

DB53

云南省地方标准

DB53/T 1000—2020

云南省公路工程高性能混凝土
应用技术规程

2020 - 08 - 17 发布

2020 - 11 - 17 实施

云南省市场监督管理局 发布

目 次

前言 III

引言 IV

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语定义和符号 2

 3.1 术语定义 2

 3.2 符号 4

4 原材料 4

 4.1 水泥 4

 4.2 矿物掺合料 4

 4.3 外加剂 6

 4.4 细集料 7

 4.5 粗集料 9

 4.6 拌合用水 11

 4.7 原材料储存与管理 12

5 混凝土配合比设计 12

 5.1 一般规定 12

 5.2 混凝土掺合料品种和掺量 13

 5.3 水胶比及胶凝材料用量 13

 5.4 混凝土中氯离子含量 14

 5.5 混凝土中碱含量 14

 5.6 混凝土抗裂性能 14

 5.7 混凝土耐久性能 14

6 特殊混凝土 15

 6.1 抗渗混凝土 15

 6.2 大体积混凝土 15

 6.3 抗冻混凝土 16

 6.4 高强混凝土 16

 6.5 预应力混凝土 17

7 混凝土生产与施工 18

 7.1 一般规定 18

 7.2 计量 19

 7.3 搅拌 19

 7.4 运输 20

7.5 浇筑..... 21

7.6 养护..... 23

7.7 拆模..... 24

8 质量检验..... 24

8.1 一般规定..... 24

8.2 混凝土抗压强度检测和评定..... 25

8.3 混凝土耐久性检验..... 26

附录 A（资料性附录） 混凝土减水剂密度、与水泥相容性快速测定方法..... 27

参考文献..... 30

云南省公路工程高性能混凝土应用技术规程

1 范围

本标准对公路工程高性能混凝土的术语定义和符号、一般规定、原材料、配合比设计、特殊混凝土、混凝土生产与施工及质量检验做出了规定。

本标准适用于云南省新建、改扩建公路工程强度等级不低于C30的高性能混凝土原材料质量控制、配合比设计、生产与施工和质量检验。

公路工程高性能混凝土的应用除应符合本标准的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 规范性引用文件

下列文件对于本规程的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本规程。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规程。

- GB 175 通用硅酸盐水泥
- GB/T 176 水泥化学分析方法
- GB 200 中热硅酸盐水泥低热硅酸盐水泥低热矿渣硅酸盐水泥
- GB/T 208 水泥密度测定方法
- GB/T 1345 水泥细度检验方法筛析法
- GB/T 1346 水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法
- GB/T 1596 用于水泥和混凝土中的粉煤灰
- GB/T 8074 水泥比表面积测定方法（勃氏法）
- GB 8076 混凝土外加剂
- GB/T 8077 混凝土外加剂匀质性试验方法
- GB/T 10171 建筑施工机械与设备混凝土搅拌站（楼）
- GB/T 12959 水泥水化热测定方法
- GB/T 14684 建设用砂
- GB/T 14685 建设用卵石、碎石
- GB/T 18046 用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉
- GB/T 18736 高强高性能混凝土用矿物外加剂
- GB/T 19587 气体吸附BET法测定固态物质比表面积
- GB/T 26408 混凝土搅拌运输车
- GB/T 26751 用于水泥和混凝土中的粒化电炉磷渣粉
- GB/T 50080 普通混凝土拌合物性能试验方法标准
- GB/T 50081 普通混凝土物理力学性能试验方法标准
- GB/T 50082 普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准
- GB/T 50107 混凝土强度检验评定标准
- JC/T 420 水泥原料中氯离子的化学分析方法
- JC 473 混凝土泵送剂
- JC/T 729 水泥净浆搅拌机
- JC/T 1083 水泥与减水剂相容性试验方法

JC/T 1088 粒化电炉磷渣化学分析方法
JGJ/T 10 混凝土泵送施工技术规范
JGJ 63 混凝土用水标准
JT/T 522 公路工程混凝土养护剂
JT/T 993 公路工程水泥混凝土用天然火山灰质材料
JTG E30 公路工程水泥及水泥混凝土试验规程
JTG E41 公路工程岩石试验规程
JTG E42 公路工程集料试验规程
JTG/T F50 公路桥涵施工技术规范
JTJ 270 水运工程混凝土试验规程
DBJ 53/T-2 普通混凝土配制技术规程

3 术语定义和符号

下列术语定义和符号适用于本标准。

3.1

高性能混凝土

以建设工程设计、施工和使用对混凝土性能特定要求为总体目标，选用优质常规原材料，合理掺加外加剂和矿物掺合料，采用较低水胶比并优化配合比，通过预拌和严格的施工措施，制成具有优异的工作性能、力学性能、耐久性能的混凝土。

3.2

抗渗混凝土

抗渗等级不低于P6的混凝土。

3.3

高强混凝土

强度等级不低于C60的混凝土。

3.4

大体积混凝土

体积较大的、可能由胶凝材料水化热引起的温度应力导致有害裂缝的结构混凝土。

3.5

抗冻混凝土

抗冻等级不低于F50的混凝土。

3.6

预应力混凝土

由配置受力的预应力筋通过张拉或其他方法建立预加应力的混凝土。

3.7

胶凝材料

混凝土中水泥和矿物掺合料的总称。

3.8

胶凝材料用量

每立方米混凝土中水泥和矿物掺合料用量之和。

3.9

水胶比

混凝土中用水量与胶凝材料用量的质量比。

3.10

矿物掺合料掺量

混凝土中矿物掺合料用量占胶凝材料用量的质量百分比。

3.11

外加剂掺量

混凝土中外加剂用量与胶凝材料用量的质量百分比。

3.12

碱活性集料

在一定条件下会与混凝土中的碱发生化学反应，导致混凝土结构产生膨胀、开裂甚至破坏的集料。

3.13

混凝土抗冻等级

描述混凝土抵抗冻融循环破坏能力的指标。

3.14

混凝土结构的耐久性

在预定作用和预期的维护和使用条件下，混凝土结构及构件在设计使用年限内保持其适用性和安全性的能力。

3.15

亚甲蓝（MB）值

用于判定机制砂中粒径小于75 μm 颗粒吸附性能的指标。

3.16

高性能减水剂

比高效减水剂具有更高减水率、更好坍落度保持性能、较小干燥收缩、且具有一定引气性能的减水剂。

3.17

水泥与减水剂相容性

水泥与减水剂相互容纳并形成宏观均匀材料的能力。具体来说，使用相同减水剂或水泥时，由于水泥或减水剂的质量而引起水泥浆体流动性、经时损失的变化程度以及获得相同的流动性减水剂用量的变化程度。

3.18

符号和缩略语

F_0 —固定用水量、掺用推荐减水剂掺量的新拌水泥浆体的最大扩展直径（mm）；

$F_{m(60\text{ min})}$ —测完初始流动度的水泥浆体放置60 min后重新搅拌均匀后测定的最大扩展直径（mm）；

$F_{m(120\text{ min})}$ —测完初始流动度的水泥浆体放置120 min后重新搅拌均匀后测定的最大扩展直径（mm）。

4 原材料

4.1 水泥

4.1.1 一般规定

4.1.1.1 水泥宜选用品质稳定、标准稠度用水量低，强度等级为42.5级的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，不宜选用矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥以及强度等级为52.5级或52.5R级水泥。

4.1.1.2 水泥的品种和强度等级应通过混凝土配合比试验选定，其特性应满足工程对混凝土工作性能、力学性能、长期性能和耐久性等的技术要求。

4.1.2 水泥的技术要求

4.1.2.1 除应符合 GB 175 的规定外，尚应符合表 1 的规定。

表1 水泥

项目	技术要求	试验方法
游离氧化钙含量 (%)	≤ 1.5	GB/T 176
熟料中的 C_3A 含量 (%)	≤ 8.0	GB/T 176
氯离子含量 (%)	≤ 0.03	JC/T 420

4.1.3.1 对于需要预防混凝土碱集料反应的工程，或当配制混凝土原材料中含有碱活性集料时，应选用含碱量不大于 0.6 % 的低碱水泥。

4.2 矿物掺合料

4.2.1 矿物掺合料应选用品质稳定且来料均匀的粉煤灰、粒化高炉矿渣粉、粒化电炉磷渣粉、天然火山灰质材料和硅灰等。

4.2.2 用于公路工程高性能混凝土的粉煤灰、粒化高炉矿渣粉、粒化电炉磷渣粉、天然火山灰质材料和硅灰的性能除应分别符合 GB/T 1596、GB/T 18046、GB/T 26751、JT/T 993 和 GB/T 18736 的要求外，尚应分别符合表 2～表 6 的规定。

表2 粉煤灰（F 类）

项目	技术要求	试验方法
细度（45 μm 方孔筛筛余，%）	≤ 30.0	GB/T 1596
需水量比 (%)	≤ 105	
含水量 (%)	≤ 1.0 （干排灰）	
强度活性指数 (%)	≥ 70.0	
密度（ g/cm^3 ）	≤ 2.6	GB/T 208
烧失量 (%)	≤ 8.0	GB/T 176
三氧化硫含量 (%)	≤ 3.0	
游离氧化钙含量 (%)	≤ 1.0	
二氧化硅、三氧化二铝和三氧化二铁的总质量分数 (%)	≥ 70.0	

表3 粒化高炉矿渣粉

项目		技术要求		试验方法
		C50 以下混凝土	C50 及以上混凝土	
密度（ g/cm^3 ）		≥ 2.8		GB/T 208
比表面积（ m^2/kg ）		≥ 300	≥ 400	GB/T 8074
活性指数 (%)	7d	≥ 55	≥ 70	GB/T 18046

表 3 (续)

项目		技术要求		试验方法
		C50 以下混凝土	C50 及以上混凝土	
活性指数（%）	28d	≥75	≥95	GB/T 18046
流动度比（%）		≥95		
初凝时间比（%）		≤200		
含水量（%）		≤1.0		
玻璃体含量（%）		≥85		
烧失量（%）		≤1.0		
三氧化硫含量（%）		≤4.0		GB/T 176
氯离子含量（%）		≤0.06		
不溶物（%）		≤3.0		

表4 粒化电炉磷渣粉

项目		技术要求		试验方法
		C50 以下混凝土	C50 及以上混凝土	
比表面积 (m ² /kg)		≥350		GB/T 8074
活性指数 (%)	7d	≥60	≥70	GB/T 26751
	28d	≥85	≥95	
流动度比 (%)		≥95		
密度 (g/cm ³)		≥2.8		GB/T 208
P ₂ O ₅ 含量 (%)		≤3.5		JC/T 1088
碱含量 (%)		≤1.0		JC/T 1088
SO ₃ 含量 (%)		≤4.0		
氯离子含量 (%)		≤0.06		
烧失量 (%)		≤3.0		
含水量 (%)		≤1.0		GB/T 18046
玻璃体含量 (%)		≥80.0		

表5 天然火山灰质材料

项目	技术要求	试验方法
反应质量指数 (%)	≥70	JT/T 993 中 5.2
细度 (45 μm 方孔筛筛余, %)	≤20	GB/T 1345
需水量比 (%)	≤120	GB/T 1596
28d 活性指数 (%)	≥70	
含水率 (%)	≤1.0	
烧失量 (%)	≤10	GB/T 176
三氧化硫含量 (%)	≤3.5	
氯离子含量 (%)	≤0.06	

表6 硅灰

项目		技术要求	试验方法
比表面积 (m^2/kg)		≥ 15000	GB/T 19587
细度 (45 μm 方孔筛筛余, %)		≤ 5.0	GB/T 1345
烧失量 (%)		≤ 6.0	GB/T 176
SiO_2 含量 (%)		≥ 85	
氯离子含量 (%)		≤ 0.10	
需水量比 (%)		≤ 125	GB/T 18736
含水率 (%)		≤ 3.0	
活性指数 (%)	3d	≥ 90	
	7d	≥ 95	
	28d	≥ 115	

4.3 外加剂

4.3.1 一般规定

4.3.1.1 混凝土用减水剂应选用高性能减水剂。

4.3.1.2 混凝土用减水剂宜选择减水率适宜、坍落度损失小、适量引气、与实际工程使用的水泥等原材料具有良好的相容性、能明显改善或提高混凝土耐久性能且质量稳定的产品。

4.3.1.3 外加剂的品种和掺量应根据使用要求、施工条件、混凝土原材料的变化等通过试验确定。

4.3.1.4 引气剂或引气型外加剂应有良好的气泡稳定性。

4.3.1.5 不应采用含有氯盐的防冻剂。

4.3.1.6 外加剂应经过具备相关资质的检测机构检验并附有合格证明。

4.3.1.7 外加剂或水泥 (包括矿物掺合料) 进场及批次发生变化时, 应对外加剂的密度、减水率及其与实际工程所用的水泥 (包括矿物掺合料) 之间的相容性进行复验, 测试方法宜参照本规程附录 A 进行。复验结果满足要求后方可用于工程中。

4.3.2 技术指标

高性能减水剂性能指标除应符合 GB 8076 的规定外, 尚应符合表 7 的规定。

表7 高性能减水剂性能指标

项目	技术要求	试验方法
水泥净浆流动度 (mm)	≥ 240	GB/T 8077
硫酸钠含量 (%)	≤ 5.0	
氯离子含量 (%)	≤ 0.02	
碱含量 ($\text{Na}_2\text{O}+0.658\text{K}_2\text{O}$, %)	≤ 10.0	
压力泌水率比 (%)	≤ 90	JC 473

4.4 细集料

4.4.1 一般规定

4.4.1.1 细集料宜选用级配良好、质地均匀坚固、吸水率低、空隙小、细度模数为 2.6~3.2 的中粗河砂，或机制砂与河砂混掺的混合砂。

4.4.1.2 细集料不应使用山砂。

4.4.1.3 细集料中不应混有草根、树叶、塑料、煤块、炉渣等杂物。

4.4.1.4 砂按细度模数可分为：粗砂（细度模数 3.7~3.1）；中砂（细度模数 3.0~2.3）；细砂（细度模数 2.2~1.6）。

4.4.2 技术指标

4.4.2.1 细集料的技术要求应符合表 8 的规定。

表8 细集料技术指标

项目			技术要求 ^a		试验方法
			I 类	II 类	
有害物质含量	云母（按质量计，%）		≤1.0	≤2.0	JTG E42 中第四章 T 0337
	轻物质（按质量计，%）		≤1.0		JTG E42 中第四章 T 0338
	有机物（比色法）		合格		JTG E42 中第四章 T 0336
	硫化物及硫酸盐（按 SO ₃ 质量计，%）		≤1.0		JTG E42 中第四章 T 0341
	氯化物（按质量计，%）		<0.01	<0.02	GB/T 14684 中 7.11
天然砂含泥量（按质量计，%）			≤2.0	≤3.0	JTG E42 中第四章 T 0333
泥块含量（按质量计，%）			≤0.5	≤1.0	JTG E42 中第四章 T 0335
机制砂（混合砂）的石粉含量（按质量计，%）	亚甲蓝试验	MB 值<1.4 或合格	≤5.0	≤15.0	MB 值：JTG E42 中第四章 T 0349 石粉含量：JTG E42 中第四章 T 0333
		MB 值≥1.4 或合格	≤2.0	≤3.0	
坚固性	天然砂（硫酸钠溶液法经 5 次循环后的质量损失，%）		≤8.0		JTG E42 中第四章 T 0340
	机制砂（混合砂）单级最大压碎指标（%）		<20	<25	GB/T 14684-2011 中 7.13.2
表观密度（kg/m ³ ）			>2500		JTG E42 中第四章 T 0328
松散堆积密度（kg/m ³ ）			>1350		JTG E42 中第四章 T 0331
空隙率（%）			<47		JTG E42 中第四章 T0331
碱集料反应 ^b	硅质集料		经碱集料反应试验后，由砂配制的试件无裂缝、酥裂、胶体外溢现象，在规定实验龄期的膨胀率应小于 0.10 %		JTG E42 中第三章 T 0324、T 0325、GB/T 14684-2011 中 7.16.2
	碳酸盐类集料				JTG E42 中第三章 T 0324、GB/T 14685-2011 中 7.15.3
^a 细集料按技术要求分为 I 类、II 类。I 类宜用于强度等级大于 C60 的混凝土；II 类宜用于强度等级 C30～C60 及有抗冻、抗渗或其他要求的混凝土。					
^b 当用岩相法（JTG E42 中第三章 T 0324）试验评定集料为碱活性或可疑碱活性时，硅质集料宜采用 JTG E42 中第三章 T 0325 或 GB/T 14684-2011 中 7.16.2，碳酸盐类集料宜采用 GB/T 14685-2011 中 7.15.3。					

4.4.2.2 当碱集料反应不符合表 8 的要求时，应采取抑制碱集料反应的技术措施。

4.4.2.3 机制砂在满足 4.4.2.1 的规定的情况下,当 MB 值 <1.4 ,如果石粉含量大于 7.0 %且不大于 15.0 %,应配合使用其他洁净的天然砂或水洗砂,且机制砂的比例不宜超过 50 %;当超过这一比例时,应经混凝土试配验证,其工作性能、力学性能、长期性能和耐久性能满足设计和施工要求并符合现行国家和行业相关标准时,方可使用。

4.4.2.4 对可能处于干湿循环、冻融循环下的混凝土,细集料含泥量应小于 1.0 %。

4.4.2.5 细集料的级配应处于表 9 中的任一级配区以内。细集料筛分试验应按 JTG E42 中第四章 T 0327 执行。

表9 细集料的级配范围

方孔筛筛孔 边长尺寸 (mm)	累计筛余 (%)			
	级配区			
	河砂		机制砂	
	I 区	II 区	I 类	II 类
9.5	0	0	0	0
4.75	10~0	10~0	10~0	10~0
2.36	35~5	25~0	20~5	50~5
1.18	65~35	50~10	50~15	70~35
0.6	85~71	70~41	70~40	85~71
0.3	95~80	92~70	90~80	95~80
0.15	100~90	100~90	100~90	100~85
注:表中除4.75 mm和0.6 mm筛孔外,其余各筛孔的累积筛余可超出分界线,但其超出量不应大于5 %。				

4.4.2.6 对高强度、泵送混凝土宜选用细度模数为(3.2~2.6)的中(粗)砂,且 2.36 mm 筛孔的累计筛余量不应超过 15 %, 300 μm 筛孔的累计筛余量宜在 85 %~92 %范围内。

4.4.2.7 细集料宜按同产地、同规格、连续进场数量不超过 400 m^3 或 600 t 为一验收批,小批量进场的不宜超过 200 m^3 或 300 t 为一验收批进行检验;当质量稳定且进料量较大时,可以 1000 t 为一验收批。检验内容应包括外观、筛分、细度模数、有机物含量、含泥量、泥块含量及机制砂(或混合砂)的 MB 值和石粉含量等;必要时尚应对坚固性、有害物质含量、氯离子含量及碱活性等指标进行检验。

4.5 粗集料

4.5.1 一般规定

4.5.1.1 粗集料宜选用质地均匀坚硬、粒形良好、级配合理的洁净碎石或卵石,不宜采用砂岩加工成的碎石。

4.5.1.2 粗集料中不应混有草根、树叶、树枝、塑料、煤块、炉渣等杂物。

4.5.1.3 采用卵石破碎成砾石时,应具有两个或以上的破碎面,且其破碎面不应小于 70 %。

4.5.1.4 施工前应对所用的粗集料进行碱活性检验,应避免采用有碱活性反应的粗集料,必须采用时应采取必要的抑制措施。

4.5.1.5 当集料中含颗粒状硫酸盐或硫化物杂质时,应进行检验,确认能满足混凝土耐久性要求后,方可采用。

4.5.2 技术指标

4.5.2.1 粗集料的技术要求应符合表 10 的规定。

表10 粗集料技术指标

项目		技术要求 ^a		试验方法
		I 类	II 类	
碎石压碎指标（%）		<18	<23	JTG E42 中第三章 T 0316
卵石压碎指标（%）		<20	<25	
坚固性(硫酸钠溶液法经 5 次循环后的质量损失，%)		<5	<8	JTG E42 中第三章 T 0314
吸水率（%）		<1.0	<2.0	JTG E42 中第三章 T 0304
针片状颗粒含量（按质量计，%）		<5	<15	JTG E42 中第三章 T 0311
有害物质含量	含泥量（按质量计，%）	<0.5	<1.0	JTG E42 中第三章 T 0310
	泥块含量（按质量计，%）	0	<0.5	JTG E42 中第三章 T 0310
	有机物含量（比色法）	合格		JTG E42 中第三章 T 0313
	硫化物及硫酸盐含量（按 SO ₃ 质量计，%）	<0.5	<1.0	GB/T 14685-2011 中 7.8
岩石抗压强度（水饱和状态，MPa）		火成岩>80；变质岩>60；水成岩>30		JTG E41 中第四章 T 0221
岩石抗冻性 ^b		冻融系数>75%；质量损失率<2%		JTG E41 中第五章 T 0241
表观密度（kg/m ³ ）		>2500		JTG E42 中第三章 T 0304
松散堆积密度（kg/m ³ ）		>1350		JTG E42 中第三章 T 0309
空隙率（%）		<47		JTG E42 中第三章 T 0309
碱集料反应 ^c	硅质集料	经碱集料反应试验后，由砂配制的试件无裂缝、酥裂、胶体外溢现象，在规定试验龄期的膨胀率应小于 0.10 %		JTG E42 中第三章 T 0324、T 0325、GB/T 14685-2011 中 7.15.2
	碳酸盐类集料			JTG E42 中第三章 T 0324、GB/T 14685-2011 中 7.15.3
^a I 类宜用于强度等级大于 C60 的混凝土；II 类宜用于强度等级 C30~C60 及有抗冻、抗渗或其他要求的混凝土。 ^b 非寒冷地区可不要求。 ^c 当用岩相法（JTG E42 中第三章 T 0324）试验评定集料为碱活性或可疑碱活性时，硅质集料宜采用 JTG E42 中第三章 T 0325 或 GB/T 14685-2011 中 7.15.2，碳酸盐类集料宜采用 GB/T 14685-2011 中 7.15.3。				

4.5.2.2 岩石的抗压强度除应满足表 10 的要求外, 其抗压强度与混凝土强度等级之比不应小于 1.5。

4.5.2.3 寒冷地区且经常处于干湿交替状态的混凝土, 或处于干燥环境但有抗疲劳、耐磨、抗冲击要求或强度等级大于 C40 的混凝土, 粗集料的坚固性应小于 5%。

4.5.2.4 粗集料的级配范围应符合表 11 的规定。

表11 粗集料级配范围

级配	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	9.50	16.0	19.0	26.5	31.5	37.5	53.0	63.0	75.0	90.0
连续级配	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			
单粒级配	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

4.5.2.5 根据混凝土集料最大粒径要求,粗骨料宜采用连续两级配或连续多级配,不宜单独采用单级配或间断级配,可采用单级配集料组合成满足要求级配的连续级配。

4.5.2.6 粗集料最大粒径宜按混凝土结构情况及施工方法选取,但最大粒径不应超过结构最小边尺寸的 1/4 和钢筋最小净距的 3/4;在两层或多层密布钢筋结构中,最大粒径不应超过钢筋最小净距的 1/2,同时不应超过 75.0 mm。混凝土实心板的粗集料最大粒径不宜超过板厚的 1/3 且不应超过 37.5 mm。泵送混凝土的粗集料最大粒径除应符合上述规定外,碎石不宜超过输送管径的 1/3,卵石不宜超过输送管径的 1/2.5。

4.5.2.7 粗集料的进场检验批应符合 4.4.2.7 的规定,检验内容应包括外观、颗粒级配、针片状颗粒含量、含泥量、泥块含量、压碎值指标等。

4.6 拌合用水

4.6.1 一般规定

4.6.1.1 混凝土拌合和养护用水应符合 JGJ 63 的规定。

4.6.1.2 混凝土用水不应有漂浮明显的油脂和泡沫，及有明显的颜色和异味。

4.6.1.3 对设计使用年限为 100 年的结构混凝土，混凝土拌合用水中氯离子含量不应超过 500 mg/L；对使用钢丝或热处理钢筋的预应力混凝土，混凝土拌合用水中氯离子含量不应超过 350 mg/L。

4.6.2 技术指标

混凝土用水的技术指标应符合表12的规定。

表12 拌合用水技术指标

项目	预应力混凝土	钢筋混凝土	素混凝土	试验方法
pH 值	≥5.0	≥4.5	≥4.5	JGJ 63
不溶物 (mg/L)	≤2000		≤5000	
可溶物 (mg/L)	≤2000	≤5000	≤10000	
氯化物 (以 Cl ⁻ 计, mg/L)	≤500	≤1000	≤3500	
硫酸盐 (以 SO ₄ ²⁻ 计, mg/L)	≤600	≤2000	≤2700	
碱含量 (rag/L) ^a	≤1500			
^a 碱含量按 Na ₂ O+0.658K ₂ O 计算值表示。采用非碱活性集料时，可不检验碱含量。				

4.7 原材料储存与管理

4.7.1 一般规定

4.7.1.1 混凝土原材料进场时，供方应按规定批次向需方提供质量证明文件。质量证明文件应包括型式检验报告、出厂检验报告与合格证等，外加剂产品尚应提供使用说明书。

4.7.1.2 混凝土原材料进场时，应进行检验，检验样品应随机抽取。

4.7.1.3 不同混凝土原材料应有固定的堆放地点和明确的标识，应标明材料名称、品种、生产厂家、生产日期和进场日期。

4.7.1.4 水泥、矿物掺合料等应采用散料仓分别存储标识并上锁。

4.7.1.5 混凝土原材料堆放场地应硬化并设置遮阳、防雨设施。

4.7.1.6 袋装粉料在运输和存放期间应用专用库房存放，不应露天堆放，且应注意防潮。

4.7.2 水泥要求

水泥的堆放、存储和使用应符合下列要求：

- 水泥应按品种、强度等级和生产厂家分别标识和储存；应防止水泥受潮及污染，不应采用结块的水泥；
- 水泥出厂超过 3 个月应进行复检，合格者方可使用；
- 水泥进场应测量温度，且水泥用于生产时的温度不宜高于 60 ℃。

4.7.3 集料的要求

集料的堆放、存储应符合下列要求：

- 集料堆放时应有分界设施及标识；
- 集料的堆放场地应备有清洗、排水设施；
- 集料应按配合比要求分级进行采购、运输、堆放、计量；

- d) 粗集料在生产、运输和存储过程中,不应混入影响混凝土性能的有害物质;
- e) 在装卸及存储粗集料时,应采取措施,使集料颗粒级配均匀,并保持干净。

4.7.4 液态外加剂的要求

液态外加剂应储存在密闭容器内,应采取防晒、防冻和必要的搅拌措施。如有沉淀等异常现象,应经检验合格后方可使用。

5 混凝土配合比设计

5.1 一般规定

5.1.1 混凝土配合比设计应满足混凝土配制强度及其他力学性能、工作性能、长期性能和耐久性能的设计要求。同时综合考虑经济性、适用性和节能环保因素,选择最合适的配合比作为理论配合比。

5.1.2 混凝土配合比设计应遵循低用水量、低水泥用量、最大集料堆积密度、水胶比适宜、活性掺合料与高性能减水剂双掺或多掺的原则。

5.1.3 混凝土配合比应根据结构部位、环境条件和施工工艺等,通过计算、试配、调整等步骤选定。

5.1.4 当采用机制砂配制混凝土时,应根据原材料的性能及混凝土结构的技术要求进行计算,并经过试验室试配、调整,满足要求后方可使用。

5.1.5 采用机制砂配制混凝土时,当机制砂 MB 值小于 1.4,机制砂中的石灰石粉可作为矿物掺合料使用,作为矿物掺合料使用的石灰石粉应计入混凝土胶凝材料用量,且其比例不应超过胶凝材料总量的 10%。

5.1.6 采用机制砂配制混凝土时,混凝土的砂率应根据机制砂细度模数、颗粒级配、石粉含量及 MB 值,以及混凝土水胶比,碎石最大粒径等因素确定。采用河砂时,砂率宜取 34%~41%;采用机制砂时,砂率宜取 38%~45%。

5.1.7 混凝土配合比设计方法和步骤可参照 JGJ 55 的规定执行,其中计算水胶比时所用的回归系数 α_a 、 α_b 宜参照 DBJ/53-2 中第四章分别取 0.40 和 -0.41。

5.2 混凝土掺合料品种和掺量

5.2.1 混凝土中矿物掺合料的品种和掺量,应根据矿物掺合料本身的品质,结合混凝土其他参数、工程特点、所处的环境等因素,宜按下列原则选择确定:

- a) 混凝土的水胶比较小、浇筑温度与气温较高、混凝土强度验收龄期较长时,矿物掺合料宜采用较大掺量;
- b) 对混凝土构件最小截面尺寸较大的大体积混凝土、水下工程混凝土以及有抗腐蚀要求的混凝土等,可在本规程 5.2.3 的基础上,根据需要适当增加矿物掺合料的掺量;
- c) 对于最小截面尺寸小于 150 mm 的构件混凝土,宜采用较小坍落度,矿物掺合料宜采用较小掺量;
- d) 对早期强度要求较高或环境温度较低条件下施工的混凝土,矿物掺合料宜采用较小掺量;
- e) 对可能存在疲劳等动荷载部位的混凝土,不宜选择磷渣粉作为矿物掺合料。

5.2.2 矿物掺合料性能除应符合本标准的规定外,尚应采用实际原材料经混凝土试配验证,其工作性能、力学性能、长期性能和耐久性能满足设计和施工要求并符合现行国家和行业相关标准时,方可使用。

5.2.3 当混凝土中需要使用掺合料时,应了解水泥中混合材的品种和掺量,并应根据工程所处的环境条件、结构特点,通过试验来确定混凝土中矿物掺合料的最佳掺量。

5.2.4 各种矿物掺合料在混凝土胶凝材料中的最大掺量应符合表 13 的规定。

表13 矿物掺合料占胶凝材料总量的百分率最大值

矿物掺合料种类	水胶比	矿物掺合料占胶凝材料总量的百分率限值 (%)			
		钢筋混凝土		预应力混凝土	
		硅酸盐水泥	普通硅酸盐水泥	硅酸盐水泥	普通硅酸盐水泥
粉煤灰 (F 类)	≤ 0.40	40	30	25	20
	> 0.40	25	15	20	15
粒化高炉矿渣粉	≤ 0.40	65	55	55	45
	> 0.40	55	45	45	35
磷渣粉	/	30	20	20	10
硅灰	/	10	10	10	10

5.3 水胶比及胶凝材料用量

5.3.1 C30~C35 混凝土胶凝材料总量不宜大于 400 kg/m^3 , C40~C50 混凝土胶凝材料总量不宜大于 450 kg/m^3 , C55 混凝土胶凝材料总量不宜大于 500 kg/m^3 。

5.3.2 混凝土结构需要早龄期拆模和预应力混凝土结构冬期施工 (当昼夜平均气温低于 5°C 或最低气温低于 -3°C 时) 时, 可提高水泥用量 $10 \text{ kg/m}^3 \sim 20 \text{ kg/m}^3$ 。采用非泵送工艺进行施工时, 胶凝材料用量可降低 $10 \text{ kg/m}^3 \sim 20 \text{ kg/m}^3$ 。

5.3.3 配有钢筋的混凝土结构, 在不同环境条件下其最大水胶比和单方混凝土中胶凝材料的最小用量应符合设计要求。设计未要求时, 当混凝土结构处于温暖或寒冷地区的大气环境、与无侵蚀的水或土接触的环境时, 应符合表 14 的规定。

表14 混凝土水胶比及胶凝材料用量范围

混凝土强度等级	典型结构部位	最大水胶比	最小胶凝材料用量 ^a (kg/m^3)
C30	墩柱、承台、盖梁、隧道衬砌等	0.55	280
C40	墩柱、承台、桥面板、盖梁等	0.45	320
C50	预制梁等	0.36	360 (350)
C55	现浇梁等	0.32	380 (370)
^a 当使用强度等级为 52.5 的水泥时, 按括号内取值。			

5.4 混凝土中氯离子含量

5.4.1 混凝土拌合物中由各种原材料引入的氯离子总质量不应超过胶凝材料总量的 0.10% (钢筋混凝土) 和 0.06% (预应力混凝土)。

5.4.2 混凝土拌合物中水溶性氯离子含量测试方法应符合 JTJ 270 的规定。

5.5 混凝土中碱含量

5.5.1 一般桥涵用混凝土拌合物单方混凝土总碱含量不宜大于 3.0 kg/m^3 , 对特大桥、大桥和重要桥梁用混凝土拌合物单方混凝土总碱含量不宜大于 1.8 kg/m^3 。

5.5.2 当混凝土结构处于受严重侵蚀的环境时, 不应使用有碱活性的集料。

5.5.3 对于矿物掺合料碱含量,粉煤灰的碱含量可取实测值的 1/6,矿渣粉的碱含量可取实测值的 1/2,粒化电炉磷渣粉碱含量可取实测值的 1/2。天然火山灰质材料使用前应根据 GB/T 50082 并采用实际混凝土材料和配合比进行碱集料反应试验验证后方可使用。

5.6 混凝土抗裂性能

5.6.1 当由于胶凝材料水化热引起的温度应力、或由于环境因素可能导致有害裂缝的结构混凝土配合比设计时,应对混凝土早期抗裂性能进行试验,宜选择开裂面积较小的配合比作为设计配合比。

5.6.2 混凝土早期抗裂试验方法应按照 GB/T 50082 的规定执行。

5.6.3 混凝土早期抗裂性能等级划分应按照 GB/T 50146 的规定执行。

5.7 混凝土耐久性能

5.7.1 当公路桥涵工程设计中对混凝土耐久性能有要求时,配合比设计时应应对混凝土耐久性能进行试验,耐久性能应满足设计要求;当设计对混凝土耐久性无要求时,宜对混凝土电通量进行试验,宜选择电通量较小的配合比作为设计配合比。

5.7.2 混凝土电通量等耐久性检测项目的试验方法应按照 GB/T 50082 的规定执行。

5.7.3 混凝土电通量等耐久性检测项目的等级划分应按照 GB/T 50146 的规定执行。

6 特殊混凝土

6.1 抗渗混凝土

6.1.1 原材料

6.1.1.1 水泥宜采用普通硅酸盐水泥。

6.1.1.2 粗集料宜采用连续级配,其最大公称粒径不宜大于 37.5 mm。

6.1.1.3 细集料宜采用级配良好、质地坚硬的中砂。

6.1.1.4 抗渗混凝土宜掺加外加剂和矿物掺合料,掺合料的掺量应通过试验确定。

6.1.2 配合比

6.1.2.1 胶凝材料的总量不宜小于 320 kg/m³;砂率宜为 35%~45%。

6.1.2.2 最大水胶比应符合表 15 的规定。

表15 抗渗混凝土最大水胶比

设计抗渗等级	最大水胶比	
	C30 混凝土	C30 以上混凝土
P6	0.60	0.55
P8~P12	0.55	0.50
>P12	0.50	0.45

6.1.3 掺用引气剂或引气型外加剂的抗渗混凝土,应进行含气量试验,含气量宜控制在 3.0%~5.0%。

6.1.4 混凝土抗渗性试验方法应符合 GB/T 50082 的规定。试配时要求的抗渗水压值应比设计值高 0.2 MPa。

6.2 大体积混凝土

6.2.1 原材料

6.2.1.1 水泥宜选用质量稳定有利于改善混凝土抗裂性能、C3A 含量较低、C2S 含量相对较高的水泥；当混凝土有抗渗指标要求时，所用水泥的 C3A 含量不宜大于 8%。

6.2.1.2 水泥宜采用中、低热硅酸盐水泥或低热矿渣硅酸盐水泥，水泥的 3 d 和 7 d 水化热应符合现行国家标准 GB 200 规定；当采用通用硅酸盐水泥时，胶凝材料的 3 d 和 7 d 水化热分别不宜大于 250 kJ/kg 和 280 kJ/kg；当选用 52.5 强度等级水泥时，7 d 水化热宜小于 300 kJ/kg，水化热试验方法应按 GB/T 12959 执行。

6.2.1.3 水泥入机温度不应大于 60 ℃。

6.2.1.4 粗集料宜为连续级配，最大公称粒径不宜小于 31.5 mm。

6.2.1.5 细集料宜采用中砂。

6.2.1.6 宜掺用矿物掺合料和缓凝型减水剂。

6.2.2 配合比

6.2.2.1 在保证设计强度、耐久性等要求和满足施工工艺要求的前提下，大体积混凝土配合比的选择，应按合理使用原材料，减少水泥以及胶凝材料用量，降低混凝土的绝热温升原则进行。

6.2.2.2 在保证混凝土性能要求的前提下，宜提高每立方米混凝土中的粗集料含量；砂率宜为 38%~45%；在确定大体积混凝土配合比时，应根据混凝土的绝热温升、温控施工方案的要求，提出混凝土制备时粗细集料和拌合用水及入模温度控制的技术措施。

6.2.2.3 大体积混凝土的配合比试配和调整，宜控制混凝土绝热温升不大于 50 ℃。

6.2.2.4 大体积混凝土配合比应满足施工对混凝土凝结时间的要求。

6.2.2.5 大体积混凝土进行配合比设计及质量评定时，可按 60 d 龄期的抗压强度控制。当采用 60 d 龄期的抗压强度作为混凝土配合比设计依据时，应采用边长为 150 mm 的标准尺寸试件进行抗压强度试验。

6.3 抗冻混凝土

6.3.1 原材料

6.3.1.1 水泥宜采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥。

6.3.1.2 粗集料宜选用连续级配，其最大粒径不宜大于 37.5 mm，含泥量不应大于 1%。

6.3.1.3 细集料含泥量不应大于 2.0%。

6.3.1.4 集料的坚固性 5 次循环试验质量损失应不大于 3%，并不应含有泥块。

6.3.1.5 在钢筋混凝土和预应力混凝土中不应掺用含有氯盐的防冻剂；在预应力混凝土中不应掺用含有亚硝酸盐或碳酸盐的防冻剂。

6.3.2 配合比

6.3.2.1 最大水胶比和最小胶凝材料用量应符合表 16 的规定。

表16 最大水胶比和最小胶凝材料用量

设计抗冻等级	最大水胶比	最小胶凝材料用量 (kg/m ³)
F50	<0.50	300
F100		320

不低于 F150		350
----------	--	-----

6.3.2.2 掺用引气剂的混凝土含气量应符合表 17 的规定。

表17 有抗冻性要求的混凝土拌合物含气量控制范围

集料最大粒径 (mm)	含气量范围 (%)
9.5	5.0~8.0
19.0	4.0~7.0
31.5	3.5~6.5
37.5	3.0~6.0

6.4 高强混凝土

6.4.1 原材料

6.4.1.1 水泥：应选用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥。

6.4.1.2 掺合料：宜复合掺用粒化高炉矿渣粉、粉煤灰和硅灰等矿物掺合料。

6.4.1.3 粗集料：宜采用连续级配，最大公称粒径不宜大于 25.0 mm，针片状颗粒含量不宜大于 5.0%，含泥量不应大于 0.5%，泥块含量不应大于 0.2%。

6.4.1.4 细集料：细度模数宜为 2.6~3.0，含泥量不应大于 1.5%。

6.4.2 配合比

6.4.2.1 高强混凝土配合比应经试验确定，在缺乏试验依据的情况下应符合以下规定：

- 水胶比、胶凝材料用量和砂率可按表 18 选取，并应经试验确定；
- 外加剂和矿物掺合料的品种、掺量，应通过试验确定；矿物掺合料掺量宜为 25%~40%；硅灰掺量不宜大于 10%；
- 水泥用量不宜大于 500 kg/m³，胶凝材料总量不宜大于 600 kg/m³。

表18 水胶比、胶凝材料用量和砂率

强度等级	水胶比	胶凝材料用量(kg/m ³)	砂率(%)
≥C60, <C80	0.28~0.34	480~560	35~42
≥C80, <C100	0.26~0.28	520~580	
C100	0.24~0.26	550~600	

6.4.2.2 在试配过程中，应采用三个不同的配合比进行混凝土强度试验，其中一个可为基准配合比，另外两个配合比的水胶比，宜较试拌配合比分别增加和减少 0.02。

6.4.2.3 高强混凝土设计配合比确定后，尚应采用该配合比进行不少于 6 次的重复试验，每盘混凝土应至少成型一组试件，每组混凝土的抗压强度不应低于配制强度。

6.4.3 其他要求

6.4.3.1 高强混凝土的入模温度应根据环境状况和结构所受的内、外约束程度加以限制。保湿养护的时间应不少于 7 d。

6.4.3.2 高强混凝土抗压强度测定应采用标准尺寸试件。

6.5 预应力混凝土

6.5.1 原材料

6.5.1.1 水泥应选用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥；当混凝土中采用碱活性集料时，宜选用含碱量不大于 0.6% 的低碱水泥。

6.5.1.2 细集料宜采用洁净的中砂，粗集料应采用连续级配或多级配（单级配组合成连续级配）的碎石，集料其他要求应符合本规程 4.4 和 4.5 节的规定。

6.5.1.3 混凝土掺合料使用前应进行混凝土试验验证，不应应对预应力混凝土产生有害影响。

6.5.1.4 混凝土中各种原材料引入的氯离子含量不应超过胶凝材料总量的 0.06%。

6.5.2 配合比

6.5.2.1 预应力结构或构件用混凝土配合比设计时，应增加混凝土早期抗裂性能试验，宜选择开裂面积较小的配合比作为设计配合比。

6.5.2.2 预应力结构或构件用混凝土试生产前，应验证混凝土配合比，满足设计要求的工作性能、力学性能和耐久性后方可使用。

7 混凝土生产与施工

7.1 一般规定

7.1.1 混凝土生产施工之前，应制订完整的技术方案，并应做好各项准备工作。

7.1.2 重要的混凝土结构施工前，应根据该混凝土结构的特点和施工季节、环境条件等进行混凝土试浇筑，以便对混凝土原材料和配合比、施工工艺、施工机具的适应性进行检验。

7.1.3 大体积混凝土、冬期和夏期混凝土施工应制订专项施工技术方案。

7.1.4 当水泥比表面积超过 $350 \text{ m}^2/\text{kg}$ 时，施工时宜采取防止混凝土温度收缩开裂的措施。

7.1.5 混凝土拌合物在运输和浇筑成型过程中严禁加水。

7.1.6 应根据设计要求、工程性质以及施工管理要求，在混凝土拌合站建立与公路施工要求相适应的试验室。试验室应配满足相应技术规范要求的混凝土拌合物工作性能测试及耐久性指标检测的主要仪器。同时应配置外加剂密度及适应性测定相关设备、混凝土含气量测定仪、水泥及混凝土温度检测/监测设备等有关的仪器设备。

7.1.7 混凝土拌合站应制定运输管理制度，合理指挥调度车辆。

7.1.8 在满足泵送工艺要求的前提下，泵送混凝土的坍落度应尽量小。

7.1.9 混凝土浇筑应连续进行。当因故间歇时，其间歇时间应小于前层混凝土的初凝时间。混凝土的运输、浇筑及间歇的全部时间不宜超过表 19 的规定，当超出时应按浇筑中断处理，并应留施工缝，同时应记录。实际混凝土的允许间歇时间应根据环境温度、水泥品种、水胶比和外加剂类型等条件通过试验确定。

表 19 混凝土的运输、浇筑时间及间歇的全部允许时间 (min)

混凝土强度等级	气温 $\leq 25^\circ\text{C}$	气温 $> 25^\circ\text{C}$
C30	≤ 210	≤ 180
$> \text{C30}$	≤ 180	≤ 150

7.1.10 脱模剂不宜使用机油、柴油类脱模剂。

7.1.11 浇筑混凝土期间，应随时检查支架、模板、钢筋、预应力管道和预埋件等的稳固情况，并应及时填写混凝土施工记录。

- 7.1.12 在混凝土浇筑及静置过程中，应在混凝土终凝前对浇筑面进行抹面处理。
- 7.1.13 新浇筑混凝土的强度达到 2.5 MPa 之前，不应使其承受行人、运输工具、模板、支架及脚手架等荷载。
- 7.1.14 在交通拥堵和气候炎热等情况下，应采取特殊措施防止混凝土坍落度损失过大。
- 7.1.15 混凝土拌合物入模温度不应低于 5℃，且不应高于 35℃。
- 7.1.16 新浇筑的混凝土入模温度与邻近的已硬化混凝土或岩土、钢筋、模板介质间的温差不应大于 15℃。
- 7.1.17 自高处向模板内倾卸混凝土时，应采取防止混凝土离析。直接倾卸时，其自由倾落高度不宜超过 2 m；超过 2 m 时，应通过串筒、溜管（槽）或振动溜管（槽）、减速装置等措施防止混凝土离析。
- 7.1.18 混凝土生产和施工单位应根据结构、构件或制品情况、环境条件、原材料情况以及对混凝土性能的要求等，提出施工养护方案或生产养护制度，并应严格执行。
- 7.1.19 混凝土施工选择的养护方法应满足施工养护方案或生产养护制度的要求，可采用浇水、覆盖保湿、喷涂养护剂、冬期蓄热养护等方法进行养护。
- 7.1.20 应对有代表性的重要结构或构件混凝土芯部温度、表面温度以及环境的气温、相对湿度、风速等参数进行监测，并根据混凝土温度和环境参数的变化情况及时调整养护制度，应控制混凝土的内外温差满足要求。

7.2 计量

- 7.2.1 混凝土原材料应采用电子计量设备，且计量设备应能连续称量不同混凝土配合比的各种原材料，并应具有逐盘记录和储存计量结果（数据）的功能，其精度应符合 GB/T 10171 的规定。
- 7.2.2 计量设备应具有法定计量部门签发的有效检定证书，并应定期校验。混凝土生产单位每月应至少自检一次计量设备；每一工作班开始前，应对计量设备进行零点校准。
- 7.2.3 原材料的计量允许偏差不应大于表 20 规定的范围，并应每班检查 1 次。

表20 混凝土搅拌站配料允许质量偏差

材料类别	允许偏差（%）
	预制场或集中搅拌站拌制
水泥、干燥状态的掺合料	±1
粗、细集料	±2
水、外加剂	±1

- 7.2.4 开盘前应严格测定粗细集料的含水率，并根据集料含水率确定施工配合比。
- 7.2.5 粗细集料的含水率每班应抽测 2 次，雨天或粗细集料含水率波动较大时应随时抽测，并按测定结果及时调整混凝土施工配合比。

7.3 搅拌

- 7.3.1 混凝土搅拌应采用强制式搅拌机，搅拌机应符合 GB/T 10171 的规定。
- 7.3.2 混凝土在搅拌过程中应严格控制水胶比，不应通过加水方式调整配合比。
- 7.3.3 混凝土拌合物应搅拌均匀，颜色一致，不应有离析和泌水现象。
- 7.3.4 对在施工现场集中拌制的混凝土，应检测其拌合物的均匀性。检测时，应在搅拌机的卸料过程中，从卸料流的 1/4~3/4 之间部位取试样进行试验，试验结果应符合下列规定：
- a) 混凝土中砂浆密度两次测值的相对误差应不大于 0.8%；

- b) 单位体积混凝土中粗集料含量两次测值的相对误差应不大于 5 %;
- c) 混凝土稠度两次测值的差值不应大于表 21 规定的混凝土拌合物稠度允许偏差的绝对值。

表21 混凝土拌合物稠度允许偏差

工作性能		允许偏差			试验方法
坍落度（mm）	设计值	≤40	50～90	≥100	JTG E30 中第四章 T 0522
	允许偏差	±10	±20	±30	
维勃稠度（s）	设计值	≥11	10～6	≤5	JTG E30 中第四章 T 0523
	允许偏差	±3	±2	±1	
扩展度（mm）	设计值	≥350			GB/T 50080 中第三章 3.1
	允许偏差	±30			

7.3.5 预拌混凝土搅拌时间应符合下列规定:

- a) 对于采用搅拌运输车运送混凝土的情况,混凝土在搅拌机中的搅拌时间应满足设备说明书的要求,混凝土搅拌的最短时间可按 GB/T 50164 的规定执行;
- b) 在制备掺用引气剂、膨胀剂和粉状外加剂的混凝土时,应适当延长搅拌时间。

7.3.6 原材料温度控制要求如下:

- a) 冬期施工搅拌混凝土时,宜采用加热水的方法提高拌合物温度,也可同时采用加热集料的方法提高拌合物温度,拌合用水最高加热温度不应超过 60 °C,集料的最高加热温度不应超过 40 °C;当集料不加热时,拌合用水可加热到 60 °C 以上,但不应将水泥和热水直接混合搅拌,而应先投入集料和热水进行搅拌,然后再投入水泥等胶凝材料共同搅拌;
- b) 炎热季节施工时,应采取遮阳措施避免集料受到阳光曝晒,同时宜适当采用喷淋措施对集料进行降温;搅拌混凝土时可采用掺加冰屑的方法降低拌合物温度。

7.3.7 混凝土搅拌完毕后,应按下列要求检测混凝土拌合物的各项性能:

- a) 混凝土拌合物的坍落度及其损失,宜在搅拌地点和浇筑地点分别取样检测,每一工作班或每一单元结构物不应少于两次,评定时应以浇筑地点的测值为准。当混凝土拌合物从搅拌机出料器至浇筑入模的时间不超过 15 min 时,其坍落度可仅在搅拌地点取样检测;
- b) 必要时,尚应对工作性能、含气量等混凝土拌合物的其他指标进行检测。
- c) 混凝土拌合物的坍落度经时损失不应影响混凝土的正常施工。泵送混凝土拌合物的坍落度经时损失不宜大于 30 mm/h;
- d) 混凝土拌合物的凝结时间应满足施工要求和混凝土性能要求。

7.4 运输

7.4.1 搅拌运输车应符合 GB/T 26408 的规定;对于寒冷或炎热气候条件下施工时,混凝土搅拌运输车的搅拌罐宜有保温或隔热措施。

7.4.2 搅拌运输车在装料前应将搅拌罐内积水排尽,装料后不应向搅拌罐内的混凝土拌合物中加水。

7.4.3 运输混凝土时,应保证混凝土拌合物均匀且不产生分层、离析。

7.4.4 混凝土运至浇筑地点后坍落度小于设计要求时,应进行第二次搅拌,二次搅拌时严禁加水,在试验验证基础上,可掺加适量减水剂快挡搅拌;二次搅拌仍不符合要求时,则不应使用。

7.4.5 混凝土从搅拌机卸入搅拌运输机至卸料时的运输时间不宜大于 90 min,如需延长运送时间,则应采取相应的有效技术措施,并应通过试验验证。

7.4.6 混凝土采用泵送方式时,除应符合 JGJ/T 10 的相关规定外,尚应符合下列规定:

- a) 混凝土泵送施工应根据施工进度要求,加强组织和调度,确保连续均匀供料,连续泵送;

- b) 混凝土泵的运输能力应与混凝土供应能力相适应，泵送的间歇时间不宜超过 15 min。如停泵时间超过 15 min，应每隔 4 min~5 min 开泵一次，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。如停泵超过 45 min 或混凝土出现离析现象时，宜将管中混凝土清除，并清洗泵机；
- c) 混凝土泵的型号可根据混凝土数量、最大泵送距离、最大输出量等可参照铁建设[2010]241 号中附录 A 的方法计算确定；
- d) 配置输送管时，应缩短管线长度，少用弯头。输送管应顺直，转弯处应圆缓，接头应严密不漏气；泵送混凝土时，输送管路起始水平管段长度不应小于 15 m。除出口处外，输送管路的其他部位均不应采用软管。输送管路应用支架、吊具等加以固定，不应与模板和钢筋接触；
- e) 向低处泵送混凝土时，应采取必要措施，防止混凝土离析或堵塞输送管；
- f) 泵送混凝土前，应先用同水胶比的水泥砂浆或与泵送混凝土配合比相同，但粗集料减少 50 % 通过管道。当用活塞泵泵送混凝土时，泵的收料斗内应具有足够的混凝土，防止吸入空气；
- g) 向下泵送混凝土时，管路与垂线的夹角不宜小于 12°；
- h) 混凝土泵的位置宜靠近浇筑地点。泵送下料口应能移动。当泵送下料口固定时，固定的间距不宜大于 3 m。不应用插入式振捣器赶推混凝土，也不应用插入式振捣器将下料口处堆积的混凝土推向远处；
- i) 搅拌好的混凝土应在 1/2 初凝时间内入泵，并在初凝前浇筑完毕；
- j) 不同配合比或不同强度等级的混凝土不应混用同一台混凝土泵；
- k) 润滑泵管的砂浆不应浇筑在实体结构上。

7.5 浇筑

- 7.5.1 应根据待浇筑结构物的情况、环境条件及浇筑量等制定合理的浇筑工艺方案，工艺方案应对施工缝设置、浇筑顺序、浇筑工具、防裂措施、保护层的制作作出明确规定。
- 7.5.2 应对支架、模板、钢筋和预埋件等进行检查，模板内的杂物、积水及钢筋上的污物应清理干净，表面干燥的地基土、垫层、木模板应浇水湿润。模板如有缝隙或孔洞时，应堵塞严密且不漏浆。
- 7.5.3 应对混凝土的均匀性和坍落度等性能进行检测。
- 7.5.4 混凝土应按一定的厚度、顺序和方向分层浇筑，且应在下层混凝土初凝或能重塑前浇筑完成上层混凝土。
- 7.5.5 混凝土上下层同时浇筑时，上层和下层的前后浇筑距离应保持在 1.5 m 以上。
- 7.5.6 在倾斜面上浇筑混凝土时，应从低处开始逐层扩展升高，并保持水平分层。
- 7.5.7 混凝土分层浇筑的厚度不宜超过表 22 的规定。

表22 混凝土分层浇筑厚度

振捣方式		浇筑层厚度 (mm)
采用插入式振动器		300
采用附着式振动器		300
采用表面振动器	无筋或配筋稀疏时	250
	配筋较密时 ^a	150
^a 预应力 T 梁马蹄变截面部位的浇筑厚度宜参照本条执行。		

7.5.8 振捣

- 7.5.8.1 混凝土振捣宜采用机械振捣。

7.5.8.2 混凝土可采用振捣棒捣实，插入间距不应大于振捣棒振动作用半径的一倍，连续多层浇筑时，振捣棒应插入下层混凝土拌合物约 50 mm 振捣。

7.5.8.3 当浇筑厚度不大于 200 mm 的表面积较大的平面结构或构件时，宜采用表面振动成型。

7.5.8.4 宽度较小的梁宜采用插入式振捣器振捣并辅以附壁式振捣，振捣时间宜控制在 20 s~30 s 内，直至混凝土拌合物表面出现泛浆，基本无气泡逸出为止。

7.5.8.5 振捣过程中应检查模板稳定性和接缝密合性。

7.5.9 施工缝的留设

7.5.9.1 施工缝的位置应在混凝土浇筑之前确定，且宜留置在结构受剪力和弯矩较小并便于施工的部位，施工缝宜设置成水平面或垂直面。

7.5.9.2 施工缝处理层混凝土表面的松弱层应予以凿除。对处理层混凝土的强度，当采用水冲洗凿毛时，应达到 0.5 MPa；人工凿毛时，应达到 2.5 MPa；采用风动机凿毛时，应达到 10 MPa。

7.5.9.3 经凿毛处理后的混凝土面，应采用洁净水冲洗干净。

7.5.9.4 重要部位及有抗震要求的混凝土结构或钢筋稀疏的钢筋混凝土结构，宜在施工缝处补插锚固钢筋。

7.5.9.5 有抗渗要求的混凝土，其施工缝宜做成凹形、凸形或设置止水带；施工缝为斜面时宜浇筑或凿成台阶状。

7.5.10 特殊气候条件下混凝土浇筑

7.5.10.1 炎热天气下浇筑混凝土应采取措施避免模板和新浇筑的混凝土直接受阳光曝晒，宜选择傍晚或夜间浇筑混凝土。宜对金属模板进行浇水降温，但不应留有积水。

7.5.10.2 当由于胶凝材料水化热引起的温度应力、或由于环境因素可能导致有害裂缝的结构，混凝土入模温度不宜高于 30 ℃。

7.5.10.3 混凝土入模前模板和钢筋的温度以及附近的局部气温不宜超过 40 ℃。

7.5.10.4 在相对湿度较低、风速较大的环境下浇筑混凝土时，应采取适当挡风措施，并应避免浇筑较大暴露面积的构件。

7.5.10.5 冬期施工时，应对输送管采取保温措施。炎热季节施工时，应将输送管遮盖、洒水、垫高或涂成白色。

7.5.11 墩台、涵洞混凝土的浇筑

7.5.11.1 基底为非黏性土或干土时，应按设计要求进行基底处理。

7.5.11.2 基面为岩石时，应加以润湿，并铺一层厚 20 mm~30 mm 的水泥砂浆，然后应在水泥砂浆凝结前浇筑第一层混凝土。

7.5.11.3 对一般墩台及基础混凝土，应在整个平截面范围内水平分层进行浇筑。

7.5.12 梁式结构混凝土的浇筑

7.5.12.1 梁体混凝土应采用快速、稳定、连续、可靠的浇筑方式在全梁范围内水平分层连续浇筑成型。当梁的平面面积较大时，也可采用斜向分段，水平分层的方式连续浇筑。

7.5.12.2 浇筑先张构件时，应避免振捣器碰撞预应力筋；浇筑后张结构时，应避免振捣器碰撞预应力筋的管道、预埋件等。应经常检查模板、管道、锚固端垫板及支座预埋件等，以保证其位置及尺寸符合设计要求。

7.5.13 隧道、明洞、路堑、大跨度拱肋混凝土的浇筑

7.5.13.1 浇筑前,应清除坍塌和松散的土石方及支撑材料。当坍塌地段的支撑不易清除时,位于浇筑断面以外的支撑经检查并做记录后,可留于坍塌体内,但浇筑断面以内不应留有支撑。

7.5.13.2 浇筑隧道拱圈等长筒型拱混凝土时,应视具体情况按其长度方向分节浇筑,且分节界面应与拱的纵向轴线垂直。

7.5.13.3 当连续浇筑拱肋或拱圈时,应自两拱脚向拱顶对称浇筑。当混凝土或钢筋混凝土拱肋或拱圈的跨度在 16 m 及以下时,应一次连续浇筑。

7.5.13.4 当混凝土或钢筋混凝土拱肋跨度大于 16 m 时,应沿拱的跨度方向分段浇筑,各分段的界面应与拱肋中心线垂直。

7.5.13.5 两邻接浇筑段之间应预留间隔槽,其位置应设在拱架节点外,并应避免拱肋间的横撑、隔板以及梁上的杆件。拱肋的分段段数、分段位置、浇筑顺序以及间隔槽的宽度,均应符合设计要求。

7.5.13.6 预留间隔槽中的混凝土,应待各段混凝土浇完,且两邻段混凝土至少硬化 7 d 后,方可由拱脚向拱顶依次对称浇筑。浇筑时,应尽量采用坍落度较小的混凝土。

7.5.13.7 封顶时,应待两侧其他间隔槽浇完,且已浇筑混凝土温度接近拱的设计浇筑温度时,方可浇筑拱顶间隔槽中的混凝土。应对封顶时的气温和混凝土的温度做好记录。

7.5.13.8 当浇筑大跨度钢筋混凝土拱肋时,已安装的纵向钢筋不应由于拱架沉陷或其他原因而发生变形现象。钢筋接头应符合设计要求,且不应使用沿拱肋全长的通长钢筋。

7.5.13.9 当浇筑大跨度拱肋或拱圈混凝土时,可在征得设计部门同意后,采用分层浇筑法浇筑。

7.6 养护

7.6.1 自然养护时,应在混凝土浇筑完毕后 1 h 内对混凝土进行保温保湿养护。暴露面混凝土初凝前,应卷起覆盖物,用抹子搓压表面至少二遍,使之平整后再次覆盖,覆盖物不应直接接触混凝土表面,直至混凝土终凝为止。混凝土自然养护期间,应重点加强混凝土的湿度和温度控制。

7.6.2 蒸汽养护时,混凝土静停环境温度不应低于 5℃,浇筑结束(4~6) h 且混凝土终凝后方可升温;混凝土周围蒸汽的升、降温速度不宜大于 10℃/h。恒温期间混凝土芯部温度不宜超过 60℃,最大不应超过 65℃,恒温养护时间应根据构件脱模强度要求、混凝土配合比情况以及环境条件等通过试验确定。蒸汽养护的预制梁脱模后的保温保湿养护时间不宜少于 14 d。

7.6.3 混凝土浇筑完成后,应在其收浆后尽快予以覆盖并洒水保湿养护。对于硬性混凝土、高强混凝土、炎热天气浇筑的混凝土以及桥面等大面积裸露的混凝土,应及早加强初始保湿养护,宜在浇筑完成后立即加设棚罩,待收浆后再予以覆盖和洒水养护,覆盖时不应损伤或污染混凝土的表面。混凝土面有模板覆盖时,应在养护期间使模板保持湿润。

7.6.4 采用塑料薄膜覆盖养护时,混凝土全部表面应覆盖严密,养护期内应持续保持膜内有凝结水;当采用混凝土养护剂进行养护时,养护剂的有效保水率不应小于 90%,7 d 和 28 d 抗压强度比均不应小于 95%。养护剂有效保水率和抗压强度比的试验方法应符合 JT/T 522 的规定。

7.6.5 养护用水温度与混凝土表面温度之间的温差不宜大于 20℃。

7.6.6 在曝晒、气温骤降等情况下,应采取保温措施防止混凝土表面温度受环境因素影响而发生剧烈变化。养护期间混凝土的芯部与表面、表面与环境之间的温差不应超过 20℃。

7.6.7 混凝土拆模后可能与流动水接触时,养护时间应至少延长至 14 d,且混凝土的强度应达到设计强度的 75%以上。

7.6.8 混凝土养护时间应符合下列规定:

- a) 对于硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥配制的混凝土,采用持续浇水和覆盖的潮湿养护时间不应少于 7 d;
- b) 对于竖向混凝土结构,养护时间宜适当延长。

7.6.9 对于大体积混凝土和炎热季节施工混凝土，应控制混凝土入模温度，养护过程应进行芯部温度、表层温度和环境温度监测，根据混凝土温度和环境变化情况及时调整养护制度，控制混凝土芯部和表面的温差不宜超过 25℃，表面和环境的温差不宜大于 20℃。

7.6.10 对于冬期施工的混凝土，养护应符合下列规定：

- a) 日均温度低于 5℃时，不应采用浇水自然养护方法，宜采用喷涂养护剂的方法进行保湿，并采取必要的保温措施进行养护；
- b) 混凝土受冻前的强度不应低于 5 MPa；
- c) 混凝土强度达到设计强度等级的 50%时，方可撤除养护措施。

7.6.11 新浇筑的混凝土与流动的地表水或地下水接触时，应采取临时防护措施，保证混凝土在 7 d 以内且强度达到设计强度的 50%以前，不受水的冲刷侵袭；当环境水具有侵蚀作用时，应保证混凝土在 10 d 以内且强度达到设计强度的 70%以前，不受水的侵袭。混凝土处于冻融循环作用的环境时，宜在结冰期到来 4 周前完成浇筑施工，且在混凝土强度未达到设计强度等级的 80%前不应受冻，否则应采取技术措施，防止发生冻害。

7.7 拆模

7.7.1 混凝土拆模时的强度应符合设计要求。当设计未提出要求时，应符合下列规定：

- a) 非承重模板应在混凝土强度达到 2.5 MPa 以上，且其表面及棱角不因拆模而受损时，方可拆除；
- b) 芯洞或预留孔洞的内模应在混凝土强度能够保证构件和孔洞表面不发生塌陷和裂缝时，方可拆除；
- c) 承重模板应在混凝土强度达到表 23 的规定后，方可拆除。

表23 拆除底模时所需混凝土强度

结构类型	结构跨度 (m)	达到混凝土设计强度的百分率 (%)
板、拱	≤2	50
	2~8	75
	>8	100
梁	≤8	75
	>8	100
悬臂梁 (板)	≤2	75
	>2	100

7.7.2 拆模时混凝土的温度不能过高，以免混凝土接触空气时降温过快而开裂。混凝土内部开始降温以前不应拆模。

7.7.3 结构或构件芯部混凝土与表面混凝土之间的温差、表面混凝土与环境之间的温差大于 20℃（预应力箱梁和截面较为复杂的结构温差大于 15℃）时不应拆模。大风或气温急剧变化时不宜拆模。当环境温度低于 0℃时，应待表层混凝土冷却至 5℃以下方可拆模；在炎热和大风干燥季节，应采取逐段拆模，边拆边覆盖的拆模工艺。

7.7.4 拆除模板时，不应影响或中断混凝土的养护工作。

7.7.5 拆模后的混凝土结构应在混凝土达到 100%的设计强度后，方可承受全部设计荷载。

8 质量检验

8.1 一般规定

8.1.1 混凝土的质量宜分为施工前、施工过程和施工后三个阶段进行检验。

8.1.2 施工前检验的项目应全部合格方可进行施工；施工过程中的检验项目不合格时，应分析原因，采取措施调整，待合格后方可继续施工；施工后的检验应与施工前、施工过程的检验共同作为混凝土质量评定和验收的依据。

8.1.3 混凝土施工前的检验项目应包括下列内容：

- a) 施工设备和场地；
- b) 混凝土的原材料和各种组成材料的质量；
- c) 混凝土配合比及其拌合物的工作性能、力学性能及抗裂性能等，对有耐久性要求混凝土，应包括耐久性能；
- d) 基础、钢筋、预埋件等隐蔽工程及支架、模板；
- e) 混凝土的运输、浇筑和养护方式及设施，安全设施。

8.1.4 混凝土施工过程的检验项目应包括下列内容：

- a) 混凝土组成材料的外观及配料、拌制，每一工作班应不少于 2 次，必要时应随时抽检试验；
- b) 混凝土的和易性、坍落度及扩展度等工作性能，每工作班应检验不少于 2 次；
- c) 砂、石材料的含水率，每日开工前应检测一次，天气有较大变化时应随时检测；当含水率变化较大并将使配料偏差超过规定时，应及时调整；
- d) 钢筋、预应力管道、模板、支架等的安装位置和稳固性；
- e) 混凝土的浇筑质量；
- f) 外加剂使用效果。

8.1.5 混凝土拆模且养护结束后应对实体混凝土进行下列检验：

- a) 养护情况；
- b) 混凝土强度，拆模时间；
- c) 混凝土外露面质量；
- d) 结构的外形尺寸、位置、裂缝、变形和沉降等。

8.1.6 公路桥涵工程设计文件中对混凝土耐久性要求时，应对其耐久性质量进行检验。

8.1.7 耐久性质量应根据不同要求和处于不同环境作用下的工程，对混凝土的拌合物及实体结构分别进行相应的检验。质量检验的结果应符合设计的规定，同时应符合本标准的相关规定。

8.1.8 当质量检验评定结果不合格时，应委托专门的咨询机构就其耐久性质量进行评价，并按其评价结论采取措施进行处理。

8.2 混凝土抗压强度检测和评定

8.2.1 对混凝土应制取试件检验其在标准养护条件下 28 d 龄期的抗压强度。

8.2.2 不同强度等级及不同配合比的混凝土应分别制取试件，试件应在浇筑地点同一盘混凝土或同一车运送的混凝土中随机制取。

8.2.3 混凝土试件制取组数应符合下列规定：

- a) 浇筑一般体积的结构物（如基础、墩台等）时，每一单元结构物应制取不少于 2 组；
- b) 连续浇筑大体积结构物时，每 200 m³ 或每一工作班应制取不少于 2 组；
- c) 每片梁（板），长 16 m 以下的应制取 1 组，16 m~30 m 应制取 2 组，31 m~50 m 应制取 3 组，50 m 以上者应不少于 5 组；
- d) 就地浇筑混凝土的小桥涵，每一座或每一工作班应制取不少于 2 组；当原材料和配合比相同，并由同一拌合站拌制时，可几座合并制取不少于 2 组；
- e) 浇筑重要的结构物时，应制取不少于 10 组；

- f) 应根据施工需要,制取与结构物同条件养护的试件,作为判断结构混凝土在拆模、出池、吊装、预施应力、承受荷载等阶段强度的依据。

8.2.4 除另有规定外,混凝土应以标准养护条件下 28 d 龄期试件的抗压强度进行评定,其合格条件应符合下列规定:

- a) 应以强度等级相同,龄期相同以及生产工艺条件和配合比相同的混凝土组成同一验收批,同一验收批的混凝土强度应以同批内所有各组标准尺寸试件的强度测定值(当为非标准尺寸试件时应进行强度换算)为代表值;
- b) 当连续生产的混凝土,生产条件在较长时间内保持一致,且同一品种、同一强度等级混凝土的强度变异性保持稳定时,混凝土强度的评定可按照 GB/T 50107 相关规定执行。
- c) 大桥等重要工程及中小桥、涵洞工程的试件大于或等于 10 组时,应以数理统计方法按 JTG/T F50 第六章 6.16.6 要求进行评定。
- d) 当混凝土强度按试件强度进行评定达不到合格条件时,可采用无损检测法或钻取试样推定结构混凝土的实际强度和浇筑质量。

8.3 混凝土耐久性检验

8.3.1 混凝土宜进行抗渗、抗冻和电通量等耐久性指标的检验;对引气混凝土,尚应抽检其含气量。抗渗、抗冻检验的试验方法应符合 JTG E30 的规定,电通量的检验应符合 JTG/T F50 的规定,混凝土的电通量应不大于 1000 C。检验结果应满足设计和经批准的施工配合比要求。

8.3.2 实体结构在拆模且养护结束后,应对钢筋的混凝土保护层厚度、保护层混凝土的密实性、渗透性等进行检验。必要时,可从实体结构的混凝土中取芯制作试件,测定混凝土的含气量和气泡间距系数、抗冻等级、氯离子扩散系数等指标。

8.3.3 宜采用专用的钢筋保护层厚度检测仪对结构或构件的保护层厚度进行无损检测;当对保护层厚度检测结果有怀疑时,可采用局部破损的方法进行复核,复核结束后应及时对破损部位进行修复。

8.3.4 保护层混凝土的密实性宜采用标准预埋件的拔出试验或回弹仪试验,通过测定表层混凝土的强度并间接估计其质量。测定宜在达到 28 d 龄期时进行,测得的强度平均值应不低于预先规定的数值。

附录 A

(资料性附录)

混凝土减水剂密度、与水泥相容性快速测定方法

A.1 试验材料、仪器

A.1.1 试验材料

本方法所使用的材料为实际工程所用的水泥、减水剂、细集料和水，对各种材料的要求如下：

- a) 测试前水泥、减水剂、细集料和水应提前放置在 A.2 要求的环境中直至恒温；
- b) 细集料性能应满足本标准规定的连续级配以及有害物质含量要求；
- c) 减水剂密度测试时应保证其温度为 $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ ，如有沉淀应滤去。

A.1.2 仪器

仪器要求如下：

- a) 波美比重计，量程 $1.000\text{ g/cm}^3 \sim 2.000\text{ g/cm}^3$ ，1 支，精度为 0.001 g/cm^3 ；
- b) 精密密度计，量程分别为 $1.000\text{ g/cm}^3 \sim 1.100\text{ g/cm}^3$ 、 $1.100\text{ g/cm}^3 \sim 1.200\text{ g/cm}^3$ 、 $1.200\text{ g/cm}^3 \sim 1.300\text{ g/cm}^3$ 、 $1.300\text{ g/cm}^3 \sim 1.400\text{ g/cm}^3$ 、 $1.400\text{ g/cm}^3 \sim 1.500\text{ g/cm}^3$ 各 1 支，精度为 0.001 g/cm^3 ；
- c) 超级恒温器或同等条件的恒温设备；
- d) 水泥净浆搅拌机，其性能参数应符合《水泥净浆搅拌机》JC/T 729 的要求；
- e) 净浆流动度试模，为深 60 mm、顶内径 $\Phi 36\text{ mm}$ 、底内径 $\Phi 60\text{ mm}$ 的截顶圆锥体。试模由耐腐蚀的、有足够硬度的、内壁光滑无暗缝的金属制成；
- f) 玻璃板，边长为 400 mm、厚度 5 mm 的平板玻璃，稠度试验每个试模应配备一个边长或直径约 100 mm、厚度 4 mm~5 mm 的平板玻璃底板；
- g) 刮刀；
- h) 直尺，量程 300 mm，分度值 1 mm；
- i) 天平，量程 100 g，分度值 0.01 g；量程 1000 g，分度值 1 g；
- j) 烧杯，容量 400 mL；
- k) 量筒，容量 250 mL，分度值 1 mL；
- l) 抹刀。

A.2 环境条件

A.2.1 试验室的温度应保持在 $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ ，相对湿度应不低于 50 %。

A.2.2 水泥试样、拌合水、仪器和用具的温度应与试验室一致。

A.3 减水剂密度快速测定方法

A.3.1 测试原理

先以波美比重计测出溶液的密度，再参考波美比重计所测的数据，以精密密度计准确测出试样的密

度 ρ 值。

A.3.2 实验步骤

A.3.2.1 将已恒温的减水剂倒入500 mL玻璃量筒内，以波美比重计插入溶液中测出该溶液的密度。

A.3.2.2 参考波美比重计所测溶液的数据，选择这一刻度范围的精密密度计插入溶液中，精确读出溶液凹液面与精密密度计相齐的刻度即为该溶液的密度 ρ 。

A.3.3 数据处理

取两次测试结果的平均值作为最终的密度值，若有一次测试结果与平均值的差值超过平均值的15 % 则重新进行测试试验。

A.4 水泥净浆流动度和水泥与减水剂相容性测试方法

A.4.1 测试目的

实际工程中，可采用施工用同一规格、型号、批次的水泥，固定水泥净浆用水量，测定不同批次减水剂在固定掺量情况下水泥净浆初始流动度，可以用不同批次减水剂对应的水泥净浆初始流动度来判断减水剂供应方与使用方的合同约定要求。同时可测试减水剂与水泥的相容性。

A.4.2 试验步骤

A.4.2.1 将玻璃板放置于水平面上，用湿布将玻璃板、圆模润湿（但玻璃板和试模表面不应有明水），将圆模放在玻璃中央，用湿布覆盖。

A.4.2.2 称取145 g水（减水剂中的水计入该用水量，即净浆中总用水量为145 g），按推荐掺量称取减水剂，并将减水剂完全溶于试验用水后，倒入搅拌锅中。

A.4.2.3 称取水泥500 g，倒入搅拌锅内，按照GB/T 1346中7.2节的方法拌制水泥浆。

A.4.2.4 将搅拌好的水泥净浆，快速注入试模中，并用刮刀刮平（玻璃板上尽量不要滴洒水泥净浆）。

A.4.2.5 立即将圆模按垂直方向提起约100 mm并固定位置，直到大部分附着在试模内壁上的水泥浆滴落完毕。

A.4.2.6 从试模提起开始计时，水泥浆在玻璃板上流淌30秒后，用直尺量取水泥浆流淌部分相互垂直的两个方向的最大直径，取其平均值作为该次水泥净浆初始流动度 F_0 。重复上述试验步骤，取两次试验的平均值作为掺减水剂水泥净浆的初始流动度 F_0 。若两次试验的结果其中之一与平均值的差大于平均值的15 %，则该次试验作废，应重新进行试验。

A.4.2.7 初始流动度测完后，应快速将玻璃板上的浆体用刮刀全部回收至搅拌锅内，并先后用保鲜膜和湿布盖好搅拌锅口以防止水分蒸发。将搅拌锅静置60 min或120 min。然后将搅拌锅放在搅拌机按JC/T 729的搅拌程序重新搅拌后，按重新测试60 min和120 min的流动度（分别记为 $F_m(60 \text{ min})$ 和 $F_m(120 \text{ min})$ ）。

A.4.3 数据处理和结果判定

比较掺减水剂水泥净浆的水泥净浆初始流动度 F_0 与水泥净浆60 min（120 min）流动度 F_m 的大小。结果满足表A.1的要求时，判定减水剂与水泥的适应性良好。

表A.1 减水剂质量控制指标

试验项目	符号	技术要求
水泥净浆初始流动度/ mm	F_0	≥ 250
60 min 流动度	$F_{\#(60\text{ min})}$	≥ 240
120 min 流动度	$F_{\#(120\text{ min})}$	≥ 230

参 考 文 献

- [1] 《高性能混凝土应用技术指南》（住房和城乡建设部标准定额司，工业和信息化部原材料工业局 2015）
 - [2] 《铁路混凝土工程施工技术指南》（铁建设[2010]241号 2010）
 - [3] GB/T 14902 预拌混凝土
 - [4] GB 50164 混凝土质量控制标准
 - [5] GB 50204 混凝土结构工程施工质量验收规范
 - [6] GB 50666 混凝土结构工程施工规范
 - [7] GB/T 51003 矿物掺合料应用技术规范
 - [8] JT/T 819 公路工程水泥混凝土用机制砂
-