑方案。
- 2、混凝土浇筑时的自由倾落高度不得大于 2m；当大于 2m 时，应采用滑槽、串筒、漏斗等器具辅助输送混凝土，保证混凝土不出现分层离析现象。
- 3、混凝土的浇筑应采用分层连续推移的方式进行，混凝土的一次浇筑厚度不宜大于 300mm。
- 4、上下层同一位置浇筑的间隔时间不宜超过 120min，不得出现冷缝和随意留置施工缝。
- 5、在炎热气候浇筑混凝土时，应避免模板和新浇混凝土直接受阳光照射，保证混凝土入模前模板和钢筋的温度不超过 30℃，以及附近的局部气温不超过 40℃。可采用仓面喷雾的方式进行降温，并宜安排在傍晚和夜间浇筑混凝土。

在相对湿度较小、风速较大的环境下浇筑混凝土时，应采取适当挡风等措施，并避免浇筑有较大暴露面积的构件。

- 6、浇筑大体积混凝土时，应采取必要控温措施，保证混凝土浇筑体内部最高温度不应大于 70℃，在入模温度基础上，最大绝热温升不宜大于 45℃；中心温度与表层温度的最大温差

不应大于 25℃，混凝土表层温度与周边气温的最大温差不应大于 20℃

7、新浇筑混凝土与邻接的已硬化混凝土或岩土介质间浇筑时的温差不应大于 15℃。

#### (四) 振捣

1、振捣时应避免碰撞模板、钢筋及预埋件。根据不同情况，可选用插入式振动棒、附壁式振捣器或表面平板振捣器振捣混凝土。

2、应按事先规定的工艺路线和方式将入模的混凝土振捣密实，每点的振捣时间不宜超过 30s，以表面呈平坦泛浆为准。机制砂混凝土比河砂混凝土易于流化离析，尤要避免过振。

3、采用插入式振动棒振捣混凝土时，宜采用垂直点振方式振捣，插入间距不应大于棒的振动作用半径的一倍。连续多层浇筑时，插入式振动棒应插入下层混凝土拌合物约 5cm。

4、预应力混凝土梁宜采用附壁式振捣器并辅以插入式振动棒振捣混凝土。

5、在振捣混凝土过程中，应加强检查模板支撑的稳定性和接缝的密合情况，以防漏浆。

#### (五) 养护

1、混凝土振捣完成后，应及时对混凝土暴露面进行覆盖，防止表面水分损失。暴露面混凝土初凝前，应掀起覆盖物，用抹子搓压表面至少二遍，使之平整后再次覆盖。

2、混凝土带模养护期间，可采取包裹、浇水、喷淋洒水等措施进行保湿养护。

3、拆模后，应对混凝土采用蓄水、浇水、洒水或覆盖充水保湿等措施进行潮湿养护。

4、机制砂混凝土养护时间要求：保湿养护 14 天以上。

5、混凝土拆模后可能与流动水接触情况下，应在混凝土与流动水接触前养护 10d 以上，且确保混凝土获得 75% 以上的设计强度后，再与流动水接触。

6、当负温天气时，应采取适当的防冻措施。

7、混凝土养护期间，施工和监理单位应对混凝土的养护过程作详细记录。

## 五、质量检验和验收

公路桥涵混凝土质量检验与验收应符合本章以及《公路桥涵施工技术规范》(JTJ041)的规定。

1、拌和系统各种计量仪器设备在投入使用前必须经标定合格后才能使用，且混凝土生产单位每月应自检一次，以确保计量仪器设备的准确度。原材料计量偏差每班检查 2 次；混凝土搅拌时间每班检查 2 次，检验结果应符合相关规定。

2、应对混凝土拌合物进行抽样检验。混凝土拌合物性能检验项目包括：坍落度、扩展度、坍落度经时损失、凝结时间、离析、泌水和粘稠性。其中，坍落度和扩展度应在搅拌地点和浇筑地点分别取样检验。

3、混凝土拌合物检验频率应为：坍落度、扩展度、离析、泌水和粘稠性项目每班至少检验 2 次。坍落度经时损失、凝结时间项目 24h 检验一次。

4、拌合物性能出现异常，应及时找出出现问题的原因，并根据实际情况，对配合比进行调整。

5、应对硬化混凝土进行抽样检验，按照相关标准进行检验验收。