

山东省工程建设标准

机制砂混凝土应用技术规程
DB/T 5244-2022

前 言

根据山东省住房和城乡建设厅、山东省市场监督管理局《关于印发 2020 年第二批山东省工程建设标准制订、修订计划项目的通知》（鲁建标字〔2020〕18 号）的要求，规程编制组在广泛调查研究，立足山东省在机制砂混凝土应用中的实际情况，认真总结实践经验，参考国内外相关标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程的主要技术内容是：1 总则；2 术语；3 基本规定；4 机制砂的质量、检验、运输和储存；5 机制砂混凝土的配制；6 机制砂混凝土的制备、施工与质量检验；附录。

本规程由山东省住房和城乡建设厅负责管理，山东省建筑科学研究院有限公司负责具体技术内容的解释。本标准执行过程中，如有意见或建议，请寄送至山东省建筑科学研究院有限公司（济南市天桥区无影山路 29 号，邮编 250031，联系电话：0531-85595263），以供今后修订时参考。

主 编 单 位：山东省建筑科学研究院有限公司

青岛中联混凝土工程有限公司

参 编 单 位：济南市城建材料开发服务中心

济南四建集团建材有限责任公司

济南长兴建设商砼有限公司

山东聚力混凝土有限公司

青岛合汇混凝土工程有限公司

青岛重筋集团有限公司

枫林环保科技股份有限公司

德州润德混凝土有限公司

主要起草人员：王守宪 沈文忠 崔洪涛 杨佳龙

王敏敏 解 嵩 沈学斌 赵云涛

孙述光 卢伟杰 付 坤 张延杰

薄 涛 王 硕 栾 玉 史 平

刘 杰 任 斌 汪丕明 张 丹

黄传山 曹昊荣 步洪庆 刘文亮

王继宇 于保清 康 燕 刘晓玲

李燕杰 崔明亮

主要审查人员：王成国 王 华 张海霞 王 鹏

刘巧玲 张 峰 宋亦工 谢慧东

孙 浩

目 次

1 总 则.....	1
2 术 语.....	2
3 基本规定.....	4
4 机制砂的质量、检验、运输和储存.....	5
4.1 分级与规格.....	5
4.2 机制砂的性能.....	5
4.3 机制砂的检验.....	8
4.4 运输和储存.....	10
5 机制砂混凝土的配制.....	11
5.1 一般规定.....	11
5.2 原材料要求.....	11
5.3 机制砂混凝土配合比设计.....	12
6 机制砂混凝土的制备、施工与质量检验.....	13
6.1 机制砂混凝土的制备.....	13
6.2 机制砂混凝土的施工.....	13
6.3 机制砂混凝土的质量检验.....	14
附录 A 机制砂流动度比、抗压强度比试验方法.....	15
附录 B 机制砂抗冻性能比试验方法.....	17
本标准用词说明.....	19
引用标准名录.....	20

Contents

1 General Provisions.....	1
2 Terminology.....	2
3 Basic requirements	4
4 Quality of sand, inspection, transportation and storage.....	5
4.1 Classification and Specifications.....	5
4.2 Properties of manufactured sand.....	5
4.3 Inspection of manufactured sand.....	8
4.4 Transportation and storage.....	10
5 Preparation of manufactured sand concrete.....	11
5.1 General provisions.....	11
5.2 Raw material requirements.....	11
5.3 Proportion design of manufactured sand concrete.....	12
6 Preparation, construction and quality inspection of manufactured sand concrete.....	13
6.1 Preparation of manufactured sand concrete.....	13
6.2 Construction of manufactured sand concrete.....	13
6.3 Quality inspection of manufactured sand concrete.....	14
Appendix A Test method for mobility ratio and compressive strength ratio.....	15
Appendix B test method for frost resistance ratio of manufactured sand.....	17
Explanation of Terms in this Regulation.....	19
List of Quoted Standards.....	20

1 总 则

1.0.1 为规范山东省机制砂混凝土的应用，做到技术先进、经济合理，保证工程质量，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于山东省工程建设中采用机制砂或混合砂生产混凝土时，机制砂或混合砂的检验与使用、混凝土配合比设计和制备、施工及质量验收。

1.0.3 机制砂在混凝土中的应用除应执行本规程外，尚应符合国家和山东省现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 机制砂 manufactured sand

以岩石、卵石、矿山废石或尾矿为原料，经除土、机械破碎、整形、筛分、粉控等工艺制成的，粒径小于 4.75mm 的岩石颗粒，但不包括软质、风化的岩石颗粒。

2.0.2 混合砂 mixed sand

由机制砂和其他不同品种，不同品质的砂按一定比例混合而成的砂。混合后的砂以机制砂为主。

2.0.3 机制砂混凝土 manufactured sand concrete

以机制砂为主要细骨料配制的混凝土。

2.0.4 尾矿砂 tailings sand

矿石经磨细、分选后产生的粒径小于 4.75mm 的废弃颗粒。

2.0.5 石粉含量 crushed dust content

机制砂中粒径小于 75 μ m，且其矿物组成和化学成分与被加工母岩相近的颗粒含量。

2.0.6 亚甲蓝 MB 值 methylene blue value

用于判定机制砂吸附性能的指标。

2.0.7 压碎值指标 crushing value

用于检验机制砂抵抗压碎能力的技术指标。

2.0.8 泥块含量 clay lump content

机制砂中粒径大于 1.18mm，经水浸洗、手捏后变成小于 600 μ m 的颗粒含量。

2.0.9 轻物质 light materials

砂中表观密度小于 2000kg/m³ 的物质。

2.0.10 饱和面干吸水率 water absorption

骨料表面干燥而内部孔隙含水达到饱和时的含水率。

2.0.11 碱骨料反应 alkali-aggregate reaction

混凝土及环境中的碱与骨料中碱活性矿物在潮湿环境下缓慢发生并导致混凝土开裂破坏的膨胀反应。

2.0.12 流动度比 fluidity ratio

机制砂与 ISO 标准砂在规定水灰比下的水泥胶砂流动度之比。

2.0.13 抗压强度比 ratio of compressive strength

机制砂与 ISO 标准砂在规定水灰比下的水泥胶砂强度之比。

2.0.14 抗冻性能比 ratio of frost resistance

机制砂与 ISO 标准砂在规定配合比之下的混凝土经过规定的冻融循环后相对动弹性模量之比。

3 基本规定

3.0.1 机制砂的生产与应用应符合我国环保和安全相关的标准、规范，不应对人体、生物、环境及混凝土性能产生有害影响，其放射性应符合现行国家标准的规定。机制砂混凝土中水溶性六价铬、释放空气中污染物应符合现行行业标准《环境标志产品技术要求 预拌混凝土》HJ/T 412 的要求。氯离子含量应符合现行国家标准《混凝土结构通用规范》GB 55008 的要求。

3.0.2 机制砂混凝土的力学性能和耐久性能应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 和《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476 的规定。

3.0.3 对于有预防混凝土碱骨料反应设计要求的工程，尚应符合现行国家标准《预防混凝土碱骨料反应技术规范》GB/T 50733 的规定。

3.0.4 机制砂混凝土用于有特殊性能要求的混凝土工程时，其性能应符合相关标准、规范的规定和设计要求，配合比应通过试验优化确定。

3.0.5 石灰岩质机制砂混凝土用于低温硫酸盐侵蚀环境时，混凝土应进行耐久性试验论证，并应满足设计要求。

3.0.6 用尾矿制备的机制砂在初次使用时，应进行混凝土拌合物性能、力学性能、长期性能、耐久性能的全面试验论证，满足设计要求时方可使用。

表 4.2.1-2 I 类机制砂的分计筛余

方筛孔尺寸/mm	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15 ^a	筛底 ^b
I 类	0~5	8~20	5~30	15~36	15~35	3~25	6~20
^a MB 值>1.4 机制砂 150 μ m 筛的分计筛余不宜大于 15%							
^b MB 值>1.4 机制砂筛底（150 μ m 筛下颗粒）不宜大于 10%							

4.2.2 机制砂的石粉含量和泥块含量应符合表 4.2.2-1 和 4.2.2-2 的规定，MB 值不宜大于 3.0。

表 4.2.2-1 机制砂的石粉含量（MB 值 $\leq$ 1.4 或快速法试验合格）

类别	I 类			II 类		III 类
MB 值	≤ 0.5	0.5~1.0	1.0~1.4 或快速 法试验 合格	≤ 1.0	1.0~1.4 或快速 法试验 合格	≤ 1.4 或快速 法试验合格
石粉含量(按质量计)/%	≤ 15.0	≤ 10.0	≤ 5.0	≤ 15.0	≤ 10.0	≤ 15.0
泥块含量(按质量计)/%	≤ 0.2			≤ 1.0		≤ 2.0

表 4.2.2-2 机制砂的石粉含量（MB 值>1.4 或快速法试验不合格）

类别	I 类	II 类	III 类
石粉含量(按质量计)/%	≤ 1.0	≤ 3.0	≤ 5.0
泥块含量(按质量计)/%	≤ 0.2	≤ 1.0	≤ 2.0
注：根据使用环境和用途，经试验验证，由供需双方协商确定，I 类砂石粉含量可放宽至不大于 3.0%，II 类砂石粉含量可放宽至不大于 5.0%，III 类砂石粉含量可放宽至不大于 7.0%。			

4.2.3 机制砂的坚固性应采用硫酸钠溶液法进行试验，机制砂的质量损失应符合表 4.2.3 的规定。

表 4.2.3 坚固性指标

类别	I 类	II 类	III 类
质量损失（%）	≤ 8		≤ 10

4.2.4 机制砂压碎值指标应符合表 4.2.4 的规定。

表 4.2.4 机制砂压碎值指标

类别	I 类	II 类	III 类
单级最大压碎值指标（%）	≤ 20	≤ 25	≤ 30

4.2.5 机制砂表观密度、松散堆积密度、空隙率应符合下列规定：

- 1 表观密度应 $>2500\text{kg/m}^3$ ；
- 2 松散堆积密度不应小于 1400kg/m^3 ；
- 3 I 类砂的空隙率不应大于 43%，II 类砂、III 类砂的空隙率不应大于 44%。

4.2.6 机制砂的饱和面干吸水率不宜大于 3%。饱和面干吸水率试验以筛除 75 μm 以下颗粒的机制砂进行。

4.2.7 机制砂不应混有草根、树枝、塑料品、煤块、炉渣等有害杂物，轻物质含量不应大于 1.0%。机制砂中有机物含量可采用比色法试验测试，并应合格；硫化物及硫酸盐含量（按 SO_3 质量计）应小于 0.5%。机制砂的氯离子含量应符合现行国家标准《混凝土结构通用规范》GB 55008 的要求，钢筋混凝土用砂的氯离子含量不应大于 0.03%，预应力混凝土用砂的氯离子含量不应大于 0.01%。云母含量应符合表 4.2.7 的规定。

表 4.2.7 云母含量

类别	I 类	II 类	III 类
云母含量（%）	≤ 1.0	≤ 2.0	

4.2.8 机制砂在碱骨料反应试验前，应先用岩相法鉴定岩石种类及所含的活性矿物种类。如评定为碱活性骨料或可疑时，硅质骨料应使用快速碱-硅酸反应进行评价，报告膨胀率实测值；碳酸盐骨料应取母岩采用岩石柱法进行评价并报告膨胀率实测值。

4.2.9 机制砂生产的母岩宜选择石灰岩、白云岩、花岗岩、凝灰岩、安山岩、石英岩、辉绿岩、砂岩和玄武岩等，不应使用泥岩、页岩、板岩、麻刚石等作为加工机制砂的母岩。用作加工机制砂的母岩抗压强度应符合表 4.2.9 的规定。用于配制高强混凝土时，机制砂的母岩抗压强度应比混凝土抗压强度等级值高 30%。

表 4.2.9 机制砂母岩抗压强度

指标	火成岩 ¹	变质岩 ²	沉积岩 ³
母岩抗压强度（MPa）	≥ 100	≥ 80	≥ 60

注：1.常见的火成岩包括：花岗岩、流纹岩、闪长岩、安山岩、辉长岩、玄武岩等；
2.常见的变质岩包括：石英岩、大理岩、斜长角闪岩、麻粒岩等；
3.常见的沉积岩包括：砾岩、砂岩、石灰岩等。

4.2.10 机制砂的流动度比应符合表 4.2.10 的规定。

表 4.2.10 机制砂流动度比

等级	I 类	II 类	III 类
流动度比（%）	≥ 80	≥ 75	≥ 65

4.2.11 机制砂的 28d 抗压强度比应符合表 4.2.11 的规定。

表 4.2.11 机制砂抗压强度比

等级	I 类	II 类	III 类
抗压强度比 (%)	≥105	≥100	≥95

4.2.12 机制砂的抗冻性能比应符合表 4.2.12 的规定。

表 4.2.12 机制砂抗冻性能比

等级	I 类	II 类	III 类
抗冻性能比 (%)	≥90	≥80	≥70

4.2.13 以机制砂为主的混合砂，相关技术指标宜参照机制砂的相关要求执行。

4.3 机制砂的检验

4.3.1 机制砂的取样方法、试样处理应符合现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的规定。

4.3.2 机制砂的单项试验方法、最少取样数量应符合表 4.3.2 的规定。

表 4.3.2 单项试验方法、最少取样数量

项目	试验方法	单项试验最少取样量 (kg)
颗粒级配	JGJ 52	4.4
石粉含量 (含亚甲蓝试验)	JGJ 52	6.0
泥块含量	JGJ 52	20.0
云母含量	JGJ 52	0.6
轻物质含量	JGJ 52	3.2
有机物含量	JGJ 52	2.0
氯离子含量	JGJ 52	2.0
硫化物及硫酸盐含量	JGJ 52	0.6
坚固性	JGJ 52	10.0
压碎值指标	JGJ 52	20.0
碱活性	JGJ 52	20.0
饱和面干吸水率	JGJ 52	4.4
表观密度	JGJ 52	2.6
松散堆积密度与空隙率	JGJ 52	5.0
放射性	GB 6566	6.0
母岩抗压强度	JGJ 52	--
流动度比	附录 A	5.4
抗压强度比	附录 A	5.4
抗冻性能比	附录 B	54.0

注：当需要做多项检验时，可在确保样品经一项试验后不致影响其他试验结果的前提下，用同组样品进行多项不同的试验。

4.3.3 机制砂的检验分为型式检验、出厂检验和进场检验。产品型式检验合格后，

方能批量生产。

4.3.4 型式检验的项目为第 4.2 节规定的全部质量要求项目。有下列情况之一时，应进行型式检验：

- 1 新产品投产和老产品转产时；
- 2 原料资源或生产工艺发生变化时；
- 3 正常生产时，每年进行一次；
- 4 长期停产后恢复生产时；
- 5 出厂检验结果与型式检验有较大差异时。

4.3.5 机制砂需经生产单位质量部门检验合格并附产品质量合格证明方可出厂，出厂检验项目应包括但不限于颗粒级配、细度模数、泥块含量、石粉含量（含亚甲蓝试验）、堆积密度、压碎值指标、饱和面干吸水率。I 类机制砂出厂检验项目还应包括流动度比。

当出厂检验项目指标与平时检验结果统计有较大差异时，应查找原因，并重新检验合格后方可出厂。

使用方的进场检验项目可与出厂检验项目相同，也可在出厂检验项目的基础上根据实际生产需要增加检验项目。

4.3.6 机制砂按同产地、规格、类别、品种及日产量超过 600t 时，以 600t 为一验收批，不足 600t 亦为一验收批；日产量超过 2000t，按 1000t 为一验收批，不足 1000t 亦为一验收批；当确认产品质量稳定，可按 1000t 为一验收批。

4.3.7 机制砂的判定应符合下列规定：

- 1 检验后各项质量指标均符合本标准的相应类别规定时，可判定该批产品合格；
- 2 检验中质量指标若有一项不符合本标准规定时，则应从同一批产品中双倍取样，对该项指标进行复检。复检后，若该项指标符合本标准要求，可判定该批产品合格；若仍然不符合本标准要求，则判为不合格。若有两项及以上质量指标不符合本标准规定时，则判定该批产品不合格。

4.3.8 机制砂供应单位应按批向用户单位提供出厂合格证，其内容应包括厂名、生产地址、编号、规格、出厂日期、数量以及出厂检验结果。

4.4 运输和储存

4.4.1 机制砂运输时，应采取防止混入杂物和粉尘飞扬的措施。

4.4.2 机制砂堆放场地应硬化处理，采取排水措施，符合环保要求，不得露天堆放，同时应按不同品种、规格分别堆放，防止分层和混入杂质。

5 机制砂混凝土的配制

5.1 一般规定

5.1.1 机制砂混凝土配合比设计应根据混凝土结构的形式特点、施工工艺以及服役环境条件等因素，满足混凝土工作性能、力学性能、长期性能和耐久性能等要求。在满足工程设计和施工要求的条件下，按现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的规定进行。

5.1.2 对于有抗冻、抗碳化、抗氯离子侵蚀和抗硫酸盐腐蚀等耐久性要求的机制砂混凝土，其配合比设计尚应符合现行国家标准《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476 的相关规定。

5.1.3 使用铁尾矿砂配制机制砂混凝土时，尚应符合现行国家标准《铁尾矿砂混凝土应用技术规范》GB 51032 的规定。

5.1.4 对有抗裂要求的机制砂混凝土，应通过混凝土早期抗裂性能试验和收缩性能试验优选配合比。

5.1.5 当出现下列情形之一时，应重新进行混凝土配合比设计：

- 1 机制砂混凝土的原材料品种或质量有显著变化时；
- 2 混凝土性能有特殊要求时；
- 3 混凝土结构所处的施工环境条件发生较大变化时；
- 4 混凝土配合比生产间隔时间半年以上时。

5.2 原材料要求

5.2.1 机制砂应满足本规程第4.2节的规定，其他原材料应满足现行国家标准《预拌混凝土》GB/T 14902的要求。进场原料的检测频次应满足现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164的要求。

5.2.2 机制砂与天然砂或多种机制砂掺配使用时，宜将混合砂的细度模数调整到2.3~3.0，其比例可通过试验确定。混合砂的性能指标宜达到Ⅱ类及以上的中砂标准，其通过300 μ m方孔筛筛孔的颗粒含量不宜少于15%，通过150 μ m方孔筛筛孔的颗粒含量不宜少于5%。不应单独采用特细砂作为细集料配制混凝土。

5.2.3 对于有抗渗、抗冻、抗腐蚀、耐磨或其他特殊要求的混凝土，使用的机制

砂等级不应低于Ⅱ类。

5.3 机制砂混凝土配合比设计

5.3.1 机制砂混凝土配合比设计时砂石用量宜采用绝对体积法计算。

5.3.2 机制砂配制混凝土的水胶比参照现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 进行计算，且混凝土的最大水胶比应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定。

5.3.3 机制砂混凝土单位用水量应参照现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 进行初选。

5.3.4 机制砂混凝土的砂率应根据机制砂的细度模数和石粉含量、水胶比及其他材料性能经试验确定。当使用的机制砂的细度模数达到粗砂的标准时，砂率宜适当增加。当机制砂为细砂或其石粉含量高时，宜采用较低砂率。

5.3.5 掺加外加剂配制机制砂混凝土时，除应进行拌合物坍落度和凝结时间试验外，还应进行坍落度经时损失试验，并应确认满足施工要求后才可使用。

5.3.6 用于泵送施工的机制砂混凝土的配合比设计，应根据混凝土原材料、混凝土运输距离、混凝土泵与混凝土输送管径、泵送距离、环境气温等具体施工条件进行试配，并应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 和现行行业标准《混凝土泵送施工技术规程》JGJ/T 10 的规定。

6 机制砂混凝土的制备、施工与质量检验

6.1 机制砂混凝土的制备

6.1.1 机制砂混凝土的生产应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 和《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的有关规定。

6.1.2 原材料入场前，应提供型式检验报告、出厂检验报告和质量合格证明书。原材料进场后，应经检验合格并办理交验手续后方可使用。

6.1.3 不同来源的机制砂应分别堆放，同一来源的机制砂的细度模数变化范围应为 ± 0.2 ，石粉含量变化范围应为 $\pm 2.0\%$ ，否则应分别堆放，并调整配合比中的砂率后使用。其他原材料的储存应符合现行国家标准《预拌混凝土》GB/T 14902 的规定。

6.1.4 混凝土用骨料，在运输或工地贮存时，应使其不受污染。在骨料运输和堆存过程中，应保证骨料的均匀性。当混凝土采用多级粗骨料时，粗骨料应实行分级采购、分级运输、分级堆放、分级计量。使用粗、细骨料时，应准确测定骨料含水量。

6.1.5 机制砂混凝土原材料的计量应符合现行国家标准《预拌混凝土》GB/T 14902 的规定。机制砂应采用重量法单独计量，单盘偏差应为 $\pm 3\%$ ，累计偏差应为 $\pm 2\%$ 。

6.1.6 机制砂混凝土应采用强制式搅拌机搅拌，并符合现行国家标准《预拌混凝土》GB/T 14902 中的规定，搅拌时间宜适当延长。

6.1.7 机制砂混凝土的运输应符合现行国家标准《预拌混凝土》GB/T 14902 的规定。

6.2 机制砂混凝土的施工

6.2.1 机制砂混凝土的浇筑应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 和《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的规定。

6.2.2 机制砂混凝土在浇筑前，应根据设计要求、工程特点、施工工艺、施工环境和施工条件等因素，事先编制浇筑方案，浇筑方案应包括浇筑起点、浇筑顺序、

防裂措施、浇筑厚度、保护层的控制和养护方案等。

6.2.3 机制砂混凝土浇筑时的自由倾落高度不得大于 2m；当大于 2m 时，应采用串筒、溜槽、导管等器具辅助输送混凝土，不得出现分层离析现象。

6.2.4 采用泵送施工的机制砂混凝土，应采取措施保证混凝土的泵送。

6.2.5 应按浇筑方案及时将入模的混凝土均匀振捣密实，每一振点的振捣持续时间宜为 20s~30s，以混凝土不再沉落、不冒气泡、表面平坦泛浆为度，防止过振、漏振。

6.2.6 在机制砂混凝土浇筑过程中，应保证混凝土的均匀性和密实性，不应出现露筋、空洞、冷缝、夹渣、松散等缺陷；应采取有效措施，使接缝严密，防止在混凝土振捣过程中出现漏浆。

6.2.7 机制砂混凝土的养护应符合现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 和《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 的规定，应加强早期养护，养护时间宜适当延长。

6.3 机制砂混凝土的质量检验

6.3.1 机制砂混凝土的性能及其试验方法应符合现行国家标准《预拌混凝土》GB/T 14902 的规定。

6.3.2 机制砂混凝土质量检验和评定，应符合现行国家标准《预拌混凝土》GB/T 14902、《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 和现行行业标准《混凝土耐久性检验评定标准》JGJ/T 193 的规定。

6.3.3 机制砂混凝土工程施工质量验收应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定。

附录 A 机制砂流动度比、抗压强度比试验方法

A.1 材料

A.1.1 水泥应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076 混凝土外加剂检验专用基准水泥或《通用硅酸盐水泥》GB 175 中 P·O 42.5 硅酸盐水泥的规定。

A.1.2 ISO 标准砂应符合现行国家标准《水泥胶砂强度检验方法 (ISO 法)》GB/T 17671 的规定。

A.1.3 水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的规定。

A.2 仪器

A.2.1 天平量程不应小于 2000g，最小分度值不应大于 1g。

A.2.2 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。

A.2.3 流动度跳桌应符合现行国家标准《水泥胶砂流动度测定方法》GB/T 2419 的规定。

A.3 试验步骤及结果计算

A.3.1 水泥砂浆配合比按照表 A.3.1 进行。机制砂在称量前应筛除粒径大于 4.75mm 的颗粒

表 A.3.1 水泥砂浆配合比

种类	水泥 (g)	标准砂 (g)	机制砂 (g)	加水量 (mL)
基准砂浆	450	1350	/	225
试验砂浆	450	/	1350	225

A.3.2 水泥砂浆搅拌程序应按现行国家标准《水泥胶砂强度检验方法 (ISO 法)》GB/T 17671 执行。

A.3.3 水泥砂浆流动度按照现行国家标准《水泥胶砂流动度测定方法》GB/T 2419 执行。

A.3.4 机制砂流动度比按照式 A.3.4 进行计算：

$$F_R = \frac{F_M}{F_S} \times 100\% \quad (\text{A.3.4})$$

式中： F_R —机制砂流动度比，精确至 1%；

F_M —试验砂浆流动度 (mm)；

F_S —基准砂浆流动度 (mm)。

A.3.5 机制砂流动度比应取二次试验结果的算术平均值，精确至 1%。

A.3.6 水泥砂浆成型、养护、试压程序应按现行国家标准《水泥胶砂强度检验方法（ISO 法）》GB/T 17671 执行。

A.3.7 机制砂抗压强度比按照式 A.3.7 进行计算：

$$P_R = \frac{P_M}{P_S} \times 100\% \quad (\text{A.3.7})$$

式中： P_R —机制砂抗压强度比，精确至 1%；

P_M —试验砂浆抗压强度（MPa）；

P_S —基准砂浆抗压强度（MPa）。

附录 B 机制砂抗冻性能比试验方法

B.1 材料

B.1.1 水泥应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076 混凝土外加剂检验专用基准水泥或《通用硅酸盐水泥》GB 175 中 P·O 42.5 硅酸盐水泥的规定。

B.1.2 ISO 标准砂应符合现行国家标准《水泥胶砂强度检验方法 (ISO 法)》GB/T 17671 的规定。

B.1.3 水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的规定。

B.1.4 碎石应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076 混凝土外加剂检验用碎石的规定。

B.2 仪器

B.2.1 天平量程不应小于 20kg，最小分度值不应大于 10g。

B.2.2 搅拌机采用卧式强制搅拌机，其性能应符合现行行业标准《混凝土试验用搅拌机》JG 244 的规定。

B.2.3 快速冻融装置应符合现行行业标准《混凝土抗冻试验设备》JG/T 243 的规定。

B.2.4 动弹性模量测定仪应符合现行国家标准《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082 的要求。

B.3 试验步骤及结果计算

B.3.1 混凝土配合比如表 B.3.1 所示。

表 B.3.1 抗冻性能比混凝土配合比 (kg)

种类	水泥	标准砂	机制砂	(5-10)mm 碎石	(10-20)mm 碎石	水
基准混凝土	6.60	14.36	0	8.62	12.94	4.20
对比混凝土	6.60	0	14.36	8.62	12.94	4.20

B.3.2 混凝土搅拌、养护程序应按现行国家标准《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082 进行混凝土的搅拌、成型、脱模，并在标准养护条件下养护至 24d 龄期，然后放入(20±2)℃饱和氢氧化钙溶液中养护至 28d。

B.3.3 冻融程序应将试件从氢氧化钙饱和溶液中取出，用湿毛巾擦去表面的水分，按照现行国家标准《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082 的进行称重、测定初始共振频率和动弹性模量，然后放入快速冻融试验装

置进行抗冻性能试验。至 25 次冻融循环时测定试件质量和动弹性模量。

B.3.4 机制砂抗冻性能比按照式 B.3.4 进行计算：

$$E_R = \frac{E_M}{E_S} \times 100\% \quad (\text{B.3.4})$$

式中： E_R —机制砂抗冻性能比，精确至 1%；

E_M —试验混凝土相对动弹性模量（%）；

E_S —基准混凝土相对动弹性模量（%）。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，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

1. 《通用硅酸盐水泥》 GB 175
2. 《建筑材料放射性核素限量》 GB 6566
3. 《混凝土外加剂》 GB 8076
4. 《混凝土结构设计规范》 GB 50010
5. 《混凝土质量控制标准》 GB 50164
6. 《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB 50204
7. 《混凝土结构工程施工规范》 GB 50666
8. 《混凝土结构通用规范》 GB 55008
9. 《水泥胶砂流动度测定方法》 GB/T 2419
10. 《建设用砂》 GB/T 14684
11. 《建设用卵石、碎石》 GB/T 14685
12. 《预拌混凝土》 GB/T 14902
13. 《水泥胶砂强度检验方法（ISO 法）》 GB/T 17671
14. 《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》 GB/T 50082
15. 《混凝土强度检验评定标准》 GB/T 50107
16. 《混凝土结构耐久性设计标准》 GB/T 50476
17. 《预防混凝土碱骨料反应技术规范》 GB/T 50733
18. 《混凝土泵送施工技术规程》 JGJ/T 10
19. 《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》 JGJ 52
20. 《普通混凝土配合比设计规程》 JGJ 55
21. 《混凝土用水标准》 JGJ 63
22. 《混凝土耐久性检验评定标准》 JGJ/T 193
23. 《人工砂混凝土应用技术规程》 JGJ/T 241
24. 《混凝土抗冻试验设备》 JG/T 243
25. 《混凝土试验用搅拌机》 JG 244
26. 《行星式水泥胶砂搅拌机》 JC/T 681

山东省工程建设标准

机制砂混凝土应用技术规程

DB/T 5244-2022

条文说明

目 次

1 总 则.....	23
2 术 语.....	24
3 基本规定.....	25
4 机制砂的质量、检验、运输和储存.....	26
4.1 分级与规格.....	26
4.2 机制砂的性能.....	26
4.3 机制砂的检验.....	28
4.4 运输和储存.....	28
5 机制砂混凝土的配制.....	29
5.1 一般规定.....	29
5.2 原材料要求.....	29
5.3 机制砂混凝土配合比设计.....	29
6 机制砂混凝土的制备、施工与质量检验.....	31
6.1 机制砂混凝土的制备.....	31
6.2 机制砂混凝土的施工.....	31
6.3 机制砂混凝土的质量检验.....	31

1 总 则

1.0.1 随着基础设施的发展和环境保护措施的逐步加强,建设用砂供需矛盾日趋突出,规范机制砂的使用符合当前国家发展的需求。经过大量的研究和工程实践,证明了机制砂的使用在经济上是合理的、技术上是可靠的。

1.0.2 本规程主要就机制砂的应用作出规定,范围是建筑工程中利用机制砂或混合砂进行混凝土的制备、施工和质量验收的过程。建筑工程本身的质量和性能应参照相应的国家标准执行。

1.0.3 机制砂的应用专业性较强,使用过程中会涉及其他一些关于原材料、生产制备工艺、质量及验收等方面的标准和规范,除应满足国家现行有关标准外,还应符合山东省有关地方标准的规定。

2 术 语

2.0.1 为保证机制砂的质量，确保工程安全性，制备机制砂前，必须对其原料进行除土、除杂处理，且不得使用软质、风化的矿石、卵石和尾矿生产机制砂。为了更好的应用于混凝土中，加工过程中应对颗粒形状进行整形。

2.0.2 混合砂即是由两种或两种以上砂混合制成的砂，主要包括两种情况，一是由天然砂和机制砂混合制成的砂；二是由两种或两种以上不同种类或来源的机制砂混合制成的砂。

2.0.5 一般情况下，天然砂和机制砂中小于 $75\mu\text{m}$ 颗粒的组成是有区别的。为明确这种区别，根据现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684 的规定，天然砂中小于 $75\mu\text{m}$ 颗粒含量称为含泥量，机制砂中小于 $75\mu\text{m}$ 颗粒含量称为石粉含量。含泥量反映的是天然砂在采掘过程所携带的泥土成分的含量，其对混凝土、砂浆等水泥制品的搅拌过程中的需水量、工作性能、力学性能和耐久性能影响极大；石粉是机制砂生产过程中不可避免的伴生物质，适量的石粉可能会对混凝土、砂浆的骨料颗粒级配、工作性能、力学性能和耐久性能产生有益的作用。为明确石粉含量与含泥量的区别，特予以定义。

2.0.6 石粉和泥的颗粒粒径大多都小于 $75\mu\text{m}$ ，但是适量的石粉对混凝土是有益的，泥对混凝土是有害的，用传统的含泥量试验方法是无法区别的，而采用亚甲基蓝（MB）试验方法则可以准确区别小于 $75\mu\text{m}$ 的物质是是以石粉为主还是以泥粉为主。

2.0.7 压碎值指标是人工砂抵抗压碎的能力，间接反映了生产机制砂母岩的抗压强度，同时也反映了人工砂的粒型（或片状颗粒含量多少）以及软弱颗粒含量的多少。

2.0.12 为了评价机制砂的颗粒形状、表面粗糙度、吸水率等对混凝土拌合物性能的综合影响，设计了流动度比这个技术指标。

3 基本规定

3.0.1 机制砂的生产和应用涉及矿山采矿、机械破碎、筛分和分级、运输和贮存、搅拌、浇筑、养护等各个环节，在执行过程中，必须满足国家、行业及山东省有关环境保护、安全生产等方面的标准和规范要求。为保证机制砂及其制品在建筑工程的应用不对人体、生物、环境及混凝土、砂浆等水泥制品的性能产生有害影响，其放射性应符合现行国家标准的规定。

3.0.2 使用机制砂制备混凝土时，机制砂的各项性能指标应该满足其所制备的混凝土原材料中对砂（细骨料）的性能要求。

3.0.5 混凝土在硫酸盐环境下，低温状态且存在碳酸盐时，会形成碳硫硅钙石型硫酸盐侵蚀，因此使用石灰石质机制砂配制混凝土时应进行耐久性论证。

4 机制砂的质量、检验、运输和储存

4.1 分级与规格

4.1.1 各地区生产工艺、质量控制水平差距较大,所以按技术要求分为三个级别。

4.1.2 机制砂按照细度模数划分为粗砂、中砂、细砂、特细砂,与现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 一致。

4.2 机制砂的性能

4.2.1 制备混凝土的机制砂的颗粒级配、石粉含量和泥块含量、有害物质、坚固性、碱集(骨)料反应符合现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的规定。当采用铁尾矿制备的机制砂时,由于铁尾矿砂的固有特性,还应满足铁尾矿砂相关标准的要求。

当机制砂实际颗粒级配不符合 JGJ 52 的规定时,宜采取技术措施,并应经试验证明能确保混凝土质量后再使用。

机制砂颗粒级配比较集中,绝大多数属中粗砂,其细度模数大约在 2.3~3.7 范围内,其中 1.18mm 以上颗粒一般占总质量 48%~50% (天然砂一般占 25%~35%)。为了满足混凝土泵送性能,机制砂除了应满足 2 区级配区外,还应通过对 300 μ m 方孔筛及 300 μ m 方孔筛筛孔的颗粒含量提出相应要求。

4.2.2 在机制砂的生产过程中,不可避免地会产生一定量的粒径小于 75 μ m 的颗粒(统称为石粉),这是机制砂与天然砂最明显的区别之一。石粉与天然砂中的泥成分不同、粒径分布不同、在使用中所起到的作用不同。天然砂中的泥粉对混凝土是有害的,必须严格控制其含泥量,这是多年实践后大家的共识。而机制砂中适量的石粉含量对混凝土是有益的,这也是研究和用过机制砂的地区和部门在多年实践后共同的结论。机制砂由机械破碎制成,其颗粒尖锐有棱角,有利于提高骨料和水泥的结合力,但对混凝土的和易性是不利的,特别是用于低强度等级的混凝土时尤为明显,而适量石粉的存在,弥补了这一缺陷。此外,由于石粉主要是由 40 μ m~80 μ m 的细微粒组成,它的掺入对改善混凝土细骨料的级配,提高混凝土密实性都有益处,进而起到了提高混凝土综合性能的作用。

机制砂的 MB 值大于等于 1.4 时,虽然有石粉含量总量的限制,但由于各地粘土的成矿物质不同,其吸附性存在较大的差异。不同粘土矿物对砂 MB 值的影

响如图 4-1 所示。

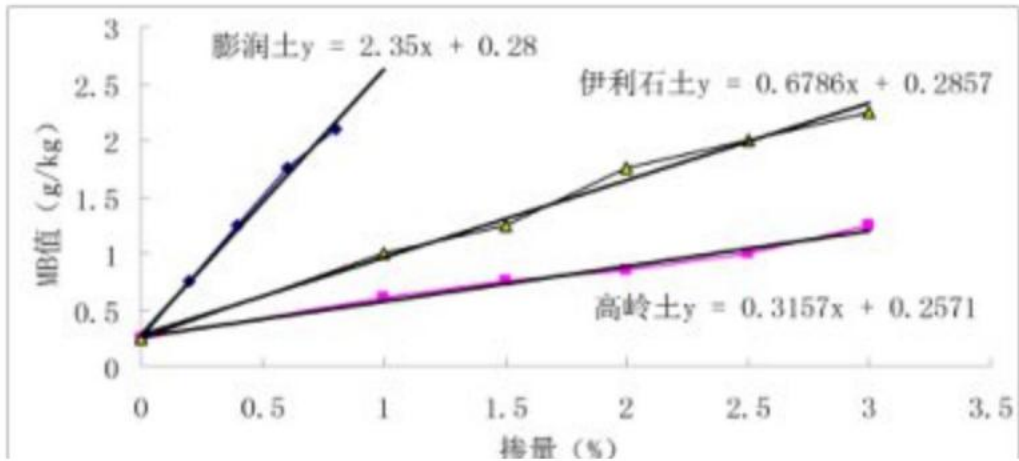


图 4-1 不同粘土矿物对砂的 MB 值的影响

当小于 75 μm 颗粒全部为膨胀土时，其石粉含量（含泥量）在 2%，砂的 MB 值即能达到 5.0。而高 MB 值的机制砂，会造成混凝土用水量急剧增大，1h 坍落度损失大、同坍落度混凝土抗压强度降低等有害影响。为了保证机制砂在混凝土中的应用效果，对机制砂 MB 值的上限做出了规定。

表 4-1 膨润土掺量对混凝土性能的影响

序号	膨润土掺量， %	用水量， kg/m^3	初始坍落度， mm	1h 坍落度， mm	28d 抗压强度， MPa
1	0.0	180	210	190	40.9
2	0.2	185	200	180	39.8
3	0.4	195	210	160	37.4
4	0.6	207	210	130	34.1
5	0.8	220	210	90	31.9
6	1.0	235	210	40	29.8

4.2.5 通过对机制砂的检验数据归纳分析，机制砂的表观密度在 2560 $\text{kg}/\text{m}^3 \sim 2690\text{kg}/\text{m}^3$ 范围内，松散堆积密度在 1410 $\text{kg}/\text{m}^3 \sim 1480\text{kg}/\text{m}^3$ 范围内，空隙率在 42%~46% 的范围内，而现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684 的规定中空隙率要求不应大于 44%，出现这种情况主要是因为机制砂本身的粒形使得其空隙较多，造成其空隙率要高于国标要求。

4.2.8 使用岩相法鉴定时，骨料被评定为非碱活性时，可作为最后结论。如评定为碱活性骨料或可疑时，硅质骨料应使用快速碱硅酸反应进行评价，判断有无潜在碱活性，并报告实测值。当反应膨胀率 $>0.10\%$ 时，应根据需要选择一定的技术措施以避免碱骨料反应的危害。

4.2.9 由岩石破碎的机制砂其母岩的抗压强度能够比较直观反映机制砂的强度质量指标,故该类型机制砂在生产使用前以及每年的型式检验都必须进行母岩抗压强度的检测。

4.2.12 当机制砂用于混凝土制备时,除了通过对机制砂本身的物理性能进行判断外,还需要对使用机制砂制备的混凝土从力学性能以及耐久性等方面进行综合评价。为了与传统的天然砂混凝土性能进行对比,需要设置流动度比、抗压强度比、抗冻性能比等几个技术指标。

4.3 机制砂的检验

4.3.1 规定了机制砂的取样以及试样处理、缩分等的方法。

4.3.2 规定了机制砂各个检测项目的试验方法、最小取样量。

4.3.3 根据机制砂的特点,选择常规检验和型式检验进行组合,既考虑了机制砂的生产单位对产品质量出厂检验需要,也考虑了使用单位对产品的复验要求。

4.3.4 规定了机制砂形式检验的项目。同时,规定了进行型式检验的条件。

4.3.5 本条规定了机制砂的出厂检验项目。根据用户最关心且便于检验指标的原则,参照现行国家标准《建设用砂》GB/T 14684 出厂检验的规定,机制砂的进场检验项目包括:颗粒级配、石粉含量(含亚甲蓝试验)、泥块含量、压碎指标、松散堆积密度、饱和面干吸水率。其他技术指标则根据工程需要,确定是否增加相应的检测项目。

出厂检验项目指标与平时检验结果统计有较大差异是指,单次的出厂检验项目指标与平时检验结果统计平均值的差值超过平时检验结果统计标准差的2倍。

4.3.6 规定了机制砂的组批数量。

4.3.7 规定了机制砂合格判定的原则。

4.4 运输和储存

4.4.2 为了避免机制砂运输和存储过程中的粉尘污染,应采取封闭运输、对料场加盖、喷雾抑尘等措施。

5 机制砂混凝土的配制

5.1 一般规定

5.1.2 低水泥用量、低用水量和低收缩性能的混凝土配合比设计原则，是保证混凝土质量和经济适用的重要技术措施，这也是现行国家标准《混凝土结构耐久性设计标准》GB/T 50476 中对混凝土的要求。

5.1.3 铁尾矿砂配制混凝土时，宜与河砂或其他品种的机制砂复合使用，复合后的机制砂性能应符合本规程的规定。

5.1.4 由于机制砂配制时胶凝材料用量较大，且机制砂中的石粉含量较大，用于限制混凝土收缩的集料体积相对减小；石粉中含有的粘土性杂质会大大提高混凝土的收缩率。因此，对于采用机制砂配制的有抗裂要求的混凝土，应通过试验来优选配合比，从而保证工程质量。对有抗裂性能要求的混凝土，混凝土应通过混凝土抗裂性和早期收缩性能试验优选配合比，以配制出满足建筑工程抗裂性能要求的混凝土，具体方法参照现行国家标准《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》GB/T 50082 的规定执行。

5.2 原材料要求

5.2.2 当机制砂的颗粒级配（细度模数）不满足本规程的规定时，可将机制砂与天然砂充分混合后调整为细度模数 2.3~3.0 的混合砂，具体复合公式如下：

$$M = \sum M_i \times P_i \quad (5-1)$$

式中， M —混合砂的细度模数；

M_i —第*i*种砂的细度模数；

P_i —第*i*种砂占混合砂的质量比例，%。

适合于2种或3种砂混合时的计算及调整，可以较好地改善机制砂的颗粒级配。

5.3 机制砂混凝土配合比设计

5.3.1 机制砂配制的混凝土的各项力学性能以及耐久性能均能达到有关国家标准规定的要求。按现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的规定，用绝对体积法计算能够配制出满足建筑工程要求的机制砂混凝土。

5.3.2 由于机制砂的颗粒形状多为尖锐、棱角形，造成其空隙率较大，所以通过增加胶凝材料的方法可以填充混凝土由于机制砂粒形问题而增加的空隙。

5.3.3 基于同样的原因，机制砂混凝土的用水量宜适当增加。

5.3.4 由于机制砂的颗粒形状多为尖锐、棱角形，表面粗糙，有别于浑圆状的自然砂，故用机制砂配制混凝土时，砂率要相应增大。经试验，用机制中砂或混合砂配制混凝土时的砂率与天然砂相同，但用机制粗砂时，砂率宜增加 1%~2%，使混凝土拌合物的和易性得到改善。当机制砂为细砂或其石粉含量高时，表明砂的表面积相对较大，在保证混凝土质量（工作性能、强度、耐久性等）的前提下，为贯彻混凝土配合比的低水泥用量、低水胶比（或水灰比）的设计原则，宜采用较低砂率。

5.3.5 机制砂中石粉引入的粘土性物质会造成较大的坍落度损失，特别是在使用聚羧酸高性能减水剂配制混凝土时。为满足预拌混凝土拌合物施工技术要求，应根据现行国家标准《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080 对新拌混凝土的凝结时间、坍落度以及坍落度经时损失进行检测，并规定：

- 1 混凝土拌合物的凝结时间和坍落度满足工程设计和施工要求；
- 2 用于泵送的混凝土坍落度经时损失不应大于30mm/h。

6 机制砂混凝土的制备、施工与质量检验

6.1 机制砂混凝土的制备

6.1.3 为保证各类机制砂得到合理利用，并保证工程质量，必须根据不同混凝土及其配合比的需要复配混合砂，所以机制砂原料应分仓单独储存，待制备混凝土时再进行配制并应适当延长混凝土的搅拌时间。

6.1.5 为了更好的控制混凝土质量，机制砂应单独计量，允许偏差与天然砂相同。

6.1.6 机制砂混凝土搅拌应采用强制式搅拌机搅拌，混凝土原材料的计量、搅拌、性能及试验方法、运输等参照现行国家标准《预拌混凝土》GB/T 14902 第 7 章的相关规定执行，搅拌时间宜适当延长，以确保搅拌均匀。

6.1.7 对于采用搅拌运输车运输的混凝土，当坍落度损失较大不能满足施工要求时，可在运输车罐内加入适量的与原配合比相同成分的减水剂，并快速搅拌均匀，并应在达到要求的工作性能后再泵送或浇筑。减水剂加入量应事先由试验确定，且加入后对混凝土的硬化性能无损害，并应进行记录。

6.2 机制砂混凝土的施工

6.2.5 机制砂混凝土相比同坍落度的天然砂混凝土易于液化离析，应避免过振。

6.2.6 机制砂混凝土的浇筑参照现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 第 6.6 节和《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 第 8.3 节的规定执行。

6.2.7 机制砂混凝土的养护参照现行国家标准《预拌混凝土》GB/T 14902 第 6.7 节、《混凝土质量控制标准》GB 50164 第 6.7 节和《混凝土结构工程施工规范》GB 50666 第 8.5 节的规定执行。

6.3 机制砂混凝土的质量检验

6.3.3 机制砂混凝土质量检验的批量和试件数量与天然砂混凝土相同，故应符合现行有关验收规定。即机制砂混凝土的质量检验规则参照现行国家标准《预拌混凝土》GB/T 14902 的规定执行；机制砂混凝土的拌合物的性能检验和硬化后性

能检验参照现行国家标准《混凝土质量控制标准》GB 50164 的规定执行。