

客运专线高性能混凝土 暂行技术条件

二〇〇五年七月

中华人民共和国铁道部科学技术司

科技基〔2005〕101号

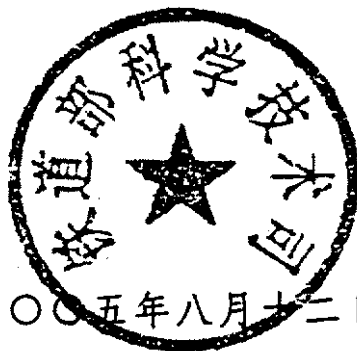
关于发布《客运专线高性能混凝土暂行技术条件》等8个暂行技术条件的通知

各铁路局，青藏铁路公司，各客运专线公司（筹备组），铁科院：

现发布《客运专线高性能混凝土暂行技术条件》、《客运专线基床表层级配碎石暂行技术条件》、《客运专线60AT钢轨暂行技术条件》、《客运专线有碴轨道预应力混凝土岔枕暂行技术条件》、《客运专线桥梁伸缩装置暂行技术条件》、《客运专线桥梁盆式橡胶支座暂行技术条件》、《客运专线桥梁圆柱面钢支座暂行技术条件》、《客运专线桥梁混凝土桥面防水层暂行技术条件》等8个技术条件，自发布之日起实行。

各单位在执行过程中，应结合工程实际，认真总结经验，积累资料。

由主编单位铁道科学研究院另印发单行本。



二〇〇五年八月十二日

主题词：科技 工务 客运专线 技术 通知

抄送：北京、西南、兰州交大，中南大学，工程、建筑、通号总公司，通号研究设计院，铁一、二、三、四院，中铁设计咨询集团，部鉴定中心、高速办、技委办，部内计划、建设司，运输局。

铁道部科学技术司

2005 年 8 月 31 日印发

前 言

为统一铁路客运专线混凝土质量标准，明确混凝土施工控制技术要点，确保混凝土结构的长期耐久性能，制订本技术条件。

本技术条件主要依据京沪高速铁路高性能混凝土研究的最新成果、《铁路混凝土结构耐久性设计暂行规定》、《混凝土结构耐久性设计与施工指南》（CCES01-2004）以及国内外其它有关标准和规范编制。

本技术条件负责起草单位：铁道科学研究院、中铁十二局集团有限公司、中铁十七局集团有限公司

本技术条件主要起草人：谢永江 仲新华 黄直久 张 勇 郑新国 杨富民 朱长华 佟明华

李启棣 汪加蔚 刘世安 贾耀东

本技术条件由铁道部科学技术司负责解释。

目 录

1	范围	1
2	规范性引用文件	1
3	混凝土结构耐久性的基本规定	2
3.1	设计使用年限	2
3.2	环境类别及作用等级	2
3.3	混凝土耐久性指标	4
4	混凝土原材料	5
4.1	水泥	5
4.2	矿物掺合料	5
4.3	细骨料	6
4.4	粗骨料	7
4.5	外加剂	8
4.6	水	9
5	试验方法	10
6	混凝土的施工	11
6.1	施工前准备	11
6.2	原材料储存与管理	12
6.3	配合比的选定	12
6.4	搅拌	15
6.5	运输	16
6.6	浇筑	17
6.7	振捣	18
6.8	养护	18
6.9	拆模	20
7	混凝土的质量检验	20
7.1	一般规定	20
7.2	施工前检验	20
7.3	施工过程检验	21
7.4	施工后检验	21
附录 A	混凝土的电通量快速测定方法	22
附录 B	水泥或胶凝材料抗硫酸盐侵蚀性能快速试验方法	24
附录 C	矿物掺合料及外加剂抑制碱—骨料反应有效性试验方法	26

附录 D	混凝土抗裂性试验方法	28
附录 E	混凝土原材料性能检验要求	29
附录 F	混凝土拌合物性能抽检要求	31
附录 G	混凝土力学性能抽检要求	31
附录 H	混凝土施工试件耐久性能抽检要求	32
附录 J	实体混凝土质量抽检要求	32
编制说明		33

1 范围

1.0.1 本技术条件规定了满足铁路客运专线工程结构耐久性要求的混凝土技术要求、试验方法、施工控制要点和质量检验方法等。

1.0.2 本技术条件适用于客运专线新建桥梁、隧道、涵洞、轨道、路基支挡等结构用混凝土。

1.0.3 客运专线混凝土除应满足本技术条件规定的要求外，尚应符合现行国家标准和部颁标准的其它有关规定。

2 规范性引用文件

下列标准所包括的条文，通过在本技术条件中引用而构成本技术条件的条文。本技术条件出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本技术条件的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

- GB175—1999 硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥
- GB748—2005 抗硫酸盐硅酸盐水泥
- GB/T176—1996 水泥化学分析方法
- JC/T420—1991 水泥原料中氯的化学分析方法
- GB1596—2005 用于水泥和混凝土中的粉煤灰
- GB/T18046—2000 用于水泥和混凝土中的粒化高炉矿渣粉
- GB/T18736—2002 高强高性能混凝土用矿物外加剂
- JGJ52—92 普通混凝土用砂质量标准及检验方法
- JGJ53—92 普通混凝土用碎石或卵石质量标准及检验方法
- GB/T14684—2001 建筑用砂
- GB/T14685—2001 建筑用卵石、碎石
- TB/T2922.1—1998 铁路混凝土用骨料碱活性试验方法 岩相法
- TB/T2922.4—1998 铁路混凝土用骨料碱活性试验方法 岩石柱法
- TB/T2922.5—2002 铁路混凝土用骨料碱活性试验方法 快速砂浆棒法
- TB/T3054—2002 铁路混凝土工程预防碱—骨料反应技术条件
- GB/T8077—2000 混凝土外加剂匀质性试验方法
- GB8076—1997 混凝土外加剂
- JC473—2001 混凝土泵送剂
- JGJ63—89 混凝土拌合用水标准
- JGJ55—2000 普通混凝土配合比设计规程
- GB/T50080—2002 普通混凝土拌合物性能试验方法标准
- GB/T50081—2002 普通混凝土力学性能试验方法标准
- GBJ82—85 普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法

JGJ/T10—95 混凝土泵送施工技术规程

TB10426—2004 铁路工程结构混凝土强度检测规程

DL/T5150—2001 水工混凝土试验规程

3 混凝土结构耐久性的基本规定

3.1 设计使用年限

3.1.1 混凝土结构的设计使用年限级别可根据设计使用年限按表 3.1.1 进行划分。

表 3.1.1 混凝土结构的设计使用年限级别

设计使用年限级别	设计使用年限
—	100 年
二	60 年
三	30 年

3.2 环境类别及作用等级

3.2.1 混凝土结构所处环境类别分为碳化环境、氯盐环境、化学侵蚀环境、冻融破坏环境和磨蚀环境。不同类别环境的作用等级可按表 3.2.1-1、3.2.1-2、3.2.1-3、3.2.1-4、3.2.1-5 所列环境条件特征进行划分。

表 3.2.1-1 碳化环境

环境作用等级	环境条件特征
T1	室内年平均相对湿度 $<60\%$
	长期在水下（不包括海水）或土中
T2	室内年平均相对湿度 $\geq 60\%$
	室外环境
T3	水位变动区
	干湿交替

注：当混凝土薄型结构的一侧干燥而另一侧湿润或饱水时，其干燥一侧混凝土的碳化环境作用等级应按 T3 级考虑。

表 3.2.1-2 氯盐环境

环境作用等级	环境条件特征
L1	长期在海水水下区
	离平均水位 15m 以上的海上大气区
	离涨潮岸线 100m~300m 的陆上近海区
L2	离平均水位 15m 以内的海上大气区
	离涨潮岸线 100m 以内的陆上近海区
	海水潮汐区或浪溅区（非炎热地区）
L3	海水潮汐区或浪溅区（南方炎热地区）
	盐渍土地区露出地表的毛细吸附区
	遭受氯盐冷冻液和氯盐化冰盐侵蚀部位

客运专线高性能混凝土暂行技术条件

表 3.2.1-3 化学侵蚀环境

化学侵蚀类型		环境作用等级			
		H1	H2	H3	H4
硫酸盐侵蚀	环境水中 SO_4^{2-} 含量, mg/L	≥ 200 ≤ 600	> 600 ≤ 3000	> 3000 ≤ 6000	> 6000
	强透水性环境土中 SO_4^{2-} 含量, mg/kg	≥ 2000 ≤ 3000	> 3000 ≤ 12000	> 12000 ≤ 24000	> 24000
	弱透水性环境土中 SO_4^{2-} 含量, mg/kg	≥ 3000 ≤ 12000	> 12000 ≤ 24000	> 24000	
盐类结晶侵蚀	环境土中 SO_4^{2-} 含量, mg/kg		≥ 2000 ≤ 3000	> 3000 ≤ 12000	> 12000
酸性侵蚀	环境水中 pH 值	≤ 6.5 ≥ 5.5	< 5.5 ≥ 4.5	< 4.5 ≥ 4.0	
二氧化碳侵蚀	环境水中侵蚀性 CO_2 含量, mg/L	≥ 15 ≤ 40	> 40 ≤ 100	> 100	
镁盐侵蚀	环境水中 Mg^{2+} 含量, mg/L	≥ 300 ≤ 1000	> 1000 ≤ 3000	> 3000	

注:

- 1 对于盐渍土地区的混凝土结构, 埋入土中的混凝土遭受化学侵蚀; 当环境多风干燥时, 露出地表的毛细吸附区内的混凝土遭受盐类结晶侵蚀。
- 2 对于一面接触含盐环境水(或土)而另一面临空且处于干燥或多风环境中的薄壁混凝土, 接触含盐环境水(或土)的混凝土遭受化学侵蚀, 临空面的混凝土遭受盐类结晶侵蚀。
- 3 当环境中存在酸雨时, 按酸性环境考虑, 但相应作用等级可降一级。

表 3.2.1-4 冻融破坏环境

环境作用等级	环境条件特征
D1	微冻地区+频繁接触水
D2	微冻地区+水位变动区
	严寒和寒冷地区+频繁接触水
	微冻地区+氯盐环境+频繁接触水
D3	严寒和寒冷地区+水位变动区
	微冻地区+氯盐环境+水位变动区
	严寒和寒冷地区+氯盐环境+频繁接触水
D4	严寒和寒冷地区+氯盐环境+水位变动区

注: 严寒地区、寒冷地区和微冻地区是根据其最冷月的平均气温划分的。严寒地区、寒冷地区和微冻地区最冷月的平均气温 t 分别为: $t \leq -8^\circ\text{C}$, $-8^\circ\text{C} < t < -3^\circ\text{C}$ 和 $-3^\circ\text{C} \leq t \leq 2.5^\circ\text{C}$ 。

表 3.2.1-5 磨蚀环境

环境作用等级	环境条件特征
M1	风蚀(有砂情况) 风力等级 ≥ 7 级, 且年累计刮风时间大于 90 天
M2	风蚀(有砂情况) 风力等级 ≥ 9 级, 且年累计刮风时间大于 90 天
	流冰冲刷 被强烈流冰撞击、磨损、冲刷(冰层水位下 0.5m~冰层水位上 1.0m)
M3	风蚀(有砂情况) 风力等级 ≥ 11 级, 且年累计刮风时间大于 90 天
	泥砂冲刷 被大量夹杂泥砂或物体磨损、冲刷

3.2.2 环境作用等级为 L3、H3、H4、D3、D4、M3 级的环境为严重腐蚀环境。

3.3 混凝土耐久性指标

3.3.1 混凝土的耐久性指标一般是指混凝土的抗裂性、护筋性、耐蚀性、抗冻性、耐磨性及抗碱—骨料反应性等。具体的混凝土耐久性指标应根据结构的设计使用年限、所处的环境类别及作用等级等确定。

3.3.2 混凝土耐久性的一般要求：

1 混凝土的电通量应满足表 3.3.2 的规定。

表 3.3.2 混凝土的电通量

设计使用年限级别		—(100 年)	二(60 年)、三(30 年)
电通量 (56d), C	<C30	<2000	<2500
	C30~C45	<1500	<2000
	≥C50	<1000	<1500

2 混凝土应进行抗裂性对比试验。

3 钢筋的混凝土保护层厚度应满足设计的规定。

4 混凝土的抗碱—骨料反应性能应符合下列规定：

(1) 骨料的碱—硅酸反应砂浆棒膨胀率或碱—碳酸盐反应岩石柱膨胀率应小于 0.10%；

(2) 当骨料的碱—硅酸反应砂浆棒膨胀率在 0.10~0.20% 时，混凝土的碱含量应满足表 6.3.2-4 的规定；当骨料的砂浆棒膨胀率在 0.20~0.30% 时，除了混凝土的碱含量应满足表 6.3.2-4 的规定外，还应在混凝土中掺加具有明显抑制效能的矿物掺合料和复合外加剂，并按附录 C 方法试验证明抑制有效。

3.3.3 氯盐环境下的钢筋混凝土及预应力混凝土结构，混凝土的耐久性除应满足 3.3.2 条的规定外，还应满足表 3.3.3 的规定。

表 3.3.3 氯盐环境下混凝土的电通量

设计使用年限级别	—(100 年)		二(60 年)、三(30 年)	
环境作用等级	L1	L2、L3	L1	L2、L3
电通量 (56d), C	<1000	<800	<1500	<1000

3.3.4 化学侵蚀环境下的混凝土结构，混凝土的耐久性除应满足 3.3.2 条的规定外，还应满足表 3.3.4 的规定。

表 3.3.4 化学侵蚀环境下混凝土的电通量

设计使用年限级别	—(100 年)		二(60 年)、三(30 年)	
环境作用等级	H1、H2	H3、H4	H1、H2	H3、H4
电通量 (56d), C	<1200	<1000	<1500	<1000

3.3.5 冻融破坏环境下的混凝土结构，混凝土的耐久性除应满足 3.3.2 条的规定外，还应满足表 3.3.5 的规定。

表 3.3.5 冻融破坏环境下混凝土的抗冻性

设计使用年限级别	一(100 年)	二(60 年)	三(30 年)
环境作用等级	D1、D2、D3、D4	D1、D2、D3、D4	D1、D2、D3、D4
抗冻等级 (56d)	≥F300	≥F250	≥F200

3.3.6 磨蚀环境下的混凝土结构,混凝土的耐久性除应满足 3.3.2 条的规定外,还应进行混凝土耐磨性对比试验。

3.3.7 处于严重腐蚀环境下的混凝土结构,尚应采取必要的附加防腐蚀措施。

4 混凝土原材料

4.1 水泥

4.1.1 水泥宜选用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥,混合材宜为矿渣或粉煤灰。有耐硫酸盐侵蚀要求的混凝土也可选用中抗硫酸盐硅酸盐水泥或高抗硫酸盐硅酸盐水泥。不宜使用早强水泥。

4.1.2 水泥的技术要求除应满足国家标准的规定外,还应满足表 4.1.2 的规定。

表 4.1.2 水泥的技术要求

序号	项目	技术要求
1	比表面积	≤350m ² /kg (硅酸盐水泥、抗硫酸盐硅酸盐水泥)
2	80μm 方孔筛筛余	≤10.0% (普通硅酸盐水泥)
3	游离氧化钙含量	≤1.0%
4	碱含量	≤0.80%
5	熟料中的 C ₃ A 含量	≤8%, 氯盐环境下≤10%
6	氯离子含量	不宜大于 0.10% (钢筋混凝土) ≤0.06% (预应力混凝土)

注: 1 当骨料具有碱—硅酸反应活性时,水泥的碱含量不应超过 0.60%。

2 C40 及以上混凝土用水泥的碱含量不宜超过 0.60%。

4.2 矿物掺合料

4.2.1 矿物掺合料应选用品质稳定的产品。矿物掺合料的品种宜为粉煤灰、磨细粉煤灰、矿渣粉或硅灰。

4.2.2 粉煤灰的技术要求应满足表 4.2.2 的规定。

表 4.2.2 粉煤灰的技术要求

序号	名称	技术要求	
		C50 以下混凝土	C50 及以上混凝土
1	细度, %	≤20	≤12
2	氯离子含量, %	不宜大于 0.02	
3	需水量比, %	≤105	≤100
4	烧失量, %	≤5.0	≤3.0
5	含水量, %	≤1.0 (干排灰)	
6	SO ₃ 含量, %	≤3.0	
7	CaO 含量, %	≤10 (对于硫酸盐侵蚀环境)	

4.2.3 矿渣粉的技术要求应满足表 4.2.3 的规定。

表 4.2.3 矿渣粉的技术要求

序号	名称	技术要求
1	MgO 含量, %	≤ 14
2	SO ₃ 含量, %	≤ 4.0
3	烧失量, %	≤ 3.0
4	氯离子含量, %	≤ 0.02
5	比表面积, m ² /kg	350~500
6	需水量比, %	≤ 100
7	含水率, %	≤ 1.0
8	活性指数, %, 28d	≥ 95

4.2.4 硅灰的技术要求应满足表 4.2.4 的规定。

表 4.2.4 硅灰的技术要求

序号	名称	技术要求
1	烧失量, %	≤ 6
2	氯离子含量, %	不宜大于 0.02
3	SiO ₂ 含量, %	≥ 85
4	比表面积, m ² /kg	≥ 18000
5	需水量比, %	≤ 125
6	含水率, %	≤ 3.0
7	活性指数, %, 28d	≥ 85

4.3 细骨料

4.3.1 细骨料应选用级配合理、质地均匀坚固、吸水率低、空隙率小的洁净天然中粗河砂，也可选用专门机组生产的人工砂。不宜使用山砂。不得使用海砂。

4.3.2 细骨料的颗粒级配（累计筛余百分数）应满足表 4.3.2 的规定。

表 4.3.2 细骨料的累计筛余百分数 (%)

筛孔尺寸, mm \ 级配区	I 区	II 区	III 区
10.0	0	0	0
5.00	10~0	10~0	10~0
2.50	35~5	25~0	15~0
1.25	65~35	50~10	25~0
0.63	85~71	70~41	40~16
0.315	95~80	92~70	85~55
0.160	100~90	100~90	100~90

除 5.00mm 和 0.63mm 筛档外，砂的实际颗粒级配与表 4.3.2 中所列的累计筛余百分率相比允许稍有超出分界线，但其总量不应大于 5%。

4.3.3 细骨料的粗细程度按细度模数分为粗、中、细三级，其细度模数分别为：

粗级 3.7~3.1

中级 3.0~2.3

细级 2.2~1.6

配制混凝土时宜优先选用中级细骨料。当采用粗级细骨料时，应提高砂率，并保持足够的水泥或胶凝材料用量，以满足混凝土的和易性；当采用细级细骨料时，宜适当降低砂率。

当所用细骨料的颗粒级配不符合表 4.3.2 的要求时，应采取经试验证明能确保工程质量的技术措施后，方允许使用。

4.3.4 细骨料的坚固性用硫酸钠溶液循环浸泡法检验，试样经 5 次循环后其质量损失应不超过 8%。细骨料的吸水率应不大于 2%。

4.3.5 采用天然河砂配制混凝土时，砂的有害物质含量应符合表 4.3.5 的规定。

表 4.3.5 砂中有害物质含量

项目	质量指标		
	<C30	C30~C45	≥C50
含泥量，%	≤3.0	≤2.5	≤2.0
泥块含量，%	≤0.5		
云母含量，%	≤0.5		
轻物质含量，%	≤0.5		
氯离子含量，%	<0.02		
硫化物及硫酸盐含量（折算成 SO ₃ ），%	≤0.5		
有机物含量（用比色法试验）	颜色不应深于标准色，如深于标准色，则应按水泥胶砂强度试验方法进行强度对比试验，抗压强度比不应低于 0.95。		

当砂中含有颗粒状的硫酸盐或硫化物杂质时，应进行专门检验，确认能满足混凝土耐久性要求时，方能采用。

4.3.6 细骨料的碱活性应采用砂浆棒法进行检验，且细骨料的砂浆棒膨胀率应小于 0.10%，否则应采取抑制碱—骨料反应的技术措施。

4.3.7 当采用以专门机组生产的人工砂或混合砂配制混凝土时，人工砂及混合砂的压碎指标值应小于 25%；经亚甲蓝试验判定后，人工砂及混合砂的石粉含量应符合表 4.3.7 的规定。

表 4.3.7 人工砂及混合砂中石粉含量

混凝土强度等级		<C30	C30~C45	≥C50
石粉含量（%）	MB<1.40	≤10.0	≤7.0	≤5.0
	MB≥1.40	≤5.0	≤3.0	≤2.0

4.4 粗骨料

4.4.1 粗骨料应选用级配合理、粒形良好、质地均匀坚固、线胀系数小的洁净碎石，也可采用碎卵石，不宜采用砂岩碎石。

4.4.2 粗骨料的公称粒径不宜超过钢筋的混凝土保护层厚度的 2/3（在严重腐蚀环境条件下不宜

超过钢筋的混凝土保护层厚度的 1/2), 且不得超过钢筋最小间距的 3/4。配制强度等级 C50 及以上混凝土时, 粗骨料最大公称粒径不应大于 25mm。

4.4.3 粗骨料应采用二级或多级级配, 其松散堆积密度应大于 1500kg/m^3 , 紧密空隙率宜小于 40%, 吸水率应小于 2% (用于干湿交替或冻融循环下的混凝土应小于 1%)。

4.4.4 当粗骨料为碎石时, 碎石的强度用岩石抗压强度表示, 且岩石抗压强度与混凝土强度等级之比不应小于 1.5。施工过程中碎石的强度可用压碎指标值进行控制, 且应符合表 4.4.4 的规定。

若粗骨料为碎卵石, 碎卵石的强度用压碎指标值表示, 且应符合表 4.4.4 的规定。

表 4.4.4 粗骨料的压碎指标 (%)

混凝土强度等级	<C30			≥C30		
岩石种类	水成岩	变质岩或深成的火成岩	火成岩	水成岩	变质岩或深成的火成岩	火成岩
碎石	≤16	≤20	≤30	≤10	≤12	≤13
卵石	≤16			≤12		

注: 水成岩包括石灰岩、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、正长岩、闪长岩和橄榄岩等; 喷出的火成岩包括玄武岩和辉绿岩等。

4.4.5 粗骨料的坚固性用硫酸钠溶液循环浸泡法进行检验, 试样经 5 次循环后, 其质量损失率应符合表 4.4.5 的规定。

表 4.4.5 粗骨料的坚固性指标

结构类型	混凝土结构	预应力混凝土结构
质量损失率, %	≤8	≤5

4.4.6 粗骨料中的有害物质含量应符合表 4.4.6 的规定。

表 4.4.6 粗骨料的有害物质含量 (%)

项目	强度等级	<C30	C30~C45	≥C50
含泥量, %		≤1.0	≤1.0	≤0.5
泥块含量, %		≤0.25		
针、片状颗粒总含量, %		≤10	≤10	≤8
硫化物及硫酸盐含量 (折算成 SO_3), %		≤0.5		
氯离子含量, %		<0.02		
碎卵石中有机质含量 (用比色法试验)		颜色不应深于标准色。当深于标准色时, 应配制成混凝土进行强度对比试验, 抗压强度比不应小于 0.95。		

4.4.7 粗骨料的碱活性应首先采用岩相法检验。若粗骨料含有碱—硅酸反应活性矿物, 其砂浆棒膨胀率应小于 0.10%, 否则应采取抑制碱—骨料反应的技术措施。不得使用具有碱—碳酸盐反应活性的骨料。

4.5 外加剂

4.5.1 外加剂应采用减水率高、坍落度损失小、适量引气、能明显提高混凝土耐久性且质量稳定的产品。外加剂与水泥之间应有良好的相容性。外加剂须经铁道部鉴定或评审, 并经铁道部产品质量监督检验中心检验合格。

4.5.2 外加剂的性能应满足表 4.5.2 的要求。

表 4.5.2 外加剂的性能

序号	项 目		指 标	备注
1	水泥净浆流动度, mm		≥ 240	
2	硫酸钠含量, %		≤ 10.0	
3	氯离子含量, %		≤ 0.2	
4	碱含量 ($\text{Na}_2\text{O}+0.658\text{K}_2\text{O}$), %		≤ 10.0	
5	减水率, %		≥ 20	
6	含气量, %		≥ 3.0	用于配制非抗冻混凝土时
			≥ 4.5	用于配制抗冻混凝土时
7	坍落度保留值, mm	30min	≥ 180	用于泵送混凝土时
		60min	≥ 150	用于泵送混凝土时
8	常压泌水率比, %		≤ 20	
9	压力泌水率比, %		≤ 90	用于泵送混凝土时
10	抗压强度比, %	3d	≥ 130	
		7d	≥ 125	
		28d	≥ 120	
11	对钢筋锈蚀作用		无锈蚀	
12	收缩率比, %		≤ 135	
13	相对耐久性指标, %, 200 次		≥ 80	

4.5.3 外加剂的匀质性应满足国家标准《混凝土外加剂》GB8076 的规定。

4.6 水

4.6.1 拌合用水可采用饮用水。当采用其他来源的水时, 水的品质应符合表 4.6.1 的要求。

表 4.6.1 拌合用水的品质指标

项目	预应力混凝土	钢筋混凝土	素混凝土
pH 值	>4.5	>4.5	>4.5
不溶物, mg/L	<2000	<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 (以当量 Na_2O 计), mg/L	<1500	<1500	<1500

4.6.2 用拌合用水和蒸馏水 (或符合国家标准的生活饮用水) 进行水泥净浆试验所得的水泥初凝时间差及终凝时间差均不得大于 30min, 其初凝和终凝时间尚应符合水泥国家标准的规定。

4.6.3 用拌合用水配制的水泥砂浆或混凝土的 28d 抗压强度不得低于用蒸馏水 (或符合国家标准的生活饮用水) 拌制的对应砂浆或混凝土抗压强度的 90%。

4.6.4 拌合用水不得采用海水。当混凝土处于氯盐环境时, 拌合水氯离子含量应不大于 200mg/L。对于使用钢丝或经热处理钢筋的预应力混凝土, 拌合水氯离子含量不得超过 350mg/L。

4.6.5 养护用水除不溶物、可溶物可不作要求外，其他项目应符合表 4.6.1 的规定。养护用水不得采用海水。

5 试验方法

5.0.1 水泥

烧失量和氧化镁、三氧化硫、氧化钙、氧化钠、氧化钾的含量按 GB/T176—1996 进行，氯离子含量试验按 JC/T420 进行，比表面积、细度、凝结时间、安定性、强度按相应水泥标准规定的方法进行。

5.0.2 粉煤灰

细度、需水量比、烧失量、含水量、三氧化硫含量、碱含量、氧化钙按 GB1596—2005 进行；氯离子含量按 GB/T18736—2002 进行。

5.0.3 矿渣粉

比表面积、活性指数、含水率、三氧化硫含量、氯离子含量、烧失量按 GB/T18046—2000 进行；需水量比、氧化镁含量、碱含量按 GB/T18736—2002 进行。

5.0.4 硅灰

烧失量、氯离子含量、二氧化硅含量、比表面积、需水量比、含水率、活性指数按 GB/T18736—2002 进行。

5.0.5 细骨料

细度模数、吸水率、含泥量、泥块含量、坚固性、云母含量、轻物质含量、有机物含量、硫化物及硫酸盐含量、氯离子含量按 JGJ52—92 进行。人工砂或混合砂的石粉含量、压碎指标按 GB/T14684—2001 进行。

碱活性首先采用 TB/T2922.1—1998 对骨料的矿物组成和碱活性矿物类型进行检验，然后采用 TB/T2922.5—2002 对骨料的碱—硅酸反应膨胀率进行测定。

5.0.6 粗骨料

松散堆积密度、紧密空隙率、颗粒级配、含泥量、泥块含量、针片状颗粒含量、吸水率、压碎指标、坚固性、硫化物及硫酸盐含量、有机物含量、岩石抗压强度按 JGJ53—92 进行。氯离子含量按 GB/T14685—2001 进行。

碱活性首先采用 TB/T2922.1—1998 对骨料的矿物组成和碱活性矿物类型进行检验。若骨料含有碱—硅酸反应活性矿物，则采用 TB/T2922.5—2002 对骨料的碱—硅酸反应膨胀率进行试验；若骨料含有碱—碳酸盐反应活性矿物，则采用 TB/T2922.4—1998 对骨料的碱—碳酸盐反应膨胀率进行试验。

5.0.7 外加剂

硫酸钠含量、氯离子含量、水泥净浆流动度、碱含量按 GB/T8077—2000 进行。

减水率、含气量、抗压强度比、常压泌水率比、对钢筋的锈蚀作用、相对耐久性指数、收缩

率比按 GB8076—1997 进行；压力泌水率比、坍落度保留值按 JC473—2001 进行。

5.0.8 水

有害物含量、凝结时间差、抗压强度比按 JGJ63—89 进行。碱含量按 GB/T176—1996 进行。

5.0.9 混凝土拌合物性能

坍落度、含气量、泌水率、凝结时间试验按 GB/T50080—2002 进行。

5.0.10 混凝土的力学性能

抗压强度、弹性模量试验按 GB/T50081—2002 进行。其中，施工控制试件应进行同条件养护。抽检试件应在现场同条件养护脱模后再转入标准养护至规定龄期进行试验。标准试件成型后应在标准条件下养护至规定龄期进行试验。

5.0.11 混凝土耐久性

电通量按附录 A 进行。

抗冻性按 GBJ82—85 进行，试验龄期为 56d。

当混凝土采用自然养护时，耐久性试件成型后应在标准条件下养护至规定龄期进行试验。当混凝土采用蒸汽养护时，耐久性试件应在现场同条件脱模后再转入标准养护至规定龄期进行试验。

6 混凝土的施工

6.1 施工前准备

6.1.1 施工和监理单位应确定并培训专门从事混凝土关键工序施工的操作人员和试验检验人员。

6.1.2 应针对设计要求、施工工艺和施工环境等因素的特点，会同设计、监理各方，共同制定施工全过程的质量控制与保证措施。

6.1.3 应制定严密的施工技术方案，特别应制定明确的混凝土养护措施方案。

6.1.4 应建立完善的质量保证体系和健全的施工质量检验制度，加强对施工过程每道工序的检验，发现与规定不符的问题应及时纠正，并按规定作好记录。

6.1.5 应明确施工质量检验方法。质量检验方法和手段应符合本技术条件的规定以及国家和铁道部的相关标准要求，检验结果应真实可靠。

6.1.6 应针对不同混凝土结构的特点和施工季节、环境条件特点进行混凝土试浇筑，验证并完善混凝土的施工工艺，发现问题及时调整。

6.1.7 应根据设计要求、工程性质以及施工管理要求，在施工现场建立具有相应资质的实验室。

6.1.8 施工前形成的主要施工技术文件至少应包含以下内容：

- 1 保障混凝土耐久性的施工组织设计。
- 2 混凝土施工质量保证体系及其验证制度。
- 3 混凝土原材料的质量要求及其检验方法。
- 4 落实混凝土配合比设计所提出的特殊要求的具体措施。
- 5 按照混凝土验收标准的要求对施工试件所做出的具体规定。

- 6 混凝土搅拌、运输、浇筑、振捣、养护等工序的施工质量控制措施及其检验方法。
- 7 预应力混凝土结构及其连接缝施工的专门操作细则和质量检验方法。
- 8 实体混凝土质量检验评定方法。
- 9 设计和施工技术文件未明确的混凝土专项检查的方法、设备及标准。

6.2 原材料储存与管理

6.2.1 混凝土原材料进厂（场）后，应对原材料的品种、规格、数量以及质量证明书等进行验收核查，并按有关标准的规定取样和复验。经检验合格的原材料方可使用。对于检验不合格的原材料，应按有关规定清除出厂（场）。

6.2.2 混凝土原材料进场（厂）后，应及时建立“原材料管理台帐”，台帐内容包括进货日期、材料名称、品种、规格、数量、生产单位、供货单位、“质量证明书”编号、“复试检验报告”编号及检验结果等。“原材料管理台帐”应填写正确、真实、项目齐全，并经监理工程师签认。

6.2.3 混凝土用水泥、矿物掺合料等应采用散料仓分别存储。袋装粉状材料在运输和存放期间应用专用库房存放，不得露天堆放，且应特别注意防潮。水泥储运过程中，还应符合下列规定：

- 1 装运水泥的车、船应有棚盖。
- 2 贮存水泥的仓库应设在地势较高处，周围应设排水沟。
- 3 在装卸、搬移过程中不得抛掷袋装水泥。
- 4 应按品种、强度等级分批堆垛，堆垛高度不宜大于 1.5m。堆垛应架离地面 0.2m 以上，并距离四周墙壁 0.2~0.3m，或预留通道。
- 5 临时露天堆放时应上盖下垫。
- 6 储存散装水泥过程中，应采取措施降低水泥的温度或防止水泥升温。

6.2.4 混凝土用粗骨料应按要求分级采购、分级运输、分级堆放、分级计量。

6.2.5 不同混凝土原材料应有固定的堆放地点和明确的标识，标明材料名称、品种、生产厂家、生产日期和进厂（场）日期。原材料堆放时应有堆放分界标识，以免误用。骨料堆场应事先进行硬化处理，并设置必要的排水设施。

6.3 配合比的选定

6.3.1 混凝土的配合比应根据原材料品质、混凝土设计强度等级、混凝土耐久性以及施工工艺对工作性的要求，通过计算、试配、调整等步骤选定。配制的混凝土拌合物性能应满足施工要求，配制成的混凝土应满足设计强度、耐久性等质量要求。

6.3.2 选定混凝土配合比应遵循如下基本规定：

- 1 C30 及以下混凝土的胶凝材料总量不宜高于 400 kg/m^3 ，C35~C40 混凝土不宜高于 450 kg/m^3 ，C50 及以上混凝土不宜高于 500 kg/m^3 。
- 2 为提高混凝土的耐久性，改善混凝土的施工性能和抗裂性能，混凝土中宜适量掺加优质的粉煤灰、矿渣粉或硅灰等矿物掺合料。不同矿物掺合料的掺量应根据混凝土的性能通过试验确定。混凝土中粉煤灰掺量大于 30% 时，混凝土的水胶比不得大于 0.45。预应力混凝土以及处于冻融环境的混凝土中粉煤灰的掺量不宜大于 30%。

客运专线高性能混凝土暂行技术条件

3 混凝土中应掺加适量符合本技术条件要求的混凝土外加剂, 优先选用多功能复合外加剂。

4 混凝土的最大水胶比和最小胶凝材料用量应满足设计要求, 当设计无要求时, 钢筋混凝土及预应力混凝土应满足表 6.3.2-1 的要求; 素混凝土应满足表 6.3.2-2 的要求。

表 6.3.2-1 钢筋混凝土及预应力混凝土最大水胶比和最小胶凝材料用量 (kg/m^3)

环境类别	环境作用等级	使用年限级别		
		一 (100 年)	二 (60 年)	三 (30 年)
碳化环境	T1	0.55, 280	0.60, 260	0.65, 260
	T2	0.50, 300	0.55, 280	0.60, 260
	T3	0.45, 320	0.50, 300	0.50, 300
氯盐环境	L1	0.45, 320	0.50, 300	0.50, 300
	L2	0.40, 340	0.45, 320	0.45, 320
	L3	0.36, 360	0.40, 340	0.40, 340
化学侵蚀环境	H1	0.50, 300	0.55, 280	0.60, 260
	H2	0.45, 320	0.50, 300	0.50, 300
	H3	0.40, 340	0.45, 320	0.45, 320
	H4	0.36, 360	0.40, 340	0.40, 340
冻融破坏环境	D1	0.50, 300	0.55, 280	0.60, 260
	D2	0.45, 320	0.50, 300	0.50, 300
	D3	0.40, 340	0.45, 320	0.45, 320
	D4	0.36, 360	0.40, 340	0.40, 340
磨蚀环境	M1	0.50, 300	0.55, 280	0.60, 260
	M2	0.45, 320	0.50, 300	0.50, 300
	M3	0.40, 340	0.45, 320	0.45, 320

表 6.3.2-2 素混凝土的最大水胶比和最小胶凝材料用量 (kg/m^3)

环境类别	环境作用等级	设计使用年限级别		
		一 (100 年)	二 (60 年)	三 (30 年)
碳化环境	T1、T2、T3	0.60, 280	0.65, 260	0.65, 260
氯盐环境	L1、L2、L3	0.60, 280	0.65, 260	0.65, 260
化学侵蚀环境	H1	0.50, 300	0.55, 280	0.60, 260
	H2	*	0.50, 300	0.50, 300
	H3	*	*	*
	H4	*	*	*
冻融破坏环境	D1	0.50, 300	0.55, 280	0.60, 260
	D2	*	0.50, 300	0.50, 300
	D3	*	*	*
	D4	*	*	*
磨蚀环境	M1	0.55, 280	0.60, 260	0.65, 260
	M2	0.50, 300	0.55, 280	0.60, 260
	M3	*	0.50, 300	0.50, 300

注: “*” 表示不宜使用素混凝土。

5 对于硫酸盐侵蚀环境中的混凝土结构，除了配合比参数应满足表 6.3.2-1、表 6.3.2-2 的要求外，混凝土的胶凝材料组成还应满足表 6.3.2-3 的要求，胶凝材料的抗蚀系数应不小于 0.80。

6.3.2-3 硫酸盐侵蚀环境下混凝土胶凝材料的要求

环境作用等级	水泥品种	水泥熟料中的 C_3A 含量, %	粉煤灰或矿渣粉的掺量, %	最小胶凝材料用量, kg/m^3
H1	普通硅酸盐水泥	≤ 8	≥ 20	300
	中抗硫酸盐硅酸盐水泥	≤ 5	/	300
H2	普通硅酸盐水泥	≤ 8	≥ 25	330
	中抗硫酸盐硅酸盐水泥	≤ 5	≥ 20	300
	高抗硫酸盐硅酸盐水泥	≤ 3	/	300
H3, H4	普通硅酸盐水泥	≤ 6	≥ 30	360
	中抗硫酸盐硅酸盐水泥	≤ 5	≥ 25	360
	高抗硫酸盐硅酸盐水泥	≤ 3	≥ 20	360

注：胶凝材料抗蚀系数试验按附录 B 进行。

6 当骨料的碱—硅酸反应砂浆棒膨胀率在 0.10~0.20% 时，混凝土的碱含量应满足表 6.3.2-4 的规定；当骨料的碱—硅酸反应砂浆棒膨胀率在 0.20~0.30% 时，除了混凝土的碱含量应满足表 6.3.2-4 的规定外，还应在混凝土中掺加具有明显抑制效能的矿物掺合料和复合外加剂，并按附录 C 方法试验证明抑制有效。

表 6.3.2-4 混凝土最大碱含量 (kg/m^3)

使用年限级别		一 (100 年)	二 (60 年)	三 (30 年)
环境条件	干燥环境	3.5	3.5	3.5
	潮湿环境	3.0	3.0	3.0
	含碱环境	*	3.0	3.0

注：

1 *号表示混凝土必须换用非碱活性骨料。

2 混凝土的总碱含量包括水泥、矿物掺合料、外加剂及水的碱含量之和。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总碱量的 1/2，硅灰的可溶性碱量取硅灰总碱量的 1/2。

3 干燥环境是指不直接与水接触、年平均空气相对湿度长期不大于 75% 的环境；潮湿环境是指长期处于水下或潮湿土中、干湿交替区、水位变化区以及年平均相对湿度大于 75% 的环境；含碱环境是指直接与高含盐碱地、海水、含碱工业废水或钠（钾）盐等接触的环境；干燥环境或潮湿环境与含碱环境交替变化时，均按含碱环境对待。

4 处于含碱环境中的设计使用寿命为 30 年、60 年的混凝土结构，在限制混凝土碱含量的同时，应对混凝土表面作防水、防碱涂层处理。否则应换用非碱活性骨料。

7 钢筋混凝土中氯离子总含量（包括水泥、矿物掺合料、粗骨料、细骨料、水、外加剂等所含氯离子含量之和）不应超过胶凝材料总量的 0.10%，预应力混凝土的氯离子总含量不应超过胶凝材料总量的 0.06%。

8 无抗冻要求的混凝土含气量不应小于 2.0%（干硬性混凝土除外）。当混凝土有抗冻要求时，混凝土的含气量应根据抗冻等级的要求经试验确定。

6.3.3 混凝土配合比按下列步驟計算（以干燥状态骨料為基準；礦物摻合料和外加劑的摻量均以膠凝材料總量百分率計）、試配和調整：

1 核對供應商提供的水泥熟料的化學成分和礦物組成、混合材種類和數量等資料，並根據設計要求，初步選定混凝土的水泥、礦物摻合料、骨料、外加劑、拌合水的品種以及水膠比、膠凝材料總用量、礦物摻合料和外加劑的摻量。當設計無明確要求時，可參考 6.3.2 的要求進行選定。

2 參照《普通混凝土配合比設計規程》（JGJ55）的規定計算單方混凝土中各原材料組分用量，並核算單方混凝土的總鹼含量和氯離子含量是否滿足 6.3.2 的要求。否則應重新選擇原材料或調整計算的配合比，直至滿足要求為止。

3 採用工程中實際使用的原材料和攪拌方法，通過適當調整混凝土外加劑用量或砂率，調配出坍落度、含氣量、泌水率符合要求的混凝土配合比。試拌時，每盤混凝土的最小攪拌量應在 15 L 以上。該配合比作為基準配合比。

4 改變基準配合比的水膠比、膠凝材料用量、礦物摻合料摻量、外加劑摻量或砂率等參數，調配出拌合物性能與要求值基本接近的配合比 3~5 個。

5 按要求對上述不同配合比混凝土製作力學性能和抗裂性能對比試件，養護至規定齡期時進行試驗。其中，抗壓強度試件每種配合比宜製作 4 組，標準養護至 1d、3d、28d、56d 時試壓，試件的邊長可選擇 150mm 或 100mm（強度等級 C50 及以上的混凝土試件邊長應採用 150mm）；抗裂性對比試驗可參照附錄 D 規定的方法進行。

6 從上述配合比中選出拌合物性能和抗裂性優良、抗壓強度適宜的一個或多個配合比各成型一組或多組耐久性試件，養護至規定齡期時進行試驗。

7 根據上述不同配合比對應混凝土拌合物的性能、抗壓強度、抗裂性以及耐久性試驗結果，按照工作性能優良、強度和耐久性滿足要求、經濟合理的原則，從不同配合比中選擇一個最適合的配合比作為理論配合比。

8 採用工程實際使用的原材料拌合混凝土，測定混凝土的表觀密度。根據實測拌合物的表觀密度，求出校正系數，對理論配合比進行校正（即以理論配合比中每項材料用量乘以校正系數後獲得的配合比作為混凝土配合比）。校正系數按下式計算：

$$\text{校正系數} = \text{實測拌合物密度值} / \text{理論配合比拌合物密度值}$$

9 當混凝土的力學性能或耐久性試驗結果不滿足設計或施工的要求時，則應重新根據 6.3.2 的要求選擇水膠比、膠凝材料用量或礦物摻合料用量，並按照上述步驟重新試拌和調整混凝土配合比，直至滿足要求為止。

10 當混凝土原材料、施工環境溫度等發生較大變化時，應及時調整混凝土配合比。

6.4 攪拌

6.4.1 混凝土原材料應嚴格按照施工配合比要求進行準確稱量，稱量最大允許偏差应符合下列規定（按重量計）：膠凝材料（水泥、摻合料等）±1%；外加劑±1%；骨料±2%；拌合用水±1%。

6.4.2 攪拌混凝土前，應嚴格測定粗細骨料的含水率，準確測定因天氣變化而引起的粗細骨料含水

量变化,以便及时调整施工配合比。一般情况下,含水量每班抽测2次,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。

6.4.3 应采用卧轴式、行星式或逆流式强制搅拌机搅拌混凝土,采用电子计量系统计量原材料。搅拌时,宜先向搅拌机投入细骨料、水泥、矿物掺合料和外加剂,搅拌均匀后,再加入所需用水量,待砂浆充分搅拌后再投入粗骨料,并继续搅拌至均匀为止。上述每一阶段的搅拌时间不宜少于30s,总搅拌时间不宜少于2min,也不宜超过3min。

6.4.4 冬季搅拌混凝土前,应先经过热工计算,并经试拌确定水和骨料需要预热的最高温度,以保证混凝土的入模温度满足6.6.3的规定。应优先采用加热水的预热方法调整拌合物温度,但水的加热温度不宜高于80℃。当加热水还不能满足要求或骨料中含有冰、雪等杂物时,也可先将骨料均匀地进行加热,其加热温度不应高于60℃。水泥、外加剂及矿物掺合料可在使用前运入暖棚进行自然预热,但不得直接加热。

6.4.5 炎热季节搅拌混凝土时,宜采取措施控制水泥的入搅拌机温度不大于40℃。应采取在骨料堆场搭设遮阳棚、采用低温水搅拌混凝土等措施降低混凝土拌合物的温度,或尽可能在傍晚和晚上搅拌混凝土,以保证混凝土的入模温度满足6.6.3的规定。

6.5 运输

6.5.1 应选用能确保浇筑工作连续进行、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输混凝土。不得采用机动翻斗车、手推车等工具长距离运输混凝土。

6.5.2 应保持运输混凝土的道路平坦畅通,保证混凝土在运输过程中保持均匀性,运到浇筑地点时不分层、不离析、不漏浆,并具有要求的坍落度和含气量等工作性能。

6.5.3 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)。应采取适当措施防止水份进入运输容器或蒸发,严禁在运输过程中向混凝土内加水。

6.5.4 应尽量减少混凝土的转载次数和运输时间。从搅拌机卸出混凝土到混凝土浇筑完毕的延续时间以不影响混凝土的各项性能为限。

6.5.5 若采用搅拌罐车运输混凝土,当罐车到达浇筑现场时,应使罐车高速旋转20~30s,再将混凝土拌合物喂入泵车受料斗或混凝土料斗。

6.5.6 采用混凝土泵输送混凝土时,除应按JGJ/T10—95规定进行施工外,还应特别注意如下事项:

- 1 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,以免混凝土在振捣过程中产生离析和泌水。当浇筑层的高度较大时,尤应控制拌合物的坍落度,并且使用串筒浇筑;一般情况下,泵送下料口应能移动;当泵送下料口固定时,固定的间距不宜过大,一般不大于3m。

- 2 泵送管路起始水平管段长度不应小于15m。除出口处可采用软管外,管路的其它部位均不得采用软管。管路应用支架、吊具等加以固定,不应与模板和钢筋接触。高温或低温环境下,管路应分别用湿帘和保温材料覆盖。

- 3 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 混凝土宜在搅拌后60min内泵送完毕,且在1/2初凝时间前入泵。全部混凝土应在初凝前

浇筑完毕。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。

5 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方向的运动，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，并用压力水或其它方法冲洗管内残留的混凝土。

6.6 浇筑

6.6.1 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。

6.6.2 浇筑混凝土前，应仔细检查钢筋保护层垫块的位置、数量及其紧固程度，并指定专人作重复性检查，以提高钢筋保护层厚度尺寸的质量保证率。构件侧面和底面的垫块至少应为 4 个/m²，绑扎垫块和钢筋的铁丝头不得伸入保护层内。

保护层垫块的尺寸应保证保护层厚度的准确性，其形状（宜为工字形或锥形）应有利于钢筋的定位，不得使用砂浆垫块。当采用细石混凝土垫块时，其抗腐蚀能力和抗压强度应高于构件本体混凝土，且水胶比不大于 0.4。当采用塑料垫块时，塑料的耐碱和抗老化性能应良好且抗压强度不低于 50MPa。

6.6.3 混凝土入模前，应采用专用设备测定混凝土的温度、坍落度、含气量、水胶比及泌水率等工作性能；只有拌合物性能符合设计或配合比要求的混凝土方可入模浇筑。

当设计无要求时，混凝土的入模温度宜控制在 5~30℃。

6.6.4 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。

6.6.5 混凝土的浇筑应采用分层连续推移的方式进行，间隙时间不得超过 90min，不得随意留置施工缝。

6.6.6 混凝土的一次摊铺厚度不宜大于 600mm（当采用泵送混凝土时）或 400mm（当采用非泵送混凝土时）。浇筑竖向结构的混凝土前，底部应先浇入 50~100mm 厚的水泥砂浆（水灰比略小于混凝土）。

6.6.7 在炎热季节浇筑混凝土时，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以及附近的局部气温均不超过 40℃。应尽可能安排在傍晚而避开炎热的白天浇筑混凝土。

在低温条件下（当昼夜平均气温低于 5℃或最低气温低于-3℃时）浇筑混凝土时，应采取适当的保温防冻措施，防止混凝土提前受冻。

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，防止混凝土失水过快，此时应避免浇筑有较大暴露面积的构件。

6.6.8 浇筑大体积混凝土结构（或构件最小断面尺寸在 800mm 以上的结构）前，应根据结构截面尺寸大小预先采取必要的降温防裂措施，如搭设遮阳棚、预设循环冷却水系统等。

6.6.9 新浇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得大于 15℃。

6.6.10 预应力混凝土预制梁应采用快速、稳定、连续、可靠的浇筑方式一次浇筑成型。每片梁的浇筑时间不宜超过 6h，最长不超过混凝土的初凝时间。

在预应力混凝土梁浇筑过程中，应随机取样制作混凝土强度和弹模试件，试件制作数量应符合相关规定。其中箱梁混凝土试件应分别在浇筑底板、腹板及顶板的同时取样。

6.7 振捣

6.7.1 可采用插入式振动棒、附着式平板振捣器、表面平板振捣器等振捣设备振捣混凝土。振捣时应避免碰撞模板、钢筋及预埋件。

6.7.2 按事先规定的工艺路线和方式振捣混凝土，应在混凝土浇筑过程中及时将入模的混凝土均匀振捣密实，不得随意加密振点或漏振，每点的振捣时间以表面泛浆或不冒大气泡为准，一般不宜超过 30s，避免过振。

6.7.3 采用插入式振捣器振捣混凝土时，宜采用垂直点振方式振捣。若需变换振捣棒在混凝土拌合物中的水平位置，应首先竖向缓慢将振捣棒拔出，然后再将振捣棒移至新的位置，不得将振捣棒放在拌合物内平拖，也不得用插入式振捣棒平拖驱赶下料口处堆积的混凝土拌合物。

6.7.4 预应力混凝土梁宜采用侧振并辅以插入式振捣器振捣的方式振捣。

6.7.5 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。混凝土浇筑完成后，应仔细将混凝土暴露面压实抹平，抹面时严禁洒水。

6.8 养护

6.8.1 混凝土振捣完成后，应及时对混凝土暴露面进行紧密覆盖（可采用蓬布、塑料布等进行覆盖），尽量减少暴露时间，防止表面水分蒸发。暴露面保护层混凝土初凝前，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，此时应注意覆盖物不要直接接触混凝土表面，直至混凝土终凝为止。

6.8.2 混凝土的蒸汽养护可分静停、升温、恒温、降温四个阶段。静停期间应保持环境温度不低于 5℃，浇筑结束 4~6h 后方可升温，升温速度不宜大于 10℃/h，恒温期间混凝土内部温度不宜超过 60℃，最大不得超过 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，降温速度不宜大于 10℃/h。

6.8.3 混凝土带模养护期间，应采取带模包裹、浇水、喷淋洒水或通蒸汽等措施进行保湿、潮湿养护。

6.8.4 混凝土去除表面覆盖物或拆模后，应对混凝土采用蓄水、浇水或覆盖洒水等措施进行潮湿养护。也可在混凝土表面处于潮湿状态时，迅速采用麻布、草帘等材料将暴露面混凝土覆盖或包裹，再用塑料布或帆布等将麻布、草帘等保湿材料包覆（裹）完好。包覆（裹）期间，包覆（裹）物应完好无损，彼此搭接完整，内表面应具有凝结水珠。有条件地段应尽量延长混凝土的包覆（裹）养护时间。

6.8.5 混凝土采用喷涂养护液养护时，应确保不漏喷。

6.8.6 混凝土终凝后的持续保湿养护时间宜满足表 6.8.6 的要求。

表 6.8.6 不同混凝土湿养护的最低期限

混凝土类型	水胶比	大气潮湿 (RH≥50%), 无风, 无阳光直射		大气干燥 (RH<50%), 有风, 或阳光直射	
		日平均气温 T (°C)	潮湿养护期限 (d)	日平均气温 T (°C)	潮湿养护期限 (d)
胶凝材料中掺有矿物掺合料	≥0.45	5≤T<10	21	5≤T<10	28
		10≤T<20	14	10≤T<20	21
		20≤T	10	20≤T	14
	≤0.45	5≤T<10	14	5≤T<10	21
胶凝材料中未掺矿物掺合料	≥0.45	10≤T<20	10	10≤T<20	14
		20≤T	7	20≤T	10
	≤0.45	5≤T<10	10	5≤T<10	14
		10≤T<20	7	10≤T<20	10
		20≤T	7	20≤T	7

6.8.7 在任意养护时间, 淋注于混凝土表面的养护水温度低于混凝土表面温度时, 二者间温差不得大于 15℃。

6.8.8 混凝土养护期间应注意采取保温措施, 防止混凝土表面温度受环境因素影响 (如曝晒、气温骤降等) 而发生剧烈变化。养护期间混凝土的芯部与表层、表层与环境之间的温差不宜超过 20℃ (截面较为复杂时, 不宜超过 15℃)。大体积混凝土施工前应制定严格的养护方案, 控制混凝土内外温差满足设计要求。

6.8.9 混凝土在冬季和炎热季节拆模后, 若天气产生骤然变化时, 应采取适当的保温 (冬季) 隔热 (夏季) 措施, 防止混凝土产生过大的温差应力。

6.8.10 混凝土拆模后可能与流动水接触时, 应在混凝土与流动的地表水或地下水接触前采取有效保温保湿养护措施养护 14d 以上, 且确保混凝土获得 75% 以上的设计强度。养护结束后及时回填。

6.8.11 直接与海水或盐渍土接触的混凝土, 应保证混凝土在强度达到设计等级以前不受侵蚀。并尽可能推迟新浇混凝土与海水或盐渍土直接接触的龄期, 一般不宜小于 6 周。

6.8.12 对于严重腐蚀环境下采用大掺量粉煤灰的结构构件, 在完成规定的养护期限后, 如条件许可, 在上述养护措施基础上仍应进一步适当延长潮湿养护时间。

6.8.13 混凝土养护期间, 应对有代表性的结构进行温度监控, 定时测定混凝土芯部温度、表层温度以及环境气温、相对湿度、风速等参数, 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, 严格控制混凝土的内外温差满足要求。

6.8.14 当昼夜平均气温低于 5℃ 或最低气温低于 -3℃ 时, 应按冬季施工处理。

6.8.15 混凝土养护期间, 施工和监理单位应各自对混凝土的养护过程作详细记录, 并建立严格的岗位责任制。

6.9 拆模

6.9.1 混凝土拆模時的強度應符合設計要求。當設計未提出要求時，應符合下列規定：

- 1 側模應在混凝土強度達到2.5MPa以上，且其表面及棱角不因拆模而受損時，方可拆除。
- 2 底模應在混凝土強度符合表6.9.1的規定後，方可拆除。

表6.9.1 拆除底模時所需混凝土強度

結構類型	結構跨度 (m)	達到混凝土設計強度的百分數 (%)
板、拱	≤2	50
	2~8	75
	>8	100
梁	≤8	75
	>8	100
懸臂梁 (板)	≤2	75
	>2	100

- 3 芯模或預留孔洞的內模應在混凝土強度能保證構件表面不發生塌陷和裂縫時，方可拆除。

6.9.2 混凝土的拆模時間除需考慮拆模時的混凝土強度外，還應考慮到拆模時的混凝土溫度（由水泥水化熱引起）不能過高，以免混凝土接觸空氣時降溫過快而開裂，更不能在此時澆注涼水養護。混凝土內部開始降溫以前以及混凝土內部溫度最高時不得拆模。

一般情況下，結構或構件芯部混凝土與表層混凝土之間的溫差、表層混凝土與環境之間的溫差大於 20℃（截面較為複雜時，溫差大於 15℃）時不宜拆模。大風或氣溫急劇變化時不宜拆模。在寒冷季節，若環境溫度低於 0℃時不宜拆模。在炎熱和大風乾燥季節，應採取逐段拆模、邊拆邊蓋的拆模工藝。

6.9.3 拆模宜按立模順序逆向進行，不得損傷混凝土，並減少模板破損。當模板與混凝土脫離後，方可拆卸、吊運模板。

6.9.4 拆模後的混凝土結構應在混凝土達到 100%的設計強度後，方可承受全部設計荷載。

7 混凝土的質量檢驗

7.1 一般規定

7.1.1 混凝土的質量檢驗分施工前檢驗、施工過程檢驗、施工後檢驗。

7.1.2 施工前檢驗項目應全部合格後方可施工；施工過程檢驗項目出現不合格時，應分析原因，及時調整，待合格後方可繼續施工；施工後檢驗項目應和施工前、施工過程檢驗項目共同作為質量評定和驗收的依據。

7.2 施工前檢驗

7.2.1 應按附錄 E 的要求，對混凝土用水泥、骨料、礦物摻合料、外加劑、水等主要原材料的產品合格證及出廠質量檢驗報告進行進場核對。其中，主要原材料品質的出廠檢驗結果應滿足本技術

条件的相关要求。

7.2.2 应按附录 E 的要求，对混凝土用水泥、骨料、矿物掺合料、外加剂、水等主要原材料进行复检。复检结果应满足本技术条件的相关要求。

7.2.3 应按设计及施工要求复检施工配合比混凝土的拌合物性能，核查配合比试拌过程以及相关混凝土力学性能、抗裂性能以及耐久性能试验结果。其中，混凝土的耐久性应由经国家、铁道部认可或业主指定的权威部门检验。检验结果应满足本技术条件的相关要求。

7.3 施工过程检验

7.3.1 应按附录 E 的要求对混凝土用水泥、骨料、外加剂、矿物掺合料、拌合水等主要原材料的品质进行日常检验，检验结果应满足本技术条件的相关要求。

7.3.2 应按附录 F 的要求对混凝土拌合物性能进行日常检验，检验结果应满足设计、施工以及经批准的施工配合比要求。

7.3.3 应按附录 G 的要求对混凝土的力学性能进行日常检验，检验结果应满足设计和施工要求。

7.3.4 应按附录 H 的要求对混凝土的耐久性进行抽检，检验结果应满足设计或本技术条件的要求。

7.3.5 在混凝土施工过程中，如更换水泥、外加剂、矿物掺合料等主要原材料的品种及规格，应重新进行混凝土配合比选定试验，并对试验配合比混凝土的拌合物性能、力学性能和耐久性能进行检验，检验结果应分别满足相关要求。

7.3.6 对用于施工过程控制或质量检验的混凝土强度和耐久性抽检试件，应从同一盘混凝土或同一车运送的混凝土中取出。

7.4 施工后检验

7.4.1 应采用下述方法按附录 J 的要求对实体混凝土质量进行检验。

1 用肉眼或放大镜观察实体结构表面是否存在非外力裂缝。当混凝土表面出现非外力裂缝时，普通混凝土结构表面的裂缝最大宽度不得大于 0.20mm，预应力混凝土结构不得出现结构性裂缝。

2 采用无损检测方法进行混凝土保护层厚度的检测（当对混凝土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，复核结束后对破损部位进行及时修复），检验结果应满足设计要求。

3 依据 TB10426—2004 对钻芯取样的具体要求，在现浇混凝土实体结构上随机钻芯抽取混凝土芯样。依据附录 A 测定实体混凝土的电通量。测定结果应满足设计或本技术条件的规定。

4 当设计对混凝土提出抗冻性要求时，应依据 TB10426—2004 对钻芯取样的具体要求，在现浇混凝土实体结构上随机钻芯抽取混凝土芯样。依据 DL/T5051—2001 测定实体混凝土的气泡间距系数。测定结果应满足设计的规定。

附录 A 混凝土的电通量快速测定方法

A.0.1 适用范围

- 1 本方法通过测定混凝土在直流恒电压作用下通过电量值的大小来评价混凝土原材料和配合比对混凝土抗渗透性能的影响，也可用来间接评价混凝土的密实性。
- 2 本试验方法适用于直径为 95~102mm，厚度为 51 ± 3 mm 的素混凝土芯样。
- 3 本试验方法不适用于掺亚硝酸钙的混凝土。掺其它外加剂或表面处理过的混凝土，当有疑问时，应进行氯化物溶液的长期浸渍试验。

A.0.2 试验设备及材料

- 1 仪器设备应满足下列要求：
 - (1) 直流稳压电源，可输出 60V 直流电压，精度 ± 0.1 V；
 - (2) 带有注液孔的塑料或有机玻璃试验槽；
 - (3) 20 目铜网；
 - (4) 数字式直流表，量程 20A，精度 ± 1.0 %；
 - (5) 真空泵，真空度可达 133Pa 以下；
 - (6) 真空干燥器，内径不小于 250mm。
- 2 试验应采用下列材料：
 - (1) 用分析纯试剂配制的 3.0%氯化钠溶液；
 - (2) 用分析纯试剂配制的 0.3mol/L 氢氧化钠溶液；
 - (3) 硅橡胶或树脂密封材料。

A.0.3 试验步骤

- 1 在规定的 56d 试验龄期前，对预留的试块进行钻芯制件，试件直径为 95~102mm，厚度为 51mm，试验时以三块试件为一组。
- 2 将试件暴露于空气中至表面干燥，以硅橡胶或树脂密封材料涂于试件侧面，必要时填补涂层中的孔道以保证试件侧面完全密封。
- 3 测试前应进行真空饱水。将试件放入 1000mL 烧杯中，然后一起放入真空干燥器中，启动真空泵，数分钟内真空度达 133Pa 以下，保持真空 3h 后，维持这一真空度并注入足够的蒸馏水，直至淹没试件，试件浸泡 1h 后恢复常压，再继续浸泡 18 ± 2 h。
- 4 从水中取出试件，抹掉多余水份，将试件安装于试验槽内，用橡胶密封环或其它密封胶密封，并用螺杆将两试验槽和试件夹紧，以确保不会渗漏，然后将试验装置放在 20~23℃ 的流动冷水槽中，其水面宜低于装置顶面 5mm，试验应在 20~25℃ 恒温室内进行。
- 5 将浓度为 0.3%的氯化钠和 0.3mol/L 的氢氧化钠溶液分别注入试件两侧的试验槽中，注入氯化钠溶液的试验槽内的铜网连接电源负极，注入氢氧化钠溶液的试验槽中的铜网连接电源正极。

6 接通电源，对上述两铜网施加 60V 直流恒电压，并记录电流初始读数，通电并保持试验槽中充满溶液。开始时每隔 5min 记录一次电流值，当电流值变化不大时，每隔 10min 记录一次电流值，当电流变化很小时，每隔 30min 记录一次电流值，直至通电 6h。

A.0.4 试验结果计算

1 绘制电流与时间的关系图。将各点数据以光滑曲线连接起来，对曲线作面积积分，或按梯形法进行面积积分，即可得到试验 6h 通过的电量。

2 取同组 3 个试件通过的电量的平均值，作为该组试件的电通量。

附录 B 水泥或胶凝材料抗硫酸盐侵蚀性能快速试验方法

B.0.1 适用范围

本试验主要根据水泥或胶凝材料胶砂试体浸泡在硫酸钠溶液中的抗折强度与洁净的饮用水中的同龄期抗折强度之比计算抗蚀系数，以比较胶凝材料抗硫酸盐侵蚀的性能。

B.0.2 试验设备及材料

- 1 加压成型机：试体成型采用小型千斤顶压力机，最大荷重必须在 15kN 以上。
- 2 抗折机：试体破型采用小型电动抗折机，加荷速度 0.8N/s。
- 3 模型：试体尺寸为 $10\times 10\times 60\text{mm}$ ，试模应由不锈钢材制造。
- 4 球形拌合锅：直径 200mm，高 70mm，厚度 1~2mm。
- 5 标准砂：质量应符合《水泥强度试验用标准砂》（GB178）的要求。
- 6 拌合水：蒸馏水。

B.0.3 温、湿度

- 1 实验室温度为 $17\sim 25^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度大于 50%，所用试验原材料温度应与室温相同。
- 2 养护箱温度 $20\pm 3^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度大于 90%。
- 3 浸泡前养护水的温度 $50\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。
- 4 侵蚀液温度 $20\pm 3^{\circ}\text{C}$ 。

B.0.4 试验步骤

1 试体成型：称取水泥或胶凝材料共 100g（工程水泥和矿物掺合料用量应按照配合比进行计算），标准砂 250g，拌合均匀后加入 50g 蒸馏水，湿拌 3min，将胶砂分别装入 6 个三联模内。把带有模芯、模套的试模放到小型千斤顶压力机上加压到 8MPa 压力下保持 5s，然后取出试模，刮平，编号，放入养护箱养护 $24\pm 2\text{h}$ ，脱模。

2 试体的养护：脱模后的试体放入 50°C 水中养护 7d。

3 试体的浸泡：将试体分成两组，一组 9 块放入 20°C 饮用水中养护，一组 9 块放入 3% 的 Na_2SO_4 侵蚀溶液中浸泡。试体在浸泡过程中，每天一次用 1N H_2SO_4 溶液滴定以中和试体在溶液中释放出的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ，边滴定边搅拌使溶液的 pH 值保持在 7.0 左右。

试体在 Na_2SO_4 溶液中浸泡时，每条试体需有 200mL 的侵蚀溶液，液面至少高出试体顶面 10mm，为避免蒸发，容器必须加盖。

4 试体破型：试体在 20°C 饮用水中养护 28d，以及在侵蚀性溶液中养护 28d 后，取出并用小型抗折机进行抗折试验。其中，试体支点跨距 50mm，支撑圆柱直径 5mm，加荷速度控制在 0.8N/s。

破型前，须擦去试体表面的水份和砂粒，清除支点圆柱表面粘着的杂物，试体放入抗折支点上时，应使侧面与圆柱接触。

B.0.5 试验结果计算

- 1 试体的极限抗折强度 (MPa)，系由破坏荷载乘以 0.75 得到，抗折强度计算到 0.01MPa。
- 2 剔去 9 块试体破坏荷重的最大值和最小值以其余 7 个试体抗折强度的平均值作为该组试体的抗折强度。
- 3 水泥胶砂的抗蚀系数以同龄期的水泥胶砂试体分别在侵蚀溶液中浸泡和在 20℃水中养护的抗折强度之比，以 k 表示，计算精确到 0.01。

B.0.6 结果判定

抗蚀系数大于 0.80 时，判定水泥或胶凝材料胶砂抗硫酸盐侵蚀性能合格。

附录 C 矿物掺合料及外加剂抑制碱—骨料反应有效性试验方法

C.0.1 范围

本方法适用于评定矿物掺合料和外加剂抑制混凝土碱—硅酸反应的有效性。

C.0.2 原理

将具有碱—硅酸反应活性的骨料与硅酸盐水泥、工程实际使用的矿物掺合料或外加剂制成砂浆试件，在 80°C 、 1mol/L NaOH 溶液中养护，若砂浆试件 28d 龄期时的长度膨胀率不大于 0.10%，则将矿物掺合料及外加剂抑制混凝土的碱—硅酸反应评定为有效。

C.0.3 主要试验设备及材料

- 1 比长仪：量程 $275\text{ mm} \sim 300\text{mm}$ ，精度 0.01mm 。
- 2 恒温水浴或烘箱：温度为 $80 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 。
- 3 硅酸盐水泥：42.5 级 P·I 型硅酸盐水泥，碱含量不大于 0.80%。当水泥的碱含量小于 0.80% 时，应通过外加 NaOH（分析纯）的方式使水泥的碱含量达到 0.80%。

C.0.4 实验室温度和湿度

实验室温度为 $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ （特别说明的除外），相对湿度大于 50%。

C.0.5 试验步骤

1 骨料的制备。粗骨料应全部破碎至 5mm 以下，细骨料应将大于 5mm 的部分破碎至 5mm 以下，将骨料筛分后分级洗净烘干后备用。

2 称料。将置于 $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 环境中存放 24h 后的原材料按骨灰比为 2.25:1 的比例进行称料（一组三个试件应称取骨料 900g，水泥、矿物掺合料和外加剂共计 400g），其中矿物掺合料与外加剂的用量应参照工程配合比进行计算，骨料的各级配用量应按照表 C.0.5 进行称取，用水量应以 10 次/6s 时砂浆流动度为 105~120mm 进行控制。

表 C.0.5 骨料级配表

筛孔尺寸 (mm)	5.0~2.5	2.5~1.25	1.25~0.63	0.63~0.315	0.315~0.16
分级质量 (%)	10	25	25	25	15
分级质量 (g)	90	225	225	225	135

3 搅拌。按 GB/T 17671 规定的程序搅拌砂浆。

4 成型。将砂浆分两层装入试模内。试模装入砂浆后先用小刀来回划匀胶砂（装入第二层砂浆时，划入深度应透过第一层砂浆的表面），然后用捣棒在试模内顺序往返各捣压 20 次。捣压完毕，将试件表面抹平、编号并标明测定方向。

每组试件按上述方法制作 3 条试件。

注：当工程中仅是粗骨料具有碱—硅酸反应活性时，只取粗骨料按上述要求成型一组试件；当工程中仅是细骨料具有碱—硅酸反应活性时，只取细骨料按上述要求成型一组试件；当工程用粗、细骨料均具有碱—硅酸反应活性时，应分别取粗、细骨料按上述要求成型二组试件。

5 拆模。试件成型后应放入标准养护室内养护 $24 \pm 2\text{h}$ 。取出试模并小心将试件脱模。

6 预养护。拆模后的试件应迅速放入 80℃ 的水溶液中预养 24 ± 2 h。

7 养护与测长。将经过预养护的试件进行初长测试后迅速放入 80℃、1mol 的 NaOH 养护液中进行养护（养护容器中试件养护液的体积与试件的体积比应为 4:1）。分别在 3d、7d、14d、21d、28d 龄期时测量试件的长度。试件长度的测量时间（从养护液中取出起计）应控制在 15s 以内。每次测量时，应仔细观察试件表面的变化情况，包括变形、裂缝、表面沉积物或渗出物等。

C.0.6 结果计算与处理

1 试件长度膨胀率按下式计算：

$$\Sigma_t = \frac{L_t - L_0}{L_0 - 2\Delta} \times 100$$

式中： Σ_t ——试件在第 t 天龄期时的长度膨胀率，%，精确至 0.01%；

L_t ——试件在第 t 天龄期时的长度，mm；

L_0 ——试件的初长，mm；

Δ ——测头的长度，mm。

2 当单个试件的长度膨胀率与同组 3 个试件长度膨胀率的算术平均值之差符合下述两种情况之一的要求时，取 3 个试件长度膨胀率的算术平均值作为试件长度膨胀率：

a 当平均值小于或等于 0.05% 时，单个试件长度膨胀率与平均值之差的绝对值均小于 0.01%；

b 当平均值大于 0.05% 时，单个试件长度膨胀率与平均值之差均小于平均值的 20%。

3 当单个试件的长度膨胀率与 3 个试件长度膨胀率的算术平均值之差不符合上述要求时，去掉 3 个试件长度膨胀率的最小值，取剩余 2 个试件长度膨胀率的算术平均值作为该组试件的长度膨胀率。

C.0.7 结果评定

当工程中仅是粗骨料具有碱—硅酸反应活性时，若取粗骨料按本方法试验的 28d 龄期试件长度膨胀率小于 0.10%，则将矿物掺合料或外加剂抑制混凝土碱—硅酸反应评定为有效。

当工程中仅是细骨料具有碱—硅酸反应活性时，若取细骨料按本方法试验的 28d 龄期试件长度膨胀率小于 0.10%，则将矿物掺合料或外加剂抑制混凝土碱—硅酸反应评定为有效。

当工程中粗、细骨料均具有碱—硅酸反应活性时，若分别取粗、细骨料按本方法试验的 28d 龄期试件长度膨胀率均小于 0.10%，则将矿物掺合料或外加剂抑制混凝土碱—硅酸反应评定为有效。

附录 D 混凝土抗裂性试验方法

D.0.1 圆环约束试件法

本方法通过考察受约束的混凝土圆环试件在规定的养护条件下的开裂趋势来评价混凝土的抗裂性。本方法也可用于评价影响混凝土开裂趋势的各种变量，如不同的水泥品种、掺合料、外加剂及其掺量和水灰比（水胶比）等。本方法经过改进，也可用以评价其他影响混凝土开裂的因素，例如：养护时间、养护方法、蒸发速率和温度等。此外，试件的尺寸及养护条件也可以根据具体情况改变。

1 试件制备

试件标准模具见图 D.0.1，包括内环、外环和底座，浇筑成的试件尺寸为：内径 305mm，外径 425mm（即壁厚 60mm），高度 100mm。每组圆环试件至少浇注 3 个。经振动成型后养护一定时间，拆去外模，将试件连同模具内环一起移入养护室或置于规定温度、湿度的环境中。

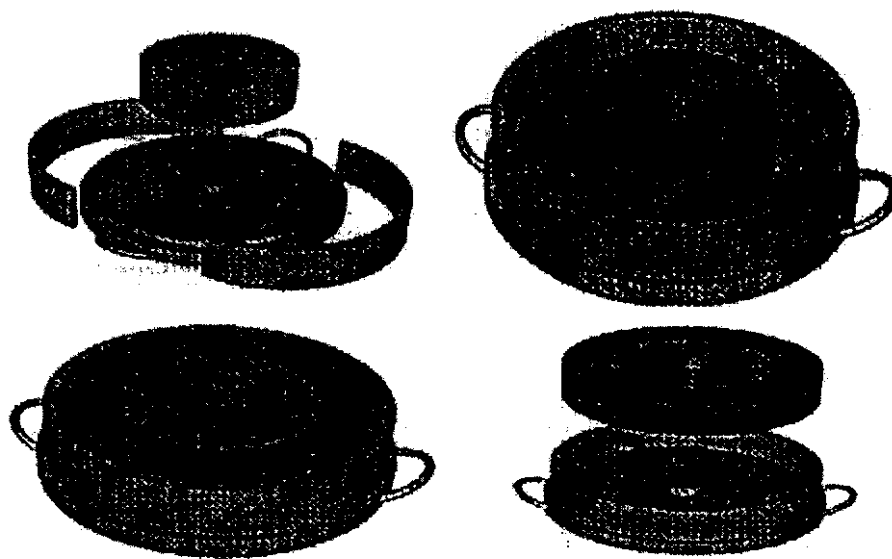


图 D.0.1 混凝土环装置的模具示意图

2 试验

试验前可在试件外侧面粘贴应变片，用来记录试件收缩时受到模具内环约束而产生的拉应变，并监测试件出现开裂的时间。定时观测试件顶面和外侧面的开裂情况和裂缝宽度。

3 试件抗裂性能的评价准则为：

混凝土抗裂性能以试件侧面的开裂程度进行判定，试件侧面裂缝宽度越小，开裂出现的时间越晚，混凝土的抗裂性能越好。

附录 E 混凝土原材料性能检验要求

检验项目		进场检查		复检		日常检验	
		项目	频次	项目	频次	项目	频次
水泥	烧失量	✓	更换料源或 每批进货时核查 供应商提供的报 告。	✓	下列任一情况 为一批,每批检验一 次: ② 任何新选货源; ②同厂家、同编号、 同品种、同出厂日期 的水泥出厂日期达 3 个月。		同厂家、同编号、 同品种、同强度等级、 同出厂日期的散装水 泥每 500t (袋装水泥 每 200t) 检验一次, 当不足 500t 或 200t 时,也需检验一次。
	氧化镁含量	✓		✓			
	三氧化硫含量	✓		✓			
	细度	✓		✓		✓	
	凝结时间	✓		✓		✓	
	安定性	✓		✓		✓	
	强度	✓		✓		✓	
	碱含量	✓		✓			
	比表面积	✓		✓			
	游离氧化钙含量	✓					
	助磨剂名称及掺量	✓					
	石膏名称及掺量	✓					
	混合材名称及掺量	✓					
	氯离子含量	✓					
	熟料 C ₃ A 含量	✓					
细骨料	筛分			✓	下列任一情况 为一批,每批检验一 次: ①任何新选料源; ②使用同厂家、同品 种、同规格产品达一 年者。	✓	连续供应同厂 家、同规格的细骨料 400m ³ (或 600t) 检验 一次,不足 400m ³ (或 600t) 时也需检验一 次。
	吸水率			✓			
	细度模数			✓		✓	
	含泥量			✓		✓	
	泥块含量			✓		✓	
	坚固性			✓			
	云母含量			✓		✓	
	轻物质含量			✓		✓	
	石粉含量			✓		✓	
	有机物含量			✓			
	压碎指标			✓		✓	
	硫化物及硫酸盐含量			✓			
	氯离子含量			✓			
	碱活性			✓			
粗骨料	颗粒级配			✓	下列任一情况 为一批,每批检验一 次: ①任何新选料源; ②使用同厂家、同 品种、同规格产品 达一年者。	✓	连续供应同厂 家、同规格的粗骨料 400m ³ (或 600t) 产 品检验一次,不足 400m ³ (或 600t) 也 需检验一次。
	岩石抗压强度			✓			
	吸水率			✓			
	紧密空隙率			✓			
	压碎指标			✓		✓	
	坚固性			✓			
	针片状颗粒含量			✓		✓	
	含泥量			✓		✓	
	泥块含量			✓		✓	
	氯离子含量			✓			
	硫化物及硫酸盐含量			✓			
	有机物含量 (卵石)			✓			
	碱活性			✓			

客运专线高性能混凝土暂行技术条件

续附录 E

检验项目		进场检查		复检		日常检验	
		项目	频次	项目	频次	项目	频次
水	pH 值			✓	下列任一情况为一批, 每批检验一次: ①新水源; ②同一水源的水使用达一年者。		
	不溶物含量			✓			
	可溶物含量			✓			
	氯化物含量			✓			
	硫酸盐含量			✓			
	碱含量			✓			
	凝结时间差			✓			
	抗压强度比			✓			
外加剂	水泥净浆流动度, mm	✓		✓	下列任一情况为一批, 每批检验一次: ①任何新选货源; ②使用同厂家、同编号、同品种、同出厂日期的产品达 6 个月者。		同厂家、同编号、同品种、同出厂日期的产品每 50t 检验一次, 不足 50t 也需检验一次。
	硫酸钠含量, %	✓		✓			
	氯离子含量, %	✓		✓			
	总碱量, %	✓		✓			
	减水率	✓	更换料源或每批进货时核查供应商提供的质量检验报告。	✓		✓	
	坍落度保留值	✓		✓			
	常压泌水率比	✓		✓		✓	
	压力泌水率比	✓		✓			
	含气量	✓		✓		✓	
	抗压强度比	✓		✓		✓	
	对钢筋的锈蚀作用	✓		✓			
	相对耐久性指标	✓		✓			
	收缩率比	✓		✓			
粉煤灰	细度	✓	更换料源或每批进货时核查供应商提供的质量检验报告。	✓	下列任一情况为一批, 每批检验一次: ①任何新选货源; ②使用同厂家、同编号、同品种、同出厂日期的产品达 3 个月者。	✓	同厂家、同编号、同品种、同出厂日期的产品每 120t 检验一次, 不足 120t 也需检验一次。
	烧失量	✓		✓		✓	
	含水率	✓		✓			
	需水量比	✓		✓		✓	
	三氧化硫含量	✓		✓			
	碱含量	✓		✓			
	氯离子含量	✓		✓			
	氧化钙含量	✓		✓			
磨细矿渣粉	比表面积	✓	更换料源或每批进货时核查供应商提供的质量检验报告。	✓	下列任一情况为一批, 每批检验一次: ①任何新选货源; ②使用同厂家、同编号、同品种、同出厂日期的产品达 3 个月者。		同厂家、同编号、同品种、同出厂日期的产品每 120t 检验一次, 不足 120t 也需检验一次。
	烧失量	✓		✓		✓	
	氧化镁含量	✓		✓			
	三氧化硫含量	✓		✓			
	氯离子含量	✓		✓			
	含水率	✓		✓			
	需水量比	✓		✓		✓	
	碱含量	✓		✓			
	活性指数	✓		✓			

客运专线高性能混凝土暂行技术条件

续附录 E

检验项目		进场检查		复检		日常检验	
		项目	频次	项目	频次	项目	频次
硅灰	烧失量	✓	更换料源或每批进货时核查供应商提供的质量检验报告。	✓	下列任一情况为一批, 每批检验一次: ①任何新选货源 ②使用同厂家、同编号、同品种、同出厂日期的产品达3个月者。	✓	同厂家、同编号、同品种、同出厂日期的产品每30t检验一次, 不足30t也需检验一次。
	氯离子含量	✓		✓			
	SiO ₂ 含量	✓		✓			
	比表面积	✓		✓			
	需水量比	✓		✓		✓	
	含水率	✓		✓			
	活性指数	✓		✓			

注: ✓表示应检项目。

附录 F 混凝土拌合物性能抽检要求

检验项目	频 次
增实因数(干硬性混凝土)	①搅拌站首盘混凝土。 ②在浇筑地点每50m ³ 混凝土取样检验一次。 ③每班或每一结构部位至少2次。
坍落度	
水胶比	
入模温度	
含气量	
泌水率	每班至少一次
匀质性	搅拌站首次使用或使用周期达一年时

附录 G 混凝土力学性能抽检要求

检验项目		检验频次
钢筋混凝土及素混凝土结构	同条件养护试件脱模抗压强度	每班、每一结构部位至少各一组 每100m ³ 混凝土至少各一组
	同条件养护试件抗压强度	
	28d或56d标准养护试件抗压强度	
预应力梁	同条件养护试件脱模抗压强度	每件预制梁至少各一组
	同条件养护试件初张拉时抗压强度	
	同条件养护混凝土终拉/放张时抗压强度	
	同条件养护试件抗压强度	每件预制梁至少2组
	标准养护试件28d或56d抗压强度	每件预制梁至少4组
	同条件养护试件初张拉时弹性模量	每件预制梁至少各一组
	同条件养护试件终拉/放张时弹性模量	
其他预应力构件(轨枕、轨道板、管桩、电杆、接触网支柱等)	标准养护试件28d或56d弹性模量	每班至少各一组 每100m ³ 混凝土至少各一组
	同条件养护试件脱模抗压强度	
	同条件养护试件脱模弹性模量	
	28d或56d同条件养护转标准养护试件抗压强度	
	28d或56d同条件养护转标准养护试件弹性模量	
	28d或56d标准养护试件弹性模量	

附录 H 混凝土施工试件耐久性能抽检要求

检验项目	频 次
电通量	同标段、同施工工艺、同配合比混凝土至少进行一次抽检。 每 20000m ³ 混凝土取样检验一次。
抗冻性（当需要时）	

附录 J 实体混凝土质量抽检要求

检验项目	频 次
表面裂缝宽度	每一构件不少于 20 个点。 混凝土用量小于 1.0m ³ 的构件随机抽取 5%进行检测，单个构件不少于 5 个点。
混凝土保护层厚度	
电通量	同标段、同施工工艺、同配合比混凝土至少进行一次抽检。 每 20000m ³ 混凝土抽检一次。
气泡间距系数（当需要时）	

编制说明

- 1 《客运专线高性能混凝土暂行技术条件》是在混凝土技术发展水平，为满足客运专线新线建设需要，用于规范混凝土质量要求而编写的。
- 2 《铁路混凝土结构耐久性设计暂行规定》（简称暂规）对各种环境作用下混凝土耐久性要求做了明确的规定。本技术条件第三章混凝土结构耐久性的基本规定、第四章混凝土原材料中的内容与暂规的相应内容是基本一致的，所不同的是，本技术条件在混凝土的配合比设计、施工、养护和质量检验等方面作出了更为详细和明确的要求。
- 3 混凝土配合比设计的特点：
 - 由于混凝土耐久性的需要，对原材料的品质要求在现行行业标准的基础上有所提高。
 - 增加了抗裂性对比试验要求。要求进行配合比间的抗裂性能对比试验，以选择在标准条件下抗裂性能相对较好的配合比用于施工。
 - 混凝土增加了在各种环境作用下耐久性的要求。处于不同环境的混凝土分别有抗氯离子渗透性、抗冻性、耐蚀性、抗碱—骨料反应性等要求，配合比试验时除拌合物性能和力学性能外，尚需对其中的一种或多种（根据设计要求）进行耐久性试验。
 - 配合比设计试验周期不同。由于有耐久性要求，混凝土的配合比设计周期往往要比以往长1~2个月，施工企业应提前进行混凝土配合比的试验选定工作。
- 4 在耐久性得到保障，配制技术水平得到认可的前提下，混凝土配制时鼓励采用较少的水泥用量、掺用较多的掺合料、采用较低的水胶比。本技术条件第六章第三节中对水胶比和最小胶凝材料用量的限值作出了规定，配合比设计单位应根据施工工艺要求、混凝土性能要求及以往混凝土配合比设计的经验在规定的范围内选择适宜的参数。
- 5 混凝土有抗冻性要求时，入模含气量是保证混凝土具有抗冻能力的关键因素。施工企业应严格控制混凝土入模含气量。若含气量不满足配合比设计要求，施工企业要采取相应的措施，使混凝土含气量达到设计要求，含气量不合格的混凝土不得入模浇筑。
- 6 有耐久性要求的混凝土配制时一般要采用适当掺量的矿物掺合料，因此混凝土硬化初期对温、湿度较为敏感，现场试验证明，有效的包裹保湿保温养护对控制混凝土的早期开裂行为非常有效。因此本技术条件对混凝土如何在各个阶段进行保温、保湿养护提出了明确的要求。
- 7 混凝土的质量检验包括施工前、施工过程和施工后检验三个阶段。不同结构混凝土的检验内容根据混凝土耐久性设计要求有所不同，但实体结构混凝土是否开裂、保护层厚度是否有效控制和表层混凝土是否均匀密实是混凝土耐久性的具体标志。因此，本技术条件提出实体结构混凝土耐久性有关的质量检验要求。