

中华人民共和国行业标准

水运工程机制砂混凝土应用技术规范

JTS/T 227—2022

主编单位:中交四航工程研究院有限公司

批准部门:中华人民共和国交通运输部

施行日期:2022年6月1日

人民交通出版社股份有限公司

2022·北京

交通运输部关于发布 《水运工程机制砂混凝土应用技术规范》的公告

2022 年第 29 号

现发布《水运工程机制砂混凝土应用技术规范》(以下简称《规范》)。《规范》为水运工程建设推荐性行业标准,标准代码为 JTS/T 227—2022,自 2022 年 6 月 1 日起施行。

《规范》由交通运输部水运局负责管理和解释,实施过程中具体使用问题的咨询,由主编单位中交四航工程研究院有限公司答复。《规范》文本可在交通运输部政府网站水路运输建设综合管理信息系统“水运工程行业标准”专栏(mwtis.mot.gov.cn/syportal/sybz)查询和下载。

特此公告。

中华人民共和国交通运输部
2022 年 5 月 7 日

制定说明

近年来,随着我国水运工程建设的快速发展,天然砂资源短缺的问题日益严重,推广使用机制砂的需求十分紧迫。相关单位在机制砂混凝土技术方面开展了大量研究工作,取得了丰富的研究成果,在内河船闸等水运工程项目中得到了较广泛应用,积累了一定的实践经验。为进一步统一水运工程机制砂混凝土技术要求,交通运输部水运局组织相关单位,在归纳、总结我国水运工程机制砂混凝土应用经验的基础上,通过深入调查研究、广泛征求意见、反复修改完善,编制完成《水运工程机制砂混凝土应用技术规范》。

本规范共7章4个附录,并附条文说明,主要包括机制砂质量控制、机制砂混凝土配合比设计、机制砂混凝土生产和施工、机制砂混凝土质量检验等。

本规范主编单位为中交四航工程研究院有限公司,参编单位为中交第四航务工程局有限公司、中交天津港湾工程研究院有限公司、中交武汉港湾工程设计研究院有限公司、中交上海三航科学研究院有限公司、中交基础设施养护集团有限公司。本规范编写人员的分工如下:

- 1 总则:熊建波 王胜年
- 2 术语:邓春林 杨海成
- 3 基本规定:熊建波 王胜年 范志宏 凌永东
- 4 机制砂质量控制:邓春林 王胜年 秦明强 黄君哲 刘 行
- 5 机制砂混凝土配合比设计:李 沛 熊建波 邓春林 曾俊杰 陈浩宇
- 6 机制砂混凝土生产和施工:黎鹏平 谷坤鹏 凌永东 温永向 李 顺
- 7 机制砂混凝土质量检验:黄君哲 吴建平 范志宏 邓春林

附录A:熊建波 邓春林 黎鹏平

附录B:邓春林

附录C:熊建波 邓春林

附录D:熊建波

本规范于2021年3月31日通过部审,2022年5月7日发布,自2022年6月1日起施行。

本规范由交通运输部水运局负责管理和解释。各单位在执行过程中发现的问题和意见,请及时函告交通运输部水运局(地址:北京市建国门内大街11号,交通运输部水运局技术管理处,邮政编码:100736)和本规范管理组(地址:广东省广州市前进路157号,中交四航工程研究院有限公司,邮政编码:510230),以便修订时参考。

目 次

1	总则	(1)
2	术语	(2)
3	基本规定	(3)
4	机制砂质量控制	(4)
4.1	一般规定	(4)
4.2	机制砂技术指标	(4)
4.3	机制砂质量检验	(6)
4.4	机制砂质量验收	(6)
5	机制砂混凝土配合比设计	(7)
5.1	一般规定	(7)
5.2	配合比设计方法	(8)
6	机制砂混凝土生产和施工	(12)
6.1	混凝土生产与运输	(12)
6.2	混凝土浇筑	(12)
6.3	混凝土养护	(12)
7	机制砂混凝土质量检验	(14)
7.1	一般规定	(14)
7.2	原材料检验	(14)
7.3	混凝土拌合物性能检验	(14)
7.4	硬化混凝土性能检验	(15)
附录 A	机制砂需水量比试验方法	(16)
附录 B	石粉流动度比试验方法	(17)
附录 C	石粉亚甲蓝值试验方法	(19)
附录 D	本规范用词说明	(21)
	引用标准名录	(22)
	附加说明 本规范主编单位、参编单位、主要起草人、主要审查人、总校人员 和管理组人员名单	(23)
	条文说明	(25)

1 总 则

1.0.1 为指导和规范水运工程机制砂混凝土的应用,保障工程质量,做到技术先进、安全可靠、经济合理、节能环保,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于水运工程混凝土用机制砂质量控制,机制砂混凝土配合比设计、生产、施工和质量检验。

1.0.3 水运工程机制砂混凝土应用除应执行本规范的规定外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 机制砂 Manufactured Sand

以合格的母岩为原料,经除土处理,由机械破碎、整形、筛分、粉控等工艺制成的粒径小于4.75mm的岩石颗粒。

2.0.2 机制砂混凝土 Manufactured Sand Concrete

采用机制砂为主要细骨料配制而成的水泥混凝土。

2.0.3 石粉含量 Crushed Dust Content

机制砂中粒径小于75 μm 的颗粒含量。

2.0.4 石粉亚甲蓝值(MB_f) Methylene Blue Value of Rock Fine

用于判定机制砂中石粉的吸附性能指标,以每千克石粉所消耗的亚甲蓝质量计(g/kg)。

2.0.5 石粉流动度比 Fluidity Ratio of Rock Fine

用于判定石粉对减水剂的吸附性能指标,以掺加石粉的胶砂与对比水泥胶砂的流动度之比计。

2.0.6 机制砂需水量比 Ratio of Water Requirement of Manufactured Sand

使用机制砂与国际标准化组织提出的标准砂(ISO标准砂)配制的水泥胶砂在达到规定流动度时的用水量之比。

3 基本规定

- 3.0.1** 水运工程机制砂混凝土应选用质地坚固、粒形级配合理、质量稳定的机制砂。
- 3.0.2** 混合使用机制砂与天然砂时,混合后的砂应满足本规范的要求。
- 3.0.3** 机制砂应按颗粒级配、泥块含量、坚固性、空隙率、压碎指标和有害物质含量等指标分为Ⅰ类、Ⅱ类、Ⅲ类机制砂。
- 3.0.4** 海水环境下机制砂的选用应符合下列规定。
- 3.0.4.1** 高性能混凝土、抗冻等级高于F250的混凝土、强度等级高于C55的混凝土宜采用Ⅰ类机制砂。
- 3.0.4.2** 抗冻等级F200或F250的混凝土、强度等级C30~C55的钢筋混凝土、强度等级C30~C55的预应力混凝土宜采用Ⅰ类或Ⅱ类机制砂。
- 3.0.4.3** 其他混凝土可采用Ⅰ类、Ⅱ类或Ⅲ类机制砂。
- 3.0.5** 淡水环境下机制砂的选用应符合下列规定。
- 3.0.5.1** 抗冻等级高于F250的混凝土、强度等级高于C55的混凝土宜采用Ⅰ类机制砂。
- 3.0.5.2** 抗冻等级F200或F250的混凝土、强度等级C30~C55的钢筋混凝土、强度等级C30~C55的预应力混凝土宜采用Ⅰ类或Ⅱ类机制砂。
- 3.0.5.3** 其他混凝土可采用Ⅰ类、Ⅱ类或Ⅲ类机制砂。
- 3.0.6** 化学腐蚀环境下机制砂的选用应符合下列规定。
- 3.0.6.1** 环境作用等级为非常严重的构件使用的混凝土、强度等级高于C55的混凝土宜采用Ⅰ类机制砂。
- 3.0.6.2** 环境作用等级为严重的构件使用的混凝土、强度等级C30~C55的混凝土宜采用Ⅰ类或Ⅱ类机制砂。
- 3.0.6.3** 环境作用等级为中等的构件使用的混凝土、强度等级低于C30的混凝土可采用Ⅰ类、Ⅱ类或Ⅲ类机制砂。
- 3.0.7** 石灰岩质机制砂用于海水环境或化学腐蚀环境,并长期处于15℃以下的混凝土,宜进行碳硫硅钙石型硫酸盐腐蚀专项试验论证。
- 3.0.8** 除机制砂外,混凝土用其他原材料的质量控制要求应符合现行行业标准《水运工程混凝土质量控制标准》(JTS 202—2)的有关规定。
- 3.0.9** 水运工程机制砂混凝土应考虑母岩材质、石粉含量、粒形级配对混凝土力学性能和耐久性能的影响,并应符合现行行业标准《水运工程结构耐久性设计标准》(JTS 153)和《水运工程混凝土质量控制标准》(JTS 202—2)的有关规定。

4 机制砂质量控制

4.1 一般规定

4.1.1 机制砂母岩的抗压强度应符合表 4.1.1 的规定。

表 4.1.1 机制砂母岩抗压强度

母岩类别	火成岩	变质岩	沉积岩
母岩抗压强度(MPa)	≥80	≥60	≥30

4.1.2 机制砂的粗细程度按细度模数可分为粗砂和中砂,应符合表 4.1.2 的规定。

表 4.1.2 机制砂的粗细程度

粗细程度	粗砂	中砂
细度模数	3.7~3.1	3.0~2.3

4.1.3 机制砂在运输、装卸、堆放过程中,应保持颗粒分布均匀,避免混入杂质。

4.1.4 机制砂进场后应按产地、类别、规格分别堆放,干料堆料高度不宜高于 5m,堆存的地面应硬化,并宜设置防雨棚,堆场四周应做好围挡和排水设施。

4.2 机制砂技术指标

4.2.1 机制砂的级配范围应符合表 4.2.1-1 的规定,级配分区应符合表 4.2.1-2 的规定。

表 4.2.1-1 机制砂的级配范围

机制砂类别	I类	II类	III类
级配范围	2区	1区、2区	1区、2区

表 4.2.1-2 机制砂的级配分区

公称粒径(mm)	方孔筛筛孔边长(mm)	累计筛余(%)	
		1区	2区
5.00	4.75	10~0	10~0
2.50	2.36	35~5	25~0
1.25	1.18	65~35	50~10
0.63	0.60	85~71	70~41
0.315	0.30	95~80	92~70
0.16	0.15	97~85	94~80

注:机制砂的实际颗粒级配与表中所列的累计筛余百分比相比,除公称粒径为 5.00mm 和 0.63mm 的累积筛余外,其余公称粒径的累积筛余允许超出表列范围,但各级累计筛余超出值总和不应大于 5%。

4.2.2 机制砂的石粉含量应符合表 4.2.2 的规定。石粉亚甲蓝值小于或等于 2.5, 或石粉流动度比大于或等于 110% 时, 根据使用环境和用途, 并经试验所配制的混凝土满足工作性能、力学性能及耐久性能要求时, 可适当放宽石粉含量要求, 但不应大于 15.0%。

表 4.2.2 机制砂的石粉含量最大允许值

石粉亚甲蓝 MB_V	石粉流动度比 F_V (%)	
	$F_V < 100$	$F_V \geq 100$
$MB_V \geq 6.0$	3.0	3.0
$4.0 < MB_V < 6.0$	5.0	7.0
$2.5 < MB_V \leq 4.0$	5.0	10.0

4.2.3 机制砂的泥块含量应符合表 4.2.3 的规定。

表 4.2.3 机制砂的泥块含量

机制砂类别	I 类	II 类	III 类
泥块含量(%)	0	≤ 1.0	≤ 2.0

4.2.4 机制砂的吸水率不应大于 3.0%。

4.2.5 机制砂的坚固性应符合表 4.2.5 的规定。

表 4.2.5 机制砂的坚固性

机制砂类别	I 类	II 类	III 类
坚固性(%)	≤ 8		≤ 10

4.2.6 机制砂的压碎指标应符合表 4.2.6 的规定。

表 4.2.6 机制砂的压碎指标

机制砂类别	I 类	II 类	III 类
压碎指标(%)	≤ 20	≤ 25	≤ 30

4.2.7 机制砂表观密度不应小于 $2500\text{kg}/\text{m}^3$, 堆积密度不宜小于 $1400\text{kg}/\text{m}^3$, 机制砂的空隙率宜符合表 4.2.7 的规定。

表 4.2.7 机制砂的空隙率

机制砂类别	I 类	II 类	III 类
空隙率(%)	≤ 44.0	≤ 45.0	

4.2.8 机制砂的有害物质含量应符合表 4.2.8 的规定。

表 4.2.8 机制砂的有害物质含量

机制砂类别		I 类	II 类	III 类
有害物质含量	云母(%)	≤ 1.0	≤ 2.0	
	氯离子(%)	≤ 0.01	≤ 0.02	≤ 0.06
	轻物质(%)	≤ 1.0		
	硫化物及硫酸盐(%)	≤ 0.5		
	有机物	合格		

注:①硫化物及硫酸盐含量按 SO_3 质量计;

②有机物按比色法试验。

4.2.9 机制砂需水量比不应大于 130%。

4.2.10 海水环境不得采用具有碱活性的机制砂。

4.2.11 淡水环境下和化学腐蚀环境下不应使用具有碱-碳酸盐反应活性的机制砂,当使用具有碱-硅酸反应活性的机制砂时,应选用碱含量小于 0.6% 的水泥并采取其他抑制碱骨料反应的措施,并应经试验验证。

4.3 机制砂质量检验

4.3.1 机制砂母岩抗压强度、颗粒级配、细度模数、表观密度、堆积密度、空隙率、石粉含量、泥块含量、坚固性、压碎指标、有害物质含量、吸水率和碱活性的试验方法应按现行行业标准《水运工程混凝土试验检测技术规范》(JTS/T 236) 的有关规定执行,机制砂需水量比试验方法应按附录 A 的规定进行,石粉流动度比试验方法应按附录 B 的规定进行,石粉亚甲蓝值试验方法应按附录 C 的规定进行。

4.3.2 机制砂选择时,宜检测细度模数稳定性。细度模数稳定性检测宜在料源地机制砂生产过程中每小时抽样检测 1 次,连续进行 10 次并取平均值,单次细度模数与平均值相差大于 10% 的情况不宜超过 1 次。

4.3.3 机制砂首次进场检验项目应包括母岩抗压强度、颗粒级配、细度模数、表观密度、堆积密度、空隙率、石粉含量、石粉亚甲蓝值、石粉流动度比、泥块含量、坚固性、压碎指标、有害物质含量、吸水率、碱活性、机制砂需水量比。

4.3.4 机制砂日常进场检验项目应包括颗粒级配、细度模数、表观密度、堆积密度、空隙率、石粉含量、石粉亚甲蓝值、石粉流动度比、泥块含量、机制砂需水量比。

4.4 机制砂质量验收

4.4.1 机制砂进场时,应查验出厂检验报告或合格证等证明文件。

4.4.2 机制砂进场后,应以 400m³ 或 600t 为一个检验批进行质量检验,不足 400m³ 或 600t 应按一个批次进行检验。

4.4.3 机制砂进场抽样检验结果有不合格项时,应双倍取样检测不合格项,仍有不合格项的,应判定该批产品质量不合格。

5 机制砂混凝土配合比设计

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工作性能、力学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,遵循低水泥用量、低用水量和低收缩性能的原则,按现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTS 202)的有关规定执行。

5.1.2 混凝土的配制强度应按下列式确定:

$$f_{\text{cn},0} = f_{\text{cn},k} + 1.645\sigma \quad (5.1.2)$$

式中 $f_{\text{cn},0}$ ——混凝土配制强度(MPa);

$f_{\text{cn},k}$ ——设计要求的混凝土立方体抗压强度标准值(MPa);

σ ——实际统计的混凝土立方体抗压强度标准差(MPa)。

5.1.3 混凝土立方体抗压强度标准差的确定应符合下列规定。

5.1.3.1 有近期混凝土强度的统计资料时,混凝土立方体抗压强度标准差可按下列式确定:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n f_{\text{cn},i}^2 - nm_{\text{fcu}}^2}{n-1}} \quad (5.1.3)$$

式中 σ ——混凝土立方体抗压强度标准差(MPa);

$f_{\text{cn},i}$ ——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_{fcu} —— n 组混凝土立方体抗压强度的平均值(MPa)。

5.1.3.2 混凝土强度等级小于或等于C25,计算的强度标准差小于2.5MPa时,计算配制强度用的混凝土立方体抗压强度标准差应取2.5MPa;混凝土强度等级大于或等于C30,计算的强度标准差小于3.0MPa时,计算配制强度用的混凝土立方体抗压强度标准差应取3.0MPa。

5.1.3.3 没有近期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5.1.3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 5.1.3 混凝土抗压强度标准差

强度等级	< C20	C20 ~ C40	> C40
混凝土强度标准差(MPa)	3.5	4.5	5.5

5.1.4 机制砂的选用应符合下列规定。

5.1.4.1 1区砂宜配制低流动性混凝土,2区砂宜配制不同强度等级混凝土。

- 5.1.4.2 机制砂用于泵送混凝土时,宜采用 300 μ m 筛孔通过率不小于 15% 的中砂。
- 5.1.5 配制机制砂混凝土时,应进行坍落度经时损失试验。
- 5.1.6 采用机制砂配制混凝土时,不宜采用惰性掺合料。
- 5.1.7 采用机制砂配制预应力混凝土时,石粉含量不宜大于 10%。
- 5.1.8 试验室确定机制砂混凝土配合比后,尚应按照混凝土生产使用的设备进行搅拌站试拌和,经检验混凝土拌合物性能、力学性能等指标满足要求后方可用于生产。

5.2 配合比设计方法

- 5.2.1 机制砂混凝土配合比计算、试配、调整与确定应按现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTS 202) 的有关规定执行。
- 5.2.2 机制砂混凝土的水胶比应根据强度与水胶比关系曲线确定,有耐久性要求的混凝土,水胶比应符合下列规定。

5.2.2.1 海水环境混凝土水胶比最大允许值应符合表 5.2.2-1 的规定。

表 5.2.2-1 海水环境混凝土水胶比最大允许值

环境条件		普通混凝土				高性能混凝土	
		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	
		北方	南方	北方	南方		
大气区		0.55	0.50	0.65	0.65	0.40	
浪溅区		0.40	0.40	0.65	0.65	0.35	
水位变动区	严重受冻	0.45	—	0.45	—	0.40	
	受冻	0.50	—	0.50	—	0.40	
	微冻	0.55	—	0.55	—	0.40	
	不冻	—	0.50	—	0.65	0.40	
水下区	不受水头作用		0.55	0.55	0.65	0.65	0.40
	受水头作用	最大作用水头与混凝土壁厚之比小于 5	0.55				0.40
		最大作用水头与混凝土壁厚之比为 5~10	0.50				0.40
		最大作用水头与混凝土壁厚之比大于 10	0.45				0.40

注:除全日潮型港口外,其他海港有抗冻性要求的细薄构件水胶比最大允许值应酌情减小。

5.2.2.2 淡水环境混凝土水胶比最大允许值应符合表 5.2.2-2 的规定。

表 5.2.2-2 淡水环境混凝土水胶比最大允许值

环境条件		钢筋混凝土和预应力混凝土	素混凝土
水上区	水汽积聚或通风不良	0.60	0.65
	无水汽积聚或通风良好	0.65	0.65

续表 5.2.2-2

环境条件		钢筋混凝土 和预应力混凝土	素混凝土
水位变动区	严重受冻	0.55	0.55
	受冻	0.60	0.60
	微冻	0.65	0.65
	不冻	0.65	0.65
水下区	不受水头作用		0.65
	受水头作用	最大作用水头与混凝土壁厚之比小于 5	0.60
		最大作用水头与混凝土壁厚之比为 5~10	0.55
		最大作用水头与混凝土壁厚之比大于 10	0.50

5.2.2.3 化学腐蚀环境混凝土水胶比最大允许值应符合表 5.2.2-3 的规定。

表 5.2.2-3 化学腐蚀环境混凝土水胶比最大允许值

环境作用等级	最大水胶比
中等	0.45
严重	0.40
非常严重	0.36

5.2.3 机制砂混凝土比相应天然砂混凝土的用水量宜适当增加,混凝土用水量宜按工程经验确定,也可按表 5.2.3 选取。

表 5.2.3 机制砂混凝土用水量选用值(kg/m^3)

坍落度(mm)	粗骨料最大粒径(mm)			
	20	40	63	80
10~30	195	180	170	160
35~50	205	190	180	170
55~70	220	205	195	185
75~90	225	210	200	190
95~110	230	215	205	195
115~130	235	220	210	200
135~150	240	225	215	205
155~170	245	230	220	210
175~190	250	235	225	215
195~210	255	240	230	220

注:①采用卵石时,用水量可减少 $10\text{kg}/\text{m}^3 \sim 15\text{kg}/\text{m}^3$;

②采用粗砂时,用水量可减少 $10\text{kg}/\text{m}^3$;

③掺减水剂后的用水量可按减水剂的减水率进行计算调整。

5.2.4 机制砂混凝土胶凝材料用量应根据水胶比和用水量计算确定,有耐久性要求的混凝土,胶凝材料用量应符合下列规定。

5.2.4.1 海水环境混凝土最低胶凝材料用量应符合表 5.2.4-1 的规定,胶凝材料最高

用量不宜大于 $500\text{kg}/\text{m}^3$ 。

表 5.2.4-1 海水环境混凝土最低胶凝材料用量 (kg/m^3)

环境条件	普通混凝土						高性能混凝土	
	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	
	北方		南方	北方		南方	北方	南方
大气区	320		360	280		280	380	380
浪溅区	400		400	280		280	400	400
水位变动区	F350	400	360	F350	400	280	400	380
	F300	360	360	F300	360	280		
	F250	330	360	F250	330	280		
	F200	300	360	F200	300	280		
水下区	320		320	280		280	380	380

注:有耐久性要求的大体积混凝土,胶凝材料用量应按混凝土的耐久性和降低水泥水化热综合考虑。

5.2.4.2 淡水环境混凝土最低胶凝材料用量应符合表 5.2.4-2 的规定,胶凝材料最高用量不宜大于 $500\text{kg}/\text{m}^3$ 。

表 5.2.4-2 淡水环境混凝土最低胶凝材料用量 (kg/m^3)

环境条件	钢筋混凝土和预应力混凝土			素混凝土		
	北方		南方	北方		南方
水上区	300		300	260		260
水位变动区	F250	330	300	F200	300	280
	F200	300	300	F150	280	280
	F150	280	300	F100	280	280
水下区	300		300	280		280

5.2.4.3 化学腐蚀环境混凝土最低胶凝材料用量和最高胶凝材料用量应符合表 5.2.4-3 的规定。

表 5.2.4-3 化学腐蚀环境混凝土胶凝材料用量 (kg/m^3)

环境作用等级		最低胶凝材料用量	最高胶凝材料用量
中等		320	450
严重		340	450
非常严重	C50	360	480
	$\geq\text{C55}$	380	500

5.2.5 机制砂混凝土矿物掺合料掺量应符合现行行业标准《水运工程结构耐久性设计标准》(JTS 153) 的有关规定。

5.2.6 机制砂混凝土配合比设计宜采用绝对体积法。采用质量法进行配合比设计时,机制砂混凝土的假定表观密度宜高于天然砂混凝土 $20\text{kg}/\text{m}^3 \sim 40\text{kg}/\text{m}^3$ 。

5.2.7 机制砂混凝土的砂率应根据砂的细度模数、颗粒级配、石粉含量,按所选水胶比及碎石最大粒径通过试验确定。采用 I 区砂时,宜适当提高混凝土的砂率。

- 5.2.8** 机制砂混凝土的减水剂掺量应按机制砂中石粉含量、石粉流动度比、机制砂需水量比确定,减水剂掺量宜比天然砂混凝土提高 0.1% ~0.5%。
- 5.2.9** 有抗裂性能要求的机制砂混凝土,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)的有关规定进行混凝土早期抗裂性能和早期收缩性能试验优选配合比。
- 5.2.10** 有抗冻性能要求的机制砂混凝土,应掺入适量的引气剂,其拌合物的含气量应符合现行行业标准《水运工程结构耐久性设计标准》(JTS 153)的有关规定。
- 5.2.11** 硫酸盐化学腐蚀环境下机制砂混凝土的胶凝材料应符合下列规定。
- 5.2.11.1** 配制混凝土时应掺加矿物掺合料,但不得加入石灰石粉。
- 5.2.11.2** 硫酸盐化学腐蚀环境作用等级分别为中等、严重和非常严重时,水泥中铝酸三钙的含量分别不应高于 10%、8% 和 5%。
- 5.2.11.3** 水泥或胶凝材料抗蚀系数应按现行行业标准《水运工程结构耐久性设计标准》(JTS 153)规定的方法进行检测,其 56d 抗蚀系数不得小于 0.80。

6 机制砂混凝土生产和施工

6.1 混凝土生产与运输

- 6.1.1 机制砂混凝土宜由混凝土搅拌站或搅拌船集中搅拌。
- 6.1.2 机制砂混凝土宜采用强制式搅拌机拌制,不得使用自落式搅拌机。
- 6.1.3 机制砂混凝土拌合物宜采用分次投料搅拌方法,先以掺合料和细骨料干拌,再加水泥与部分拌和用水,最后加粗骨料、减水剂溶液和剩余拌和用水。
- 6.1.4 机制砂混凝土拌合物应搅拌均匀,搅拌时间宜比天然砂混凝土搅拌时间延长10s~30s。
- 6.1.5 混凝土生产过程中粗、细骨料的含水率发生变化时,应及时调整粗骨料、细骨料和拌和用水的用量。
- 6.1.6 采用混凝土搅拌运输车运输混凝土时,应符合下列规定。
 - 6.1.6.1 搅拌运输车接料前应排空罐内积水。
 - 6.1.6.2 运输途中及等候卸料时,搅拌运输车罐体应保持正常转速,不得停转。
 - 6.1.6.3 搅拌运输车卸料前罐体宜快速旋转搅拌30s以上后再卸料。
- 6.1.7 混凝土拌合物从搅拌结束至浇筑入模的时间间隔不宜大于90min。
- 6.1.8 混凝土拌合物在运输过程中不得加水。
- 6.1.9 混凝土生产与运输的其他要求应符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTS 202)的有关规定。

6.2 混凝土浇筑

- 6.2.1 混凝土浇筑前,应将模板内的杂物、泥水和钢筋预埋件上的灰浆、油污等清理干净,模板内不得积水。
- 6.2.2 混凝土浇筑应连续进行;因故中断时,允许间歇时间应符合现行行业标准《水运工程混凝土施工规范》(JTS 202)的有关规定。
- 6.2.3 混凝土浇筑过程中,应避免混凝土产生离析。混凝土自高处倾落时,其自由倾落高度不宜大于2m。
- 6.2.4 大体积混凝土浇筑前,混凝土入模温度应满足设计要求和现行行业标准《水运工程大体积混凝土温度裂缝控制技术规程》(JTS 202—1)的有关规定。

6.3 混凝土养护

- 6.3.1 混凝土养护方案或养护制度应根据环境条件、结构或构件、原材料、混凝土性能要求等制定。

- 6.3.2** 混凝土浇筑完毕后应及时覆盖,终凝后应及时养护。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、包裹塑料薄膜等潮湿养护,或喷涂养护液保湿养护。日平均温度低于 5°C 时,不宜采用洒水养护。
- 6.3.3** 混凝土养护时,应记录每天的最高、最低气温和天气变化情况,并形成养护记录。
- 6.3.4** 采用塑料薄膜养护时应覆盖严密,并应检查塑料薄膜的完整情况和保湿效果,有损坏时应及时修补。
- 6.3.5** 钢筋混凝土和预应力混凝土不得采用海水养护。
- 6.3.6** 大体积混凝土的养护应通过热工计算,确定其保温和降温措施,并宜通过设置测温孔或埋设热电偶等方法测定混凝土内部和表面温度,温差应满足设计要求。设计无要求时温差不宜大于 25°C 。
- 6.3.7** 采用潮湿养护时,机制砂混凝土的养护时间应适当延长,并不得低于 14d 。

7 机制砂混凝土质量检验

7.1 一般规定

- 7.1.1 机制砂混凝土质量检验应在施工前、施工过程中和施工后分别进行。
- 7.1.2 机制砂混凝土质量检验应包括原材料、混凝土拌合物性能和硬化混凝土性能。

7.2 原材料检验

- 7.2.1 机制砂质量检验应符合第4章的有关规定。
- 7.2.2 水泥、粉煤灰、粒化高炉矿渣粉、硅灰、粗骨料、外加剂和拌和用水等原材料进场应具有检验报告等质量证明文件,并应现场抽样检验。材料现场检验的抽样原则和检验内容应符合现行行业标准《水运工程质量检验标准》(JTS 257)和《水运工程混凝土施工规范》(JTS 202)的有关规定。

7.3 混凝土拌合物性能检验

- 7.3.1 机制砂混凝土生产和施工中宜在浇筑地点检验混凝土拌合物性能;混凝土拌合物从搅拌结束至浇筑入模时间不大于15min时,可在拌制地点取样检测。
- 7.3.2 混凝土拌合物坍落度和扩展度检验频率应符合下列规定。
 - 7.3.2.1 每100m³连续浇筑相同配合比的混凝土应至少检验1次,一个台班相同配合比的混凝土不足100m³时应至少检验1次。
 - 7.3.2.2 连续浇筑大于1000m³时,超过1000m³的混凝土,每200m³取样不得少于1次。
- 7.3.3 有抗冻要求的混凝土拌合物含气量测定每台班不应少于1次。
- 7.3.4 有温控要求的混凝土浇筑温度监测频率每台班不应少于2次。
- 7.3.5 机制砂混凝土拌合物性能检验方法应符合现行行业标准《水运工程混凝土试验检测技术规范》(JTS/T 236)的有关规定。
- 7.3.6 混凝土拌合物性能实测值应满足下列要求:
 - (1)坍落度与设计值的允许偏差为 $\pm 20\text{mm}$;
 - (2)坍落扩展度与设计值的允许偏差为 $\pm 30\text{mm}$;
 - (3)当坍落度、坍落扩展度、含气量设计值为某一数值区间时,实测值满足规定区间的要求;
 - (4)混凝土温度的实测值不高于设计值。

7.4 硬化混凝土性能检验

7.4.1 机制砂混凝土力学性能应符合现行行业标准《水运工程质量检验标准》(JTS 257)的有关规定,检验方法应符合现行行业标准《水运工程混凝土试验检测技术规范》(JTS/T 236)的有关规定。

7.4.2 机制砂混凝土的长期性能和耐久性能应满足设计要求,并应符合现行行业标准《水运工程结构耐久性设计标准》(JTS 153)、《水运工程混凝土施工规范》(JTS 202)、《水运工程混凝土质量控制标准》(JTS 202—2)和《海港工程高性能混凝土质量控制标准》(JTS 257—2)的有关规定,检验方法应符合现行行业标准《水运工程混凝土试验检测技术规范》(JTS/T 236)的有关规定。

7.4.3 机制砂混凝土结构实体质量检验应符合现行行业标准《水运工程质量检验标准》(JTS 257)的有关规定,检验方法应符合现行行业标准《水运工程混凝土试验检测技术规范》(JTS/T 236)和《水运工程混凝土结构实体检测技术规程》(JTS 239)的有关规定。

附录 A 机制砂需水量比试验方法

A.0.1 试验仪器设备和材料应满足下列要求：

- (1) 天平,量程不小于 2000g,最小分度值不大于 1g;
- (2) 行星式水泥胶砂搅拌机,符合现行国家标准《水泥胶砂强度检验方法(ISO 法)》(GB/T 17671)的有关规定;
- (3) 流动度跳桌,符合现行国家标准《水泥胶砂流动度测定方法》(GB/T 2419)的有关规定;
- (4) 鼓风烘箱,温度控制范围为 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$;
- (5) 水泥,符合现行国家标准《混凝土外加剂》(GB 8076)规定的基准水泥,或符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》(GB 175)规定的 P·II52.5(R)硅酸盐水泥;
- (6) ISO 标准砂,符合现行国家标准《水泥胶砂强度检验方法(ISO 法)》(GB/T 17671)的有关规定;
- (7) 水,符合现行行业标准《混凝土用水标准》(JGJ 63)的有关规定。

A.0.2 机制砂需水量比应进行 2 次试验,试验步骤应符合下列规定。

- (1) 机制砂烘干冷却并混合均匀,取 1350g;
- (2) 按表 A.0.2-1 中胶砂配合比进行搅拌,测定对比胶砂的流动度,记录为 Y ,精确值 1mm;

表 A.0.2-1 对比胶砂配合比

胶砂种类	水泥(g)	标准砂(g)	机制砂(g)	用水量(ml)
对比胶砂	450	1350	—	225

- (3) 按表 A.0.2-2 中胶砂配合比进行搅拌,调整胶砂用水量,使得胶砂流动度为 $Y_{\text{mm}} \pm 5\text{mm}$,记录用水量 M_w ,精确至 1ml。

表 A.0.2-2 试验胶砂配合比

胶砂种类	水泥(g)	标准砂(g)	机制砂(g)	用水量(ml)
试验胶砂	450	—	1350	M_w

A.0.3 机制砂需水量比计算应符合下列规定。

A.0.3.1 机制砂需水量比应按下列公式计算：

$$X = \frac{M_w}{225} \times 100\% \quad (\text{A.0.3})$$

式中 X ——机制砂需水量比,精确至 1%;

M_w ——试验胶砂用水量,精确值 1ml。

A.0.3.2 机制砂需水量比应取两次试验结果的算术平均值,精确至 1%。

附录 B 石粉流动度比试验方法

B.0.1 试验仪器设备和材料应满足下列要求：

- (1) 天平,量程不小于 2000g,最小分度值不大于 1g;
- (2) 行星式水泥胶砂搅拌机,符合现行国家标准《水泥胶砂强度检验方法(ISO 法)》(GB/T 17671)的有关规定;
- (3) 流动度跳桌,符合现行国家标准《水泥胶砂流动度测定方法》(GB /T 2419)的有关规定;
- (4) 鼓风烘箱,温度控制范围为 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$;
- (5) 水泥,符合现行国家标准《混凝土外加剂》(GB 8076)规定的基准水泥,或符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》(GB 175)规定的硅酸盐水泥;
- (6) 标准筛,规格为 $75\mu\text{m}$ 、 $150\mu\text{m}$ 、 $300\mu\text{m}$ 、 $600\mu\text{m}$ 、1.18mm、2.36mm、4.75mm 的方孔筛,并附有筛底和筛盖;
- (7) ISO 标准砂,符合现行国家标准《水泥胶砂强度检验方法(ISO 法)》(GB/T 17671)的有关规定;
- (8) 水,符合现行行业标准《混凝土用水标准》(JGJ 63)的有关规定;
- (9) 减水剂,符合现行国家标准《混凝土外加剂》(GB 8076)中标准型高性能减水剂的规定,与试验用水泥适应性良好。

B.0.2 石粉流动度比应进行 2 次试验,试验应按下列步骤进行：

(1) 机制砂试样在 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 条件下烘干至恒重,待冷却至室温时,将机制砂试样倒入按孔径大小从上到下组合的套筛,用摇筛机筛 10min,取 $75\mu\text{m}$ 方孔筛以下筛底石粉试样累计 135.0g,精确至 0.1g;

(2) 按表 B.0.2-1 中胶砂配合比,通过调整减水剂用量使对比胶砂的流动度达到 $180\text{mm} \pm 5\text{mm}$,并记录减水剂用量和对比胶砂的流动度 L_0 ;

表 B.0.2-1 对比胶砂配合比

胶砂种类	水泥(g)	石粉(g)	标准砂(g)	用水量(ml)
对比胶砂	450	—	1350	180

(3) 按表 B.0.2-2 中胶砂配合比,采用第(2)项确定的减水剂用量进行胶砂试验,测定试验胶砂的流动度 L ,精确至 1mm。

表 B.0.2-2 试验胶砂配合比

胶砂种类	水泥(g)	石粉(g)	标准砂(g)	用水量(ml)
试验胶砂	315	135.0	1350	180

B.0.3 石粉流动度比计算应符合下列规定。

B.0.3.1 石粉流动度比应按下式计算：

$$F_f = \frac{L}{L_0} \times 100\% \quad (\text{B.0.3})$$

式中 F_f ——石粉流动度比,精确至1%；

L ——试验胶砂的流动度(mm),精确值1mm；

L_0 ——对比胶砂的流动度(mm),精确值1mm。

B.0.3.2 石粉流动度比应取两次试验结果的算术平均值,精确至1%。

附录 C 石粉亚甲蓝值试验方法

C.0.1 试验仪器设备应满足下列要求:

- (1) 亚甲蓝($C_{16}H_{18}ClN_3S \cdot 3H_2O$), 纯度不小于 98.5%;
- (2) 鼓风烘箱, 温度控制范围为 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$;
- (3) 天平 2 台, 称量 1000g, 感量 1g; 称量 100g, 感量 0.01g;
- (4) 方孔筛, 规格为 $75\mu\text{m}$ 、 $150\mu\text{m}$ 、 $300\mu\text{m}$ 、 $600\mu\text{m}$ 、1.18mm、2.36mm、4.75mm 的方孔筛各 1 个, 并附有筛底和筛盖;
- (5) 摇筛机;
- (6) 移液管 2 个, 5ml、2ml 移液管各 1 个;
- (7) 叶轮搅拌器, 转速可调最高达 $600\text{r}/\text{min} \pm 60\text{r}/\text{min}$, 叶轮个数 3 片或 4 片, 叶轮直径 $75\text{mm} \pm 10\text{mm}$;
- (8) 定时装置, 精度 1s;
- (9) 玻璃容量瓶, 容量 1L;
- (10) 温度计, 精度 1°C ;
- (11) 玻璃棒 2 支, 直径 8mm, 长 300mm;
- (12) 烧杯, 容量为 1000ml;
- (13) 定量滤纸、搪瓷盘、毛刷、蒸馏水等。

C.0.2 试验步骤应符合下列规定。

C.0.2.1 标准亚甲蓝溶液浓度应为 $10.0\text{g}/\text{L} \pm 0.1\text{g}/\text{L}$ 标准浓度, 配制过程应满足下列要求:

- (1) 亚甲蓝粉末在 $100^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 的温度下烘干至恒重;
- (2) 取干燥亚甲蓝粉末质量 10.00g, 精确至 0.01g;
- (3) 加热盛有约 600ml 蒸馏水的烧杯, 水温不高于 40°C ;
- (4) 边搅动边加入亚甲蓝粉末, 持续搅动 45min, 直至亚甲蓝粉末全部溶解, 然后冷却至 20°C ;
- (5) 将溶液倒入 1L 容量瓶中, 用蒸馏水淋洗烧杯等, 使所有亚甲蓝溶液全部移入容量瓶, 容量瓶和溶液的温度保持在 $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, 加蒸馏水至容量瓶 1L 刻度;
- (6) 摇晃容量瓶至亚甲蓝粉末完全溶解; 将标准液移入深色储藏瓶中, 亚甲蓝标准溶液保质期为 28d; 配制好的溶液标明制备日期、失效日期, 并避光保存。

C.0.2.2 石粉亚甲蓝值应进行 2 次试验, 试验过程应满足下列要求:

- (1) 取代表性机制砂试样, 置烘箱中在 $105^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ 条件下烘干至恒重, 待冷却至室温时, 将机制砂试样倒入按孔径大小从上到下组合的附 $75\mu\text{m}$ 筛和筛底的套筛, 用摇筛机筛

10min,取 75 μ m 方孔筛以下筛底石粉试样累计 50g,精确至 0.1g;

(2)称取石粉试样 50g,精确至 0.1g;将石粉试样倒入盛有 500ml \pm 5ml 蒸馏水的烧杯中,将叶轮搅拌机调整到 600r/min \pm 60r/min 转速,叶轮距离烧杯底部约 10mm;搅拌 5min,形成石粉悬浮液,然后保持 400r/min \pm 40r/min 转速持续搅拌,直至试验结束;

(3)将滤纸架空放置在敞口烧杯的顶部,使其不与任何其他物品接触;

(4)用移液管向石粉悬浮液中加入 5ml 亚甲蓝溶液,石粉悬浊液在加入亚甲蓝溶液并经 400r/min \pm 40r/min 转速搅拌 1min 起,在滤纸上进行第一次色晕检验;即用玻璃棒蘸取一滴石粉悬浊液滴于滤纸上,使沉淀物直径在 8mm ~ 12mm 之间,外围环绕一圈无色的水环;观察在沉淀物周围边缘是否放射出 1mm 宽的浅蓝色晕;

(5)如果第一次的 5ml 亚甲蓝溶液没有使沉淀物周围出现色晕,再向石粉悬浊液中加入 5ml 亚甲蓝溶液,继续搅拌 1min,再用玻璃棒蘸取一滴悬浮液,滴于滤纸上,进行二次色晕试验,沉淀物周围仍未出现色晕时,重复上述步骤,直至沉淀物周围出现约 1mm 宽的稳定浅蓝色晕;

(6)停止滴加亚甲蓝溶液,并继续搅拌悬浊液,每 1min 蘸取 1 次悬浊液进行色晕试验;色晕在 4min 内消失时,再加入 5ml 亚甲蓝溶液;色晕在第 5min 消失时,再加入 2ml 亚甲蓝溶液;

(7)重复第(6)项继续进行搅拌和蘸染试验,直至色晕可持续 5min 以上;

(8)记录色晕持续 5min 时所加入的亚甲蓝溶液总体积,精确至 1ml。

C.0.3 石粉亚甲蓝值计算应符合下列规定。

C.0.3.1 石粉亚甲蓝值应按下列式计算:

$$MB_i = \frac{V}{G} \times \rho \quad (\text{C.0.3})$$

式中 MB_i ——石粉亚甲蓝值,表示每千克石粉试样所消耗的亚甲蓝克数,精确至 0.1;

V ——所加入的亚甲蓝溶液的总量(ml);

G ——石粉质量(g);

ρ ——亚甲蓝溶液浓度(g/L)。

C.0.3.2 石粉亚甲蓝值应取两次试验结果的算术平均值,精确至 0.1。

附录 D 本规范用词说明

为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度的用词说明如下:

- (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)表示允许选择,在一定条件下可以这样做的采用“可”。

引用标准名录

- 1.《建设用砂》(GB/T 14684)
- 2.《通用硅酸盐水泥》(GB 175)
- 3.《水泥胶砂强度检验方法(ISO法)》(GB/T 17671)
- 4.《水泥胶砂流动度测定方法》(GB/T 2419)
- 5.《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》(GB/T 50082)
- 6.《混凝土外加剂》(GB 8076)
- 7.《水运工程结构耐久性设计标准》(JTS 153)
- 8.《水运工程混凝土施工规范》(JTS 202)
- 9.《水运工程大体积混凝土温度裂缝控制技术规程》(JTS 202—1)
- 10.《水运工程混凝土质量控制标准》(JTS 202—2)
- 11.《水运工程质量检验标准》(JTS 257)
- 12.《海港工程高性能混凝土质量控制标准》(JTS 257—2)
- 13.《水运工程混凝土试验检测技术规范》(JTS/T 236)
- 14.《混凝土泵送施工技术规程》(JGJ/T 10)
- 15.《高性能混凝土用骨料》(JG/T 568)
- 16.《混凝土用水标准》(JGJ 63)

附加说明

本规范主编单位、参编单位、主要起草人、
主要审查人、总校人员和管理组人员名单

主编单位:中交四航工程研究院有限公司

参编单位:中交第四航务工程局有限公司

中交天津港湾工程研究院有限公司

中交武汉港湾工程设计研究院有限公司

中交上海三航科学研究院有限公司

中交基础设施养护集团有限公司

主要起草人:熊建波(中交四航工程研究院有限公司)

邓春林(中交四航工程研究院有限公司)

(以下按姓氏笔画为序)

王胜年(中交第四航务工程局有限公司)

刘 行(中交四航工程研究院有限公司)

李 沛(中交天津港湾工程研究院有限公司)

李 顺(中交四航工程研究院有限公司)

杨海成(中交四航工程研究院有限公司)

吴建平(中交四航工程研究院有限公司)

谷坤鹏(中交上海三航科学研究院有限公司)

陈浩宇(中交基础设施养护集团有限公司)

范志宏(中交四航工程研究院有限公司)

秦明强(中交武汉港湾工程设计研究院有限公司)

凌永东(中交第四航务工程局有限公司)

黄君哲(中交四航工程研究院有限公司)

曾俊杰(中交四航工程研究院有限公司)

温永向(中交四航工程研究院有限公司)

黎鹏平(中交四航工程研究院有限公司)

主要审查人:仇伯强

(以下按姓氏笔画为序)

冷发光、张志明、张国志、岳铭滨、宓宝勇、赵尚传、郝挺宇、

胡家顺、黄 勇、阎培渝、魏宏大

总校人员:刘国辉、李荣庆、刘连生、董 方、檀会春、熊建波、邓春林、
黄君哲、黎鹏平、陈浩宇、谷坤鹏

管理组人员:熊建波(中交四航工程研究院有限公司)

邓春林(中交四航工程研究院有限公司)

范志宏(中交四航工程研究院有限公司)

黎鹏平(中交四航工程研究院有限公司)

张夏虹(中交四航工程研究院有限公司)

中华人民共和国行业标准

水运工程机制砂混凝土应用技术规范

JTS/T 227—2022

条文说明

目 次

3	基本规定	(29)
4	机制砂质量控制	(32)
4.1	一般规定	(32)
4.2	机制砂技术指标	(32)
5	机制砂混凝土配合比设计	(35)
5.1	一般规定	(35)
5.2	配合比设计方法	(35)
6	机制砂混凝土生产和施工	(36)
6.1	混凝土生产与运输	(36)
6.3	混凝土养护	(36)
7	机制砂混凝土质量检验	(37)
7.1	一般规定	(37)

3 基本规定

3.0.1 机制砂的质量与生产设备密切相关。机制砂生产的主要破碎设备包括颚式破碎机、圆锥式破碎机、反击式破碎机、冲击式破碎机及棒磨机等。通常粗碎使用颚式破碎机,中碎根据母岩岩性、产量、粒形要求不同选用反击式破碎机、圆锥式破碎机或组合使用;制砂选用冲击式破碎机,水源丰富时选用棒磨机;整形通常与制砂同步,或单独整形,单独整形时采用冲击破碎机。筛分设备包括圆振动筛分机、直线振动筛分机、圆筒筛分机。圆振动筛分机和直线振动筛分机一般需要配置方孔筛网,圆筒筛分机一般配置圆孔筛网,选择合适的筛网尺寸并调试振动筛角度对机制砂的细度模数进行控制。通过水洗、风选或收尘系统调整机制砂的石粉含量,并根据具体情况选择适宜的洗砂机、收尘器或选粉设备,水洗法优先采用斗轮式洗砂机,安装细砂回收装置,并配备不少于3级的料浆沉淀池。

通过调研,砂石联产干法制砂、单独干法制砂、湿法制砂生产设备技术参数见表3.1、表3.2、表3.3。

表 3.1 砂石联产干法制砂常用生产设备技术参数参考表

生产环节	设备选择	设备与材料技术参数
给料	振动喂料机	条形筛长度不小于2m,筛条间距不小于30mm
粗碎	颚式破碎机	进料粒径1000mm~350mm,最大出料粒径300mm~100mm
中碎	圆锥式破碎机	进料粒径300mm~100mm,最大出料粒径100mm~50mm
	反击式破碎机	
细碎	圆锥式破碎机	进料粒径100mm~50mm,最大出料粒径50mm~16mm
	反击式破碎机	
制砂	立式冲击破碎机	进料粒径15mm~0,出料粒径5mm~0
筛分	圆振动筛	2层及以上筛网,筛网直径不大于5mm
除尘	布袋式除尘器	控制扬尘及机制砂石粉含量在合格范围
	喷淋系统	喷嘴能调整方向及喷水量大小,能达到保湿降尘的目的
运输	皮带运输机	皮带宽度500mm~1500mm,密封运输廊道

表 3.2 单独干法制砂常用生产设备技术参数参考表

生产环节	设备选择		设备与材料技术参数
给料	卧式	振动喂料机	单位进料量为设计产量的130%,进料粒径小于40mm
	立式	振动喂料机	单位进料量为设计产量的130%,进料粒径小于20mm
制砂	卧式	卧式冲击破碎机	进料粒径小于40mm,出料粒径5mm~0
	立式	立式冲击破碎机	进料粒径小于20mm,出料粒径5mm~0

续表 3.2

生产环节	设备选择		设备与材料技术参数
筛分	卧式	圆振动筛	2层及以上筛网,筛网直径不大于5mm
	立式	空气筛	细度模数自动控制在 ± 0.2 之内
除尘	布袋式除尘器		控制扬尘及机制砂石粉含量在合格范围
	喷淋系统		喷嘴能调整方向及喷水量大小,能达到保湿降尘的目的
运输	皮带运输机		皮带宽度500mm~1500mm,密封运输廊道

表 3.3 湿法制砂主要生产设备的选型要求

生产环节	设备选择	技术要求
给料	板式喂料机、条式喂料机	—
	振动喂料机	条形筛长度不小于2m,筛条间距不小于120mm
粗碎	颚式破碎机	进料粒径350mm~1000mm,出料粒径100mm~300mm
中碎	圆锥式破碎机、反击式破碎机	进料粒径100mm~300mm,出料粒径5mm~50mm
制砂及整形	冲击式破碎机、棒磨机	进料粒径5mm~15mm,出料粒径0mm~5mm
筛分	圆振动筛分机、直线振动筛分机	2层及以上筛网,筛网直径不大于5mm,方孔筛网
	圆筒筛分机	2层及以上筛网,筛网直径不大于5mm,圆孔筛网
洗砂	斗轮式洗砂机、螺旋式洗砂机	洗砂能力需要根据生产能力确定
石粉沉淀	沉淀池	—
污水处理	泥渣脱水干排机、离心式泥浆分离设备	根据处理量及石粉作用确定
运输	皮带运输机	皮带宽度600mm~1500mm,密封运输廊道

机制砂生产设备的选型从水资源情况、原料洁净程度、机制砂石粉含量和细度模数等质量要求、设备投入、占地面积大小、生产管理难易程度、加工成本等方面综合考虑。在石料品质较好,黏土含量较低的情况下,优先选用干法制砂工艺;石料黏土含量较大,且水资源丰富的地区,建议选用湿法制砂工艺。

一般来说,用石灰岩生产机制砂生产效率较高,机制砂石粉亚甲蓝值相对较小,细度模数较小,但机制砂的压碎指标较大;用玄武岩或花岗岩生产机制砂生产效率较低,机制砂石粉亚甲蓝值相对较大,细度模数较大,机制砂的压碎指标较小。石灰岩生产的机制砂的粒形、级配和石粉性能优于花岗岩和玄武岩机制砂。

3.0.3 机制砂的分类参照《建设用砂》(GB/T 14684—2011)和《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》(JGJ 52—2006)制定。结合已有的机制砂混凝土应用经验,对不同混凝土用砂类别做了规定。

3.0.4 水运工程高性能混凝土是指《水运工程结构耐久性设计标准》(JTS 153—2015)第4.5节海水环境混凝土质量控制所指的高性能混凝土。

3.0.6 化学腐蚀环境作用等级的分类参见《水运工程结构耐久性设计标准》(JTS 153—2015)中表 3.2.2-4,内容如下:

表 3.2.2-4 水、土中硫酸盐和酸类物质环境作用等级划分

环境作用等级	作用因素					
	水中硫酸根离子浓度 SO_4^{2-} (mg/L)	强透水性土中水溶硫酸根离子浓度 SO_4^{2-} (mg/kg)	弱透水性土中水溶硫酸根离子浓度 SO_4^{2-} (mg/kg)	水中酸碱度 (pH 值)	水中侵蚀性二氧化碳浓度 CO_2 (mg/L)	水中镁离子浓度 Mg^{2+} (mg/L)
中等	200 ~ 1000	300 ~ 1500	1500 ~ 6000	5.5 ~ 6.5	15 ~ 40	300 ~ 1000
严重	1000 ~ 4000	1500 ~ 6000	6000 ~ 15000	4.5 ~ 5.5	40 ~ 100	1000 ~ 3000
非常严重	4000 ~ 10000	6000 ~ 15000	> 15000	4.0 ~ 4.5	> 100	> 3000

注:①强透水性土是指碎石土和砂土,弱透水性土是指粉土和黏性土;

②表中与环境作用等级相对应的硫酸根浓度,所对应的环境条件为干湿交替环境;当长期浸没于地表或地下水,中无干湿交替时,可按表中的作用等级降低 1 级;

③当混凝土结构处于弱透水土体中时,土中的硫酸根离子、水中镁离子、水中侵蚀性二氧化碳及水的 pH 值的作用等级可按相应的等级降低 1 级;

④对含有较高浓度氯盐的地下水或土体,可不单独考虑硫酸盐的作用;

⑤高水压条件下,应提高相应的环境作用等级 1 ~ 2 级;

⑥当水中硫酸根离子含量大于 10000mg/L、土中硫酸根离子含量大于 15000mg/kg 或 pH 值小于 4 时,混凝土耐久性设计应经过专门试验论证。

3.0.7 碳硫硅钙石型硫酸盐腐蚀(TSA)是一种危害极大的硫酸盐腐蚀类型。国内外研究成果表明,石灰石质机制砂混凝土在 15℃ 以下的低温硫酸盐腐蚀环境中,会发生碳硫硅钙石型硫酸盐腐蚀,且石灰石粉对机制砂混凝土的 TSA 腐蚀有显著的加速作用。本条参考英国标准 BS 5328:Concrete 和 BS EN 206-1 Concrete 的相关技术要求,规定了石灰石质机制砂混凝土用于可能发生 TSA 的环境时,需要进行专项试验论证,以保障混凝土工程的耐久性。

4 机制砂质量控制

4.1 一般规定

4.1.1 本条参照《建设用卵石、碎石》(GB/T 14685—2011)的相关要求制定。

4.1.2 根据规范编制过程中石料调研及相关资料检索,分析了全国多家机制砂生产厂共332个机制砂试样的颗粒级配、细度模数,具体情况见表4.1。

表4.1 机制砂颗粒级配区及细度模数情况

厂家编号	测试次数	级配区			细度模数		
		1	2	3	3.7~3.1	3.0~2.3	2.2~1.6
1	44	35	7	2	40	4	—
2	38	28	8	2	33	5	—
3	39	25	14	—	32	7	—
4	15	12	3	—	9	6	—
5	22	13	5	4	20	2	—
6	5	3	2	—	3	2	—
7	107	100	7	—	103	4	—
8	29	21	8	—	23	6	—
9	18	11	7	—	10	8	—
10	15	10	5	—	12	3	—
总和	332	258	66	—	285	47	—

从332次实测情况分析,属粗砂范围内的占85.8%,中砂范围内的占14.2%,细砂范围内的占0%,因此本规范机制砂颗粒级配分为粗砂和中砂。

4.2 机制砂技术指标

4.2.2 本条参照《高性能混凝土用骨料》(JG/T 568—2019)制定。石粉指机制砂中小于0.075mm的颗粒,绝大部分是母岩被破碎的细粒,与天然砂中的含泥量不同。石粉含量高一方面使砂的比表面积增大,增加用水量;另一方面石粉细小的球形颗粒产生的滚珠作用又会改善混凝土的和易性。关于机制砂石粉含量的规定,不同国家和地区的规定差异较大,见表4.2。

表4.2 不同国家和地区机制砂石粉含量的最高限值

国家和地区	标准名称及标准号	石粉最大粒径 (μm)	石粉限值 (%)
美国	《Standard Specification for fine aggregate》(ASTM C33—1999)	75	5~7

续表 4.2

国家和地区	标准名称及标准号	石粉最大粒径 (μm)	石粉限值 (%)
日本	《混凝土碎石和机制砂》(JIS A5005—2009)	75	9
澳大利亚	《Aggregates and rock for engineering purposes, Part 1: Concrete aggregates》(AS 2758.1—1998)	75	25
印度	—	75	15~20
英国	《Specification for aggregates from natural sources for concrete》 (BS 882—1992)	63	8~15
欧洲	《Aggregate for concrete》(BS EN 12620—2013)	63	12~18
中国	《建设用砂》(GB/T 14684—2011)	75	10
	《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》(JGJ 52—2006)	75	5~10
	《公路工程水泥混凝土用机制砂》(JT/T 819—2011)	75	3~10
	《水运工程混凝土质量控制标准》(JTS 202—2—2011)	75	5~10
	贵州省地方标准《山砂混凝土技术规程》(DB 24/016—2010)	75	7~15
	重庆市工程建设标准《混凝土用机制砂质量标准及控制方法》 (DBJ 50/T—150—2012)	75	7~15
	广东省地方标准《预拌混凝土用机制砂应用技术规程》(DBJ/T 15—119—2016)	75	10~14

相关规范中机制砂的石粉含量一般跟亚甲蓝值的检测结果挂钩,亚甲蓝值越小,石粉含量的控制值越高。研究表明,机制砂亚甲蓝值较小的情况下,机制砂中石粉中泥土的含量较低,石粉对混凝土性能影响较小。

在以往规范中,采用亚甲蓝值进行控制,当亚甲蓝检测结果大于 1.4 时,按规范一般要求石粉含量需要控制在较低水平,当石粉含量控制在较低水平时,重新检测机制砂亚甲蓝,往往会出现检测结果又小于 1.4,因此按规范又可以放宽石粉含量的限值要求,从而导致实际工程中进入死循环而无法操作。本规范将机制砂中的石粉单独筛出来,进行石粉亚甲蓝试验,根据石粉亚甲蓝检测结果,确定机制砂的石粉含量的控制指标,规避了石粉含量波动导致亚甲蓝检测结果改变的问题,具有较好的可操作性。

4.2.3 泥块含量的规定参照行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》(JGJ 52—2006)提出。

4.2.4 控制机制砂吸水率是控制混凝土水胶比和拌合物工作性能的主要措施之一。

4.2.5、4.2.6 机制砂坚固性、压碎指标的规定参照国家标准《建设用砂》(GB/T 14684—2011)提出。

4.2.7 国家标准《建设用砂》(GB/T 14684—2011)规定,机制砂的空隙率不大于 44%,本规范规定 I 类机制砂空隙率不大于 44%,但考虑到推广使用的便利性,II 类和 III 类机制砂空隙率参照行业标准《公路工程水泥混凝土用机制砂》(JT/T 819—2011)定为 45%。

4.2.9 针对不同地区的机制砂样进行了大量的需水量比试验,见表 4.3。花岗岩机制砂的需水量比明显大于石灰岩机制砂的需水量比,试样的需水量比在 106%~136%之间。

表 4.3 不同机制砂需水量比

机制砂产地	细度模数	需水量比
花岗岩机制砂(未水洗)	2.4	1.36
花岗岩机制砂(水洗)	2.4	1.21
石灰岩机制砂(未水洗)	2.8	1.22
	3.5	1.11
石灰岩机制砂(水洗)	2.8	1.16
	3.5	1.06

通过机制砂需水量比试验,可得出以下结论:机制砂的需水量比均大于 ISO 标准砂;机制砂原材料种类对需水量比影响较大,相同细度模数下,花岗岩机制砂比石灰岩机制砂需水量比大,需水量约增加 15%;机制砂的细度模数和颗粒级配显著影响其需水量比,细度模数越大,需水量比越小;机制砂颗粒级配越好(颗粒粒径呈标准正态分布),则其需水量比越小。

这是由于花岗岩质地较石灰岩硬,相同细度模数下石粉含量更多,石粉需水量较大因而导致花岗岩机制砂需水量比增大;其次,细度模数越大,机制砂粉磨较少,石粉含量较少,而颗粒级配较好,填充能力较强,达到相同胶砂流动度时需要包裹的水泥净浆也较少,使机制砂需水量比减少。

综合以上几点,将机制砂需水量比控制在小于 130% 的范围内,可以为机制砂生产厂家提供技术参考,更好地规范机制砂的生产,并促进机制砂在实际工程中的推广应用。

4.2.10 混凝土中具有碱活性的细骨料,有可能与来自水泥或其他来源的碱(Na_2O 和 K_2O) 发生反应,反应产物会使混凝土膨胀引起混凝土开裂和破裂,通常发生这种反应需同时具备下列条件:

- (1) 混凝土具有一定的湿度;
- (2) 水泥的含碱高或有碱的其他来源;
- (3) 骨料中含有易与碱发生反应的物质,如活性 SiO_2 等。

当所用细骨料经检验具有活性时,通常采用低碱水泥或限制混凝土中的碱总含量来防止发生碱-骨料反应,但对海水环境的混凝土结构来说,混凝土经常处于饱水或干湿交替状态,有利于反应物产生较大的膨胀,即使采取限制水泥中的含碱量小于 0.6% (以 Na_2O 当量计) 的措施,但海水(弱碱性, pH 约为 7.9~8.4) 可不断提供新的碱来源,很难保证不会发生碱-骨料反应。因此,为保证海水环境混凝土结构的耐久性,不得使用碱活性机制砂。

5 机制砂混凝土配合比设计

5.1 一般规定

5.1.3 水运工程混凝土强度标准差是在 2 万多组水运工程实测资料统计的基础上确定的。

5.1.6 惰性掺合料一般指石灰石粉等活性较低的掺合料。

5.1.7 大量室内试验表明,机制砂混凝土的收缩、徐变等耐久性均优于同条件下的河砂混凝土,但是,随着石粉含量的增大,混凝土的力学性能和长期性能均会出现不同程度的下降,因此石粉含量不宜大于 10%。

5.2 配合比设计方法

5.2.1 机制砂混凝土与天然砂混凝土组成、结构和性能并没有本质的差别,混凝土各项性能均能达到国家标准规定的要求,配合比设计方法总体参照《水运工程混凝土施工规范》(JTS 202—2011)执行。

5.2.3 机制砂中所含的石粉吸附了部分水分,实际上降低了混凝土的水胶比,因此,同强度等级混凝土的用水量适当增大,大量工程经验表明,采用机制砂拌制混凝土时混凝土用水量比天然砂混凝土要提高 $10\text{kg}/\text{m}^3 \sim 15\text{kg}/\text{m}^3$ 。表中数值在天然砂混凝土用水量的基础上,考虑机制砂对用水量的影响提出。

6 机制砂混凝土生产和施工

6.1 混凝土生产与运输

6.1.4 匀质性要求是混凝土拌合物最基本的搅拌要求。相对于河砂,机制砂颗粒表面更粗糙,更不容易拌和均匀,所以需延长机制砂混凝土的搅拌时间。

6.3 混凝土养护

6.3.7 机制砂混凝土,特别是高石粉含量的机制砂混凝土比河砂混凝土在施工早期更容易发生塑性收缩和干燥收缩变形,增大混凝土开裂风险,所以规定机制砂混凝土的潮湿养护时间不得低于14d。

7 机制砂混凝土质量检验

7.1 一般规定

7.1.2 机制砂混凝土质量检验目的是满足水运工程结构的安全性、适用性和耐久性。检验项目与混凝土环境条件、部位、施工工艺和原材料等有关。机制砂混凝土的质量主要通过各个阶段检验原材料质量、混凝土拌合物性能和硬化混凝土性能,按事前、事中和事后检验,达到全过程质量控制目的。

配制机制砂混凝土的水泥、粉煤灰、粒化高炉矿渣粉、硅灰、粗骨料、机制砂、减水剂和拌和用水等原材料直接影响混凝土质量,从源头上控制材料质量非常重要。混凝土拌合物检验是质量控制的重要组成部分,作为过程控制手段,能够最大限度避免硬化混凝土出现不合格。