ICS 45.040
S 05

TB

中华人民共和国铁道行业标准

TB/T 3275—2018

代替 TB/T 2181—1990，TB/T 2922.1、4—1998，TB/T 2922.5—2002，TB/T 3054—2002，TB/T 3275—2011

铁路混凝土

Concrete for railway construction

2018-08-27 发布　　2019-03-01 实施

国家铁路局　发布

目　　次

前言 …… Ⅲ
1　范围 …… 1
2　规范性引用文件 …… 1
3　术语和定义 …… 2
4　基本规定 …… 3
5　技术要求 …… 3
5.1　一般规定 …… 3
5.2　原材料性能 …… 3
5.3　拌合物性能 …… 11
5.4　力学性能 …… 12
5.5　耐久性能 …… 14
5.6　长期性能 …… 15
6　试验方法 …… 16
6.1　水泥 …… 16
6.2　粉煤灰 …… 16
6.3　矿渣粉 …… 16
6.4　硅灰 …… 16
6.5　石灰石粉 …… 16
6.6　细骨料 …… 16
6.7　粗骨料 …… 16
6.8　减水剂 …… 16
6.9　引气剂 …… 16
6.10　膨胀剂 …… 17
6.11　降粘剂 …… 17
6.12　增粘剂 …… 17
6.13　速凝剂 …… 17
6.14　内养护剂 …… 17
6.15　拌合水 …… 17
6.16　拌合物性能 …… 17
6.17　力学性能 …… 17
6.18　耐久性能 …… 17
6.19　长期性能 …… 17
7　配合比设计要求 …… 17
7.1　一般要求 …… 17
7.2　参数限值 …… 18
7.3　设计方法 …… 21
8　施工要求 …… 23

8.1 一般要求 …… 23
8.2 配合比调整 …… 23
8.3 质量控制要点 …… 23
附录A(规范性附录) 骨料碱活性试验方法——岩相法 …… 26
附录B(规范性附录) 骨料碱活性检测方法——快速砂浆棒法 …… 30
附录C(规范性附录) 矿物掺合料和外加剂抑制碱—骨料反应有效性检测方法 …… 33
附录D(规范性附录) 粗骨料氯化物含量试验方法 …… 36
附录E(规范性附录) 骨料碱活性检测方法——岩石柱法 …… 37
附录F(规范性附录) 混凝土压力泌水率比试验方法 …… 39
附录G(规范性附录) 硬化混凝土气泡间距系数试验方法(直线导线法) …… 41
附录H(规范性附录) 水泥净浆粘度比试验方法 …… 44
附录I(规范性附录) 扩展度之差、用水量敏感度试验方法 …… 46
附录J(规范性附录) 内养护剂抗裂性试验方法 …… 49
附录K(规范性附录) 混凝土拌合物稠度试验方法——跳桌增实法 …… 51
附录L(规范性附录) L型仪充填比试验方法 …… 54
附录M(规范性附录) 胶凝材料的抗硫酸盐侵蚀性能快速试验方法 …… 56

前　言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 TB/T 3275—2011《铁路混凝土》、TB/T 2181—1990《混凝土拌合物稠度试验方法跳桌增实法》、TB/T 2922.1—1998《铁路混凝土用骨料碱活性试验方法岩相法》、TB/T 2922.4—1998《铁路混凝土用骨料碱活性试验方法岩石柱法》、TB/T 2922.5—2002《铁路混凝土用骨料碱活性试验方法快速砂浆棒法》、TB/T 3054—2002《铁路混凝土工程预防碱—骨料反应技术条件》。本标准以 TB/T 3275—2011 为主，整合了 TB/T 2181—1990、TB/T 2922.1—1998、TB/T 2922.4—1998、TB/T 2922.5—2002、TB/T 3054—2002，与 TB/T 3275—2011 相比，除编辑性修改外，本标准主要技术变化如下：

——增加了温度匹配养护要求(见 3.13、6.17)；

——修改了硅灰的性能要求(见 5.2.5，2011 年版的 5.1.5)；

——增加了石灰石粉、降粘剂、增粘剂、膨胀剂、速凝剂、内养护剂的性能要求(见 5.2.6、5.2.11、5.2.12、5.2.13、5.2.14、5.2.15)；

——修改了机制砂石粉含量的要求(见 5.2.7，2011 年版的 5.1.6)；

——修改了减水剂的性能要求(见 5.2.9，2011 年版的 5.1.8)；

——修改了混凝土力学性能的试验龄期要求(见 5.4.1、5.3.2，2011 年版的 5.3.1、5.3.2)；

——修改了冻融破坏环境下混凝土中矿物掺合料的掺量范围要求(见 7.2.3，2011 年版的 7.2.3)；

——增加了混凝土配合比设计方法——质量法(见 7.3.3)；

——修改了水泥的入机温度要求(见 8.3.2，2011 年版的 8.3.2)；

——增加了骨料碱活性试验方法(见附录 A、附录 B、附录 D)；

——增加了混凝土拌合物稠度试验方法——跳桌增实法(见附录 K)。

本标准由中国铁道科学研究院集团有限公司标准计量研究所归口。

本标准起草单位：中国铁道科学研究院集团有限公司铁道建筑研究所、中铁十二局集团有限公司。

本标准主要起草人：谢永江、李化建、黄直久、朱长华、仲新华、谭盐宾、李享涛、郑新国、易忠来、曾志、李书明。

本标准所代替标准的历次版本发布情况：

——TB/T 3275—2011；

——TB/T 2181—1990；

——TB/T 2922.1—1998；

——TB/T 2922.4—1998；

——TB/T 2922.5—2002；

——TB/T 3054—2002。

铁路混凝土

1 范围

本标准规定了铁路混凝土技术要求、检验方法、配合比设计要求与施工要求。

本标准适用于铁路工程用混凝土。

2 规范性引用文件

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

GB 175 通用硅酸盐水泥

GB/T 176 水泥化学分析方法

GB/T 208 水泥密度测定方法

GB/T 601 化学试剂标准滴定溶液的制备

GB/T 602 化学试剂杂质测定用标准溶液的制备

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 5484 石膏化学分析方法

GB/T 5762 建材用石灰石、生石灰和熟石灰化学分析方法

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 9142 混凝土搅拌机

GB/T 10247 粘度测量方法

GB/T 12573 水泥取样方法

GB/T 14684 建设用砂

GB/T 14685 建设用卵石、碎石

GB/T 17671 水泥胶砂强度检验方法(ISO 法)

GB/T 18046 用于水泥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 21372 硅酸盐水泥熟料

GB/T 23439 混凝土膨胀剂

GB/T 30190 石灰石粉混凝土

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

JC/T 681 行星式水泥胶砂搅拌机

JC/T 729 水泥净浆搅拌机

JC/T 958 水泥胶砂流动度测定仪(跳桌)

JGJ 52　普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准
JGJ 63　混凝土用水标准
JGJ/T 372　喷射混凝土应用技术规程
JG 244　混凝土试验用搅拌机
JG/T 248　混凝土坍落度仪
TB 10005　铁路混凝土结构耐久性设计规范

3　术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

设计使用年限　design working life

设计规定的结构或结构构件不需进行大修即可按其预定目的使用的期限。

3.2

胶凝材料　cementitious material, or binder

用于配制混凝土的水泥和具有胶凝活性的矿物掺和料的总称。

3.3

水胶比　water to binder ratio

混凝土拌合物中总用水量与胶凝材料总量的质量比。

3.4

粘度改性剂　viscosity modifying agent

调节混凝土拌合物粘度的外加剂。

注：粘度改性剂包括增粘剂和降粘剂。

3.5

内养护剂　internal curing agent

拌制过程掺入的、用于保持处于凝结硬化过程中的混凝土内部湿度的材料。

3.6

腐蚀　deterioration

材料与周围的环境因素发生物理、化学(电化学)反应而受到的渐进性损伤与破坏。

3.7

电通量　passed electric charge

在一定条件下通过混凝土规定截面积的电荷总量。

注：电通量用于评价混凝土抵抗水、腐蚀离子等介质向内渗透的能力。

3.8

氯离子扩散系数　chloride diffusion coefficient

描述混凝土中氯离子从高浓度区向低浓度区扩散过程的参数。

注：氯离子扩散系数用于评价混凝土抵抗氯离子侵蚀的能力。

3.9

混凝土抗冻等级　resistance class to freezing-thawing of concrete

按快冻法测得的最大冻融循环次数划分的混凝土抗冻性能的级别。

注：混凝土抗冻等级用于评价混凝土抵抗冻融循环破坏的能力。

3.10

气泡间距系数　air bubble spacing

硬化混凝土中相邻气泡边缘之间距离的平均值。

3.11

胶凝材料抗硫酸盐侵蚀系数　resistance coefficient to sulfate attack of binder

胶凝材料的胶砂试体浸泡在一定浓度硫酸钠溶液中的抗折强度与同龄期浸泡在洁净饮用水中胶砂试体的抗折强度之比。

注：胶凝材料抗硫酸盐侵蚀系数用于评价胶凝材料抵抗硫酸盐化学侵蚀的能力。

3.12

抗硫酸盐结晶破坏等级　resistance class to sulphate physical attack of concrete

按抗硫酸盐侵蚀试验方法测得的最大干湿循环次数来划分的混凝土抗硫酸盐结晶破坏性能的级别。

注：抗硫酸盐结晶破坏等级用于评价混凝土抵抗硫酸盐结晶破坏的能力。

3.13

温度匹配养护　temperature matched curing

根据实体混凝土结构温度发展历程来调节混凝土试件养护温度的养护方法。

4　基本规定

4.1　铁路混凝土结构的设计使用年限应符合 TB 10005 的规定。

4.2　铁路混凝土结构环境类别及作用等级应符合 TB 10005 的规定。

5　技术要求

5.1　一般规定

当设计无特殊要求时，混凝土原材料和混凝土的性能应满足本标准的要求；当设计有特殊要求时，应满足设计要求。

5.2　原材料性能

5.2.1　一般要求

5.2.1.1　水泥应选用通用硅酸盐水泥，不宜使用早强水泥。C30 及以上的混凝土应采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，C30 以下的混凝土可采用粉煤灰硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥或复合硅酸盐水泥。

5.2.1.2　粉煤灰、矿渣粉、硅灰和石灰石粉等矿物掺合料应选用能改善混凝土性能且品质稳定的产品。

5.2.1.3　细骨料应选用级配合理、质地坚固、吸水率低、空隙率小的洁净天然河砂或母材检验合格、经专门机组生产的机制砂，不应使用海砂。

5.2.1.4　粗骨料应选用粒形良好、级配合理、质地坚固、吸水率低、线胀系数小的洁净碎石，无抗拉、抗疲劳要求的 C40 以下混凝土也可采用卵石。当一种级配的骨料无法满足使用要求时，可将两种或两种以上级配的粗骨料混合使用。

5.2.1.5　减水剂宜选用高效减水剂或高性能减水剂，速凝剂宜选用低碱或无碱速凝剂，引气剂、膨胀剂、降粘剂、增粘剂、内养护剂等外加剂应选用能明显改善混凝土性能且品质稳定的产品。外加剂与水泥及矿物掺合料之间应具有良好的相容性，其品种和掺量应经试验确定。

5.2.1.6　拌合用水可采用饮用水，也可采用满足本标准要求的其他水源的水。

5.2.2　水泥

水泥的性能除应符合 GB 175 的规定外，还应满足表 1 的要求。

表 1　水泥的性能

序号	项　目	技 术 要 求
1	比表面积　m^2/kg	300～350

表 1　水泥的性能(续)

序号	项　　目	技 术 要 求
2	碱含量[a]	≤0.80%
3	游离氧化钙含量	≤1.0%
4	熟料中的铝酸三钙含量[b]	≤8.0%
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。 [a]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%。 [b]当混凝土结构所处环境为严重硫酸盐化学腐蚀环境时,混凝土宜选用采用铝酸三钙含量小于 5.0% 的熟料所生产的硅酸盐水泥。		

5.2.3　粉煤灰

粉煤灰应选择颜色均匀、不含有油污等杂质的 F 类产品,且与水泥和水混合时不应有明显刺激性气体放出,其性能应满足表 2 的要求。

表 2　粉煤灰的性能

序号	项　　目		技 术 要 求	
			Ⅰ级	Ⅱ级
1	细度(45 μm 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	g/cm^3	≤2.6	
12	活性指数	28 d	≥70%	
13	碱含量[b]		—	
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的粉煤灰时,应检测半水亚硫酸钙($CaSO_3 \cdot 1/2H_2O$)含量。 [b]碱含量用于计算混凝土的总碱含量。				

5.2.4　矿渣粉

矿渣粉的性能应满足表 3 的要求。

表 3　矿渣粉的性能

序号	项　目		技术要求		
			S75	S95	S105
1	密度 g/cm^3		≥2.8		
2	比表面积 m^2/kg		≥300	≥400	≥500
3	流动度比		≥95%		
4	烧失量		≤3.0%		
5	氧化镁含量		≤14.0%		
6	三氧化硫含量		≤4.0%		
7	氯离子含量		≤0.06%		
8	含水量		≤1.0%		
9	活性指数	7 d	≥55%	≥75%	≥95%
		28 d	≥75%	≥95%	≥105%
10	碱含量*		—		
*碱含量用于计算混凝土中总碱含量。					

5.2.5　硅灰

硅灰的性能应满足表 4 的要求。

表 4　硅灰的性能

序号	项　目		技术要求
1	烧失量		≤4.0%
2	比表面积 m^2/kg		≥18 000
3	需水量比		≤125%
4	活性指数	28 d	≥85%
5	氯离子含量		≤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*		—
*三氧化硫含量用于混凝土总三氧化硫含量的计算。			

5.2.6　石灰石粉

石灰石粉的性能应满足表 5 的要求。

表 5　石灰石粉的性能

序号	项　目	技术要求
1	细度(45 μm 方孔筛筛余)	≤15%
2	碳酸钙含量	≥75%
3	MB 值 g/kg	≤1.0

表 5　石灰石粉的性能(续)

序号	项　目		技术要求
4	含水量		≤1.0%
5	流动度比		≥100%
6	抗压强度比	7 d	≥60%
		28 d	≥60%
7	碱含量		—
a 碱含量用于计算混凝土的总碱含量。			

5.2.7　细骨料

细骨料的性能应满足表 6～表 7 的要求。必要时,可将河砂和机制砂混合使用。

表 6　细骨料的性能

序号	项　目		技术要求		
			<C30	C30～C45	≥C50
1	颗粒级配		应符合表 7 的规定		
2	含泥量		≤3.0%	≤2.5%	≤2.0%
3	泥块含量		≤0.5%		
4	云母含量		≤0.5%		
5	轻物质含量		≤0.5%		
6	有机物含量		浅于标准色		
7	压碎指标(机制砂)		≤25%		
8	石粉含量(机制砂)	MB<0.5 g/kg	≤15.0%		
		0.5 g/kg≤MB<1.40 g/kg	≤10.0%	≤7.0%	≤5.0%
		MB≥1.40 g/kg	≤5.0%	≤3.0%	≤2.0%
9	吸水率		≤2.0%		
10	坚固性		≤8%		
11	硫化物及硫酸盐含量(以 SO_3 计)		≤0.5%		
12	氯化物含量(以 Cl^- 计)		≤0.02%		
13	碱活性(快速砂浆棒膨胀率)(ε_t)[a]		<0.30%		

当细骨料中含有颗粒状的硫酸盐或硫化物杂质时,应进行专门试验研究,确认能满足混凝土耐久性要求后,方能使用。

冻融破坏环境下,细骨料的含泥量不应大于 2.0%,吸水率不应大于 1.0%。

a　1. 当 ε_t<0.20% 时,混凝土的总碱含量应符合表 26 的规定;当 0.20% ≤ε_t<0.30% 时,除混凝土的总碱含量应符合表 26 的规定外,还应采取抑制碱—骨料反应的技术措施,并经试验证明抑制有效。2. 当 ε_t≥0.20% 时,该细骨料不应在梁体、轨道板、轨枕、接触网支柱等预制构件中使用。

表 7　细骨料的累积筛余百分数

方孔筛筛孔尺寸 mm		级配区		
		Ⅰ区	Ⅱ区	Ⅲ区
4.75		10%～0	10%～0	10%～0
2.36		35%～5%	25%～0	15%～0
1.18		65%～35%	50%～10%	25%～0
0.60		85%～71%	70%～41%	40%～16%
0.30		95%～80%	92%～70%	85%～55%
0.15	天然河砂	100%～90%	100%～90%	100%～90%
	机制砂	97%～85%	94%～80%	94%～75%
除 4.75 mm 和 0.60 mm 筛档外，细骨料其他筛档的实际累计筛余百分率与本表相比允许稍有超出分界线，但超出总量不应大于 5%。				

5.2.8　粗骨料

粗骨料宜选用同料源两种或多种级配骨料混配而成，其性能应满足表 8～表 10 的要求，且各级配骨料的含泥量、泥块含量也应满足表 8 的要求。

表 8　粗骨料的性能

序号	项　目		技术要求		
			<C30	C30～C45	≥C50
1	颗粒级配		应符合表 9 的规定		
2	压碎指标		应符合表 10 的规定		
3	针片状颗粒总含量		≤10%	≤8%	≤5%
4	含泥量		≤1.0%	≤1.0%	≤0.5%
5	泥块含量		≤0.2%		
6	岩石抗压强度(碎石)		大于或等于 1.5 倍混凝土抗压强度等级		
7	吸水率		≤2.0%(冻融破坏环境下≤1.0%)		
8	紧密空隙率		≤40%		
9	坚固性		≤8%(用于预应力混凝土结构时≤5%)		
10	硫化物及硫酸盐含量(以 SO_3 计)		≤0.5%		
11	氯化物含量(以 Cl^- 计)		≤0.02%		
12	有机物含量(卵石)		浅于标准色		
13	碱活性(ε_t)	碱—硅酸反应[a]	<0.30%(快速砂浆棒膨胀率)		
		碱—碳酸盐反应	<0.10%(岩石柱膨胀率)		
当粗骨料为碎石时，岩石抗压强度用其母岩抗压强度表示。 施工过程中，粗骨料的强度可用压碎指标进行控制。 [a] 1. 当 ε_t <0.20% 时，混凝土的总碱含量应符合表 26 的规定；当 0.20% ≤ ε_t <0.30% 时，除混凝土的总碱含量应符合表 26 的规定外，还应采取抑制碱—骨料反应的技术措施，并经试验证明抑制有效。2. 当 ε_t ≥0.20% 时，该粗骨料不应在梁体、轨道板、轨枕、接触网支柱等预制构件中使用。					

表 9　粗骨料的累积筛余质量百分数

公称粒级 mm	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
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

粗骨料的最大公称粒径不宜超过钢筋的混凝土保护层厚度的 2/3，在严重腐蚀环境下不宜超过 1/2，且不应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 25 mm。

表 10　粗骨料的压碎指标

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

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。

5.2.9　减水剂

减水剂的性能除应符合 GB 8076 的规定，还应满足表 11 的要求。

表 11　减水剂的性能

序号	项　目		技术要求	
1	含气量		≤3.0%	>3.0%
	含气量经时变化量	1 h	—	-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	碱含量(按折固含量计)		≤10%	

5.2.10 引气剂

引气剂的性能应符合表12的规定。

表12 引气剂的性能

序号	项目		技术要求
1	减水率		≥6%
2	含气量		≥3.0%
3	泌水率比		≤70%
4	含气量经时变化量	1 h	-1.5%~+1.5%
5	抗压强度比	3 d	≥95%
		7 d	≥95%
		28 d	≥90%
6	凝结时间差 min	初凝	-90~+120
		终凝	
7	收缩率比	28 d	≤125%
8	相对耐久性指数(200次)	28 d	≥80%
9	硬化混凝土气泡间距系数 μm	28 d	≤300
10	氯离子含量(按折固含量计)*		—
11	碱含量(按折固含量计)*		—
*氯离子含量和碱含量用于计算混凝土的总氯离子含量和总碱含量。			

5.2.11 降粘剂

降粘剂的性能应符合表13的规定。

表13 降粘剂的性能

序号	项目		技术要求
1	细度(45 μm方孔筛筛余)		≤12%
2	氯离子含量		≤0.06%
3	粘度比		≤65%
4	流动度比		≥100%
5	抗压强度比	7 d	≥65%
		28 d	≥85%
6	三氧化硫含量		≤3.5%
7	碱含量*		—
*碱含量用于计算混凝土的总碱含量。			

5.2.12 增粘剂

自密实混凝土用增粘剂的性能应符合表14的规定。

5.2.13 膨胀剂

膨胀剂的性能应符合GB/T 23439的规定。

表 14　增粘剂的性能

序号	项　目		技术要求
1	氯离子含量		≤0.6%
2	碱含量		≤1.0%
3	粘度比		≥150%
4	用水量敏感度　kg/m³		≥12
5	扩展度之差　mm		≤50
6	常压泌水率比		≤50%
7	凝结时间差　min	初凝	-90 ~ +120
		终凝	
8	抗压强度比	3 d	≥90%
		28 d	≥100%
9	收缩率比	28 d	≤100%
10	三氧化硫含量		—
[a]三氧化硫含量用于计算混凝土的总三氧化硫含量。			

5.2.14　速凝剂

速凝剂的性能应符合表 15 的规定。

表 15　速凝剂的性能

序号	项　目		技术要求
1	氯离子含量(按折固含量计)		≤1.0%
2	碱含量(按折固含量计)		≤5.0%
3	净浆凝结时间　min	初凝	≤5
		终凝	≤12
4	砂浆抗压强度　MPa	1 d	≥7.0
5	砂浆抗压强度比	28 d	≥90%

5.2.15　内养护剂

内养护剂的性能应符合表 16 的规定。

表 16　内养护剂的性能

序号	项　目		技术要求
1	氯离子含量		≤0.06%
2	碱含量		≤0.8%
3	凝结时间差　min	初凝	-90 ~ +120
		终凝	
4	抗压强度比	3 d	≥80%
		28 d	≥90%
5	塑性收缩率比	12 h	≤60%
6	收缩率比	28 d	≤80%
7	抗裂性	28 d	不开裂

5.2.16 拌合水

拌合水的性能应符合表17的规定。

表17 拌合水的性能

序号	项目	技术要求		
		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 mg/L	<2 000	<2 000	<5 000
3	可溶物含量 mg/L	<2 000	<5 000	<10 000
4	氯化物含量(以 Cl^- 计) mg/L	<500 <350(用钢丝或热处理的钢筋)	<1 000	<3 500
		<200(混凝土处于氯盐环境下)		
5	硫酸盐含量(以 SO_4^{2-} 计) mg/L	<600	<2 000	<2 700
6	碱含量 mg/L	<1 500	<1 500	<1 500
7	抗压强度比 28 d	≥90%		
8	凝结时间差 min	≤30		
对于钢筋配筋率低于最小配筋率的混凝土结构,其混凝土拌合用水性能亦应满足本表中钢筋混凝土用拌合水性能要求。				

5.3 拌合物性能

5.3.1 工作性能

新拌混凝土的工作性能应根据混凝土结构的类型、施工工艺与成型方式确定,并宜满足表18的要求。

表18 混凝土的工作性能

成型方式	主要结构/构件类型	工作性能(入模时)	
		指标	技术要求
振动台	轨枕	增实因数	1.05~1.40
	双块式轨枕	坍落度 mm	≤80
	接触网支柱(方)	维勃稠度 s	≥20
附着式振动	CRTSⅠ型板式无砟轨道轨道板	坍落度 mm	≤120
	CRTSⅡ型板式无砟轨道轨道板	坍落度 mm	≤120
	CRTSⅢ型板式无砟轨道轨道板	坍落度 mm	≤120
离心机	电杆	坍落度 mm	≤100
	接触网支柱(圆)	坍落度 mm	≤100
振捣棒(斗送)	T梁	坍落度 mm	≤160
振捣棒(斗送)	桩、墩台、承台、梁体合龙段,道床板、底座,涵洞,隧道衬砌、仰拱,路基支挡等	坍落度 mm	≤140

表 18　混凝土的工作性能(续)

成型方式	主要结构/构件类型	工作性能(入模时)		
		指标		技术要求
振捣棒(泵送)	桩、墩台、承台、箱梁、塔柱,道床板、底座,涵洞,隧道衬砌、仰拱,路基支挡等	坍落度	mm	≤200
自密实	塔柱	扩展度	mm	≤650
		扩展时间	s	4～8
	水下灌注桩	扩展度	mm	≤600
		扩展时间	s	4～8
	CRTSⅢ型板式无砟轨道自密实混凝土层	扩展度	mm	≤680
		扩展时间	s	3～7
		L 型仪充填比		>0.8
		J 环障碍高差	mm	<18
滑模摊铺	水硬性支承层	增实因数		>1.20
湿法喷射	隧道初支	坍落度	mm	≤180

5.3.2　含气量

混凝土的含气量应满足设计要求。当设计无明确要求时,不同环境下自然养护混凝土和钢筋混凝土的含气量最低限值应满足表 19 的要求。

表 19　混凝土的含气量最低限值

环境条件	冻融破坏环境				盐类结晶破坏环境	其他环境
	D1	D2	D3	D4	Y1、Y2、Y3、Y4	
含气量(入模时)	4.5%	5.0%	5.5%	6.0%	4.0%	2.0%

5.3.3　温度

混凝土的入模温度宜为 5 ℃～30 ℃。

5.3.4　凝结时间

混凝土的凝结时间应满足运输、浇筑和养护工艺的要求,并通过试验确定。

5.3.5　泌水

混凝土拌合物不应泌水。

5.4　力学性能

5.4.1　不同环境下,桥梁灌注桩和隧道衬砌混凝土的抗压强度应满足表 20 的要求。

表 20　桥梁灌注桩、隧道衬砌用混凝土的最低抗压强度等级

环境类别	环境作用等级	灌注桩		隧道衬砌	
		钢筋混凝土	素混凝土	钢筋混凝土	素混凝土
碳化环境	T1	C30	C30	C30	C30
	T2	C35	C30	C35	C30
	T3	C40	C30	C40	C30
氯盐环境	L1	C40	C35	C40	C35

表 20　桥梁灌注桩、隧道衬砌用混凝土的最低抗压强度等级(续)

环境类别	环境作用等级	灌注桩		隧道衬砌	
		钢筋混凝土	素混凝土	钢筋混凝土	素混凝土
氯盐环境	L2	C45	C35	C45	C35
	L3	C50	C35	C50	C35
化学侵蚀环境	H1	C35	C35	C35	C35
	H2	C40	C40	C40	C40
	H3	C45	C45	C45	C45
	H4	C45	C45	C45	C45
盐类结晶破坏环境	Y1	—	—	C35	C35
	Y2	—	—	C40	C40
	Y3	—	—	C45	C45
	Y4	—	—	C45	C45
冻融破坏环境	D1	—	—	C35	C35
	D2	—	—	C40	C40
	D3	—	—	C45	C45
	D4	—	—	C45	C45

注 1：抗压强度等级是指在标准条件下制作并养护的混凝土试件于 90 d 龄期时的抗压强度值。
注 2：灌注桩是指埋入土中或水中的桩体。

5.4.2　除桥梁灌注桩、隧道衬砌和水硬性支承层外，不同环境下混凝土的抗压强度应满足表 21 的要求。

表 21　混凝土的最低抗压强度等级

环境类别	环境作用等级	设计使用年限					
		100 年		60 年		30 年	
		钢筋混凝土和预应力混凝土	素混凝土	钢筋混凝土和预应力混凝土	素混凝土	钢筋混凝土和预应力混凝土	素混凝土
碳化环境	T1	C30	C30	C25	C25	C25	C25
	T2	C35	C30	C30	C25	C30	C25
	T3	C40	C30	C35	C25	C35	C25
氯盐环境	L1	C40	C35	C35	C30	C35	C30
	L2	C45	C35	C40	C30	C40	C30
	L3	C50	C35	C45	C30	C45	C30
化学侵蚀环境	H1	C35	C35	C30	C30	C30	C30
	H2	C40	*	C35	C35	C35	C35
	H3	C45	*	C40	*	C40	*
	H4	C50	*	C45	*	C45	*

表 21　混凝土的最低抗压强度等级(续)

环境类别	环境作用等级	设计使用年限					
		100 年		60 年		30 年	
		钢筋混凝土和预应力混凝土	素混凝土	钢筋混凝土和预应力混凝土	素混凝土	钢筋混凝土和预应力混凝土	素混凝土
盐类结晶破坏环境	Y1	C35	C35	C30	C30	C30	C30
	Y2	C40	*	C35	C35	C35	C35
	Y3	C45	*	C40	*	C40	*
	Y4	C50	*	C45	*	C45	*
冻融破坏环境	D1	C35	C35	C30	C30	C30	C30
	D2	C40	*	C35	C35	C35	C35
	D3	C45	*	C40	*	C40	*
	D4	C50	*	C45	*	C45	*
磨蚀环境	M1	C35	C35	C30	C30	C30	C30
	M2	C40	*	C35	C35	C35	C35
	M3	C45	*	C40	*	C40	*
对于钢筋的配筋率低于最小配筋率的混凝土结构，其混凝土的抗压强度等级应与钢筋混凝土结构的混凝土抗压强度等级相同。 **注**：无砟轨道底座板和道床板的混凝土抗压强度等级是指在标准条件下制作并养护的混凝土试件于 90 d 龄期时的抗压强度值；除无砟轨道底座板和道床板结构外，其他钢筋混凝土和素混凝土的抗压强度等级是指在标准条件下制作并养护的混凝土试件于 56 d 龄期时的抗压强度值。							
*表示不宜使用素混凝土。如果不使用素混凝土，混凝土的最低抗压强度等级应与钢筋混凝土结构的混凝土抗压强度等级相同，且应采取有效的防裂措施。							

5.5　耐久性能

5.5.1　不同强度等级混凝土的电通量应满足表 22 的要求。

表 22　不同强度等级混凝土的电通量

评价指标	混凝土强度等级	设计使用年限		
		100 年	60 年	30 年
电通量	< C30	< 1 500 C	< 2 000 C	< 2 500 C
	C30 ~ C45	< 1 200 C	< 1 500 C	< 2 000 C
	≥ C50	< 1 000 C	< 1 200 C	< 1 500 C
当混凝土抗压强度的设计龄期为 28 d 和 56 d 时，混凝土电通量的评定龄期为 56 d；当混凝土抗压强度设计龄期为 90 d 时，混凝土电通量的评定龄期为 90 d。				

5.5.2　氯盐环境下，混凝土抗氯离子渗透性能应满足表 23 的要求。

表 23　氯盐环境下混凝土抗氯离子渗透的性能

评价指标	环境作用等级	设计使用年限	
		100 年	60 年
氯离子扩散系数 D_{RCM} m^2/s	L1	$\leqslant 7 \times 10^{-12}$	$\leqslant 10 \times 10^{-12}$

表 23　氯盐环境下混凝土抗氯离子渗透的性能(续)

评价指标	环境作用等级	设计使用年限	
		100 年	60 年
氯离子扩散系数 D_{RCM} m^2/s	L2	$\leqslant 5\times10^{-12}$	$\leqslant 8\times10^{-12}$
	L3	$\leqslant 3\times10^{-12}$	$\leqslant 4\times10^{-12}$
当混凝土抗压强度的设计龄期为 28 d 和 56 d 时,混凝土氯离子扩散系数的评定龄期为 56 d;当混凝土抗压强度设计龄期为 90 d 时,混凝土氯离子扩散系数的评定龄期为 90 d。			

5.5.3　硫酸盐化学侵蚀环境下,混凝土胶凝材料的抗硫酸盐侵蚀系数应不低于 0.80。

5.5.4　盐类结晶破坏环境下,混凝土的气泡间距系数应小于 300 μm,且混凝土抗盐类结晶破坏性能应满足表 24 的要求。

表 24　盐类结晶破坏环境下混凝土抗硫酸盐结晶破坏的性能

评价指标	环境作用等级	设计使用年限		
		100 年	60 年	30 年
抗硫酸盐结晶破坏等级	Y1	≥KS90	≥KS60	≥KS60
	Y2	≥KS120	≥KS90	≥KS90
	Y3	≥KS150	≥KS120	≥KS120
	Y4	≥KS150	≥KS120	≥KS120
当混凝土抗压强度的设计龄期为 28 d 和 56 d 时,混凝土抗硫酸盐结晶破坏等级的评定龄期为 56 d;当混凝土抗压强度设计龄期为 90 d 时,混凝土抗硫酸盐结晶破坏等级的评定龄期为 90 d。				

5.5.5　冻融破坏环境下,混凝土的气泡间距系数应小于 300 μm,且混凝土的抗冻性能应满足表 25 的要求。

表 25　冻融破坏环境下混凝土的性能

评价指标	环境作用等级	设计使用年限		
		100 年	60 年	30 年
抗冻等级	D1	≥F300	≥F250	≥F200
	D2	≥F350	≥F300	≥F250
	D3	≥F400	≥F350	≥F300
	D4	≥F450	≥F400	≥F350
当混凝土抗压强度的设计龄期为 28 d 和 56 d 时,混凝土抗冻等级的评定龄期为 56 d;当混凝土抗压强度设计龄期为 90 d 时,混凝土抗冻等级的评定龄期为 90 d。				

5.5.6　氯盐环境下,混凝土的护筋性技术要求应通过专门试验研究确定。

5.5.7　磨蚀环境下,混凝土的耐磨性技术要求应通过专门试验研究确定。

5.5.8　当设计有特殊要求时,混凝土的抗裂性技术要求应通过专门试验研究确定。

5.6　长期性能

5.5.1　无砟轨道底座混凝土、双块式轨枕道床板混凝土、自密实混凝土和预应力混凝土的 56 d 干燥收缩率不应大于 400×10^{-6}。

5.5.2　承受疲劳荷载作用的混凝土结构,混凝土的抗疲劳性能技术要求应通过专门的试验研究确定。

6 试验方法

6.1 水泥

烧失量、氧化镁含量、三氧化硫含量、氧化钙含量、游离氧化钙、碱含量和氯离子含量按 GB/T 176 进行试验，比表面积按 GB/T 8074 进行试验，凝结时间和安定性按 GB/T 1346 进行试验，强度按 GB/T 17671 进行试验；熟料中铝酸三钙含量按 GB/T 21372 进行试验。

6.2 粉煤灰

细度、需水量比、含水量和活性指数按 GB/T 1596 进行试验，密度按 GB/T 208 进行试验，烧失量、三氧化硫含量、氧化钙含量、游离氧化钙含量、二氧化硅含量、三氧化二铝含量、三氧化二铁含量、碱含量和氯离子含量按 GB/T 176 进行试验，半水亚硫酸钙按 GB/T 5484 进行试验。

6.3 矿渣粉

烧失量、流动度比、含水量和活性指数按 GB/T 18046 进行试验，比表面积按 GB/T 8074 进行试验，密度按 GB/T 208 进行试验，三氧化硫含量、碱含量、氧化镁含量和氯离子含量按 GB/T 176 进行试验。

6.4 硅灰

烧失量、氯离子含量、碱含量和三氧化硫含量按 GB/T 176 进行试验，二氧化硅含量、比表面积、需水量比和活性指数按 GB/T 18736 进行试验，含水量按 GB/T 1596 进行试验。

6.5 石灰石粉

碳酸钙含量可按 1.786 氧化钙含量计算值表示，氧化钙含量按 GB/T 5762 进行试验，细度、MB 值、含水量和流动度比按 GB/T 30190 进行试验，抗压强度比按 GB/T 30190 中活性指数方法进行试验，碱含量按 GB/T 176 进行试验。

6.6 细骨料

颗粒级配、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、氯化物含量和机制砂的石粉含量、压碎指标按 GB/T 14684 进行试验。

碱活性试验时，首先按附录 A 对骨料的矿物组成和碱活性矿物类型进行鉴别试验，然后按附录 B 对骨料的碱—硅酸反应膨胀率进行试验。

矿物掺和料和外加剂抑制碱—骨料反应有效性试验按附录 C 进行试验。

6.7 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、有机物含量和岩石抗压强度按 GB/T 14685 进行试验。氯化物含量按附录 D 进行试验。

碱活性试验时，首先按附录 A 对骨料的矿物组成和碱活性矿物类型进行鉴别试验。若骨料仅含碱—硅酸反应活性矿物，则按附录 B 对骨料的碱—硅酸反应膨胀率进行试验；若骨料仅含碱—碳酸盐反应活性矿物，则按附录 E 对骨料的碱—碳酸盐反应膨胀率进行试验；若骨料同时含碱—硅酸反应活性矿物和碱—碳酸盐反应活性矿物，则分别按附录 B 和附录 E 对骨料的碱—硅酸反应膨胀率和碱—碳酸盐反应膨胀率进行试验。

矿物掺合料和外加剂抑制碱—骨料反应有效性试验按附录 C 进行。

6.8 减水剂

减水率、含气量、含气量经时变化量、常压泌水率比、抗压强度比、坍落度经时变化量、凝结时间差和收缩率比按 GB 8076 进行试验，硫酸钠含量、氯离子含量和碱含量按 GB/T 8077 进行试验，压力泌水率比按附录 F 进行试验。

6.9 引气剂

硬化体气泡间距系数按附录 G 进行试验，其他性能按 GB 8076 进行试验。

6.10 膨胀剂

膨胀剂性能按 GB/T 23439 规定的方法进行试验。

6.11 降粘剂

细度按 GB/T 1345 进行试验，氯离子含量、碱含量和三氧化硫含量按 GB/T 176 进行试验，流动度比采用推荐掺量按 GB/T 18046 进行试验，抗压强度比按 GB/T 18046 规定的活性指数检验方法进行试验，粘度比按附录 H 进行试验，粘度比试验基准流动度为 210 mm ± 10 mm。

6.12 增粘剂

氯离子含量、碱含量和三氧化硫含量按 GB/T 8077 进行试验，常压泌水率比、凝结时间差、抗压强度比和收缩率比按 GB 8076 进行试验，粘度比按附录 H 进行试验，扩展度之差和用水量敏感度按附录 I 进行试验。用水量敏感度、扩展度之差、常压泌水率比、凝结时间差、抗压强度比和收缩率比检测用基准混凝土应满足附录 I 的要求。

6.13 速凝剂

氯离子含量和总碱量按 GB/T 8077 进行试验，砂浆强度和净浆凝结时间按 JGJ/T 372 进行试验。

6.14 内养护剂

碱含量和氯离子含量按 GB/T 176 进行试验，凝结时间差和抗压强度比按 GB 8076 进行试验，塑性收缩率比和收缩率比按 GB/T 50082 进行试验，抗裂性按附录 J 进行试验。其中，塑性收缩率比的测试起点为成型结束时间，凝结时间差、抗压强度比、塑性收缩率比、收缩率比和抗裂性试验混凝土用原材料和配合比应满足附录 J 要求。

6.15 拌合水

pH 值、不溶物含量、可溶物含量、氯化物含量、硫酸盐含量、凝结时间差和抗压强度比按 JGJ 63 进行试验，碱含量按 GB/T 176 进行试验。

6.16 拌合物性能

坍落度、扩展度、含气量、泌水率、维勃稠度、凝结时间、扩展时间和 J 环障碍高差按 GB/T 50080 进行试验，增实因数按附录 K 进行试验，L 型仪充填比按附录 L 进行试验。

6.17 力学性能

力学性能按 GB/T 50081 进行试验。其中，用于检验评定混凝土力学性能的试件应在标准养护条件下进行养护；用于施工过程控制的混凝土试件，应采用同条件养护的方式或温度匹配养护的方式进行养护；用于预应力结构或构件工艺控制的试件可采用温度匹配养护方法进行养护。

喷射混凝土强度宜按喷射大板法进行试验，用于检验评定混凝土力学性能的试件应在标准养护条件下进行养护，用于施工过程控制的混凝土试件应采用与结构体同条件养护的方式进行养护。

6.18 耐久性能

混凝土电通量、氯离子扩散系数、抗硫酸盐结晶破坏等级和抗冻等级按 GB/T 50082 进行试验；胶凝材料抗硫酸盐侵蚀系数按附录 M 进行试验；气泡间距系数按附录 G 进行试验。

当混凝土采用自然养护时，混凝土耐久性试件成型后应在标准养护条件下养护至规定龄期时进行试验；当混凝土采用蒸汽养护时，混凝土耐久性试件应在同条件养护下或温度匹配养护条件下养护至脱模，再转入标准养护条件下养护至规定龄期时进行试验。

6.19 长期性能

收缩和疲劳性能按 GB/T 50082 进行试验。

7 配合比设计要求

7.1 一般要求

7.1.1 混凝土的原材料和配合比参数应根据混凝土结构的设计使用年限、所处环境条件、环境作用等级和施工工艺等确定。

7.1.2 混凝土中应根据需要适量掺加能够改善混凝土性能的粉煤灰、矿渣粉、硅灰或石灰石粉等矿物掺合料；硅灰掺量一般不超过胶凝材料总量的8%，且宜与其他矿物掺合料复合使用。

7.1.3 混凝土中应适量掺加能够改善混凝土性能的减水剂，尽量减少用水量和胶凝材料用量；含气量要求大于或等于4.0%的混凝土应同时掺加减水剂和引气剂。

7.1.4 混凝土配合比应按最小浆体比原则进行设计。混凝土配合比的设计方法既可采用体积法，也可采用质量法。

7.1.5 混凝土的总碱含量应符合设计要求。当设计无要求时，混凝土的总碱含量应满足表26的要求。

表26 混凝土的总碱含量最大限值 单位为千克每立方米

设计使用年限		100年	60年	30年
环境条件	干燥环境	3.5	3.5	3.5
	潮湿环境	3.0	3.0	3.5
	含碱环境	3.0	3.0	3.0

混凝土总碱含量是指本标准要求检测的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。

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；含碱环境是指与高含盐碱土体、海水、含碱工业废水或钠(钾)盐等直接接触的环境；干燥环境或潮湿环境与含碱环境交替作用时，均按含碱环境对待。

对于含碱环境中的混凝土主体结构，除了总碱含量满足本表要求外，还应采用非碱活性骨料。

7.1.6 混凝土的总氯离子含量应满足表27的要求。

表27 混凝土的总氯离子含量最大限值

混凝土类别	钢筋混凝土	预应力混凝土
总氯离子含量	0.10%	0.06%

注：混凝土的总氯离子含量是指本标准要求检测的各种混凝土原材料的氯离子含量之和，以其与胶凝材料的重量比表示。

对于钢筋配筋率低于最小配筋率的混凝土结构，其混凝土的总氯离子含量应与本表中钢筋混凝土结构的混凝土总氯离子含量的限值要求相同。

7.1.7 混凝土的总三氧化硫含量不应超过胶凝材料总量的4.0%，混凝土总三氧化硫含量是指本标准要求检测的各种混凝土原材料的三氧化硫含量之和。

7.2 参数限值

7.2.1 不同强度等级混凝土的胶凝材料用量不宜超过表28所规定的限值要求。

7.2.2 不同环境下混凝土的胶凝材料用量不应低于表29所规定的限值要求。

表28 混凝土的胶凝材料最大用量 单位为千克每立方米

混凝土强度等级	成型方式	
	振动成型	自密实成型
<C30	360	—
C30～C35	400	550
C40～C45	450	600
C50	480	—
C55～C60	500	—

表 29　混凝土的胶凝材料最小用量　　单位为千克每立方米

环境类别	作用等级	100 年	60 年	30 年
碳化环境	T1	280	260	260
	T2	300	280	280
	T3	320	300	300
氯盐环境	L1	320	300	300
	L2	340	320	320
	L3	360	340	340
化学侵蚀环境	H1	300	280	280
	H2	320	300	300
	H3	340	320	320
	H4	360	340	340
盐类结晶破坏环境	Y1	300	280	280
	Y2	320	300	300
	Y3	340	320	320
	Y4	360	340	340
冻融破坏环境	D1	300	280	280
	D2	320	300	300
	D3	340	320	320
	D4	360	340	340
磨蚀环境	M1	300	280	280
	M2	320	300	300
	M3	340	320	320
碳化环境下，素混凝土最大水胶比不应超过 0.60，最小胶凝材料用量不应低于 260 kg/m^3；氯盐环境下，素混凝土最大水胶比不应超过 0.55，最小胶凝材料用量不应低于 280 kg/m^3。				

7.2.3　不同环境下混凝土中矿物掺合料的掺量宜满足表 30 的要求。

表 30　不同环境下混凝土中矿物掺合料掺量范围

环境类别	矿物掺和料种类	水　胶　比	
		≤0.40	>0.40
碳化环境	粉煤灰	≤40%	≤30%
	矿渣粉	≤50%	≤40%
氯盐环境	粉煤灰	30% ~50%	20% ~40%
	矿渣粉	40% ~60%	30% ~50%
化学侵蚀环境	粉煤灰	30% ~50%	20% ~40%
	矿渣粉	40% ~60%	30% ~50%
盐类结晶破坏环境	粉煤灰	≤40%	≤30%
	矿渣粉	≤50%	≤40%

表 30　不同环境下混凝土中矿物掺和料掺量范围(续)

环境类别	矿物掺和料种类	水　胶　比	
		≤0.40	>0.40
冻融破坏环境	粉煤灰	≤40%	≤30%
	矿渣粉	≤50%	≤40%
磨蚀环境	粉煤灰	≤30%	≤20%
	矿渣粉	≤40%	≤30%
各类环境	石灰石粉	≤30%	≤20%

本表规定的矿物掺合料的掺量范围适用于使用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥的混凝土。

本表中的掺量是指单掺一种矿物掺合料时的适宜范围。当采用多种矿物掺合料复掺时,不同矿物掺合料的掺量可参考本表,并经过试验确定。

严重氯盐环境与化学侵蚀环境下,混凝土中粉煤灰的掺量应大于 30%,或矿渣粉的掺量大于 50%。

年平均环境温度低于 15 ℃硫酸盐环境下,混凝土不宜使用石灰石粉。

对于预应力混凝土结构,混凝土中粉煤灰的掺量不宜超过 30%。

7.2.4　不同环境下混凝土水胶比不应高于表 31 所规定的限值要求。

表 31　混凝土水胶比的最大值

环境类别	作用等级	100 年	60 年	30 年
碳化环境	T1	0.55	0.60	0.60
	T2	0.50	0.55	0.55
	T3	0.45	0.50	0.50
氯盐环境	L1	0.45	0.50	0.50
	L2	0.40	0.45	0.45
	L3	0.36	0.40	0.40
化学侵蚀环境	H1	0.50	0.55	0.55
	H2	0.45	0.50	0.50
	H3	0.40	0.45	0.45
	H4	0.36	0.40	0.40
盐类结晶破坏环境	Y1	0.50	0.55	0.55
	Y2	0.45	0.50	0.50
	Y3	0.40	0.45	0.45
	Y4	0.36	0.40	0.40
冻融破坏环境	D1	0.50	0.55	0.55
	D2	0.45	0.50	0.50
	D3	0.40	0.45	0.45
	D4	0.36	0.40	0.40
磨蚀环境	M1	0.50	0.55	0.55
	M2	0.45	0.50	0.50
	M3	0.40	0.45	0.45

7.2.5 混凝土砂率应根据骨料的最大粒径和混凝土的水胶比确定，一般情况下宜满足表32的要求。

表32 混凝土砂率的要求

骨料最大粒径（mm）	水胶比			
	0.30	0.40	0.50	0.60
10	38%～42%	40%～44%	42%～46%	46%～50%
20	34%～38%	36%～40%	38%～42%	42%～46%
40	—	34%～38%	36%～40%	40%～44%
本表适用于采用碎石、细度模数为2.6～3.0的天然中砂拌制的坍落度为80 mm～120 mm的混凝土。 砂的细度模数每增减0.1，砂率相应增减0.5%～1.0%。 当使用卵石时，砂率可减少2%～4%。 当使用机制砂时，砂率可增加2%～4%。				

7.2.6 自密实混凝土单位体积浆体比不宜大于0.40，其他混凝土的浆体比不宜大于表33规定的限值要求。

表33 不同等级混凝土浆体比的最大值

强度等级	浆体比
C30～C50（不含C50）	≤0.32
C50～C60（含C60）	≤0.35
C60以上（不含C60）	≤0.38
注：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。	

7.3 设计方法

7.3.1 根据混凝土拌合物性能、设计强度和耐久性指标要求，结合工程上所选水泥的性能、外加剂的性能以及7.2的规定，初步确定胶凝材料总用量、矿物掺合料的种类及掺量、外加剂的掺量、水胶比和砂率，并计算出单位体积混凝土的水泥用量、矿物掺合料用量、用水量以及外加剂的用量。

7.3.2 采用体积法设计混凝土配合比时，首先采用式(1)计算每立方米混凝土中砂石的总体积：

$$V_{s,g}=V-\left[\frac{m_w}{\rho_w}+\frac{m_c}{\rho_c}+\frac{m_{p1}}{\rho_{p1}}+\frac{m_{p2}}{\rho_{p2}}+\frac{m_a}{\rho_a}+\alpha\right] \quad \cdots\cdots(1)$$

式中：

$V_{s,g}$——每立方米混凝土中砂石的总体积，单位为立方米（m^3）；

V——混凝土的总体积，为1立方米（m^3）；

m_w——每立方米混凝土中水的用量，单位为千克（kg）；

m_c——每立方米混凝土中水泥的用量，单位为千克（kg）；

m_{p1}——每立方米混凝土中掺合料1的用量，单位为千克（kg）；

m_{p2}——每立方米混凝土中掺合料2的用量，单位为千克（kg）；

m_a——每立方米混凝土中外加剂的用量，单位为千克（kg）；

α——每立方米混凝土所含空气体积的设计值，单位为立方米（m^3）；

ρ_w——水的密度，单位为千克每立方米（kg/m^3）；

ρ_c——水泥的密度，单位为千克每立方米（kg/m^3）；

ρ_{p1}——掺合料1的密度，单位为千克每立方米（kg/m^3）；

ρ_{p2}——掺合料2的密度，单位为千克每立方米（kg/m^3）；

ρ_α——外加剂的密度，单位为千克每立方米（kg/m^3）。

其次，采用式(2)计算每立方米混凝土中砂子的用量：

$$m_s = V_{s,g} S_v \rho_s \quad \cdots\cdots(2)$$

式中：

m_s——每立方米混凝土中砂子的用量，单位为千克(kg)；

S_v——体积砂率；

ρ_s——砂子的表观密度，单位为千克每立方米(kg/m^3)。

再次，采用式(3)计算每立方米混凝土中石子的用量：

$$m_g = V_{s,g}(1 - S_v)\rho_g \quad \cdots\cdots(3)$$

式中：

m_g——每立方米混凝土中石子的用量，单位为千克(kg)；

ρ_g——石子的表观密度，单位为千克每立方米(kg/m^3)。

7.3.3 采用质量法设计混凝土配合比时，首先采用式(4)计算每立方米混凝土中砂石的总质量：

$$m_{s,g} = m_h - [m_w + m_c + m_{p1} + m_{p2} + m_a] \quad \cdots\cdots(4)$$

式中：

$m_{s,g}$——每立方米混凝土中砂石的总质量，单位为千克(kg)；

m_h——每立方米混凝土拌合物的假定质量，单位为千克(kg)；

m_w——每立方米混凝土中水的用量，单位为千克(kg)；

m_c——每立方米混凝土中水泥的用量，单位为千克(kg)；

m_{p1}——每立方米混凝土中掺合料1的用量，单位为千克(kg)；

m_{p2}——每立方米混凝土中掺合料2的用量，单位为千克(kg)；

m_a——每立方米混凝土中外加剂的用量，单位为千克(kg)。

其次，采用式(5)计算每立方米混凝土中砂子的用量：

$$m_s = m_{s,g} \cdot S_m \quad \cdots\cdots(5)$$

式中：

m_s——每立方米混凝土中砂子的用量，单位为千克(kg)；

S_m——质量砂率。

再次，采用式(6)计算每立方米混凝土中石子的用量：

$$m_g = m_{s,g} \cdot (1 - S_m) \quad \cdots\cdots(6)$$

式中：

m_g——每立方米混凝土中石子的用量，单位为千克(kg)。

7.3.4 核算每立方米混凝土的总碱含量、总氯离子含量和总三氧化硫含量是否符合7.1的规定，核算混凝土的浆体比是否符合表33的规定。否则，应重新选择原材料，并重新对混凝土的总碱含量、总氯离子含量、总三氧化硫含量和浆体比进行核算，直至满足要求。

7.3.5 在试验室试拌混凝土并测试混凝土的拌合物性能。若测试值不满足设计要求，可适当调整混凝土的砂率和外加剂用量，重新搅拌、测试混凝土的拌合物性能，并对混凝土的总碱含量、总氯离子含量和总三氧化硫含量进行核算，直至满足要求。试拌时，每盘混凝土的最小搅拌量应在20L以上，且不少于搅拌机容量的1/3。

7.3.6 对混凝土的胶凝材料用量、矿物掺合料掺量、砂率和水胶比上下略作调整，重新按上述步骤计算、试拌并调配出拌合物性能、总碱含量、总氯离子含量、总三氧化硫含量和浆体比满足设计和本标准要求的三个配合比，并对相应混凝土的力学性能进行试验。选择力学性能满足要求的混凝土进行耐久性能和长期性能试验。

7.3.7 按照工作性能优良、力学性能和耐久性能满足要求、经济合理的原则，从上述三个配合比中选择合适的配合比，测试相应混凝土的表观密度。当测得的表观密度与计算值或假定值之差的绝对值小

于等于2%时，上述配合比即为混凝土的设计配合比。当测得的表观密度与计算值或假定值之差的绝对值大于2%时，应按式(7)计算校正系数，并将混凝土的各种原材料用量乘以校正系数，即得混凝土的设计配合比。

$$\delta = \frac{\rho_{ct}}{\rho_{cc}} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (7)$$

式中：

δ ——校正系数；

ρ_{ct}——混凝土拌合物的表观密度实测值，单位为千克每立方米(kg/m^3)；

ρ_{cc}——混凝土拌合物的表观密度计算值或假定值，单位为千克每立方米(kg/m^3)。

7.3.8 特殊混凝土配合比设计除应满足上述要求外，还应根据具体混凝土的特殊性能要求进行设计。喷射混凝土配合比设计应考虑速凝剂对混凝土力学性能影响的程度。

8 施工要求

8.1 一般要求

8.1.1 混凝土应采用拌合站集中搅拌，混凝土制品应实行工厂化生产。

8.1.2 当混凝土原材料为预拌干混料和预处理骨料时，可采用专门的移动式搅拌车进行搅拌。

8.1.3 拌合站正式启用之前应进行拌合工艺试验和混凝土匀质性测试。

8.1.4 混凝土结构施工前宜通过混凝土的试浇筑，对混凝土的配合比、施工工艺、施工机具的适应性进行检验；对于重要的大体积混凝土结构，应进行有代表性的模拟试浇筑试验，测定其内部温升和内外温差，发现问题及时调整。

8.1.5 当混凝土施工经历不同季节时，宜根据气候条件选定不同的配合比，并制定相应的施工技术措施。

8.2 配合比调整

8.2.1 混凝土施工前，应根据粗、细骨料的实际含水率调整拌合物设计配合比的用水量，确定混凝土的施工配合比。

8.2.2 混凝土施工过程中，当施工工艺及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，可对混凝土减水剂和引气剂掺量、粗骨料分级比例、砂率进行适当调整，调整后的混凝土拌合物性能应符合设计或施工要求。

8.2.3 混凝土施工过程中，当原材料品质、施工工艺等发生较大变化时，应重新对混凝土配合比进行设计。

8.3 质量控制要点

8.3.1 混凝土原材料储存和运输应满足如下要求：

a) 采取有效措施，防止水泥、矿物掺合料受潮，降低散装水泥的温度，避免散装水泥温度持续升高。

b) 将袋装水泥和矿物掺合料储存在具有防潮防水功能的仓库内；

c) 采用仓库储存外加剂，冬期应采取保温措施，避免外加剂受冻或出现低温结晶现象。液体外加剂储存罐宜配置自循环或搅拌装置；

d) 骨料的储料间应具有防晒、防水和防污染的功能；

e) 不同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、生产日期和进场日期。原材料堆放时应有堆放分界标识，以免误用；

f) 不同原材料进场后，应及时建立原材料管理台账，台账内容应包括材料的名称、生产日期、进货日期、品种、规格、数量、生产单位、供货单位、质量证明书编号、试验检验报告编号及检验结果等。原材料管理台账应填写正确、真实，项目齐全。

8.3.2 混凝土的搅拌应满足如下要求：

a) 应采用强制式搅拌机搅拌，搅拌机的性能及维护应满足 GB/T 9142 的要求；

b) 各种原材料计量设备应检定合格；

c) 各种原材料计量偏差应符合表 34 的要求；

表 34 混凝土各种原材料允许计量偏差

原材料品种	水泥	骨料	水	外加剂	掺和料
每盘允许计量偏差	±2%	±3%	±1%	±1%	±2%
每车(罐)允许计量偏差*	±1%	±2%	±1%	±1%	±1%
*每车(罐)允许计量偏差是指每一车(罐)混凝土中每种原材料的总用量相对于按施工配合比计算的总用量的偏差允许值。					

d) 搅拌投料顺序宜为：先投入骨料、水泥和矿物掺合料，搅拌均匀后，再加水和外加剂(粉体外加剂应与矿物掺合料同时加入)，直至搅拌均匀为止。水泥的入机温度不应高于 55 ℃；

e) 搅拌时间是指自全部材料装入搅拌机开始搅拌至搅拌结束开始卸料为止所经历的时间。搅拌时间应根据混凝土配合比和搅拌设备情况通过试验确定，但最短不宜少于 2 min，不应少于 90 s。特殊混凝土搅拌时间宜适当延长；

f) 混凝土开始搅拌时，应按 GB/T 9142 对其匀质性进行检验：新拌混凝土的砂浆密度相对偏差不大于 0.8%，粗骨料的质量相对偏差不大于 5%。

8.3.3 混凝土的运输应满足如下要求：

a) 运输设备的运输能力应适应混凝土凝结时间和浇筑速度的需要，保证浇筑过程连续进行；

b) 运输设备应具备防止混凝土发生离析、漏浆、泌水的功能，同时也应具备防晒与防冻等功能。

8.3.4 混凝土的浇筑应满足如下要求：

a) 混凝土浇筑宜连续进行，不宜出现长时间的间歇，尽量避免留置施工缝；

b) 混凝土的入模温度不宜超过 30 ℃，冬期施工时，混凝土的入模温度不宜低于 5 ℃，且应对混凝土采取适当的保温措施；

c) 冬期施工时，与混凝土接触的介质温度不宜低于 2 ℃；夏期施工时，与混凝土接触的介质温度不宜超过 40 ℃；

d) 新浇筑的混凝土与邻接硬化的混凝土或岩土、钢筋、模板等介质间的温差不应大于 15 ℃。

8.3.5 混凝土的振捣应满足如下要求：

a) 振捣设备的类型、振捣频率和振捣强度应与混凝土结构的类型和工作性能相适应；

b) 振捣时间和振捣半径应以混凝土振捣密实为原则进行确定，避免过振或漏振。

8.3.6 混凝土的养护应满足如下要求：

a) 混凝土养护应及时进行。一般情况下，浇筑完毕 1 h 内应对新浇筑混凝土进行覆盖养护或喷雾养护。除不溶物、可溶物不作要求外，养护用水的其他性能应满足拌合水的要求。不应采用海水养护混凝土。

b) 养护期间，混凝土芯部温度不宜超过 60 ℃，最大不应超过 65 ℃(轨枕和轨道板的芯部温度不宜大于 55 ℃)。混凝土芯部温度与表面温度、表面温度与环境温度之差均不应大于 20 ℃(梁体混凝土、轨道板混凝土和轨枕混凝土不应大于 15 ℃)。混凝土表面温度与养护水温度之差不应大于 15 ℃。

c) 自然养护时，混凝土浇筑完毕后的保温保湿养护时间应满足表 35 的要求。

表 35　混凝土保温保湿的最短养护时间

水胶比	大气潮湿（$RH \geqslant 50\%$），无风，无阳光直射		大气干燥（$20\% \leqslant RH < 50\%$），有风，或阳光直射		大气极端干燥（$RH < 20\%$），大风，大温差	
	日平均气温 T ℃	养护时间 d	日平均气温 T ℃	养护时间 d	日平均气温 T ℃	养护时间 d
>0.45	$5 \leqslant T < 10$	21	$5 \leqslant T < 10$	28	$5 \leqslant T < 10$	56
	$10 \leqslant T < 20$	14	$10 \leqslant T < 20$	21	$10 \leqslant T < 20$	45
	$T \geqslant 20$	10	$T \geqslant 20$	14	$T \geqslant 20$	35
≤0.45	$5 \leqslant T < 10$	14	$5 \leqslant T < 10$	21	$5 \leqslant T < 10$	45
	$10 \leqslant T < 20$	10	$10 \leqslant T < 20$	14	$10 \leqslant T < 20$	35
	$T \geqslant 20$	7	$T \geqslant 20$	10	$T \geqslant 20$	28

d）蒸汽养护前，应对混凝土进行适当的静停养护，静停养护温度不应低于 5 ℃，静停养护时间不宜小于 4 h。蒸汽养护时，蒸汽的升、降温速度不宜大于 10 ℃/h。蒸汽养护后，混凝土还应进行适当的保温保湿养护，预制梁脱模后的保温保湿养护时间不少于 14 d，其他预制构件（轨道板、轨枕、接触网支柱和管桩）脱模后的保温保湿养护时间不少于 10 d。

e）当环境最低温度低于 5 ℃时，应采取适当的保温保湿养护措施进行养护，不应直接进行洒水养护。

8.3.7 混凝土的拆模应满足如下要求：

a）当拆除混凝土或钢筋混凝土结构的模板时，混凝土应具有足够的强度以确保其表面和棱角不受损伤或塌陷，且混凝土的强度不应低于 5 MPa。当拆除承重混凝土结构的模板时，混凝土的强度应满足设计要求。

b）当拆除混凝土或钢筋混凝土结构的模板时，混凝土结构的芯部与表面、表面与环境之间的温差不应大于 20 ℃；轨枕、轨道板、梁的芯部混凝土与表面混凝土、表面混凝土与环境之间的温差不应大于 15 ℃；箱梁的腹板内外侧混凝土的温差不应大于 15 ℃。

c）当拆除混凝土或钢筋混凝土结构的模板后，混凝土强度未达到设计强度 75% 时，混凝土不应与直接流动的水接触；混凝土强度未达到设计强度或养护时间不足 6 周时，混凝土不应与海水或盐渍土直接接触。

附 录 A
（规范性附录）
骨料碱活性试验方法——岩相法

A.1 适用范围

本方法适用于确定骨料的碱活性类别和定性评定骨料的碱活性。

A.2 原理

通过肉眼和显微镜对骨料进行观察，鉴定骨料的岩石种类、结构构造及矿物成分，确定骨料是否含有碱活性矿物、碱活性矿物的类别以及碱活性矿物占骨料的重量百分比，从而定性评定骨料的碱活性。

A.3 试验材料及设备

试验材料及设备要求如下：

a） 盐酸：浓度为5%～10%；

b） 茜素红S试剂：将0.1 g茜素红S溶于100 mL 0.2%的稀盐酸中；

c） 金刚砂、树脂胶或环氧树脂、载玻片、盖玻片、折光率浸油、酒精；

d） 筛：包括孔径为37.5 mm、19.0 mm、4.75 mm的方孔筛和孔径为2.36 mm、1.18 mm、0.600 mm、0.300 mm、0.150 mm、0.075 mm的方孔筛各一套，筛盖和底盘各两只；

e） 电子天平：最大秤量100 kg，分度值100 g一台；最大秤量1 kg，分度值0.5 g一台；

f） 烘箱、切片机、磨片机、镶嵌机；

g） 10倍放大镜；

h） 实体显微镜及附件；

i） 偏光显微镜及附件；

j） 地质锤。

A.4 试验室温度

试验室温度为17 ℃～25 ℃。

A.5 试验步骤

A.5.1 粗骨料

A.5.1.1 取样

按表A.1的规定分别取得不同粒径范围的粗骨料样品，并用水将其冲洗干净后再风干（烘干）待试。然后按JGJ 52规定的取样方法取得一定数量的混合粗骨料样品，去除4.75 mm以下的颗粒（需要时其碱活性可按细骨料的试验方法进行试验），再按JGJ 52规定的筛分方法进行筛分，计算各级粗骨料分计筛余百分率，将结果填入表A.2中。

表A.1 粗骨料样品数量的规定值

粒径范围 mm	试样重量 kg
≥37.5	180
37.5～19.0	90
19.0～4.75	45
样品数量也可以按颗粒计，每级至少300颗。	

表 A.2　粗骨料样品分类表

粒径范围 mm		≥37.5			37.5～19.0			19.0～4.75			合计
分计筛余百分率（%）											100
分类组成		①[a]	②[b]	③[c]	④[a]	⑤[b]	⑥[c]	⑦[a]	⑧[b]	⑨[c]	合计（③+⑥+⑨）
编号	岩石种类										
1											
2											
3											
…											
合计		—	100	—	—	100	—	—	100	—	100

[a]该粒级样品中分类岩石的重量，单位为克（g）；
[b]该粒级样品中分类岩石的重量占本粒级样品重量的百分率（%）；
[c]该粒级样品中分类岩石的重量占样品重量的百分率（%），用 β 表示。

A.5.1.2　分类

对于每一粒级样品，首先通过肉眼观察，按岩石种类将其分类。具体方法包含：观察颗粒表面及新鲜断面的颜色、结构构造；用 10 倍放大镜初步鉴定样品中的矿物成分；必要时检测样品的硬度或进行滴稀酸试验等。如果通过肉眼观察不能确定某些样品的种类，或认为某些样品可能含有碱活性矿物，则可通过实体显微镜进行观察，并按岩石种类对其进行分类。分类完毕后，称量本级样品中各分类样品的重量，并将结果填入表 A.2 中。将本级样品中各类样品的重量除以本级样品重量，得到各分类样品的重量占本级样品重量的百分率；将本级样品中各分类样品的重量占本级样品重量的百分率乘以本级样品的分计筛余百分率，得到本级样品中各分类样品的重量占样品总重量的百分率，将结果填入表 A.2 中。所有粒级的分类样品的重量精确到 0.1%，所有样品的重量百分率计算值精确到 0.5%；分类过程中不含碱活性矿物的样品种类应合并成一类。

A.5.1.3　岩相分析

对于每一粒级样品，分别从其每一分类岩石中选取 3～5 块样品，称重后制成薄片，然后在偏光显微镜下观察，确定岩石的名称、结构构造和矿物成分等。若发现有碱活性矿物，则在偏光显微镜下测定各薄片中该碱活性矿物的百分含量，并按式（A.1）计算该粒级样品中该类岩石所含碱活性矿物的平均百分含量：

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^{n} b_i \alpha_i}{\sum_{i=1}^{n} b_i} (n = 3 \sim 5) \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (A.1)$$

式中：

α ——该粒级样品中该类岩石所含碱活性矿物的平均百分含量，用百分数表示（%）；

b_i——第 i 块样品的重量，单位为克（g）；

α_i——在偏光显微镜下测得的第 i 块样品的薄片中碱活性矿物的百分含量，用百分数表示（%）；

n——所取样品块数。

注：碱活性矿物包括两类：一类为硅酸盐类矿物，包括蛋白石、方石英、磷石英、微晶石英（粒径小于 30 μm）、玉髓、严重波状消光石英、火山玻璃、燧石、人工硅质玻璃等；另一类为碳酸盐类矿物，主要为细小菱形白云石晶体（粒径小于或等于 50 μm），有时晶体周围还存在不溶的黏土基质。

A.5.1.4 计算

将各粒级各分类岩石中碱活性矿物的百分含量(α)乘以该粒级中分类岩石占样品总重量的百分率(β)之后相加,即得粗骨料样品中碱活性矿物占样品总重量的百分率。将观察及计算结果填入表A.3中。

表A.3 粗骨料样品碱活性矿物分析统计表

粒径范围(mm)	≥37.5				37.5~19.0				19.0~4.75			
岩石种类编号	1	2	3	…	1	2	3	…	1	2	3	…
岩石名称												
结构构造												
主要矿物成分												
分类岩石薄片中碱活性矿物的百分含量(α,%)												
分类岩石的重量占样品重量的百分率(β,%)												
碱活性矿物占样品总重量的百分率(%)												

A.5.2 细骨料

A.5.2.1 取样

按照JGJ 52规定的取样方法取得约10 kg细骨料,去除4.75 mm以上的颗粒(其碱活性可按粗骨料的试验方法进行试验),用四分法将其缩分至2 kg左右,并用水冲洗干净后置于105 ℃±5 ℃烘箱中烘干,冷却后再按照JGJ 52规定的筛分方法进行筛分,计算各级细骨料分计筛余百分率,将结果填入表A.5中。然后,按表A.4规定的数量称取各级细骨料样品。

表A.4 细骨料样品数量的规定值

粒径范围 mm	试样重量 kg
4.75~2.36	0.1
2.36~1.18	0.05
1.18~0.600	0.025
0.600~0.300	0.01
0.300~0.150	0.01
0.150~0.075	0.005
筛底	去掉

A.5.2.2 岩相分析

将适量各级细骨料样品铺在镶嵌机上压型(用树脂或环氧树脂胶结),然后磨成薄片,在偏光显微镜下观察其矿物组成。若发现样品中含有碱活性矿物,则在偏光显微镜下测定该级细骨料样品中碱活性矿物的百分含量,并将结果填入表A.5中。如果某些含碱活性矿物的样品量太少而影响计算精度时,应增大取样数量。

表 A.5　细骨料样品碱活性矿物分析统计表

粒径范围　　mm	0.150～0.075	0.300～0.150	0.600～0.300	1.18～0.600	2.36～1.18	4.75～2.36
主要矿物成分						
碱活性矿物名称						
碱活性矿物的百分含量 %						
分计筛余百分率 %						
碱活性矿物占样品总重量的百分率 %						

A.5.2.3　计算

将各级细骨料样品中碱活性矿物的百分含量乘以该级样品的分计筛余百分率之后相加，即得细骨料样品中碱活性矿物的百分含量。将观察及计算结果填入表 A.5 中。

A.6　评定

若骨料样品中含有碱—硅酸反应活性矿物时，应按附录 B 所规定的快速砂浆棒法对其碱活性大小进行进一步检验；若骨料样品中含有碱—碳酸盐反应活性矿物时，应按附录 D 所规定的岩石柱法对其碱活性进行进一步检验。

附 录 B
（规范性附录）
骨料碱活性检测方法——快速砂浆棒法

B.1 适用范围

本方法适用于评定骨料的碱—硅酸反应活性。

B.2 原理

将骨料和硅酸盐水泥混合制成的砂浆试件置于 80 ℃、1 mol/L 氢氧化钠溶液中，定期测定试件的长度，依据试件 14 d 龄期时的长度膨胀率，评定其所代表的骨料的碱—硅酸反应活性。

B.3 试验材料及设备

试验材料及设备要求如下：

a) 水泥：42.5 级 P·I 型硅酸盐水泥，其碱含量在 0.80% 以上，水泥净浆的膨胀率按本方法检测不超过 0.02%。水泥中的团块等物应用孔径为 1.18 mm 的筛筛除；

b) 氢氧化钠：化学纯或分析纯试剂；

c) 水：蒸馏水（用于配制养护溶液）和饮用水（用于砂浆试件的成型及养护）；

d) 破碎设备：颚式破碎机或圆盘破碎机；

e) 方孔筛：包括孔径为 4.75 mm、2.36 mm、1.18 mm、0.600 mm、0.300 mm 和 0.150 mm 的筛一套，筛的底盘和盖各一只；

f) 电子天平：最大秤量 1 000 g，分度值 1 g 一台；最大秤量 500 g，分度值 0.01 g 一台；

g) 胶砂搅拌机：符合 JC/T 681 的规定，但搅拌叶片底缘同搅拌锅底间的间隙应为 5 mm ± 0.3 mm；

h) 测头及试模：测头用不锈钢或铜制成，端头呈球形，头身为圆柱体，其规格和尺寸如图 B.1 所示。试模为金属制成，可以拆卸，其内壁尺寸为 25 mm × 25 mm × 280 mm。试模的两端板上开有安置测头的小孔，小孔的位置应保证测头在试件的中心线上；

单位为毫米

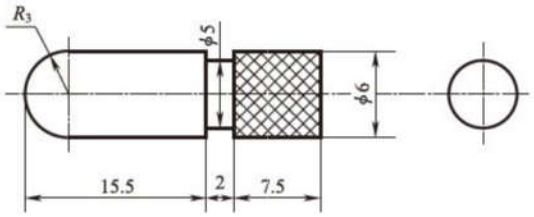


图 B.1 测头示意图

i) 测长仪：量程 275 mm ~ 300 mm，精度 0.01 mm；

j) 捣棒：截面尺寸为 14 mm × 13 mm、长度为 120 mm ~ 150 mm 的钢制长方体；

k) 刮平刀；

l) 养护容器：由耐腐蚀耐高温材料（塑料或不锈钢）制成的带盖容器，其内设有试件架，加盖后不漏水、不透气。高度不低于 350 mm，容积大小应满足试件养护的规定；

m) 恒温水浴或烘箱：温度为 80 ℃ ±2 ℃。

B.4 试验室温湿度

试验室温度为 20 ℃ ~ 25 ℃（特别说明的除外），相对湿度大于 50%。

B.5 试验步骤

B.5.1 取样

按 JGJ 52 规定的取样方法取得不少于 20 kg 的样品。

B.5.2 试样的制备

用四分法将样品缩减至 5.0 kg 左右。当样品为石子时，将石子全部破碎至 5 mm 以下，用清水将破碎后的样品冲洗干净，并置于 105 ℃ ±5 ℃的烘箱中烘干（约 3 h ~ 4 h）。将烘干的样品进行筛分，并置于干燥器中作为试样备用；当样品为砂子时，先将砂中大于 5 mm 的颗粒筛出并破碎至 5 mm 以下，再与 5 mm 以下的颗粒混合后用清水冲洗干净，并置于 105 ℃ ±5 ℃的烘箱中烘干（约 3 h ~ 4 h）。将烘干的样品进行筛分，并置于干燥器中作为试样备用。

B.5.3 称样

将水泥、试样、水等放入 20 ℃ ±2 ℃的恒温室中恒温 24 h。用电子天平称取水泥 400 g（精确至 0.1 g），用量筒量水 188 mL，再按表 B.1 规定的级配要求称取各级试样，使得试样的总质量为 900 g（精确至 0.1 g）。

表 B.1 试样级配表

筛孔尺寸 mm	4.75 ~ 2.36	2.36 ~ 1.18	1.18 ~ 0.60	0.60 ~ 0.3	0.3 ~ 0.15
分级质量百分比	10%	25%	25%	25%	15%
分级质量 g	90	225	225	225	135

B.5.4 搅拌

按 GB/T 17671 规定的程序搅拌试样砂浆。

B.5.5 成型

在试模内侧涂上一层脱模剂，将测头仔细装入试模端头的中心孔内。将搅拌好的砂浆分两层装入试模内。第一层砂浆装入的深度约为试模高度的 2/3。先用小刀来回划匀胶砂，在测头两侧应多划几次，然后用捣棒在试模内顺序往返各捣压 20 次，注意测头周围应仔细捣实。接着再装入第二层胶砂。

当第二层胶砂装满试模后，仍用小刀将第二层胶砂来回划匀，此次小刀的划入深度应透过第一层胶砂的表面。用捣棒再在胶砂表面往返各捣压 20 次。捣压完毕，将剩余胶砂填满试模，再将试件表面抹平、编号，并标明测定方向。每种骨料按上述方法制作 3 条试件。

B.5.6 试件养护液的配制

称取 40.00 g 氢氧化钠，溶于装有 900 mL 蒸馏水的 1 000 mL 容量瓶中，再向瓶中滴加蒸馏水，使溶液体积达 1.0 L，由此配得 1 mol/L 的氢氧化钠溶液。该溶液即为试件养护液。试件养护液的配制量应根据试件的数量和 i）的规定确定。

B.5.7 试件预养护

将成型好的试件带模放入温度为 20 ℃ ±1 ℃、湿度为 90% 以上的标准养护箱内养护 24 h ±2 h。取出试模并小心脱模后，迅速将试件放入养护容器的试件架中。将预先加热至 80 ℃ ±2 ℃的水倒入养护容器内将试件全部浸没，盖好养护容器盖，并将养护容器置于 80 ℃ ±2 ℃的水浴或烘箱中放置 24 h ±2 h。

B.5.8 试件初长的测定

将养护容器一次一个地从水浴或烘箱中取出，拧开养护容器盖，从养护容器中一次一个地取出试件，迅速用抹布将试件表面和测头表面擦干，并用测长仪测定试件的长度，此长度即为试件的初长。从水中取出试件到读完试件初长所经历的时间应控制在 15 s ±5 s 内。每测完一个试件，均应用湿抹布将其盖好，直至全部试件初长测完为止。

测量前，测长仪应放置在20 ℃ ±2 ℃的恒温室内恒温24 h。每次测量前，先应标定测长仪的零点（下同）。

每个试件的初长读数值应为将试件刚好放在测长仪相应位置上时的起始读数。

只有当一个养护容器中的全部试件的长度都测完了并重新放入水浴或烘箱中之后才能再取出下一个养护容器。

B.5.9 试件的养护

将装有足量养护液的养护容器置于80 ℃ ±2 ℃的水浴或烘箱中，至养护容器中的养护液温度达到80 ℃ ±2 ℃时为止。将测完初长的试件竖直放入养护容器的试件架中，并使试件全部浸入养护液内。养护容器中养护液的体积与试件的体积比为(4 ±0.5)∶1。盖好盖且密封后，再次将养护容器放回到80 ℃ ±2 ℃的恒温水浴或烘箱中。

同一养护容器中只能放置由同种骨料制成的试件。

操作时要注意采取适当的保护措施，避免皮肤与养护液直接接触，防止养护液溢溅或烧伤皮肤。

B.5.10 试件长度变化的测量

自试件放于80 ℃养护液中算起，养护至龄期为14 d ±2 h时，采用与测定试件初长相同的方法测定试件在该龄期时的长度，并且注意应将试件与测长仪的相对位置调整为与测初长时相同的位置。与此同时，应仔细观察每一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，并做好记录。

B.6 结果计算与处理

B.6.1 长度膨胀率

长度膨胀率按式(B.1)计算：

$$\varepsilon_t = \frac{L_t - L_0}{L_0 - 2\Delta} \times 100 \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (B.1)$$

式中：

ε_t——试件在14 d龄期时的膨胀率，用百分数表示(%)，精确至0.01%；

L_t——试件在14 d龄期时的长度，单位为毫米(mm)；

L_0——试件的初长，单位为毫米(mm)；

Δ——测头的长度，单位为毫米(mm)。

B.6.2 结果处理

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3个试件长度膨胀率的平均值小于或等于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的绝对值均小于平均值的20%。

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个试件中的最小值，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。

B.7 评定

当14 d龄期试件的长度膨胀率小于0.10%时，将骨料评定为非碱—硅酸反应活性骨料；否则，将骨料评定为碱—硅酸反应活性骨料。

附 录 C
（规范性附录）
矿物掺合料和外加剂抑制碱—骨料反应有效性检测方法

C.1 适用范围

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.2 原理

将工程中具有碱—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和外加剂制成砂浆试件，在 80 ℃、1 mol/L 氢氧化钠溶液中养护 28 d，测定砂浆试件的长度膨胀率。若砂浆试件的长度膨胀率不大于 0.10%，则评定该矿物掺合料和外加剂抑制混凝土碱—硅酸反应有效。

C.3 试验材料及设备

试验材料及设备要求如下：

a) 水泥：42.5 级 P·Ⅰ型硅酸盐水泥，碱含量为 0.80%。当试验水泥的碱含量小于 0.80% 时，应通过外加氢氧化钠（化学纯或分析纯）的方式使水泥的碱含量达到 0.80%；

b) 破碎设备：颚式破碎机或圆盘破碎机；

c) 胶砂搅拌机：符合 JC/T 681 的规定，但搅拌叶片底缘同搅拌锅底间的间隙应为 5 mm ± 0.3 mm；

d) 跳桌：能实现 6 s 跳动 10 次的频次要求；

e) 比长仪：量程 275 mm ~ 300 mm，精度 0.01 mm；

f) 测头及试模：测头用不锈钢或铜制成，端头呈球形，头身为圆柱体。试模为金属制成，可以拆卸，其内壁尺寸为 25 mm × 25 mm × 280 mm。试模的两端板上开有安置测头的小孔，小孔的位置应保证测头在试件的中心线上；

g) 恒温水浴或烘箱：能保持水浴温度为 80 ℃ ±2 ℃；

h) 方孔筛：包括孔径为 4.75 mm、2.36 mm、1.18 mm、0.600 mm、0.300 mm 和 0.150 mm 的筛一套，筛的底盘和盖各一只；

i) 电子天平：最大秤量 1 000 g，分度值 1 g 一台；最大秤量 500 g，分度值 0.01 g 一台；

g) 捣棒：截面尺寸为 14 mm × 13 mm、长度为 120 mm ~ 150 mm 的钢制长方体；

k) 刮平刀。

C.4 试验温湿度

试验室温度为 20 ℃ ±2 ℃（特别说明的除外），相对湿度大于 50%。

C.5 试验步骤

C.5.1 取样

按 GB 12573 规定的取样方法分别取得水泥和矿物掺合料样品各不少于 6 kg，从与矿物掺合料对应的外加剂产品中取得具有代表性的外加剂样品不少于 0.5 kg。当工程所用的粗骨料具有碱—硅酸反应活性时，按 JGJ 52 规定的取样及缩分方法取得粗骨料样品不少于 15 kg；当工程所用的细骨料具有碱—硅酸反应活性时，按 JGJ 52 规定的取样及缩分方法取得细骨料样品不少于 15 kg，当工程所用的粗、细骨料均具有碱—硅酸反应活性时，按 JGJ 52 规定的取样及缩分方法分别取得粗、细骨料样品各不少于 15 kg。

C.5.2 骨料的处理

当所取骨料为石子时，将石子全部破碎至 5 mm 以下，用清水将破碎后的骨料冲洗干净，并置于 105 ℃ ±5 ℃的烘箱中烘干（约 3 h ~ 4 h）。将烘干的骨料进行筛分，并置于干燥器中备用；当所取骨

料为砂子时，先将砂中大于 5 mm 的颗粒筛出并破碎至 5 mm 以下，再与 5 mm 以下的颗粒混合后用清水冲洗干净，并置于 105 ℃ ±5 ℃的烘箱中烘干（约 3 h ~ 4 h）。将烘干的骨料进行筛分，并置于干燥器中备用。

C.5.3 称料

将水泥、矿物掺合料、外加剂、骨料和拌合水（饮用水）等放入 20 ℃ ±2 ℃的恒温室中恒温 24 h。按工程配合比的要求分别称取水泥、矿物掺合料和外加剂，共计 400 g（精确至 0.1 g），按表 C.1 规定的级配要求称取各级骨料，骨料的总质量为 900 g（精确至 0.1 g）。用量筒量取拌合水。

拌合水量以拌合物的跳桌流动度达到 105 mm ~ 120 mm 时为准。跳桌的跳动次数为 10 次，频次为 10 次/6 s。

表 C.1 骨料级配表

筛孔尺寸 mm	4.75 ~ 2.36	2.36 ~ 1.18	1.18 ~ 0.60	0.60 ~ 0.3	0.3 ~ 0.15
分级质量百分比	10%	25%	25%	25%	15%
分级质量 g	90	225	225	225	135

C.5.4 搅拌

将称好的水泥、矿物掺合料、外加剂、骨料和拌合水加入搅拌锅中，并按 GB/T 17671 规定的程序进行搅拌。

C.5.5 成型

在试模内侧涂上一层脱模剂，将测头仔细装入试模端头的中心孔内。将搅拌好的砂浆分两层装入试模内。第一层砂浆装入的深度约为试模高度的 2/3。先用小刀来回划匀胶砂，尤其在测头两侧应多划几次，然后用捣棒在试模内顺序往返各捣压 20 次，注意测头周围应仔细捣实。接着再装入第二层胶砂。

当第二层胶砂装满试模后，仍用小刀将第二层胶砂来回划匀，此次小刀的划入深度应透过第一层胶砂的表面。用捣棒再在胶砂表面往返各捣压 20 次。捣压完毕，将剩余胶砂填满试模，并将胶砂表面抹平、编号，标明测定方向。每种骨料按上述方法制作 3 条胶砂试件。

当工程所用粗、细骨料均具有碱—硅酸反应活性时，按上述步骤分别成型试件各一组。

C.5.5 试件养护液的配制

称取 40.00 g 氢氧化钠，溶于装有 900 mL 蒸馏水的 1 000 mL 容量瓶中，再向瓶中滴加蒸馏水，使溶液体积达 1.0 L，由此配得 1 mol/L 的氢氧化钠溶液。该溶液即为试件养护液。试件养护液的配制量应根据试件的数量和 i）的规定确定。

C.5.6 试件预养护

将成型好的试件带模放入温度为 20 ℃ ±1 ℃、湿度为 90% 以上的标准养护箱内养护 24 h ±2 h。取出试模并小心脱模后，迅速将试件放入养护容器的试件架中。将预先加热至 80 ℃ ±2 ℃的水倒入养护容器内将试件全部浸没，盖好养护容器盖，并将养护容器置于 80 ℃ ±2 ℃的水浴或烘箱中放置 24 h ±2 h。

C.5.7 试件初长的测定

将养护容器一次一个地从水浴或烘箱中取出，拧开养护容器盖，从养护容器中一次一个地取出试件，迅速用抹布将试件表面和测头表面擦干，并用测长仪测定试件的长度，此长度即为试件的初长。从水中取出试件到读完试件初长所经历的时间应控制在 15 s ±5 s 内。每测完一个试件，均应用湿抹布将其盖好，直至全部试件初长测完为止。

测量前，测长仪应放置在 20 ℃ +2 ℃的恒温室内恒温 24 h。每次测量前，先应标定测长仪的零点。

每个试件的初长读数值应为将试件刚好放在测长仪相应位置上时的起始读数。

只有当一个养护容器中的全部试件的长度都测完并重新放入水浴或烘箱中之后才能再取出下一个养护容器。

C.5.8 试件的养护

将装有足量养护液的养护容器置于80 ℃ ±2 ℃的水浴或烘箱中，至养护容器中的养护液温度达到80 ℃ ±2 ℃时为止。将测完初长的试件竖直放入养护容器的试件架中，并使试件全部浸入养护液内。养护容器中养护液的体积与试件的体积比为(4 ±0.5)∶1。盖好盖且密封后，再次将养护容器放回到80 ℃ ±2 ℃的恒温水浴或烘箱中。

同一养护容器中只能放置由同种骨料制成的试件。

操作时要注意采取适当的保护措施，避免皮肤与养护液直接接触，防止养护液溢溅或烧伤皮肤。

C.5.9 试件长度变化的测量

自试件放于80 ℃养护液中算起，养护至龄期为3 d、7 d、14 d、21 d、28 d时，采用与测定试件初长相同的方法测定试件在相应龄期时的长度，并且注意应将试件与测长仪的相对位置调整为与测初长时相同的位置。与此同时，应仔细观察每一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，并做好记录。

C.6 结果计算与处理

C.6.1 长度膨胀率

试件长度膨胀率按公式(C.1)计算：

$$\varepsilon_t = \frac{L_t - L_0}{L_0 - 2\Delta} \times 100 \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (C.1)$$

式中：

ε_t——试件在第 t 天龄期时的长度膨胀率，用百分数表示(%)，精确至0.01%；

L_t——试件在第 t 天龄期时的长度，单位为毫米(mm)；

L_0——试件的初长，单位为毫米(mm)；

Δ——测头的长度，单位为毫米(mm)。

C.6.2 结果处理

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3个试件长度膨胀率的平均值小于或等于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的绝对值均小于平均值的20%。

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个试件中的最小值，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.7 评定

C.7.1 当工程所用的粗骨料具有碱—硅酸反应活性，且按本方法试验测定的试件28 d龄期长度膨胀率小于0.10%时，则评定相应的矿物掺合料和外加剂抑制混凝土碱—硅酸反应的效能为有效。

C.7.2 当工程所用的细骨料具有碱—硅酸反应活性，且按本方法试验测定的试件28 d龄期长度膨胀率小于0.10%时，则评定相应的矿物掺合料和外加剂抑制混凝土碱—硅酸反应的效能为有效。

C.7.3 当工程所用的粗、细骨料均具有碱—硅酸反应活性，且按本方法分别试验测定的试件28 d龄期长度膨胀率均小于0.10%时，则评定相应的矿物掺合料和外加剂抑制混凝土碱—硅酸反应的效能为有效。

附 录 D
（规范性附录）
粗骨料氯化物含量试验方法

D.1 试验材料及设备

试验材料及设备要求如下：

a） 5% 铬酸钾指示剂溶液和 0.01 mol/L 氯化钠标准溶液，按 GB/T 602 的规定进行配制和标定；

b） 0.01 mol/L 硝酸银标准溶液，按 GB/T 601 的规定进行配制和标定；

c） 电子天平：最大称量 2 kg，分度值 2 g 一台；最大秤量 100 g，分度值 0.01 g 一台；

d） 带塞磨口瓶：1 000 mL；

e） 烧杯：1 000 mL；

f） 三角瓶：300 mL；

g） 移液管：50 mL 和 2 mL 各一支；

h） 滴定管：10 mL 或 25 mL；

i） 容量瓶：500 mL。

D.2 试验步骤

试验步骤如下：

a） 按 JGJ 52 规定的取样及缩分方法取得约 1 500 g 的样品；

b） 将样品置于 105 ℃ ±5 ℃的烘箱中烘至恒重，冷却至室温后用电子天平准确称取两份各 500 g，将样品分别装入容量为 1 000 mL 的带塞磨口瓶中，加入 500 mL 蒸馏水，加上盖子，摇动一次后，放置 24 h，然后每隔 5 min 摇动一次，共摇动 3 次，便于氯盐充分溶出。将磨口瓶上部已澄清的溶液用滤纸经漏斗流入到 1 000 mL 烧杯中，再用移液管吸取 50 mL 滤液并注入到三角瓶中。向三角瓶中加入 5% 铬酸钾指示剂 1 mL，再用 0.01 mol/L 硝酸银标准溶液滴定至呈现砖红色为终点。记录此点消耗的硝酸银标准溶液的毫升数（A）；

c） 空白试验：用移液管准确吸取 50 mL 蒸馏水到三角瓶内，加入 5% 铬酸钾指示剂 1 mL，并用 0.01 mol/L 硝酸银标准溶液滴定至溶液呈现砖红色为止，记录此点消耗的硝酸银标准溶液的毫升数（B）。

D.3 结果计算与处理

结果计算与处理按如下要求：

a） 氯化物（以 Cl^- 计）含量按式（D.1）计算：

$$Q_4 = \frac{N \times (A - B) \times 0.035\,5 \times 10}{G_0} \times 100 \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots (D.1)$$

式中：

Q_4——Cl^- 含量，用百分数表示（%），准确至 0.01%；

N——硝酸银标准溶液的浓度，单位为摩尔每升（mol/L）；

A——试样滴定时消耗的硝酸银标准溶液的体积，单位为毫升（mL）；

B——空白滴定时消耗的硝酸银标准溶液的体积，单位为毫升（mL）；

G_0——试样质量，单位为克（g）；

0.035 5——换算成氯离子含量的系数；

10——全部试样溶液与所分取试样溶液的体积比。

b） 取两次试验测定值的算术平均值作为试验结果。若两次试验测定值相差大于 0.01%，应重新试验。

附 录 E
（规范性附录）
骨料碱活性检测方法——岩石柱法

E.1 适用范围

本方法适用于评定骨料的碱—碳酸盐反应活性。

E.2 原理

从骨料母岩中钻取一定尺寸的小圆柱体，将其持续地浸泡在 20 ℃、1 mol/L 氢氧化钠溶液中，定期测定圆柱体的长度变化。依据圆柱体在 3 个月时的长度膨胀率，评定其所代表的骨料的碱—碳酸盐反应活性。

E.3 试验材料及设备

试验材料及设备要求如下：

a） 氢氧化钠溶液：40 g ± 1 g 氢氧化钠（化学纯或分析纯）溶于 1 000 mL 的蒸馏水中；

b） 钻芯机：配有内径为 ϕ9 mm 的小圆筒钻头；

c） 锯石机；

d） 磨平机；

e） 试件养护瓶：采用耐碱性材料制成，能盖严以避免溶液变质和改变浓度；

f） 测长仪：量程 25 mm ~ 50 mm，精度 0.001 mm。

E.4 试验室温湿度

试验室温度为 20 ℃ ± 2 ℃，相对湿度为 50% 以上。

E.5 试验步骤

E.5.1 取样

按照地质勘探的有关取样方法，从采石场选取具有代表性的骨料母岩，或从山体中钻取（或锯取）适当体积数量的岩石样品，保证岩石样品尺寸满足 b）的要求。

E.5.2 试件的制备

首先，从取得的岩石样品中钻取直径为 9 mm ± 1 mm 的岩样。当岩石的层理清晰时，应在同块岩石样品的不同岩性方向上分别钻取一个芯样；当岩石层理不清晰时，应在三个相互垂直的方向上分别钻取一个芯样。芯样长度应满足要求。其次，将芯样锯成长度为 35 mm ± 5 mm 的试件，将试件两端面磨成互相平行并与试件中心轴线垂直的光面。加工时，应避免试件表面损伤变质而影响碱溶液渗入试件内部的速度。最后，对所有试件进行编号。

E.5.3 试件初长的测定

将制备好的试件放入盛有蒸馏水的瓶中，并将该瓶置于温度为 20 ℃ ± 2 ℃、相对湿度为 50% 以上的恒温环境中。每隔 24 h 将试件从瓶中取出，擦干其表面水分，用测长仪测定试件长度。当前后两次测得的试件长度变化率不超过 0.02%（一般需 2 d ~ 5 d）时，以最后一次测得的长度值作为试件的初长。

E.5.4 试件的养护

将已测定初长的试件浸入已装有 1 mol/L 氢氧化钠溶液的试件养护瓶内。氢氧化钠溶液的液面应超过试件顶面 10 mm 以上，且每个试件的平均氢氧化钠溶液量不少于 50 mL。同一试件养护瓶中不应浸泡不同岩石品种的试件。盖严瓶盖，将试件养护瓶置于 20 ℃ ± 2 ℃ 的恒温环境中继续进行养护。每 6 个月更换一次试件养护瓶中的氢氧化钠溶液。

E.5.5 试件长度变化的测定

当试件分别养护至 7 d、14 d、21 d、28 d、56 d 和 90 d 龄期时，在温度为 20 ℃ ± 2 ℃，相对湿度为

50% 以上的恒温环境内将试件从试件养护瓶中取出，先用蒸馏水将试件表面溶液洗涤干净，并将其表面水擦干，再用测长仪测定试件长度。如有需要，以后每 28 d 测定一次试件的长度。一年后，每三个月测定一次试件的长度。

在不同龄期测定试件长度时，应尽量保持试件与测长仪的相对位置不变；每次测量完毕后，应迅速将试件放回试件养护瓶中继续养护。在不同龄期测定试件的长度时，应同时观测试件形态的变化，如开裂、弯曲和断裂等，并作记录。

E.6 结果计算与处理

结果计算与处理按如下要求：

a) 试件的长度膨胀率按式(E.1)计算：

$$\varepsilon_t = \frac{L_t - L_0}{L_0} \times 100 \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (E.1)$$

式中：

ε_t——试件浸泡 t 天后的长度膨胀率，用百分数表示(%)；

L_t——试件浸泡 t 天后的长度，单位为毫米(mm)；

L_0——试件的初长，单位为毫米(mm)。

b) 以各试件长度膨胀率的最大值作为试验结果，精确至 0.001%

c) 同一试验人员采用同一仪器测量同一试件，测量误差不应超过 ±0.02%；不同试验人员采用同一仪器测量同一试件，测量误差不应超过 ±0.03%。

E.7 评定

当 90 d 龄期试件长度膨胀率小于 0.10% 时，将所代表的骨料评定为非碱—碳酸盐反应活性骨料；否则，将所代表的骨料评定为碱—碳酸盐反应活性骨料。

附 录 F
（规范性附录）
混凝土压力泌水率比试验方法

F.1 适用范围

本方法适用于检测泵送混凝土的压力泌水率及压力泌水率比。

F.2 试验设备

试验设备要求如下：

a） 压力泌水仪：主要由压力表、缸体、工作活塞、活节螺栓和筛网等部件构成，如图 F.1 所示。缸体内径为 125 mm ± 0.02 mm，内高为 200 mm ± 0.2 mm；工作活塞公称直径为 125 mm；筛网孔径为 0.315 mm。使用前应建立压力表值和活塞工作压强间的关系。

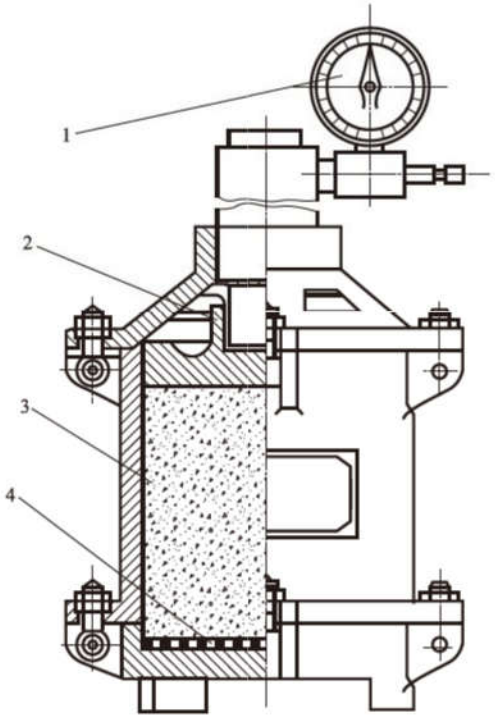


图 F.1 混凝土压力泌水仪

说明：1——压力表；
2——工作活塞；
3——缸体；
4——筛网。

b） 捣棒：符合 JC/T 248 的规定。

c） 量筒：200 mL。

F.3 试验室温湿度

试验室温度为 20 ℃ ± 5 ℃，相对湿度不低于 50%。

F.4 试验原材料及配合比

基准混凝土和受检混凝土的原材料和配合比应符合下列规定：

a） 水泥、砂、碎石、水满足 GB 8076 的规定；

b） 水泥用量为 360 kg/m^3；

c） 砂率为 43%～47%；

d） 外加剂用量根据推荐掺量确定；

e） 用水量以基准混凝土和受检混凝土的坍落度达到 210 mm ± 10 mm 时为准。

F.5 试验步骤

试验步骤如下：

a） 将混凝土拌合物分两层装入压力泌水仪的缸体内，用捣棒由边缘向中心均匀地插捣每层拌合物，各插捣 25 次。插捣第一层拌合物时，捣棒应贯穿整个深度。插捣第二层拌合物时，捣棒应插透第一层拌合物的表面，且捣实后的混凝土拌合物表面应低于压力泌水仪缸体筒口 30 mm ± 2 mm。每一层插捣完后，使用橡皮锤沿缸体外壁敲击，直至混凝土拌合物表面插捣孔消失且无大气泡逸出。

b） 将压力泌水仪缸体外表面擦拭干净并安装完毕后，在 15 s 内将混凝土拌合物加压至3.2 MPa，并在 2 s 内打开泌水管阀门，同时开始计时，并保持恒压，并用量筒收集全部泌水。加压 10 s 时读取泌水量 V_{10}，加压 140 s 时读取泌水量 V_{140}。

使用前，应建立压力泌水仪的压力表和活塞工作压强之间的对应关系。

F.6 结果计算与处理

结果计算与处理如下：

a） 压力泌水率按式(F.1)计算：

$$B_P = \frac{V_{10}}{V_{140}} \times 100 \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots (F.1)$$

式中：

B_P——压力泌水率，用百分数表示(%)；

V_{10}——加压 10 s 时的泌水量，单位为毫升(mL)；

V_{140}——加压 140 s 时的泌水量，单位为毫升(mL)。

试验结果以三次试验的平均值表示，精确至 0.1%。

b） 压力泌水率比按式(F.2)计算：

$$R_b = \frac{B_{PA}}{B_{PO}} \times 100 \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots (F.2)$$

式中：

R_b——压力泌水率比，用百分数表示(%)，精确至 1%；

B_{PO}——基准混凝土压力泌水率，用百分数表示(%)；

B_{PA}——受检混凝土压力泌水率，用百分数表示(%)。

附 录 G
（规范性附录）
硬化混凝土气泡间距系数试验方法（直线导线法）

G.1 适用范围

本方法适用于试验硬化混凝土的气泡参数，也适用于评定引气剂的品质。

G.2 原理

通过测定硬化混凝土中气泡数量和气泡体积含量来计算硬化混凝土的气泡间距系数。

G.3 试验设备

试验设备如下：

a） 测量显微镜：总放大倍数为 80 倍～128 倍，具有目镜测微尺和物镜测微尺，目镜测微尺最小读数为 10 μm；具有可纵向移动范围不小于 50 mm、横向移动范围不小于 100 mm 的载物台；

b） 显微镜照明灯：聚光型灯；

c） 切片机、磨片机、抛光机；

d） 烘箱。

G.4 试验数量

每组至少三个试件。每组试件的观测总面积和导线总长度应符合表 G.1 的规定。

表 G.1 最小观测总面积及最小导线总长度

骨料最大粒径 mm	最小观测总面积 mm^2	最小导线长度 mm
80	50 000	3 000
40	17 000	2 600
30	11 000	2 500
20	7 000	2 300
10	6 000	1 900
如混凝土内骨料或大孔隙分布很不均匀，应适当增大观测面积。当在一个混凝土试样中取几个加工面时，两加工面的间距应大于骨料最大粒径的 1/2。		

G.5 试验步骤

试验步骤如下：

a） 从硬化混凝土试样上沿垂直于浇筑面方向锯下试件后，洗刷干净，再在磨片机上分别采用 400 号和 800 号金刚砂将试件观测面仔细研磨。每次磨完后应洗刷干净，再进行下次研磨。最后在抛光机转盘的呢料上涂刷氧化铬进行抛光，并再次洗刷干净后，在 105 ℃ ±5 ℃的烘箱中烘干。将试件置于显微镜下试测。当强光低入射角照射在观测面上时，若观测到表面除了气泡截面和骨料孔隙外，视域基本平整，气泡边缘清晰，并能测出尺寸为 10 μm 的气泡截面，即可认为该观测截面已加工合格。

b） 正式观测前，用物镜测微尺校准目镜测微尺刻度，并在观测面两端附贴导线间距标志，使选定的导线长度均匀地分布在观测面范围内。调整观测面的位置，使十字丝的横线与导线重合，然后用目镜测微尺进行定量测量。从第一条导线起点开始观察，分别测量并记录视域中气泡

个数及测微尺所截取的每个气泡的弦长刻度值。根据需要，也可增测气泡截面直径。第一条导线测试完后再按顺序对第二、三、四条……等导线进行观测，直至测完规定的导线长度。

G.6 结果计算与处理

根据直线导线法观测的数据，按式(G.1)～(G.8)计算各参数，计算结果取三位有效数字。

a) 气泡平均弦长按式(G.1)计算：

$$\bar{l}=\frac{\sum l}{N} \qquad \cdots\cdots(G.1)$$

式中：

$\bar{l}$——气泡平均弦长，单位为厘米(cm)；

$\sum l$——全导线所切割气泡弦长总和，单位为厘米(cm)；

N——全导线所切割的气泡总个数。

b) 气泡比表面积按式(G.2)计算：

$$a=\frac{4}{\bar{l}} \qquad \cdots\cdots(G.2)$$

式中：

a——气泡比表面积，单位为平方厘米每立方厘米(cm^2/cm^3)。

c) 气泡平均半径按式(G.3)计算：

$$r=\frac{3}{4}\bar{l} \qquad \cdots\cdots(G.3)$$

式中：

r——气泡平均半径，单位为厘米(cm)。

d)硬化混凝土中的空气含量按式(G.4)计算：

$$A=\frac{\sum l}{T} \qquad \cdots\cdots(G.4)$$

式中：

A——硬化混凝土中的空气含量(体积比)；

T——全导线总长，单位为厘米(cm)。

e) 1 000 mm^3混凝土气泡个数按式(G.5)计算：

$$n_v=\frac{3A}{4\pi r^3} \qquad \cdots\cdots(G.5)$$

式中：

n_v——1 000 mm^3混凝土中的气泡个数。

f) 每厘米导线切割的气泡个数按式(G.6)计算：

$$n_1=\frac{N}{T} \qquad \cdots\cdots(G.6)$$

式中：

n_1——平均每 1 cm 导线切割的气泡个数。

g) 气泡间距系数按式(G.7)、式(G.8)计算：

当混凝土中浆气比 P/A 大于 4.33 时：

$$\bar{L}=\frac{3A}{4n_1}\left[1.4\left(\frac{P}{A}+1\right)^{\frac{1}{3}}-1\right] \qquad \cdots\cdots(G.7)$$

式中：

P——试件混凝土中胶凝材料浆体含量(体积比，不包含空气含量)，用百分数表示(%)；

$\bar{L}$——气泡间距系数，单位为厘米(cm)。

当混凝土中浆气比 P/A 小于或等于 4.33 时：

$$\bar{L}=\frac{P}{4n_l} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (G.8)$$

附 录 H
（规范性附录）
水泥净浆粘度比试验方法

H.1 试验设备

试验设备要求如下：

a） 旋转粘度计：符合 GB/T 10247 的规定，粘度测试范围为 10 mPa·s～100 000 mPa·s；

b） 搅拌机：符合 JC/T 729 规定的水泥净浆搅拌机；

c） 圆模：上口直径 36 mm，下口直径 60 mm，高度 60 mm，内壁光滑无暗缝的金属制品；

d） 辅助工具：ϕ400 mm×5 mm 玻璃板、刮刀、卡尺、烧杯、量筒和电子天平等。

H.2 试验室温湿度

试验室温度为 20 ℃ ±2 ℃，相对湿度不低于 50%。

H.3 试验步骤

试验步骤如下：

a） 水泥净浆的配合比见表 H.1，水泥和减水剂选用实际工程用水泥和减水剂，减水剂的用量以基准水泥净浆的流动度达到 260 mm ±20 mm 时为准；

表 H.1 水泥净浆的配合比

项 目	水泥 g	水 g	减 水 剂	粘度改性剂
基准水泥净浆	500 ±2	145 ±1	根据流动度调整	0
掺粘度改性剂的水泥净浆	500 减去粘度改性剂用量	145 ±1	与基准水泥净浆用量相同	推荐掺量

b） 用湿布将玻璃板、圆模内壁、搅拌锅、搅拌叶片全部润湿。将圆模置于玻璃板的中间位置，并用湿布覆盖；

c） 按表 H.1 规定称取基准水泥净浆用水泥、水和适量的减水剂，将减水剂和约 1/2 的水同时加入搅拌锅中，用剩余的水反复冲洗盛装减水剂的烧杯，直至将减水剂冲洗干净并全部加入搅拌锅中。然后加入水泥，并将搅拌锅固定在搅拌机上，按 JC/T 729 规定的搅拌程序搅拌；

d） 搅拌结束后，将搅拌锅取下，用搅拌勺边搅拌边将浆体倒入置于玻璃板中间位置的圆模内。用刮刀将高出圆模的浆体刮除并抹平，立即平稳提起圆模。圆模提起后，用刮刀将粘附于圆模内壁上的浆体刮下，以保证每次试验的浆体量基本相同。提起圆模 1 min 后，用卡尺测量水泥净浆扩展体的两个垂直方向的直径，二者的平均值即为浆体的流动度；

e） 调整减水剂掺量，重复步骤 b）～d），直至将基准水泥净浆流动度调整为 260 mm ±20 mm。此时的减水剂掺量即为基准水泥净浆的减水剂掺量；

f） 确定减水剂掺量后，根据估计的基准水泥净浆粘度，按旋转粘度计使用说明书规定选择适宜的转子和转速，并调节旋转粘度计的水准器气泡至居中；

g） 按步骤 c）拌制基准水泥净浆，倒入 250 mL 烧杯内，将其放置于旋转粘度计转子正下方。调节旋转粘度计，使转子插入基准水泥净浆液面下至规定深度；

h） 启动旋转粘度计测试基准水泥净浆的粘度。若测得的粘度值不在所选转子和转速对应的粘度测试范围内，则更换转子或重新设定转速后进行测试。连续测试 3 次，取 3 次测得粘度的平均值作为基准水泥净浆的粘度，记录为 η_1；

i) 按表 H.1 规定称取掺粘度改性剂的水泥净浆用水泥、水、减水剂和粘度改性剂，并按步骤b) ~ d)制备出掺粘度改性剂的水泥净浆；

j) 重复步骤 f) ~ h)，掺粘度改性剂水泥净浆的粘度记录为 η_2。

H.4 结果计算与处理

粘度比按式(H.1)计算：

$$\eta = \frac{\eta_2}{\eta_1} \times 100\% \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (H.1)$$

式中：

η——粘度比，用百分数表示(%)，精确至 1%；

η_1——基准水泥净浆的粘度，单位为毫帕秒(mPa · s)；

η_2——掺粘度改性剂的水泥净浆的粘度，单位为毫帕秒(mPa · s)。

附 录 I
（规范性附录）
扩展度之差、用水量敏感度试验方法

I.1 试验设备

试验设备要求如下：

a） 混凝土坍落度仪：符合 JG/T 248 的规定；

b） 混凝土搅拌机：符合 JG 244 的规定；

c） 底板：硬质不吸水的光滑正方形平板，边长为 900 mm，最大挠度不超过 3 mm。平板表面标有坍落度筒的中心位置和直径分别为 200 mm、300 mm、500 mm、600 mm 和 700 mm 的同心圆，见图 I.1；

单位为毫米

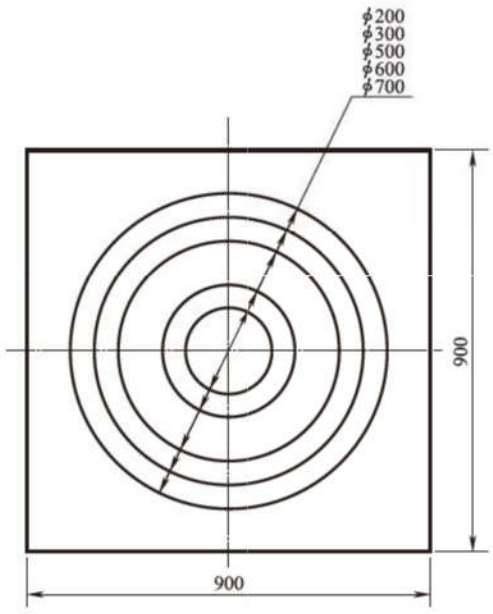


图 I.1 底板示意图

d） 辅助工具：铲子、抹刀、量筒、钢尺（精度 1 mm）和秒表等。

I.2 试验室温湿度

试验室温度为 20 ℃ ±5 ℃，相对湿度不低于 50%。

I.3 试验原材料及基准混凝土配合比

I.3.1 基准混凝土用原材料应满足下列要求：

a） 水泥为满足 GB 8076 要求的基准水泥；

b） 减水剂为实际工程用减水剂；

c） 砂为细度模数在 2.5～2.7 之间的Ⅱ区中砂；

d） 碎石为 5 mm～20 mm 的连续级配碎石。其中 5 mm～10 mm 占 40%，10 mm～20 mm 占 60%，针片状颗粒含量小于 5%，紧密空隙率小于 40%，含泥量小于 0.5%。

I.3.2 基准混凝土配合比见表 I.1。

表 I.1　基准混凝土配合比　　单位为毫米

水泥	水	中砂	碎　石		减 水 剂
			5 mm ~ 10 mm	10 mm ~ 20 mm	
500	165	853	315	472	将基准混凝土的扩展度调整为650 mm ± 10 mm时所需的掺量

I.4　试验步骤

I.4.1　扩展度之差应按下列步骤进行试验：

a）　按 I.3.2 的规定称取水泥、水、中砂、碎石和适量的减水剂，倒入强制式搅拌机中进行搅拌。搅拌均匀后，按 GB/T 50080 规定的方法测定混凝土的扩展度。当混凝土扩展度调整到 640 mm ~ 660 mm 时将所用减水剂的量确定为基准混凝土的减水剂用量。此时混凝土的扩展度值记为 SF_0；

b）　在基准混凝土中掺入推荐掺量的增粘剂，采用强制式搅拌机进行搅拌。搅拌均匀后，按 GB/T 50080 规定的方法测定掺增粘剂混凝土的扩展度，记为 SF_1。

I.4.2　用水量敏感度应按下列步骤进行试验：

a）　在基准混凝土中掺入推荐掺量的增粘剂，同时将混凝土的用水量增加 3 kg/m^3，按 GB/T 50080 规定的方法测定混凝土的扩展度，并观察扩展后混凝土的离析泌水情况。

b）　若混凝土没有出现离析泌水的现象，则继续以 3 kg/m^3 的幅度增加混凝土的用水量，并按 GB/T 50080 规定的方法测定混凝土的扩展度，直至观察到扩展后的混凝土出现如图 I.2 所示的泌水环，且泌水环的宽度不大于 10 mm 时止。此时混凝土的用水量记为 W_T。

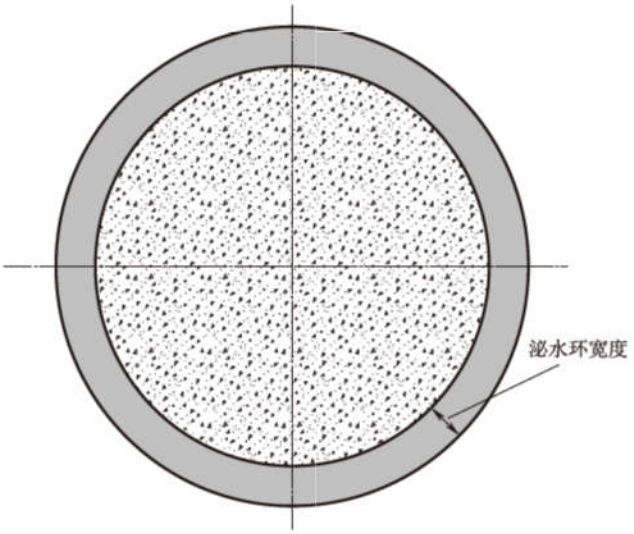


图 I.2　混凝土扩展后的离析泌水环示意图

I.5　试验结果计算

试验结果按如下要求计算：

a）　扩展度之差按式(I.1)计算：

$$\Delta_{SF} = SF_0 - SF_1 \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (I.1)$$

式中：

Δ_{SF}——扩展度之差，单位为毫米(mm)；

SF_0——基准混凝土的扩展度，单位为毫米(mm)；

SF_1——用水量为 165 kg/m^3 的掺增粘剂的混凝土的扩展度，单位为毫米(mm)。

b) 用水量敏感度按式(I.2)计算：

$$\Delta_W = W_T - W_0 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (I.2)$$

式中：

Δ_W——用水量敏感度，单位为千克每立方米(kg/m^3)；

W_T——掺增粘剂的混凝土泌水环宽度达到 10 mm 时的单方用水量，单位为千克每立方米(kg/m^3)；

W_0——基准混凝土的单方用水量，为 165 kg/m^3。

附 录 J
（规范性附录）
内养护剂抗裂性试验方法

J.1 适用范围

本方法适用于测试掺内养护剂混凝土硬化阶段的抗裂性。

J.2 原理

浇灌于圆环试模中的混凝土在硬化过程中产生自身收缩和干燥收缩，受到圆环的约束作用发生开裂。将浇灌于圆环试模中的混凝土从硬化至开裂所经历的时间，作为掺内养护剂混凝土抗裂性的评价指标。

J.3 试验设备

试验设备要求如下：

a） 试验模具：由底板、外环、内钢环组成。内钢环壁厚 13 mm ±0.12 mm，外径为 330 mm ±3.3 mm，高为 152 mm ±6 mm。环的内外表面光滑，不可有凸起或凹陷。外环可用 PVC、钢或其他不吸水的材料制作，外环内径为 406 mm ±3 mm，高度为 152 mm ±6 mm。模具安装完成后要保证内外环间距为 38 mm ±3 mm。底板要求表面光滑平整且不吸水；

单位为毫米

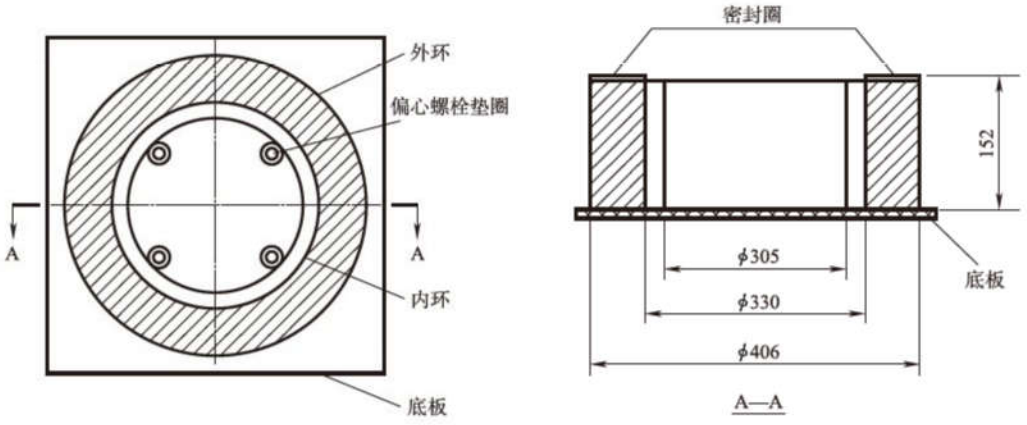


图 J.1 试验模具尺寸

b） 应变片：测量精度 1 με；

c） 数据采集系统：应能分别自动记录每片应变片的应变值，测量精度为 ±1 μm/m，且每次记录的时间间隔不应超过 30 min。

J.4 试验原材料及配合比

基准混凝土和受检混凝土的原材料和配合比应符合下列规定：

a） 水泥、砂、碎石和水满足 GB 8076 的规定，减水剂满足本标准规定；

b） 水泥用量为 400 kg/m^3；

c） 砂率为 38%～42%；

d） 内养护剂用量根据推荐掺量确定；

e） 基准混凝土用水量为 152 kg/m^3，受检混凝土用水量为（152 kg/m^3 + 内养护剂蓄水量）。内养护剂蓄水量根据推荐量确定；

f) 减水剂用量以基准混凝土和受检混凝土坍落度达到 180 mm ± 10 mm 时为准。

J.5 试验室温湿度

试验室温度为 20 ℃ ±5 ℃，相对湿度不低于 50%。

J.6 试验步骤

试验步骤如下：

a) 将试验模具的内环外表面、外环内表面涂刷脱模剂，并在内环内表面粘贴应变片。内环内表面上应至少粘贴两片应变片以监测钢环的应变发展，应变片应对称粘贴在钢环内表面中间高度处。然后，将内、外环固定在底板上。

b) 按 J.4 规定的受检混凝土配合比制备混凝土拌合物，用 9.5 mm 标准筛筛出细石混凝土，并将细石混凝土分两层浇筑到试验模具中，采用插捣方式成型试件，每层插捣次数为 25 次。每组试验至少成型三个试件。

c) 试件成型后 10 min 内，将其移入温度为 20 ℃ ±2 ℃、相对湿度为 60% ±5% 的恒温恒湿环境中，立即拧掉底板上的定位螺丝，并在 5 min 内将应变片连接到数据采集系统上，开始测试。读取数据采集系统采集的第一个数据后 5 min 内，在试件上表面覆盖一层薄膜。

d) 当试件在恒温恒湿环境中放置 24 h ±1 h 时（自加水时算起），拆除外环，并用石蜡或黏性铝锡薄膜密封试件上表面，以确保试件只通过外侧面失水。将试件上表面密封后读取第一个应变值的时间作为试件开始产生收缩变形的起始时间，精确至 1 h。

e) 持续监测由于试件收缩引起的钢环上的压缩应变。每天记录恒温恒湿环境的温度和相对湿度，并观测一次试件的开裂情况。每 3 d 读取一次数据采集系统记录的压应变数据。

f) 抗裂性试验出现下列情况之一时，可停止试验：

1) 试件出现裂缝时；

2) 钢环上两个应变片的应变值突减不小于 30 με 时；

3) 测试时间达到 28 d 时。

J.7 结果计算与处理

从试件上表面密封后读取第一个应变值时的时间开始算起，到钢环上两个应变片的应变值突减不小于 30 με 时所经历的时间，作为该试件的开裂龄期，精确至 1 h。

取三个试件开裂龄期的中间值作为该组试件的开裂龄期，即抗裂性试验结果。

附 录 K
（规范性附录）
混凝土拌合物稠度试验方法——跳桌增实法

K.1 适用范围

本试验方法宜用于骨料最大公称粒径不大于40 mm、增实因数大于1.05的混凝土拌合物稠度的测定。

K.2 试验设备

试验设备要求如下：

a） 跳桌：符合JC/T 958的规定；

b） 电子天平：最大称量为20 kg，分度值不大于1 g；

c） 带盖板的圆筒：由钢制成，圆筒内径为150 mm ±0.2 mm，高为300 mm ±0.2 mm，连同提手重4.3 kg ±0.3 kg；盖板直径为146 mm ±0.1 mm，厚为6 mm ±0.1 mm，连同提手共重830 g ±20 g（图K.1）；

单位为毫米

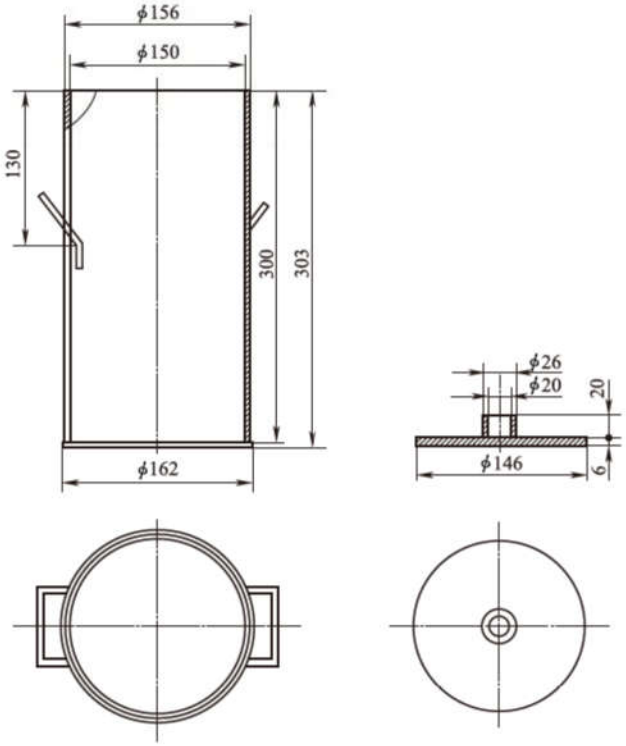


图 K.1 圆筒及盖板

d） 量尺：刻度误差不大于1%，见图K.2。

K.3 试验室温湿度

试验室温度为20 ℃ ±5 ℃，相对湿度不低于50%。

K.4 混凝土拌合物的质量确定

混凝土拌合物的质量应按下列方法确定：

单位为毫米

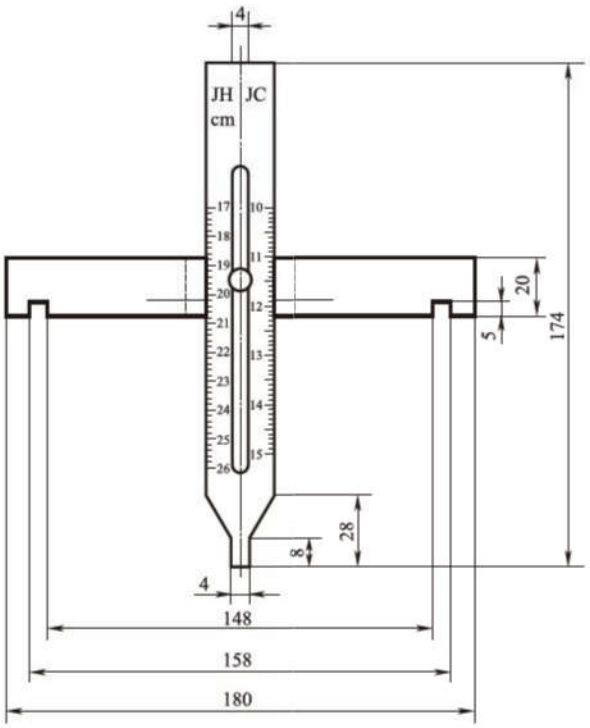


图 K.2　量尺

a)　当混凝土拌合物配合比及原材料的表观密度已知时，按式(K.1)计算混凝土拌合物的质量：

$$Q = 0.003 \times \frac{W + C + F + S + G}{\frac{W}{\rho_w} + \frac{C}{\rho_c} + \frac{F}{\rho_f} + \frac{S}{\rho_s} + \frac{G}{\rho_g}} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (K.1)$$

式中：

Q——绝对体积为 3 L 时混凝土拌合物的质量，单位为千克(kg)，精确至 0.05 kg；

W——单方混凝土中水的质量，单位为千克(kg)；

C——单方混凝土中水泥的质量，单位为千克(kg)；

F——单方混凝土中掺合料的质量，单位为千克(kg)；

S——单方混凝土中细骨料的质量，单位为千克(kg)；

G——单方混凝土中粗骨料的质量，单位为千克(kg)；

ρ_w——水的表观密度，单位为千克每立方米(kg/m^3)；

ρ_c——水泥的表观密度，单位为千克每立方米(kg/m^3)；

ρ_f——掺合料的表观密度，单位为千克每立方米(kg/m^3)；

ρ_s——细骨料的表观密度，单位为千克每立方米(kg/m^3)；

ρ_g——粗骨料的表观密度，单位为千克每立方米(kg/m^3)。

b)　当混凝土拌合物配合比及原材料的表观密度未知时，在圆筒内装入质量为 7.5 kg 的混凝土拌合物，无需振实，将圆筒放在水平平台上，用量筒沿筒壁徐徐注水，并敲击筒壁，将拌合物中的气泡排出，直至筒内水面与筒口平齐；记录注入圆筒中水的体积，并按式(K.2)确定混凝土拌合物的质量：

$$Q = 3\,000 \times \frac{7.5}{V - V_w} \times (1 + A) \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (K.2)$$

式中：

Q——绝对体积为 3 L 时混凝土拌合物的质量，单位为千克(kg)，精确至 0.05 kg；

V——圆筒的容积，单位为毫升(mL)；

V_w——注入圆筒中水的体积，单位为毫升(mL)；

A——混凝土含气量，用百分数表示(%)。

K.5 试验步骤

试验步骤如下：

a) 将圆筒放在天平上，将混凝土拌合物装入圆筒，装料期间不应施加任何震动或扰动。圆筒内混凝土拌合物质量的确定应符合 K.3 的规定。

b) 用不吸水的小尺轻拨拌合物表面，使其大致成为一个水平面，然后将盖板轻放在拌合物上。

c) 将圆筒移至跳桌台面中央，使跳桌台面以每秒一次的速度连续跳动 15 次。

d) 将量尺的横尺置于筒口，使筒壁卡入横尺的凹槽中，滑动有刻度的竖尺，竖尺的底端应插入盖板中心的小筒内，读取混凝土增实因数 JC，精确至 0.01。

K.6 圆筒容积的标定

按如下方法进行标定：

a) 将干净的圆筒与玻璃板一起称重；

b) 将圆筒装满水，并缓慢地将玻璃板从筒口一侧推到另一侧，容量筒内应满水并且不应存在气泡，擦干筒外壁，再次称重；

c) 两次质量之差除以该温度下水的密度即为量筒的容积；常温下水的密度可取 1 kg/L。

附 录 L
（规范性附录）
L 型仪充填比试验方法

L.1 试验设备

试验设备要求如下：

a） L 型仪：用硬质不吸水材料制成，由前槽（竖向）和后槽（水平）两部分组成，具体外形尺寸见图 L.1。前槽与后槽之间有一闸板隔开。闸板前设有一垂直钢筋栅，钢筋栅由 3 根长为 150 mm 的 ϕ12 光圆钢筋组成，钢筋净间距为 40 mm。

单位为毫米

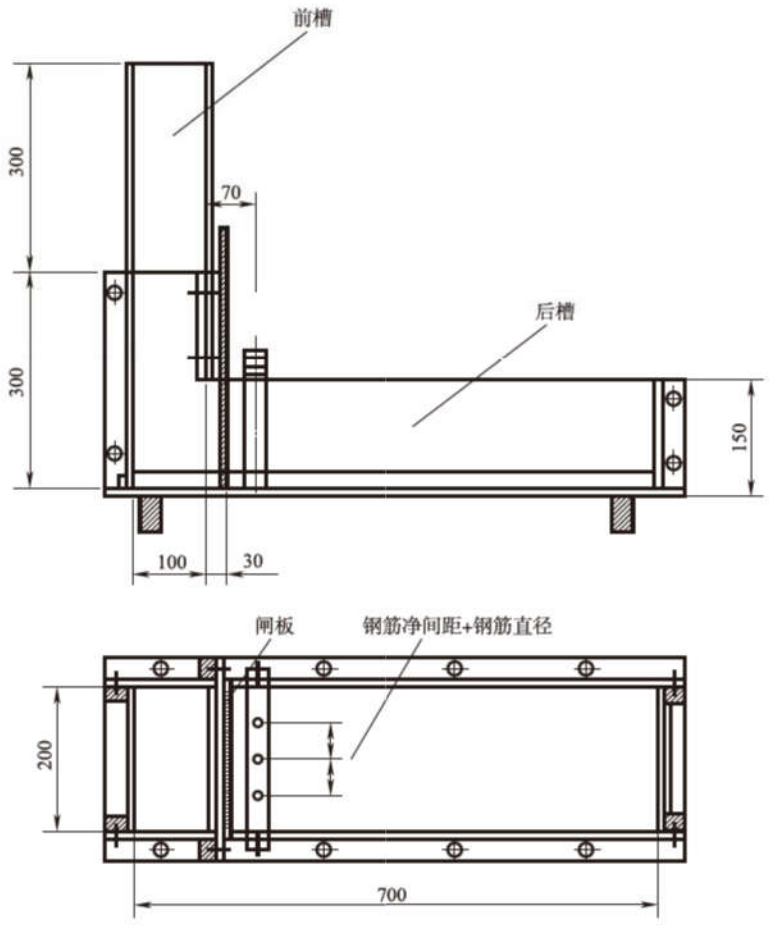


图 L.1 L 型仪

b） 辅助工具：铲子和抹刀等。

L.2 试验室温湿度

试验室温度为 20 ℃ ±5 ℃，相对湿度不低于 50%。

L.3 试验步骤

a） 将 L 型仪水平放在坚实平整的地面上，保证闸板可以自由地开关；

b） 用湿布湿润 L 型仪内表面，并清除多余明水；

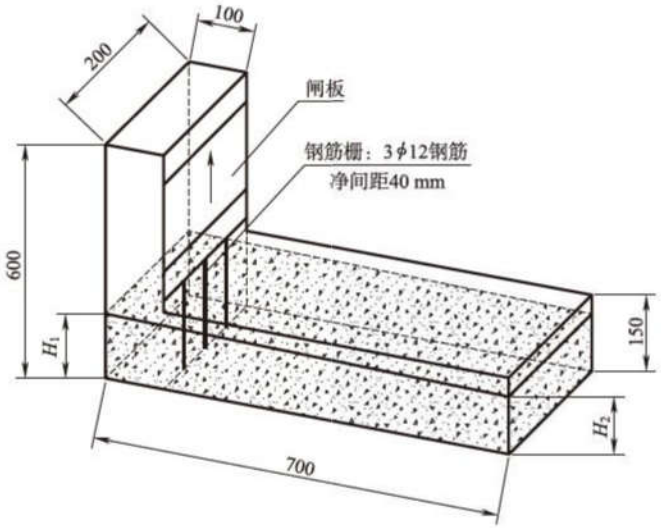
c) 将搅拌好的混凝土装入L型仪前槽，使混凝土表面与前槽上口平齐；

d) 待混凝土静置1 min后，迅速提起L型仪闸板，使混凝土流进后槽水平部分，如图L.2所示；

e) 当混凝土停止流动后，测量并记录前槽中混凝土的高度(H_1)和后槽中混凝土的高度(H_2)，精确至1 mm；

f) 以上试验应在5 min内完成。

单位为毫米



图L.2 L型仪试验

L.4 结果计算与处理

L型仪充填比按式(L.1)计算：

$$PR=\frac{H_2}{H_1} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (L.1)$$

式中：

PR——L型仪充填比，无量纲，精确到0.01；

H_1——混凝土停止流动后，L型仪前槽两侧壁和中部混凝土拌合物高度的平均值，单位为毫米(mm)；

H_2——混凝土停止流动后，L型仪后槽两侧壁和中部混凝土拌合物高度的平均值，单位为毫米(mm)。

附 录 M
（规范性附录）
胶凝材料的抗硫酸盐侵蚀性能快速试验方法

M.1 适用范围

本方法适用于快速测试胶凝材料的抗硫酸盐侵蚀性能。

M.2 原理

通过测试硫酸钠溶液浸泡后的胶凝材料制成的胶砂试件的抗折强度保持率评价胶凝材料的抗硫酸盐侵蚀性能。

M.3 试验材料及设备

试验材料及设备要求如下：

a） 标准砂：符合 GB/T 17671 的规定；

b） 拌合水：蒸馏水；

c） 养护水：饮用水；

d） 加压成型机：即小型千斤顶压力机，最大量程应在 15 kN 以上；

e） 抗折机：试件支点跨距为 50 mm，支撑圆柱直径为 5 mm，试件破坏荷载应为满量程的 20%～80%；

f） 试模及模套：能成型尺寸为 10 mm×10 mm×60 mm 胶砂试件的不锈钢制试模及模套；

g） 球形拌合锅：直径 200 mm，高 70 mm，厚度 1 mm～2 mm。

M.4 试验室温湿度

试验室温度为 17 ℃～25 ℃，相对湿度大于 50%。

M.5 试验步骤

试验步骤如下：

a） 试件成型。将胶凝材料、标准砂、拌合水及试验器具放入试验室内恒温 24 h。按实际配比称取胶凝材料共 100 g、标准砂 250 g，加入球形拌合锅中拌合均匀，再加入 50 g 蒸馏水，湿拌 3 min。将拌好的胶砂装入试模内，再将试模及模套放到小型千斤顶压力机上，加压至 7.8 MPa，并保持 5 s。然后取出试模，刮平、编号，再放入温度为 20 ℃ ±2 ℃、相对湿度大于 90% 的养护箱中养护 24 h ±2 h 后脱模。

b） 试件养护。将脱模后的试件放入 50 ℃ ±1 ℃水中养护 7 d。

c） 试件浸泡。将养护 7 d 后的试件分成两组。一组 9 块放入温度为 20 ℃ ±3 ℃饮用水中浸泡 56 d，另一组 9 块放入温度为 20 ℃ ±3 ℃、3% 硫酸钠溶液中浸泡 56 d。在试件的浸泡过程中，每天用浓度为 1 mol/L 的硫酸溶液滴定中和试件溶出的氢氧化钙，边滴定边搅拌，以保持溶液的 pH 值在 7.0 左右。试件在硫酸钠溶液中浸泡时，每条试件需对应有 200 mL 的浸泡液，液面至少高出试件顶面 10 mm。为避免蒸发，容器应加盖。

d） 抗折强度测试。浸泡结束后，将试件从饮用水和浸泡溶液中取出，擦去试件表面的水和砂粒，清除支撑圆柱表面粘着的杂物。将试件放入抗折机进行抗折试验。试验时，加荷速度控制在 0.78 N/s，并记录破坏荷载。

M.6 结果计算与处理

M.6.1 抗折强度

试件的抗折强度按式（M.1）计算：

$$R = 0.075 \times F \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (M.1)$$

式中：

R——试件的抗折强度，单位为兆帕（MPa）；

F——试件被折断时施加在试件中部的荷载，单位为牛顿（N）。

剔除9块试件抗折强度的最大值和最小值，以其余7块试件的抗折强度的平均值作为该组试件的抗折强度，精确至0.01 MPa。

M.6.2 抗蚀系数

抗蚀系数按式（M.2）计算：

$$k=\frac{R_S}{R_W} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (M.2)$$

式中：

k——抗蚀系数，无量纲，精确到0.01；

R_S——试件在硫酸钠溶液中浸泡56 d时的抗折强度，单位为兆帕（MPa）；

R_W——试件在饮用水中浸泡56 d时的抗折强度，单位为兆帕（MPa）。

中 华 人 民 共 和 国
铁道行业标准
铁路混凝土
Concrete for railway construction
TB/T 3275—2018
*
中国铁道出版社出版、发行
(100054,北京市西城区右安门西街8号)
读者服务部电话:市电(010)51873174,路电(021)73174
印刷
版权专有 侵权必究
*
开本:880 mm×1 230 mm 1/16 印张: 字数: 千字
2018年10月第1版 2018年10月第1次印刷
*
定 价: .00 元