

中国公路建设行业协会标准

T/CHCA ***-2024

钢渣沥青路面施工技术 指南

Guide for Construction of Steel Slag Asphalt Pavement

(征求意见稿)

2024-**-**发布

2024-**-**实施

中国公路建设行业协会 发布

前 言

根据中国公路建设行业协会“关于公布 2023 年第二批中国公路建设行业协会标准立项评审结果的通知(中路建协发[2024]14 号)”，由苏州交通工程集团有限公司为主编单位，东南大学、苏州三创路面工程有限公司、苏州三华路面工程有限公司、苏州三新路面工程有限公司、江苏中路工程技术研究院有限公司为参编单位，承担《钢渣沥青路面施工技术指南》（以下简称“本指南”）的编制工作。

本指南制定过程中，编制组对全国范围内钢渣沥青路面设计、施工及运营情况进行了广泛调研，全面总结了我国钢渣沥青路面设计经验，参考了我国钢渣沥青路面相关研究成果和技术资料，广泛征求了业内相关单位和专家意见及建议。

本指南包括 7 个章节和 2 个附录，分别为：1 总则、2 引用规范与标准、3 术语、4 原材料、5 配合比设计、6 施工、7 质量检查与验收、附录 A 沥青浸渍法测定钢渣沥青混合料最大理论相对密度、附录 B 钢渣集料级配换算方法。

本指南的管理权和解释权归中国公路建设行业协会，日常解释和管理工作由主编单位苏州交通工程集团有限公司、参编单位江苏中路工程技术研究院有限公司负责。

请各有关单位在执行过程中，将发现的问题和意见函告本指南日常管理组，联系人：张辉（地址：江苏省南京市浦口区海桥路 8 号，邮编：211899，电话：025-86555197，电子邮箱：zh@sinoroad.com），以便下次修订时参考。

主编单位：苏州交通工程集团有限公司

参编单位：东南大学

苏州三创路面工程有限公司

苏州三华路面工程有限公司

苏州三新路面工程有限公司

江苏中路工程技术研究院有限公司

主编：王丽丽、朱惠勇、范文忠

主要参编人员：陈先华、杨军、朱孔进、张辉、张万磊、张志祥、陈李峰、王少寅、范国峰、吴文学、李晓荣、姜继强、徐建成、吴建国、高振华、徐刚、仲

光昇、殷金海、赵梦龙、佟蕾、蒋康彦、陈悬、施继顺、吴泽凡、仲建军

主审：刘伯莹

主要审查人员：周绪利、黄颂昌、李凤伟、田丽萍

目 次

1 总则	1
2 引用规范与标准	2
3 术语	3
4 原材料	4
4.1 钢渣.....	4
4.2 细集料.....	5
4.3 沥青.....	5
4.4 矿粉.....	5
4.5 纤维稳定剂.....	6
4.6 其他材料.....	6
5 配合比设计	7
5.1 一般规定.....	7
5.2 级配范围.....	8
5.3 钢渣代替方式及比例确定.....	9
5.4 级配确定与修正.....	9
5.5 油石比确定.....	9
5.6 室内性能验证.....	9
6 施工	10
6.1 一般规定.....	10
6.2 混合料生产.....	10
6.3 混合料运输.....	11
6.4 沥青混合料摊铺与碾压.....	11
7 质量检查与验收	12
附录 A 沥青浸渍法测定钢渣沥青混合料最大理论相对密度	13
附录 B 钢渣集料级配换算方法	15

1 总则

1.0.1 为指导钢渣沥青路面施工，制定本指南。

1.0.2 本指南适用于各等级公路钢渣沥青路面的新建和改扩建工程。

1.0.3 钢渣沥青路面施工除应符合本指南的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

2 引用规范与标准

GB 6566	建筑材料放射性核素限量
GB/T 24175	钢渣稳定性试验方法
HJ/T 299	固体废物浸出毒性浸出方法硫酸硝酸法
JTG E20	公路工程沥青及沥青混合料试验规程
JTG F40	公路沥青路面施工技术规范
JTG F80/1	公路工程质量检验评定标准
JTG 3432	公路工程集料试验规程
JT/T 533	沥青路面用纤维
JT/T 1086	沥青混合料用钢渣
YB/T 804	钢铁渣及处理利用术语
YB/T 4188	钢渣中磁性金属铁含量测定方法
YB/T 4328	钢渣中游离氧化钙含量测定方法
T/CHTS 10046	高性能沥青路面施工技术指南

3 术语

3.1 钢渣集料 steel slag aggregate

采用转炉或电炉钢渣经预处理、破碎、筛分等工艺制备而成的集料。

3.2 钢渣粗集料 steel slag coarse aggregate

经稳定化处理、破碎、分级后作为粗集料用于道路等工程的钢渣。在沥青路面材料中，钢渣粗集料是指粒径大于 2.36 mm 的钢渣集料。

3.3 钢渣沥青混合料 steel slag asphalt mixture

由钢渣替代部分或全部矿质集料，与矿粉、沥青等拌和而成的沥青混合料。

3.4 钢渣沥青面层 steel slag asphalt surface course

由钢渣沥青混合料经摊铺、碾压成型的沥青面层。

3.5 浸水膨胀率 immersion expansion ratio

试样在规定试验条件下，浸水前后的体积变化率。

4 原材料

4.1 钢渣

4.1.1 钢渣粗集料应采用热闷自解工艺或滚筒处理工艺处理后的钢渣破碎、筛分制备而成，并应自然陈化 12 个月以上。

4.1.2 钢渣集料加工筛网应根据沥青混合料类型和级配进行合理布置，可设置“鄂式破碎机（一破）+反击式破碎机或圆锥式破碎机（二破）”的破碎工艺对钢渣进行二次加工。

4.1.3 成品钢渣集料应颗粒洁净、干燥、无杂质，其粒径规格应符合表 4.1.3 的规定。当单一规格的集料级配不满足表中要求，而按照配合比合成的矿料级配符合要求时，工程上允许使用。

表 4.1.3 钢渣粗集料粒径规格

规格名称	集料规格(mm)	通过下列筛孔(mm)的质量百分率(%)				
		26.5	19.0	13.2	9.5	4.75
G1	15~20	100	90~100	0~15	0~5	-
G2	10~20	100	90~100	-	0~15	0~5
G3	10~15	-	100	90~100	0~15	0~5
G4	5~15		100	90~100	40~70	0~15
G5	5~10	-	-	100	90~100	0~15
G6	3~5	-	-	-	100	90~100

4.1.4 应采用粒径大于 2.36mm 的钢渣作为沥青混合料的粗集料。

4.1.5 钢渣粗集料物理力学性能指标应符合表 4.1.5 规定。

表 4.1.5 钢渣粗集料物理力学性能指标

检测项目	单位	高速公路及一级公路		其他等级公路	试验方法	
		表面层	其他层次			
表观相对密度	-	≥2.9	≥2.9	≥2.9	JTG E42 T 0304	
压碎值	%	≤22	≤24	≤26	JTG E42 T 0316	
针片状颗粒含量	混合料	%	≤15	≤18	≤20	JTG E42 T 0312
	>9.5mm 集料	%	≤12	≤15	-	
	≤9.5mm 集料	%	≤18	≤20	-	

磨光值 (PSV)	-	≥45	-	-	JTG E42 T 0321
坚固性	%	≤12	≤12	-	JTG E42 T 0314
洛杉矶磨耗值	%	≤22	≤24	≤26	JTG E42 T 0317
沥青黏附性	级	5	5	5	JTG E20 T 0616
吸水率	%	≤3	≤3	≤3	JTG E42 T 0307
水洗法<0.075mm 颗粒含量	%	≤1.0	≤1.0	≤1.0	JTG E42 T 0302
浸水膨胀率	%	≤1.8	≤1.8	≤1.8	JTG 3432 T 0348

4.1.6 钢渣粗集料化学指标要求应符合表 4.1.6 的规定。

表 4.1.6 钢渣粗集料化学指标

检测项目		单位	技术要求	试验方法
镉含量		%	≤0.005	HJ/T 299
锌含量		%	≤5.0	HJ/T 299
游离氧化钙含量		%	≤3.0	YB/T 4328
游离氧化镁含量		%	≤5.0	YB/T 140
金属铁含量		%	≤2.0	YB/T4188
放射性核素限量	内照射指数	-	≤1.0	GB 6566
	外照射指数	-		

4.2 细集料

4.2.1 细集料宜优选碱性石料进行钢渣沥青混合料的生产，细集料技术要求应符合 JTG F40 中 4.9 的规定。

4.3 沥青

4.3.1 钢渣沥青混合料可采用 SBS 改性沥青，也可采用道路石油沥青，其技术要求应符合 JTG F40 中 4.2 ~ 4.7 的规定。

4.4 矿粉

4.4.1 采用石灰岩碱性石料细磨得到的矿粉，矿粉技术要求应符合 JTG F40 中 4.11 的规定。

4.5 纤维稳定剂

4.5.1 钢渣沥青混合料添加的纤维稳定剂宜选用木质素纤维、矿物纤维等，技术指标应符合 JT/T 533 的规定。

4.6 其他材料

4.6.1 掺入钢渣沥青混合料的其他材料，其技术指标应符合 JTG F40 的规定。

5 配合比设计

5.1 一般规定

5.1.1 钢渣沥青混合料分为目标配合比设计、生产配合比设计及生产配合比验证三个阶段。

5.1.2 钢渣沥青混合料的最大理论相对密度宜采用沥青浸渍法进行测定，具体方法应符合本标准附录 A 的规定。

5.1.3 钢渣沥青混合料目标配合比设计可按照图 5.1.3 的设计流程进行。其中，AC 类沥青混合料和 SMA 类沥青混合料设计由马歇尔试验设计和沥青混合料性能检验两部分组成，Superpave 热拌沥青混合料设计由旋转压实仪试验设计和沥青混合料性能检验两部分组成。

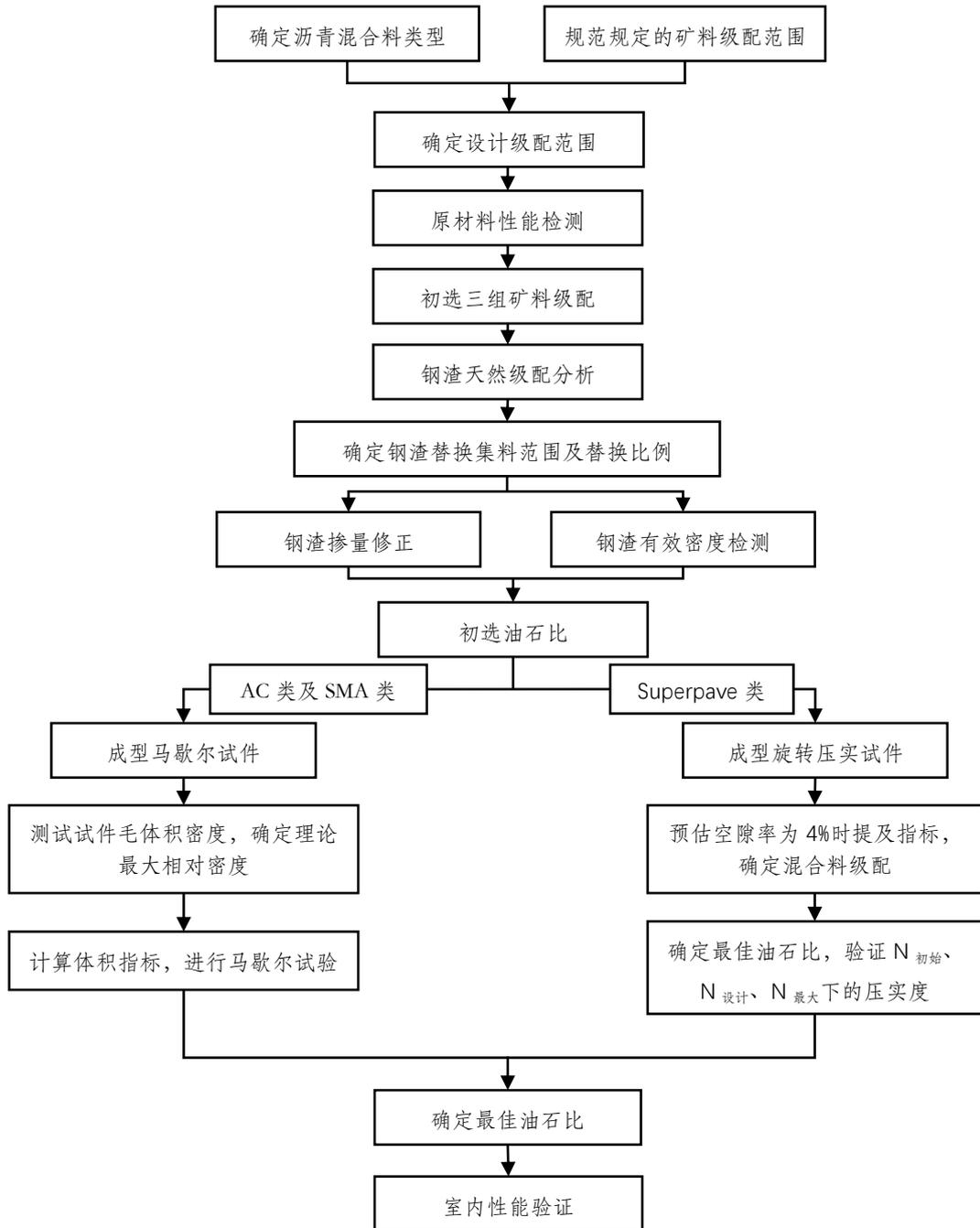


图 5.1.3 钢渣沥青混合料配合比设计流程

5.2 级配范围

5.2.1 根据 JTG F40 中附录 A 的规定，按照“1-4-1 夏炎热冬温潮湿分区”的气候特征，并结合道路使用要求、交通量等因素，确定沥青混合料合理的级配范围。

5.2.2 AC 类和 SMA 类沥青混合料级配范围可参照 JTG F40 中的 5.3.2 规定进行确定；Superpave 类沥青混合料级配确定可参照 T/CHTS 10046 中的 4.2 进行确定。

5.3 钢渣代替方式及比例确定

5.3.1 对钢渣成品集料进行筛分试验，分析钢渣天然级配。

5.3.2 根据所用钢渣的天然级配特点确定代替沥青混合料的大致粒径范围。

5.3.3 确定钢渣代替的粒径范围后，对于每档集料中钢渣的代替量，可以制备 30%、40%、50%、60%四种代替量下的沥青混合料，并根据混合料的路用性能确定钢渣集料的最佳代替量。

5.4 级配确定与修正

5.4.1 在级配设计时，应采用体积法对级配进行换算修正，具体方法可参照附录 B。

5.4.2 采用沥青浸渍法测试钢渣集料有效密度，然后计算出钢渣沥青混合料的最大理论相对密度，具体方法可参照附录 A。

5.5 油石比确定

5.5.1 AC 类和 SMA 类沥青混合料按照 JTG F40 中附录 B 和附录 C 规定进行确定。

5.5.2 Superpave 类沥青混合料油石比可参照 T/CHTS 10046 中的第 4 章进行确定。

5.6 室内性能验证

5.6.1 AC 类和 SMA 类沥青混合料按照 JTG F40 中的附录 B.7 进行室内性能验证。

5.6.2 Superpave 类沥青混合料按照 T/CHTS 10046 中 4.2.5 进行室内性能检验。

5.6.3 按照 JTG 3432 中 T 0348 的试验方法，检验钢渣沥青混合料的体积稳定性，要求膨胀率不得超过 1.5%。

6 施工

6.1 一般规定

6.1.1 钢渣集料应覆盖堆放，料场地坪必须硬化，并具有良好的排水系统，避免材料被污染。

6.1.2 各类规格的钢渣集料应用墙体隔开，以免相互混杂。

6.1.3 钢渣沥青面层施工温度控制应满足表 6.1.3 要求。

表 6.1.3 钢渣沥青面层施工温度控制要求

项目		沥青种类				
		50号	70号	90号	110号	SBS类
沥青加热(°C)		160~170	155~165	150~160	145~155	160~165
矿料加热温度(°C)	间歇式拌合机	矿料加热温度应比相应标号的沥青加热温度高 20~30				190~220
	连续式拌合机	矿料加热温度应比相应标号的沥青加热温度高 10~15				
沥青混合料出料温度(°C)		160~175	155~170	150~160	145~160	180~190
混合料贮料仓贮存温度(°C)		贮料过程中温度降低不超过 10				
混合料废弃温度(°C)		>200	>195	>190	>185	>195
运输到现场温度(°C)		≥160	≥155	≥150	≥145	≥175
沥青混合料摊铺温度(°C)	正常施工	≥150	≥145	≥140	≥135	≥165
	低温施工	≥165	≥160	≥150	≥145	≥175
开始碾压的混合料内部温度(°C)	正常施工	≥145	≥140	≥135	≥130	≥160
	低温施工	≥160	≥155	≥145	≥140	≥170
终压表面温度(°C)		≥90	≥80	≥75	≥70	≥90
开放交通表面温度(°C)		≤50	≤50	≤50	≤45	≤50

6.2 混合料生产

6.2.1 钢渣沥青混合料生产温度宜采用规范要求的上限值。

6.2.2 拌和时间由试拌确定，应使所有集料颗粒全部裹覆沥青结合料，并以沥青混合料拌和均匀为度。钢渣沥青混合料拌和过程中，宜将集料干拌时间延长 5s~15s，湿拌时间延长 10s~20s。

6.3 混合料运输

6.3.1 采用水银温度计或数字显示插入式热电偶温度计检测混合料的出厂温度和运到现场温度。插入深度要大于 150mm。在运料卡车侧面中部设专用检测孔，孔口距车箱底面大于 300mm。

6.3.2 在运输过程中，运料车应用篷布覆盖，卸料过程中应保持继续覆盖，直到卸料结束，方可取走篷布。

6.3.3 宜采用“双层篷布+棉被”的覆盖方式，并将篷布覆盖至运料车侧翼板。

6.4 沥青混合料摊铺与碾压

6.4.1 摊铺速度应根据拌和机的产量、施工机械配套情况及摊铺厚度、摊铺宽度通过试验段确定，做到缓慢、均匀、不间断地摊铺。中、下面层宜按 2~3m/min、上面层按 2~4m/min 予以调整选择。

6.4.2 初压宜采用双钢轮压路机，吨位宜在 10t 以上，宜碾压 3 遍以上。

6.4.3 复压应紧跟在初压后进行，采用胶轮压路机时，吨位宜在 30t 以上。

7 质量检查与验收

7.0.1 钢渣沥青路面施工过程中的质量管理应符合 JTG F40 中的规定。

附录 A 沥青浸渍法测定钢渣沥青混合料最大理论相对密度

《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》（JTG E20）中的最大理论密度有两种方法，分别是测量法和计算法，其中测量法分为溶剂法及真空法。对于多孔结构的钢渣集料而言，采用溶剂法，溶剂（三氯乙烯）将沥青溶解后浸入集料内部程度远大于沥青，对于最大理论密度测定有一定影响；采用真空法，松散的沥青混合料存在闭口空隙，测得的结果并不准确，并且试验精度受到平行试验的矿料配合比和沥青用量的变异性影响；计算法中的参数沥青吸收系数 C 与集料吸水率的回归关系，适用于集料吸水率在 0.5%~1.7% 范围内，而钢渣的吸水率多数超过 1.7%，回归公式对于钢渣不再适用。国内研究者参考日本规范《集料沥青浸渍密度试验》（KONDAN 212）中提出的沥青浸渍法进行了简化改良，并通过试验验证了对于吸水率 > 1.7% 的多孔钢渣集料，采用此方法得到的钢渣沥青混合料最大理论相对密度更为准确，具体如下。

A.1 范围

本附录适用于钢渣沥青混合料最大理论相对密度的测定。

A.2 试验设备

A.2.1 水中重试验仪器：最大量程不小于 5000g，感量不大于 0.1；装有温度调节装置，调节水温并保持在 $25^{\circ}\text{C}\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 内。

A.2.2 恒温烘箱：工作温度为 $25^{\circ}\text{C}\sim 200^{\circ}\text{C}$ ，装有温度控制调节器

A.2.3 水银温度计：测温范围 $0^{\circ}\text{C}\sim 300^{\circ}\text{C}$ ，分度值 0.5°C 。

A.2.4 其他：钢勺、不锈钢容器。

A.3 试验步骤

A.3.1 称取钢勺加容器的质量 m_1 以及钢加容器在水中质量 m_2 。

A.3.2 用钢勺将沥青混合料装入的容器中，准确称取装有钢勺以及沥青混合料的容器总质量 m_3 。沥青混合料试验数量不少于表 A.3.2 规定。

表 A.3.2 沥青混合料试样数量

公称最大粒径 (mm)	试样最小质量 (g)	公称最大粒径 (mm)	试验最小质量 (g)
4.75	500	26.5	2500

9.5	1000	31.5	3000
13.2/16	1500	37.5	3500
19	2000	/	/

A.3.3 将装有钢及青混合料的容器放入 165°C（非改性 140°C）的烘箱中 2h 去除水分，然后将相同沥青倒入容器中，沥青需没过集料，并充分搅拌排除气泡。

A.3.4 重新将装有钢勺及沥青混合料的容器放入 165°C（非改性 140°C）的烘箱中，2h 后取出每 15min 进行搅拌，1h 后观察表面是否有气泡。若无气泡，则取出冷却至 25°C。

A.3.5 称取装有钢、沥青及沥青混合料的容器总质量 m_4 及水中质量 m_5 。

A.3.6 计算沥青混合料最大理论相对密度 γ_t

$$\gamma_t = \frac{m_3 - m_1}{m_4 - m_5 - (m_1 - m_2) - (m_4 - m_3) / \gamma_\alpha} \quad (\text{A.3.6})$$

式中： γ_t 为沥青相对密度（25°C），无量纲。

A.4 数据处理

同一试样至少平行试验两次，计算平均值作为试验结果，取 3 位小数。

A.5 允许误差

重复性试验的允许误差为 0.011g/cm³，再现性试验的允许误差为 0.019g/cm³。

附录 B 钢渣集料级配换算方法

传统的级配设计理论是将集料视为密度相同的颗粒，是体积设计理论。而实体工程应用中，级配控制通常采用质量比控制。不同集料的密度各不相同，如在沥青混合料中包含两种或两种以上类型的石材时，工程中一般选择忽略集料密度差异。因为天然石料的密度相近，其差异一般不会带来严重的影响。《公路沥青路面施工技术规范》JTG F40 即直接采用质量百分率为级配曲线通过率。但是，钢渣的表观相对密度一般在 3.110~3.438，高出玄武岩密度 10%~20%，密度差异较大。钢渣沥青混合料采用钢渣和天然石料混合，当钢渣在集料中占比达到 40%~80%时，采用质量百分率设计的级配曲线会显著偏离目标级配。因此，有必要依据密度进行换算，以体积比表示的设计级配通过换算得到的质量比表示的级配。换算密度选用毛体积相对密度换算方法如表 B。

表 B 级配换算方法

矿料成分	级配设计（体积比）（%）	毛体积相对密度	质量分数（%）	换算后级配（质量比）（%）
1	P_1	γ_1	$P_1 * \gamma_1$	$P_1 * \gamma_1 / \sum * 100$
2	P_2	γ_2	$P_2 * \gamma_2$	$P_2 * \gamma_2 / \sum * 100$
3	P_3	γ_3	$P_3 * \gamma_3$	$P_3 * \gamma_3 / \sum * 100$
4	P_4	γ_4	$P_4 * \gamma_4$	$P_4 * \gamma_4 / \sum * 100$
.....
i	P_i	γ_i	$P_i * \gamma_i$	$P_i * \gamma_i / \sum * 100$
.....
n	P_n	γ_n	$P_n * \gamma_n$	$P_n * \gamma_n / \sum * 100$
合计	100		\sum	100

$$P_i' = P_i * \gamma_i / \sum * 100 \quad (1)$$

式中：

P_i' —换算后矿料 i 的质量百分比；

P_i —设计级配中矿料 i 的体积百分比；

γ_i —矿料 i 的毛体积密度；

Σ —各档矿料的质量与其毛体积密度乘积之和。

本指南用词用语说明

1 本指南执行严格程度的用词，采用下列写法：

- 1) 表示很严格，非这样做不可的用词，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用词，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用词，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用词，采用“可”。

2 引用标准的用语采用下列写法：

- 1) 在标准总则中表述与相关标准的关系时，采用“除应符合本指南的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定”；
- 2) 在标准条文及其他规定中，当引用的标准为国家标准和行业标淮时，表述为“应符合《××××××》(×××)的有关规定”；
- 3) 当引用本指南中的其他规定时，表述为“应符合本指南第×章的有关规定”、“应符合本指南第×.×节的有关规定”、“应符合本指南第×.×.×条的有关规定”或“应按本指南第×.×.×条的有关规定执行”。