

公路工程机制砂混凝土应用技术规程

Technical Specification for Application of Manufactured Sand Concrete in Highway Engineering

2025 - 02 - 28 发布

2025 - 04 - 01 实施

目 次

前 言	III
1 范围	4
2 规范性引用文件	4
3 术语和定义	4
4 母岩技术要求	6
4.1 一般规定	6
5 生产设备及工艺要求	6
5.1 一般规定	6
5.2 生产工艺	7
5.3 生产设备配置	7
5.4 环保及安全要求	8
6 机制砂的性能指标要求	8
6.1 一般规定	8
6.2 级配及细度	9
6.3 碱活性	9
6.4 石粉含量	9
6.5 其他技术指标要求	10
7 机制砂混凝土技术性能要求	12
7.1 混凝土拌合物性能	12
7.2 力学性能	13
7.3 耐久性能	13
8 机制砂混凝土配合比设计	14
8.1 一般规定	14
8.2 配合比设计	14
9 施工	14
9.1 一般规定	14
9.2 混凝土拌和	15
9.3 拌合物的运输	15
9.4 浇筑	15
9.5 振捣	16
9.6 收面与养护	16
9.7 拆模与硬化后处治	17
10 机制砂及机制砂混凝土质量检验和验收	17

10.1 一般规定	17
10.2 母岩、机制砂质量检验	17
10.3 机制砂混凝土拌合物质量检验	18
10.4 硬化机制砂混凝土质量检验	18
10.5 其他要求	18
附录 A （资料性）海南省岩石岩相分布图.....	20
附录 B （规范性）机制砂片状试验方法.....	错误!未定义书签。
B.1 设备要求	23
B.2 试验步骤	23

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。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由海南省交通运输厅提出并归口。

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：符策源、资西阳、何哲、张德文、訾银辉、王瑞杰、张浩、田波、胡波、王模、王运武、俞耀、王文铭、周连振、黄智勇、李金堂、杨霄、李立辉、张盼盼

公路工程机制砂混凝土应用技术规程

1 范围

本文件规定了公路工程机制砂的术语和定义、母岩技术要求、生产设备及工艺、机制砂的技术指标、机制砂混凝土性能要求、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等内容。

本文件适用于海南省各等级公路工程及附属设施, 市政工程可参照执行。

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。

GB 8076	混凝土外加剂
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
JT/T 819	公路工程混凝土用机制砂
JTG E41	公路工程岩石试验规程
JTG E42	公路工程集料试验规程
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

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 mm ~ 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，主要指植物。

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

粗碎 primary crushing

破碎的第一环节，主要是将大块度原料破碎至下一道破碎环节允许的进料粒度。一般指最大给料粒度为1200 mm - 500mm，最大排料粒度为350 mm - 200 mm的破碎过程。

3.7

中碎 medium crushing

破碎工艺流程中继粗碎之后的第二段破碎，是将粗碎后石料粒径进一步减至下一道破碎工序允许的进料粒径的产出过程。中碎的给料粒径一般为 150 mm-350 mm，最大排料粒度为100mm~40mm的破碎过程，中碎后的石料可经分级筛分产生部分成品碎石。

3.8

细碎 fine crushing

破碎工艺流程中继中碎之后的第三段破碎。是将中碎后超过目标产品最大粒径的物料进一步破碎的工艺过程。细碎给料粒度一般为40~150 mm，最大排料粒度不大于31.5mm，细碎后的石料可经分级筛分产生成品碎石。

3.9

制砂工艺 sand manufactured technology

经机械破碎、检查筛分等途径，将石料制成粒径小于4.75mm机制砂的过程。

3.10

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。

3.11

除土筛分 soil removal and screening

物料进入破碎机前的筛分环节，用于去除或降低物料中泥土的含量。

4 母岩技术要求

4.1 一般规定

4.1.1 母岩应符合环保和安全相关标准的规定，不对人体、生物、环境及混凝土产生有害影响。

4.1.2 母岩先应通过岩相法测定是否含有碱活性物质，再跟测定其膨胀性。当存在碱碳酸盐反应活性物质时，不应选用；存在碱硅酸盐活性物质时，应通过快速砂浆棒法、混凝土碱活性棱柱法或岩柱碱活性膨胀法进行膨胀量测定。

4.2 原矿含泥（土）量较高时，应采取有效除泥（土）措施，可采取晾晒、水洗、分检等措施，保证母岩的洁净。

4.3 制砂的母岩可选用花岗岩、玄武岩、石灰岩等矿岩，也可选用碎石，卵石，隧道洞渣等，其技术指标应分别满足表 1 的要求。

表1 母岩力学性能指标要求

序号	类别	I 类	II 类	III 类	试验方法
1-1	岩浆岩抗压强度/MPa	≥80	≥80	≥60	JTG E41 T0221
1-2	沉积岩抗压强度	≥60	≥60	≥45	JTG E41 T0221
2	碎石压碎指标/%	≤15	≤20	≤30	JTG E42 T0316
3	卵石压碎指标/%	≤15	≤18	≤24	JTG E42 T0316

4.4 母岩选矿时，可根据本文件附图 A（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，进行岩相、碱活性、力学性能等相关技术指标的验证。

5 生产设备及工艺要求

5.1 一般规定

5.1.1 砂石联产和制砂工艺设计应遵循绿色、节能、减排、安全、环保的原则，合理配置给料、破碎、

筛分、除尘、脱泥、输送、储存等工艺环节。

5.1.2 机制砂生产工艺应满足可调整颗粒级配、可控石粉含量等生产目标的要求。

5.1.3 破碎与筛分设备的性能应与选用母岩的特性、工厂生产规模和生产方式、工艺要求相适应。

5.1.4 鼓励选用干湿结合的半干法制砂生产工艺。

5.1.5 当选用母岩强度较高石英岩、玄武岩或花岗岩制砂时，制砂机应选用耐磨损高硬度合金的衬板、锤头或钢棒，以及耐磨筛网等配件。

5.2 生产工艺

5.2.1 根据母岩材质性能、需破碎矿石的粒径大小确定砂石联产工艺或单独制砂工艺。

5.2.2 砂石联产时，针对难碎或中等可碎矿石，宜采用粗碎、中碎、细碎、制砂四段破碎筛分流程，可在细碎与制砂环节设置闭路；针对中等可碎及易碎矿石时，宜采用粗碎、中碎（或细碎）、制砂三段破碎筛分流程，可在中碎与制砂环节设置闭路。

5.2.3 单独制砂宜采用 4.75 mm - 31.5 mm 之内连续级配碎石的闭路生产工艺。

5.2.4 应根据制砂品质要求、环保、经济成本及水源等情况，合理选择湿法、干法或半干法制砂工艺：

——干法生产，应包含砂石工厂除土、筛分、制砂等生产环节，不进行物料表面冲洗或加水淘洗的工艺步骤。干法制砂工艺应采取机械除尘和粉控措施；

——湿法生产，应包含砂石工厂除土、筛分、制砂等生产环节；为了提高物料清洁度，应对物料进行表面冲洗或加水淘洗的工艺步骤。选用湿法制砂工艺，应满足石粉的处理、污水的处理、泥饼废料处理等生产设备配置要求；还应严格控制絮凝剂用量，避免砂中残留絮凝剂对混凝土质量和工作性带来的不良影响；

——半干法生产，应在预筛分环节对骨料（小于 31.5mm）进行表面冲洗或淘洗，应采取砂石除土、筛分、制砂的工艺步骤。

5.2.5 对产品粒形、连续级配有明确要求的，应设置整形和级配调整步骤，进行深加工。

5.2.6 生产工艺还宜符合如下要求：

——母岩含泥：应在粗碎前增设除土筛分作业，防止不洁净的物质进入生产线；

——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。

5.3 生产设备配置

5.3.1 砂石联产破碎设备选型与生产

5.3.1.1 母岩应满足破碎设备给料最大粒径限值的要求。

5.3.1.2 应根据母岩特性选择原料的破碎级数。难碎或中等可碎矿石时，宜采用粗碎、中碎、细碎、制砂四段破碎筛分流程，可在细碎与制砂环节设置闭路工艺；而采用中等可碎及易碎矿石时，则可采用粗碎、中碎（或细碎）、制砂三段破碎筛分流程，可在中碎与制砂环节设置闭路工艺。

5.3.1.3 粗破、中破、细破的破碎机械类型的选型可参考如下建议：

——硬岩（难破碎岩）粗碎宜选用颚式破碎机或旋回破碎机，软岩（易破碎岩）粗碎宜选用反击式破碎机、锤式破碎机；

——中碎可采用圆锥破碎机、锤式破碎机、反击式破碎机等，反击式破碎机不宜用在难破碎岩石；

——细碎可采用圆锥式破碎机、反击式破碎机、立轴破碎机（冲击式破碎机）等。

5.3.2 制砂设备的选型与生产

- 5.3.2.1 湿法制砂工艺宜选用立轴式冲击破碎机或对辊破与棒磨机联合制砂。
- 5.3.2.2 干法或半干法制砂工艺宜优先选用立轴式破碎机。对于难碎、磨蚀性较强的原料，宜选用“石打石”模式；对于中等可碎或易碎原料，宜选用“石打铁”模式。
- 5.3.2.3 对于机制砂粒形、针片状含量要求较高时，宜选用立轴式冲击破碎或柱磨机。
- 5.3.2.4 I类砂生产中粒径 0.3 mm ~ 1.18 mm 不符合本文件要求时，宜通过筛分将大颗粒与 4.75mm 以上骨料混合破碎，提高 0.3 mm ~ 1.18 mm 粒径含量。

5.3.3 筛分设备

- 5.3.3.1 干法制砂的筛分应选用高频振动筛，进行粒度分离；
- 5.3.3.2 湿法制砂采用棒磨机时筛分设备宜选用直线振动筛，进行 0.1mm 以上的颗粒分级；0.1mm 及以下颗粒宜选用沉浸式双螺旋分级机或水力旋流器分离。

5.3.4 湿法喷淋除尘及干法除尘设备

- 5.3.4.1 湿法制砂工艺应采用水幕除尘和筛面喷淋系统相结合，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。
- 5.3.4.2 干法制砂应采用风选除尘、离心式空气筛、布袋除尘等方式，控制石粉含量及粉尘，防治污染环境。

5.4 环保及安全要求

- 5.4.1 生产区应根据用生产用水量建设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 破碎系统宜进行封闭，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。
- 5.4.4 成品砂装卸和运输应采取避免粉尘排放。
- 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 一般规定

- 6.1.1 公路工程水泥混凝土用机制砂（以下简称“机制砂”）按照使用结构部位分为桥隧和路面两个大类，代号分别为 QS、LM；按技术要求可分为 I 级、II 级、III 级。两个大类细分为三个等级，分别为 QS I、QS II、QIII，LM I、LM II、LM III。
- 6.1.2 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。

6.1.3 机制砂 MB 值测试前，应先对亚甲蓝试剂进行纯度检测，有效固含量不低于 98%。

6.2 级配及细度

6.2.1 I 级机制砂级配范围应满足应符合表 2 的要求；II 类、III 类机制砂级配范围宜符合表 3 的要求。砂的实际级配除 4.75mm 和 0.6 mm 颗粒外，其他颗粒单粒级级配范围最大允许偏差 3%，综合颗粒级配最大允许偏差 5%。

表2 I 类机制砂级配范围

筛孔尺寸 mm	0.075mm 及筛底	0.15	0.3	0.6	1.18	2.36	4.75	9.5
累计筛余 %	/	80~94	70~92	41~70	10~50	0~25	0~5	0
分级筛余 %	0~20	5~15	20~35	20~31	10~25	5~15	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 3.7~3.3；
- 中砂：细度模数 3.2~2.3。

6.3 碱活性

6.3.1 I 类砂不应有碱-碳酸盐活性物物质，且快速砂浆棒法试验（14d）的膨胀率应不大于 0.2%。

6.3.2 II、III 类砂不应有碱-碳酸盐活性物质，当具有碱-硅酸应活性时，快速砂浆棒法试验（14d）的膨胀率应不大于 0.3%，且水泥混凝土总碱含量应控制在 3.0kg/m^3 以内，并验证有效的抑制碱-集料反应措施后，方可使用。

6.4 石粉含量

6.4.1 试验前应先对亚甲蓝测定用试剂的有效含量进行测试，应满足有效含量的要求。

6.4.2 当机制砂 MB 值 ≤ 1.40 或快速法试验合格时，机制砂 MB 值与石粉含、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 值/ (g/kg)	≤1.2	≤1.4	≤1.40	≤1.40	≤1.40	≤1.40
石粉含量/%	≤7.0 ^a	≤10.0	≤15.0	≤5.0	≤7.0	≤10.0

a: 石灰岩机制砂可根据使用环境和用途, 经试验验证, 由供需双方协商确定, 石粉含量可放宽至不大于 10.0%。

6.4.3 当机制砂 MB 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 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/%	≤1.0	≤3.0	≤5.0	≤1.0	≤3.0	≤5.0

注: 根据使用环境和用途, 经试验验证, 由供需双方协商确定, 除 LMI 类砂外, 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%。

6.4.4 当机制砂用于配制水下抗分散混凝土时, 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, 但须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

机制砂其他技术指标应满足表6的要求, 未涉及的技术指标应满足《公路工程混凝土用机制砂》JT/T 819要求。

表6 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	$\geq 2500\text{kg/m}^3$						JTG E42 (T 0328)
2	松散堆积密度	$\geq 1400\text{kg/m}^3$						JTG E42 (T 0331)
3	空隙率	$\leq 44\%$						JTG E42 (T 0331)
4	压碎值	$\leq 18\%$	$\leq 20\%$	$\leq 25\%$	$\leq 20\%$	$\leq 25\%$	$\leq 30\%$	JTG E42 (T 0350)
5	磨光值	-			$\geq 42.0\%$	$\geq 38.0\%$	$\geq 35.0\%$	JTG E42 (T 0321)
6	片状颗粒含量	泵送垂直距离 ≥ 100 米的施工部位 I 级砂 $\leq 5\%$ ；其他场景用 QS I、LM I 类砂 $\leq 8\%$ ；II 级砂 $\leq 10\%$ 、III 级砂 $\leq 15\%$ 。						附录 A
7	坚固性	$\leq 6.0\%$	$\leq 8.0\%$	$\leq 10.0\%$	$\leq 6.0\%$	$\leq 8.0\%$	$\leq 10.0\%$	JTG E42 (T 0340)
8	吸水率	≤ 2.0		≤ 2.5	≤ 2.0		≤ 2.5	JTG E42 (T 0330)
9	泥块含量	$\leq 0.2\%$	$\leq 0.5\%$	$\leq 1.0\%$	$\leq 0.2\%$	$\leq 1.0\%$	$\leq 1.0\%$	GB 14684
10	云母含量 ^a	I 类 $\leq 1.0\%$ ，II 类、III 类 $\leq 2.0\%$						JTG E42 (T 0337)
11	轻物质含量	$\leq 1.0\%$						JTG E42 (T 0338)
12	有机物含量	$\leq 0.5\%$						JTG E42 (T 0336)
13	硫化物及硫酸盐含量	$\leq 0.5\%$						JTG E42 (T 0341)
14	氯离子含量	$\leq 0.01\%$ （含钢筋类混凝土）， $\leq 0.02\%$ （无钢筋类混凝土）						GB/T 14684

a: I 类砂是花岗岩时，云母含量可放宽至 $\leq 2.0\%$ 。

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

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应根据使用部位、施工工艺要求综合确定。应以检验现场拌合物的技术指标为依据。

7.1.3 桥涵混凝土拌合物（除桥面外）的工作性应符合表 7 的要求，其他未涉及的工作性能指标应符合《桥梁施工技术规范》（JTG 3650）的技术要求。

表7 桥涵混凝土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）			试验方法
	泵送混凝土	梁板（钢筋密布）	墩柱及支护	
/				
坍落度(mm)	200~230	180~210	120~190	TG 3420 T0522
扩展度(mm)	≥600	≥450mm	/	JTG 3420 T0532
坍落度经时损失值(mm/h)	≤30	≤30	≤30	TG 3420 T0522
V漏时间	≤6s	≤10s	/	JTG 3420 T0534
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。			JTG 3420 T0527
和易性	无离析和泌水，不粘底。			GB 50080

注：对于泵送高度低于 100 米，坍落度宜取范围小值；对于泵送高度较高者，坍落度宜取范围大值；

7.1.4 普通水泥路面和隧道水泥路面混凝土拌合物应具有与铺筑方法相适应的工作性，采用不同施工工艺时，工作性应足表 8 的要求。桥面铺装宜根据钢筋密布的情况，合理选择集料最大粒径，工作性应根据选用的工艺确定，当选用泵送施工工艺时，可按照表 7 要求执行。

表8 路面混凝土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）				试验方法
	滑模	三辊轴	小型机具	碾压	
项目/工艺	滑模	三辊轴	小型机具	碾压	
坍落度(mm)	10~30	10-80	60-160	/	JTG 3420 T0522
坍落度经时损失值(mm/h)	≤10	≤20	≤30	/	JTG 3420
V漏时间	/	/	≤16s	/	JTG 3420 T0534
出浆量/(kg)	0.85-1.15	1.0-1.25	/	/	JTG 3420 T0535
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	/	/	JTG 3420 T0536
改进维勃稠度	/	/		≥45s	JTG 3420 T0524
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。				JTG 3420 T0527
和易性	无离析和泌水, 不粘底。				GB 50080

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 $150 \times 150 \times 550 \text{ mm}^3$ 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》(JTGT 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 mm^3 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》(JTGT/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》(JTGT F30)、《公路桥涵施工技术规范》(JTGT/T 3650)、《公路隧道施工技术规范》(JTGT/T 3660) 与《公路工程质量检验评定标准》(JTGT 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》(JTGT 3420) 规定执行, 未涉及的试验可按照《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。

7.3.2 机制砂混凝土的耐久性能基本要求应符合表 9 规定。

表9 耐久性能基本技术要求

耐久性项目	技术要求	试验方法
早期抗裂(单位开裂面积, mm^2/m^2)	≤700	JTG 3420 T0573
28d碳化深度(mm)	≤10	JTG 3420 T0581
抗氯离子渗透量(库仑电量, C)	≤2000	JTG 3420-T 0580

8 机制砂混凝土配合比设计

8.1 一般规定

8.1.1 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。

8.1.2 存有碱活性的混凝土应控制总碱含量不大于 1.8 kg/m^3 ；无碱活性集料的混凝土应符合国家及行业标准的规定。

8.1.3 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，应提升路面抗滑性、平整度为设计要点。

8.2 配合比设计

8.2.1 配合比设计推荐用体积法进行设计，以每 m^3 混凝土中各原材料在干燥状态下占有的质量进行表达。

8.2.2 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。

8.2.3 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。

8.2.4 存有氯盐腐蚀的混凝土工程中，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 10 的要求。

表10 机制砂混凝土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	$\leq 0.1\%$	$\leq 0.06\%$
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。		

9 施工

9.1 一般规定

9.1.1 应选用运输能力与搅拌能力相匹配的装备，确保混凝土施工的连续进行。

9.1.2 施工前后，应对混凝土性能进行检验，满足本文件的要求。

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）等国家及行业有关规定。

9.2 混凝土拌和

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 s ~ 90 s，对水胶比的混凝土和塑性混凝土可取上限范围。

9.2.2 宜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，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。

9.2.4 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 鼓励采用电动车辆运输混凝土。

9.3.2 路面混凝土鼓励选用具有运输塑性混凝土的新型罐车，采用板车运输路面混凝土时，宜通过加强调度、合理配置运力等方式，减少混凝土的运输时间，防止混凝土运输离析。

9.3.3 混凝土出机至浇筑入模的时间间隔不宜大于混凝土拌合物的初凝时间。

9.3.4 夏季运输混凝土运输设备应采取隔热、防晒、防水分蒸发措施，防止局部混凝土温度升高，性能过快损失。

9.3.5 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 s ~ 30 s，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至均匀后，再将混凝土拌合物卸出。

9.3.6 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。

9.3.7 采用混凝土泵输送混凝土时，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 15 m。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。
- 高扬程（大于 100 米）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 min ~ 5 min 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 45 min，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 2 m；当大于 2 m 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 300 mm。
- 9.4.4 上下层同一位置浇筑的间隔时间不宜超过 120 min，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 6 h，最长不超过混凝土的初凝时间。

9.5 振捣

- 9.5.1 根据不同情况，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；
- 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。
 - 路面塑性混凝土宜根据摊铺设备选用插入式排阵，路面碾压混凝土应选用平板式振捣。
- 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 30 s，以表面呈平坦泛浆为准，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 5 cm~10 cm。
- 9.5.4 振捣时应避免碰撞模板、钢筋及预埋件。
- 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 收面与养护

- 9.6.1 振捣完毕后，路面机制砂混凝土应在初凝前完成软拉毛，拆模后进行硬刻槽。相应施工方法按照《公路水泥混凝土路面施工技术细则》（JTGT F30）执行。
- 9.6.2 桥隧结构混凝土振捣完成后，裸露面应进行收面处理与及时覆盖养护，防止表面水分损失导致的塑性裂缝。可在暴露面混凝土初凝前，掀起覆盖物，用具有糙面抹子搓压表面至少二遍，使之平整后再次覆盖。
- 9.6.3 鼓励采用成熟的新型集水养护新材料，加强对机制砂混凝土结构物的养护效果，适应在我省炎热气候条件。
- 9.6.4 梁板预制机制砂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。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。
- 9.6.5 构件机制砂混凝土的蒸汽养护，可分静停、升温、恒温、降温四个阶段。成型后静停期为 4 h~6 h；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。
- 9.6.6 路面机制砂混凝土应采用保温保湿养护措施防止干缩裂缝，初凝前宜采取喷涂养护剂养护与覆盖遮阴的复合养护方式。
- 9.6.7 硬化后机制砂混凝土养生方式及养护时长，应满足国家及行业相关规程规范的要求。

9.7 拆模与硬化后处治

9.7.1 桥涵混凝土拆模时应符合《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 路面机制砂混凝土应在初凝前完成软拉毛，拆模后进行硬刻槽与切缝等，相应施工方法按照《公路水泥混凝土路面施工技术细则》（JTGT F30）执行。

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 母岩、机制砂的质量检验按照本文件规定的执行，机制砂的性能指标作为过程检测的质量依据。

10.1.2 公路桥隧道用混凝土材料及结构物，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及路面质量还应符合《公路水泥混凝土路面施工技术规范》（JTG/T F30）的规定。

10.2 母岩、机制砂质量检验

10.2.1 母岩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 要求后方可使用；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 6 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 11 进行日常检验。

表11 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	+	+
6	片状颗粒含量	+	*
7	坚固性	+	-
8	吸水率	+	+
9	颗粒级配	+	+
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 6000 t 为一批，不足 6000 t 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，抽样频率应符合相关规范的要求。混凝土拌合物性能检验项目参考表 7 和表 8 的技术要求。

10.3.2 拌合物性能出现异常，应及时找出问题的原因，采取相应措施，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《公路工程质量检验评定标准第一册土建工程》（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
(资料性)
海南省岩石岩相分布图

A.1 海南省玄武岩分布图 (图中绿色标记)

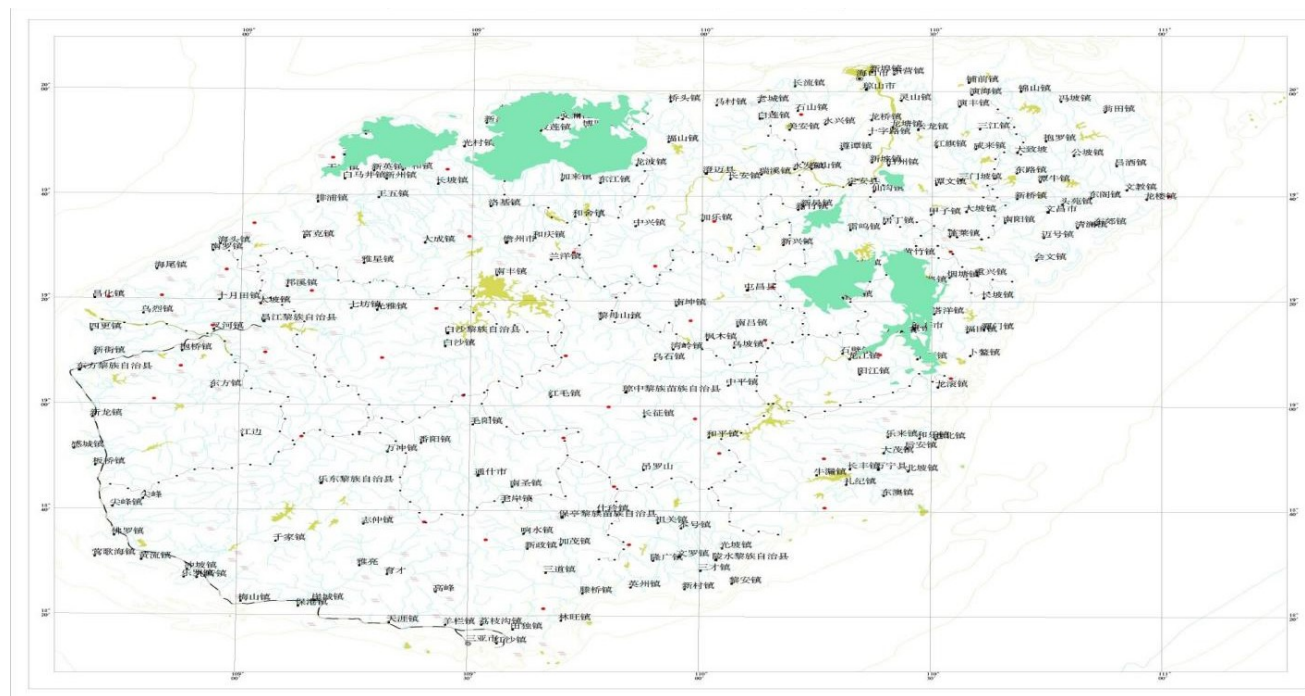


图 A.1 海南省玄武岩分布图

A.2 海南省石灰岩分布图（深黄色标记）

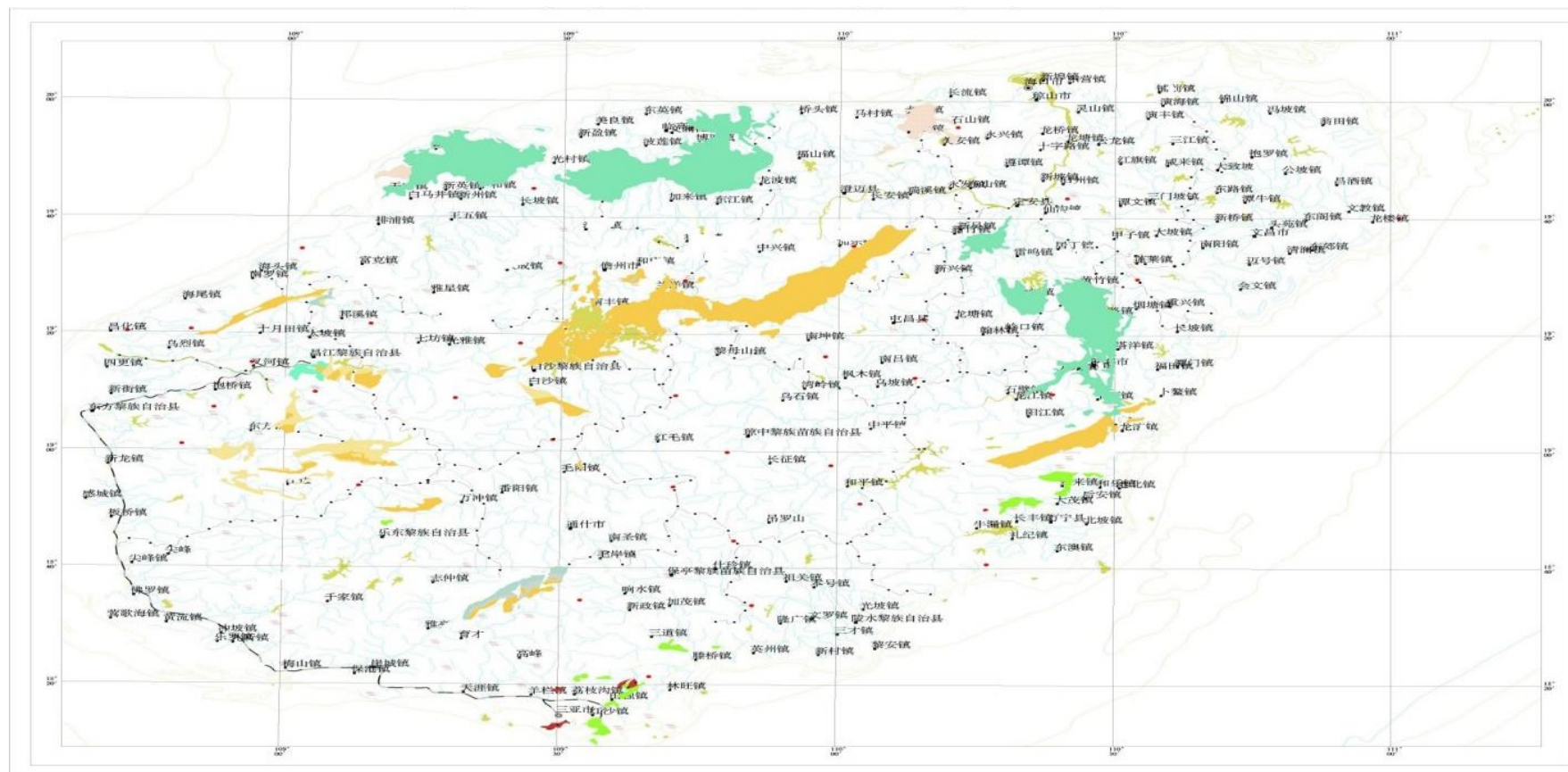


图 A.2 海南省石灰岩分布图

A.3 海南省花岗岩分布图（粉色标记）

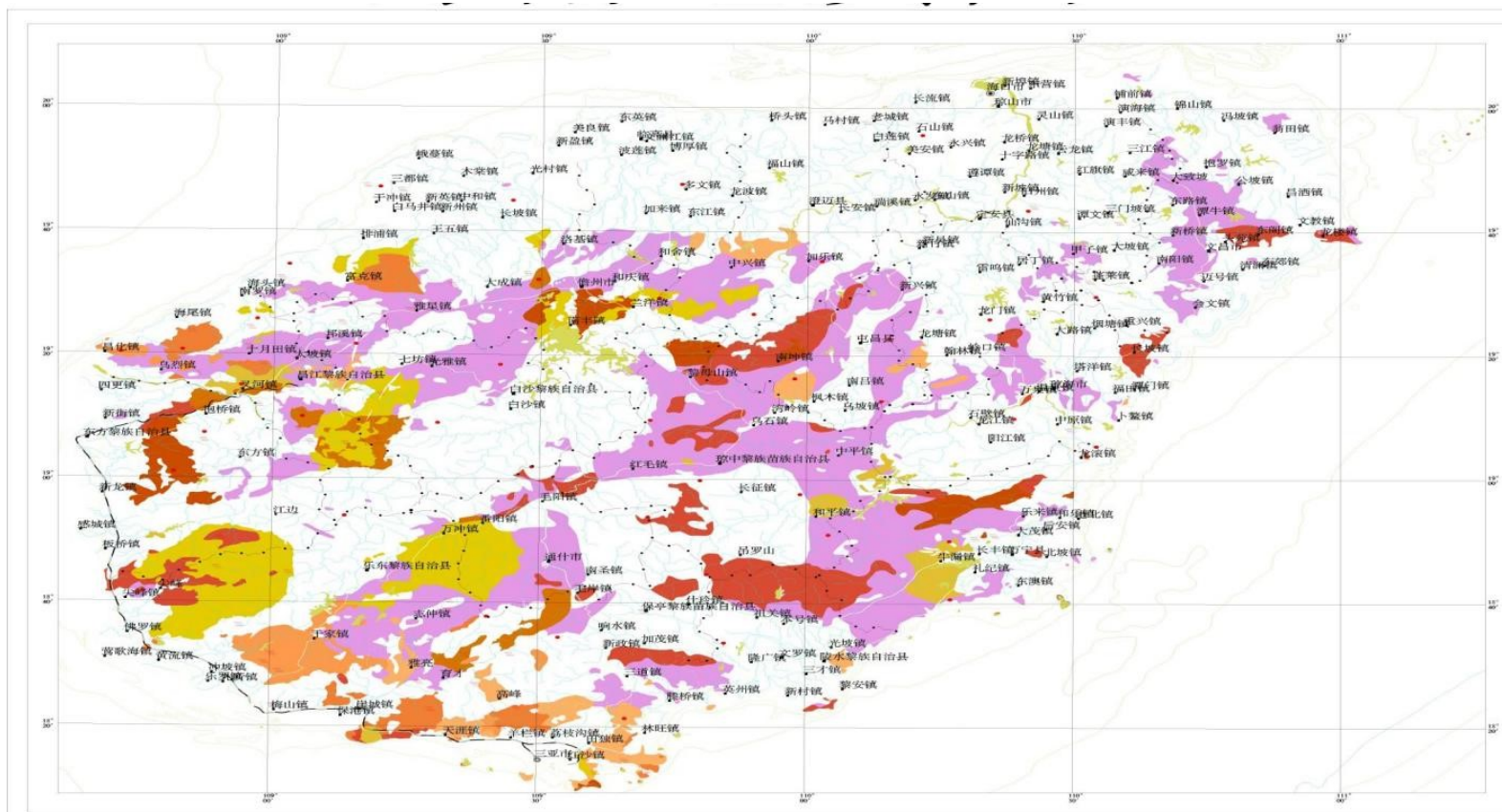


图 A.3 海南省花岗岩分布图

附录 B
(规范性)
机制砂片状试验方法

B.1 设备要求

B.1.1 鼓风干燥箱：能够使温度控制在 $(105 \pm 5) ^\circ\text{C}$ ；

B.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×15 mm、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 B.1。

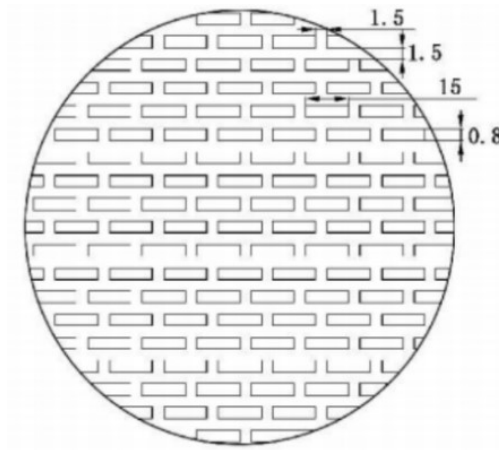


图 B.1 条形孔筛示意图

B.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）；

B.1.4 电动摇筛机；

B.1.5 天平：量程不小于 2000 g，感量不大于 1g；

B.1.6 搪瓷盆，毛刷等。

B.2 试验步骤

B.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。

B.2.2 机制砂烘干后冷却至室温，取 500 g 作为试样。

B.2.3 方孔套筛（附筛底）按孔径 1.18 mm、2.36 mm、4.75 mm 从下到上组合置于摇筛机上后，倒入机制砂试样进行筛分。

B.2.4 将筛分后粒径在1.18 mm ~ 2.36 mm、2.36 mm ~ 4.75 mm、4.75 mm ~ 9.50 mm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10 min，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。

B.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0.1 g。

B.2.6 机制砂片状颗粒含量计算：

机制砂片状颗粒含量按式 (B.1) 计算，精确至1%：

$$F_s = \frac{G}{500} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

F_s ——片状颗粒含量；

G ——粒径在1.18 mm ~ 9.5 mm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%。