

中华人民共和国行业标准

# 钢渣石灰类道路基层施工 及验收规范

CJJ 35—90

WWW.SINOAEC.COM

中国建筑资讯网

1990 北京

中华人民共和国行业标准

钢渣石灰类道路基层施工  
及验收规范

**CJJ 35—90**

主编单位：武汉市市政工程设计研究院

批准部门：中华人民共和国建设部

实施日期：1990年10月1日

# 关于发布行业标准《钢渣石灰 类道路基层施工及验收规范》 的通知

(90) 建标字第 178 号

各省、自治区、直辖市建委（建设厅），各计划单列市建委，根据原城乡建设环境保护部（84）城科字第 153 号文的要求，由武汉市市政工程设计研究院负责主编的《钢渣石灰类道路基层施工及验收规范》，经审查，现批准为行业标准，编号 CJJ35—90，自一九九〇年十月一日起实施。在实施过程中如有问题和意见，请函告武汉市市政工程设计研究院。

中华人民共和国建设部  
一九九〇年四月二十一日

中国建筑资讯网

WWW.SJIAO.COM

# 目 次

第一章 总则	1
第二章 原材料	2
第一节 钢渣	2
第二节 石灰	2
第三节 粉煤灰	2
第四节 土	3
第五节 水	3
第三章 混合料	4
第一节 配合比	4
第二节 最佳含水量和最大干密度	4
第三节 抗压强度	5
第四章 施工	6
第一节 准备工作	6
第二节 配料	6
第三节 加水或去水	7
第四节 拌和	7
第五节 摊铺和碾压	8
第六节 早期养护	9
第七节 雨季施工措施	10
第五章 质量标准与检查验收	11
附录一 设计厚度及结构组合	13
附录二 原材料及混合料的一些性质	15
附录三 几种计算公式	19
附录四 几种试验方法	22
附录五 本规范用词说明	31
附加说明	32

# 第一章 总 则

**第 1.0.1 条** 为保证钢渣石灰类道路基层施工质量，加速钢渣的合理利用，统一标准，特制定本规范。

**第 1.0.2 条** 钢渣石灰类混合料适用于修筑各种道路的基层、底基层。

本规范中的钢渣系指平炉和转炉法炼钢产生的熔渣，在自然分解或加工分解后，达到稳定的块、粒、粉状的混合钢渣。高炉矿渣亦可参照使用。

**第 1.0.3 条** 钢渣石灰类混合料道路基层的施工，应尽量选择有利的季节。日平均气温低于 $5^{\circ}\text{C}$ 时，不宜施工。在冰冻地区须在结冻前 15~30d 施工完毕。

**第 1.0.4 条** 钢渣石灰类道路基层施工，除按本规范的规定执行外，还应符合国家现行的有关标准、规范的规定。

## 第二章 原 材 料

### 第一节 钢 渣

**第 2.1.1 条** 钢渣必须分解稳定,粒径符合规格要求,具有规定的强度。其游离氧化钙含量应小于 3%;最大粒径不大于 50mm;压碎值应小于 30%。前期渣不得单独使用。应采用堆存一年以上的陈渣。

**第 2.1.2 条** 钢渣质量密度较碎石为大,计算用量时要加以注意。各地使用时,应以实际测试为准。附录二为钢渣的物理力学性能,可供参考。

### 第二节 石 灰

**第 2.2.1 条** 石灰宜用低镁石灰,应充分消解,不得含有未消解的颗粒,且不含有杂质。熟石灰中的氧化钙和氧化镁的含量宜大于 50%;生石灰中的氧化钙和氧化镁的含量宜大于 60%。不能消解的颗粒含量大于 20%时,应相应增加石灰剂量。当石灰中氧化钙和氧化镁的含量在 30~50%之间时,应通过试验适当增加石灰剂量。当石灰中氧化钙和氧化镁的含量小于 30%时,不得采用。

**第 2.2.2 条** 石灰类工业废料(如电石渣等)和石灰下脚料,其适用范围可按第 2.2.1 条执行。对化工类石灰下脚料应检验其是否含有害物质,以免危害人畜和污染环境,具体处理方法可参照国家现行的有关标准、规范的规定。

### 第三节 粉 煤 灰

**第 2.3.1 条** 从煤粉炉排出的烟气中收集到的细颗粒粉末

称为粉煤灰。按排放方式粉煤灰分为干排灰和湿排灰。它的化学成分和物理性能见附录二。

**第 2.3.2 条** 粉煤灰的二氧化硅与三氧化铝的含量之和宜大于 70%，在 700℃ 时的烧失量应小于 10%。过湿的粉煤灰应堆高滤于；过干的粉煤灰应洒水以防飞扬。粉煤灰的干密度应根据当地材料实测，可为 500~800kg/m<sup>3</sup>。

**第 2.3.3 条** 属于粉煤灰类的工业废渣，经过试验，数据符合 JGJ28—86《粉煤灰在混凝土和砂浆中应用技术规程》中表 2.1.1 的规定后，亦可使用。

#### 第四节 土

**第 2.4.1 条** 掺入钢渣石灰类混合料中的土，其塑性指数以 7~17 为宜。土内有机物质含量宜小于 8%；总可溶盐含量不得超过 5%，其中硫酸盐含量应小于 0.8%。

#### 第五节 水

**第 2.5.1 条** 不含油质和 pH 值大于 6 的水，均可用于消解石灰、拌制混合料和养生。

# 第三章 混 合 料

## 第一节 配 合 比

**第 3.1.1 条** 钢渣石灰类混合料的配合比分两种：以原材料占混合料总干重的百分数计，称为质量比；以原材料松体积的份数计，称为体积比。试验室应采用质量比。施工时就地拌合可采用体积比控制；厂拌采用质量比控制。

**第 3.1.2 条** 钢渣石灰类混合料的配合比，应通过试验决定。在生产实践中，须根据原材料性质和设备情况、加固效果、应用的层位和水文条件等，选用经济实用的配合比，表 3.1.2 所列配合比可供试配时参考选用。

钢渣石灰类混合料常用配比

表 3.1.2

混 合 料 种 类	钢 渣	石 灰	粉 煤 灰	土
钢渣石灰粉煤灰	60~70	10~7	30~23	
钢渣石灰土	50~60	10~8		40~32
钢渣石灰	90~95	10~5		

**第 3.1.3 条** 各类钢渣混合料，其配合比必须满足下列条件：结合料的压实体积应大于钢渣的孔隙体积，以保证压实紧密表面密实。

## 第二节 最佳含水量和最大干密度

**第 3.2.1 条** 钢渣石灰类混合料的含水量应接近最佳压实含水量。最大干密度和最佳含水量可按附录四试验方法，用重锤

法或压力机成型法 (12MPa)，通过试验确定。表 3.2.1 所列范围可供选用。

混合料最大干密度与最佳含水量

表 3.2.1

混合料种类	质量比	最大干密度 (kg/m <sup>3</sup> )	最佳含水量 (%)
钢渣石灰粉煤灰	60~70; 10~7; 30~23	1600~2000	20~10
钢渣石灰土	50~60; 10~8; 40~32	1800~2200	13~7
钢渣石灰	90~95; 10~5	1900~2215	11~9

第 3.2.2 条 钢渣石灰粉煤灰(土)混合料的最大干密度和最佳含水量由试验确定。亦可用公式计算。(见附录三)。

### 第三节 抗 压 强 度

第 3.3.1 条 强度要求应以当地交通情况及层位强度要求为原则。无地区特定指标的，可参照下述规定和表 3.3.1。

混合料强度等级及适用范围

表 3.3.1

项 目	强 度 等 级		
	I	II	III
20d20℃湿治后无侧限饱水抗压强度 (MPa)	≥2.0	1.5~2.0	1.0~1.5
标准轴次/d	≥625	250~625	60~250

主干路基层抗压强度应大于 2.0MPa；主干路底基层或次干路基层，其抗压强度采用 1.5~2.0MPa；次干路底基层或一般道路基层，其抗压强度采用 1.0~1.5MPa。以上均为 28d20℃湿治饱水强度。

## 第四章 施 工

### 第一节 准 备 工 作

**第 4.1.1 条** 新建道路的路床质量应符合现行《道路工程质量检验评定标准》CJJ1 等有关标准，不符之处应予以处理。

旧路加铺时，旧路上的泥土杂物和松散粒料等，应先清扫干净。干燥地区需用水湿润。局部坑槽应先修补夯实。

**第 4.1.2 条** 钢渣应提前做好品质和规格检验，待路基检验合格后直接运至路床摊铺，亦可提前运至沿线堆放。

**第 4.1.3 条** 钢渣石灰类混合料中的各种原材料，要根据工程进度和所需数量预先准备好，并取样试验，其规格与品质应符合本规定的有关要求。

可采用路床备料或路外集中备料两种方法，前者用于能封锁交通的道路；后者用于施工场地狭小的路段。

**第 4.1.4 条** 湿排的粉煤灰应在使用前几天运到现场，以便滤水，并要防止雨淋或灰粉飞扬。干排的粉煤灰应在装运前适量加水运送或用封闭车运输，以免扬灰。

**第 4.1.5 条** 石灰应在使用前 5~7d 消解完毕。严禁随消解随使用。消解石灰要注意掌握用水量，使石灰能充分消解，并保持一定含水量（可为 20~35%），以免过干飞扬或过湿成团（参考用水量：消解每吨生石灰用水可为 600~800kg）。对消解石灰人员，应备有劳动安全防护设备。

### 第二节 配 料

**第 4.2.1 条** 配料方法可分三种：

a. 质量法——根据一次拌合的混合料总干质量和各种材料的

含水量，算出各种材料的湿重，然后按各种湿重称料掺配成混合料。

b. 体积法——根据混合料的质量比换算成体积比，用容器量测各种材料所占体积掺配成混合料。

c. 层铺法——根据混合料的最大干密度，各种材料疏松密度和含水量，以及混合料的压实厚度等数据，计算各种材料的松铺厚度，以此控制摊铺厚度。层铺法适合机械路拌。

三种配料方法的各种材料用量计算公式，见附录三。根据含水量的变化，应随时调整材料用量。

### 第三节 加水或去水

**第 4.3.1 条** 施工中的加水量和加水次数，视施工时当地气温和材料的含水量而定。应使加水后的混合料含水量接近最佳含水量。

**第 4.3.2 条** 人工路拌或机械厂拌宜用压力喷头，机械路拌可用洒水车或其他洒水工具将水均匀喷洒，可随拌随加水，也可一次加水闷料 8~12h 后再进行拌和。

**第 4.3.3 条** 如混合料中水分过多，须晾晒风干。加（或去）水量的计算公式见附录三。

### 第四节 拌和

**第 4.4.1 条** 人工路拌宜用条拌法，即将各种材料分层铺成条形后，边翻拌边前进，翻拌 2~3 遍后，按接近混合料最佳含水量所需的加水量，顺条均匀地洒入混合料中，然后拌合至混合料均匀为止。

**第 4.4.2 条** 机械路拌应按钢渣、其他材料、石灰由下至上顺序摊铺。宜用拖拉机带多铧犁和拖拉机带旋犁或圆盘耙，两台机具配合交叉翻拌。如有局部拌和不均匀或拌不到之处，应由人工补拌。

**第 4.4.3 条** 机械厂拌是采用适当的拌和机、粉碎机、皮

带运输机和铲车等设备进行。操作时,先将石灰和粉煤灰(土)按一定比例由皮带运输机送入粉碎机,使之粉碎并拌匀后,再与一定比例的钢渣由皮带运输机分别同时送进拌和机中进行拌和。干燥地区或干热天气,拌合时含水量略大于最佳含水量的情况下拌和均匀,然后将拌合均匀的混合料卸至储料场(或仓)待运。在装运混合料时,如发现粗、细料有离析现象,应用铲车翻拌均匀后方能运至工地摊铺。混合料宜随拌和随运送、随摊铺、随碾压。为防止混合料硬结,要求从生产到碾压的时间,不宜超过7d。

**第 4.4.4 条** 拌和均匀的钢渣石灰粉煤灰(土)混合料中,不应有大于 25mm 的土、石灰及粉煤灰团粒。

## 第五节 摊铺和碾压

**第 4.5.1 条** 混合料在碾压时的含水量应为最佳含水量。允许误差为 $\pm 2\%$ 。

**第 4.5.2 条** 将拌和好的混合料按设计断面和松铺厚度,均匀摊铺于路床内,其松铺厚度为压实厚度乘以压实系数。压实系数值宜按试铺决定,亦可参照如下范围:人工拌和、人工摊铺为 1.4~1.6;机械拌和、机械摊铺为 1.2~1.5。

**第 4.5.3 条** 分层摊铺时,应在下层压实后立即摊铺上层混合料。在摊铺上层混合料前,宜将下层表面洒水湿润。

**第 4.5.4 条** 钢渣石灰类混合料的压实厚度,应视压路机械的压实功能决定。最大为 20cm,最小为 10cm,其最上层至少为 15cm。

a. 机械拌和、机械摊铺的混合料,可直接用 12~15t 三轮压路机、轮胎压路机或振动压路机压实。

b. 人工拌和、人工摊铺的混合料,应先用 6~8t (或 8~10t) 两轮压路机,自两侧向路中,稳压两遍,然后用 12~15t 三轮压路机压实。两轮压路机每次重叠 1/3 轮宽,三轮压路机每次重叠后轮宽的 1/2。

最后，应碾压至表面平整无明显轮迹。压实密度大于最佳压实度的 0.95（基层）或 0.93（底基层）。标高及其它指标均需符合质量验收标准。

**第 4.5.5 条** 初碾时应设人跟机，检查基层有无高低不平之处。对不符合断面处要及时处理，高处铲除，低处填平补齐。填补处应翻松洒水再加铺混合料。若基层压实后再找补，则须将找补处挖松 8~12cm，洒适量的水后再加铺混合料，及时压实成型，不得贴薄层找平。在混合料整型压实前，要完全中断交通。

**第 4.5.6 条** 在碾压中若发现局部“弹软”时，应立即停止碾压，待翻松晾干或处理后再压，若出现松散推移应洒适量的水后再翻拌、整平、压实。

**第 4.5.7 条** 由于工作间断或分段施工，衔接处可留出一定长度不压实；人工摊铺时可留 2m，机械拌和与摊铺时应留 10m 左右，供下一段施工回转机械之用。也可先把接头压实，待铺下段时，再挖松、洒水、整平、重压。

**第 4.5.8 条** 在温度较低季节施工，混合料含水量过大，碾压时粘轮严重，不易压实，在这种情况下，可采用间断式碾压方法：即先让表面晾干后进行初压，压至出水粘轮时立即停止碾压，待表面晾干后再加压，如此反复直至碾压密实为止。

## 第六节 早期养护

**第 4.6.1 条** 压实成型并经检验符合标准的钢渣石灰类混合料道路基层，必须在潮湿状态下养生。一般采用洒水养生（禁止用水管直接冲水），也可一次浇布透层沥青养生。养生龄期视季节而定，可为 3~5d。

**第 4.6.2 条** 养生期间以封闭交通为宜。如不能中断交通，则要限制车速和交通量。严禁履带车辆通行及机动车辆在基层上调头或刹车，以保证基层表面不被破坏。发生局部变形时，应及时修补。

## 第七节 雨季施工措施

**第 4.7.1 条** 要集中力量分段施工，各段土基在雨前做到碾压密实。对软土地段或低洼之处应安排在雨前施工。路床应开挖临时排水沟，以利排泄雨水。

排水沟要及时疏通，因雨造成土基湿软路段，可采取晾晒、换土、用外掺料等措施。雨中及雨后土基严禁车辆通行。

**第 4.7.2 条** 粉煤灰、石灰、土，一次各料应适量，宜大堆存放，材料堆周围应设排水沟。

**第 4.7.3 条** 混合料要边拌和、边摊铺、边碾压。对已摊铺好的混合料，要在雨前或冒雨进行初压，雨停后再加压密实。对已铺好而尚未碾压的混合料，雨后应封闭交通，晾晒至适当含水量后再进行碾压。分层施工时，应在雨前铺好下层，以防止雨水浸入土基。

WWW.SINAC.COM

中国建筑资讯网

## 第五章 质量标准与检查验收

**第 5.0.1 条** 施工中应建立健全试验、质量检查及工序间交接验收等项制度。每道工序结束后均应进行检验，合格后方可进行下一道工序。凡检验不合格的作业段，均应进行补救或整修。

**第 5.0.2 条** 钢渣石灰类混合料道路基层质量标准及验收要求，应符合表 5.0.2-1 的规定。试验和验收项目，可遵照表 5.0.2-2 进行，并做到原始记录齐全。

钢渣石灰类混合料基层质量标准与允许误差

表 5.0.2-1

序号	项 目	质量标准与允许误差	检 查 要 求
1	钢 渣	应符合 2.1.1 和 2.1.3 条	每批检验 1~3 次
2	钢渣用量	$\pm 5\%$	每作业段（台班）检验不少于 1 处
3	石 灰	应符合 2.2.1 和 2.2.2 条	每批石灰视其量的多少检查 1~3 次
4	石灰剂量	$+2\%$ $-1\%$	每作业段（台班）检验不少于 1 次，并不大于 $1000\text{m}^2$ ，或在配料时，控制石灰用量
5	粉 煤 灰	应符合 2.3.2 条	每批检验 1~3 次
6	粉煤灰用量	$\pm 3\%$	每作业段（台班）检验不少于 1 处
7	拌和均匀度	应符合 4.4.4 条并颜色均匀一致	每作业段（台班）检验不少于 1 处，并不大于 $1000\text{m}^2$

续表

序号	项 目	质量标准与允许误差	检 查 要 求
8	混合料抗压强度	应符合 3.3.1 条	取工地拌和好的混合料，在室内成型，每组不少于 3 个
9	压 实 度	基层大于 95%，底基层大于 93%，并均须无明显轮迹	每碾压作业段检验不少于 1 次，并不大于 1000m <sup>2</sup>
10	厚 度	±10mm	每碾压作业段检验不少于 1 处，并不大于 1000m <sup>2</sup>
11	宽 度	不小于设计宽度	每碾压作业段检验不少于 1 处，并不大于 40m
12	平 整 度	3m 直尺不大于 10mm；平整度仪标准偏差不大于 4.5	用 3m 直尺靠量，平顺无波浪，每 20m 检验 1 次
13	纵向高程	±10mm	用水准仪测量，每 20m 1 个测点

原材料、混合料试验或检验项目

表 5.0.2—2

序号	材 料	试 验 或 检 验 项 目
1	钢 渣	筛分；检验大于 50mm 颗粒含量；游离氧化钙含量；压碎值；松密度；视比重；持比重
2	熟 石 灰	有效氧化钙和氧化镁含量测定；不消解和未消解颗粒测定；含水量及湿松密度试验
3	粉 煤 灰	烧失量；含水量及湿松密度试验；二氧化硅、三氧化二铝含量测定
4	混 合 料	最大干密度和最佳含水量试验(或计算)；现场的拌和均匀度(目测)；含水量；湿松密度；成型 28d 龄期的抗压强度
5	混合料基层	压实度的检验和计算；厚度、宽度、平整度和纵向高程检验
6	土	塑性指数；含水量；有机质含量

## 附录一 设计厚度及结构组合

一、钢渣石灰类混合料道路基层设计方法，可采用各地区已有方法和经验，结合本地区参数进行设计，但需注意混合料的半刚性特性。无论新建或补强，该结构层厚度均应大于 15cm。

二、钢渣石灰类混合料的耐磨性较差，其上必须加铺面层或磨耗层。对路况要求较高的路段，宜在面层与基层之间加铺联结层，或适当加厚面层以减少甚至避免基层结构收缩裂缝反映到沥青面层上来。

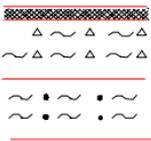
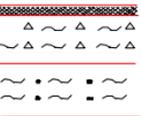
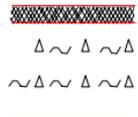
三、钢渣石灰类混合料的路面结构层的常用结构组合图式和其适用范围，可参照附表 1.1 选用。

常用路面结构组合及适用范围

附表 1.1

序号	路面结构组合图式	适用于	标准轴次/d
1	<p>沥青混凝土 沥青碎石 钢渣石灰粉煤灰混合料 石灰土，级配碎（砾）石等 土基</p>	主干路	>625
2	<p>水泥混凝土 钢渣石灰粉煤灰（土）混合料 土基</p>	主干路	>625

续表

序号	路面结构组合图式	适用于	标准轴次/d
3	 <p>沥青混凝土，沥青碎石，贯入式 钢渣石灰粉煤灰混合料 石灰土，级配砂石，混合钢渣</p> <p>土基</p>	次干路	250~625
4	 <p>沥青混凝土，沥青碎石，贯入式，表处钢渣石灰类混合料 石灰土，级配砂（砾）石等</p> <p>土基</p>	一般道路	60~250
5	 <p>沥青混凝土，沥青碎石，贯入式，表处钢渣石灰类混合料</p> <p>土基</p>	一般道路	<60

中国建筑资讯网

WWW.SINDAIEG.COM

## 附录二 原材料及混合料的一些性质

### 一、钢渣

#### 1. 化学成分见附表 2.1

钢渣的化学成分

附表 2.1

渣期	成 分 (%)									备注
	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	S	
前期渣	25~30	35~45	5~15	2~6	0~7	5~15		1~2	~0.5	转炉
	20~30	20~33	4~10	1~12	2~10	15~35	1~5	0.5~5	~0.1	平炉
后期渣	10~30	25~60	2~15	2~10	0~15	5~40	1~7	1~5	~0.2	转炉
	13~34	21~50	7~20	4~10	0.5~10	8~15	1~7	0.5~4	~0.2	平炉

#### 2. 力学性质见附表 2.2

钢渣的物理力学性质

附表 2.2

类 别	性 能			
	松 密 度 kg/m <sup>3</sup>	质量密度 kg/m <sup>3</sup>	吸 水 率 (%)	压 碎 值 (%)
平炉混合钢渣	1500~1800	3.3~3.5	1.28~3.42	<28
转炉混合钢渣	1500~1800	3.3~3.6	0.54~3.16	<26

#### 3. 渣块的冻融性能见附表 2.3

渣块的冻融性能

附表 2.3

渣类组数	每组试 件 数	冻融 次数	融化 温度	冻结 温度	质量损失率 (%)			崩裂情况
					平均值	其中 最大	其中 最小	
陈渣 3 组	5	15	20℃	-20℃	0.71	1.26	0.00	无异常变化

## 二、粉煤灰

### 1. 粉煤灰的化学成分见附表 2.4

粉煤灰的化学成分 (%)

附表 2.4

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	烧 失 量
45~60	20~38	3~15	2~8	1~2	0.2~3.0	2~10

### 2. 粉煤灰的物理性质见附表 2.5

粉 煤 灰 的 物 理 性 质

附表 2.5

细度 (0.080mm 方孔筛的筛余量%) 不大于		50~80
质量密度		2.0~2.3
自然状态 (排灰坑)	含 水 量 (%)	40~60
	干 密 度 (kg/m <sup>3</sup> )	500~700
最大干密度 (kg/m <sup>3</sup> )		900~1000
最佳含水量 (%)		45~50
液限含水量 (%)		55~60
比表面积, 透气法 (cm <sup>2</sup> /g)		2000~3500
颜 色	干 燥	灰白、浅灰
	潮 湿	灰、灰褐

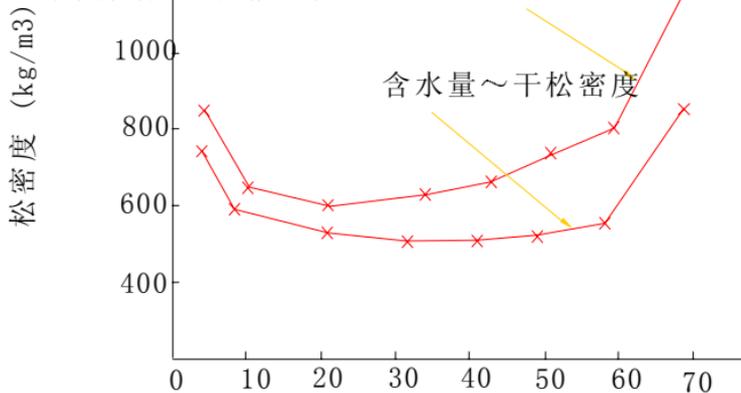
### 3. 粉煤灰的松密度与含水量的关系见附图 2.1。

## 三、石灰

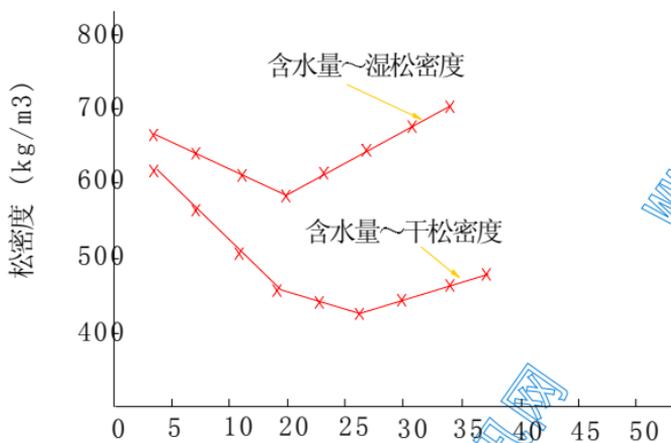
熟石灰的含水量与松密度关系见附图 2.2。

## 四、混合料

混合料的回弹模量值 (MPa) 见附表 2.6 和附表 2.7。



附图 2.1 粉煤灰的松密度与含水量的关系



附图 2.2 熟石灰的含水量与松密度的关系

混合料的回弹模量试验值 (MPa)

附表 2.6

类别	龄 期 (月)			
	1	2	3	4
钢渣石灰粉煤灰	2000~3000	2500~4000	3000~4000	4000~4800
钢渣石灰土	1000~2000	1200~2200	1500~2500	3000~3500
钢渣石灰	400~800	600~2000	800~2500	1000~3000

混合料回弹模量建议值 (MPa)

附表 2.7

类 别	龄 期
	28d (20℃湿治)
钢渣石灰粉煤灰	500~600
钢渣石灰土	350~450
钢渣石灰	250~350

WWW.SINOAEC.COM

中国建筑资讯网

## 附录三 几种计算公式

### 一、钢渣石灰类混合料最大干密度计算公式

#### (一) 最大干密度计算公式:

$$\gamma_0 = \frac{G \cdot s_0}{(m+n) \cdot G + R \cdot s_0} \cdot \beta \quad (\text{附 3.1})$$

式中  $R$ 、 $n$ 、 $m$ ——分别为钢渣、石灰、粉煤灰的质量百分比，以占总干重百分数计；

$G$ ——钢渣的视质量密度（即整块钢渣的干密度）， $\text{kg}/\text{m}^3$ ；

$\gamma_0$ ——钢渣石灰粉煤灰的最大干密度， $\text{kg}/\text{m}^3$ ；

$s_0$ ——粉煤灰、石灰混合料的最大干密度， $\text{kg}/\text{m}^3$ ；

$\beta$ ——折减系数，可采用 0.96~0.98。

#### (二) 公式使用条件:

上式必须在  $\frac{m+n}{s_0} > K \cdot R \left[ \frac{1}{\gamma_n} - \frac{1}{G} \right]$  的条件下  $m : n : R$  的配合比才允许在生产中使用。

$K$  定名为“悬浮系数”。当  $R=20\%$  时， $K=1.00$ ； $R=80\%$  时， $K=2.00$ ；在其他  $R$  值时，用插入法求  $K$  值。式中的  $\gamma_n$  为钢渣的干密度， $\text{kg}/\text{m}^3$ 。

### 二、配合比换算、材料用量计算、加水量计算和层铺厚度计算公式

#### (一) 质量比与体积比换算公式:

$$\begin{aligned} V_{\text{钢}} : V_{\text{灰}} : V_{\text{粉}} &= \frac{G_{\text{钢}}}{\gamma_{\text{钢}}} : \frac{G_{\text{灰}}}{\gamma_{\text{灰}}} : \frac{G_{\text{粉}}}{\gamma_{\text{粉}}} \\ &= \frac{G_{\text{钢}} \cdot \gamma_{\text{灰}}}{G_{\text{灰}} \cdot \gamma_{\text{钢}}} : 1 : \frac{G_{\text{粉}} \cdot \gamma_{\text{灰}}}{G_{\text{灰}} \cdot \gamma_{\text{粉}}} \end{aligned} \quad (\text{附 3.2})$$

式中  $V_{\text{钢}}$ 、 $V_{\text{灰}}$ 、 $V_{\text{粉}}$ ——分别为钢渣、石灰、粉煤灰的松体积；

$G_{\text{钢}}$ 、 $G_{\text{灰}}$ 、 $G_{\text{粉}}$ ——分别为钢渣、石灰、粉煤灰占混合料干重的百分比(%)；

$\gamma_{\text{钢}}$ 、 $\gamma_{\text{灰}}$ 、 $\gamma_{\text{粉}}$ ——分别为钢渣、石灰、粉煤灰的干松密度。

## (二) 三种配料法的各种材料用量计算公式

### 1. 质量法计算公式

$$g = Q \cdot P(1 + \omega) \quad (\text{附 3.3})$$

式中  $g$ ——所需某种材料的湿重(kg)；

$Q$ ——一次拌和混合料的计算干重(kg)；

$P$ ——某种材料占混合料的百分比；

$\omega$ ——某种材料的含水量(%)。

### 2. 体积法计算公式

$$\frac{P_1 \cdot (1 + \omega_1)}{\gamma_1} ; \frac{P_2 \cdot (1 + \omega_2)}{\gamma_2} ; \frac{P_3 \cdot (1 + \omega_3)}{\gamma_3} \quad (\text{附 3.4})$$

式中  $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$ ——分别为各种材料占混合料干重百分比；

$\omega_1$ 、 $\omega_2$ 、 $\omega_3$ ——分别为各种材料的含水量(%)；

$\gamma_1$ 、 $\gamma_2$ 、 $\gamma_3$ ——分别为各种材料的湿松密度(kg/m<sup>3</sup>)。

### 3. 层铺法计算公式：

$$H = \frac{\gamma_0 \cdot P \cdot h(1 + \omega)}{\gamma} \quad (\text{附 3.5})$$

式中  $H$ ——某种材料松铺厚度(cm)；

$\gamma_0$ ——混合料的最大干密度(kg/m<sup>3</sup>)；

$h$ ——混合料基层的压实厚度(cm)；

$P$ ——某种材料占混合料的百分比；

$\gamma$ ——某种材料的湿松密度(kg/m<sup>3</sup>)。

## (三) 加(或去)水计算公式：

$$g_1 = \frac{Q}{(1 + \omega_1)} \cdot (\omega_0 - \omega_1) \quad (\text{附 3.6})$$

式中  $g_1$ ——加(或去)水重，“+”为加水重，“-”为去水

重 (t);

$\omega_0$ ——混合料的最佳含水量 (%);

$\omega_1$ ——混合料实际含水量 (%);

$Q$ ——混合料的湿重 (t)。

(四) 混合料虚铺厚度计算公式

$$H = h \cdot K \quad (\text{附 3.7})$$

式中  $H$ ——混合料虚铺厚度 (cm);

$h$ ——混合料压实厚度 (cm);

$K$ ——压实系数。

WWW.SINOAEC.COM

中国建筑资讯网

## 附录四 几种试验方法

### 一、钢渣压碎值试验方法

#### (一) 适用范围

本方法适用于测定拌制钢渣石灰类混合料中的稳定钢渣的压碎值。

#### (二) 说明

钢渣的压碎值，用于表征钢渣集料在施工荷载的情况下抵抗压碎的性能，也是衡量其力学性质的指标之一。是用规定尺寸的钢渣粒料，采用标准试筒，按规定的施荷方法，施加一定的压力，以压碎后损失的重量百分率来表示。

#### (三) 试验仪器

1. 一个内径 **150mm** 两端部开口的钢制圆形试筒，一个压柱和一块底板，其形状和尺寸见附图 4.1 和附表 4.1。试筒的内壁，压柱的底面及底板上的表面，即凡与粒料接触的表面都要进行热处理，使其表面硬化，达到维氏硬度 **650**，并保持光滑状态。

2. 一根直的圆截面金属棒，其直径为 **16mm**，长 **45~65cm**，一头加工成圆形（半球面）。

3. 一台称量为 **2~3kg**，感量 **1g** 的天平。

4. 圆孔筛：筛孔尺寸 **16mm**、**12mm** 及 **3mm**。

5. 一台 **500kN** 的压力试验机，压力机为能均匀增加荷载，并在 **10min** 内达到 **400kN**。

6. 一个圆柱形的金属长筒（可以用铁皮制作），其内径为 **112.0mm**，高 **179.4mm**（容积为 **1767cm<sup>3</sup>**），用于量试样。

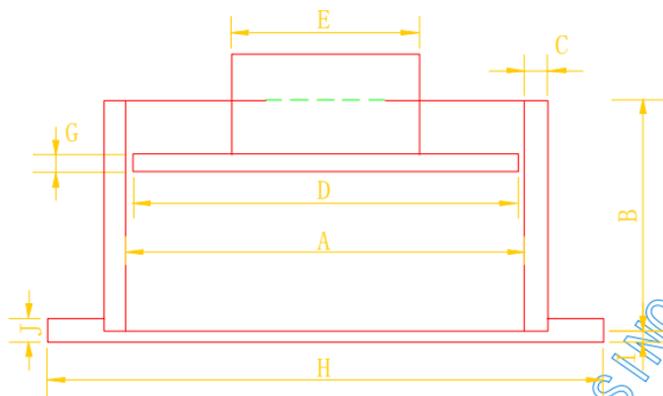
#### (四) 试样准备

用于标准试验的钢渣应该完全通过 **16mm** 的筛孔并全部停留在 **12mm** 筛孔的筛上。所筛分的钢渣试样数量应该足够做三个试

验。

试验时，试样应该是表面干燥的。可以采用风干的试样。如果试样需要加热烘干，温度应该不超过  $110^{\circ}\text{C}$ ，烘干的时间不要超过  $4\text{h}$ 。试验前，试样应冷却到室温。

每次试验的试样数量，按下节所述方法夯击后，试样在试筒中的深度恰为  $10\text{cm}$ 。



附图 4.1 钢渣压碎值试筒

钢渣压碎值试筒、压柱和底板的形状和主要尺寸。

附表 4.1

符 号	名 称	内径 150mm 的试筒
	试 筒	(mm)
A	内 径	$150\pm 0.3$
B	高 度	$125\sim 129$
C	壁 厚	不小于 12
D	压 柱	
	压头的直径	$149\pm 0.2$
E	压杆的直径	$100\sim 149$
F	压柱总长	$100\sim 110$
G	压头的厚度	不小于 25
	底 板	
H	直 径	$200\sim 220$
I	厚 度 (中间部分)	$6.4\pm 0.2$
J	边缘厚度	$10\pm 0.2$

利用金属量筒可以方便地找到所需试样的数量。将试样分三层倒入量筒中，每层的数量大致相同，每层都用夯棒（用具有半球面的一端）从距试样表面大约 **5cm** 的高度处自由落下夯击 **25** 次（击数需在试样表面均匀分布），最后用夯棒作为直刮刀将表面刮平。

称取量筒中试样的质量（质量 **A**），以后就用此相同数量的试样进行压碎试验。

### （五）试验方法

1. 将试筒安放在底板上。

2. 将上面所得数量的试样分三次（每次的数量相同）倒入试筒中，每次倒入试样后，将试样表面整平，用夯棒如上节所述那样对试样夯击 **25** 次。最上一层试样的表面应该仔细整平。

3. 将压柱放入试筒内的钢渣试样表面，应该注意使压柱水平地安放在试样表面上，而不要楔挤筒壁。

4. 将装有试样的试筒连同压柱放到压力机上，以尽可能均匀的速度施加荷载，并在 **10min** 时达到总荷载 **400kN**。

5. 在达到总荷载 **400kN** 后，立即卸除荷载，将试筒等从压力机上取下。

6. 将试筒内试样倒出，注意不要进一步压碎试样。

7. 用 **3mm** 筛孔的筛子筛分经过压碎的全部试样，应分几次筛分，每次筛分时，均需筛到一分钟内没有明显数量的细料通过筛孔为止。

8. 称量通过 **3mm** 筛孔的全部细料（质量 **B**）。

在筛分和称量过程中，都应注意不使细料损失，一种试料应该做三个平行试验。

每次试验后，计算所得细料质量与试样总量的比值，即钢渣压碎值，并用百分数表示，结果只需取一位小数。

$$\text{钢渣压碎值} = \frac{B}{A} \times 100 \quad (\text{附 4.1})$$

式中 **A**——风干试样的质量（g）；

**B**——通过 **3mm** 筛孔的细料质量 (**g**)。

将三次试验结果的平均值用整数表示为钢渣的压碎值。

## 二、钢渣石灰类混合料最大干密度和最佳含水量试验

### (一) 适用范围

本方法适用于钢渣石灰类混合料，采用重锤法或压力机加压试验法，求得的最大干密度和最佳含水量。

### (二) 说明

钢渣石灰类混合料压得愈密实，其强度愈大，但要压到需要的密实度，在混合料中需要有适当的含水量，过湿或过干均不能达到要求最大的密实度。此外，压实的机械效能不同，其最佳压实含水量和能够达到的最大干密度值也不同。各地可根据实际情况，选用下述方法。

### (三) 重锤试验法

#### 1. 试验仪器

- (1) 重型击实仪一套；
- (2) 天平：称量 **200g**，感量 **0.01g**；称量 **2000g** 感量 **1g**；
- (3) 台秤：称量 **10kg**，感量 **5g**；
- (4) 筛子：孔径 **40mm** 和 **5mm**；
- (5) 喷水设备、烘箱及盛样铝盒等。

#### 2. 材料准备

将原材料钢渣分别通过 **40mm** 筛孔，其它掺合细料通过 **5mm** 筛孔，按照设计的配合比分别称量，掺合后仔细拌匀，加入低于按经验估计的最佳含水量，再充分拌匀备用。

#### 3. 试验方法

(1) 将击实仪放在坚实地面上，取制备好的试样（其量在使击实后试样略大于筒高的  $\frac{1}{3}$  为度）倒入筒内，整平其表面，并稍加压紧，然后按每层 **91** 次进行击实。击实时，击锤应自由垂直落下，落高为 **45cm**，锤重 **4.5kg**，锤迹必须均匀分布于试样表面。然后安装套环，把表面拉毛，重复上述步骤进行第二层、第三层的击实，击实后超过击筒的余料高度不得大于 **6mm**。

(2) 用修料刀沿套环内壁削挖后, 扭动并取下套环, 齐筒顶细心削平试样, 拆除底板。如试样底面超出筒外亦应削平。擦净筒外壁, 称重, 准确至 1g。

(3) 用推料器推出击实筒内试样, 从试样中心处取 2 个各 500g 的试样进行含水量测定。计算至 0.1% 其平行误差不超过 1%, 求试件的干密度。

(4) 如此重做数次 (不少于五次)。每次增加含水量约 2%, 一直做到水分增加而试样密度开始降低为止。注意每次装筒的混合料重量要大致相同, 过多或过少都会影响试验结果。

### (5) 计算及制图

按下式计算每次击实后的干密度:

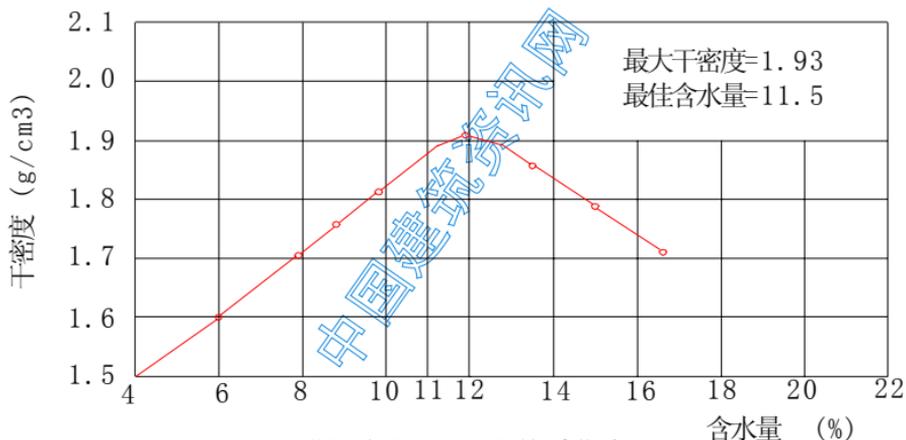
$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1 + \omega} \quad (\text{附 4.2})$$

式中:  $\gamma_d$ ——干密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ );

$\gamma$ ——湿密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ );

$\omega$ ——含水量 (%)。

以干密度为纵座标, 含水量为横座标, 绘制干密度与含水量的关系曲线, 曲线上峰值点的纵、横座标分别表示混合料的最大干密度和相应的最佳含水量。如  $\gamma_d$ — $W$  关系曲线图。



附图 4.2  $\gamma_d$ — $W$  关系曲线

#### (四) 压力机加压试验法

##### 1. 试验仪器

- (1) **200KN** 油压试验机一台；
- (2) 加压试模（同抗压试件成型的 **10cm** 圆柱状试模）；
- (3) 天平：称量 **200g**，感量 **0.01g** 及称量 **2000g**，感量 **1g**；
- (4) 台秤：称量 **10kg**，感量 **5g**；
- (5) 筛：孔径 **30mm** 及 **5mm**；
- (6) 其它：喷水设备、烘箱、盛样铝盒及拌料盒、三角铲刀

等。

##### 2. 材料准备

将原材料钢渣通过 **30mm** 筛孔，其它掺合细料分别通过 **5mm** 筛孔，按照设计的配合比分别称重，掺合后仔细拌匀。加入低于按经验估计的最佳含水量，再充分拌匀备用。

##### 3. 试验方法

(1) 取制备好的均匀试料 **2kg**，一次均匀倒入涂油的加压试模中，不加捣实用三角铲刀将试料表面整平，装上压头，将加压试模连同试料置于压力机的承压板中央。

(2) 把试料在 **1min** 内均匀地加载到 **12MPa** 的压力（**10cm** 圆柱形试模为 **96kN**）稳定 **3min** 后卸载，脱模（将试样推出）。

(3) 将从加压试模中推出的试样用卡尺精确量测试样的直径和高度，精确至 **0.5mm**。

(4) 把从加压试模中推出的经量测体积的试样称重，准确至 **1g**，并从试样中心处取 **2** 个各约 **200g** 的试样进行含水量测定。计算至 **0.1%**，其平行误差不得超过 **1%**，求试样的干密度。

(5) 如此重复数次（不少于五次），每次增加含水量约 **2%**，一直做到试样开始溢出水分和密度下降为止。

(6) 计算及制图与重锤试验法相同。

#### 三、钢渣石灰类混合料抗压强度试验

##### (一) 试验目的

利用室内试验方法,在相当于工地压路机压实功能的条件下,取工地已拌合好的材料制成试样,做抗压强度试验,作为评定基层质量的依据。

## (二) 试验仪器

1. 200kN 左右油压机一台,压制试件用。也可用一架成型架和一台 150~200kN 千斤顶代替。

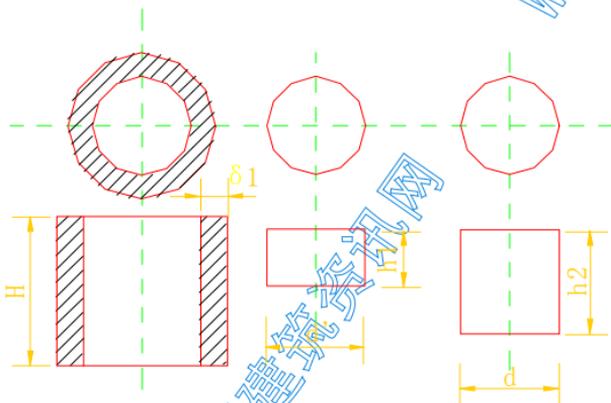
2. 20~50kN 压力试验机一台,准确至 0.1kN,测定抗压强度用(如无此设备,可将恒温处理后的试件,送专门试验部门进行饱水试压)。

## 3. 成型试模

成型试模尺寸 (mm)

附表 4.2

尺寸	适用材料	$d'$	$d$	$H$	$h_1$	$h_2$	$\delta$	试样截面积
10cm 试模	钢渣石灰类混合料	99.5	99.5	180	50	90	12	80cm <sup>2</sup>



附图 4.3 试模尺寸

4. 试件脱模机一台(亦可在压力机上脱模)。
5. 托盘天平: 2000g, 精度 0.2g, 一架。
6. 恒温烘箱: 恒温范围 50~150℃, 精度 ±1℃, 一台。
7. 称料用搪瓷盘、拌料用盘或锅、铲子、捣棒(弹头形圆棒)

或凿子)、塑料布、量筒等。

### (三) 试样采集

取工地已拌和完毕有代表性的混合料或原材料，每  $1000\text{m}^2$  路段取样不少于成型六个试件的重量，用塑料袋密封后记录试样并采集桩号送试验室。

### (四) 试样制备

1. 将已测含水量粉煤灰和消解石灰（或用烘干材料）各通过  $5\text{mm}$  筛孔。

2. 将已测含水量的钢渣（或用烘干材料）通过  $40\text{mm}$  筛孔。

3. 按规定的重量比称料，其数量以能至少制备三只试件为度。

4. 先把三种材料拌和数遍，然后在混合料中加入适宜水分。使其含水量稍超过最佳成型含水量，拌和时可以根据手测（手捏能成团，落地略有破碎）初步掌握。然后在压实成型时，当试件有微量余水流出即可。

5. 根据混合料的大约干密度和实有含水量，估算出每只湿试样重，然后分盘称量。

6. 先把下压头放入试模中，将湿混合料分两次装入涂油的试模中，每次装料后用捣棒捣实若干次，混合料装好后放上压头。

7. 把试件在  $1\text{min}$  内均匀地加载到  $12\text{MPa}$  的成型压力，稳定  $3\text{min}$  后卸载，脱模（将试件推出）并编号。

8. 将试件用尺量测高度，精确到  $0.1\text{cm}$ （若成型的试件过高或过低，则可根据公式计算）。

试样干质量/压实高度 = 调整用质量/标准高度 （附 4.3）

### (五) 试验方法

28d 饱水抗压强度 ( $f_{28}$ ) 测定。

1. 试件成型后置于室内空气中放置  $24\text{h}$ ，然后放入养生室养生  $28\text{d}$ ，养生温度  $20\pm 2^\circ\text{C}$ ，湿度  $90\%$ 。

2. 将养生试件提前一天取出，放入有一层薄砂的水池中，先加

水至试件高度的1/3,浸泡1.5h后,加水超出试件顶部予以饱水。

3. 饱水2.5h后将试件从水池中取出,用湿布吸吮周边多余水分。将试件放在压力试验机承压板的中央,压头与试件均匀接触,以每分钟6mm左右的速度加压,直至破坏。记录最大破坏荷载。

4. 计算:

$$\text{饱水抗压强度}(f_{28}) = \text{破坏荷载} / \text{受压面积} \quad (\text{附 4.4})$$

#### 四、钢渣石灰混合料压实密度测定(灌砂法)

##### (一) 适用范围

本方法适用于现场测定钢渣石灰类混合料道路基层压实后的密实度(干密度)。

##### (二) 仪器

1. 磅秤或天平,称量需与试样重相适应;
2. 砂:测量试样体积用,要求颗粒接近均匀,清洗干净;
3. 量筒:1000ml或2000ml一只;
4. 薄绸布一大块。

##### (三) 试验步骤及计算:

1. 在已压实好的基层上挖一试坑,其大小根据被测定材料的均匀性和颗粒大小而定,一般为20~40cm直径圆坑,试坑需挖到结构层全深度,将挖出的材料称得重量A。材料挖出后,应立即取样测含水量(湿试样要立即称重)。

2. 在用砂测量体积前用薄绸布先松弛地放入试坑,将干砂用量一筒一筒地量测体积后倒入试坑,直到与表面相平,记下试坑体积B(干砂倒入量筒及倒入试坑的落距,必须相同)。

3. 用下式计算湿密度:

$$\text{湿密度} = A / B \quad (\text{附 4.5})$$

式中 A——挖出试样的材料湿重(g或kg);

B——试坑体积( $\text{cm}^3$ )。

4. 按下式计算干密度:

$$\text{干密度} = \text{湿密度} / (1 + \text{含水量}) \quad (\text{附 4.6})$$

## 附录五 本规范用词说明

一、为便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1. 表示严格，在正常情况下均应这样作的用词：

正面词采用“应”；

反面词采用“不应”或“不得”。

2. 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样作的用词：

正面词采用“宜”或“可”；

反面词采用“不宜”。

二、条文中指明应按其他有关标准、规范执行的写法为：

“应该……执行”或“应符合……要求或规定。”非必须按所指定的标准和规范执行的写法为：“可参照”。

## 附加说明

本规范主编单位，参加单位及主要起草人名单：

### 主编单位

武汉市市政工程设计研究院

### 参加单位

北京市市政工程设计研究所、天津市市政工程研究所、沈阳市市政工程设计研究院、成都市城市建设研究所、长沙市城市建设研究所、鞍山市城建局、湘潭市城市建设研究所

### 主要起草人

沈敦义、林仕如、周世才、王立柱、罗伟宝、陈茂明、肖雨蓉、刘贵芳、何振林、董林春、李克元

中国建筑资讯网

WWW.SINOARC.COM