

浙江省交通建设工程  
机制砂生产（湿法）及机制砂海工混凝土技术指南

浙江省交通运输厅

二〇一六年一月

# 目 次

前言.....	III
<b>1 总则.....</b>	<b>1</b>
<b>2 规范性引用文件.....</b>	<b>2</b>
<b>3 术语和定义.....</b>	<b>3</b>
<b>4 机制砂的生产.....</b>	<b>4</b>
4.1 机制砂料源选择.....	4
4.2 机制砂生产设备.....	4
4.3 机制砂生产工艺.....	5
4.4 机制砂生产的环境保护.....	6
<b>5 机制砂的质量标准.....</b>	<b>7</b>
5.1 规格与类别.....	7
5.2 技术要求.....	7
5.3 质量检验.....	8
<b>6 机制砂海工混凝土配合比设计.....</b>	<b>10</b>
6.1 原材料选择.....	10
6.2 配合比设计.....	12
6.3 配合比的试配与调整.....	14
6.4 配合比现场验证与调整.....	14
6.5 工艺性试验验证.....	15
<b>7 机制砂海工混凝土的施工质量控制.....</b>	<b>16</b>
7.1 一般规定.....	16
7.2 原材料质量控制.....	16
7.3 生产质量控制.....	16
7.4 混凝土浇筑.....	16
7.5 混凝土养护.....	17
7.6 特殊季节施工.....	17
7.7 混凝土质量检验.....	18
<b>附录 A（资料性附录）机制砂海工混凝土参考配合比.....</b>	<b>19</b>
<b>附录 B（资料性附录）砂石联产湿法制砂流程图.....</b>	<b>20</b>

## 前 言

为适应浙江省交通工程建设对机制砂需要的不断增长，浙江省交通运输厅决定开展组织编制《浙江省交通建设工程机制砂生产（湿法）及机制砂海工混凝土技术指南》（以下简称“指南”）。指南由宁波市高等级公路建设指挥部、中交武汉港湾工程设计研究院有限公司、浙江省交通规划设计研究院等单位联合编制，并成立了编写组。编写组在前期工程调研和科研的基础上，参考国内外相关行业技术规范、类似工程的实践经验，结合本单位实际应用编制了本指南。指南内容主要包括：机制砂生产（湿法）、机制砂的质量标准、机制砂海工混凝土配合比设计及施工质量控制等的技术要求。指南的编制对规范我省机制砂海工混凝土的应用、机制砂生产（湿法）将起到积极作用。请使用单位和个人将发现的问题、意见和建议函告宁波市高等级公路建设指挥部（地址：宁波市鄞州区嵩山中路396号，邮编：315192，电话：0574-87410804）。

主要编写人员：刘慈军、秦明强、马芹纲、陈涛、周玉娟、徐文冰、陈方东、屠柳青、金德均、叶昌勇、占文、张希、黄玉良、沈旭东、李遵云、刘金秋、国建飞。

# 浙江省交通建设工程 机制砂生产（湿法）及机制砂海工混凝土技术指南

## 1 总则

- 1.1 为适应浙江省机制砂发展与应用的需耍，规范机制砂生产（湿法），促进机制砂海工混凝土的应用，编制本指南。
- 1.2 本指南包括总则、规范性引用文件、术语和定义、机制砂生产（湿法）、机制砂的质量标准、机制砂海工混凝土配合比设计及施工质量控制等技术要求。
- 1.3 本指南适用交通建设工程中公路工程用机制砂的生产（湿法）、机制砂海工混凝土的应用；水运工程用机制砂的生产（湿法）、机制砂海工混凝土的应用可参照执行。
- 1.4 机制砂生产（湿法）及机制砂海工混凝土的应用除符合本指南外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 175 通用硅酸盐水泥  
GB 6566 建筑材料放射性核素限量  
GB 8076 混凝土外加剂  
GB 8077 混凝土外加剂匀质性试验方法  
GB 8978 污水综合排放标准  
GB 12348 工业企业厂界环境噪声排放标准  
GB/T 14684 建筑用砂  
GB/T 14685 建筑用卵石、碎石  
GB/T 17671 水泥胶砂强度检验方法（ISO 法）  
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/T 50107 混凝土强度检验评定标准  
GB 50119-2013 混凝土外加剂应用技术规范  
JGJ 55 普通混凝土配合比设计规程  
JGJ 63 混凝土用水标准  
JT/T 522 公路工程混凝土养护剂  
JTG/T F50 公路桥涵施工技术规范

### 3 术语和定义

#### 3.1 机制砂

经除土开采、机械破碎、筛分制成的粒径小于 4.75mm 的岩石颗粒，但不包括软质岩、风化岩石的颗粒。

#### 3.2 石粉

机制砂中粒径小于 0.075mm 的颗粒。

#### 3.3 亚甲蓝值

每千克 0-2.36mm 粒级试样所消耗的亚甲蓝质量，也称 MB 值。

#### 3.4 机制砂海工混凝土

以机制砂为细集料配制的，在海域或受海风影响的环境服役具有优异的工作性、耐久性的高性能混凝土。

## 4 机制砂的生产

### 4.1 机制砂料源选择

4.1.1 料源包括矿山开采、隧道洞渣、卵石或路基挖方坚石、尾矿等。

4.1.2 应选用洁净、质地坚硬、无风化、无分层的岩石，如凝灰岩、石灰岩或花岗岩，不宜使用泥岩、页岩、板岩等。

4.1.3 母岩抗压强度宜满足：

- a) 火成岩：不宜小于 80MPa；
- b) 变质岩：不宜小于 60MPa；
- c) 水成岩：不宜小于 30MPa。

4.1.4 应选用吸水率较低的母岩，吸水率试验应将母岩加工成机制砂后按照本指南表 10 规定的试验方法执行，吸水率应符合本指南 5.2.7 的规定。

4.1.5 母岩应进行碱集料反应潜在活性检测，应将料源加工成机制砂，按照本指南 5.2.8 节的规定执行。

4.1.6 料源的放射性应符合 GB 6566《建筑材料放射性核素限量》的规定，其他有害物质技术指标与试验方法应符合 GB/T 14685《建设用卵石、碎石》的规定。

4.1.7 用尾矿生产的机制砂有害物质除满足上述要求外，还应符合我国环保和安全相关标准和规范，不应对人体、生物、环境及混凝土、砂浆性能产生有害影响。

### 4.2 机制砂生产设备

4.2.1 机制砂生产应具备穿孔设备、采装设备和运输设备；设备选型应根据矿山规模、矿山年采剥量、开采工艺、母岩岩性等情况综合确定。

4.2.2 设备选址宜远离城镇或居民区 300m 以上。必须设置在城镇或居民区时，应布置在主导风向的下风侧，并保持必要的防护距离。应避免在溶洞、滑坡、泥石流及填方地段布置破碎、筛分、制砂等重要设备，如必须在上述地段布置时应充分技术论证，并采取可靠的处理措施。

4.2.3 生产场地应以布局安全、产量高、皮带运输距离短、便于清运、维修及美观为原则。注意各车间的通风、散热、隔声减震，采取防火、防爆、防水、防潮等技术措施。

4.2.4 机制砂的生产设备应离采石场爆破区 200m 以上，保证生产设备和人员的安全。

4.2.5 机制砂生产线的设备功率应根据产能相互配合选择。

4.2.6 湿法制砂主要设备为给料设备、破碎设备（粗碎、中碎、制砂、整形）、筛分设备、洗砂设备、污水处理设备等。

4.2.7 给料设备一般由料仓、喂料机、皮带输送机组成；喂料机的规格型号应和整套机制砂设备相匹配。

- a) 料仓有效排口不宜大于槽宽的 1/4，物料的流动速度宜控制在 6 m/min~18m/min。料仓底部排料处应设置足够高度的拦矿板，拦矿板不得固定在槽体上。
- b) 粗碎宜采用板式喂料机、条式喂料机，制砂宜采用振动喂料机。喂料机应可均匀、定时、连续地将块状、颗粒状原料给到受料装置中，并对物料进行粗筛分。可在喂料机上添加高压水枪，以冲刷岩石中的泥土，减少制砂过程中泥粉的产生。
- c) 皮带输送机应满足相应产量的宽度和速度要求，宜具备密封运输廊道。

4.2.8 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。

- a) 粗碎宜使用颚式破碎机。
- b) 中碎应根据母岩岩性、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。
- c) 制砂宜选用冲击式破碎机；水源丰富时可选用棒磨机。
- d) 整形通常与制砂同步，亦可单独整形，单独整形时宜采用冲击破碎机。

4.2.9 筛分设备包括圆振动筛分机、直线振动筛分机、圆筒筛分机。直线振动筛分机和圆振动筛分机应配置方孔筛网，圆筒筛分机宜配置圆孔筛网。应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。

4.2.10 洗砂除粉设备宜选用斗轮式洗砂机，产量低于 300t/h 时可选用螺旋式洗砂机。

4.2.11 应设置沉淀池和污水处理系统。生产废水排入沉淀池后净化进入水循环系统，沉淀物应固化后运出。污水处理设备宜选用泥渣脱水干排机或离心式泥浆分离设备。

4.2.12 湿法制砂的生产设备选型宜满足表 1 中的技术要求。

表 1 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 0~5mm
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≤5mm，方孔筛网
	圆筒筛分机	2 层及以上筛网，筛网直径≤5mm，圆孔筛网
洗砂	斗轮式洗砂机、螺旋式洗砂机	洗砂能力需根据生产能力确定
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	皮带输送机	皮带宽度 600mm~1500mm，密封运输廊道

4.2.13 设备选择应考虑场地条件、原料的物理性质、破碎产品规格、设计产量、环保需求、使用和维护成本。

4.2.14 生产机制砂的设备应每周进行一次检查和维护，及时更换破碎机衬板、筛网等相关易损部件，确保机制砂质量稳定。

### 4.3 机制砂生产工艺

4.3.1 机制砂生产工艺分为干法生产和湿法生产。应根据周边生产场地条件、有无淡水资源、资金预算额度、环境保护需求及机制砂技术指标等条件综合考虑选择合适的制砂工艺。

4.3.2 干法制砂的生产工艺按《浙江省交通建设工程机制砂生产（干法）及机制砂混凝土技术指南》有关规定执行。

4.3.3 机制砂生产宜采用砂石联产工艺。

4.3.4 湿法制砂工艺为母岩开采、给料、粗碎、中碎、制砂（整形）、筛分、洗砂、石粉沉淀处理回收、污水处理和砂堆放脱水、成品检验等环节。砂石联产湿法制砂流程见图 1。

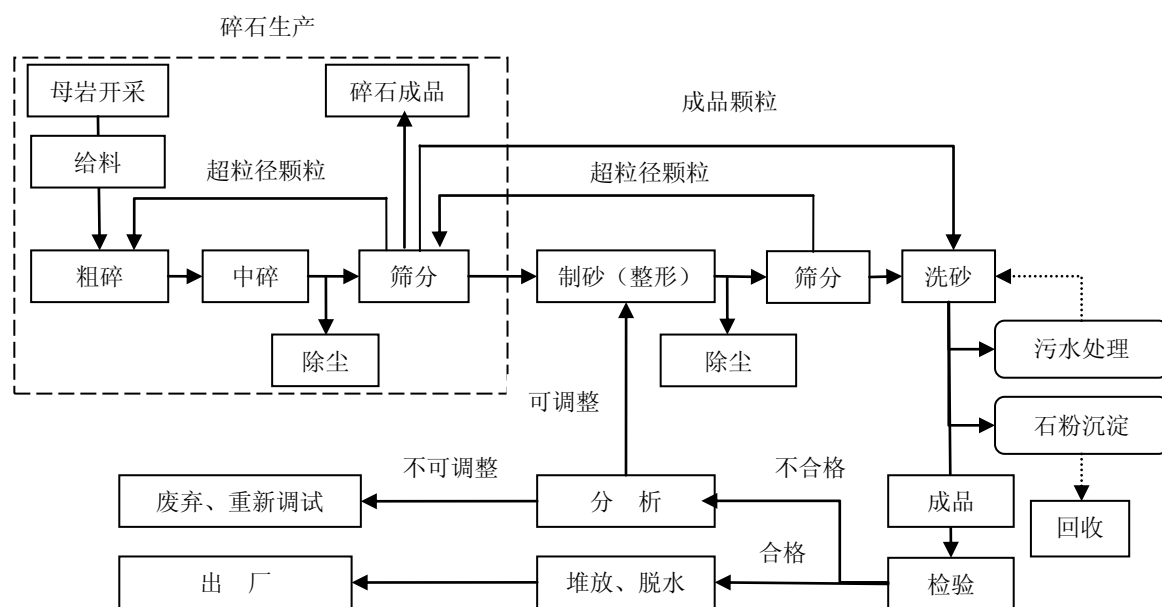


图 1 砂石联产湿法制砂流程图

4.3.5 根据母岩种类、场地条件、产能规模设计合理的流程和设备，应充分考虑堆场、沉淀池、运输、检修及环境保护需求。

4.3.6 岩石爆破前应先清除距爆破点 10m 范围内山体表面的山皮、树根、杂草、泥土和软弱的风化层。应做好爆破前后山体防护措施，确保施工安全及防止杂物混入开采的岩石中。

4.3.7 应在给料过程中设置清洗工艺，宜使用条式振动筛或高压水枪。



- 4.3.8 应控制石粉含量及含水率，并采取循环措施回收利用废水及石粉。
- 4.3.9 使用粒径在 100mm~50mm 集料作为原材料制砂的生产线可直接除泥后进入制砂设备生产机制砂。
- 4.3.10 宜通过洗砂机、细砂回收机、石粉添加斗、螺旋分级机等单独或配合使用调节机制砂成品石粉含量、级配及细度模数。
- 4.3.11 应进行机制砂生产工艺性试验验证，对机制砂细度模数、颗粒级配、堆积密度、石粉含量、亚甲蓝值、压碎值等指标进行检验；试验方法按表 10 执行，试验结果满足 5.2 的要求，并进行混凝土试拌，综合确定机制砂生产工艺参数，并根据设备的特性进行优化。
- 4.3.12 机制砂应按规格、级别分别堆放。堆放场地硬化并清洁，应具备排水功能、防止积水、设置防雨棚。
- 4.3.13 在堆放、装卸和运输过程中应用防止机制砂颗粒离析、混入杂物、防止积水，进入施工现场的机制砂应按岩性、分级、规格分别堆放，堆放高度不宜超过 5m，并采取防止环境污染。

#### 4.4 机制砂生产的环境保护

##### 4.4.1 废水处理及循环利用

- a) 生产线的用水主要考虑喷雾除尘用水、砂石水洗用水、生活用水、消防用水等。排水系统采用雨水和生产、生活废水分流制排水系统。
- b) 废水重复利用率应达到 90% 以上或实现零排放。
- c) 生产区应建有独立的截（排）水沟，地表径流水经沉淀处理后可用于矿山生产、绿化或符合 GB 8978《污水综合排放标准》达标排放。

##### 4.4.2 粉尘治理

- a) 采取以防为主的设计方针，从工艺设计上尽量减少生产中的扬尘环节，选择扬尘少的设备，降低有组织扬尘。
- b) 母岩块石在开采（矿山开采、隧道爆破等）时应采取块石淋水预湿、空气中洒水降尘等措施降低环境中的粉尘含量。
- c) 粉状物料采用密闭式输送，对于带式输送机输送的物料尽量降低物料落差，加强密闭，减少粉尘外逸。
- d) 生产区主要运输道路应进行硬化处理，应配备洒水车辆洒水抑尘，保持路面湿润、清洁，道路两旁宜绿化。成品装车后宜采取加盖篷布运输，避免扬尘或散落。

##### 4.4.3 固体废弃物综合利用

- a) 生产区固体废弃物应有专用堆场。
- b) 剥离表层土可用于复垦、恢复植被时的覆土，剥离物中具有一定强度的风化石，可作为路基材料使用。
- c) 回收的细砂和石粉应分别进行综合利用。

##### 4.4.4 减振降噪

- a) 环境噪声排放应符合 GB12348《工业企业厂界环境噪声排放标准》的相关要求。
- b) 从设备选型上宜选择噪声低的设备或加装消声器，以降低设备的噪声。
- c) 在噪声传播途径上采取措施加以控制，强噪声源车间宜采用封闭式厂房，同时采取车间外绿化，以其屏蔽作用隔绝噪声。
- d) 宜采用缓冲装置对破碎设备进行减振处理，降低矿山机械设备的振动和噪声。

## 5 机制砂的质量标准

### 5.1 规格与类别

5.1.1 机制砂按细度模数分为粗砂和中砂两种规格，其细度模数分别为：粗砂，3.7~3.1；中砂，3.0~2.3。

5.1.2 机制砂按技术要求分为 I 类、II 类和 III 类。I 类砂宜用于强度等级大于等于 C60 的混凝土；II 类宜用于强度等级大于或等于 C30、小于 C60 及有抗冻、抗渗要求的混凝土；III 类宜用于强度等级小于 C30 的混凝土。

### 5.2 技术要求

#### 5.2.1 颗粒级配

I 类机制砂级配宜满足表 2 的要求，II 类、III 类机制砂级配范围宜满足表 3 的要求；机制砂的实际颗粒级配除 4.75mm 和 0.6mm 筛档外，可以略有超出，但各级累计筛余超出值总和应不大于 5%。

表 2 I 类机制砂级配范围

筛孔尺寸 (mm)	0.15	0.3	0.6	1.18	2.36	4.75
累计筛余 (%)	94~80	92~70	70~41	50~10	25~0	10~0

表 3 II 类、III 类机制砂级配范围

筛孔尺寸 (mm)	0.15	0.3	0.6	1.18	2.36	4.75
累计筛余 (%)	97~85	95~80	85~71	65~35	35~5	10~0

#### 5.2.2 石粉含量

机制砂中宜含有适量的石粉，石粉含量应根据亚甲蓝值来确定。石粉含量宜满足表 4 的要求。

表 4 石粉含量限值

指 标		I 类	II 类	III 类
石粉含量 (按质量计, %)	MB 值 > 1.4 或不合格	≤1.0	≤3.0	≤5.0
	MB 值 ≤ 1.4	≤5.0	≤7.0	≤10.0

#### 5.2.3 泥块含量

机制砂中泥块含量宜满足表 5 的要求。

表 5 泥块含量限值

指 标	I 类	II 类	III 类
泥块含量 (%)	0	≤0.5	≤1.0

#### 5.2.4 坚固性

机制砂坚固性应满足表 6 的要求。

表 6 坚固性指标

指 标	I 类	II 类	III 类
硫酸钠溶液循环浸泡五次后的质量损失率 (%)	≤6	≤8	≤10

#### 5.2.5 压碎指标

机制砂压碎指标宜满足表 7 的要求。

表 7 压碎指标

指 标	I 类	II 类	III 类
压碎指标 (%)	≤20	≤25	≤30

## 5.2.6 表观密度、松散堆积密度、空隙率

机制砂表观密度大于 2500kg/m<sup>3</sup>、松散堆积密度大于 1400kg/m<sup>3</sup>、空隙率小于 44%。

## 5.2.7 吸水率

吸水率应满足表 8 的要求。

表 8 吸水率指标

类别	I	II	III
吸水率 (%)	≤2.0	≤2.5	≤3.0

## 5.2.8 碱集料反应

经碱集料反应试验后，试件应无裂缝、酥裂、胶体外溢等现象，在规定的试验龄期膨胀率应小于 0.10%。机制砂的碱集料反应安全风险评价宜以龄期 3 个月或 6 个月的碱集料反应试验进行控制。

## 5.2.9 有害物质

机制砂中如含有云母、轻物质、有机物、氯化物、硫化物及硫酸盐等有害物质，应符合表 9 的规定。

表 9 有害物质限值

指 标	I 类	II 类	III 类
云母含量（按质量计，%）	≤1.0	≤2.0	
轻物质含量（按质量计，%）	≤1.0		
有机物含量	合格		
硫化物及硫酸盐含量（按 SO <sub>3</sub> 质量计，%）	≤0.5		
氯化物（按氯离子质量计，%）	≤0.01	≤0.02	≤0.06

## 5.3 质量检验

5.3.1 机制砂的检验分为出厂检验和型式检验。机制砂通过型式检验合格并稳定后，才能批量生产。

5.3.2 型式检验项目按表 10 规定执行；型式检验每年进行一次。有下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品投产或老产品转产时；
- b) 原材料产源或生产工艺发生变化时；
- c) 正常生产时每年应进行一次；
- d) 停产半年以上，恢复生产时；
- e) 出厂检验结果和型式检验结果有较大差异时；
- f) 国家质量监督机构要求检测时。

表 10 型式检验与出厂检验项目与试验方法

序 号	技术指标	型式检验	出厂检验	试验方法
1	岩石抗压强度	√	×	GB/T 14685 《建设用卵石、碎石》
2	碱集料反应	√	*	GB/T 14684 《建设用砂》

表 10 型式检验与出厂检验项目与试验方法（续）

序号	技术指标	型式检验	出厂检验	试验方法
3	表观密度、松散堆积密度、空隙率	√	√	GB/T 14684 《建设用砂》
4	坚固性	√	×	
5	吸水率	√	√	
6	颗粒级配	√	√	
7	石粉含量	√	√	
8	泥块含量	√	√	
9	压碎指标	√	×	
10	云母含量	√	×	
11	轻物质含量	√	×	
12	有机质含量	√	×	
13	硫化物及硫酸盐含量	√	×	
14	氯离子含量	√	*	

注：√为检验项目，×为不检验项目，\*为根据需要而定的检验项目。

5.3.3 机制砂需经过生产单位部门检验合格并附产品质量合格证明方可出厂，出厂检验项目应按表 10 规定执行。

5.3.4 机制砂应按同一品种、同一规格、同一类别检验，检验批量宜根据生产规模而定。日产量 1000t 以上的，应 1000t 为一批；日产量 1000t 以下的，应 600t 为一批；不足上述量者亦作为一批。

5.3.5 机制砂技术指标判定按下列要求执行：

- a) 检验（含复检）后各项性能指标均符合本指南的相应规定要求时，可判定该批次产品合格。
- b) 检验中技术指标若有任一项不符合本指南相应规定时，则应从同一批产品中加倍取样，对该项进行复检。复检后，若试验结果符合本指南的技术规定，可判定该批产品为合格；若复检后仍不符合本指南的技术规定时，则判定该批次产品为不合格。

## 6 机制砂海工混凝土配合比设计

### 6.1 原材料选择

#### 6.1.1 水泥

6.1.1.1 应采用强度等级不低于 42.5 的硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥，其技术指标应符合国家标准 GB 175《通用硅酸盐水泥》的要求。

6.1.1.2 水泥中  $C_3A$  含量控制在 6%~10% 以内；比表面积应大于  $300m^2/kg$ 、且不应超过  $400m^2/kg$ ；宜采用  $C_2S$  含量相对较高的水泥。

6.1.1.3 宜采用低碱水泥，水泥的碱含量（按  $Na_2O$  当量计）应低于 0.60%。

6.1.1.4 氯离子含量应低于 0.03%。

6.1.1.5 水泥质量应稳定，实际强度应与其强度等级相匹配。水泥强度标准差控制在 3.0MPa 以内。

6.1.1.6 水泥使用时温度不应大于  $60^\circ C$ ，避免使用刚出厂的新鲜水泥。

#### 6.1.2 矿物掺合料

6.1.2.1 机制砂海工混凝土用矿物掺合料应采用组分均匀、各项性能指标稳定的粉煤灰和粒化高炉矿渣粉，不应使用高钙灰和磨细灰。

6.1.2.2 应优先选用 I 级粉煤灰或满足表 11 中技术要求的 II 级粉煤灰。

表 11 粉煤灰技术指标要求

序号	项目	技术指标要求	
		C30- C45	$\geq C50$
1	细度 (%)	$\leq 20$	$\leq 12$
2	需水量比 (%)	$\leq 105$	$\leq 100$
3	烧失量 (%)	$\leq 5$	$\leq 3$
4	含水率 (%)	$\leq 1.0$	
5	$SO_3$ 含量 (%)	$\leq 3.0$	
6	游离 $CaO$ 含量 (%)	$\leq 1.0$	
7	安定性 (%)	$\leq 5.0$	
8	氯离子含量 (%)	$\leq 0.02$	

6.1.2.3 粒化高炉矿渣粉的等级应不低于 S95 级，其技术指标应符合表 12 的要求。

表 12 粒化高炉矿渣粉技术指标要求

序号	项目	技术指标要求
1	比表面积 ( $m^2/kg$ )	400~450
2	28d 活性指数 (%)	$\geq 95$
3	流动度比 (%)	$\geq 95$
4	含水量 (%)	$\leq 1.0$
5	$SO_3$ 含量 (%)	$\leq 4.0$
6	氯离子含量 (%)	$\leq 0.02$
7	烧失量 (%)	$\leq 3.0$

6.1.2.4 为控制机制砂海工混凝土温度裂缝的产生，矿物掺合料使用时温度应不大于  $50^\circ C$ 。

6.1.2.5 当使用两种掺合料复合而成的磨细矿物掺合料时，复合掺合料应有合格的产品标准或经过有关部门鉴定的性能检测证明并附有组成成分和使用说明，不宜使用厂商自行复合的矿物掺合料。

#### 6.1.3 粗集料

6.1.3.1 应选用质地坚硬、粒形和级配良好、吸水率低和空隙率小的粗集料；宜采用两级配，公称粒径宜满足 5mm~25mm 的规定，其技术指标应符合表 13 的规定。

表 13 粗集料的主要技术要求

序号	项目	技术指标要求	
		C30- C45	≥C50
1	筛分	符合JTG/T F50	
2	含泥量 (%)	≤1.0	≤0.5
3	泥块含量 (%)	≤0.5	≤0.25
4	针、片状颗粒 (%)	≤10	≤7
5	压碎值指标 (%)	≤20	≤18
6	坚固性 (%)	≤8	≤5
7	硫化物及硫酸盐含量 (按SO <sub>3</sub> 质量计, %)	≤0.5	
8	有机物	合格	
9	碱集料反应 (规定龄期膨胀率) (%)	≤0.10	
10	氯离子含量 (%)	≤0.02	
11	吸水率 (%)	≤2	
12	表观密度 (kg/m <sup>3</sup> )	≥2600	
13	松散堆积密度 (kg/m <sup>3</sup> )	≥1450	
14	空隙率 (%)	≤45	
15	岩石抗压强度 (MPa)	≥80	

注: 宜以龄期 3 个月或 6 个月的碱集料反应试验进行控制, 按 GB/T 14685《建设用卵石、碎石》规定的方法进行检测。

6.1.3.2 当粗集料含有山皮水锈等风化颗粒时, 山皮水锈颗粒不得大于 15% (以重量计)。

6.1.3.3 机制砂海工混凝土不得使用吸水率高的砂岩和线胀系数大的石英岩。

6.1.3.4 大体积机制砂海工混凝土宜选用线膨胀系数小的集料。

#### 6.1.4 机制砂

6.1.4.1 主体结构 C30~C60 强度等级的机制砂海工混凝土宜采用 II 类砂, C60 等级以上的机制砂海工混凝土宜采用 I 类砂, 其他附属及临时结构可使用 III 类砂。

6.1.4.2 用于海工混凝土的机制砂母岩的抗压强度宜大于 60MPa。

6.1.4.3 用于海工混凝土的机制砂细度模数宜控制在 2.6~3.2, MB 值宜小于 1.0, 石粉含量宜小于 10%。

6.1.4.4 在配制大流动机制砂海工混凝土时, 在满足 MB≤1.40 时, 经试验论证可行的前提下机制砂海工混凝土中的石粉含量可以适当放宽到 15%。

#### 6.1.5 外加剂

6.1.5.1 C30 强度等级以上机制砂海工混凝土宜选用与机制砂、胶凝材料适应性好、抗吸附能力强的聚羧酸类高性能减水剂。

6.1.5.2 聚羧酸类高性能减水剂的检验及其质量应满足 GB8077《混凝土外加剂匀质性试验方法》和 GB/T8076《混凝土外加剂》的要求。其主要技术指标要求见表 14。

表 14 聚羧酸高性能减水剂主要技术指标要求

序号	项目	技术指标
1	氯离子含量 (%)	≤0.02
2	碱含量 (%)	≤10
3	减水率 (%)	≥25
4	拌合物含气量 (%)	≤4
5	坍落度 1h 经时变化量 (mm)	≤30
6	收缩率比 (%)	≤110

6.1.5.3 聚羧酸高性能减水剂使用前应进行与胶凝材料适应性检验, 检验方法参照 GB 50119-2013《混凝土外加剂应用技术规范》中附录 A 进行。

6.1.5.4 聚羧酸类高性能减水剂的复配成分应根据环境温度、施工条件、混凝土原材料的变化进行调整, 减水剂的最佳掺量应通过试验确定。

6.1.5.5 聚羧酸高性能减水剂应在混凝土开盘前复验其效果, 使用时应符合产品说明及规范关于混凝土配合比、拌制及浇筑等规定。

6.1.5.6 当混合使用高效减水剂、引气剂、缓凝剂、膨胀剂及其他外加剂时, 应事先进行相容性试

验，经验证满足要求后方可使用。

## 6.1.6 水

6.1.6.1 机制砂海工混凝土拌和及养护用水应符合 JGJ 63《混凝土用水标准》的规定。

## 6.2 配合比设计

### 6.2.1 一般规定

6.2.1.1 机制砂海工混凝土配合比设计应参照 JTG/T F50《公路桥涵施工技术规范》执行，设计的机制砂海工混凝土应满足设计和施工的混凝土拌和物工作性、凝结时间、容重和硬化混凝土强度、抗裂性及耐久性等性能指标的要求。

6.2.1.2 机制砂海工混凝土配合比应根据机制砂不同于河砂的性能特点，结合原材料的性能及对混凝土结构的技术要求进行计算，并经过试验室试配与调整、现场验证和工艺性试验，满足要求后方可使用。

### 6.2.2 配合比设计原则

6.2.2.1 采用机制砂配制桩基海工混凝土时，要求混凝土具有良好的流动性、粘聚性，强度有一定富余，宜采取下列措施：

- a) 相对较高的胶凝材料用量；
- b) 适当的石粉含量；
- c) 较大的砂率；
- d) 外加剂中适当引气、增大保坍组份。

6.2.2.2 采用机制砂配制承台海工混凝土时，要求混凝土具有良好的工作性能、抗裂性能及抗渗性能，凝结时间应适当延长，控制混凝土绝热温升，抗压强度不宜富余过大，宜采取下列措施：

- a) 相对较低的胶凝材料用量；
- b) 增加粉煤灰、矿粉及石粉等掺合料的比例；
- c) 降低单方用水量；
- d) 限制早期强度发展，宜按 60d 强度进行评定；
- e) 外加剂中增加缓凝组分，延长凝结时间。

6.2.2.3 采用机制砂配制墩身海工混凝土时，要求混凝土具有良好的工作性能、抗渗性能、耐久性能以及外观质量，抗压强度不宜富余过大，宜采取下列措施：

- a) 相对适中的胶凝材料用量；
- b) 增加粉煤灰及矿粉等掺合料的比例，尤其应增加矿粉、石粉的掺量；
- c) 降低单方用水量；
- d) 外加剂中适当引气；
- e) 宜掺入提高耐久性的组分。

6.2.2.4 采用机制砂配制箱梁、塔海工混凝土时，要求混凝土具有良好的工作性能、抗渗性能、耐久性能、早期强度、体积稳定性以及外观质量，宜采取下列措施：

- a) 相对适中的胶凝材料用量；
- b) 适中的矿物掺合料用量；
- c) 降低单方用水量；
- d) 提高集料用量，尤其应使用级配优良和粒形较好的集料；
- e) 坍落度应控制适当，不应过大；
- f) 适当降低外加剂中的引气组分，控制含气量。

### 6.2.3 配合比设计与计算

6.2.3.1 机制砂海工混凝土的配制强度可根据强度标准差的历史水平应按式 (1) 计算确定：

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

式中：

$f_{cu,0}$ —混凝土配制强度 (MPa);

$f_{cu,k}$ —混凝土立方体抗压强度标准强度 (MPa);

$\sigma$ —混凝土强度标准差。

6.2.3.2 机制砂海工混凝土强度标准差应按下列规定确定:

a) 当具有近1个月~3个月的同一品种、同一强度等级混凝土的强度资料时, 其混凝土强度标准差 $\sigma$ 应按式(2)计算:

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

式中:

$\sigma$ —混凝土强度标准差;

$n$ —试件组数,  $n$ 值应大于或者等于30;

$f_{cu,i}$ —第*i*组的试件强度 (MPa);

$m_{f_{cu}}$ — $n$ 组试件的强度平均值 (MPa)。

对于强度等级不大于C30的机制砂海工混凝土: 当 $\sigma$ 计算值不小于3.0MPa时, 应按照计算结果取值; 当 $\sigma$ 计算值小于3.0MPa时,  $\sigma$ 应取3.0MPa。

对于强度等级大于C30且不大于C60的机制砂海工混凝土: 当 $\sigma$ 计算值不小于4.0MPa时, 应按照计算结果取值; 当 $\sigma$ 计算值小于4.0MPa时,  $\sigma$ 应取4.0MPa。

b) 当没有近期的同一品种、同一强度等级混凝土强度资料时, 其强度标准差 $\sigma$ 可按表15取值。

表 15 机制砂海工混凝土标准差  $\sigma$  值

项目	指标		
	≤C30	C35~C45	C50~C55
强度等级			
强度标准值 $\sigma$ (MPa)	4.0	5.0	6.5

6.2.3.3 机制砂海工混凝土的配制强度, 应根据混凝土强度等级、生产施工水平的差异和变化以及材料质量可能的波动确定, 混凝土配制强度不宜超出设计强度等级的 40%。

6.2.3.4 对于设计使用年限为 100 年的机制砂海工混凝土单方用水量不宜超过 160kg/m<sup>3</sup>, 不应超过 170kg/m<sup>3</sup>。

6.2.3.5 应根据机制砂海工混凝土的配制强度对混凝土的水胶比和胶材用量进行双重控制。机制砂海工混凝土的最大水胶比和单方混凝土胶凝材料最小用量宜满足表 16 的要求。

表 16 机制砂海工混凝土最大水胶比及胶凝材料用量范围(100 年)

结构部位	强度等级	最小胶凝材料用量 (kg/m <sup>3</sup> )	最大胶凝材料用量 (kg/m <sup>3</sup> )	最大水胶比
桩基础	C30	380	420	0.40
	C35	400	450	0.38
承台	C30	360	400	0.40
	C35	390	430	0.38
墩、柱	C40	410	450	0.36
梁	C50	450	490	0.33
	C55	450	500	0.33

6.2.3.6 宜采用大掺量粉煤灰、粒化高炉矿渣粉等矿物掺合料替代水泥。单掺粉煤灰时, 粉煤灰掺量不宜超过胶材总量的 40%, 预应力混凝土中粉煤灰掺量不宜大于 20%。粒化高炉矿渣粉宜与粉煤灰复合掺入, 掺合料总量不宜超过胶凝材料总量的 50%, 当需满足特殊技术要求, 经论证掺合料总量可达胶凝材料总量的 60%。

6.2.3.7 当机制砂混凝土中加入粒化高炉矿渣粉、粉煤灰等作为掺合料时, 可不考虑机制砂中石粉含量的影响; 并且机制砂中的石粉可替代粉煤灰作掺合料使用, 其掺量可在胶凝材料质量的 10%~20% 范围通过试验确定。

6.2.3.8 机制砂海工混凝土砂率宜比天然河砂混凝土提高 2%~4%; 与普通河砂混凝土相比, 用于



泵送混凝土应相应增加砂率，具体取值应根据机制砂海工混凝土试配试验确定。

6.2.3.9 当采用假定容重法进行配合比设计计算时，机制砂海工混凝土的假定容重应比相应的天然河砂混凝土高约  $20 \text{ kg/m}^3 \sim 40 \text{ kg/m}^3$ 。

6.2.3.10 钢筋混凝土中氯离子总含量（包括水泥、矿物掺合料、粗集料、细集料、水、外加剂等所含氯离子含量之和）不应超过胶凝材料总量的 0.10%，预应力机制砂海工混凝土的氯离子总含量不应超过胶凝材料总量的 0.06%。

6.2.3.11 为防止碱集料反应发生，机制砂海工混凝土内总碱量（包括所有原材料）不应超过  $3.0 \text{ kg/m}^3$ 。

6.2.3.12 机制砂配制预应力混凝土时，应考虑机制砂及所含石粉对混凝土弹性模量、收缩和徐变的影响。

6.2.3.13 当机制砂中的石粉含量变化超过 2%、细度模数变化超过 0.2%或级配发生变化时，应及时通过试验进行砂率的调整。

6.2.3.14 在夏季浇筑的机制砂海工混凝土在进行配合比设计时宜选用缓凝型高性能减水剂，以推迟和削减水化热温峰。

### 6.3 配合比的试配与调整

6.3.1 在机制砂海工混凝土的试配阶段，除进行抗压强度测试外，还应进行抗氯离子渗透性试验。硬化混凝土氯离子扩散系数宜满足表 17 的规定。

表 17 机制砂海工混凝土氯离子扩散系数要求

结构部位		56d 氯离子扩散系数( $\times 10^{-12} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ )
桩基	海上	$\leq 4.0$
	滨海、陆上	$\leq 4.5$
承台	海上	$\leq 3.5$
	滨海、陆上	$\leq 4.0$
墩、柱	海上	$\leq 3.0$
	滨海、陆上	$\leq 3.5$
梁	海上	$\leq 2.5$
	滨海、陆上	$\leq 2.5$

6.3.2 砂率优选试验宜在 37%~47% 的范围内，每间隔 2% 选取一个砂率进行混凝土拌和物和易性试验，以混凝土的和易性达到最佳为合理砂率。

6.3.3 应参照 JGJ55《普通混凝土配合比设计规程》的规定计算单方混凝土中各原材料组分用量，核算单方混凝土的氯离子含量和总碱含量是否分别满足 6.2.3.10 和 6.2.3.11 条中相关要求。如不满足，应重新选择原材料或调整计算配合比，直至满足要求为止。

6.3.4 机制砂海工混凝土试配过程中应采用工程中实际使用的原材料和搅拌方法，通过适当调整混凝土减水剂用量或砂率，调配出坍落度、含气量、泌水率符合要求的混凝土试拌配合比。

6.3.5 改变计算配合比的水胶比、胶凝材料用量、矿物掺合料掺量、减水剂掺量或砂率等参数，调配出拌合物性能与要求值基本接近的试拌配合比 3~5 个。拌合物性能主要包括坍落度、扩展度、坍落度经时损失、凝结时间、泌水率等，试验方法应按 GB/T 50080《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》的规定执行。

6.3.6 根据上述不同试拌配合比对应混凝土拌合物的性能、力学性能、抗裂性以及耐久性能试验结果，按照工作性能优良、力学性能和耐久性满足要求、经济合理的原则，从中选择一个最优试拌配合比作为试验室确定的配合比，并出具试验室混凝土配合比设计报告。

6.3.7 当混凝土的力学性能或耐久性试验结果不满足设计或施工要求时，则应重新选择水胶比、胶凝材料用量或矿物掺合料用量，并按照上述步骤重新试拌和调整混凝土配合比，直至满足要求为止。

6.3.8 当混凝土原材料、施工环境温度等发生较大变化时，应及时调整混凝土计算配合比。

### 6.4 配合比现场验证与调整

6.4.1 计算配合比设计完成并在试验室试配完成后，在混凝土施工前应对试验室配合比进行现场验证，满足设计要求后确定目标配合比，试验室配合比现场验证的评价指标包括：混凝土坍落度与扩展度、坍落度与扩展度经时损失、混凝土含气量、混凝土容重、混凝土泌水率、混凝土出机

温度、混凝土氯离子含量、混凝土碱含量、混凝土凝结时间、抗压强度等指标。

6.4.2 现场验证配合比的结果应与试验室试配的结果进行对比，考虑环境条件（温湿度变化）等因素的影响，两者结果差异不大时可确定施工配合比。

6.4.3 当配合比验证的结果与试验室试配的结果差异较大时，应在排除影响配合比的相关因素后，再次进行对比验证，结果仍差异较大时应重新设计计算配合比，并进行试验室验证和现场验证。

6.4.4 施工阶段，应统计和分析机制砂海工混凝土的强度、氯离子扩散系数试验等试验数据，当波动较大时应考虑重新设计配合比。

6.4.5 施工配合比的计算与调整应考虑集料含水率绝干状态与自然风干状态的差别。

6.4.6 应根据气温的变化和施工工艺的不同调整减水剂组分，以满足不同部位的施工要求。

## 6.5 工艺性试验验证

6.5.1 机制砂海工混凝土结构在实体结构施工前，宜按照施工组织设计的施工工艺进行足尺模型试验或等比例小尺寸模型试验，验证机制砂海工混凝土的各项性能及施工工艺是否满足要求，以明确施工配合比及施工工艺的可行性与可靠性。

6.5.2 足尺模型或等比例小尺寸模型试验完成后应对混凝土结构的外观质量进行检验，以确定或调整机制砂海工混凝土的施工配合比或施工工艺等。

6.5.3 足尺模型或等比例小尺寸模型试验完成后应对混凝土试验室试配试样、现场留样试件进行性能测试，并与实体结构取芯测试的结果进行对比，确定前后场混凝土的波动性，以便于机制砂海工混凝土的施工配合比或施工工艺等的调整，测试评价的指标包括抗压强度、氯离子扩散系数等指标。

6.5.4 以足尺模型或等比例小尺寸模型试验的工艺性评价、性能检测与外观检验结果为依据，经调整与优化后确定施工配合比及施工工艺，并编制修改施工组织设计报告，以指导后续实体结构的施工。

## 7 机制砂海工混凝土的施工质量控制

### 7.1 一般规定

7.1.1 应制定专项机制砂海工混凝土施工方案，正式开工前向相关施工人员做好技术交底。

7.1.2 应对机制砂海工混凝土的施工设备进行检查，确保施工连续正常运作。

7.1.3 应全过程对原材料、设备、计量、搅拌、运输、浇筑、拆模、养护等进行监控，并根据实际情况研究调整。

### 7.2 原材料质量控制

7.2.1 机制砂海工混凝土用原材料应在一定规模的且供货源稳定的厂家采购。

7.2.2 机制砂海工混凝土用水泥、矿物掺合料等宜采用散料仓分别存储。对于易受潮的袋装粉状材料在运输和存放期间应设立专用库房存放，不得露天堆放，同时注意防潮。对于不同批次的粉料，应按进场的先后次序使用。

7.2.3 机制砂海工混凝土用水泥储存宜设中转仓或罐外降温装置，水泥使用温度不应高于 60℃。

7.2.4 机制砂和碎石使用单位应设立经硬化处理的专用堆场，并设计必要的排水设施。

7.2.5 机制砂或碎石采用多级配时，应将集料按各级配分别进行采购后分级运输、储存和计量。

7.2.6 来源不同、粒级不同的机制砂不得混合或储存在同一料堆，不得混用。

7.2.7 机制砂进场时，应按机制砂出厂检验同等批量进行进场复检并进行分级评定。

7.2.8 各类原材料应有固定的堆放地点和明确的标识，应标明每种材料的名称、品种、生产厂家、生产（或进场）日期。原材料堆放时应有堆放分界标识，以免误用。

### 7.3 生产质量控制

7.3.1 生产前应对混凝土的施工设备进行检查，对原材料储存数量进行核实，确保机制砂海工混凝土施工设备和供应能满足连续施工要求时方可施工。

7.3.2 生产前应考虑机制砂海工混凝土凝结时间、浇筑强度及浇筑方量，配置相适应的运输设备和施工设备，保证混凝土浇筑过程的连续进行。

7.3.3 原材料的计量应采用电子计量系统进行计量，机制砂和粗集料称量的允许偏差为 $\pm 1.5\%$ （按质量计），其他原材料的允许偏差为 $\pm 1.0\%$ （按质量计）。

7.3.4 机制砂海工混凝土生产前，应对机制砂海工混凝土原材料质量波动情况进行监测，发现有不合格的原材料时不得进行机制砂海工混凝土的生产。

7.3.5 机制砂海工混凝土生产前，应测试机制砂和粗集料的含水率，准确计算机制砂海工混凝土的施工配合比。

7.3.6 机制砂海工混凝土宜采用双卧轴强制式搅拌机拌制，搅拌时间应在天然河砂海工混凝土搅拌时间的基础上适当延长，且应根据工艺性试验结果确定。

7.3.7 机制砂海工混凝土生产应设置可视化装置，结合搅拌电流、扭力传感器等指标控制拌和物的性能，具体应根据工艺性试验结果确定。

7.3.8 机制砂海工混凝土的坍落度控制应考虑天气、温度、结构形式（如灌注桩、墩柱、钢筋密集处等）、泵送距离、泵送高度、浇筑强度等因素的影响，应保障机制砂海工混凝土的工作性能满足施工要求。

7.3.9 在拌制第一盘机制砂海工混凝土时，应采用施工配合比对搅拌系统进行润洗。润洗后的机制砂海工混凝土应废弃，不得使用在混凝土结构工程中。

7.3.10 应分别测试施工现场和拌合站机制砂海工混凝土的工作性能，反馈给拌合站，对下一批混凝土的生产是否需要调整做出判断。

### 7.4 混凝土浇筑

7.4.1 浇筑前应针对工程设计要求、海工混凝土结构特点、施工工艺、施工环境和施工现场条件等因素，制定机制砂海工混凝土专项浇筑方案，包括浇筑时间、浇筑分区、浇筑进展方向、浇筑厚度、振捣点分布和振捣时间等关键内容。

7.4.2 浇筑强度应考虑海工混凝土的凝结时间和运输强度，应进行连续浇筑，浇筑等待时间不应大于初凝时间的 1/2。

7.4.3 大体积混凝土浇筑前应先测试其浇筑温度，满足设计要求或 JTG/T F50 《公路桥涵施工技术规范》的要求后方可进行海工混凝土的浇筑。

7.4.4 当环境风速过大，超过 5m/s 时，应采取适当的挡风措施保证海工混凝土的浇筑质量。

7.4.5 主体结构机制砂海工混凝土宜按照 300mm 厚度进行分层布料和振捣，不应超过 500mm。

7.4.6 下料高度不得超过 2m，超过 2m 时采用串筒、溜槽或导管等设施辅助下料，应保证混凝土在下料过程中不出现分层离析现象。

7.4.7 振捣应划分区域和振捣时长，海工混凝土每个振捣点振捣时间宜控制在 15~30 秒，快插慢拔，不应用振捣棒赶料，不得过振。

7.4.8 振捣完毕后应及时修整、抹平裸露面，抹面时不应洒水，待定浆后再抹第二遍并压光或拉毛。掺矿物掺合料海工混凝土进行抹面时，应至少进行两次搓压，必要时可增加搓压次数，最后一次搓压应在泌浆结束、初凝前完成。

7.4.9 机制砂海工混凝土梁在进行预应力张拉时，应考虑机制砂海工混凝土与河砂海工混凝土弹性模量的差异。当梁体预拱度和张拉应力是按河砂海工混凝土设计时，实体机制砂海工混凝土梁体在张拉过程中的相关参数应根据弹性模量实测值进行修正。

## 7.5 混凝土养护

7.5.1 机制砂海工混凝土养护期间，应重点加强湿度和温度控制，应尽量减少表面海工混凝土的暴露时间，及时对新浇海工混凝土暴露面进行紧密覆盖（可采用塑料薄膜），防止表面水分蒸发。在养护期间应保持海工混凝土表面一直处于湿润状态，养护时间应不低于 14 天。

7.5.2 一般气候条件下白天以 1~2h 洒水一次，晚上 4h 小时洒水一次为宜，夏天应根据现场水分蒸发情况适当加密，宜 30min 一次，冬天适当减少洒水次数，宜 6h 一次，当日平均气温低于 +5℃ 时，应停止洒水养护。养护用水温度与海工混凝土表面温度之差不宜大于 15℃，以防止海工混凝土表面受冷水作用，产生温度裂缝。

7.5.3 大体积承台海工混凝土采取冷却水管等温控措施时，可采用冷却循环水出水作为养护用水。

7.5.4 养护水必须是洁净淡水，不得使用海水。上表面尽可能采用蓄水养护，立面海工混凝土拆模宜使用自动喷水系统不间断喷水或喷涂养护液进行养护。

7.5.5 当蓄水或不间断喷水养护有困难时，可采取拆模后喷涂养护剂、外表面紧贴包裹塑料布的保湿措施。养护剂应符合 JT/T522 《公路工程混凝土养护剂》中一等品的要求，并以现场试验验证其使用效果。

7.5.6 对于墩身、索塔结构中需进行硅烷浸渍施工的部分，待机制砂海工混凝土拆模后应立即采用土工布或其他保水材料包裹并不间断洒水养护。对于不需硅烷浸渍的节段，可喷涂养护剂对海工混凝土结构进行养护。

7.5.7 机制砂海工混凝土经试验确定强度不低于 10MPa 后方可拆模。承台、塔座等大体积机制砂海工混凝土拆模时间不宜小于 7 天，拆模后宜在与空气接触的表面覆盖保温。

7.5.8 机制砂海工混凝土养护期间，应对有代表性（如大体积承台、大体积墩身等）的结构进行温度监控，定时测定机制砂海工混凝土芯部温度、表层温度以及环境的气温、相对湿度、风速等参数，并根据机制砂海工混凝土温度和环境参数的变化情况及时调整养护制度，严格控制机制砂海工混凝土的内外温差满足要求。

## 7.6 特殊季节施工

7.6.1 当室外日平均气温连续 5d 低于 5℃ 或最低气温低于 -3℃ 时，应采取冬期施工措施。机制砂海工混凝土工程施工除其材料及施工要求应符合本指南有关规定外，施工单位应就寒冷气候施工拟采用的施工工艺、能源、机具设备、养护方案等做详细说明，保证机制砂海工混凝土冬期施工质量。

7.6.2 冬季施工时应测试机制砂海工混凝土的入模温度，不低于 5℃ 时方可施工。不满足要求时，应先经过热工计算，并经试拌确定水和集料需要预热的最高温度，当入模温度满足要求后方可施工。

7.6.3 当昼夜平均气温高于 30℃ 时，即应采取夏季炎热天气条件下机制砂海工混凝土的施工方法和施工控制措施，尽量把高温的影响控制在最小限度。

7.6.4 在夏季（热季）气候下浇筑应避免模板和新浇海工混凝土受阳光直射，应尽可能安排在傍

晚或夜间浇筑而避开炎热的环境，避免加剧海工混凝土内部温升。

7.6.5 开盘前应检测各种机制砂海工混凝土原材料的温度，计算机制砂海工混凝土的入模温度。夏季机制砂海工混凝土入模温度不应超过 30℃。

7.6.6 夏季施工时，机制砂海工混凝土的浇筑、捣固和修整要迅速。在机制砂海工混凝土浇筑前，应通过试验确定海工混凝土分层浇筑的覆盖时间，施工时应严格控制，不得超过，以免引起施工冷缝。

7.6.7 夏季机制砂大体积海工混凝土施工时，应根据现场工况进行机制砂海工混凝土温度、应力计算，制定相应的温控标准及温控措施。机制砂海工混凝土浇筑后应定时监测海工混凝土内部温度、环境温度、相对湿度及风速等参数，并根据环境参数变化及时调整养护工艺。

## 7.7 混凝土质量检验

### 7.7.1 新拌机制砂海工混凝土的质量检验

7.7.1.1 在机制砂海工混凝土生产和施工过程中，应对机制砂海工混凝土拌合物的性能和质量进行抽样检验，检验频率应为每一个工作班至少检验 2 次。新拌混凝土工作性能按每 400m<sup>3</sup> 为一个检验批检验一次，不足 400m<sup>3</sup> 的也按一检验批检验一次。当机制砂海工混凝土来源和配比有所改变、或对混凝土性能怀疑时也应进行检验。

7.7.1.2 机制砂海工混凝土拌合物的性能检验应检验坍落度、1h 坍落度损失、粘聚性和保水性，有必要时也应检验容重和含气量，抗压强度、耐久性能的检验试块应在浇筑地点从混凝土罐车中随机抽取，同一批试块应从同一盘混凝土中取样。

### 7.7.2 硬化机制砂海工混凝土的质量检验

7.7.2.1 机制砂海工混凝土的强度检验评定标准应符合 GB/T 50107《混凝土强度检验评定标准》的相关规定。

7.7.2.2 机制砂海工混凝土氯离子扩散系数试件的制作、养护和试验应按现行国家标准 GB/T 50082《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法标准》中的有关方法进行。

7.7.2.3 机制砂海工混凝土氯离子扩散系数的检验应满足下列规定：

- a) 桩基础、承台、扩大基础、墩身、盖梁、塔座、塔柱和横梁混凝土，每 3000m<sup>3</sup> 抽取检测试件 1 组，每类结构不足 3000m<sup>3</sup> 也抽检 1 组。
- b) 现浇及预制梁混凝土每 1500m<sup>3</sup> 抽取检测试件 1 组。

7.7.2.4 机制砂海工混凝土氯离子扩散系数的检验与验收采用非统计方法进行评定，应满足式(3)的规定：

$$D_{\max} \leq 1.1D_{\text{cu,k}}; \quad D_{\bar{n}} \leq 0.95D_{\text{cu,k}} \dots \dots \dots (3)$$

式中：

$D_{\max}$ —混凝土氯离子散系数最大允许值( $\times 10^{-12} \text{m}^2 \text{s}^{-1}$ );

$D_{\text{cu,k}}$ —混凝土氯离子扩散系数标准值( $\times 10^{-12} \text{m}^2 \text{s}^{-1}$ );

$D_{\bar{n}}$ —混凝土氯离子散系数平均值 ( $\times 10^{-12} \text{m}^2 \text{s}^{-1}$ )。

7.7.2.5 氯盐环境下的重要构件，应在现场制作混凝土试件，取芯测定混凝土氯离子扩散系数，如出现争议，可加倍取样检测或以现场构件钻芯取样测定混凝土的氯离子扩散系数为准。

7.7.2.6 大体积结构的机制砂海工混凝土抗压强度检验宜按 60d 进行评定，氯离子扩散系数宜按 56d 进行评定。

附录 A

(资料性附录)

机制砂海工混凝土参考配合比

序号	使用部位	强度等级	水胶比	砂率 %	材料用量 kg/m <sup>3</sup>						
					水泥	粉煤灰	矿粉	机制砂	碎石	水	减水剂
1	桩	C30	0.38	47	252	126	42	855	960	160	3.1
2	桩	C35	0.35	47	264	132	44	850	956	155	3.3
3	大体积	C35	0.38	43	162	162	81	785	1040	152	3.4
4	大体积	C40	0.36	43	168	168	84	785	1032	155	3.1
5	墩、柱	C35	0.36	45	215	105	105	815	996	155	3.0
6	墩、柱	C40	0.34	45	220	110	110	818	1000	150	3.4
7	梁	C50	0.31	43	288	96	96	770	1019	150	3.4

注：1.P. II 42.5 硅酸盐水泥，比表面积 385m<sup>2</sup>/kg，标准稠度用水量 27.4%，28d 抗压强度 50.4MPa；  
 2. II 级粉煤灰，细度 7.1%，需水量比 100%；  
 3.S95 级矿粉，比表面积 400m<sup>2</sup>/kg，28d 活性指数 102%；  
 4.5~25 连续级配碎石，堆积密度 1550 kg/m<sup>3</sup>，空隙率 42%；  
 5.聚羧酸高性能减水剂，减水率 35.6%。

附录 B

(资料性附录)

砂石联产湿法制砂流程图



注：本图仅列举代表性设备，可选用其他满足要求的设备。