



T/CECS G:*****

中国工程建设标准化协会标准
Standard of China Association for Engineering Construction
Standardization

公路工程混凝土抑制碱集料反应
技术规程

Technical Specification for Inhibiting Alkali-Aggregate
Reaction of Highway Concrete
(征求意见稿)

中国工程建设标准化协会 发布
Issued by China Association for Engineering Construction
Standardization

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2018 年第一批工程建设协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字〔2018〕35 号）的要求，交通运输部公路科学研究院承担《公路工程混凝土抑制碱集料反应技术规程》（以下简称“本规程”）的制定工作。

本规程征求意见稿是在进行广泛调查研究，总结近些年混凝土抑制碱集料反应技术经验，参考国内外有关标准、规程和规范，征求有关单位意见，对关键技术进行验证试验，并在工程应用基础上制定的。

本规程征求意见稿的主要内容是：1.总则，2.术语，3.基本规定，4.集料碱活性检验评定，5.抑制技术要求，6.抑制效果检验评定。

本规程征求意见稿是基于通用的工程建设理论及原则编制，适用于本规程征求意见稿提出的应用条件。对于某些特定专项应用条件，使用本规程征求意见稿相关条文时，应对适用性及有效性进行验证。

主 编 单 位： 交通运输部公路科学研究院

参 编 单 位： 中交第一公路工程局集团有限公司

贵州宏信创达工程检测咨询有限公司

南京工业大学

贵州中交剑榕高速公路有限公司

主 编：

参 编 人 员：

目 次

1 总则	1
2 术语	2
3 基本规定	3
4 集料碱活性检验评定	5
4.1 检验方法	5
4.3 碱活性评定	5
5 抑制技术要求	8
5.1 原材料	8
5.2 路面混凝土	10
5.3 桥涵混凝土	10
5.4 隧道混凝土	12
5.5 其他结构混凝土	14
6 抑制效果检验评定	15
6.1 一般规定	15
6.2 检验方法	15
6.3 评定标准	16
附录 A 抑制集料碱-硅酸反应效果检验评定方法（快速砂浆棒法）	17
附录 B 抑制集料碱-硅酸反应效果检验评定方法（混凝土棱柱体法）	21
本规程用词说明	25

1 总则

1.0.1 为规范碱活性集料在公路工程混凝土中的应用，抑制混凝土碱集料反应，提高结构耐久性，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于公路工程混凝土集料碱活性检验与评价、抑制碱集料反应的技术要求和效果检验。

1.0.3 公路工程混凝土宜使用无碱活性的集料。当使用碱活性集料时，必须采取可靠的抑制碱集料反应技术措施。

1.0.4 公路工程混凝土碱集料反应抑制技术除应符合本规程规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的相关规定。

征求意见稿

2 术语

2.0.1 碱活性 alkali reactivity

集料在混凝土中与碱发生化学反应产生异常膨胀并对混凝土具有潜在危害的特性。

2.0.2 碱活性集料 aggregate with alkali reactivity

混凝土中含有碱活性矿物成分的粗集料、细集料。

2.0.3 混凝土碱-集料反应 alkali-aggregate reaction

混凝土中的碱和集料活性成分之间发生化学反应，导致混凝土异常膨胀等现象。

2.0.4 碱-硅酸反应 alkali-silica reaction

混凝土中的碱与集料中活性 SiO_2 发生化学反应，导致混凝土异常膨胀等现象。

2.0.5 碱-碳酸盐反应 alkali-carbonate reaction

混凝土中碱与集料中白云石发生化学反应，导致混凝土异常膨胀等现象。

2.0.6 混凝土碱含量 alkali content

混凝土中所有原材料的总碱量，以等当量 Na_2O 计。 $(\text{等当量 Na}_2\text{O})\% = \text{Na}_2\text{O}\% + 0.658\text{K}_2\text{O}\%$ 。

2.0.7 活性矿物掺合料 mineral admixture

在混凝土制备过程中掺入的以硅、铝、钙等氧化物为主要成分的粉状材料。

3 基本规定

3.0.1 用于公路工程混凝土的集料应进行碱活性检验评定。

3.0.2 碱-硅酸反应活性集料，可根据集料碱活性程度分为下列三个类别：

S1：集料具有潜在碱活性，在正常使用中可能不会发生碱集料反应或即使发生碱集料反应但危害可以忽略。

S2：集料具有碱活性，在正常使用中会出现不容忽视的碱集料反应破坏现象。

S3：具有较高的碱活性，在正常使用中会出现严重的碱集料反应破坏现象。

3.0.3 公路工程混凝土结构和构件所处的环境条件可分为下列三种：

E1：干燥环境，不直接与水接触且全年空气相对湿度平均值小于 60% 的环境。

E2：潮湿环境，直接与水接触或全年空气相对湿度平均值大于等于 60% 的环境。

E3：含碱环境，直接与盐碱地、海水、含碱工业废水、除冰盐等接触的环境。当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。

3.0.4 抑制混凝土碱集料反应的技术措施可分为下列三类：

M1：控制混凝土总碱量小于最大限值。

M2：掺加活性矿物掺合料。

M3：采用表层防水措施。

3.0.5 抑制混凝土碱集料反应的技术措施应根据集料碱活性程度、公路工程混凝土结构类别和所处环境综合确定，具体流程宜按图 3.0.5 所示执行。

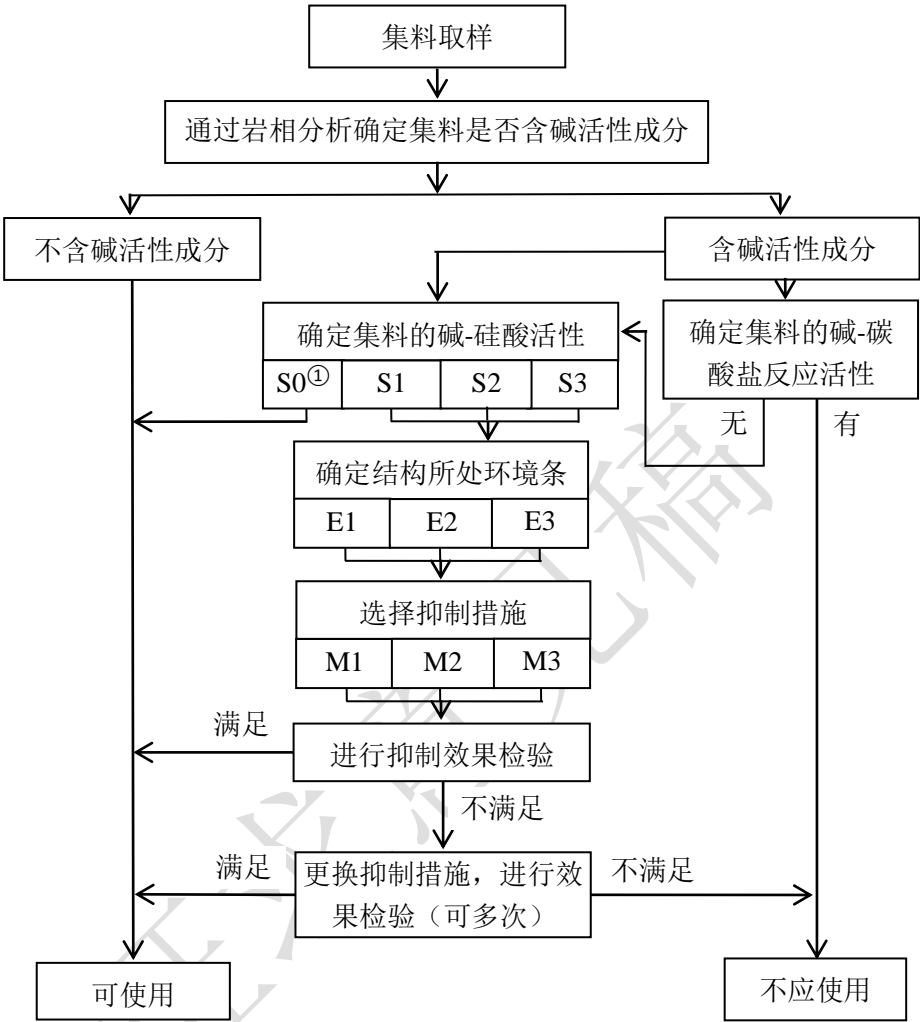
3.0.6 不得使用有碱-碳酸盐反应活性的集料。当使用具有碱-硅酸反应活性的集料时，应根据碱活性集料类型采取抑制碱集料反应的技术措施。

3.0.7 应对混凝土碱集料反应的抑制措施进行有效性检验，检验结果评定为有效时方可采用。

3.0.8 采取碱集料反应抑制措施后，混凝土的工作性、强度和耐久性应满足设计要求。

3.0.9 采用蒸汽养生方式的混凝土构件，蒸养温度不宜超过 60℃。

3.0.10 公路工程混凝土抑制碱集料反应技术措施可采用新材料和新技术。采用的新材料和新技术必须经试验、论证可靠后方可使用。



说明：①S0 表示集料无碱活性。

图 3.0.5 确定抑制混凝土碱集料反应技术措施流程图

4 集料碱活性检验评定

4.1 检验方法

4.1.1 集料取样应符合下列规定：

1 在勘察和选择集料料源时，样品应为开采或爆破的料源的非表层部分，每份样品不宜少于 20Kg。

2 在成品料源取样时，粗集料和细集料的取样方法和取样数量应分别按现行标准《建设用卵石、碎石》（GB/T 14685）和《建设用砂》（GB/T 14684）的规定执行。

4.1.2 集料碱活性宜首先采用岩相法检验，判定是否存在碱活性矿物成分。岩相法检验宜符合现行行业标准《公路工程集料试验规程》（JTG E42）的规定。

4.1.3 经岩相法检验确定含有碱活性矿物成分的集料，应进一步检验碱-碳酸盐反应活性。碱-碳酸盐反应活性检验宜按《建设用卵石、碎石》（GB/T 14685）中碱-碳酸盐反应试验方法的规定执行。

4.1.3 含有碱活性矿物成分、经碱-碳酸盐反应检验无活性的集料，应进一步检验碱-硅酸反应活性程度。集料碱-硅酸反应活性检验可采用快速碱-硅酸反应试验方法。快速碱-硅酸反应试验方法应按《建设用卵石、碎石》（GB/T 14685）中快速碱-硅酸反应试验方法的规定执行。

4.1.5 当不具备岩相法检验条件且不了解岩石类型时，可直接按《建设用卵石、碎石》（GB/T 14685）碱-碳酸盐反应和快速碱-硅酸反应试验方法分别集料碱活性。

4.3 碱活性评定

4.3.1 当同一检验批的同一检验项目进行一组以上试验时，应取所有试验结果中碱活性指标最大者作为检验结果。

4.3.2 经岩相法检验确定不含碱活性矿物成分的集料，宜评为非碱活性集料。

4.3.3 集料碱-碳酸盐反应活性评定应符合下列规定：

1 按《建设用卵石、碎石》（GB/T 14685）中碱-碳酸盐反应试验方法检测

结果评定为非碱活性的集料，应评定为非碱-碳酸盐反应活性集料。

2 按《建设用卵石、碎石》（GB/T 14685）中碱-碳酸盐反应试验方法检测结果评定为有碱活性的集料，应评定为有碱-碳酸盐反应活性集料。

4.3.4 集料碱-硅酸反应活性宜根据《建设用卵石、碎石》（GB/T 14685）中快速碱-硅酸反应试验方法检测得到的 14 天膨胀率进行评定，评定结果宜符合表 4.3.3 的规定。

表 4.3.3 集料碱-硅酸反应活性评定

集料碱活性类别	集料碱活性程度描述	14 天膨胀率（%，附录 A 方法）
S0	无	<0.1
S1	低	≥0.1, <0.15
S2	中等	≥0.15, <0.3
S3	高	≥0.3

条文说明：

现有国内外有关标准，按照快速砂浆棒试验方法，对于集料碱活性与 14 天砂浆棒膨胀率的规定如下表所示：

序号	标准名称	规定	集料碱活性
1	我国国标《建设用卵石、碎石》（GB/T 14685）、《建设用砂》（GB/T 14684）	<0.1%	非活性
		0.1%~0.2%	不确定
		≥0.2%	活性
2	美国 ASTM C1260	<0.1%	无
		0.1%~0.3%	中
		0.3%~0.45%	高
		≥0.45%	很高
3	加拿大 A23.2-27A	<0.15%	非活性
		≥0.15%	高活性
4	RELIM AAR-2	<0.1%	非活性
		0.1%~0.2%	不确定
		≥0.2%	活性

对于非活性集料的膨胀率限值，条文中采用我国国标、美国 ASTM 和 RELIM 的规定值 0.1%，较加拿大的 0.15% 小，偏于安全考虑。对于集料碱活性的分级，主要到集料碱活性的高低与需要采取的抑制措施密切相关。而我国现行有关标准中，没有对集料碱活性大小进行分级，只有是碱活性集料和非碱活性集料之分。这种划分方法不利于确定抑制混凝土中碱集料反应的技术措施。本条规定参考美国 ASTM C1260 的思路，把碱活性集料按照碱活性程度的大小进行分级。我国、美国和 RELIM 的标准分别将膨胀率低于 0.1% 作为集料不具有碱-硅酸反应活性的上限值，加拿大以 0.15% 作为集料不具有碱-硅酸反应活性的上限值，高于我国、美国等的标准，由于碱集料反应存在一定的不确定性，本标准从安全角度考虑，以加拿大标准中集料不具有碱-硅酸反应活性的膨胀率上限值 0.15% 作为低碱活性集料的上限值。在集料碱活性分级中，本标准借鉴美国的分级标准，以快速砂浆棒法膨胀率 0.3% 作为具有中等活性的上限值。

5 抑制技术要求

5.1 原材料

5.1.1 集料应保持干燥、洁净，满足相关施工技术要求。

5.1.2 水泥宜采用低碱硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥，水泥碱含量不宜超过 0.6%。当采用其他通用硅酸盐水泥时，水泥中的粉煤灰和粒化高炉矿渣等混合材掺量超过 20% 时，超过部分可分别作为掺入混凝土中的粉煤灰和粒化高炉矿渣粉计算掺量。

5.1.3 抑制混凝土碱-硅酸反应的掺合料，除应满足相关标准规范的要求外，尚应符合下列规定：

1 粉煤灰应采用 I 级或 II 级 F 类粉煤灰，技术指标应满足现行国家标准《用于水泥和混凝土的粉煤灰》（GB/T 1596）中相关技术要求，CaO 含量宜小于 8%，碱含量宜不大于 2.0%。粉煤灰的碱含量和 CaO 含量试验方法应按现行国家标准《水泥化学分析方法》（GB/T 176）执行。

条文说明：

现行国家标准《用于水泥和混凝土的粉煤灰》（GB/T 1596）中没有对粉煤灰碱含量和 CaO 含量给出具体指标要求。当掺用粉煤灰抑制混凝土碱集料反应时，由于这两个指标对混凝土中碱含量影响较大，本标准对这两个指标提出了具体要求。F 类粉煤灰中的 CaO 含量一般小于 10%，而 C 类粉煤灰的 CaO 含量一般大于 10%，不利于对碱集料反应的抑制。为保障其对碱集料反应的抑制效果，参考有关研究成果，将 F 类粉煤灰中的 CaO 上限含量适当降低为 8%。对于碱含量，国家标准《预防碱骨料反应技术规程》（50733-2011）中规定不宜大于 2.5%，水电行业标准《水工混凝土抑制碱骨料反应技术规范》（DL/T 5298-2013）中规定不宜大于 2.0%，严于国家标准。考虑到公路工程结构绝大部分暴露于野外，使用环境条件与水电工程结构比较接近，本规程中的碱含量指标参考水电行业标准的规定。

2 粒化高炉矿渣粉宜采用 S95 和 S105，技术指标应满足现行国家标准《用于水泥、砂浆和混凝土的粒化高炉矿渣粉》（GB/T 18046）中相关技术要求，碱

含量宜不大于 1.0%。粒化高炉矿渣粉的碱含量试验方法应按现行国家标准《水泥化学分析方法》（GB/T 176）执行。

条文说明：

现行国家标准《用于水泥、砂浆和混凝土的粒化高炉矿渣粉》（GB/T 18046-2017）中对粒化高炉矿渣粉的碱含量没有规定。当掺用粒化高炉矿渣粉抑制混凝土碱集料反应时，粒化高炉矿渣粉碱含量对混凝土中碱含量影响较大，本标准参考国家标准《预防碱骨料反应技术规程》（50733-2011）和《水工混凝土抑制碱骨料反应技术规范》（DL/T 5298-2013）给出粒化高炉矿渣粉碱含量上限规定。

3 硅灰技术指标应满足现行国家标准《砂浆和混凝土用硅灰》（GB/T 27690）中相关技术要求，碱含量宜不大于 1.5%。碱含量试验方法应按现行国家标准《水泥化学分析方法》（GB/T 176）执行。

条文说明：

现行国家标准《砂浆和混凝土用硅灰》（GB/T 27690-2011）中对硅灰的碱含量没有规定。当掺用硅灰抑制混凝土碱集料反应时，硅灰碱含量对混凝土中碱含量存在一定的影响，本标准参考国家标准《预防碱骨料反应技术规程》（50733-2011）和《水工混凝土抑制碱骨料反应技术规范》（DL/T 5298-2013）给出硅灰碱含量上限规定。

5.1.4 宜选用低碱含量的外加剂，带入混凝土中的总碱含量不宜大于 0.25kg/m^3 。当外加剂带入混凝土中的总碱含量大于 0.25kg/m^3 时，应采取措施保证其在混凝土中分散均匀性，并不应超过混凝土最大碱含量要求。不宜使用氯盐类外加剂。外加剂的碱含量试验方法应按现行国家标准《混凝土外加剂匀质性试验方法》（GB/T 8077）执行。

条文说明：

参考《水工混凝土抑制碱骨料反应技术规范》（DL/T 5298-2013）给出外加剂碱含量上限规定。

5.1.5 拌合用水的碱含量应不大于 1500mg/L ，不得使用海水，地下水需经检验确认满足要求方可使用。水的碱含量试验方法应符合现行行业标准《混凝土用水标准》（JGJ 63）的规定。

5.2 路面混凝土

5.2.1 路面混凝土所处环境条件宜作为潮湿环境条件考虑，当使用碱活性集料时，应采取抑制措施。

5.2.2 路面混凝土抑制碱集料反应措施应符合下列规定：

- 1 宜采用无碱活性的集料 S0，不得采用 S2、S3 类集料。
- 2 当采用 S1 类集料时，宜采用 M1 类抑制措施。

5.3 桥涵混凝土

5.3.1 桥涵混凝土结构或构件的所处环境条件和分类宜按表 5.3.1 的规定。

表 5.3.1 桥涵混凝土结构或构件所处环境条件及分类示例

环境条件	结构或构件分类
E1	<ul style="list-style-type: none">➤ 主体结构构件：沙漠戈壁区域旱桥的梁、盖梁以及大气中的墩柱、台帽等；➤ 可更换的附属构件：沙漠戈壁区域的护栏、防撞墙等；➤ 沙漠戈壁区域旱桥的桥面铺装。
E2	<ul style="list-style-type: none">➤ 主体结构构件：直接遭受雨淋、渗漏水作用或潮湿环境中的梁、盖梁、台帽、拱圈；水中和土中墩柱、承台、索塔、锚碇、拱座；与台背填土接触的台帽；➤ 可更换的附属构件：直接遭受雨淋或潮湿环境中的护栏、防撞墙；➤ 直接遭受雨淋、渗漏水作用或潮湿环境中的桥面铺装。
E3	处于海水、盐湖、盐渍土、含碱工业污水排放、除冰盐等含碱区域桥涵的主体结构构件、可更换构件和桥面铺装。

5.3.2 当桥涵工程混凝土使用 S1 和 S2 类集料时，抑制碱集料反应的技术措施宜按不少于表 5.3.2 规定的抑制措施执行。

表 5.3.2 桥涵混凝土结构抑制碱集料反应措施

环境条件		E1	E2	E3
主体结构	S1	M1	M1+M2	M1+M3
	S2	M1+M2	M1+M2	M1+M2+M3

桥面铺装	S1	M1	M1+M2	M1+M2
	S2	M1+M2	M1+M2	▲
可更换的 附属构件	S1	M1	M1	M1
	S2	M1	M1+M2 或 M1+M3	M1+M2 或 M1+M3

注：+代表同时使用；▲代表应进行可行性论证。

条文说明：

在采取抑制碱集料反应使用过程中，至少要满足表 5.3.2 中规定的技术措施要求，使用者也可以根据实际情况联合采用其他多种措施。

5.3.3 桥涵工程主体结构构件和桥面铺装不应采用 S3 类集料；当可更换的附属构件使用 S3 类集料时，抑制措施应经论证并可靠后方可使用。

5.3.4 在不同环境中，桥涵结构或构件混凝土总碱量的最大限值应符合表 5.3.3 的规定。

表 5.3.4 桥涵结构或构件混凝土总碱量的最大限值 (kg/m³)

环境条件	主体结构和桥面铺装			可更换的附属 构件
	特大桥、大桥	中桥	小桥、涵洞	
E1	3.0	3.0	3.5	3.5
E2	2.1	3.0	3.0	3.5
E3	2.1	2.5	2.5 (3.0)	3.5

说明：“（）”中的规定为针对装配式上部结构。

5.3.5 混凝土总碱量计算方法宜按式 (5.3.4) 计算：

$$m_a = (m_c + 10) \times (C_c + 0.1\%) + m_{ca} \times C_{ca} + m_{ma} \times C_{ma} \quad (5.3.5)$$

式中：

m_a ——混凝土中的总碱量 (kg/m³)

m_c ——混凝土中水泥用量 (kg/m³)

m_{ca} ——混凝土中外加剂用量 (kg/m³)

m_{ma} ——混凝土中矿物掺合料用量 (kg/m³)

C_c ——水泥有效碱含量 (%)，按碱含量的 100% 计算

C_{ca} ——外加剂有效碱含量（%），按碱含量的 100% 计算

C_{ma} ——矿物掺合料有效碱含量（%），粉煤灰有效碱含量可按粉煤灰碱含量的 20% 计算，硅灰和粒化高炉矿渣粉有效碱含量可分别按其碱含量的 50% 计算，其他矿物掺合料有效碱含量宜通过试验确定。

条文说明：

水泥有效碱含量增加 0.1% 是为了考虑水泥碱含量波动性而增加的富余量。

5.3.6 当采用 M2 类抑制技术措施时，掺合料的种类和掺量宜通过试验确定，并应满足以下规定：

1 对 S1 类集料，当使用粉煤灰时，掺量宜不小于胶凝材料总量的 20%；当使用矿渣粉时，掺量宜不小于胶凝材料总量的 50%。

2 对 S2 类集料，混凝土中粉煤灰掺量宜不小于胶凝材料总量的 30%；当复合掺用粉煤灰和粒化高炉矿渣粉时，粉煤灰掺量宜不小于胶凝材料总量的 25%，粒化高炉矿渣粉掺量宜不小于胶凝材料总量的 10%。

3 当本条第 1、2 款规定均不能满足抑制碱-硅酸反应活性有效性要求时，可在此基础上再掺加硅灰或用硅灰取代相应掺量的粉煤灰或粒化高炉矿渣粉，硅灰掺量宜不小于胶凝材料总量的 5%。

4 对 S3 类集料，在论证使用可行性的砂浆或混凝土试验中，宜复合掺用粉煤灰和硅灰。其中，粉煤灰掺量宜不小于胶凝材料总量的 30%，硅灰掺量宜不小于胶凝材料总量的 5%。

5.3.7 预应力结构采用 M2 类技术措施抑制混凝土碱集料反应时，矿物掺合料掺量尚应满足结构混凝土收缩徐变设计要求。

5.4 隧道混凝土

5.4.1 隧道混凝土结构或构件的所处环境条件和分类宜符合表 5.4.1 的规定。

表 5.4.1 隧道混凝土结构或构件所处环境条件及分类示例

环境条件	结构或构件分类示例
E2	直接接触地下水的喷射支护混凝土、混凝土衬砌、仰拱和底板； 隧道内的混凝土电缆沟及盖板；

	洞门混凝土端墙、翼墙和挡土墙
E3	直接接触海水、含碱地下水或含碱土壤的隧道喷射支护混凝土、混凝土衬砌、仰拱、底板； 混凝土电缆沟； 洞门的混凝土端墙、翼墙和挡土墙

5.4.2 当隧道混凝土结构或构件使用 S1 和 S2 类集料时，抑制碱集料反应的技术措施宜按不少于表 5.4.2 规定的抑制措施执行。

表 5.4.2 隧道混凝土结构抑制碱集料反应措施

环境条件		E2	E3
支护混凝土	S1	M1	×
	S2	▲	▲
混凝土衬砌、仰拱和底板	S1	M1	M1+M3
	S2	M1+M2	M1+M2+M3
混凝土电缆沟	S1	M1	M1
	S2	M1+M2	M1+M2
混凝土电缆沟盖板	S1	M1	M1
	S2	M1	M1
洞门混凝土端墙、翼墙和挡土墙	S1	M1	M1
	S2	M1+M2	M1+M2

注：+代表同时使用；×代表不应使用；▲代表应进行可行性论证。

5.4.3 隧道支护、衬砌、仰拱和底板混凝土不应使用 S3 类集料；当其他结构或构件使用 S3 类集料时，抑制碱集料反应措施必须经论证并可靠后方可使用。

条文说明：

隧道支护混凝土通常要求具有速凝效果，含碱量通常较高，不建议使用 S3 类集料。隧道衬砌、仰拱和底板的技术状况与隧道主体结构安全耐久使用关系密切，因此也不建议使用 S3 类集料。

5.4.3 当采用 M1 类抑制措施时，隧道结构混凝土的总碱量不得大于 3kg/m^3 ，隧道电缆沟盖板混凝土总碱量不宜大于 3.5kg/m^3 ，并满足设计要求。

5.4.4 混凝土总碱量计算方法和掺合料控制宜分别符合本规程第 5.3.5 条和第

5.3.6 条的规定。

5.5 其他结构混凝土

5.5.1 混凝土挡土墙的抑制碱集料反应技术措施宜参照本规程第 5.4 节中对洞门挡土墙的规定。

5.5.2 其他公路工程混凝土结构的抑制碱集料反应技术措施宜根据其采用的集料碱活性程度、结构形式和所处环境等按照本规程第 3 章的基本要求进行分析后确定。

征求意见稿

6 抑制效果检验评定

6.1 一般规定

6.1.1 使用具有碱-硅酸反应活性集料的混凝土，应对所采用的碱集料反应抑制技术进行效果检验。

6.1.2 当混凝土原材料发生变化时，应重新进行碱集料反应抑制技术的效果检验。

6.1.3 对于设计使用年限不小于 50 年的主体混凝土结构或构件，在施工过程中宜采用工程现场混凝土留置不少于 6 块 75mm*75mm*275mm 棱柱体试块，同条件养护至拆模后，放置在与混凝土结构或构件相同环境条件中，留作长龄期抑制效果观测和工程养护使用。

6.2 检验方法

6.2.1 抑制混凝土碱集料反应效果检验应在混凝土工程施工前进行。

6.2.2 碱活性集料应为工程拟采用的集料，可从成品料中取样，也可在计划使用的料场中取样；其他原材料应为工程实际采用的原材料。

6.2.3 抑制混凝土碱集料反应的效果检验方法宜按下列规定执行：

1 对路面混凝土结构；中小跨径混凝土桥梁、可更换的附属构件；隧道支护、仰拱和底板，宜采用快速砂浆棒法。快速砂浆棒法宜按附录 A 的规定进行检验。

2 对斜拉桥索塔、悬索桥锚碇和索塔、拱桥拱座、连续刚构桥、隧道衬砌，宜采用混凝土棱柱体法检验。混凝土棱柱体法应按附录 B 的规定执行。

条文说明：

附录 D 引用了现行国家标准《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》（GB/T 50082）

3 其他公路工程混凝土结构可根据其重要程度确定检验方法。

6.2.4 采用砂浆棒快速法检测时，混凝土原材料和胶凝材料体系相同的混凝土可作为一个检验批；采用混凝土棱柱体法检测时，混凝土原材料、强度等级和

配合比相同的混凝土可作为一个检验批。对于同一工程、同一胶凝材料体系或同一强度等级的混凝土，检验批不应少于一个。

6.3 评定标准

6.3.1 当按附录 A 快速砂浆棒法检测得到的 28 天砂浆棒膨胀率试验结果小于 0.10% 时，抑制效果评定为有效；否则，抑制效果评定为无效。

6.3.2 当按附录 B 混凝土棱柱体法检测得到的 2 年混凝土棱柱体膨胀率试验结果小于 0.04% 时，抑制效果评定为有效；否则，抑制效果评定为无效。

6.3.3 当对按附录 A 检测得到的抑制效果有怀疑时，可进一步采用附录 B 混凝土棱柱体法检测，检测结果应以混凝土棱柱体法为准。

6.3.4 当抑制技术措施不能满足抑制效果要求时，应重新选择抑制措施，并重新进行抑制效果检验评定。

附录 A 抑制集料碱-硅酸反应效果检验评定方法（快速砂浆棒法）

A.1 目的及适用范围

本方法用于混凝土抑制集料碱-硅酸反应的效果检验评定，适用于采用粉煤灰、粒化高炉矿渣粉和硅灰等矿物掺合料的抑制措施。

A.2 仪器设备及试剂

A.2.1 仪器设备及技术指标应符合下列规定：

- 1 烘箱或恒温水浴箱：温度应能保持在 $(80 \pm 2)^\circ\text{C}$ 。
- 2 天平：称量宜为 1000g，感量应不大于 1g。
- 3 试验筛：筛孔公称直径为 5mm、2.5mm、1.25mm、630 μm 、315 μm 、160 μm 的方孔筛各一只。
- 4 比长仪：测长范围宜为 275mm~300mm，精度应为 0.01mm。
- 5 水泥胶砂搅拌机：应符合现行行业标准《行星式水泥 胶砂搅拌机》JC / T 681 的规定。
- 6 养护筒：应由耐酸、耐高温（不低于 100°C ）的材料制成，应密封不漏水；筒的容积应保证试件全部浸没在水或碱溶液中；筒内宜设有试件架，试件垂直于试件架放置。
- 7 试模：宜为金属试模，尺寸为 25mm×25mm×280mm，试模两端正中应有小孔，以便测头在此固定、埋入砂浆，测头采用不锈钢制成。
- 8 钹刀、量筒、捣棒、干燥器等。

A.2.2 试剂 NaOH（分析纯）溶液浓度宜为 1mol/L，溶液浓度波动范围不应超过 0.99mol/L~1.01mol/L，每升 NaOH 溶液浓度应包括 40gNaOH（分析纯）。

A.3 试验原材料

A.3.1 水泥宜使用符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》（GB 175）规定的

硅酸盐水泥，也可使用工程实际水泥，水泥压蒸膨胀率应小于 0.2%。水泥压蒸膨胀率应按照现行标准《水泥压蒸安定性试验方法》（GB/T 750）进行检验。水泥的含碱量宜不低于 0.9%，否则应通过外加浓度为 10%的 NaOH 溶液，使水泥的含碱量达到 0.9%±0.1%。若工程实际水泥含碱量高于该值，也可使用工程实际水泥。

A.3.2 矿物掺合料和外加剂应为工程实际采用的矿物掺合料和外加剂。

A.3.3 集料宜与工程实际用集料相同。当集料为机制砂时，将砂样缩分成 5kg，洗净烘干，按表 A.3.3 所示级配筛分组合。当集料取样为母岩或粗集料时，应破碎成细集料，并洗净烘干，按表 A.3.3 的级配进行筛分组合。

表 A.3.3 细集料级配表

粒径（mm）	2.5~5	1.25~2.5	0.63~1.25	0.315~0.63	0.16~0.315
分级质量（%）	10	25	25	25	15

A.4 试验步骤

A.4.1 砂浆水胶比应为 0.47，胶凝材料与砂的质量比应为 1:2.25。

A.4.2 掺合料掺量按实际工程要求确定，掺合料等质量替代水泥。

A.4.3 试件制作应符合下列规定：

- 1 成型前 24 小时，试验用原材料应放入温度 20℃±2℃、相对湿度大于 50%的恒温室内。
- 2 宜先将水泥与砂倒入搅拌锅内，徐徐搅拌 5 秒后慢慢加水，在 30 秒内加完。自开动机器起，搅拌 3 分钟停机。将粘在叶片上的砂浆刮下，取下搅拌锅。
- 3 砂浆分两层装入试模内，每层用捣棒捣 20 次，并注意测头周围应填实。捣完后用钹刀刮除多余砂浆，抹平表面。
- 4 成型 4 小时后，可对试件进行编号，并标明测定方向。

A.4.4 试件制作与测量应符合下列规定：

- 1 试件成型完毕后，连模一起放入温度为 20℃±3℃、相对湿度大于 95%的养护室中，养护 24 小时后，脱模。
- 2 立即在养护室测量试件长度的初始读数，作为测读基准长度的参照值。
- 3 测读完毕后，立即将同一组的 3 个试件完全浸泡在装有自来水的同一养护筒中，将养护筒放入温度为 80℃±2℃的恒温水浴箱中恒温 24 小时。

4 将养护筒从恒温养护箱中取出，打开桶盖，取出试件，用毛巾将试件表面和两端测头擦干，尽快测量试件的基准长度。试件从溶液中取出到测量完毕应在 $15s \pm 5s$ 时间内完成。每个试件测量前均应先测量标准棒长度，并以其校正试件测值。

5 一组试件测量完毕后，立即装入盛有 1mol/L 的 NaOH 溶液的养护筒中。试件完全浸没在溶液中，盖好养护筒的盖子，使之密封，再将养护筒放入 $80^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 的恒温水浴箱中。

6 测量基准长度后进行 4 次观测，即从测量基准长度后的第 3、7、14 和 28 天分别进行长度检测，检测龄期精确至 1 小时。试件长度测量方法与测量基准长度相同。

7 每次测量时，应观察试件的外观特征，内容包括有无变形、开裂、渗出物等，尤其应注意有无胶体物质，并做记录。

A.5 检测结果处理

A.5.1 第 i 试件的膨胀率应按式 (A.5.1) 计算，精确至 0.001%。

$$\varepsilon_i = \frac{L_t - L_0}{L_0 - 2\Delta} \quad (\text{A.5.1})$$

式中：

ε_i ——第 i 个试件在 t 天龄期的膨胀率，%；

L_t ——试件在 t 天龄期的长度，mm；

L_0 ——试件的基准长度，mm；

Δ ——测头的长度，mm。

A.5.2 在测量精度满足要求的情况下，一组试件宜以 3 个试件测值的平均值作为某一龄期膨胀率的测定值。测值精度应符合下列要求：

1 试件膨胀率小于 0.020% 时，单个试件测值与平均值的差值不得大于 0.003%。

2 试件膨胀率大于 0.020% 时，单个试件测值与平均值的差值不得大于平

均值的 15%。

A.5.3 当测值精度不满足要求时，应查明原因，取其余两个试件测值的平均值作为该龄期膨胀率的测定值。当一组试件的可用测值小于两个时，该龄期的膨胀率应通过补充试验确定。

A.5.4 当 28 天龄期试件膨胀率小于 0.1% 时，则该抑制措施对该集料碱-硅酸反应的抑制效果评定为有效。

征求意见稿

附录 B 抑制集料碱-硅酸反应效果检验评定方法（混凝土棱柱体法）

B.1 目的及适用范围

本方法用于混凝土抑制集料碱-硅酸反应的效果检验评定，适用于采用粉煤灰、粒化高炉矿渣粉和硅灰等矿物掺合料的抑制措施。

B.2 仪器设备及试剂

B.2.1 仪器设备及技术指标应符合下列规定：

- 1 养护箱：温度应能保持在 $(38 \pm 2)^\circ\text{C}$ 。
- 2 天平：称量宜为 10kg，感量应不大于 5g。
- 3 磅秤：称量宜为 50kg，感量应不大于 50g。

试验筛：筛孔公称直径为 20mm、15mm、10mm、5mm 的方孔筛各一只。

- 4 比长仪：测长范围宜为 275mm~300mm，精度应为 0.01mm。

- 5 振动台：频率为 $50\text{Hz} \pm 3\text{Hz}$ ，空载时台面中心振幅为 0.5mm。

6 养护筒：应由耐酸、耐高温（不低于 50°C ）的材料制成，应密封不漏水；筒的容积应保证试件全部浸没在水或碱溶液中；筒内宜设有试件架，试件垂直于试件架放置。

7 试模：宜为金属试模，尺寸为 $75\text{mm} \times 75\text{mm} \times 275\text{mm}$ ，试模两端正中应有小孔，以便测头在此固定、埋入混凝土。测头采用不锈钢制成，直径为 5mm~7mm，长度为 25mm。

- 8 配备钹刀、量筒、捣棒、铁锹等必要的辅助工具。

B.2.2 试剂 NaOH（分析纯）溶液浓度宜为 1mol/L，溶液浓度波动范围不应超过 0.99mol/L~1.01mol/L，每升 NaOH 溶液浓度应包括 40gNaOH（分析纯）。

B.3 试验原材料

B.3.1 水泥宜使用符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》（GB 175）规定的

硅酸盐水泥，水泥的含碱量宜不低于 0.9%，也可使用工程实际水泥。通过外加浓度为 10% 的 NaOH 溶液，使水泥的含碱量达到 $1.25\% \pm 0.1\%$ 。若工程实际水泥含碱量高于该值，也可使用工程实际水泥。

B.3.2 矿物掺合料和外加剂应为工程实际采用的矿物掺合料和外加剂。

B.3.3 取工程实际用粗集料或采用同材质母岩破碎，筛分成三种粒级，即 5mm~10mm、10mm~15mm、15mm~20mm，各取 1/3 等量混合作为试验用粗集料。取工程实际用细集料作为试验用细集料。

B.4 试验步骤

B.4.1 混凝土配合比应符合下列规定：

1 水泥用量应为 $420\text{kg} \pm 10\text{kg}$ ，应按工程实际要求确定掺合料和外加剂用量，掺合料应等质量替代水泥。

2 水胶比应为 0.42~0.45，可按照混凝土工作性要求在此范围内微调；用水量应为基于饱和面干粗集料计算。

3 粗细集料质量比应为 6:4。

B.4.2 试件制作应符合下列规定：

1 成型前 24 小时，试验用原材料应放入温度 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度大于 50% 的拌和间内。

2 混凝土可采用人工拌和或机械拌和，应拌和均匀。当外加剂为粉剂时，应将外加剂与胶凝材料混合均匀后一起加入搅拌；当外加剂为液体时，应将外加剂与水混合均匀后一起加入搅拌。

3 混凝土一次装入试模内，用捣棒和抹刀捣实，在振动台上振动 30s，使表面泛浆为止。

4 每组应至少成型 3 个试件。

A.4.4 试件制作与测量应符合下列规定：

1 试件成型完毕后，连模一起放入温度为 $20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度大于 95% 的养护室中，在初凝前 1~2 小时，沿模口抹面并编号。

2 在养护室中养护 24 小时脱模。脱模时应注意不要损坏测头，并立即测量试件基准长度。待测试件应用湿布覆盖，以防干燥。

3 长度测量应在温度为 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的恒温室中进行，每个试件至少重复测

试两次，取两次读数的平均值作为该试件的基准长度值。

4 测读完毕后，立即将同一组的 3 个试件完全浸泡在装有自来水的养护筒中，将养护筒放入温度为 $38^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的养护箱中进行养护。

5 试件龄期从测定基准长度后算起，在 1、2、4、8、13、18、26、39、52、65、78、91 周和 2 年进行测试，以后每半年测试一次。每次测量的前一天，应将养护筒从养护箱中取出，放入 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 的恒温室中，恒温 $24\text{h} \pm 4\text{h}$ 。试件各龄期的测长方法相同，测量完毕后将试件掉头放入养护筒中，盖好桶盖，放入养护箱内养护至下一测试龄期。

6 每次测量时，应观察试件的外观特征，内容包括有无变形、开裂、渗出物等，尤其应注意有无胶体物质，并做记录。

B.5 检测结果处理

B.5.1 第 i 试件的膨胀率应按式 (B.5.1) 计算，精确至 0.001%。以三个试件测值的平均值作为某一龄期膨胀率的测定值。

$$\varepsilon_i = \frac{L_t - L_0}{L_0 - 2\Delta} \quad (\text{B.5.1})$$

式中：

ε_i ——第 i 个试件在 t 时间龄期的膨胀率，%；

L_t ——试件在 t 时间天龄期的长度，mm；

L_0 ——试件的基准长度，mm；

Δ ——测头的长度，mm。

B.5.2 在测量精度满足要求的情况下，一组试件宜以 3 个试件测值的平均值作为某一龄期膨胀率的测定值。测值精度应符合下列要求：

1 试件膨胀率小于 0.020% 时，同一组试件中最高测值与最低测值的差值不应大于 0.008%。

2 试件膨胀率大于 0.020% 时，同一组试件中最高测值与最低测值的差值不应大于平均值的 40%。

B.5.3 当测值精度不满足要求时，应查明原因，取相近两个试件测值的平均值作为该龄期膨胀率的测定值。

B.5.4 当 2 年龄期试件膨胀率小于 0.04% 时，则该抑制措施对该集料碱-硅酸反应的抑制效果评定为有效。

征求意见稿

本规程用词说明

本规程执行严格程度的用词，采用下列写法：

- 1 表示很严格，非这样做不可的用词，正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
- 2 表示严格，在正常情况下均应这样做的用词，正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
- 3 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词，正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
- 4 表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

征求意见稿