



T/CECS 1×××—202×

中国工程建设标准化协会标准

铁路全洞渣混凝土应用技术规程

Technical specification for application of railway full tunnel
slag concrete

(征求意见稿)

中国××出版社

中国工程建设标准化协会标准

铁路全洞渣混凝土应用技术规程

Technical specification for application of railway full tunnel
slag concrete

T/CECS 1XXX—202X

主编单位：中国铁道科学研究院集团有限公司铁道建筑研究所

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：202X年X月X日

中国××出版社

202× 北 京

前 言

《铁路全洞渣混凝土应用技术规程》（以下简称“规程”）根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2023 年第二批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字〔2023〕50 号）的要求进行编制。规程编制组经深入调查研究，认真总结实践经验，参考国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程共分 10 章和 7 个附录，主要技术内容包括：总则、术语和符号、原材料技术要求、混凝土性能、混凝土配合比设计、混凝土制备与施工、质量检验与验收等。

本规程的某些内容可能直接或间接涉及专利，本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由中国工程建设标准化协会铁道分会归口管理，由中国铁道科学研究院集团有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中，如有意见或建议，请反馈给中国铁道科学研究院集团有限公司铁道建筑研究所（地址：北京市海淀区大柳树路 2 号，邮编：100081，邮箱：294547186@qq.com）。

主编单位：中国铁道科学研究院集团有限公司铁道建筑研究所

参编单位：川藏铁路技术创新中心有限公司

川藏铁路有限公司

东南大学

中铁四局集团有限公司

中铁十四局集团有限公司

中国铁路经济规划研究院有限公司

主要起草人：李化建、易忠来、赵有明、方兴、王振、杨志强、曹义华、袁政成、王肖、王凯林、黄法礼、温浩、谭盐宾、葛昕、刘志勇、章国辉、梁超、刘同江、刘海林、李洋

主要审查人：

目 次

1	总 则	1
2	术语和符号	2
2.1	术 语	2
2.2	符 号	2
3	基本规定	5
4	原材料技术要求	6
4.1	一般规定	6
4.2	洞渣机制砂	6
4.3	洞渣粗骨料	8
4.4	岩石基矿物掺合料	8
5	混凝土性能	10
5.1	一般规定	10
5.2	拌合物性能	10
5.3	力学性能	10
5.4	耐久性能	11
5.5	长期性能	11
6	混凝土配合比设计	12
6.1	一般规定	12
6.2	配合比参数限值	12
6.3	配合比设计方法	13
7	全洞渣混凝土制备与施工	19
7.1	一般规定	19
7.2	混凝土制备	19
7.3	混凝土施工	20
8	质量检验与验收	22
8.1	一般规定	22
8.2	隧道洞渣	22
8.3	原材料	23
8.4	全洞渣混凝土	24

附录 A 减水剂与机制砂相容性试验方法	26
附录 B 洞渣机制砂圆形度和长径比试验方法	28
附录 C 洞渣机制砂流动度比试验方法	30
附录 D 岩石基矿物掺合料流动度比和抗压强度比试验方法	31
附录 E 岩石基矿物掺合料 MB_F 值试验方法	33
附录 F 岩石基矿物掺合料收缩率比试验方法	35
附录 G 岩石基矿物掺合料有效碱含量试验方法	36
用词说明	38
引用标准名录	39
条文说明	40

Contents

1	General provisions	1
2	Terms and symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	2
3	Basic requirements	5
4	Technical requirements for raw materials	6
4.1	General requirements	6
4.2	Manufactured sand made by tunnel slag	6
4.3	Coarse aggregate made by tunnel slag	8
4.4	Rock-based mineral admixture	8
5	Properties of concrete	10
5.1	General requirements	10
5.2	Properties of concrete mixtures	10
5.3	Mechanical properties	10
5.4	Durability	11
5.5	Long-term performance	11
6	Mix proportion design of concrete	12
6.1	General requirements	12
6.2	Mix proportion parameters	12
6.3	Mix design method	13
7	Preparation and Construction of full tunnel slag concrete	19
7.1	General requirements	19
7.2	Concrete preparation	19
7.3	Concrete construction	20
8	Quality Inspection and Acceptance	22
8.1	General requirements	22
8.2	Tunnel slag	22
8.3	Raw materials	23
8.4	Full tunnel slag concrete	24

Appendix A Test method for compatibility between water reducer and manufactured sand.....	26
Appendix B Test method for circularity and aspect ratio of manufactured sand.....	28
Appendix C Test method for fluidity ratio of manufactured sand.....	30
Appendix D Test method for fluidity ratio and compressive strength ratio of rock-based mineral admixtures	31
Appendix E Test method for MB_F value of rock-based mineral admixtures.....	33
Appendix F Test method for shrinkage ratio of rock-based mineral admixtures	35
Appendix G Test method for effective alkali content of rock-based mineral admixtures	36
Explanation of wording	38
List of quoted standards	39
Addition:Explanation of provisions	40

1 总 则

1.0.1 为规范和指导铁路全洞渣混凝土应用，保障工程质量，做到技术先进、安全可靠、经济适用、节能环保，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于铁路全洞渣混凝土的质量控制、配合比设计、制备与施工、质量检验与验收等。

1.0.3 铁路全洞渣混凝土的应用除应符合本规程的要求外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 隧道洞渣 tunnel slag

隧道开挖过程中产生的弃渣。

2.1.2 隧道洞渣加工场 tunnel slag processing yard

在铁路工程沿线所设置，以隧道洞渣为料源生产机制砂、粗骨料或岩石基矿物掺合料等产品的固定场所，属于铁路大型临时工程。

2.1.3 洞渣机制砂 manufactured sand made by tunnel slag

以合格的隧道洞渣为母岩，经除土处理，由机械破碎、筛分、整形制成的，粒径小于 4.75mm 且粒形和级配满足要求的颗粒。

2.1.4 洞渣粗骨料 coarse aggregate made by tunnel slag

以合格的隧道洞渣为母岩，经除土处理，由机械破碎、筛分、整形制成的，粒径大于 4.75mm 且粒形和级配满足要求的颗粒。

2.1.5 洞渣骨料 aggregate made by tunnel slag

洞渣机制砂和洞渣粗骨料的统称。

2.1.6 岩石基矿物掺合料 rock-based mineral admixture

以合格母岩经破碎磨细或机制骨料生产过程产生的石粉为原料，通过活化或表面改性处理后，掺入混凝土中能改善其性能的掺合料。

2.1.7 全洞渣混凝土 full tunnel slag concrete

以隧道洞渣母岩制备的机制砂和粗骨料作混凝土骨料、岩石基矿物掺合料作掺合料的水泥混凝土。

2.1.8 减水剂与机制砂相容性 compatibility between water reducing admixture and manufactured sand

减水剂与机制砂相匹配时，拌合物的流动性及其经时变化程度。

2.2 符号

A ——抗压强度比；

f_b ——胶凝材料 28 d 胶砂抗压强度；

f_{ce} ——水泥胶砂 28 d 抗压强度值；

$f_{ce,g}$ ——水泥强度等级值；

$f_{cu,0}$ ——混凝土配制强度；

$f_{cu,i}$ ——第 i 组混凝土立方体抗压强度；

$f_{cu,k}$ ——混凝土设计强度；

G ——岩石基矿物掺合料样品质量；

MB ——机制砂亚甲蓝值；

MB_F ——岩石基矿物掺合料亚甲蓝值；

M_0 ——试件吸水前的质量；

M_g ——试件吸水后的质量；

m_0 ——岩石基矿物掺合料的质量；

m_1 ——每 100 mL 被测定溶液中氧化钠的含量；

m_2 ——每 100 mL 被测定溶液中氧化钾的含量；

m_{a0} ——每立方米混凝土的外加剂用量；

m_{b0} ——每立方米混凝土的胶凝材料用量；

m_{c0} ——每立方米混凝土的水泥用量；

m_{f0} ——每立方米混凝土的矿物掺合料用量；

$m_{f_{cu}}$ —— n 组混凝土立方体抗压强度的平均值；

m_g ——每立方米混凝土的洞渣粗骨料质量；

m_{s0} ——用于计算砂率的洞渣机制砂质量；

m_s ——每立方米混凝土的洞渣机制砂质量；

m_{w0} ——每立方米混凝土的用水量；

m'_{w0} ——未掺外加剂时推定的满足实际坍落度要求的每立方米混凝土用水量；

n ——统计批内的试件组数；

R_0 ——对比胶砂的抗压强度；

R_1 ——试验胶砂的抗压强度；

R_S ——岩石基矿物掺合料收缩率比；

SL ——扩展度比；

S_c ——基准胶砂 28d 龄期干燥收缩率；

S_e ——试验胶砂 28d 龄期干燥收缩率；

W/B ——水胶比；

V ——所加入的亚甲基蓝溶液的总量；

V_{sg} ——全洞渣混凝土的砂石体积百分数；

X_0 ——对比砂浆扩展度；

X_1 ——试验砂浆扩展度；

α_a, α_b ——回归系数；

β ——外加剂的减水率；

β_a ——外加剂的掺量；

β_f ——矿物掺合料掺量；

β_s ——全洞渣混凝土的砂率；

δ ——校正系数；

γ_c ——水泥强度等级值的富余系数；

γ_i ——第*i*种岩石基矿物掺合料的影响系数；

ρ_g ——洞渣粗骨料的表观密度；

ρ_s ——洞渣机制砂的表观密度；

σ ——混凝土强度标准差；

ρ_{ct} ——混凝土拌合物的表观密度实测值；

ρ_{cc} ——混凝土拌合物的表观密度设计值；

ω_{K_2O} ——氧化钾的质量分数；

ω_{Na_2O} ——氧化钠的质量分数；

$\omega_{Na_2O(eq)}$ ——岩石基矿物掺合料有效碱含量；

ω_{sp} ——洞渣机制砂石粉含量。

3 基本规定

3.0.1 隧道洞渣母岩应符合要求、性能稳定，且能够成区段成规模，加工过程中应根据隧道岩体地质条件的变化加强性能检测和质量控制。

3.0.2 隧道洞渣加工场应采用先进的生产设备、智能化监控系统保障产品质量稳定可控。

3.0.3 全洞渣混凝土应根据其结构服役环境、设计使用年限和设计要求等进行耐久性设计。

3.0.4 全洞渣混凝土应严格控制原材料品质，加强试验检测，保证工程质量。

3.0.5 全洞渣混凝土用于预应力构件或结构时，应按设计或本规程要求检验其弹性模量、收缩、徐变和疲劳等性能。

3.0.6 全洞渣混凝土配制前应验证洞渣机制砂与外加剂相容性，优选外加剂调控混凝土的施工性能。

3.0.7 采用湿法工艺加工隧道洞渣时，应验证洞渣机制砂和洞渣粗骨料中残留絮凝剂对混凝土性能的影响，符合设计要求方可使用。

3.0.8 当隧道洞渣及其产品性能等发生明显变化时，全洞渣混凝土应重新进行试验，验证其工作性能、力学性能、耐久性能和长期性能等满足设计和施工等要求。

3.0.9 全洞渣混凝土应根据气候特征、结构特点等采用合理的施工工艺，施工中应加强养护，控制全洞渣混凝土的早期开裂。

3.0.10 全洞渣混凝土应采用现代化管理手段、先进成熟的生产工艺和信息化监测技术，提高专业化、工厂化、机械化和信息化水平。

3.0.11 隧道洞渣加工与全洞渣混凝土应用应符合环境保护和安全生产管理的相关规定。

4 原材料技术要求

4.1 一般规定

4.1.1 铁路全洞渣混凝土用原材料应质量稳定、性能满足要求，按相应标准进行检验合格后方可使用。

4.1.2 用于配制全洞渣混凝土的洞渣机制砂、洞渣粗骨料和岩石基矿物掺合料，性能应符合本规程的规定，且宜选择同一料源的隧道洞渣作母岩。

4.1.3 用于配制全洞渣混凝土的水泥、外加剂、水等原材料，性能应符合《铁路混凝土》TB/T 3275的规定。

4.1.4 隧道洞渣加工过程中遇到特殊母岩，应进行专项论证，论证合格后方可使用，混杂膨胀岩、盐岩、煤层、石膏层等特殊岩层的隧道洞渣不应用作母岩。

4.1.5 隧道洞渣及其产品的放射性应符合《建筑材料放射性核素限量》GB 6566中主体建筑材料的规定。

4.1.6 用于磨蚀环境下的全洞渣混凝土，应检验隧道洞渣母岩的耐磨性。

4.2 洞渣机制砂

4.2.1 洞渣机制砂的隧道洞渣母岩性能应符合表 4.2.1 的规定。

表 4.2.1 洞渣机制砂的隧道洞渣母岩性能

序号	检验项目		技术要求
1	块体干密度 (kg/m ³)		≥2500
2	吸水率		≤0.5%
3	饱和抗压强度 (MPa) ¹		≥60
4	软化系数		≥0.80
5	点荷载强度指数 (MPa) ²		≥3.0
6	硫化物及硫酸盐含量 (以 SO ₃ 质量计) ³		≤0.5%
7	氯化物含量 (以 Cl ⁻ 质量计)		≤0.02%
8	云母含量		≤0.5%
9	轻物质含量		≤0.5%
10	有机物含量		浅于标准色
11	碱活性 ⁴	碱—硅酸反应	<0.30% (快速砂浆棒膨胀率)
		碱—碳酸盐反应	<0.10% (岩石柱膨胀率)
12	坚固性	质量损失率	≤5%

13	抗冻性 ⁵	质量损失率	≤1.0%
		冻融系数	≥0.75

注：1 对于饱和抗压强度大于 45 MPa 但低于 60 MPa 的隧道洞渣，应进行专项试验论证。

2 可采用点荷载强度指数代替饱和抗压强度对隧道洞渣力学性能进行日常控制。

3 当隧道洞渣中含有颗粒状的硫酸盐、硫化物杂质或黄铁矿时，应进行专门试验研究，确认能满足混凝土耐久性要求后，方可使用。

4 首先采用岩相法鉴别机制砂母岩的矿物组成和碱活性矿物类型，若母岩中仅含有碱—硅酸盐反应活性矿物，则进行快速砂浆棒膨胀率检验，若母岩中仅含有碱—碳酸盐反应活性矿物，则进行岩石柱膨胀率检验，若母岩中同时含有碱—硅酸反应活性矿物和碱—碳酸盐反应活性矿物，则分别进行快速砂浆棒膨胀率和岩石柱膨胀率检验。

5 抗冻性为冻融环境下隧道洞渣母岩的技术要求，其他环境下可不作要求。

4.2.2 洞渣机制砂按颗粒级配、泥块含量、坚固性、压碎指标和有害物质含量等技术要求可为 I 类和 II 类。

4.2.3 洞渣机制砂的细度模数应为 2.3~3.4，颗粒级配采用分计筛余百分数表示，并应符合表 4.2.3 的规定。

表 4.2.3 洞渣机制砂的颗粒级配

公称粒径 (mm)	5.00	2.50	1.25	0.63	0.315	0.160	<0.160
方孔筛筛孔尺寸 (mm)	4.75	2.36	1.18	0.60	0.30	0.15	筛底
I 类	0-5%	10%-15%	10%-25%	20%-31%	20%-30%	8%-20%	0-10%
II 类	0-5%	5%-25%	5%-30%	15%-36%	15%-35%	3%-25%	0-15%

注：洞渣机制砂颗粒级配一个粒级的（不含 4.75mm 和筛底）的分计筛余可略有超出，但不应大于 3%。

4.2.4 洞渣机制砂的其他性能应符合表 4.2.4 的规定。

表 4.2.4 洞渣机制砂的其他性能

序号	项目		技术要求	
			I 类	II 类
1	石粉含量	MB < 1.4 g/kg	≤5.0%	≤7.0%
		MB ≥ 1.4 g/kg	≤2.0%	≤3.0%
2	泥块含量		≤0.2%	≤0.5%
3	压碎指标		≤20%	≤25%
4	表观密度 (kg/m ³)		≥2550	
5	饱和面干吸水率		≤1.0%	≤2.0%
6	硫化物及硫酸盐含量 (以 SO ₃ 质量计) ¹		≤0.2%	≤0.5%
7	氯化物含量 (以 Cl ⁻ 质量计)		≤0.01%	≤0.02%
8	云母含量 (按质量计)		≤0.5%	

9	轻物质含量（按质量计）		$\leq 0.5\%$	
10	有机物含量		浅于标准色	
11	颗粒形貌	圆形度	≥ 0.80	
		长径比	≤ 1.60	
12	流动度比		$\geq 85\%$	$\geq 75\%$
13	坚固性		$\leq 5\%$	$\leq 8\%$
14	碱活性	快速砂浆棒膨胀率 (ϵ_t) ²	$< 0.20\%$	$< 0.30\%$

注：1 当机制砂中含有颗粒状的硫酸盐、硫化物杂质或黄铁矿时，应进行专门试验研究，确认能满足混凝土耐久性要求后，方可使用。

2 当 $\epsilon_t < 0.20\%$ 时，混凝土的总碱含量应符合《铁路混凝土》TB/T 3275 的规定；当 $0.20\% \leq \epsilon_t < 0.30\%$ 时，混凝土的总碱含量除应《铁路混凝土》TB/T 3275 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。

4.3 洞渣粗骨料

4.3.1 洞渣粗骨料的隧道洞渣母岩性能应符合本规程表 4.2.1 的规定。

4.3.2 洞渣粗骨料的其他性能要求应符合《铁路混凝土》TB/T 3275 的规定。

4.4 岩石基矿物掺合料

4.4.1 岩石基矿物掺合料的隧道洞渣母岩性能应符合表 4.4.1 的规定。

表 4.2.1 岩石基矿物掺合料的隧道洞渣母岩性能

序号	项目	技术要求
1	饱和抗压强度	$\geq 45\text{MPa}$
2	硫化物及硫酸盐含量（以 SO_3 质量计）	$\leq 0.5\%$
3	氯化物含量（以 Cl^- 质量计）	$\leq 0.02\%$
4	有机物含量	浅于标准色
5	轻物质含量	$\leq 0.5\%$

4.4.2 岩石基矿物掺合料的性能应符合表 4.4.2 的规定。

表 4.4.2 岩石基矿物掺合料的性能

序号	项目	技术要求		
		I 类	II 类	III 类
1	细度（ $45\mu\text{m}$ 筛余）	$\leq 15\%$	$\leq 20\%$	$\leq 30\%$
2	抗压强度比	7d $\geq 75\%$	$\geq 65\%$	$\geq 60\%$

		28d	$\geq 75\%$	$\geq 65\%$	$\geq 60\%$
3	流动度比		$\geq 95\%$	$\geq 90\%$	$\geq 85\%$
4	亚甲蓝值 (MB _F 值)		$\leq 1.0 \text{ g/kg}$	$\leq 1.0 \text{ g/kg}$	$\leq 1.4 \text{ g/kg}$
5	含水量		$\leq 1.0\%$		
6	三氧化硫含量		$\leq 3.0\%$		
7	氯离子含量		$\leq 0.06\%$		
8	28d 收缩率比		$\leq 100\%$		
9	碱含量		—		

注：本规程对岩石基矿物掺合料的有效碱含量不作具体规定，有效碱含量用于计算混凝土的总碱含量。

5 混凝土性能

5.1 一般规定

5.1.1 全洞渣混凝土性能应根据其结构所处环境类别、作用等级、设计使用年限和施工要求进行确定。

5.1.2 全洞渣混凝土结构的环境作用等级划分和耐久性设计应符合《铁路混凝土结构耐久性设计规范》TB 10005 的规定；当混凝土结构受到多种环境类别共同作用时，应分别针对每种环境类别进行耐久性设计。

5.1.3 石灰岩、白云岩、大理岩等碳酸盐全洞渣混凝土用于长期低温、潮湿硫酸盐环境中应进行试验论证。

5.1.4 自密实混凝土、纤维混凝土、喷射混凝土等特种全洞渣混凝土的性能应符合《铁路混凝土工程施工质量验收标准》TB 10424 的规定。

5.2 拌合物性能

5.2.1 全洞渣混凝土拌合物应具有良好的黏聚性、保水性和流动性，不应出现明显的离析或泌水。

5.2.2 全洞渣混凝土拌合物的坍落度及其经时损失应满足设计和施工的要求。

5.2.3 全洞渣混凝土拌合物的工作性能应根据混凝土结构的类型、施工工艺、成型方式等确定，并应符合《铁路混凝土》TB/T 3275 的规定。

5.2.4 全洞渣混凝土拌合物的含气量应符合设计要求，当设计无明确要求时，含气量最低限值应符合《铁路混凝土》TB/T 3275 的规定。

5.2.5 全洞渣混凝土拌合物的入模温度宜为 5℃~30℃。

5.2.6 全洞渣混凝土拌合物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 力学性能

5.3.1 全洞渣混凝土力学性能应符合设计和《铁路混凝土》TB/T 3275 的规定。

5.3.2 全洞渣混凝土弹性模量应满足设计和施工控制要求。

5.3.3 全洞渣混凝土力学性能试件的取样、制作、养护应符合《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081 的规定，强度评定应符合《铁路混凝土强度检

验评定标准》TB 10425 的规定。

5.4 耐久性能

5.4.1 全洞渣混凝土耐久性能应符合设计和《铁路混凝土》TB/T 3275 的规定。

5.4.2 硫酸盐化学侵蚀环境下，全洞渣混凝土胶凝材料（含粉煤灰、矿渣粉、硅灰或岩石基矿物掺合料等）的抗硫酸盐侵蚀系数不应低于 0.80。

5.4.3 除硫酸盐外其他化学侵蚀环境下，全洞渣混凝土的抗化学腐蚀性能应通过专门试验研究确定。

5.4.4 磨蚀环境下，全洞渣混凝土的耐磨性应符合设计要求。

5.5 长期性能

5.5.1 无砟轨道底座板、双块式轨枕道床板、自密实充填层、隧道衬砌等结构用全洞渣混凝土的 56 d 干燥收缩率不应大于 400×10^{-6} 。

5.5.2 当设计要求开展徐变试验时，预应力全洞渣混凝土 28 d 龄期后加荷 90 d 的徐变度不应大于 $25 \times 10^{-6} \text{ MPa}^{-1}$ 。

5.5.3 当设计要求开展疲劳试验时，承受疲劳荷载作用的全洞渣混凝土预应力构件或结构，抗弯疲劳寿命不应小于 70 万次或抗压疲劳寿命不应小于 200 万次。

6 混凝土配合比设计

6.1 一般规定

- 6.1.1** 强度等级不小于 C50 或严重腐蚀环境下的全洞渣混凝土宜选用 I 类机制砂和 I 类岩石基矿物掺合料。
- 6.1.2** 用于梁体、轨道板和轨枕等预应力构件或结构的洞渣机制砂，石粉含量不宜大于 5.0%。
- 6.1.3** 全洞渣混凝土用外加剂应与洞渣机制砂相容性好，按附录 A 检测的砂浆扩展度宜不小于 80%。
- 6.1.4** 全洞渣混凝土配合比应按最小浆体比原则进行设计。
- 6.1.5** 全洞渣混凝土的总碱含量、总氯离子含量和总三氧化硫含量应符合《铁路混凝土》TB/T 3275 的规定。
- 6.1.6** 试验室确定全洞渣混凝土配合比后，尚应按照混凝土生产使用的设备进行搅拌站试拌，混凝土拌合物性能满足要求后方可用于生产。

6.2 配合比参数限值

- 6.2.1** 不同强度等级、不同环境下全洞渣混凝土的胶凝材料用量应符合《铁路混凝土》TB/T 3275 的规定。
- 6.2.2** 硅灰掺量不宜超过胶凝材料总量的 8%，且宜与其他矿物掺合料复合使用。
- 6.2.3** 不同环境下全洞渣混凝土中矿物掺合料的掺量应符合《铁路混凝土》TB/T 3275 的规定，岩石基矿物掺合料的掺量宜符合表 6.2.3 的要求。

表 6.2.3 岩石基矿物掺合料的掺量

环境类别	水胶比	
	≤0.4	>0.4
各类环境	≤30%	≤20%

注：1 本表规定的掺量范围适用于使用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥的全洞渣混凝土。

2 机制砂计入矿物掺合料的石粉应包含在上表的掺量之内。

- 6.2.4** 不同环境下全洞渣混凝土水胶比应符合《铁路混凝土》TB/T 3275 的规定。
- 6.2.5** 全洞渣混凝土砂率应根据骨料的粒径和混凝土的水胶比确定，并应符合《铁路混凝土》TB/T 3275 的规定。

6.3 配合比设计方法

6.3.1 全洞渣混凝土配合比设计应综合考虑洞渣骨料的表观密度、石粉含量、吸水率等特性，根据混凝土拌合物性能、设计强度和耐久性能要求，结合《铁路混凝土》TB/T 3275 中配合比参数限值和工程实践经验，初步确定全洞渣混凝土的砂率、骨料体积百分数、每立方米混凝土的用水量。

6.3.2 当机制砂中石粉含量大于 5.0% 时，应将超过 5.0% 的机制砂石粉作为矿物掺合料进行计算，全洞渣混凝土的机制砂和粗骨料用量应按下列式计算：

$$\beta_s = \frac{m_{s_0}}{m_{s_0} + m_g} \quad (6.3.2-1)$$

$$m_{s_0} = \begin{cases} m_s - m_s(\omega_{sp} - 5.0\%), & \omega_{sp} > 5.0\% \\ m_s, & \omega_{sp} \leq 5.0\% \end{cases} \quad (6.3.2-2)$$

$$V_{sg} = \frac{m_{s_0}}{\rho_s} + \frac{m_g}{\rho_g} \quad (6.3.2-3)$$

式中： β_s ——全洞渣混凝土的砂率（%）；

m_{s_0} ——用于计算砂率的机制砂质量（ kg/m^3 ）；

m_s ——每立方米混凝土的机制砂用量（ kg/m^3 ）；

ω_{sp} ——机制砂石粉含量（%）；

m_g ——每立方米混凝土的粗骨料用量（ kg/m^3 ）。

V_{sg} ——混凝土的砂石体积百分数（%）；

ρ_s ——机制砂的表观密度（ kg/m^3 ）；

ρ_g ——粗骨料的表观密度（ kg/m^3 ）。

6.3.3 全洞渣混凝土的配制强度应符合下列规定：

1 当全洞渣混凝土设计强度等级小于 C60 时，配制强度应按下列式计算：

$$f_{cu,0} \geq f_{cu,k} + 1.645\sigma \quad (6.3.3-1)$$

式中： $f_{cu,0}$ ——混凝土配制强度（MPa）；

$f_{cu,k}$ ——混凝土设计强度（MPa）；

σ ——混凝土强度标准差（MPa）。

2 当全洞渣混凝土设计强度等级大于等于 C60 时，配制强度应按下列式计算：

$$f_{cu,0} \geq 1.15f_{cu,k} \quad (6.3.3-2)$$

3 有近期全洞渣混凝土强度的统计资料时，混凝土强度标准差可按式（6.3.3-3）确定。混凝土强度等级大于等于 C30，计算的强度标准差不小于 2.5 MPa 时， σ 按照式（6.3.3-3）的计算结果取值，计算的强度标准差小于 2.5 MPa 时， σ 应取 2.5 MPa；混凝土强度等级小于 C30，计算的强度标准差不小于 3.0 MPa 时， σ 按照式（6.3.3-3）的计算结果取值，计算的强度标准差小于 3.0 MPa 时， σ 应取 3.0 MPa。

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_{cu,i}^2 - nm_{f_{cu}}^2}{n-1}} \quad (6.3.3-3)$$

式中： $f_{cu,i}$ ——第 i 组混凝土立方体抗压强度（MPa）；

n ——统计批内的试件组数， $n \geq 25$ ；

$m_{f_{cu}}$ —— n 组混凝土立方体抗压强度的平均值（MPa）。

4 没有近期全洞渣混凝土强度统计资料时，混凝土立方体抗压强度标准差可按表 6.3.3 选取，开工后应尽快积累统计资料，对混凝土立方体抗压强度标准差进行修正。

表 6.3.3 全洞渣混凝土强度标准差取值

强度等级	<C30	C30~C40	>C40
混凝土强度标准差（MPa）	3.5	4.5	5.5

6.3.4 全洞渣混凝土的水胶比应符合下列规定：

1 全洞渣混凝土的水胶比应按下列式计算：

$$W/B = \frac{\alpha_a \cdot f_b}{f_{cu,0} + \alpha_a \alpha_b f_b} \quad (6.3.4-1)$$

式中： W/B ——水胶比；

α_a, α_b ——回归系数，取值应符合《普通混凝土配合比设计规程》
JGJ55 的规定；

f_b ——胶凝材料 28 d 胶砂抗压强度（MPa）。

2 当胶凝材料 28 d 胶砂抗压强度无实测值时，可按下列式计算：

$$f_b = \prod \gamma_i \times \gamma_{sp} \times f_{ce} \quad (6.3.4-2)$$

$$f_{ce} = \gamma_c \times f_{ce,g} \quad (6.3.4-3)$$

式中： γ_i ——第*i*种岩石基矿物掺合料的影响系数；

γ_{sp} ——机制砂中石粉的影响系数；

f_{ce} ——水泥胶砂 28 d 抗压强度值（MPa）；

γ_c ——水泥强度等级值的富余系数；

$f_{ce,g}$ ——水泥强度等级值（MPa）。

3 矿物掺合料的影响系数宜通过实测得出；当无实测值时，岩石基矿物掺合料的影响系数可按表 6.3.4-1 选定。

表 6.3.4-1 岩石基矿物掺合料影响系数

岩石基矿物掺合料掺量	岩石基矿物掺合料影响系数 γ	
	I 级	II 级
0	1.00	1.00
10%	0.95	0.80
20%	0.85	0.70
30%	0.75	0.60

注：岩石基矿物掺合料掺量为其他值时，可采用插值法确定影响系数。

4 水泥强度等级值的富余系数宜按实际统计资料确定；当缺乏实际统计资料时，水泥强度等级值的富余系数可按《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的要求选定。

5 机制砂中石粉的影响系数宜通过实测得出；当无实测值时，机制砂石粉的影响系数可按表 6.3.4-2 选定。

表 6.3.4-2 机制砂石粉影响系数

机制砂中石粉含量 ω_{sp} (按机制砂质量计)	机制砂中石粉的影响系数 γ_{sp}
$\leq 5.0\%$	1.00
$5.0\% < \omega_{sp} \leq 7.0\%$	0.95
$7.0\% < \omega_{sp} \leq 10.0\%$	0.85

6.3.5 全洞渣混凝土的用水量应符合下列规定：

1 全洞渣混凝土的用水量应按《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的要求选定，当洞渣骨料吸水率较高时，可适当提高全洞渣混凝土的用水量。

2 掺加外加剂时，全洞渣混凝土的用水量应按下列公式计算：

$$m_{w_0} = m'_{w_0} (1 - \beta) \quad (6.3.5-1)$$

式中： m_{w_0} ——每立方米混凝土的用水量（ kg/m^3 ）；

m'_{w_0} ——未掺外加剂时推定的满足实际坍落度要求的每立方米混凝土用水量（ kg/m^3 ）；

β ——外加剂的减水率（%），应经混凝土试验确定。

3 掺加外加剂时，全洞渣混凝土的外加剂用量应按下列公式计算：

$$m_{a_0} = m_{b_0} \times \beta_a \quad (6.3.5-2)$$

式中： m_{a_0} ——每立方米混凝土的外加剂用量（ kg/m^3 ）；

m_{b_0} ——每立方米混凝土的胶凝材料用量（ kg/m^3 ）；

β_a ——外加剂的掺量（%），应经混凝土试验确定。

6.3.6 全洞渣混凝土的胶凝材料用量应按式（6.3.6）计算，并应进行试拌调整，在拌合物性能满足的情况下，取经济合理的胶凝材料用量。

$$m_{b_0} = \frac{m_{w_0}}{W/B} \quad (6.3.6)$$

式中： m_{b_0} ——每立方米混凝土的胶凝材料用量（ kg/m^3 ）；

m_{w_0} ——每立方米混凝土的用水量（ kg/m^3 ）；

W/B ——混凝土水胶比。

6.3.7 全洞渣混凝土的矿物掺合料用量应按下式计算：

$$m_{f_0} = m_{b_0} \beta_f \quad (6.3.7)$$

式中： m_{f_0} ——每立方米混凝土的矿物掺合料用量（ kg/m^3 ）；

β_f ——矿物掺合料掺量（%）。

6.3.8 全洞渣混凝土的水泥用量应按下式计算：

$$m_{c_0} = \begin{cases} m_{b_0} - m_{f_0} - m_s(\omega_{sp} - 5.0\%), & \omega_{sp} > 5.0\% \\ m_{b_0} - m_{f_0}, & \omega_{sp} \leq 5.0\% \end{cases} \quad (6.3.8)$$

式中： m_{c_0} ——每立方米混凝土的水泥用量（ kg/m^3 ）。

6.3.9 每立方米全洞渣混凝土的总碱含量、总氯离子含量、总三氧化硫含量和浆体比，经核算后应符合《铁路混凝土》TB/T 3275 的规定。

6.3.10 在试验室试拌全洞渣混凝土并测试拌合物性能。若测试值不满足设计要求，可适当调整全洞渣混凝土的砂率和外加剂用量，重新搅拌、测试拌合物性能，并对全洞渣混凝土的总碱含量、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，每盘全洞渣混凝土的最小搅拌量应在 20 L 以上，且不少于搅拌机容量的 1/3。

6.3.11 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。

6.3.12 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（6.3.12）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。

$$\delta = \frac{\rho_{ct}}{\rho_{cc}} \quad (6.3.12)$$

式中： δ ——校正系数；

ρ_{ct} ——混凝土拌合物的表观密度实测值（ kg/m^3 ）；

ρ_{cc} ——混凝土拌合物的表观密度设计值（ kg/m^3 ）。

7 全洞渣混凝土制备与施工

7.1 一般规定

7.1.1 全洞渣混凝土制备前应根据混凝土施工要求和结构特点，制定生产质量管理技术方案，并对原材料计量，混凝土拌制、运输、浇筑、拆模及养护等进行全过程质量控制。

7.1.2 全洞渣混凝土正式拌制前，宜上机试拌，对混凝土性能主要控制指标进行检验；结构施工前宜通过混凝土的试浇筑，对全洞渣混凝土配合比、施工工艺、施工机具的适应性进行检验。

7.1.3 当全洞渣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。

7.1.4 全洞渣混凝土制备过程中，应减少洞渣骨料转运，上料时应避免机制砂离析。

7.1.5 当机制砂中石粉含量变化超过 $\pm 2\%$ 或细度模数变化超过 ± 0.2 时，应通过拌合物性能试验及时调整施工配合比。

7.1.6 全洞渣混凝土施工过程中，当施工工艺及环境条件未发生明显变化、原材料品质在合格基础上发生波动时，应主动进行施工配合比调整，可对混凝土砂率、粗骨料分级比例、减水剂掺量、引气剂掺量等进行适当调整。

7.2 混凝土制备

7.2.1 全洞渣混凝土的原材料储存和运输、原材料计量、搅拌、运输等制备过程应符合《铁路混凝土工程施工技术规程》Q/CR 9207 的规定。

7.2.2 洞渣骨料应堆放在具有排水功能的硬化地面上，机制砂的含水率不宜超过8%，堆积高度不宜超过5 m，不同料源的机制砂应分开堆放。

7.2.3 水泥、矿物掺合料和粉状外加剂应注意防潮，散装材料采用密封罐储存。

7.2.4 计量设备应按照施工配合比准确称量原材料质量，混凝土原材料计量偏差应符合表 7.2.4 的规定。

表 7.2.4 全洞渣混凝土原材料称量允许偏差

原材料	水泥	骨料	水	外加剂	掺合料
-----	----	----	---	-----	-----

允许偏差	±1%	±2%	±1%	±1%	±1%
------	-----	-----	-----	-----	-----

7.2.5 全洞渣混凝土搅拌前，每工作班至少测定一次机制砂和粗骨料的含水率，根据含水率情况实时调整施工配合比。

7.2.6 全洞渣混凝土宜采用搅拌罐车运输，搅拌罐车接料前应排空罐内积水，运输途中及等候浇筑卸料时，搅拌运输车罐体应保持 2 r/min~4 r/min 的转速匀速运转，不得停转。搅拌罐车卸料前，罐体宜快速旋转搅拌 20 s~30 s 再卸料。

7.2.7 全洞渣混凝土应尽量减少转载次数和运输时间，从出机到浇筑的时间宜小于 120 min。

7.3 混凝土施工

7.3.1 全洞渣混凝土的浇筑、振捣、养护、拆模等施工过程应符合《铁路混凝土工程施工技术规程》Q/CR 9207 的规定。

7.3.2 自密实混凝土、纤维混凝土、喷射混凝土等特种全洞渣混凝土的施工应符合《铁路混凝土工程施工技术规程》Q/CR 9207 的规定。

7.3.3 全洞渣混凝土的浇筑应按施工方案规定的工艺和方法进行，浇筑过程中混凝土倾落高度宜控制在 2 m 内，防止离析。

7.3.4 全洞渣混凝土振捣宜采用插入式振捣器垂直点振，或采用插入式振捣器和附着式振捣器联合振捣。当全洞渣混凝土坍落度较小时，应加密振点分布。

7.3.5 全洞渣混凝土应加强早期养护，其养护方案或养护制度应根据环境条件、结构或构件特点以及混凝土入模性能要求等制定。

7.3.6 全洞渣混凝土浇筑完毕后应及时进行保湿养护，养护时间不宜低于 14 d。养护方法应根据构件外形选定，宜采用洒水、土工布覆盖浇水、包裹塑料薄膜、养护膜等潮湿养护，或喷涂养护剂保湿养护。日平均温度低于 5 °C 时，不宜采用洒水养护，但应采取保温、保湿养护措施。

7.3.7 当采取养护剂养护时，养护剂的有效保水率不应小于 85%，其他性能应满足《水泥混凝土养护剂》JC/T 901 的要求。养护剂成膜前不应淋雨或冲水，成膜后应及时覆盖土工布等。

7.3.8 全洞渣混凝土拆模时的强度应满足设计要求，大风或气温急剧变化时不应

拆模，拆模过程中不应中断养护工作。

7.3.9 冬期、夏期、大风干旱等特殊气候条件下，全洞渣混凝土应制定专项施工方案，并提前开展工艺性试验。

7.3.10 冬期施工期间，骨料中不得混有冰雪、冻块及易被冻裂的矿物质。全洞渣混凝土强度达到设计强度的 60%之前不应受冻；浸水冻融条件下的全洞渣混凝土强度达到设计强度的 75%之前不应受冻。

7.3.11 夏期施工期间，全洞渣混凝土从搅拌到入模的时间及浇筑时间应尽量缩短，并尽早开始养护。

7.3.12 大风干旱地区，现场浇筑的全洞渣混凝土可根据需要采用搭设作业棚、涂刷养护剂、掺用内养护剂等混凝土防裂措施。

8 质量检验与验收

8.1 一般规定

8.1.1 原材料应按规定批次核查质量证明文件，按本规程要求对原材料进行检验。

8.1.2 全洞渣混凝土应按本规程要求进行检验。

8.2 隧道洞渣

8.2.1 隧道洞渣母岩性能检验应在加工前进行，其样品要求应符合表 8.2.1 的规定。

表 8.2.1 隧道洞渣试验的样品要求

序号	检验项目	样品要求
1	块体干密度	规则试样： $\phi 50\text{mm} \times 50\text{mm}$ 的圆柱体或 $50\text{mm} \times 50\text{mm} \times 50\text{mm}$ 的立方体；
2	吸水率	不规则试样：边长为 $40\text{mm} \sim 60\text{mm}$ 的浑圆状岩块
3	饱和抗压强度	$\phi 50\text{mm} \times 50\text{mm}$ 的圆柱体或 $50\text{mm} \times 50\text{mm} \times 50\text{mm}$ 的立方体
4	软化系数	
5	点荷载强度指数	符合 TB 10115 规定的天然含水状态方块体、较规整块体或芯样
6	硫化物及硫酸盐含量	破碎、磨细成 $75\mu\text{m}$ 以下的粉末
7	氯化物含量	破碎成粒径 4.75mm 以下的颗粒
8	云母含量	
9	轻物质含量	
10	有机物含量	
11	碱活性	岩相法：破碎成粒径 $4.75\text{mm} \sim 19\text{mm}$ 的颗粒 快速砂浆棒法：破碎成粒径 4.75mm 以下的颗粒 岩石柱法：直径为 $9\text{mm} \pm 1\text{mm}$ 、长度为 $35\text{mm} \pm 5\text{mm}$ 的岩芯
12	坚固性	破碎成粒径 $4.75\text{mm} \sim 19\text{mm}$ 的颗粒
13	抗冻性	$\phi 50\text{mm} \times 50\text{mm}$ 的圆柱体或 $50\text{mm} \times 50\text{mm} \times 50\text{mm}$ 的立方体

8.2.2 隧道洞渣母岩的检验项目、检验方法和检验要求应符合表 8.2.2 的规定。

表 8.2.2 隧道洞渣母岩的检验项目、检验方法和检验要求

序号	检验项目	检验方法	检验要求
----	------	------	------

1	块体干密度	规则试样按 TB 10115 中量积法检验；不规则试样按 TB 10115 中水中称量法检验	√	出现下列情况时，检验一次： ①初次生产或转厂生产时。 ②料源改变或母岩性能发生较大变化时。 ③生产工艺发生变化或停产 6 个月以上恢复生产时。 ④正常生产时，每 6 个月进行一次。	√	隧道洞渣以 5000 t 或每五个生产日的量为一批，不足一个检验批次按一个检验批次计。
2	吸水率	按 TB 10115 检验	√		√	
3	饱和抗压强度		√		√	
4	软化系数		√			
5	点荷载强度指数		√		√	
6	硫化物及硫酸盐含量		按 GB/T 14684 检验		√	
7	氯化物含量	√				
8	云母含量	√				
9	轻物质含量	√				
10	有机物含量		√			
11	碱活性	按 TB/T 3275 检验	√			
12	坚固性	按 GB/T 14685 检验	√		√	
13	抗冻性	按 TB 10115 检验	√			

注：1 日常检验中，饱和抗压强度可采用点荷载强度指数代替，当判定结果不一致时，以饱和抗压强度结果为准。

2 对于岩石基矿物掺合料的隧道洞渣母岩，日常检验可只包括饱和抗压强度或点荷载强度指数。

8.3 原材料

8.3.1 洞渣机制砂的检验项目、检验方法和检验要求应符合表 8.2.1 的规定。

表 8.2.1 洞渣机制砂的检验项目、检验方法和检验要求

序号	检验项目	检验方法	检验要求			
1	颗粒级配	按 GB/T 14684 检验	√	出现下列情况时，检验一次： ①货源或生产工艺发生变更时。 ②连续使用同料源、同生产工艺、同品种、同规格的机制砂达一年。 ③长期停产后恢复生产时。	√	连续进场的同货源、同生产工艺、同品种、同规格的机制砂以 400 m ³ 或 600t 为一个检验批次，不足一个检验批次按一个检验批次计。
2	石粉含量和 MB 值		√		√	
3	泥块含量		√		√	
4	压碎指标		√		√	
5	表观密度		√		√	
6	饱和面干吸水率		√			
7	硫化物及硫酸盐含量		√			
8	氯化物含量		√			
9	云母含量		√		√	
10	轻物质含量		√		√	
11	有机物含量		√		√	

12	坚固性		√		√	
13	碱活性		√			
14	圆形度和长径比	按附录 B 检验	√		√	
15	流动度比	按附录 C 检验	√		√	

8.3.2 洞渣粗骨料的检验项目、检验方法和检验要求应符合《铁路混凝土工程施工质量验收标准》TB 10424 的规定。

8.3.3 岩石基矿物掺合料的检验项目、检验方法和检验要求应表 8.2.3 的规定。

表 8.2.3 岩石基矿物掺合料的检验项目、检验方法和检验要求

序号	检验项目	检验方法	检验要求			
1	细度	按 GB/T 1345 检验	√	出现下列情况时， 检验一次： ①货源或生产工艺发生变更时。 ②连续使用使用同厂家、同规格产品达 12 个月。 ③停产 6 个月以上后恢复生产时。	√	连续进场的同货源、同生产工艺、同品种、同规格的岩石基矿物掺合料以 500 t 为一个检验批次，不足一个检验批次按一个检验批次计。
2	7d 抗压强度比	按附录 D 检验	√		√	
3	28d 抗压强度比		√			
4	流动度比		√		√	
5	含水量	按 GB/T 35164 检验	√		√	
6	亚甲蓝 (MB) 值	按附录 E 检验	√		√	
7	三氧化硫含量	按 GB/T 176 检验	√			
8	氯离子含量		√			
9	收缩率比	按附录 F 检验	√			
10	有效碱含量	按附录 G 检验	√			

注：日常检验中，宜按 5000 t 为一批检验隧道洞渣岩石基矿物掺合料的三氧化硫含量、氯离子含量和有效碱含量

8.4 全洞渣混凝土

8.4.1 全洞渣混凝土拌合物性能、力学性能、耐久性能和长期性能的检验项目、检验要求应符合《铁路混凝土工程施工质量验收标准》TB 10424 的规定。

8.4.2 全洞渣混凝土拌合物检验方法按《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080 的规定进行，全洞渣混凝土力学性能的检验方法应按《混凝土物理力学性能试验方法标准》GB/T 50081 的规定进行，全洞渣混凝土长期性能和耐久性能的检验方法应按《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082 的规定进行。

8.4.3 全洞渣混凝土疲劳性能检验方法按《铁路混凝土疲劳性能试验规程》T/CECS 1499 的规定进行。

8.4.4 全洞渣混凝土工程施工质量验收应符合《铁路混凝土工程施工质量验收标准》TB 10424 的规定。

附录 A 减水剂与机制砂相容性试验方法

A.0.1 试验设备及材料应符合下列规定：

- 1 水泥胶砂搅拌机应符合《行星式水泥胶砂搅拌机》JC/T 681 的规定。
- 2 砂浆扩展度筒应采用抗翘曲刚性材料制成，内壁应光滑，内径应为（50±1）mm，高应为（190±2）mm。
- 3 捣棒应采用直径为（8±0.2）mm 的钢棒，端部应磨圆。
- 4 玻璃板的平面尺寸应不小于 400 mm×400 mm。
- 5 钢直尺的分度值应不大于 1 mm。
- 6 秒表的分度值应不大于 0.1 s。
- 7 基准砂应符合下列规定：
 - 1) SiO₂ 含量应不低于 95%；
 - 2) 压碎指标值应不大于 15%；
 - 3) 含水率应不大于 0.2%；
 - 4) MB 值应不大于 1.0 g/kg；
 - 5) 细度模数为 3.0±0.2，颗粒级配应满足表 A.0.1 的规定。

表 A.0.1 基准砂的颗粒级配

方孔筛筛孔尺寸	4.75mm	2.36mm	1.18mm	0.6mm	0.3mm	0.15mm	0.075mm	筛底
分计筛余	0	15%±3%	18%±3%	25%±3%	21%±3%	12%±3%	4%±3%	5%±1%

8 试验用原材料应为工程实际使用的水泥、减水剂和水。

A.0.2 试验应按下列步骤进行：

1 按《建设用砂》GB/T 14684 的规定对机制砂进行取样，筛除粒径大于 4.75 mm 以上的部分后将试样缩分至约 3000 g，放在干燥箱中于（105±5）℃下烘干至恒量，待冷却至室温后，分为大致相等的两份备用。

2 按表 A.0.2 确定对比砂浆和试验砂浆配合比。

表 A.0.2 砂浆配合比

砂浆种类	水泥 (g)	基准砂 (g)	机制砂 (g)	水 (g)	外加剂 (g)
对比砂浆	850	1350	—	230	扩展度为 300mm±5mm 时的用量
试验砂浆	850	—	1350	230	与对比砂浆相同

3 按《水泥胶砂强度检验方法(ISO法)》GB/T 17671 的规定进行砂浆搅拌。

4 将玻璃板水平放置,用湿布湿润玻璃板表面和扩展度筒内壁,并将扩展度筒竖立在玻璃板中间。将搅拌好的砂浆分两次倒入砂浆扩展度筒,每次倒入约筒高的 1/2,并用捣棒自边缘向中心按顺时针方向均匀插捣 15 下,各次插捣应在截面上均匀分布。插捣筒边砂浆时,捣棒可稍微沿筒壁方向倾斜。插捣底层时,捣棒应贯穿筒内砂浆深度,插捣第二层时,捣棒应插透本层至下一层的表面。插捣完毕后,砂浆表面应刮平,将筒缓慢匀速垂直提起至玻璃板 150 mm 的高度,并保持 10 s,待砂浆停止扩展后,测量其互相垂直的两个方向的扩展直径。

A.0.3 减水剂与机制砂相容性应以试验砂浆和对比砂浆的扩展度比评价,试验结果应按下式计算:

$$SL = \frac{X_1}{X_0} \times 100\% \quad (\text{A.0.3})$$

式中: SL ——扩展度比(%),精确至 1%;

X_0 ——对比砂浆的扩展度(mm);

X_1 ——试验砂浆的扩展度(mm)。

A.0.4 扩展度比应取 2 次试验结果的算术平均值,精确至 1%。

附录 B 洞渣机制砂圆形度和长径比试验方法

B.0.1 试验设备应符合下列规定：

- 1 机制砂颗粒形貌分析仪，性能满足下列要求：
 - 1) 测量范围：10 μm ~10000 μm ；
 - 2) 准确性误差：<3%；
 - 3) 重复性误差：<3%；
 - 4) 分析方法：数字图像处理；
 - 5) 分析参数：圆形度、长径比；
 - 6) 分析颗粒数量：>1000000 个/分钟；
 - 7) 成像 CCD：芯片尺寸>1/2 英寸，帧率>20 帧/秒；
 - 8) 成像镜头：远心镜头，放大倍数：0.3~1 倍；
 - 9) 成像光源：平面白光源；
 - 10) 下料方式：电磁振动，速度可调；
 - 11) 分散方式：超声波，功率>50 W。

2 数字图像处理软件：可进行照片预处理，并将数码图像转变成二维化图形，以获取颗粒投影面积 S 、投影周长 p 及投影最小外接矩形的长 b 和宽 a ，如图 B.0.1 所示。

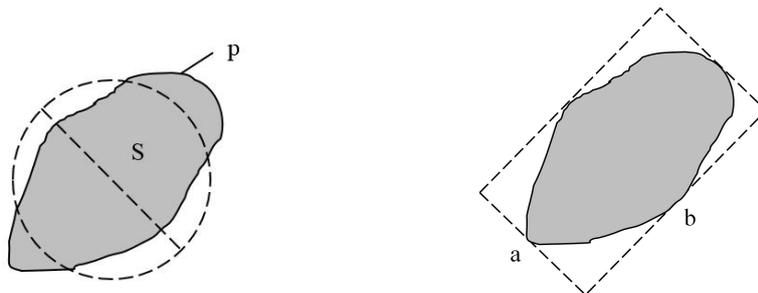


图 B.0.1 颗粒数字图像的二维化处理结果示意图

B.0.2 试验应按下列步骤进行：

1 按《建设用砂》GB/T 14684 的规定取样，并将试样缩分至约 200 g，放在干燥箱中于 (105 ± 5) $^{\circ}\text{C}$ 下烘干至恒量，待冷却至室温后，分为大致相等的两份备用。

2 将机制砂颗粒形貌分析仪平稳置于水平工作台上，连接仪器的测试主机、显示器、超声分散器等装置，打开测试软件。

3 用小勺将样品逐渐加入洞渣机制砂颗粒形貌分析仪进样料斗中,直至样品全部经过测试后,停止测试。

B.0.3 试验结果计算应符合下列规定:

1 圆形度应按下式计算:

$$C = \frac{2\sqrt{\pi S}}{p} \quad (\text{B.0.3-1})$$

式中: C ——圆形度;

S ——颗粒的投影面积 (mm^2);

p ——颗粒投影周长 (mm)。

2 长径比应按下式计算:

$$L_w = \frac{b}{a} \quad (\text{B.0.3-2})$$

式中: L_w ——长径比;

a ——颗粒投影最小外接矩形的宽 (mm);

b ——颗粒投影最小外接矩形的长 (mm)。

B.0.4 圆形度和长径比应取两次试验结果的算术平均值,精确至 0.01。

附录 C 洞渣机制砂流动度比试验方法

C.0.1 试验设备及材料应符合下列规定：

- 1 试验用仪器应符合《水泥胶砂流动度测定方法》GB/T 2419 和《水泥胶砂强度检验方法（ISO 法）》GB/T 17671 的规定。
- 2 基准砂应符合本规程 A.0.1 的规定。
- 3 基准水泥应符合《混凝土外加剂》GB 8076 的规定。
- 4 试验用水应采用饮用水或蒸馏水。

C.0.2 试验应按下列步骤进行：

- 1 按《建设用砂》GB/T 14684 的规定取样，并将试样缩分至约 3000 g，放在干燥箱中于（105±5）℃下烘干至恒量，待冷却至室温后，分为大致相等的两份备用。
- 2 按表 C.0.2 确定对比胶砂和试验胶砂配合比。
- 3 按《水泥胶砂流动度测定方法》GB/T 2419 相关规定分别测定对比胶砂和试验胶砂的胶砂流动度。

表 C.0.2 试验胶砂配合比

胶砂种类	水泥/g	砂/g		水/g
		基准砂	洞渣机制砂	
对比胶砂	450	1350	—	225
试验胶砂	450	—	1350	225

C.0.3 流动度比试验结果应按下式计算：

$$F = \frac{X_1}{X_0} \times 100 \quad (\text{C.0.3})$$

式中： F ——流动度比（%）；

X_0 ——对比胶砂流动度（mm）；

b ——试验胶砂流动度（mm）。

C.0.4 胶砂流动度比应取两次试验结果的算术平均值，精确至 1%。

附录 D 岩石基矿物掺合料流动度比和抗压强度比试验方法

D.0.1 试验设备及材料应符合下列规定：

1 试验用仪器应符合《水泥胶砂流动度测定方法》GB/T 2419 和《水泥胶砂强度检验方法（ISO 法）》GB/T 17671 的规定。

2 基准砂应符合本规程 A.0.1 的规定。

3 基准水泥应符合《混凝土外加剂》GB 8076 的规定。

4 试验用水应采用饮用水或蒸馏水。

D.0.2 试验应按下列步骤进行：

1 按表 D.0.2 确定对比胶砂和试验胶砂配合比。

表 D.0.2 试验胶砂配合比

胶砂种类	基准水泥 (g)	岩石基矿物掺合料 (g)	基准砂 (g)	水 (g)
对比胶砂	450	—	1350	225
试验胶砂	315	135	1350	225

2 按《水泥胶砂强度检验方法（ISO 法）》GB/T 17671 的规定进行胶砂搅拌。

3 按《水泥胶砂流动度测定方法》GB/T 2419 的规定进行对比胶砂和试验胶砂的流动度试验。

4 按《水泥胶砂强度检验方法（ISO 法）》GB/T 17671 的规定进行对比胶砂和试验胶砂的 7d、28d 抗压强度试验。

D.0.3 试验结果计算应符合下列规定：

1 岩石基矿物掺合料流动度比应按下式计算：

$$F = \frac{X_1}{X_0} \times 100\% \quad (\text{D.0.3-1})$$

式中： F ——流动度比（%），精确至 1%；

X_0 ——对比胶砂流动度（mm）；

X_1 ——试验胶砂流动度（mm）。

2 岩石基矿物掺合料抗压强度比应按下式计算：

$$A = \frac{R_1}{R_0} \times 100\% \quad (\text{D.0.3-2})$$

式中： A ——抗压强度比（%），精确至 1%；

R_0 ——对比胶砂的抗压强度（MPa）；

R_1 ——试验胶砂的抗压强度（MPa）。

附录 E 岩石基矿物掺合料 MB_F 值试验方法

E.0.1 试验设备及材料应符合下列规定：

- 1 试验用仪器应符合《建设用砂》GB/T 14684 的规定。
- 2 亚甲蓝的纯度不应小于 98.5%，亚甲蓝溶液的制备应符合《建设用砂》GB/T 14684 的规定。
- 3 试验用水应采用饮用水或蒸馏水。

E.0.2 试验应按下列步骤进行：

1 按《水泥取样方法》GB/T 12573 的规定对岩石基矿物掺合料进行取样，将样品缩分至 200 g，在烘箱中于 (105 ± 5) °C 下烘干至恒重，冷却至室温。

2 称取 50 g 岩石基矿物掺合料，精确至 0.1 g。将样品倒入盛有 (500 ± 5) mL 蒸馏水的烧杯中，用搅拌器以 (600 ± 60) r/min 转速搅拌 5 min，形成悬浮液，然后以 (400 ± 40) r/min 转速持续搅拌，直至试验结束。

3 在悬浮液中用 5 mL 移液管加入 5 mL 亚甲蓝溶液，以 (400 ± 40) r/min 转速搅拌至少 1 min 后，用玻璃棒蘸取一滴悬浮液滴于快速定量滤纸上。所取悬浮液滴应使沉淀物直径在 8 mm ~ 12 mm。滤纸置于空烧杯杯口或其他合适的支撑物上，滤纸表面不与任何其他物质接触。若滤纸上的沉淀物周围未出现色晕，再加入 5 mL 亚甲蓝溶液，继续搅拌 1 min，再用玻璃棒蘸取一滴悬浮液滴于滤纸上。若沉淀物周围仍未出现色晕，重复上述步骤，直至沉淀物周围出现约 1 mm 宽的稳定浅蓝色晕。

4 继续搅拌，不再加入亚甲蓝溶液，用秒表计时，每 1 min 用玻璃棒蘸取一滴悬浮液滴于滤纸上。若色晕在 4 min 内消失，再加入 5 mL 亚甲蓝溶液；若色晕在第 5 min 消失，再用 2 mL 移液管加入 2 mL 亚甲蓝溶液。在上述两种情况下，均应继续进行搅拌，并用玻璃棒蘸取一滴悬浮液滴于滤纸上观察色晕，直至色晕可持续 5 min。

5 记录色晕可持续 5 min 时所加入的亚甲蓝溶液总体积，精确至 1 mL。

E.0.3 岩石基矿物掺合料 MB_F 值试验结果按下式计算：

$$MB_F = \frac{V \times 10 \times 0.25}{m_0} \quad (\text{E.0.3})$$

式中： MB_F ——岩石基矿物掺合料的 MB 值 (g/kg)，精确至 0.01 g/kg；

V ——所加入的亚甲蓝溶液的总量 (mL) ；

m_0 ——岩石基矿物掺合料的质量 (g) 。

附录 F 岩石基矿物掺合料收缩率比试验方法

F.0.1 试验设备及材料应符合下列规定：

1 试验用仪器应符合《水泥胶砂干缩试验方法》JC/T 603 的规定。试验所需采用的仪器设备及材料如下：

- 2 基准砂应符合本规程 A.0.1 的规定。
- 3 基准水泥应符合《混凝土外加剂》GB 8076 的规定。
- 4 试验用水应采用饮用水或蒸馏水。

F.0.2 试验应按下列步骤进行：

1 成型前将试模擦净，四周的模板与底座紧密装配，内壁均匀涂刷脱模剂。钉头擦净后嵌入试模孔中，并在孔内左右转动，使钉头与孔准确配合。

- 2 按表 F.0.2 确定对比胶砂和试验胶砂配合比。

表 F.0.2 试验胶砂配合比

胶砂种类	基准水泥 (g)	岩石基矿物掺合料 (g)	基准砂 (g)	水 (g)
对比胶砂	500	—	1000	200
试验胶砂	350	150	1000	200

- 3 按《水泥胶砂强度检验方法 (ISO 法)》GB/T 17671 的规定进行胶砂搅拌。

4 按《水泥胶砂干缩试验方法》JC/T 603 的规定进行成型、养护、存放和收缩率试验。

F.0.3 岩石基矿物掺合料收缩率比试验结果按下式计算：

$$R_S = \frac{S_1}{S_0} \times 100\% \quad (\text{F.0.3})$$

式中： R_S ——岩石基矿物掺合料收缩率比 (%)，精确至 1%；

S_0 ——基准胶砂 28 d 龄期干燥收缩率 (1.0×10^{-6})；

S_1 ——试验胶砂 28 d 龄期干燥收缩率 (1.0×10^{-6})。

附录 G 岩石基矿物掺合料有效碱含量试验方法

G.0.1 试验设备及材料应符合下列规定：

- 1 火焰光度计应能稳定测定钠在波长 589 nm 处和钾在波长 768 nm 处的谱线强度。
- 2 天平的分度值应不大于 0.0001 g。
- 3 试验用氧化钠和氧化钾标准溶液应符合下列规定：
 - 1) 称取 1.8559 g 已于 105 °C ~ 110 °C 烘干 2 h 的氯化钠 (NaCl, 基准试剂或光谱纯) 及 1.5829 g 已于 105 °C ~ 110 °C 烘干 2 h 的氯化钾 (KCl, 基准试剂及光谱纯), 精确至 0.0001g。
 - 2) 将称取后的氯化钠和氯化钾置于烧杯中, 加去离子水溶解后, 移入 1000 mL 容量瓶中, 用去离子水稀释至刻度, 摇匀, 贮存于塑料瓶中。
 - 3) 标准溶液应每毫升含 1mg 氧化钠及 1mg 氧化钾。
- 4 试验用饱和石灰水溶液应通过将 0.2 g 的氢氧化钙溶解于 100 mL 水中制成, 用时现配。
- 5 试验用氨水应为氨水 (1+1)。
- 6 试验用碳酸铵溶液的浓度应为 100 g/L。
- 7 试验用甲基红指示剂应为 2 g/L 乙醇溶液。
- 8 试验用盐酸应为盐酸溶液 (1+1)。
- 9 试验用水应采用蒸馏水。

G.0.2 试验应按下列步骤进行：

- 1 分别向 500 mL 容量瓶中注入 0 mL、2.50 mL、5.00 mL、10.00 mL、15.00 mL、20.00 mL、25.00 mL 的氧化钠和氧化钾标准溶液, 用去离子水稀释至刻度, 摇匀, 然后分别于火焰光度计上按仪器使用规程进行测定, 根据测得的检流计读数与溶液的浓度关系, 分别绘制氧化钠和氧化钾的工作曲线。
- 2 将岩石基矿物掺合料在 105°C ~ 110°C 下烘干 24 h, 称取 0.5 g 岩石基矿物掺合料试样, 精确至 0.0001 g, 放置于 250 mL 的锥形瓶中。
- 3 向锥形瓶中加入 100 mL 饱和石灰水, 加入 1 滴甲基红指示剂, 用氨水 (1+1) 中和至黄色, 再加入 10 mL 碳酸铵溶液, 用玻璃棒充分搅拌, 使试样分散均匀。
- 4 放入一根搅拌子, 装上冷凝管, 以适当的速度搅拌溶液, 同时升温并加热

煮沸 2 h。

5 取下锥形瓶并冷却至室温，用快速定性滤纸过滤，将滤液定容至 250 mL 容量瓶中。

6 用盐酸溶液中和至溶液呈微红色，用水稀释至刻度，摇匀，在火焰光度计上按仪器使用规程进行测定。

7 在氧化钠和氧化钾的工作曲线上分别求出氧化钠含量和氧化钾含量。

G.0.3 试验结果计算应符合下列规定：

1 氧化钠的质量分数应按下列式计算：

$$\omega_{\text{Na}_2\text{O}} = \frac{m_1}{m_0} \times 250 \quad (\text{G.0.3-1})$$

式中： $\omega_{\text{Na}_2\text{O}}$ ——氧化钠的质量分数（%），精确至 0.1%；

m_1 ——每 100 mL 被测定溶液中氧化钠的含量（g）；

m_0 ——岩石基矿物掺合料的质量（g）。

2 氧化钾的质量分数应按下列式计算：

$$\omega_{\text{K}_2\text{O}} = \frac{m_2}{m_0} \times 250 \quad (\text{G.0.3-2})$$

式中： $\omega_{\text{K}_2\text{O}}$ ——氧化钾的质量分数（%），精确至 0.1%；

m_2 ——每 100 mL 被测定溶液中氧化钾的含量（g）；

m_0 ——岩石基矿物掺合料的质量（g）。

3 岩石基矿物掺合料有效碱含量按下式计算：

$$\omega_{\text{Na}_2\text{O}(\text{eq})} = \omega_{\text{Na}_2\text{O}} + 0.658\omega_{\text{K}_2\text{O}} \quad (\text{G.0.3-3})$$

式中： $\omega_{\text{Na}_2\text{O}(\text{eq})}$ ——岩石基矿物掺合料有效碱含量（%），精确至 0.1%；

$\omega_{\text{Na}_2\text{O}}$ ——氧化钠的质量分数（%）；

$\omega_{\text{K}_2\text{O}}$ ——氧化钾的质量分数（%）。

用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1) 表示很严格,非这样做不可的:

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:

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:

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,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

本规程引用下列标准。其中，注日期的，仅该日期对应的版本适用本标准；不注日期的，其最新版适用于本规程。

《水泥取样方法》 GB/T 12573

《建设用砂》 GB/T 14684

《水泥胶砂强度检验方法（ISO 法）》 GB/T 17671

《水泥胶砂流动度测定方法》 GB/T 2419

《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》 GB/T 50080

《混凝土物理力学性能试验方法标准》 GB/T 50081

《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》 GB/T 50082

《混凝土质量控制》 GB 50164

《建筑材料放射性核素限量》 GB 6566

《混凝土外加剂》 GB 8076

《铁路混凝土结构耐久性设计规范》 TB 10005

《铁路混凝土工程施工质量验收标准》 TB 10424

《铁路混凝土强度检验评定标准》 TB 10425

《铁路混凝土》 TB/T 3275

《水泥胶砂干缩试验方法》 JC/T 603

《行星式水泥胶砂搅拌机》 JC/T 681

《水泥胶砂振动台》 JC/T 723

《水泥胶砂电动抗折试验机》 JC/T 724

《水泥胶砂强度自动压力试验机》 JC/T 960

《普通混凝土配合比设计规程》 JGJ 55

《混凝土泵送施工技术规程》 JGJ/T 10

《铁路混凝土疲劳性能试验规程》 T/CECS 1499

中国工程建设标准化协会标准

铁路全洞渣混凝土应用技术规程

T/CECS 1XXX—202X

条文说明

制定说明

本规程制定过程中，编制组深入调研分析了我国铁路全洞渣混凝土应用技术现状，总结了我国铁路工程建设领域全洞渣混凝土原材料技术要求、性能、配合比设计、制备与施工等方面的实践经验，同时参考了国外先进技术法规、技术标准，确定了全洞渣混凝土原材料技术指标、配合比设计参数以及洞渣机制砂与岩石基矿物掺合料试验方法等。本规程的编制遵循了可操作性强、与现行相关标准相协调、安全可靠、技术先进的总体原则。

为便于广大技术和管理人员在使用本规程时能正确理解和执行条款规定，《铁路全洞渣混凝土应用技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条款规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项等进行了说明。本条文说明不具备与标准正文及附录同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1 总 则	43
3 基本规定	44
4 原材料技术要求	46
4.1 一般规定	46
4.2 洞渣机制砂	46
4.4 岩石基矿物掺合料	46
5 混凝土性能	47
5.1 一般规定	47
5.5 长期性能	47
6 混凝土配合比设计	48
6.1 一般规定	48
6.3 配合比设计方法	48
7 混凝土制备与施工	49
7.2 混凝土制备	49

1 总 则

1.0.1 铁路工程逐渐向高原艰险山区推进，其建设存在巨大方量隧道洞渣处置难与大宗性地材资源短缺的矛盾，我国铁路工程已逐渐采用隧道洞渣制备砂石骨料和岩石基矿物掺合料，将其应用于水泥混凝土中，以缓解大宗性地材资源短缺问题，减少对生态环境的危害，实现隧道洞渣资源化利用。全洞渣混凝土的工程应用和研究已有一定的技术基础和成果，但尚未形成全洞渣混凝土应用技术标准，不利于全洞渣混凝土的质量控制，为规范铁路全洞渣混凝土应用，保障铁路全洞渣混凝土工程质量，特制定本规程。

3 基本规定

3.0.1 选择符合要求且性能稳定的隧道洞渣母岩是保障产品质量的关键。隧道洞渣的数量和质量可能随着铁路工程隧道开挖进程的变化产生较大的波动，本条针对隧道洞渣特性，要求其储量具有一定规模，以满足其作为洞渣骨料和岩石基矿物掺合料料源的基本要求；同时，在隧道岩体地质条件变化时，需加强隧道洞渣性能检测，保证母岩性能满足本规程技术要求。

3.0.2 《十部门关于推进机制砂石行业高质量发展的若干意见》工信部联原(2019)239号文件中提出，推进智能制造，开发和推广适合砂石骨料行业的智能设备、控制系统、检测设备，利用信息化手段提高对砂石产品粒形、级配、产出率的控制能力。通过采用先进的生产设备和智能化监控系统，可以有效提升机制砂的生产效率和产品质量，以确保机制砂生产质量稳定。

3.0.3 本条文旨在明确铁路全洞渣混凝土耐久性设计的基本原则。铁路工程混凝土结构服役过程中面临冻融循环、化学侵蚀、机械磨损等多种环境因素的挑战，服役环境分析是耐久性设计的基础，设计使用年限是耐久性设计的重要依据，设计 requirements 是耐久性设计的具体指导。综合考虑上述因素，以确保全洞渣混凝土结构在预期年限内能够安全、可靠地服役。

3.0.5 铁路工程预应力构件和结构承受列车动态疲劳荷载、结构形式复杂、服役环境多样，且具有“动态抗疲劳、静态低变形、长期高耐久”的特征，对其材料性能有着极高的要求。尽管目前机制骨料已经在铁路工程广泛应用，尤其机制砂在铁路工程中的年应用占比已超过铁路细骨料总用量的 60%，但机制砂在铁路预应力混凝土结构中应用仍然受限，一方面与传统观念下机制骨料质量良莠不齐相关，另一方面与机制骨料预应力混凝土结构性能数据缺少相关。编制组采用石灰岩、花岗岩、片麻岩、凝灰岩、玄武岩等典型岩性机制骨料制备铁路高强混凝土，获得了其弹性模量、收缩徐变、疲劳性能的变化规律，并制备了机制骨料混凝土箱梁、T 梁、轨枕、轨道板和接触网支柱等预应力构件，验证了质量符合本规程技术要求的机制骨料，在铁路预应力构件或结构中具有应用可行性。本条文规定全洞渣混凝土用于预应力构件或结构时，应进行弹性模量、收缩、徐变和疲劳等性能检验，以确保全洞渣混凝土预应力构件或结构的安全性和可靠性。

3.0.6 部分洞渣机制砂在不含黏土的情况下也对外加剂吸附性较高，导致全洞渣

混凝土经时工作性能损失显著，影响施工。因此，全洞渣混凝土配制前应验证洞渣机制砂与外加剂相容性，优选外加剂调控混凝土的施工性能。

3.0.7 湿法加工工艺采用大量水清洗洞渣骨料，达到去除洞渣骨料中杂质的作用，絮凝剂通常被用于洗砂污水的沉淀处理，而后含有絮凝剂的清水随着循环利用要求被重新用于清洗洞渣骨料，导致洞渣骨料中残留絮凝剂。部分隧道洞渣加工场为快速清洗洞渣骨料，直接在清洗洞渣骨料过程中加入絮凝剂，导致洞渣骨料中残留大量絮凝剂。残留絮凝剂降低全洞渣混凝土流动性和均匀性，延缓混凝土的硬化时间和早期强度发展，降低混凝土的耐久性，因此，湿法加工工艺产出的洞渣骨料应用前应验证残留絮凝剂对混凝土性能的影响。

3.0.10 铁路混凝土生产与应用技术已取得长足的进步，采用现代化管理手段、先进生产工艺和信息化监测技术，是提高铁路全洞渣混凝土专业化、工厂化、机械化和信息化水平的关键措施，可以有效保障铁路工程的混凝土质量，推动铁路工程建设的高质量发展。

4 原材料技术要求

4.1 一般规定

4.1.2 用于配制全洞渣混凝土的洞渣机制砂、洞渣粗骨料和岩石基矿物掺合料，选择同料源母岩，可以减少材料间的性能差异，提高混凝土匀质性，避免因母岩性质不同导致的混凝土内部应力分布不均或界面过渡区薄弱等问题。

4.1.6 磨蚀环境中风沙、河水或泥砂在混凝土表面高速流动导致混凝土表面损伤，抗磨性能低的洞渣骨料在磨蚀环境下容易发生颗粒破碎或磨损，导致混凝土表面剥落、强度下降，进而影响结构的耐久性和使用寿命。通过检验隧道洞渣母岩的耐磨性，可以筛选出适合磨蚀环境的高质量母岩，确保洞渣骨料在混凝土中能够有效抵抗磨蚀作用，维持混凝土的完整性和功能性。隧道洞渣母岩耐磨性试验可参考《公路工程 水泥混凝土用机制砂》JT/T 819-2023 进行检验性，母岩的磨光值应不小于 38.0。

4.2 洞渣机制砂

4.2.1 工程实践表明，部分强度低于 60 MPa 母岩制成的机制砂，在优化混凝土配合比、提高其他组分原材料品质等条件下，也能取得良好的应用效果。鉴于此，本条文综合考虑实际工程的应用需求，提出当使用饱和抗压强度在 45 MPa~60 MPa 范围内的母岩时，应进行专项试验论证。母岩抗压强度下限 45 MPa 参考了《建设用卵石、碎石》GB/T 14685 中对母岩的规定。专项试验应包括全洞渣混凝土的工作性能、力学性能及长期耐久性等。

4.4 岩石基矿物掺合料

4.4.2 根据细度、活性指数、流动度比、亚甲基蓝值等关键技术指标，将岩石基矿物掺合料分成 I、II、III 级。编制组采用石灰岩、花岗岩、片麻岩、白云岩等不同岩性的岩石基矿物掺合料进行了性能检测，其 7 d 和 28 d 活性指数在 65%~83% 之间，流动度比不小于 90%，亚甲基蓝值在 0.25 g/kg~1.5 g/kg 之间，28 d 收缩率比 58%~87% 之间，以上述测试限值为依据，针对实际应用需求提出了岩石基矿物掺合料的技术要求。

5 混凝土性能

5.1 一般规定

5.1.3 当环境温度长期低于15 °C、存在硫酸盐和水分时，碳酸钙会与硫酸盐发生碳硫硅钙石型硫酸盐侵蚀，侵蚀产物呈泥状，无法维持混凝土强度和胶结性，导致骨料脱落、结构开裂和耐久性破坏，因此，混凝土长期与年平均环境温度低于15 °C硫酸盐环境接触的条件下，不宜使用石灰岩、白云岩、大理岩等碳酸盐骨料制备混凝土。

5.5 长期性能

5.5.2 收缩和徐变会使预应力混凝土结构内的预应力损失增加，影响结构安全。因此，预应力混凝土结构需要严格限制混凝土的干燥收缩和徐变。铁路工程预应力混凝土的干燥收缩率和受压徐变度参照《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082进行检测。编制组采用典型岩性洞渣骨料制备了梁、轨道板、轨枕等满足设计要求的预应力结构用混凝土，根据干燥收缩率和受压徐变度的检测结果提出了相应的技术要求。

5.5.3 疲劳荷载是指反复作用的动态荷载，轨道板、轨枕等铁路混凝土结构在长期疲劳荷载作用下可能导致混凝土和预应力筋的疲劳损伤，进而引发裂缝扩展、预应力损失甚至结构破坏，规定混凝土疲劳寿命可以确保结构在设计使用年限内能够安全承受反复荷载，避免因疲劳失效导致的安全事故。铁路工程预应力混凝土的疲劳寿命参照《铁路混凝土疲劳性能试验规程》T/CECS 1499的规定进行检测。编制组获得了轨道板、轨枕等结构用全洞渣混凝土的抗弯疲劳性能和抗压疲劳性能，由此提出了相应的技术要求。

6 混凝土配合比设计

6.1 一般规定

6.1.2 编制组研究发现，洞渣机制砂中石粉含量对预应力混凝土的结构性能影响显著。以C60轨道板混凝土为例，当石粉含量由0增长到5%时，预应力全洞渣混凝土的钢筋黏结性能和抗疲劳性能提升、干燥收缩和徐变降低，即适量的石粉提高了预应力全洞渣混凝土结构性能；当石粉含量由5%增长到10%时，部分结构性能开始降低，其钢筋黏结性能和抗疲劳性能比石粉含量为0的全洞渣混凝土更低；当石粉含量增长至15%时，预应力全洞渣混凝土的结构性能显著降低。因此，为保障预应力全洞渣混凝土具有良好的结构性能，其石粉含量不宜大于5%。

6.3 配合比设计方法

6.3.4 岩石基矿物掺合料由石粉经过工业化加工而成，由于生产工艺、改性材料成分和用量等参数的不同，其活性指数差异性较大，因而本规程未推荐岩石基矿物掺合料的影响系数取值。表6.3.4中机制砂石粉含量的影响系数取值，来自编制组前期开展的石粉对水泥浆体性能影响研究的数据。

7 混凝土制备与施工

7.2 混凝土制备

7.2.2 洞渣机制砂中含有一定量的石粉，堆料过高时易发生离析，通常要求不超过5 m。

7.2.5 全洞渣混凝土对原材料含水率较为敏感，当洞渣骨料中含水率较高而施工配合比未进行相应调整时，全洞渣混凝土容易发生离析、泌水等现象，因此，应加强砂石含水率的检测，及时根据砂石含水率调整全洞渣混凝土施工配合比。