

ICS

CCS 点击此处添加 CCS 号

DB 46

海南省地方标准

DB XX/T XXXX—XXXX

公路工程机制砂混凝土应用技术规程

technical specification for application of mechanical sand concrete in highway engineering

（征求意见稿）

（本草案完成时间：2022.02.05）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

海南省市场监督管理局 发布

目 次

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 母材技术要求 3

5 生产设备及工艺要求 3

 5.1 基本要求 3

 5.2 生产设备配置 4

 5.3 生产工艺 5

 5.4 环保及安全要求 5

6 机制砂的性能指标要求 5

 6.1 分类 6

 6.2 级配及细度 6

 6.3 碱活性 6

 6.4 石粉含量 6

 6.5 其他技术指标要求 7

7 机制砂混凝土技术性能要求 10

 7.1 混凝土拌合物性能试验 10

 7.2 力学性能 11

 7.3 耐久性能 11

8 机制砂混凝土配合比设计 12

9 施工 13

10 机制砂及机制砂混凝土质量检验和验收 16

附录 A（规范性） 机制砂针片状试验方法 18

附录 B（资料性） 海南省岩石分布图 20

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由海南省交通运输厅提出。

本文件由海南省市场监督管理局归口。

本文件起草单位：海南省交通工程建设局、交通运输部公路科学研究所

本文件主要起草人：

公路工程机制砂混凝土应用技术规程□

1 范围

本文件规定了海南省公路工程机制砂的术语和定义、母岩的技术要求、生产设备及工艺要求、机制砂的性能指标要求、机制砂混凝土技术性能要求、机制砂混凝土配合比设计、施工、机制砂及混凝土质量检验和验收。

本文件适用于公路工程机制砂生产、预拌机制砂混凝土、现场拌和机制砂混凝土及混凝土制品使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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。

GBJ 107	混凝土强度检验评定标准
GB 8978	污水综合排放标准
GB 12348	工业企业厂界噪声排放标准
GB/T 14684	建设用砂
GB/T 14685	建设用卵石、碎石
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
JTG/T F30	公路水泥混凝土路面施工技术细则
JTG F80/1	公路工程质量检验评定标准第一册土建工程
JTG 3420	公路水泥及水泥混凝土试验规程
JTG/T 3650	公路桥涵施工技术规范
JTG/T 3660	公路隧道施工技术规范
JTG E41	公路工程岩石试验规程
JTG E42	公路工程集料试验规程
JT/T 819	公路工程用机制砂

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

机制砂 manufactured sand

以岩石、卵石、矿山废石和尾矿等为原料，经除土处理，由机械破碎、整形、筛分、粉控等工艺制成的，级配、粒形和石粉含量满足要求且粒径小于4.75 mm的颗粒。

3.2

石粉含量 fine content

机制砂中粒径小于 0.075 mm 的颗粒。

3.3

亚甲蓝值 methylene blue value

用于判定机制砂吸附性能的指标，用0～2.36 mm 粒级颗粒所消耗的亚甲蓝单位质量表示，也称 MB 值。

3.4

轻物质 lightweight material

砂中表观密度小于2000 kg/m³的物质。

3.5

片状颗粒 flaky particles in manufactured sand

粒径1.18 mm 以上的机制砂颗粒中最小一维尺寸小于该颗粒所属相应粒级平均粒径 0.45 倍的颗粒。

3.6

混凝土碱集料反应 alkali-aggregate reaction

砂中碱活性矿物与混凝土和环境中的碱在潮湿环境下，缓慢发生并导致混凝土膨胀开裂的膨胀反应。

3.7

碱-硅酸盐反应 concrete alkali-silicate reaction

混凝土碱集料反应的一种，特指混凝土和环境中的碱在潮湿环境下，与集料中活性SiO₂发生化学反应，导致混凝土膨胀开裂的膨胀反应。

3.8

碱-碳酸盐反应 concrete alkali-carbonate reaction

混凝土碱集料反应的一种，特指混凝土和环境中的碱在潮湿环境下，与活性白云质集料中白云石晶体发生化学反应，导致混凝土膨胀开裂的膨胀反应。

3.9

粗碎 coarse crushing

破碎工艺流程中的第一段破碎。粗碎的给料粒度为300～1500 mm，破碎产物的粒度为150～350 mm。

3.10

中碎 intermediate crushing

破碎工艺流程中继粗碎之后的第二段破碎，给料粒度为150～350 mm，破碎产物的粒度为 40～150 mm。

3.11

细碎 fine crushing

破碎工艺流程中继中碎之后的第三段破碎。中碎的产物即为细碎的给料，给料粒度为40~150 mm，产物粒度为5~30 mm。

3.12

单独制砂工艺 single sand manufactured technology

利用细碎或中碎集料生产机制砂的工艺。

3.13

砂石联产工艺 sand-stone cogeneration manufactured technology

同时生产机制砂和碎石的工艺称为砂石联产工艺。

4 母材技术要求

- 4.1 母材应符合环保和安全相关标准的规定，不应对人体、生物、环境及混凝土产生有害影响。
- 4.2 母材应采用洁净的岩石、卵石或碎石制作，原矿含泥（土）量较高时，应采取除泥（土）工艺。
- 4.3 母材选用岩石、卵石或碎石时，其岩石的抗压强度及卵石和碎石压碎指标应分别满足表 1 的要求。

表 1 母材力学性能指标要求

序号	类 别	I 类	II 类	III 类
1	岩石抗压强度/MPa	≥80	≥60	≥60
2	碎石压碎指标/%	≤10	≤20	≤30
3	卵石压碎指标/%	≤12	≤14	≤16

- 4.4 在建公路用母岩可根据本文件附图（海南省花岗岩、玄武岩及石灰岩的地理分布特征）进行初选，应用时应根据设计要求，进行相关技术指标的验证。

5 生产设备及工艺要求

5.1 基本要求

- 5.1.1 机制砂生产线宜具备给料、破碎、筛分、除尘、输送、储存等工艺流程的功能，湿法制砂宜配备废水回收利用的装置。
- 5.1.2 机制砂生产线应能满足调整颗粒级配、石粉含量控制、清除泥土杂质等生产目标的要求。
- 5.1.3 应根据选定的母材坚硬程度，选配制砂破碎机的类型；通过机制砂粒型、级配、石粉含量等生产质量指标，检验设备的适应性、制造水平及经济性。
- 5.1.4 制砂工序所选用的设备负荷应均衡，应对砂石原料的岩性变化及级配波动有一定的适应性。

5.2 生产设备配置

5.2.1 母材破碎设备选型

5.2.1.1 母材制砂破碎前应控制含泥量符合 2% 的基本规定，母材应满足给料最大粒径限值的要求。

5.2.1.2 根据给料粒度选用粗破、中破、细破的破碎机械类型，选型如下：

- 粗碎（给料粒度 300~1500mm）可采用颚式破碎机或旋回破碎机，粗碎前应预先设置筛分机械，去除母材附着的泥土；
- 中碎（给料粒度 150~350mm）可采用圆锥破碎机、深腔曲面衬板颚式破碎机、对辊破碎机、冲击式破碎机的任意一种或几种组合；
- 细碎（给料粒度 40~150mm）可采用圆锥式破碎机、反击式破碎机的任意一种或组合。

5.2.2 制砂破碎设备的选型

5.2.2.1 湿法制砂工艺应依据进料粒径和机制砂的质量要求，合理组合立轴式冲击破碎机、反击式破碎机、圆锥破碎机设备，具体如下：

- 给料为 I 类母材时，宜采用圆锥破碎机与立轴式冲击破碎机组合。生产 I 类砂时，宜通过增加立轴式冲击破碎机遍数提高 0.3~0.15 mm 关键粒径含量及颗粒整形。
- 给料为 II 类及 III 类母材时，宜选用两段式反击式破碎机或反击式破碎机+立轴式冲击破碎机组合。

5.2.2.2 干法或半干法制砂工艺应依据进料粒径和机制砂的质量要求，优先选用立轴式冲击破碎机。

5.2.3 给料设备

5.2.3.1.1 给料设备应由料斗、喂料机、皮带输送机组成，喂料机的规格应与破碎设备相匹配。

5.2.3.1.2 制砂机的喂料机宜采用变频电机驱动，并具备均匀或定量供给原料和筛除废料的功能。

5.2.4 筛分设备

5.2.4.1.1 母材的筛分设备应根据筛分质量选择，高品质机制砂用母材宜选择水平筛或圆振动筛或直线筛，并配置方孔筛网。非高品质机制砂用母材宜选用滚筒筛，滚筒筛不宜用方孔筛；

5.2.4.1.2 湿法制砂工艺应采用圆振动筛、偏心振动筛或高频振动筛分离 0.1mm 以上颗粒的分级；对于小于 0.1mm 砂料宜选用沉没式双螺旋分级机或水力旋流器分离泥粉、石粉与砂料；

5.2.4.1.3 入料颗粒大于 2.36mm 的干法制砂工艺宜选用圆振动筛、偏心振动筛或高频振动筛分离；入料颗粒小于 2.36mm 的，宜选用离心式空气筛，控制石粉含量。

5.2.5 湿法喷淋除尘及干法除尘设备

5.2.5.1 母材破碎工艺与湿法制砂工艺的喷淋系统由蓄水池、水泵、输水管道、阀门、喷嘴等组成，喷嘴能调整方向及喷水量大小，应能将水均匀的喷洒在集料上；

5.2.5.2 干法制砂的除尘应采用布袋式除尘系统并满足下列要求：

- 由一级除尘、布袋除尘器和变频引风机及管道组成；
- 一级除尘应满足回收 1.18mm 及以上颗粒的要求；
- 布袋除尘器的功率应满足能把粉尘控制在 5~15% 的要求；
- 变频引风机应能控制除尘物的粉尘含量。

5.3 生产工艺

5.3.1 制砂工艺的选择，应根据制砂品质要求、环保、经济成本及水源等情况合理选择干法或湿法制砂工艺。

- 选用干法制砂工艺，应能通过洒水、喷雾降尘或封闭通风机械除尘。
- 选用湿法制砂工艺，应满足石粉的处理、污水的处理、噪声的控制、环境的防护、废料处理等生产设备配置要求。

5.3.2 根据破碎设备的入料粒径及其他工程应用实际情况，选择单独制砂生产或砂石联产生产；

- 单独制砂生产应根据设备情况，确定细碎的给料粒径；
- 砂石联产生产可根据制砂工艺的给料参数，确定粗碎、中碎、细碎的给料粒径。

5.3.3 机制砂生产各步骤，还宜符合如下要求：

- 1) 母岩的运输应能选用洁净的运输工具，生产时应通过给料机进行除土作业，防止不洁净的物质进入生产线；
- 2) 筛分：细碎后集料由皮带式输送机输送至筛分设备，对于不满足粒度要求的集料可由皮带式输送机送回破碎机进行再次破碎，形成闭路多次循环；
- 3) 制砂：将部分 5mm~15mm 的集料及<5mm 的集料送进立式冲击破碎机，进行制砂作业，石粉通过除尘设备进行含量调整；
- 4) 加湿：采用喷淋系统对制成的机制砂进行加湿处理，使机制砂具有合适的含水率，防止离析；
- 5) 成品：将成品机制砂通过皮带式输送机送至料仓。

5.4 环保及安全要求

5.4.1 生产区应建有规范完备的生产废水处理设施，生产废水应经处理后循环使用，废水重复利用率应达到 90%以上或实现零污染排放。

5.4.2 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《污水综合排放标准》（GB 8978）达标排放。

5.4.3 破碎系统应进行封闭，破碎过程采用定向集尘和收尘装置，宜在破碎机进出料口和筛分机械上安装集尘装置，并利用风机以负压方式将含尘气体输送到除尘装置中进行除尘；在破碎机下料口可增加喷淋设备进行降尘。

5.4.4 成品砂装卸和运输应采取措施避免粉尘排放。

5.4.5 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。

5.4.6 成品料装车后宜采取加盖篷布密闭措施，驶离生产区时应采取减少扬尘及防遗撒措施。

5.4.7 固体废弃物应有专用堆场。

5.4.8 回收的石粉应进行综合利用。

5.4.9 生产区环境噪声排放应符合《工业企业厂界噪声标准》（GB 12348）的相关要求。

6 机制砂的性能指标要求

6.1 分类

6.1.1 公路工程水泥混凝土用机制砂（以下简称“机制砂”）按技术要求可分为 I 类、II 类、III 类。

6.1.2 机制砂按照应用部位分为桥隧和路面两个大类，代号分别为 QS、LM，两个大类细分为三个等级，分别为 QS I 类、QS II 类、QIII 类，LM I、LM II 类、LM III 类。

6.1.3 QS I 类机制砂使用部位为预应力钢筋混凝土、梁板混凝土等 C50 及以上强度等级的混凝土；QS II 类的应用部位桥墩、盖梁等 C50 以下且不低于 C30 强度等级的混凝土；QSIII 类砂的应用部位为基础、支护类低于 C30 等级的混凝土；LM I 机制砂的使用部位为与行车轮胎提供抗滑性能的混凝土路面、桥面、隧道路面、抗滑耐磨功能层、透水路面面层等；LM II 类机制砂使用部位为非抗滑表层的路面面层、贫混凝土层、路面上基层等，LM III 类机制砂的使用部位为路面下基层、垫层、路面附属结构等。

6.2 级配及细度

6.2.1 I 类机制砂级配范围宜符合表 2 的要求，II 类、III 类机制砂级配范围宜符合表 3 的要求。

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	9.5
累计筛余/%	90~100	80~90	41~70	15~40	5~30	0~5	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	9.5
累计筛余/%	80~100	70~95	41~85	10~70	0~40	0~5	0

6.2.2 机制砂应按照细度模数分为粗砂、中砂两种规格，细度模数范围如下：

- 粗砂：细度模数 3.9~3.1；
- 中砂：细度模数 3.0~2.3。

6.3 碱活性

6.3.1 I 类砂宜选用不具碱反应活性的机制砂，不应具有碱-碳酸盐活性物质，当具有碱-硅酸反应活性时，快速砂浆棒法试验（14d）的膨胀率应不大于 0.1%。

6.3.2 II 类砂不应具有碱-碳酸盐活性物质，当具有碱-硅酸反应活性时，快速砂浆棒法试验（14d）的膨胀率应不大于 0.2%，且水泥混凝土采取有效的抑制碱-集料反应措施后，可使用。

6.3.3 III 类砂 不应具有碱-碳酸盐活性物质，当具有碱-硅酸反应活性时，快速砂浆棒法试验（14d）的膨胀率应不大于 0.3%，且水泥混凝土采取有效的抑制碱-集料反应措施后，可使用。

6.4 石粉含量

6.4.1 机制砂的石粉含量应根据机制砂修正 MB_x 值确定，MB_x 值算法按照式 1 计算。

$$MB_x = MB_s - MB_0 \dots\dots\dots (1)$$

式中：

MB_x ，为修正 MB 值；

MB_s ，为取 0mm-2.36mm 式样（含石粉）按照 JTG E42 方法测得的 MB 值；

MB₀，为取样 0.075mm-2.36mm（不含石粉，式样需水洗后烘干）按照 JTG E42 方法测得的 MB 值。

6.4.2 当机制砂 MB_x 值≤1.40 或快速法试验合格时，机制砂 MB_x值与石粉含量应满足表 4 的要求。

表 4 MB_x 值≤1.40 机制砂石粉含量要求

指 标	QS I 类	QS II 类	QS III 类	LM I	LM II	LM III
机制砂 MB _x 值/（g/kg）	≤0.8	≤1.1	≤1.40	≤1.40	≤1.40	≤1.40
石粉含量/%	≤5.0	≤10.0	≤15.0	≤5.0	≤7.0	≤10.0

6.4.3 当机制砂 MB_x 值>1.40 或快速法试验不合格时，石粉含量应满足表 5 的要求。

表 5 MB_x 值>1.40 或快速法试验不合格时机制砂石粉含量技术要求

指 标	QS I 类	QS II 类	QS III 类	LM I 类	LM II 类	LM III 类
石粉含量/%	≤3.0	≤5.0	≤7.0	≤1.0	≤3.0	≤7.0

6.4.4 当机制砂用于配制水下抗分散混凝土时，最大石粉含量不宜大于 10%；用于低标号喷射混凝土及低标号盖板时石粉含量可适当放大，但经试验验证满足设计要求后，由供需双方协商确定最终石粉含量，但不应超过 20%。

6.5 其他技术指标要求

6.5.1 机制砂宜选用花岗岩、玄武岩等坚硬的岩浆岩及石灰岩等沉积岩，机制砂的具体技术指标应满足表 6-表 8 的要求。

表 6 花岗岩技术指标要求

序号	技术指标	技术要求（分类）						试验方法
		QS I	QS II	QS III	LM I	LM II	LM III	
1	表观密度 kg/m³	≥2600kg/m³						JTG E42 (T 0328)
2	松散堆积密度 kg/m³	≥1400kg/m³						JTG E42 (T 0328)
3	空隙率	≤45%						JTG E42 (T 0328)
4	压碎值/%	≤18%	≤25%	≤25%	≤20%	≤25%	≤30%	JTG E42 (T 0350)
5	碱活性	不应有碱碳酸盐活性； I 类砂：快速砂浆棒法试验的膨胀率应不大于 0.1%。 II 类砂：快速砂浆棒法试验的膨胀率应不大于 0.2% III 类砂：快速砂浆棒法试验的膨胀率应不大于 0.3%。						GB/T 14684（快速）GB/T 14685（碱硅）
6	磨光值/%	/	/	/	≥42.0	≥35.0	/	JTG E42 (T 0321)
7	片状颗粒含量/%	泵送垂直距离≥100 米的施工部位 I 类砂≤8%； 其他场景用 QS I、LM I 类砂≤10%； II、III 类砂≤15%。						附录 A
8	坚固性	≤6.0	≤8.0	≤10.0	≤6.0	≤10.0	≤10.0	JTG E42 (T 0340)
9	^a 吸水率/%	≤1.55	≤1.75	≤1.95	≤1.45	≤1.65	≤2.20	JTG E42 (T 0330)
10	颗粒级配	I 类：应满足表 2 要求 II 类、III 类：应满足表 3 要求						JTG E42 (T 0327)
11	石粉含量/%	应满足 6.4 技术要求						JTG E42 (T 0333、T 0349)
12	泥块含量/%	≤0%	≤0.5%	≤1.0%	≤0%	≤1.0%	≤1.0%	JTG E42 (T 0335)
13	云母含量/%	I 类≤1.0%			II 类、III 类≤2.0%%			JTG E42 (T 0337)
14	轻物质含量/%	≤1.0%						JTG E42 (T 0338)
15	有机物含量/%	≤0.5%						JTG E42 (T 0336)
16	硫化物及硫酸盐含量/%	≤0.5%						JTG E42 (T 0341)
17	氯离子含量/%	≤0.1%						GB/T 14684
^a 吸水率指标为试验前筛除 0.075mm 颗粒测试得到的数值。								

表 7 石灰岩机制砂技术指标要求

序号	技术指标	技术要求（分类）						试验方法
		QS I	QS II	QS III	LM I	LM II	LM III	
1	表观密度 kg/m³	≥2500kg/m³						JTG E42 (T 0328)
2	松散堆积密度 kg/m³	≥1350kg/m³						JTG E42 (T 0328)
3	空隙率	≤44%						JTG E42 (T 0328)
4	压碎值/%	≤20%	≤25%	≤25%	≤20%	≤25%	≤30%	JTG E42 (T 0350)
5	碱活性	不应有碱碳酸盐活性； I 类砂：快速砂浆棒法试验的膨胀率应不大于 0.1%。 II 类砂：快速砂浆棒法试验的膨胀率应不大于 0.2% III 类砂：快速砂浆棒法试验的膨胀率应不大于 0.3%。						GB/T 14684(砂浆棒) GB/T 14685（碱硅）
6	磨光值/%	/	/	/	≥42.0	≥35.0	/	JTG E42(T 0321)
7	片状颗粒含量/%	泵送垂直距离≥100 米的施工部位的 I 类砂≤8%； 其他场景用 QS I、LM I 类砂≤10%； II、III 类砂≤15%。						附录 A
8	坚固性	≤6.0	≤8.0	≤10.0	≤6.0	≤8.0	≤10.0	JTG E42 (T 0340)
9	^a 吸水率/%	≤1.0	≤1.5	≤1.8	≤1.2	≤1.8	≤2.2	JTG E42 (T 0330)
10	颗粒级配	I 类：应满足表 2 要求 II 类、III 类：应满足表 3 要求						JTG E42 (T 0327)
11	石粉含量/%	应满足 6.4 技术要求						JTG E42 (T 0333 、T 0349)
12	泥块含量/%	≤0%	≤0.5%	≤1.0%	≤0%	≤1.0%	≤1.0%	JTG E42 (T 0335)
13	云母含量/%	I 类≤1.0%			II 类、III 类≤2.0%%			JTG E42 (T 0337)
14	轻物质含量/%	≤1.0%						JTG E42 (T 0338)
15	有机物含量/%	≤0.5%						JTG E42 (T 0336)
16	硫化物及硫酸盐含量/%	≤0.5%						JTG E42 (T 0341)
17	氯离子含量/%	≤0.1%						GB/T 14684
^a 吸水率指标为试验前筛除 0.075mm 颗粒测试得到的数值。								

表 8 玄武岩指标要求

序号	技术指标	技术要求（分类）						试验方法
		QS I	QS II	QS III	LM I	LM II	LM III	
1	表观密度 kg/m³	≥2600						JTG E42(T 0328)
2	松散堆积密度 kg/m³	≥1400						JTG E42(T 0328)
3	空隙率	≤44%						JTG E42(T 0328)
4	压碎值/%	≤18	≤25	≤25	≤20	≤25	≤30	JTG E42(T 0350)
5	碱活性	不应有碱碳酸盐活性； I 类砂：快速砂浆棒法试验的膨胀率应不大于 0.1%。 II 类砂：快速砂浆棒法试验的膨胀率应不大于 0.2%。 III 类砂：快速砂浆棒法试验的膨胀率应不大于 0.3%。						GB/T14684（快速）
6	磨光值/%	/	/	/	≥42.0	≥35.0	/	JTG E42(T 0321)
7	片状颗粒含量/%	泵送垂直距离≥100 米的施工部位 I 类砂≤8%； 其他场景用 QS I、LM I 类砂≤10%； II、III 类砂≤15%。						附录 A
8	坚固性	≤6.0	≤8.0	≤10.0	≤6.0	≤8.0	≤10.0	JTG E42(T 0340)
9	^a 吸水率/%	≤1.25	≤1.55	≤1.65	≤1.45	≤1.65	≤1.85	JTG E42(T 0330)
10	颗粒级配	I 类：应满足表 2 要求 II 类、III 类：应满足表 3 要求						JTG E42(T 0327)
11	石粉含量/%	应满足 6.4 技术要求						JTG E42(T 0333 、 T 0349)
12	泥块含量/%	≤0	≤0.5	≤1.0	≤0	≤1.0	≤1.0	JTG E42(T 0335)
13	云母含量/%	I 类≤1.0			II 类、III 类≤2.0			JTG E42(T 0337)
14	轻物质含量/%	≤1.0						JTG E42(T 0338)
15	有机物含量/%	≤0.5						JTG E42(T 0336)
16	硫化物及硫酸盐含量 /%	≤0.5						JTG E42(T 0341)
17	氯离子含量/%	≤0.1						GB/T 14684
^a 吸水率指标为试验前筛除 0.075mm 颗粒测试得到的数值。								

- 6.6 本文件未涉及岩性的机制砂技术指标可经过有效的验证并使用。
- 6.7 本文件技术指标高于国家及行业标准规程、规范技术指标的，按照本文件执行；本文件未提及的技术指标应满足国家及行业标准规范的要求。

7 机制砂混凝土技术性能要求

7.1 混凝土拌合物性能试验

7.1.1 混凝土拌合物工作性能试验应按《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》（JTG 3420）规定执行，未涉及的试验可按照《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》（GB/T 50080）的规定执行。

7.1.2 混凝土拌合物工作性能应按照现场检验，现场应符合表 9 的要求，其他未涉及的工作性能指标应符合相关规范及标准要求。

表 9 拌合物性能技术要求

项目	技术要求（以浇筑现场评测的技术指标）					
/	泵送混凝土	梁板（钢筋密布）	墩柱及支护	路面滑模	路面辊轴	路面碾压
坍落度(mm)	200~230	180~210	120~190	0~30	10-80	≤0
扩展度(mm)	≥600	≥450mm	/	/	/	/
坍落度经时损失值(mm/h)	≤30	≤30	≤30	≤10	≤20	/
V漏时间	≤6s	≤10s	/	/	/	/
出浆量/（kg）	/	/	/	0.85-1.15	1.0-1.25	
立模特性/（mm）	/	/	/	竖向变形≤10； 横向变形 ≤15mm	竖向变形≤60； 横向变形 ≤40mm	/
改进维勃稠度	/	/	/	/	/	≥45s
凝结时间(h)	初凝时间≥4h，终凝时间≤10h；超长运距及速凝等特殊类用途混凝土拌合物除外。					
离析、泌水、粘稠性	无离析和泌水，不粘底。					

注：①对于泵送高度低于 100 米，坍落度直接近范围小值；对于泵送高度较高者，坍落度宜接近范围上限；

②对于水泥混凝土路面工程的滑模工艺，出浆量应根据滑模摊铺机械挤压振动效能大小，振动效能大选择小值利于提高平整度，试验方法参考《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》（JTG 3420）。

7.2 力学性能

- 7.2.1 水泥混凝土路面、桥隧混凝土路面用机制砂混凝土强度等级应按照抗弯拉强度评价，选用 150×150×550（mm³）长方体为强度标准试件，其他力学性能应符合《公路水泥混凝土路面施工技术细则》（JTG F30）要求；
- 7.2.2 桥隧（不包含桥面及隧道路面）用机制砂混凝土强度等级应按照立方体抗压强度标准值评价，选用 150（mm³）立方体为强度标准试件，其他力学性能应符合《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3650）要求。
- 7.2.3 工程实体的强度、模量等力学性能检测评价应按《公路水泥混凝土路面施工技术细则》（JTG F30）、《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3650）与《公路工程质量检验评定标准》（JTG F80）的规定执行，满足设计要求。

7.3 耐久性能

- 7.3.1 机制砂混凝土耐久性能试验方法应按《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》（JTG 3420）规定执行，未涉及的试验可按照《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》（GB/T 50080）的规定执行。
- 7.3.2 机制砂混凝土的耐久性能基本要求应符合表 10 的规定。

表 10 耐久性能基本技术要求

耐久性项目	技术要求
碱集料反应	无危险

早期抗裂(单位开裂面积, mm ² /m ²)	≤700
28d碳化深度(mm)	≤10

表10 耐久性能基本技术要求（续）

耐久性项目	技术要求
氯离子渗透(库仑电量, C)	≤2000
混凝土电阻率 (×10 ³ Ω·cm)	用于海水或氯离子侵蚀环境≥90 Ω·m

8 机制砂混凝土配合比设计

8.1 设计要求

- 8.1.1 存有碱活性的混凝土中，应控制总碱含量不大于 3 kg/m³；无碱活性集料的混凝土应符合国家及行业标准的规定。
- 8.1.2 存有氯盐腐蚀的混凝土中，所用的材料除满足强度外，尚应充分考虑环境条件的影响，具有所需的耐久性。机制砂混凝土拌合物中的氯离子最高限值、水灰比最大允许值应满足表 11 的要求。

表 11 机制砂的氯离子含量的最高限值及水灰比要求

机制砂混凝土类别	钢筋混凝土	预应力混凝土
氯离子含量最高限值	≤0.10%	≤0.06%
水灰比	水下区、大气区≤0.5	浪溅区≤0.4

注：

① 混凝土的氯离子含量是指本标准要求检测的各种混凝土原材料的氯离子含量之和，以其与胶凝材料的重量比表示。

② 对于钢筋配筋率低于最小配筋率的混凝土结构，其混凝土的氯离子含量应与本表中钢筋混凝土结构的混凝土氯离子含量的限值要求相同。

- 8.1.3 用于桥涵结构的机制砂混凝土，配合比设计应符合《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3650）的规定，满足设计和施工的拌合物性能、力学性能、长期性能和耐久性能等要求，并以合理使用材料和节约水泥为原则。
- 8.1.4 用于水泥混凝土路面工程的混凝土，配合比设计应符合《公路水泥混凝土路面施工技术规范》（JTG/T F30）的规定，满足设计和施工的拌合物性能、力学性能、长期性能和耐久性能等要求外，并以提升路面抗滑性、平整度为原则。

8.2 配合比设计计算

8.2.1 基本要求

- 8.2.1.1 根据混凝土拌和物性能、设计强度和耐久性指标要求，结合工程上所选水泥的性能、外加剂性能的规定，初步确定胶凝材料总用量、矿物掺和料的种类及掺量、外加剂的掺量、水胶比和砂率，计算出单位体积混凝土的水泥用量、矿物掺和料用量、用水量以及外加剂的用量。
- 8.2.1.2 配合比应以每 m³ 混凝土中各原材料在干燥状态下占有的质量进行表达。

- 8.2.1.3 工程配合比应经试配和调整，对设计和施工要求的拌合物性能、力学性能和耐久性能进行试验验证后，方可确定。
- 8.2.1.4 工程配合比确定及其在应用过程中的调整，均应填写混凝土配合比报告单，报主管部门批准。

8.2.2 配合比设计参数的选择

- 8.2.2.1 机制砂混凝土的施工配制强度应不低于设计强度等级的 1.20 倍。
- 8.2.2.2 普通机制砂混凝土配合比设计参数可按表 12，并结合国家及行业相关标准规范的规定进行选择。

表 12 配合比设计参数表

强度等级	水胶比	胶凝材料用量(kg/m³)	矿物掺合料掺量(%)	砂率(%)	外加剂掺量(%)
C30	0.50-0.44	300-380	≤40	37~52	试验最佳掺量
C40	0.44-0.39	360-440	≤40	37~52	试验最佳掺量
C50	0.38~0.32	420~550	≤25	37~52	试验最佳掺量
C55	0.38~0.32	440~550	≤25	37~52	试验最佳掺量
C60	0.36~0.30	460~550	≤25	37~52	试验最佳掺量

注：

①胶凝材料用量加上集料中石粉含量，总量不宜超过 550kg/m³。

②矿物掺合料与水泥中混合材用量之和不应超过该种水泥规定的最大混合材掺量。

③水胶比中的水，应包括液体外加剂中的水。

④泵送混凝土的砂率取值宜略高，非泵送混凝土的砂率取值宜略低。

⑤外加剂掺量宜根据外加剂品种，结合材料试验确定的最佳掺量进行选择。

- 8.2.2.3 集料含有碱硅活性时，应采取掺入粉煤灰、矿渣粉及引气剂等抑制碱活性反应的技术措施，并通过膨胀量试验，检验其抑制的效果符合本文件的规定。
- 8.2.2.4 用于桥涵结构的机制砂混凝土配合比计算方法应符合《公路桥涵施工技术规范》(JTG/T 3650) 的规定；用于水泥混凝土路面工程的混凝土配合比计算方法应符合《公路水泥混凝土路面施工技术规范》(JTG/T F30) 的规定。

9 施工

9.1 一般规定

- 9.1.1 施工前、施工过程中和施工后，都应对混凝土性能进行检验，具体要求见本文件第 7、8 章。
- 9.1.2 经混凝土搅拌站和施工单位双方认可、现场浇筑制作、并由第三方监督养护和抗压试验的混凝土试件，可作为混凝土交接质量的依据。

9.1.3 机制砂混凝土生产和施工的质量控制，除了符合本文件要求外，还应符合《公路水泥混凝土路面施工技术规范》（JTG T F30）、《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3650）的有关规定。

9.2 拌合物的拌制

9.2.1 机制砂混凝土的拌制应采用双卧轴强制式搅拌机，搅拌时间可控制在 60~90s，强度等级较高的混凝土和塑性混凝土可取上限范围。

9.2.2 采用电子计量系统计量原材料，严格按照施工配合比要求进行准确称量，称量最大允许偏差应符合下列规定（按重量计）：胶凝材料（水泥、掺合料等） $\pm 1\%$ ；化学外加剂（高效减水剂或其它化学添加剂） $\pm 1\%$ ；粗、细集料 $\pm 2\%$ ；拌合用水 $\pm 1\%$ 。

9.2.3 搅拌混凝土前，应严格测定粗细集料的含水率，准确测定因天气变化引起的粗细集料含水量的变化，以便及时调整施工配合比。一般情况下，每工作班抽测 2 次含水量，雨天应随时抽测，并按测定结果及时调整混凝土施工配合比。宜在集料堆场搭设遮雨棚，避免雨水导致集料堆内外含水差异过大。

9.2.4 化学外加剂可采用粉剂和液体外加剂，当采用液体外加剂时，应从混凝土用水量中扣除溶液中的水量；当采用粉剂时，应适当延长搅拌时间，延长时间不宜少于 30s。

9.2.5 拌制第一盘混凝土时，可增加水泥和砂子用量 10%，并保持水灰比不变，以便搅拌机挂浆。

9.2.6 炎热夏季施工时，可采取在集料堆场搭设遮阳棚、采用低温水搅拌混凝土或在晚间搅拌混凝土等措施，保证混凝土入模温度不高于 30℃。

9.3 拌合物的运输

9.3.1 为了确保浇筑工作连续进行，应选用运输能力与混凝土搅拌机的搅拌能力相匹配的运输设备运送混凝土。不得采用机动翻斗车、手推车等工具长距离运送混凝土。

9.3.2 应保持运输道路平坦畅通，并加强调度，减少运输时间。混凝土出机至浇筑入模之间的间隔时间不宜大于 75min。

9.3.3 应对运输设备采取保温隔热措施，防止局部混凝土温度升高（夏季）。

9.3.4 如采用搅拌罐车运输混凝土，当罐车到达浇筑现场时，应使搅拌罐高速旋转 20~30s，再将混凝土拌合物卸出。如混凝土拌合物因稠度原因出罐困难，可适当加入减水剂（应对加减水剂的情况做好记录），并使搅拌罐高速旋转 90s 后，将混凝土拌合物卸出。

9.3.5 在混凝土拌合物的运输和浇筑过程中，严禁向混凝土拌合物中加水。

9.3.6 采用混凝土泵输送混凝土时，除应按《泵送混凝土施工技术规范》（JGJ/T 10）规定进行施工外，还应符合以下规定：

- 泵送混凝土时，输送管路起始水平管段长度不宜小于 15m。除出口处可采用软管外，输送管路的其它部位均不得采用软管。高温或低温环境下，输送管路应采用湿帘和保温材料覆盖。
- 大高程泵送时，在水平管与垂直管之间，应选用曲率半径大的弯管过渡；向下泵送混凝土时，管路与垂线的夹角不宜小于 12°，以防止混入空气引起管路阻塞。
- 应保持混凝土连续泵送，必要时可降低泵送速度以维持泵送的连续性。因各种原因导致停泵时间超过 15min，应每隔 4~5min 开泵一次，使泵机进行正转和反转两个冲程，同时开动料斗搅拌器，防止料斗中混凝土离析。如停泵时间超过 45min，应将管中混凝土清除，并清洗泵机。

9.4 浇筑

9.4.1 浇筑混凝土前，应针对工程特点、施工环境条件与施工条件事先设计浇筑方案，包括浇筑起点、浇筑进展方向和浇筑厚度等；混凝土浇筑过程中，不得无故更改事先确定的浇筑方案。

- 9.4.2 混凝土浇筑时的自由倾落高度不得大于 2m；当大于 2m 时，应采用滑槽、串筒、漏斗等器具辅助输送混凝土，保证混凝土不出现分层离析现象。
- 9.4.3 混凝土的浇筑应采用分层连续推移的方式进行，混凝土的一次浇筑厚度不宜大于 300mm。
- 9.4.4 上下层同一位置浇筑的间隔时间不宜超过 120min，不得出现冷缝和随意留置施工缝。
- 9.4.5 在炎热气候浇筑混凝土时，应避免模板和新浇混凝土直接受阳光照射，保证混凝土入模前模板和钢筋的温度不超过 30℃，以及附近的局部气温不超过 40℃。可采用仓面喷雾的方式进行降温，并宜安排在傍晚和夜间浇筑混凝土。
- 9.4.6 在相对湿度较小、风速较大的环境下浇筑混凝土时，应采取适当挡风等措施，并避免浇筑有较大暴露面积的构件。
- 9.4.7 浇筑大体积混凝土时，应采取必要控温措施，保证混凝土内部最高温度不高于 70℃，中心温度与表层温度的最大温差以及混凝土表层温度与周边气温的最大温差均不应大于 25℃。
- 9.4.8 新浇筑混凝土与邻接的已硬化混凝土或岩土介质间浇筑时的温差不得大于 15℃。
- 9.4.9 预应力混凝土预制梁应一次浇筑成型，每片梁的浇筑时间不宜超过 6h，最长不超过混凝土的初凝时间。

9.5 振捣

- 9.5.1 振捣时应避免碰撞模板、钢筋及预埋件。根据不同情况，可选用插入式振动棒、附壁式振捣器或表面平板振捣器振捣混凝土。
- 9.5.2 应按事先规定的工艺路线和方式将入模的混凝土振捣密实，每点的振捣时间不宜超过 30s，以表面呈平坦泛浆为准。机制砂混凝土比河砂混凝土易于流化离析，尤要避免过振。
- 9.5.3 采用插入式振动棒振捣混凝土时，宜采用垂直点振方式振捣，插入间距不应大于棒的振动作用半径的一倍。连续多层浇筑时，插入式振动棒应插入下层混凝土拌合物约 5cm。
- 9.5.4 预应力混凝土梁宜采用附壁式振捣器并辅以插入式振动棒振捣混凝土。
- 9.5.5 在振捣混凝土过程中，应加强检查模板支撑的稳定性和接缝的密合情况，以防漏浆。

9.6 养护

- 9.6.1 混凝土振捣完成后，应及时对混凝土暴露面进行覆盖，防止表面水分损失。暴露面混凝土初凝前，应掀起覆盖物，用抹子搓压表面至少二遍，使之平整后再次覆盖。
- 9.6.2 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。
- 9.6.3 拆模后，应对混凝土采用蓄水、浇水、洒水或覆盖充水保湿等措施进行潮湿养护。
- 9.6.4 混凝土路面采用喷涂养护剂养护时，采用的养护剂及其应用应符合有关标准要求。
- 9.6.5 混凝土终凝后的持续养护时间应满足国家及行业相关规程规范的要求。
- 9.6.6 对于混凝土构件蒸汽养护，可分静停、升温、恒温、降温四个阶段。成型后静停期为 4~6h；升温期升温速度不宜大于 10℃/h；恒温期间混凝土内部温度不宜超过 60℃，恒温养护时间应通过试验确定，保证满足设计要求；降温期降温速度不宜大于 10℃/h。
- 9.6.7 混凝土拆模后可能与流动水接触情况下，应在混凝土与流动水接触前养护 10d 以上，且确保混凝土获得 75% 以上的设计强度后，再与流动水接触。

9.7 拆模

- 9.7.1 混凝土拆模时的强度应符合《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3650）以及有关标准的规定。
- 9.7.2 底模拆模时的混凝土强度应符合表 13 的规定。

表 13 拆除底模时所需混凝土强度

结构类型	结构跨度（m）	达到混凝土设计强度的百分数（%）
板、拱	≤2	50
	2~8	75
	>8	100
梁	≤8	75
	>8	100
悬臂梁（板）	≤2	75
	>2	100

9.7.3 结构混凝土内部与表层混凝土之间的最大温差、表层混凝土与周边气温的最大温差均不应大于 25℃。

9.7.4 大风或气温急剧变化时不宜拆模。

10 机制砂及机制砂混凝土质量检验和验收

10.1 一般规定

10.1.1 母材、机制砂的质量检验按照本文件规定的执行，母材的性能指标作为机制砂遴选评测的质量依据，机制砂的性能指标作为过程检测的质量依据。

10.1.2 公路桥涵隧道用混凝土、其他原材料、桥涵质量检验除符合本文件外，还应符合《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3650）的规定。

10.1.3 公路水泥混凝土路面用混凝土、其他原材料、路面质量检验除符合本文件外，还应符合《公路水泥混凝土路面施工技术规范》（JTG/T F30）的规定。

10.2 母材、机制砂质量检验

10.2.1 母材应在使用前质量性能评测及使用过程中抽查检测，满足本文件表 1 要求后方能使用；使用过程中肉眼发现材质颜色及外观变化时，应及时检测，除上述外为保证质量要求，使用过程中应至少检查 2 次。

10.2.2 机制砂性能指标按在进场前，应照表 2-表 8 执行全检，使用过程中当发现材料颜色及外观质量发生变化，应及时全项目检测。除上述外为保证质量要求，使用期间应按照表 14 进行日常检验。

表 14 机制砂进场前及使用过程检测项目

序号	项目名称	首次检测及材料变化 检测	过程检验技术要求
1	碱集料反应	+	*
2	磨光值	+	*
3	表观密度	+	+
4	松散堆积密度	+	+
5	空隙率	+	+

序号	项目名称	首次检测及材料变化 检测	过程检验技术要求
6	片状颗粒含量	+	*
7	坚固性	+	—
8	吸水率	+	+
9	颗粒级配	+	+

表14 机制砂进场前及使用过程检测项目（续）

序号	项目名称	首次检测及材料变化 检测	过程检验技术要求
10	石粉含量	+	+
11	泥块含量	+	+
12	压碎指标	+	+
13	云母含量	+	—
14	轻物质含量	+	—
15	有机物含量	+	—
16	硫化物及硫酸盐	+	*
17	氯离子含量	+	*

注：“+”为检验项目，“—”为不检验项目，“*”为根据需要而定检验项目。

10.2.3 机制砂应以同一品种、同一规格、同一类别的 600t 为一批，不足 600t 作为一批计。

10.3 机制砂混凝土拌合物质量检验

10.3.1 应对混凝土拌合物进行抽样检验。混凝土拌合物性能检验项目包括：坍落度、扩展度、坍落度经时损失、凝结时间、立模特性、出浆量、离析、泌水等。其中，坍落度和扩展度应在搅拌地点和浇筑地点分别取样检验。混凝土拌合物性能检验结果应符合本文件的规定。

10.3.2 拌合物性能出现异常，应及时找出问题的原因，确保满足施工要求。

10.4 硬化机制砂混凝土质量检验

10.4.1 应对硬化混凝土进行抽样检验，抽样频次和硬化混凝土性能检验规则除按本文件的规定执行外，还应还应符合《公路桥涵施工技术规范》（JTG/T 3650）的、《公路水泥混凝土路面施工技术规范》（JTG/T F30）的规定。

10.4.2 结构物质量验收检验项目应按照《公路混凝土工程验收应符合》（JTG F80/1）中的有关规定执行。

10.5 其他要求

10.5.1 混凝土拌和系统各种计量仪器在投入使用前必须经有资质的计量部门标定合格后才能使用，且混凝土生产单位每月应自检一次，以确保计量仪器的准确度。

10.5.2 拌合站原材料称量偏差每班检查 2 次，混凝土搅拌时间每班检查 2 次，检验结果应符合本文件的规定。

附录 A
(规范性)
机制砂针片状试验方法

A.1 设备要求

- A.1.1 鼓风干燥箱：能够使温度控制在 $(105\pm5)^\circ\text{C}$ ；
- A.1.2 条形孔筛：筛框内径均为 300 mm，筛孔尺寸分别为 0.8 mm×15 mm、间距 1.5 mm，1.6 mm×15mm、间距 1.6 mm，3.2 mm×20 mm、间距 2 mm。筛孔尺寸为 0.8 mm×15 mm、间距 1.5 mm 的条形孔筛见图A.1。

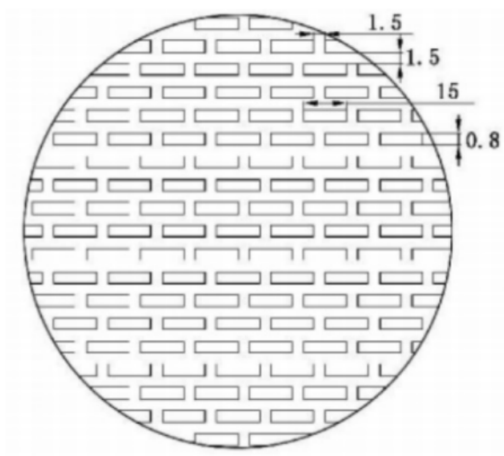


图 A.1 条形孔筛示意图

- A.1.3 方孔筛：孔径为 1.18 mm、2.36 mm、4.75 mm、9.50 mm 的筛各一只，并附有筛底和筛盖（筛框内径为 300 mm）；
- A.1.4 电动摇筛机；
- A.1.5 天平：量程不小于 2000 g，感量不大于 1g；
- A.1.6 搪瓷盆，毛刷等。

A.2 试验步骤

- A.2.1 按GB/T 14684规定的方法进行机制砂取样，筛除大于9.50 mm的颗粒，并烘干。
- A.2.2 机制砂烘干后冷却至室温，取500 g作为试样。
- A.2.3 方孔套筛（附筛底）按孔径1.18mm、2.36mm、4.75mm从下到上组合置于摇筛机上后，倒入机制砂试样进行筛分。

A.2.4 将筛分后粒径在1.18mm~2.36mm、2.36mm~4.75mm、4.75mm~9.50mm的颗粒，分别放入宽为0.8 mm、1.6 mm和3.2 mm带筛底的条形孔筛上，分别将条形筛置于摇筛机上，摇筛10min，然后逐个进行手筛，直到每分钟的筛出量小于筛上剩余试样量的0.1%为止。

A.2.5 称取各条形孔筛筛下颗粒质量，并累加得到机制砂片状颗粒总质量，精确到0.1g。

A.2.6 机制砂片状颗粒含量计算：

机制砂片状颗粒含量按式（A.1）计算，精确至1%：

$$F_s = \frac{G}{500} \times 100\% \cdots \cdots \cdots (A.1)$$

式中：

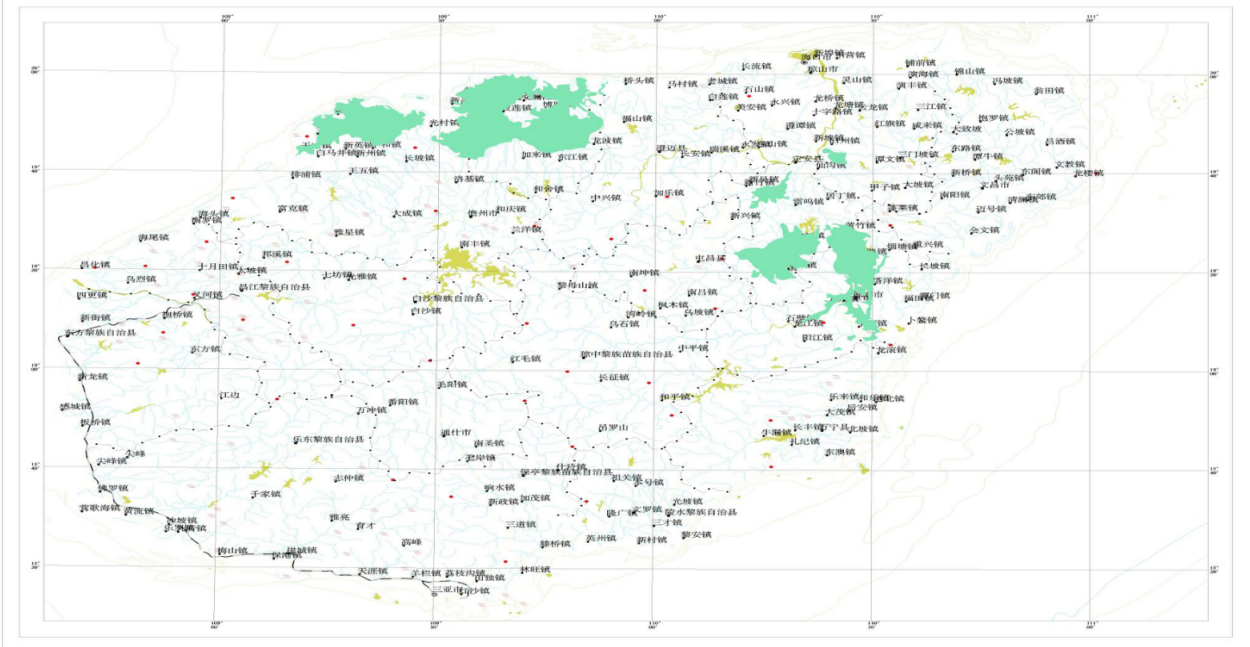
F_s——片状颗粒含量；

G——粒径在1.18mm~9.5mm试样的片状颗粒总质量，单位为克（g）。

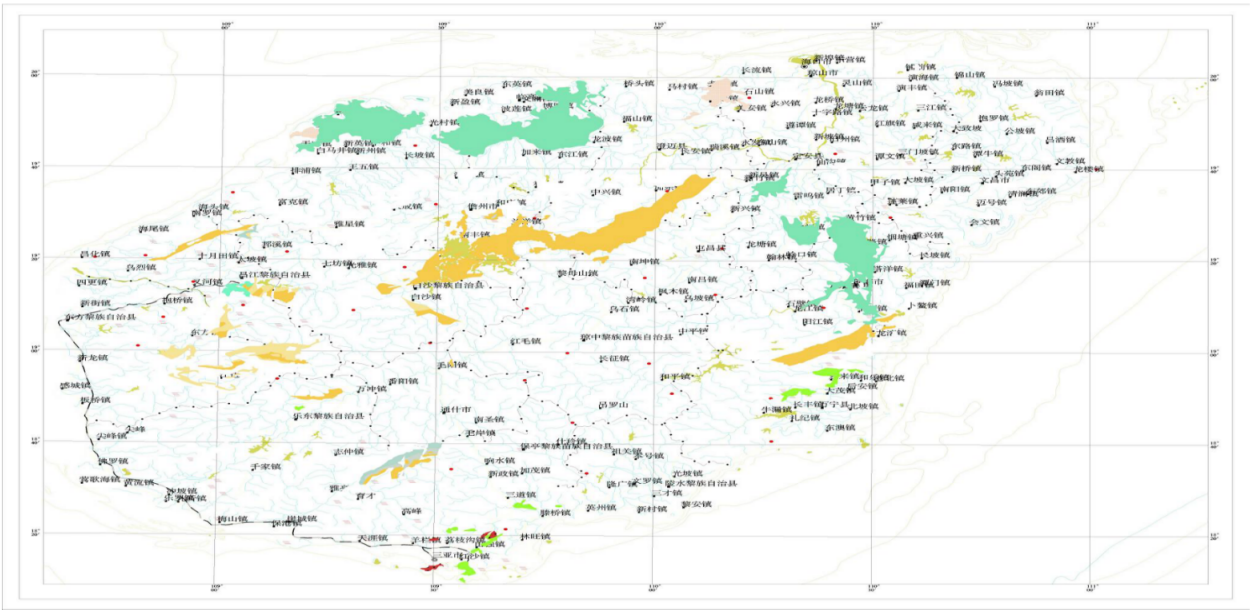
机制砂片状颗粒含量取3次试验结果的算术平均值，精确至1%。

附 录 B
(资料性)
海南省岩石分布图

B.1 海南省玄武岩分布图（图中绿色标记）



B.2 海南省石灰岩分布图（深黄色标记）



B.3 海南省花岗岩分布图（粉色标记）

