

中国公路建设行业协会标准

公路桥涵结构混凝土机制砂应用技术规程

Manufactured sand for Highway Bridge and Culvert structures

Application technical specification

主 编 单 位：安徽开源路桥有限责任公司

安徽省交通控股集团有限公司

参 编 单 位：安徽省公路管理服务中心

安徽省交通工程质量安全管理服务中心

交通运输部公路科学研究院

安徽省交通规划设计研究总院股份有限公司

安徽省高速公路试验检测研究中心有限公司

中煤第三建设（集团）有限责任公司

安徽开源工程试验检测有限公司

前言

本规程按照《公路工程标准编写导则》（JTG A04）和《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》（GB/T 1.1-2020）给出的规则起草。

编写组在总结机制砂在国内外公路桥涵结构混凝土中应用经验和科研成果的基础上，经分析梳理、试验论证，并广泛征求有关意见，制定本规程。

本规程共分8章、1个附录。主要包括：1 总则；2 术语；3 基本规定；4 机制砂规格和类别；5 机制砂技术要求；6 机制砂公路桥涵结构混凝土技术要求；7 机制砂公路桥涵结构混凝土施工；8 检验与质量控制。

请各有关单位在执行过程中，将发现的问题和意见，函告本规程日常管理组，联系人吴言安（地址：合肥市高新区天智路17号，邮编：230088，电话：0551-67182909，电子邮箱 244878226@qq.com），以便下次修订时参考。

目 次

1 总则.....	1
2 术语.....	2
3 基本规定.....	3
4 机制砂规格和类别.....	3
4.1 规格.....	3
4.2 类别.....	3
4.3 颗粒级配.....	4
5 机制砂技术要求.....	4
5.1 一般规定.....	4
5.2 技术要求.....	4
6 机制砂公路桥涵结构混凝土技术要求.....	5
6.1 一般规定.....	5
6.2 技术要求.....	6
7 机制砂公路桥涵结构混凝土施工.....	8
7.1 一般规定.....	8
7.2 拌制与运输.....	9
7.3 混凝土浇筑.....	10
7.4 混凝土养护.....	11
8 检验与质量控制.....	11
8.1 一般规定.....	11
8.2 机制砂检验.....	12
8.3 机制砂公路桥涵结构混凝土检验与质量控制.....	15
附录：规范性引用文件.....	16
本规程用词用语说明.....	17

1 总则

1.0.1 为促进机制砂行业发展，进一步规范机制砂在公路桥涵结构混凝土中的应用，保证桥涵结构物工程质量，特制订本规程。

1.0.2 本规程适用于公路桥涵结构混凝土用机制砂质量控制及机制砂公路桥涵结构混凝土配合比设计、施工、质量检验与验收。

1.0.3 本规程所用试验仪器应经国家有关机构检定、校准合格，并符合本规程要求。

1.0.4 公路桥涵结构混凝土机制砂应用除应符合本规程外，尚应符合有关法律、法规和现行国家、行业标准和规范的有关规定。

2 术语

2.0.1 机制砂 manufactured sand

经除土处理，由机械反复破碎、整形、筛分制成的，粒径小于 4.75mm 的岩石颗粒，但不包括软质岩石、风化岩石的颗粒。

2.0.2 石粉 Stone Dust

机制砂中粒径小于 0.075mm 且其矿物组成和化学成分与被加工母岩相同或相近的颗粒。

2.0.3 石粉含量 Stone content

机制砂中粒径小于 0.075mm 的颗粒的质量百分率。

2.0.4 泥块含量 clay lumps and friable particles content

机制砂中原粒径大于 1.18mm，经水浸洗、手捏后小于 0.60mm 的颗粒含量。

2.0.5 吸水率 water absorption

骨料表面干燥而内部孔隙含水达到饱和时的含水率。

2.0.6 轻物质 light materials

表观密度小于 2000kg/m³ 的物质。

2.0.7 压碎指标 crushing index value

用于衡量机制砂在逐渐增加的荷载下抵抗压碎的能力。

2.0.8 亚甲蓝 (MB) 值 methylene blue value

用于判定机制砂中粒径小于 0.075mm 颗粒的吸附性能的指标。

2.0.9 机制砂混凝土 manufactured sand concrete

以机制砂为细骨料配制的水泥混凝土。

2.0.10 粗制砂工艺 rough machining process of manufactured sand

采用普通机械将岩石或卵石进行破碎、筛分，制成小于 4.75mm 颗粒或 2.36mm 机制砂成品的过程。

2.0.11 精制砂工艺 Refined Precise machining process of manufactured sand

采用专用制砂机将粗制砂颗粒进一步破碎、整形、除尘、筛分，制成小于 4.75mm 颗粒或 2.36mm 颗粒的过程。

2.0.12 级配稳定性 gradation stability

表征机制砂级配的波动程度，采用关键筛孔通过率的变动幅度进行控制。

2.0.13 机制砂棱角性 angularity of manufactured sand

测定一定体积的机制砂全部通过标准漏斗所需要的流动时间，用于评定机制砂颗粒的表面构造和粗糙度。

3 基本规定

3.0.1 公路桥涵结构混凝土用机制砂，宜优先选用石灰岩、花岗岩、玄武岩、辉绿岩，其母岩应不具有潜在碱活性，抗压强度应符合本规程要求。

3.0.2 机制砂生产过程应符合环保、安全及 JC/T 2299 等相关行业规定要求，并根据工程需要采用专门的加工工艺，具体要求详见 T/CHCA xxx（公路沥青混凝土路面机制砂应用技术规程）附录 A。

3.0.3 机制砂母岩和成品的储存、运输应符合附录 A 的要求，并设置明显的标识。

3.0.4 机制砂应按照本规程 8.2 的规定进行型式检验、出厂检验、进场检验。

3.0.5 桥涵结构基础以上部分、且强度大于 C30 的混凝土应选用精制砂。

3.0.6 公路桥涵结构混凝土配合比设计、施工、检验应符合 JGJ 55、JTG 3650 及 JTG F80/1 等的要求。

4 机制砂规格和类别

4.1 规格

机制砂根据细度模数分为粗砂、中砂。

表 1 机制砂规格

规格	细度模数
粗砂	3.7~3.1
中砂	3.0~2.3

4.2 类别

机制砂按技术要求分为 I 类、II 类和 III 类。I 类宜用于高性能混凝土或强度等级大于或等于 C60 的混凝土，II 类宜用于强度等级 C30~C55 及有抗冻、抗渗或其他要求的混凝土，III 类宜用于强度等级小于等于 C25 的混凝土。

机制砂按生产加工工艺分为精制砂和粗制砂。I 类、II 类机制砂应采用精制砂工艺制成。

4.3 颗粒级配

4.3.1 机制砂的级配范围应符合表 2 要求。

表 2 机制砂颗粒级配

级配区	1 区	2 区	3 区
方孔筛 (mm)	累计筛余 (%)		
4.75	0~10	0~10	0~10
2.36	5~35	0~25	0~15
1.18	35~65	10~50	0~25
0.6	71~85	41~71	16~40
0.3	80~95	70~92	55~85
0.15	85~97	80~94	75~94

注：机制砂的实际颗粒级配除4.75mm和0.6mm的累计筛余外，其余筛孔的累计筛余可超出表中限定范围，但各级累计筛余超出值总和不应大于5%。

5 机制砂技术要求

5.1 一般规定

5.1.1 机制砂应洁净、无风化、无杂质，并符合规定的颗粒级配。

5.1.2 公路桥涵结构混凝土用机制砂除应满足表 3 技术要求外，尚应综合考虑公路交通荷载、桥涵结构部位、气候条件、水文地质等影响，选择适宜的机制砂母岩和制砂工艺。

5.1.3 机制砂的放射性应符合 GB 6566 的要求。

5.2 技术要求

表3 机制砂技术指标

序号	项目	技术要求			试验方法
		I类	II类	III类	
1	(母岩)饱和单轴抗压强度 (MPa)	≥100	≥80	≥60	JTG E41 T0221
2	坚固性(硫酸钠溶液循环浸泡 5 次后的质量损失率) (%)	≤8		≤10	JTG E42 T0340
3	表观密度 (kg/m ³)	≥2500			JTG E42 T0328
4	堆积密度 (kg/m ³)	≥1400			JTG E42 T0331

5	空隙率 (%)		≤44			JTG E42 T0331
6	有机物含量		合格			JTG E42 T0336
7	硫化物及硫酸盐含量 (%)		≤0.5			JTG E42 T0341
8	氯化物含量 (%)		≤0.01	≤0.02	≤0.06	GB/T 14684
9	云母含量 (%)		≤1.0	≤2.0		JTG E42 T0337
10	轻物质含量 (%)		≤1.0			JTG E42 T0338
11	吸水率 (%)		≤2.0	≤3.0		JTG E42 T0330
12	碱集料反应		经碱集料反应试验后, 试件应无裂缝、酥裂、胶体外溢现象, 在规定试验龄期的膨胀率应小于 0.10%			JTG E42 T0325
13	石粉含量 (%)	MB<1.4 或合格	≤5.0	≤7.0	≤10.0	JTG E42 T0349
		MB≥1.4 或不合格	≤1.0	≤3.0	≤5.0	
14	泥块含量 (%)		0	≤1.0	≤1.0	JTG E42 T0335
15	压碎指标 (%)		≤20	≤25	≤30	JTG E42 T0350
16	棱角性 (s)		≤40		-	T/CHCA xxx 附录 D
17	颗粒级配	细度模数	3.0~2.3	3.0~2.3	-	JTG E42 T0327
		级配区	2 区	1、2、3 区		JTG E42 T0327

注: 1、配制混凝土宜优先选用2区中砂。当采用1区砂时, 应适当提高砂率。

2、对于高性能混凝土, 机制砂的泥块含量、云母含量、轻物质含量均应≤0.5%, 氯离子含量<0.02%。

6 机制砂公路桥涵结构混凝土技术要求

6.1 一般规定

6.1.1 机制砂公路桥涵结构混凝土配合比设计应参照 JGJ 55 进行, 并以水胶比、石粉含量作为主要控制指标, 混凝土相关技术指标应符合 JTG 3650、JTG/T 3310、GB 50164 等规范要求。

6.1.2 机制砂公路桥涵结构混凝土在满足设计和施工条件的前提下, 遵循低水泥用量、低用水量、低收缩变形的原则。

6.1.3 机制砂公路桥涵结构混凝土配合比应考虑机制砂在粒形、石粉含量等方面易对混凝土产生影响的特点, 合理控制机制砂的技术指标, 调整优化配合比设计参数, 防止拌合物离析、泌水、粘滞、坍落度损失大等问题的产生。

6.1.4 在机制砂生产过程中应适当增加细度模数和石粉含量的抽检频率。当机制砂细度模数变化超过 0.2、石粉含量变化超过 2%时, 应重新进行配合比设计。

6.1.5 公路桥涵结构混凝土宜使用非碱活性集料，当条件不具备必须使用时，其他材料中的碱含量及混凝土中的最大总碱含量应符合本规范的规定。

6.1.6 可采用以下技术措施改善机制砂公路桥涵结构混凝土的工作性能。

- 1 与天然砂或不同类别、规格的机制砂掺配使用。
- 2 掺用高性能或高效减水剂。
- 3 掺加一定比例的粉煤灰、矿渣粉等掺合料。
- 4 调整砂率。

6.1.7 机制砂公路桥涵结构混凝土拌合物的凝结时间、坍落度经时损失应满足运输、浇筑和养护工艺要求及早期强度、水化热温升控制要求，并通过试验确定。

6.1.8 机制砂公路桥涵结构混凝土的拌和、运输、浇筑、振捣、养护应符合 JTG 3650 的相关要求。

6.2 技术要求

6.2.1 普通混凝土

1 在配制相同强度等级的混凝土时，机制砂混凝土的水胶比可比天然砂混凝土增加 0.01~0.02。单位用水量宜根据机制砂需水量比进行适当调整，具体用水量应经试验确定。

2 机制砂及碎石中所带入的石粉与水泥及掺合料的总量不宜超过 550kg/m³。

6.2.2 泵送混凝土

1 泵送混凝土应选用 2 区砂。

2 混凝土粘聚性良好且不粘滞，易于振捣施工，坍落度经时损失控制在不大于 30mm/h。

3 应通过试验掺入适量的泵送剂或减水剂，且宜掺用矿物掺合料。

6.2.3 大体积混凝土

1 大体积混凝土宜选用低水化热和凝结时间长的水泥品种、连续级配的粗集料、2 区中砂，宜掺用可降低混凝土早期水化热的外加剂和掺合料。

2 进行配合比设计时，在保证混凝土强度、和易性及坍落度要求的前提下，宜采取改善粗集料级配、提高掺合料和粗集料的含量、降低水胶比等措施，减少单方混凝土胶凝材料中的水泥用量。

3 大体积混凝土进行配合比设计及质量评定时，可综合考虑 60d 龄期的抗压强度。

6.2.4 抗冻混凝土

1 宜选用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥、连续级配的粗集料、2 区中砂，并掺入减水剂。

2 抗冻混凝土的配合比设计时应进行抗冻融性能试验。

3 位于水位变动区的混凝土，其抗冻等级指标应不低于 JTG 3650 的规定。

4 抗冻等级不小于 F100 混凝土宜掺入适量引气剂，其拌合物的适宜含气量应符合 JTG

3650的规定。

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

6.2.5 抗渗混凝土

1 混凝土宜选用普通硅酸盐水泥、连续级配的粗集料、2区中砂，宜掺用外加剂和矿物掺合料。粉煤灰应采用F类，并不应低于II级。

2 胶凝材料总量宜不小于 $320\text{kg}/\text{m}^3$ ，砂率宜为35%~45%，最大水胶比应符合JTG/T 3650规定。

3 混凝土的抗渗等级应符合设计规定，试配时要求的抗渗水压值应比设计值提高0.2MPa。

4 掺引气剂的抗渗混凝土，应进行含气量试验，其含气量宜控制在3%~5%。

6.2.6 自密实混凝土

1 自密实混凝土宜采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥、连续级配的粗集料、2区中砂，宜掺用高效或高性能减水剂和粉煤灰、粒化高炉矿渣粉等矿物掺合料。

2 配合比设计时，应充分考虑自密实混凝土的流动性、抗离析性、填充性、浆体用量、体积稳定性及其相互关系。

3 宜采用绝对体积法进行配合比设计，水胶比宜小于0.45，胶凝材料用量宜控制在 $400\sim 550\text{kg}/\text{m}^3$ ，砂率宜为46%~52%，用水量宜控制在 $150\sim 200\text{kg}/\text{m}^3$ 。

4 自密实混凝土的自密实性能、要求及适用条件应符合JTG/T 3650规定。

6.2.7 机制砂高强混凝土

1 机制砂高强混凝土宜采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥、连续级配的碎石、2区中砂，掺用高效或高性能减水剂和粉煤灰、粒化高炉矿渣粉等矿物掺合料。

2 高强度混凝土的配合比应有利于减少温度收缩、干燥收缩和自身收缩引起的体积变形，避免早期开裂，配合比设计除应符合本规程的规定外，尚应符合JTG/T 3650、JGJ/T 281的规定。

3 高强度混凝土的设计配合比确定后，尚应进行不少于6次的重复试验进行验证，其平均值应不低于配制强度。

6.2.8 机制砂高性能混凝土

1 机制砂高性能混凝土应选用级配良好、质地均匀坚固、吸水率低、空隙小、细度模数2.6~3.2的洁净符合要求的机制砂，及优质水泥和级配良好的碎石，并掺加与水泥相匹配的高性能或高效减水剂及优质掺合料。

2 应根据原材料品质、设计强度等级、耐久性以及施工工艺对工作性能的要求，通过计算、试配和调整等步骤进行高性能混凝土配合比设计，相关指标应符合JTG/T 3310、JTG/T 3650的规定，并可参照《公路机制砂高性能混凝土技术规程》T/CECS G:K 50-30执行。

6.2.9 机制砂预应力混凝土

- 1 预应力混凝土结构所用机制砂的石粉含量不宜高于7%。
- 2 预应力混凝土中游离氯离子含量不得超过胶凝材料质量0.06%，并符合GB 50164的规定。

6.2.10 机制砂水下混凝土

1 机制砂水下混凝土宜采用火山灰质硅酸盐水泥、粉煤灰硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥或硅酸盐水泥，连续级配的碎石、2区中砂，掺用高效或高性能减水剂和粉煤灰、粒化高炉矿渣粉等矿物掺合料。

2 混凝土拌和物应具有良好的和易性，灌注时应能保持足够的流动性，其坍落度当桩孔直径 $D < 1.5\text{m}$ 时，宜为180~220mm； $D \geq 1.5\text{m}$ 时，宜为160~200mm，且应充分考虑气温、运距及施工时间的影响导致的坍落度损失。

6.2.11 机制砂公路桥涵结构混凝土拌合物性能

1 机制砂公路桥涵结构混凝土的坍落度、坍落度经时损失、粘聚性、保水性等拌合物性能应满足设计及JTG/T 3650等要求。

2 应充分考虑机制砂的级配、粒形以及石粉含量等因素对拌合物性能的影响。

6.2.12 机制砂公路桥涵结构混凝土力学性能

1 机制砂公路桥涵结构混凝土的强度等级、弹性模量等力学性能应满足设计及JTG/T 3650等要求。

2 应充分考虑机制砂石粉含量等因素对混凝土力学性能的影响。

6.2.13 机制砂公路桥涵结构混凝土长期性能和耐久性能

1 机制砂公路桥涵结构混凝土的收缩、徐变、抗冻、抗渗等长期性能和耐久性能应满足设计及JTG/T 3650等要求。

2 应充分考虑机制砂MB值、石粉含量等因素对混凝土长期性能和耐久性能的影响。

7 机制砂公路桥涵结构混凝土施工

7.1 一般规定

7.1.1 机制砂公路桥涵结构混凝土施工的原材料选择、拌制、运输、浇筑和养护等应符合设计及JTG/T 3650规定，并做好混凝土生产记录、现场成型记录和养护记录。

7.1.2 应根据机制砂公路桥涵结构混凝土的设计要求、工程特点、施工工艺、施工环境和施工条件等因素的特点，制定施工方案。

7.1.3 机制砂公路桥涵结构混凝土施工应符合绿色、环保、安全的有关规定。

7.1.4 机制砂公路桥涵结构混凝土施工宜优先采用信息化、数字化、智能化施工技术。

7.2 拌制与运输

7.2.1 原材料管理

1 机制砂公路桥涵结构混凝土所用的各类原材料应依据已批复的混凝土配合比设计选用，原材料进场、存储、检验、使用等管理应符合 JTG/T 3650 等相关规定。当材料发生变化时，应重新进行配合比验证。

2 同一结构部位应采用同一料源机制砂，细度模数变化范围不应超过 $\pm 0.2\%$ ，石粉含量变化范围不应超过 $\pm 2.0\%$ ，否则应分别堆放，使用时应对混凝土砂率进行调整和验证。

7.2.2 混凝土搅拌

1 机制砂混凝土应采用集中厂拌，宜采用间歇式双卧轴强制式搅拌机拌制，上料仓之间应采取有效措施，不得串料。混凝土的配料应采用自动计量装置，并周期检定，设备搬迁或出现异常时应进行校核，重新标定。

2 拌制混凝土所用原材料应按质量进行计量配料，允许偏差详见下表。

表4 原材料的计量允许偏差（按质量百分比计，%）

水泥	骨料	水	外加剂	掺和料
± 1	± 2	± 1	± 1	± 1

3 正式拌和前，应采用相同水灰比和灰砂比的水泥砂浆进行润膛。

4 混凝土搅拌应开盘鉴定，并根据施工过程中粗、细集料的含水率变化，及时调整施工配合比。

5 机制砂混凝土搅拌时间应比天然砂混凝土延长10~20%，高强、高性能混凝土可取20%。

6 混凝土拌和时，并应采取措，保证入模温度不低于 5°C 且不高于 35°C 。

7 机制砂混凝土拌和过程中，应密切观察拌和机内及出机混凝土的拌和质量，适当加大出机拌合物性能的检测频率。

7.2.3 混凝土拌合物运输

1 混凝土运输应选用专用搅拌运输车，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。

2 搅拌运输车装料前应保持筒内湿润，并将积水或粘附的混凝土清除干净。运输过程中以 $2\sim 4\text{r}/\text{min}$ 的转速搅动，到达浇筑现场时应高速旋转20~30s，混凝土拌和物检测合格后方可浇筑。

3 采用混凝土泵输送混凝土时，应符合JGJ/T10及JTG/T3650等相关要求。

4 当到场混凝土坍落度损失较大不能满足施工要求时，应采取技术措施改善混凝土拌合物性能，严禁向混凝土内直接加水。

7.3 混凝土浇筑

7.3.1 浇筑前及浇筑过程中应对支架、模板、钢筋和预埋件等进行检查。

7.3.2 自高处向模板内浇筑混凝土时应采用串筒、溜槽、导管等设施辅助下落，以保证混凝土不出现分层离析现象。

7.3.3 机制砂桥涵结构混凝土应按一定的厚度、顺序和方向分层浇筑，其分层厚度（不含水下混凝土）不宜超过表5的规定。上下层同一位置浇筑的间隔时间不宜超过90min，且不得超过下层混凝土初凝时间，不得出现冷缝和随意留置施工缝。

表 5 混凝土分层浇筑厚度

振捣方式		浇筑层厚度 (mm)
采用插入式振捣器		300
采用附着式振捣器		300
采用表面振捣器	无配筋或配筋稀疏时	250
	配筋较密时	150

7.3.4 混凝土的浇筑宜连续浇筑，因故中断或间歇时，其间歇时间应小于前层混凝土的初凝时间或能重塑的时间。混凝土的运输、浇筑及间歇的全部时间不宜超出表6的规定；当超出时应按浇筑中断处理，并应留置施工缝，同时应记录。

表 6 混凝土的运输、浇筑及间歇的全部允许时间 (min)

混凝土强度等级	气温 $\leq 25^{\circ}\text{C}$	气温 $> 25^{\circ}\text{C}$
$\leq \text{C}30$	210	180
$> \text{C}30$	180	150
泵送高强混凝土	150	120
非泵送高强混凝土（现场施工）	120	90
非泵送高强混凝土（制品厂）	60	45

7.3.5 在相对湿度较小、风速较大的环境条件下，可采取场地喷水、喷雾、挡风等措施，避免浇筑有较大暴露面积的构件。当风速大于5m/s时，机制砂混凝土的浇筑宜采取挡风措施。

7.3.6 浇筑大体积混凝土结构（或构件最小断面尺寸在800mm以上的结构）时，应在一天中气温较低时进行，混凝土的浇筑温度不宜高于 28°C 。并采取改善骨料级配、使用水化热较低水泥、减少浇筑层厚度及埋设冷却管等措施防止混凝土早期开裂。

7.3.7 新浇筑混凝土与凝结的已硬化混凝土或岩土介质间的温差不得大于 15°C 。

7.3.8 机制砂公路桥涵结构混凝土的振捣宜采用插入式高频振捣器垂直点振。应按规定的工艺路线和方式及时振捣，防止过振、漏振。掺矿物掺合料混凝土振捣时，振捣后的混凝土表面不应出现明显的掺合料浮浆层。

7.3.9 预应力混凝土梁宜采用附着式振捣器侧振并辅以插入式振捣器振捣的方式振捣，锚下振捣密实应尤为关注。

7.3.10 混凝土浇筑完成后,应仔细将混凝土表面压实抹平,并根据后续施工需要进行拉毛处理,对混凝土的沉降及塑性干缩产生的表面裂缝,应及时采取二次收光处理。

7.3.11 水下混凝土采用导管法施工,严格控制首批灌注混凝土数量,有效控制导管埋置深度。

7.3.12 施工缝的位置应在混凝土浇筑之前确定,且宜留在结构受力较小并便于施工的部位。

7.4 混凝土养护

7.4.1 混凝土浇筑前应测定混凝土温度以及环境气温、相对湿度、风速等参数,根据环境参数变化及时调整养护方式。

7.4.2 混凝土振捣完成初步刮平后,应及时对混凝土裸露面进行覆盖,防止表面水分蒸发。待裸露面混凝土初凝前,应掀起覆盖物,用抹子搓压表面至少二遍进行整形,并再次覆盖并洒水保湿养护。

7.4.3 混凝土带模养护期间,可采取包裹、浇水、喷淋洒水等措施进行保湿养护。

7.4.4 混凝土去除表面覆盖物或拆模后,宜采用具备自动喷淋养护设施进行保湿养护。

7.4.5 混凝土终凝后的持续养护时间不少于7d,机制砂特别是高石粉含量的机制砂混凝土应适当延长养护时间2d~3d,其中大体积混凝土的养护时间不宜短于28d。

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

7.4.7 当昼夜平均气温低于5℃或最低气温低于-3℃时,应按冬季施工处理。当环境温度低于5℃时,禁止对混凝土表面进行洒水养护。此时可在混凝土表面喷涂养护液或覆盖薄膜防止水分蒸发,并采取适当保温措施。

7.4.8 对于混凝土预制构件可采用蒸汽养护,恒温期间混凝土内部温度不宜超过60℃,最大不得超过65℃。

7.4.9 掺用膨胀剂的机制砂混凝土,应采取保湿措施养护,养护龄期应不小于14d。

7.4.10 混凝土拆模时的强度应符合设计及JTG/T 3650等规范要求。混凝土内部开始降温以前以及混凝土内部温度最高时不得拆模,大风、气温急剧变化及环境温度低于0℃时不宜拆模。

8 检验与质量控制

8.1 一般规定

8.1.1 应建立健全有效的质量保证体系,对原材料、配合比、施工各工序的质量进行

有效控制。

8.1.2 机制砂质量应加强源头控制，确保材料稳定，不同材质、厂家的机制砂不得混用。

8.1.3 机制砂公路桥涵结构混凝土施工应加强过程质量控制，实行动态质量管理。

8.2 机制砂检验

8.2.1 检验类型

机制砂的检验类型分成三种，即型式检验、出厂检验和进场检验，检验项目详见表 7。

1 出厂检验

出厂检验是生产厂家对正式生产出的机制砂在出厂前所进行的常规检验。

2 型式检验

由具备相关资质的质量检验检测机构对机制砂各项指标进行的抽样全面检验。当有下列情况之一时，应进行型式检验：

- 1) 机制砂投产时或料源调查时；
- 2) 机制砂母岩发生变化时，如料源改变、岩性改变、颜色改变等；
- 3) 机制砂生产工艺发生变化时；
- 4) 正常生产时，每 30000t 进行一次，每年至少检测一次；
- 5) 停产 3 个月及以上恢复生产时；
- 6) 出厂检验结果与型式检验有较大差异时。

3 进场检验

进场检验是指对进入施工现场的机制砂按相关标准规定要求进行检验，对机制砂达到合格与否做出确认。

8.2.2 检验项目

表 7 检验项目

序号	技术指标项目参数	型式检验	出厂检验	进场检验
1	(母岩)饱和单轴抗压强度	√	×	×
2	坚固性	√	○	○
3	表观密度	√	√	√
4	堆积密度	√	√	√
5	空隙率	√	√	√
6	有机物含量	√	○	○
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	吸水率	√	√	√
12	碱集料反应	√	○	○
13	石粉含量	√	√	√
14	泥块含量	√	√	√
15	MB 值	√	√	√
16	压碎指标	√	√	√
17	棱角性	√	○	○
18	颗粒级配	√	√	√
注：“√”为必检项目，“×”为不检验项目，“○”为初次进场和料源改变时必检，后续进场根据具体情况而定的可选检验项目。				

8.2.3 检验频次

型式检验每次检测全部指标；出厂及进场检验按下表规定进行。

表 8 检验频次

序号	技术指标	检验频次
1	机制砂母岩的抗压强度	直径或边长和高均为 70mm，每组试件共 6 个
2	坚固性	1 次/5000t
3	压碎指标值	1 次/5000t
4	表观密度	1 次/1000t
5	堆积密度	1 次/1000t
6	空隙率	1 次/1000t
7	有机物含量	1 次/1000t
8	硫化物及硫酸盐含量	1 次/5000t
9	氯化物含量	1 次/5000t
10	云母含量	1 次/5000t
11	轻物质含量	1 次/5000t
12	吸水率	1 次/1000t
13	碱集料反应	1 次/10000t
14	石粉含量	1 次/1000t
15	泥块含量	1 次/1000t
16	MB 值	1 次/1000t
17	压碎指标	1 次/5000t
18	棱角性	1 次/1000t
19	颗粒级配、级配稳定性	1 次/1000t

8.2.4 检验规则

1 取样方法

取样应均匀分布、从不同部位随机抽取大致等量的砂 8 份，组成一组样品。

2 取样数量

单项试验的最小取样数量应符合表 9 的规定。

表 9 机制砂单项试验取样数量

序号	试验项目	最少取样数量/kg
1	机制砂母岩的抗压强度	直径或边长和高均为 50mm，每组试件共 6 个
2	坚固性（冻融、腐蚀环境）	20.0
3	表观密度	2.6
4	堆积密度	5.0
5	空隙率	5.0
6	有机物含量	2.0
7	硫化物及硫酸盐含量	0.6
8	氯化物含量	4.4
9	云母含量	0.6
10	轻物质含量	3.2
11	吸水率	4.4
12	碱集料反应	20.0
13	石粉含量	6.0
14	泥块含量	20.0
15	MB 值	6.0
16	压碎指标	20.0
17	棱角性	20.0
18	颗粒级配（颗粒分析）	4.4
19	级配稳定性	4.4

3 试样缩分

可采用分料器法或人工四分法。

4 试验方法（详见表 3）

1) 机制砂母岩的抗压强度应按 JTG E 41 的规定执行。

2) 机制砂的坚固性、表观密度、堆积密度、空隙率、有机质含量、硫化物及硫酸盐含量、云母含量、轻物质含量、吸水率、碱集料反应、石粉含量、泥块含量、MB 值、压碎指标值、颗粒级配、级配稳定性等指标试验应按 JTG E 42 的规定执行。

3) 机制砂的氯化物含量试验应按 GB/T 14684 的规定执行。

4) 机制砂的棱角性试验应按 T/CHCA xxx 附录 D 的规定执行。

8.2.5 判定规则

1 试验结果均符合本规程规定时，可判为该批产品合格。

2 技术指标中若有一项指标不符合本规程规定时，则应从同一批产品中加倍取样，对

该项进行复验。复验后，若试验结果符合本规程规定，可判该检验项合格；若仍然不符合时，则判该检验项不合格。若有两项及以上检验结果不符合本标准规定时，则判该批产品不合格。

8.3 机制砂公路桥涵结构混凝土检验与质量控制

8.3.1 配合比检验

1 机制砂公路桥涵结构混凝土配合比设计应包括基准配合比设计、试验室配合比设计、施工配合比设计三个阶段。

2 机制砂公路桥涵结构混凝土，应在配合比设计的基础上进行各种使用性能的验证，检验混凝土的力学性能、长期性能及耐久性能等。

8.3.2 机制砂公路桥涵结构混凝土的检验与质量控制

1 机制砂公路桥涵结构混凝土生产过程中应进行拌合物外观、粘聚性、保水性、坍落度及坍落度经时损失、扩展度及扩展度经时损失、泌水率、含气量、凝结时间等常规检验，按规定制作抗压强度标准养护试件和同条件养生试件，并根据公路桥涵结构特点进行抗渗、抗冻等耐久性质量进行检验。

2 拌和站应每个工作日进行集料筛分，校核合成级配；检查拌和站打印记录，重点检查核验水泥等胶凝材料用量、外加剂用量。

3 混凝土施工应加强外观、钢筋保护层厚度、断面尺寸、轴线偏位等质量控制。

4 实体结构优先采用无损检测手段进行强度、钢筋保护层厚度及桩身完整性等检测。

8.3.3 检验方法

机制砂公路桥涵结构混凝土应按照 JTG 3420、JTG/T 3650、JTG E 42、JGJ/T 322、JTG F 80/1、JGJ/T 193、JTG/T 3512、JGJ T23-2011、JGJ/T 152 等要求进行检验与质量控制。

附录：规范性引用文件

GB 6566	建筑材料放射性核素限量
GB/T 14684	建设用砂
GB/T 14685	建设用卵石、碎石
GB 50010	混凝土结构设计规范
GB/T 50080	普通混凝土拌合物性能试验方法标准
GB/T 50082	普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准
GB 50119	混凝土外加剂应用技术规范
GB/T 50476	混凝土结构耐久性设计标准
GB 50496	大体积混凝土施工标准
GB/T 50733	预防混凝土碱骨料反应技术规范
JT/T 819	公路工程水泥混凝土用机制砂
JTG/T 3310	公路工程混凝土结构耐久性设计规范
JTG/T 3650	公路桥涵施工技术规范
JTG D60	公路桥涵设计通用规范
JTG 3420	公路工程水泥及水泥混凝土试验规程
JTG/T 3512	公路工程基桩检测技术规程
JTG E 41	公路工程岩石试验规程
JTG E 42	公路工程集料试验规程
JTG F80/1	公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程
JGJ/T 10	混凝土泵送施工技术规程
JGJ T23	回弹法检测混凝土抗压强度技术规程
JGJ 52	普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准
JGJ 55	普通混凝土配合比设计规程
JGJ/T 152	混凝土中钢筋检测技术标准
JGJ/T 283	自密实混凝土应用技术规程
JGJ /T 322	混凝土中氯离子含量检测技术规程
DZ/T 0130	地质矿产实验室测试质量管理规范
T/CECS G:K50-30	公路机制砂高性能混凝土技术规程
T/CHCA xxx-202x	公路沥青混凝土路面机制砂应用技术规程

本规程用词用语说明

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) 表示允许有选择，在一定条件下可以这样做的用词：

正面词采用“可”；

反面词采用“不可”。

2 本规程中指明应按其他有关标准，规范执行的写法为“应按……执行（或采用）”或“应符合……规定（或要求）”。非必须按指定的标准、规范执行的写法为“可参照……”。