

煤渣石灰类道路基层施工 暂行技术规范

CJJ 5—83

煤渣石灰类道路基层施工 暂行技术规定

CJJ 5—83

主编单位:沈阳市市政工程设计研究所

批准单位:中华人民共和国城乡建设环境保护部

施行日期:1 9 8 3 年 8 月 1 日

关于颁发《粉煤灰石灰类道路基层 施工暂行技术规定》和《煤渣石灰类道路 基层施工暂行技术规定》的通知

(83)城公字第 109 号

各省、自治区城建局,湖南、江西、四川、青海省和西藏自治区建委,北京、天津、上海市市政工程局:

为了推广利用工业废料筑路,提高道路工程质量,我们组织力量编制了《粉煤灰石灰类道路基层施工暂行技术规定》和《煤渣石灰类道路基层施工暂行技术规定》。经过审议修改,现批准为部标暂行规定,自一九八三年八月一日施行。在执行中有何意见,请告部市政公用事业局。

城乡建设环境保护部

一九八三年二月二十三日

编 制 说 明

利用煤渣修筑道路基层,既可就地取材变废为宝,防治污染,又能提高道路质量,具有一定的技术经济价值,在一些城市已使用多年。但是,由于没有一个统一的标准规定,影响施工质量。为了进一步推动粉煤灰的利用,保证工程质量,从 1979 年开始我们组织力量进行“利用工业废料筑路”研究试验工作,经过三年多的努力,完成了这项研究课题,编制出《煤渣石灰类道路基层施工暂行技术规定》。

本规定的主编单位是沈阳市市政工程设计研究所,参加单位有北京、上海、天津、武汉、哈尔滨、长沙、长春、湘潭和鞍山等九个城市的市政工程研究所,由上海市市政工程研究所校核。

目 录

第一章 总则	54
第二章 原材料	55
第一节 煤渣	55
第二节 石灰	55
第三节 土	56
第四节 粒料	56
第五节 水	56
第三章 混合料	57
第一节 配合比	57
第二节 最佳含水量和最大干容重	58
第三节 抗压强度	59
第四章 施工	60
第一节 准备工作	60
第二节 配料	61
第三节 加水或去水	61
第四节 拌和	62
第五节 摊铺和碾压	63
第六节 早期养护	64
第七节 雨季施工措施	65
第五章 质量标准与检查验收	66
附录一 厚度设计及结构组合	68

附录二 原材料和混合料的一些性质	70
一、煤渣	70
二、石灰	70
三、粗粒料	71
四、混合料	72
附录三 各种计算公式	74
一、煤渣石灰类混合料的配合比换算、材料用量计算、 加水量计算	74
二、煤渣石灰粗粒料混合料最大干容重计算公式的演证 及其应用	76
附录四 各种试验法	79
4—1 石灰的活性氧化钙含量测定	79
4—2 活性氧化钙和氧化镁含量测定	82
4—3 材料含水量测定方法	85
4—4 粒料筛析试验	87
4—5 煤渣和粉煤灰的烧失量试验	90
4—6 石灰类混合料最大干容重和最佳成型含 水量试验	92
4—7 粉煤灰石灰、煤渣石灰类混合料抗压强 度试验	95
4—8 石灰类混合料压实密实度测定（灌砂法）	99

第一章 总 则

第 1.0.1 条 定义

将煤渣、石灰及其它掺入材料，按合适的比例、最佳的含水量、合理的工艺过程拌和均匀而成的混合料，称为煤渣石灰类混合料。

在该类混合料中掺入其他材料，则称为含有该种材料的煤渣石灰类混合料。例如掺入料为土、碎石、砾石或稳定的钢渣、铁渣等材料时，则该混合料分别称为煤渣石灰土，煤渣石灰碎石，煤渣石灰砾石，煤渣石灰钢渣，煤渣石灰铁渣等。如掺入料既有土又有其他粒料，则将土列在最后，如煤渣石灰碎石土。

凡用上述混合料修筑的道路基层，本规范称为煤渣石灰类混合料道路基层。

第 1.0.2 条 特性

煤渣石灰类混合料，是一种缓凝性的硅酸盐材料，用它铺筑的道路基层将会结成整体层。在一定温度、湿度下，其强度随着龄期增长而增加。结硬后，具有较好的板体性、水稳定性和一定的冰冻稳定性与隔温性能。但早期强度较低，耐磨性差，并且会发生一定程度的收缩裂缝。

第 1.0.3 条 适用范围

煤渣石灰类混合料，适用于修筑道路基层、底基层。不同等级的道路，一般可根据交通情况、材料来源、施工季节、筑路机具、设计要求和经济原则等因素选用不同种类的煤渣石灰类混合料。

第 1.0.4 条 适宜施工温度

煤渣石灰类混合料基层的强度增长速度，受气温的影响较大。为保证道路基层施工质量，应尽量选择有利的施工季节。当日平均气温低于 5°C 时，或混合料易冻结时，一般不宜施工。

在冰冻地区，则需在冰冻前 1 至 1 个半月施工完毕，保证冻前龄期。

第二章 原 材 料

第一节 煤 渣

第 2.1.1 条 煤渣系煤经燃烧后的残渣，是低活性的火山灰质材料。颗粒疏松多孔，一般松干容重在 $0.7\sim 1.1$ 吨/米³，比重为 $1.7\sim 2.4$ ，主要化学成分为 SiO_2 和 Al_2O_3 。其一般化学成分和物理性质见附录二。

第 2.1.2 条 路用煤渣宜选用不含杂质，兼有粗细颗粒的统货煤渣。其最大粒径不得大于 30 毫米； SiO_2 与 Al_2O_3 总量应大于 70%；烧失量不大于 20%；有机物质含量应小于 1%

第二节 石 灰

第 2.2.1 条 路用石灰须经充分消解，且不混有杂质。熟石灰的 $\text{CaO}+\text{MgO}$ 含量宜大于 50%；生石灰的 $\text{CaO}+\text{MgO}$ 含量宜大于 60%；它们未通过 10 毫米筛孔的未消解颗粒含量，应小于 20%。当石灰的 $\text{CaO}+\text{MgO}$ 含量在 30%~50% 之间时，应通过试验适当增加石灰用量；当 $\text{CaO}+\text{MgO}$ 含量低于 30% 时，不宜采用。

第 2.2.2 条 生石灰比重约为 3.2，干容重在 800~1200 公斤/米³。熟石灰比重约为 2.2，含水量宜保持在 25~35%之间，则既松散不飞扬，又不成团，便于运输和施工。这时的湿容重一般为 600~620 公斤/米³，相应的干松容重一般为 465~490 公斤/米³。

第 2.2.3 条 石灰类工业废料（如电石渣）和石灰下脚料，其适用范围可按 2.2.1 条执行。化工类石灰下脚应检验其有害否有害物质，以免危害人畜或污染环境。

第三节 土

第 2.3.1 条 掺入煤渣石灰类混合料中的土，其塑性指数应大于 4。以采用塑性指数为 7~17 的土为宜。各种用土的有机物含量，应小于 8%；硫酸盐含量应小于 0.8%。

第四节 粒 料

第 2.4.1 条 根据当地料源，可采取碎石、砾石、碎砖及稳定的钢铁渣等。其粒径可根据当地使用特点选用，或为同粒径集料，或为级配集料。粒料的最大粒径宜小于 50 毫米或压实厚度的 1/3。山皮石及风化石不得使用。

第 2.4.2 条 粒料强度在 4 级以上，各种粒料干容重以实测为宜。也可参照下列范围：碎石 1.35~1.45；砾石 1.7~1.75；碎砖 0.8~0.95（单位均为吨/米³）。粒料的一般物理性质见附录二。

第五节 水

第 2.5.1 条 不含油质和非酸性的水，均可用于消

第三章 混 合 料

第一节 配 合 比

第 3.1.1 条 煤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百分数计者，称为重量比；在混合料中，以原材料松体积的份数计者，称为体积比。

第 3.1.2 条 煤渣石灰类混合料的最佳配合比应通过试验决定。在生产实践中，则需根据料源和设备情况，加固效果，应用层位和水文条件等选用经济实用的配合比。表 3.1.2 所列配合比范围可供参考选用。

煤渣石灰混合料常用配合比范围 **表 3.1.2**

编号	混合料种类	配 合 方 法	选 用 材 料	常用配合比范围
1	煤渣石灰	重量比	煤渣：石灰	80~85：20~15
2	煤渣石灰土	重量比	煤渣：石灰：土	65~70：9~15：15~25 或 48：12：40
3	煤渣石灰粒料	重量比	煤渣：石灰：粒料	26~33：7~9：58~67
4	煤渣石灰粒料土	重量比	煤渣：石灰：粒料：土	31~49：6~7：30~54：9~28

注：①含灰量可根据材料粗细确定。细者采用上限，粗者可采用下限。

②级配粒料的含量可选用较大者。

第 3.1.3 条 掺粒料的煤渣石灰类混合料，其配合比宜满足下列条件，压实的煤渣石灰（土）的体积，应大于所掺入的松散粗粒料的孔隙，以保证压实紧密。

第二节 最佳含水量和最大干容重

第 3.2.1 条 煤渣石灰类混合料其含水量应接近最佳压实含水量。最大干容重和最佳含水量可按附录所附试验法，用压力机或标准击实仪通过试验确定。表 3.2.1 所列范围可供参考选用。

最大干容重、最佳含水量参考表 **表 3.2.1**

编号	种 类	干容重 (克/厘米 ³)	最佳含水量 (%)
1	煤渣石灰	1.20~1.35	23~32
2	煤渣石灰土	1.34~1.40	18~26
3	煤渣石灰粒料	1.65~1.80	9~15

第 3.2.2 条 掺粒料的煤渣石灰混合料，其最大干容重可按下列式计算

$$\gamma_0 = \frac{G \cdot S_0}{(m+n+\mu) G + PS} \cdot \beta$$

式中 γ_0 ——掺粒料的煤渣石灰类混合料的最大干容重 (公斤/米³)；

G ——掺入粒料的假比重(即整块粗骨料的干容重，公斤/米³)；

S_0 ——按重量比 $\left[\text{即煤渣：石灰：土} = \frac{m}{m+n+\mu} : \frac{n}{m+n+\mu} : \frac{\mu}{m+n+\mu} \right]$ 的煤渣石灰土的最大干容重 (公斤/米³)；

p 、 m 、 n 、 μ ——分别为粒料、煤渣、石灰、土的重量占总干重量的百分数 (%)；

β ——折减系数。一般取 0.9~0.98。

第 3.2.3 条 混合料施工时的含水量，可根据当地经验视季节情况稍作增减。对于掺粗粒料的煤渣石灰混合料，其施工时的适宜含水量 (W_g)，应包括混合料中煤渣石灰在最佳含水量状态下的水分和粗粒料在持水状态下的水分，计算公式如下：（但粗粒料吸水量很小时，亦可忽略不计）。

$$W_g (\%) = \frac{P \cdot W_p + Q W_q}{G}$$

式中 W_g (%)——掺入粗粒料时煤渣石灰类混合料压实时的适宜含水量；

P 、 Q ——分别为粗粒料及煤渣石灰（土）的重量百分比；

W_p ——粗粒料的持水量；

W_q ——煤渣石灰（土）的最佳含水量；

G ——混合料的总干重。

第三节 抗 压 强 度

第 3.3.1 条 强度要求应以适合当地交通情况及层位强度要求为原则。无地区特定指标的，可参考下列规定：

主要干道基层抗压强度应大于 20 公斤力/厘米²；主要干道底基层或次要干道基层，其抗压强度宜大于 15~20 公斤力/厘米²；次要干道底基层或一般道路基层，其抗压强度宜大于 10~15 公斤力/厘米²（以上均为 28 天湿治后饱水强度）。

混合料的一般强度范围见附录二。

第四章 施 工

第一节 准 备 工 作

第 4.1.1 条 一、属于新建道路的，其路槽工程质量应符合国家城市建设总局一九八一年颁发的《市政工程质量检验评定暂行标准——道路工程》CJJ1—81 有关标准。不符之处应予以处理。在多雨季节施工时，应预挖临时排水沟，以利排水。

二、属于旧路加铺的，旧路上的泥土杂物和松散粒料等，应予清理干净；干燥地区需水润湿；局部坑槽应先修补夯实。

第 4.1.2 条 一、施工前，应根据选用的煤渣石灰类混合料种类，按照材料规格和质量要求，进行充足的备料。备料时，须对原材料抽样试验，确保备用材料符合本规范规定。

二、可采用路槽备料或路外集中备料。路槽备料主要用于能封锁交通的道路或次要道路；主要干道或施工场地狭小地段，宜采用路外集中备料，其地点应选择在近水源，便于运输的拌和场所。

第 4.1.3 条 石灰应在使用前 5~7 天消解完毕。消解石灰时应严格掌握用水量，其用水量以消解后的熟石灰既符合本规范的有关规定，又不过湿成团为宜。（参考用水量：消解每吨生石灰用水一般在 600~800 公斤）。对

第二节 配 料

第 4.2.1 条 配料方法一般可分三种：

一、重量法——根据一次拌和的混合料总干重和各种材料的含水量，算出各种材料的湿重，然后按各湿重称料掺配成混合料。重量法适合厂拌。

二、体积法——根据混合料的重量比换算为体积比，用容器量测各种材料所占体积掺配成混合料。体积法适合厂拌、人工路拌。

三、层铺法——根据混合料最大干容重，各种材料松容重和含水量，以及混合料基层的压实厚度等数据，计算各种材料的松铺厚度，以此控制摊铺层厚。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，参见附录三。并要根据材料含水量变化，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 水宜加在煤渣中。人工拌和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洒匀。

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，参见附录三。

第四节 拌 和

第 4.4.1 条 人工拌和宜采用条拌法，即将混合料铺成条形后，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加水量，顺条均匀地洒入混合料，然后拌和至混合料均匀为止。

第 4.4.2 条 路槽拌和应在层铺法铺料后进行。宜采用拖拉机带多铧犁和拖拉机带旋转犁或缺口圆盘耙，两台机具配合交叉翻拌。拌煤渣石灰土时，先用拖拉机带多铧犁翻拌一遍，随即用旋转犁或圆盘耙打碎一遍，如此翻拌达到拌和均匀为止。拌掺粗粒料的煤渣石灰类混合料时，宜先把细料拌匀后再铺粗粒料，然后用多铧犁单独拌匀。如有局部拌和不均匀或拌不到之处，可由人工辅助拌和。

第 4.4.3 条 机械厂拌是采用强制式拌和机、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，再与一定比例的煤渣和粒料，同时分别用皮带运输机送进强制式拌和机中，在略大于最佳含水量下拌和均匀，然后将拌和均匀的混合料卸至储料场（或仓）待运。在装运混合料时，如粗、细料有离析现象，应用铲车翻堆拌匀后方能运至工地摊铺。在干燥地区或干热天气，拌和含水最宜比最佳含水量大 2~5%。混合料宜随拌、随运、随摊、随碾压，不宜堆置时间过长；一般不超过 7 天，遇有特殊情况时也不宜超过 15 天。

第 4.4.4 条 拌和均匀的煤渣石灰类混合料中，不

第五节 摊铺和碾压

第 4.5.1 条 拌和均匀的混合料,在摊铺前的含水量,一般为最佳含水量 $\pm 2\%$ 。

第 4.5.2 条 将拌好的混合料按设计断面和松铺厚度,均匀摊铺于路槽内。其松铺厚度为压实厚度乘以压实系数。压实系数数值宜按试铺决定。一般可参考如下范围:人工拌和、人工摊铺煤渣石灰和煤渣石灰土,其压实系数为 1.5~1.8;煤渣石灰粒料类压实系数为 1.35~1.5;用犁拌和机械整型的混合料,其压实系数为 1.2~1.3。

第 4.5.3 条 多层摊铺时,应在下层压实后即摊铺上层混合料。在摊铺上层混合料前,可将下层表面洒水润湿。

第 4.5.4 条 煤渣石灰类混合料的压实厚度,最大为 20 厘米,最小为 10 厘米。

一、碾压人工拌和、人工摊铺的混合料,应先用 6~8 吨(或 8~10 吨)两轮压路机、轮胎压路机或履带拖拉机,自两侧压向路中。稳压两遍后用 12~15 吨三轮压路机压实。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 $1/2$ 。

二、碾压机械拌和、机械摊铺的掺粒料混合料,可适用 12~15 吨三轮压路机压实。

最后,应碾压至表面平整无明显轮迹,压实度大于最佳密实度的 0.98(基层)或 0.96(底基层),标高等其它指标均需符合质量验收标准。

第 4.5.5 条 两轮压路机或履带拖拉机碾压 1~2 遍后,应及时检查基层有否高低不平之处,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 8~10 厘米洒适量水后再加铺混合料,并及时压实成型,不得贴薄层找平。

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时,衔接处可留出一定长度不碾压;人工摊铺时,宜预留 2 米左右;机械拌和与摊铺时,宜预留 10 米左右,供下一段施工回转机械之用。也可先把接头处压实,待摊铺下一段时再挖松、洒水、整平、重压。

第六节 早期养护

第 4.6.1 条 碾压成型后,当结构层表面过于干燥时,应洒水养护(禁止用水管直接冲水),以避免干燥而起灰松散。也可一次浇布透层沥青养护。养护龄期视季节而定,一般不应少于 3 天。

第 4.6.2 条 养护期间以封交通为宜,严禁履带车辆通行及机动车辆在基层上调头或刹车。对于个别不能中断交通的道路必须采取如下措施:采用含粗粒料的混合料基层,或用沥青层养护;限制车速和交通量,以不破坏基层表面。发现局部变形时,应及时修补。

第七节 雨季施工措施

第 4.7.1 条 煤渣石灰类混合料基层在雨季施工应采取必要措施：

一、土基雨前预防

要集中力量分段施工。各段土基在雨前作到辗压密实。选择软土地地区或低洼之处，在雨前先行施工。路槽应开挖临时排水沟，以利排泄雨水。

二、土基雨后处理

排水沟要及时疏通，防止积水倒流或满溢。因雨造成土基湿软地段，应即开挖换土或用石灰土处理。雨中及雨后土基禁止车辆通行。

第 4.7.2 条 原材料防雨措施

煤渣、石灰和土一次备料不宜太多，并要集中分堆堆放，周围应设置排水沟，以利排水。

第 4.7.3 条 混合料防雨措施

混合料要边拌和、边摊铺；边辗压。对已摊铺好的混合料，要在雨前或冒雨进行初压，雨停后再辗压密实。对已摊铺尚未辗压的混合料遇雨时，雨后应封闭交通，晾晒至适当含水量后再进行翻拌和压实。分层施工时，应在雨前铺好下层，以避免雨水侵入土基。如遇连绵阴雨，宜暂停施工。

第五章 质量标准与检查验收

第 5.0.1 条 煤渣石灰类混合料基层施工,应建立健全的工地试验、质量检验及工序间的交接验收等项制度。每道工序结束后,均应进行检验,经检验合格后方可进行下道工序。凡检查不合格的作业段,均应进行补救或整修。

第 5.0.2 条 煤渣石灰类混合料道路基层质量标准及允许误差,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。

煤渣石灰类混合料基层质量

标准及允许误差

表 5.0.2—1

编号	项 目	质量标准及允许误差	检 查 要 求
1	石 灰	要符合第 2.0.2 条 质量要求	每批石灰视其量的多少检查 1~3 次
2	石 灰 剂 量	+2% -1%	每拌和作业段检查不少于一处,并不大于 1000 米 ² ;或通过配料,控制用量
3	拌和均匀数	颜色均匀一致无夹心;土、石灰无大于 25 毫米团粒	每拌和作业段、不少于一处,并不大于 1000 米 ²
4	混合料抗压强度	应符合 3.3.1 条	取工地拌和好的混合料,在室内成型试件,每组不少于 3 个

编号	项 目		质量标准及允许误差		检 查 要 求
5	压 实 度	基 层	≥98%	均无明显轮迹	每碾压作业段检验不少于一处，并不大于 1000 米 ²
		底 基 层	≥96%		
6	厚 度	无联结层时	±1 厘米		每碾压作业段不少于一处，并不大于 1000 米 ²
		有联结层时	±2 厘米		
7	宽 度		不少于设计		每作业段检验不少于一处，并不大于 40 米
8	平 整 度		不大于 1 厘米		用 3 米直尺靠量，着地间隙不大于 1 厘米；平顺无波浪；每 20 米检验一处
9	纵断	无联结层时	±1 厘米		用水准仪测量；每 20 米一个测点
	高程	有联结层时	±2 厘米		

原材料、混合料试验与检验项目 表 5.0.2—2

材 料 及 检验部位	试 验 与 检 验 项 目	备 注
熟石灰	活性 $\text{CaO}+\text{MgO}$ 含量测定*，直径小于 1 厘米未消解含量测定*。含水量及湿容重试验	各检验项目的试验方法，除本规范附录有规定外，采用通用方法
煤 渣	烧失量、含水量及湿松容重试验，最大粒径测定	
土	液塑限*和有机质。硫酸盐含量试验，含水量及湿松容重试验	
粒 料	含水量、湿松容重、假比重和持水量试验，筛分析试验*	
混合料	最大干容重和最佳含水量试验(或计算)*，现场拌和的均匀度(目测)*、含水量、湿松容重检验*，成型试件的 28 天龄期抗压强度测定*	
混合料 基 层	压实度检验*，厚度*、宽度*、平整度和纵向高程的检验*	

说明：有 * 符号者为必须进行的试验和检验项目。

附录一 厚度设计及结构组合

一、在部规定设计方法尚未颁布以前，煤渣石灰类混合料设计方法可采用各地区现有方法或经验进行；也可参照交通部《公路柔性路面设计规范》有关章节，结合本地区参数进行设计。但需注意材料的半刚性特性，无论新建或补强道路，该基层的结构厚度，均应大于 15 厘米。

二、煤渣石灰类混合料道路基层表面的耐磨性较差，其上必须加铺面层或磨耗层。对于路况要求较高的路段，宜在面层和基层间加铺 6 厘米联结层（又称隔裂层）或适当加厚面层，以减少或避免基层结构收缩裂缝反映到沥青面层上来。在基层上也可预先设置类似水泥混凝土路面的人工收缩缝，使沥青路面的反射缝整齐。

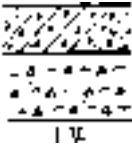
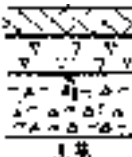
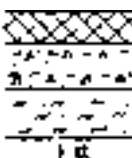
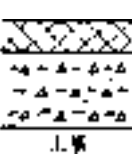

三、以煤渣石灰类混合料为道路基层的常用路面结构图式和适用范围列于附表 1.1，可参照选用。

常用路面结构组合图式和使用范围

附表 1.1

编号	结 构 组 合 图 式	适用范围	混合交通量 (辆/昼夜)
1	<p>沥青混凝土 沥青处治碎石或黑色碎石 煤渣石灰类混合料 级配砂砾石或石灰土</p>	主干道	5000 以上

续表

编号	结 构 组 合 图 式	适用范围	混合交通量 (辆/昼夜)
2	 <p>水泥混凝土</p> <p>煤渣石灰类混合料</p> <p>土基</p>	主干道	5000 以上
3	 <p>沥青混合料或贯入式</p> <p>沥青稳定碎石或碎石</p> <p>煤渣石灰类混合料</p> <p>土基</p>	次干道	2000~5000
4	 <p>沥青混合料或贯入式或表面处治</p> <p>煤渣石灰类混合料</p> <p>石灰土</p> <p>土基</p>	一般道路	500~2000
5	 <p>沥青混合料或贯入式或表面处治</p> <p>煤渣石灰类混合料</p> <p>土基</p>	一般道路	500 以下
6	 <p>表面处治</p> <p>煤渣石灰类混合料</p> <p>土基</p>	人行道	

附录二 原材料和混合料 的一些性质

一、煤渣

1. 常用煤渣的化学成分 (%)

附表 2.1

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	含 煤 量	石灰吸收值 (毫克/克)
40~60	25~35	5~10	1~10	0.5~1	2~18.5	3~11

2. 常用煤渣的粒径分析 (保留%)

附表 2.2

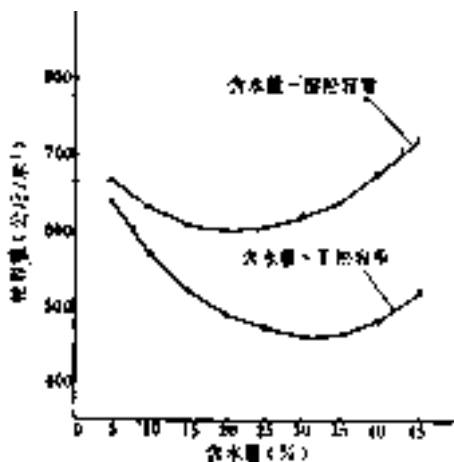
筛 孔	编 号							
	甲	乙	丙	丁	戊	己	庚	建议范围
40	1.1				5.3	6.3		<15
25	4.2	3.1	1.5	3.6	22.3	14.1	1.6	
15	12.2	18.8	7.1	18.1	51.5	21.8	28.1	
5	42.7	73.3	45.8	51.1	80.5	50.0	87.3	
2.5	71.9	86.6	70.5	68.0	92.5	65.6	93.9	
通过 5	(57.3)	(26.7)	(54.2)	(48.9)	(19.5)	(50.0)	(12.7)	<60
通过 2.5	(28.1)	(13.4)	(29.5)	(32.0)	(7.5)	(34.4)	(6.1)	

二、石灰

1. 石灰渣陈置期的氧化钙含量变化

堆 置 时 间	渣 堆 里 面	渣 堆 表 面
原 来	60.1%	60.1%
7 天	58.1%	55.5%
14 天	58.3%	55.3%
28 天	50.4%	39.5%

2. 熟石灰含水量与松容重关系



石灰含水量与松容重关系图

三、粗粒料

种 类	规格 (毫米)	干松容重 (吨/米 ³)	假 比 重 (单块砖、 石干容重) (吨/米 ³)	比 重	持水率 (%)	空隙率 (%)
碎 石	20~50	1.35~1.40	2.75	2.75	2.0 左右	51~49
	50	1.40~1.45				49~47
砂 砾	5~50	1.70~1.75	2.60~2.75	2.77	1.0~1.5	37~35
碎 砖	20~50	0.80~0.90	1.74	2.50~2.70	13.5 左右	54~48
	5~50	0.85~0.95				51~45
钢 渣	50	1.50~1.60	2.70~3.20	3.3~3.6	2 左右	49~46
	25~75	1.70~1.80			2 左右	42~39
	<5	1.45~1.65			7 左右	51~47
高 炉 重矿渣	<50	1.10~1.30	2.30~2.40		2~4	52~44

注：假比重即整块粗粒料的干容重。

持水量即吸水率。

渣类粗粒料的化学成分 (%)

附表 2.5

种 类	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO
钢 渣	10~30	2~10	25~60	2~15	1~7	5~30	1~7
铁 渣	25~40	5~20	30~60	0.5~4	0~2	—	0~5
高 炉 重矿渣	35~40	9~13	35~42	8~13	0.3~0.7	—	0.3~0.7

四、混合料

1. 煤渣石灰类混合料基层，受水分的变化和温度变化

的影响,使混合料产生缩裂形成横向裂缝(也有部分纵向裂缝)。据部分测定,不同配合比的干缩系数(含水量减小1%时,单位长度的收缩量),和温缩系数(温度每降低1℃时,单位长度的收缩量)如下表:

煤渣石灰土干缩系数、温缩系数表 附表 2.6

混合料名称	配合比	干缩系数	温缩系数		
			>0℃	(0~-2)℃	(-2~-20)℃
煤渣	煤渣:石灰:土 70:10:20		0.00004~ 0.0001	0.00013~ 0.00033	0.00008~ 0.00021
石灰土	50:10:40	0.00005	0.00001~ 0.000014	0.000033~ 0.00046	0.00021~ 0.00028

2. 由于干缩和温缩致成的横向裂缝,一般只是影响外观,对沥青面层的使用质量没有很大影响。故宜在冬季油面充分开裂时,及时灌砂、灌油处理。

3. 混合料一般强度

煤渣石灰类混合料抗压强度 附表 2.7

混合料名称	28 天无侧限饱水抗压强度 (公斤力/厘米 ²)
煤渣石灰	15~30
煤渣石灰土	10~25

注:养护温度 20℃±2℃,潮湿养护。

煤渣石灰类混合料基层的抗压强度随龄期而增长,在 20℃潮湿养护时,其 7 天强度为 28 天强度的 0.5~0.7 倍;60 天强度为 28 天强度的 1.1~1.4 倍。其初期强度接近柔性路面,后期强度则接近刚性路面,故称为半刚性基层。

附录三 各种计算公式

一、煤渣石灰类混合料的配合比换算、材料用量计算、加水量计算

(一) 重量比与体积比换算

设计所给定的混合料配合比多数为重量比，而施工现场均采用体积比控制配料，因此必须将重量比换算成体积比。换算公式如下。

以煤渣石灰土为例，由重量比换算成体积比计算公式：

$$\begin{aligned}\text{石灰体积} : \text{土体积} : \text{煤渣体积} &= \frac{P_1}{\gamma_1} : \frac{P_2}{\gamma_2} : \frac{P_3}{\gamma_3} \\ &= 1 : \frac{P_2\gamma_1}{P_1\gamma_2} : \frac{P_3\gamma_1}{P_1\gamma_3}\end{aligned}$$

式中 $P_1P_2P_3$ ——分别为熟石灰、土及煤渣占混合料干重的百分比；

$\gamma_1\gamma_2\gamma_3$ ——分别为熟石灰、土及煤渣的天然松方干容重，公斤/米³。

(二) 三种配料法的各种材料用量计算公式：

1. 重量法计算公式

$$g = G \cdot P \cdot (1 + W)$$

式中 g ——所需某材料的湿重，公斤；

G ——次拌和混合料的干重量，公斤；

P ——某种材料占混合料重量的百分比；

W ——某材料的含水量，%。

2. 体积法计算公式:

$$\frac{P_1 (1+W_1)}{\gamma_1} ; \frac{P_2 (1+W_2)}{\gamma_2} ; \frac{P_3 (1+W_3)}{\gamma_3}$$

式中 $P_1 P_2 P_3$ ——各材料占混合料干重百分比。

$W_1 W_2 W_3$ ——各种材料的含水量。

$\gamma_1 \gamma_2 \gamma_3$ ——各种材料的湿松容重, 公斤/米³。

3. 层铺法计算公式:

$$H = \frac{\gamma_0 \cdot P \cdot h (1+W)}{\gamma}$$

式中 H ——某种材料虚铺厚度 (厘米);

γ_0 ——混合料的最大干容重 (公斤/米³);

h ——混合料基层的压实厚度, 厘米;

P ——某种材料占混合料的百分比, %;

W ——某种材料的含水量, %;

γ ——某种材料的湿松容重, 公斤/米³。

(三) 加 (或去) 水计算公式:

$$g = \frac{Q}{1+W} (W_0 - W)$$

式中 g ——加 (或去) 水重, “+” 号为加水重量,

“—” 号为去水重量, 吨;

W_0 ——混合料最佳含水量, %;

Q ——混合料湿重, 吨;

W ——混合料实际含水量, %;

$$Q = q_1 + q_2 = \dots$$

$$W = \frac{Q}{\left[\frac{q_1}{1+W_1} + \frac{q_2}{1+W_2} + \dots \right]}$$

$q_1 q_2 \cdots$ ——系各种原材料湿重，吨；

$W_1 W_2 \cdots$ ——系各种原材料的含水量，%。

(四) 混合料虚铺厚度计算公式：

$$H = hK$$

式中 H ——混合料需虚铺厚度，厘米；

h ——混合料基层压实厚度，厘米；

K ——压实系数， $K = \frac{\gamma}{\gamma_1}$ ；

γ ——混合料压实干容重，吨/米³；

γ_1 ——某种方式摊铺下，混合料的松干容重，吨/米³。

二、煤渣石灰粗粒料混合料最大干容重计算公式的演证及其应用

1. 公式演证

设：

$m : n : P$ ——为煤渣、石灰、粗粒料的重量比，以总干重%计；

γ_0 ——为煤渣、石灰、粗粒料的最大干容重，公斤/米³；

G ——为粗粒料的假比重（即整块粗粒料的干容重），公斤/立方米；

W ——为粗粒料干松容重，公斤/米³；

S_0 ——为煤渣石灰 $\left[\begin{array}{l} \text{煤渣 : 石灰} = \\ \frac{m}{m+n} : \frac{n}{m+n} \end{array} \right]$ 混合料的最大干容重，公斤/米³；

则在 1 米^3 混合料中:

	煤 渣	石 灰	粗 粒 料
重量 (公斤)	$m\gamma_0$	$n\gamma_0$	$P\gamma_0$
占体积 (米^3)	$\frac{(m+n)\gamma_0}{S_0}$		$\frac{P\gamma_0}{G}$

$$\therefore 1 = \frac{(m+n)\gamma_0}{S_0} + \frac{P\gamma_0}{G}$$

$$\therefore \gamma_0 = \frac{GS_0}{(m+n)G + PS_0}$$

检验表明, 计算值略大于试验值, 可乘以 $0.96 \sim 0.98$ 的折减系数 β , 从而得:

$$\gamma_0 = \frac{GS_0}{(m+n) \cdot G + PS_0} \beta$$

2. 公式使用条件

上式必须在 $\frac{m+n}{S_0} > K \cdot P \left(\frac{1}{W} - \frac{1}{G} \right)$ 的条件 (亦即粗粒料在压实的混合料中, 能满足“悬浮原则”) 下, $m : n : P$ 的配合比才允许在生产中应用。

K 定名为“悬浮系数”, 当 $P=20\%$ 时, $K=1$; $P=80\%$ 时, $K=2$; 在其他 P 值时, 用插入法求 K 值。

关于 $\frac{m+n}{S_0} > P \cdot \left(\frac{1}{W} - \frac{1}{G} \right)$ 的演证:

一米³粗粒料孔隙率: $B = 1 - \frac{W}{G}$

一米³以 $m : n : P$ 为配合比的混合料中粗粒料的孔隙率

$$\because W : B = P \cdot \gamma_0 : B_0$$

$$\therefore B_0 = \frac{P \cdot \gamma_0 \cdot B}{W}$$

遵循“悬浮原则”，应使

$$\frac{(m+n) \cdot \gamma_0}{S_0} > B_0$$

$$\text{即: } \frac{m+n}{S_0} > P \cdot \left[\frac{1}{W} - \frac{1}{G} \right]$$

上式右边乘以 K ，是为了便利施工和保证质量，取值应根据 P 不同而异。

3. 计算举例

煤渣石灰钢渣混合料的重量比 $m : n : P = 46\% : 9\% : 45\%$ ，求最大干容重 γ_0 及施工合宜含水量 W_g 。

解：由试验测得重量比为 $\frac{m}{m+n} : \frac{n}{m+n} = 83.6\% : 16.4\%$ 的煤渣石灰混合料的最大干容重 $S_0 = 1050$ 公斤/米³ 和最佳含水量 $W_0 = 40\%$ 及钢渣的假比重 $G = 3000$ 公斤/米³，干松容重 $W = 1500$ 公斤/米³，持水量 $W_p = 5\%$ 。

(1) “悬浮原则”的检验：

用插入法求得“悬浮系数” $K = 1.42$

$$\text{则 } \frac{m+n}{S_0} = \frac{46+9}{1050} = 0.0524$$

$$\begin{aligned} K \cdot P \cdot \left[\frac{1}{W} - \frac{1}{G} \right] &= 1.42 \times 45 \times \left[\frac{1}{1500} - \frac{1}{3000} \right] \\ &= 0.0213 \end{aligned}$$

$$\therefore \frac{m+n}{S_0} > K \cdot P \cdot \left[\frac{1}{W} - \frac{1}{G} \right]$$

$\therefore m : n : P$ 配合比符合“悬浮原则”，可以在生产中应用。

(2) 求最大干容重 γ_0 :

$$\begin{aligned} \gamma_0 &= \frac{G \cdot S_0}{(m+n) \cdot G + P \cdot S_0} \cdot \beta \\ &= \frac{3000 \times 1050}{(0.46 + 0.09) \times 3000 + 0.45 \times 1050} \times 0.97 \\ &= 1435 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

(3) 求施工适宜含水量:

$$\begin{aligned} W_s &= \frac{\text{粗粒料持水重} + \text{煤渣石灰最佳含水重}}{\text{混合料总干重}} \\ &\times 100\% = \frac{45 \times 5\% + (46 + 9) \times 40\%}{100} \\ &\times 100\% = 24.2\% \end{aligned}$$

附录四 各种试验法

试验法 4—1 石灰的活性氧化钙含量测定

一、适用范围

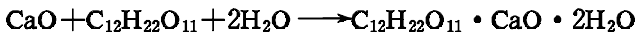
本方法适用于测定拌制煤渣、煤灰等石灰稳定类混合料用的石灰。

二、说明

石灰中的活性氧化钙亦称游离氧化钙，它能与煤渣、粉煤灰等火山灰质材料起缓慢的水硬作用。样品中实际物

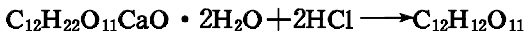
质可能是氧化钙，也可能是氢氧化钙，但统一计算到氧化钙的含量百分比。利用较稀的盐酸和较快的速度滴定，可排除与火山灰质材料很少起作用的钙盐如碳酸钙的干扰，其精度已能满足上述适用范围的需要。

蔗糖溶液能加速石灰在水中的溶解速度，结合滴定终点的控制从而减少氧化镁的干扰。其作用是蔗糖先与氧化钙和水化合成溶解度较大的蔗糖钙，然后再与盐酸作用，依旧析出蔗糖。反应式如下：



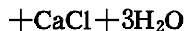
氧化钙 蔗糖

蔗糖钙



蔗糖钙

蔗糖



氯化钙

三、试验仪器和试剂

1. 标准筛，筛孔 1 毫米和 0.15 毫米各 1 个。
2. 称量瓶，直径 3 厘米，容积 20 毫升。
3. 分析天平，称量 100 克，感量 0.1 毫克。
4. 烘箱，温度范围为能调温 100~110℃。
5. 干燥器，直径 25 厘米。
6. 锥形瓶，容积 250 毫升。
7. 滴定管，50 毫升。
8. 玻璃珠。
9. 盐酸，分析纯，配制为 0.5N 左右。
10. 无水碳酸钠，保证试剂。
11. 蔗糖，分析纯。

12.1%酚酞指示剂。

四、试验方法

1. 将石灰试样粉碎，通过 1 毫米筛孔，用四分法缩分为 200 克，再用研钵磨细通过 0.15 毫米筛孔，用四分法缩分为 10 克左右。

2. 将试样在 105~110℃ 的烘箱中烘干 1 小时然后移于干燥器中冷却。

3. 用称量瓶按减量法称取试样约 0.2 克（准确至 1 毫克）置于锥形瓶中，迅即加入蔗糖约 5 在盖于试样表面（以减少试样与空气接触）同时加入玻璃珠约 10 粒。接着即加入新煮沸并已冷却的蒸馏水 50 毫升，立即加盖瓶塞，并强烈摇荡 15 分钟（注意时间不宜过短）。

4. 播荡后开启瓶塞，加入酚酞指示剂 2~3 滴，溶液即呈现粉红色，然后用盐酸标准溶液滴定。在滴定时应读出滴定管初读数，然后以 2~3 滴/秒的速度滴定，直至粉红色消失。如在 30 秒钟内仍出现红色，应再滴盐酸以中和最后记录盐酸耗量（毫升）。

五、计算

按下式计算石灰活性氧化钙含量：

$$\text{CaO} = \frac{0.028NV}{G} \cdot 100\%$$

式中 0.028——氧化钙毫克当量，克；

N ——盐酸标准溶液精确当量浓度；

V ——滴定消耗盐酸标准溶液体积，毫升；

G ——石灰试样重量，克。

六、记录

石灰活性氧化钙含量试验记录表

试样编号					试样来源		
试样名称					拟作用途		
试验 次数	称量 瓶号	空瓶重 (克)	瓶与石灰试 样的 合 重 (克)	石灰试样 的 重 量 (克)	滴定 CaO 所消 耗 HCl 的数量 (毫升)	石灰中 CaO 的 含 量 (%)	
①	②	③	④	⑤=④-③	⑥	⑦	

试验者：_____日期：_____；复核者：_____日期：_____

七、[附] 盐酸浓度标定

1. 取 41 毫升浓盐酸用蒸馏水稀释至 1 升。

2. 在分析天平上用减量法称取无水碳酸钠 W 克（约 0.2~0.3 克），在锥形瓶中用蒸馏水小心加热溶解，冷却后滴入甲基橙指示剂 2 滴，此时溶液呈黄色。用配制好的 HCl 溶液盛于滴定管中，进行滴定直至锥形瓶中溶液由黄色刚转变为橙色为止。记录盐酸耗量（毫升）。按下式计算 HCl 溶液的准确浓度：

$$N_{HCl} = \frac{W}{0.053 \cdot V_{HCl}}$$

式中 W —— 无水碳酸钠的重量，克；

V_{HCl} —— 到达等当点时 HCl 的耗量，毫升；

0.053 —— 无水碳酸钠的毫克当量。

试验法 4—2 活性氧化钙和氧化镁含量测定

一、适用范围

本方法适用于测定拌制煤渣、粉煤灰等石灰稳定类混

合料用的低镁石灰，其氧化镁含量一般宜在 5% 以下。

二、说明

拌制煤渣石灰、粉煤灰石灰等石灰类混合料用的石灰，宜为低镁石灰，因为氧化钙能与火山灰质的煤渣、粉煤灰等起水硬作用，形成水化的硅酸钙、铝酸钙等。其次，低镁石灰消化反应较快，容易保证消化的质量。但我国目前的石灰规格把 **CaO** 及 **MgO** 含量混合计算，所以在石灰材料验收试验时，宜采用本方法，以代替日常生产常用的试验法 4—1。如果氧化镁含量较高，采用本法滴定时终点的时间将会延长，从而增加了溶液与空气中二氧化碳接触的时间，从而对滴定精度有些影响。但由于石灰类混合料主要要求 **CaO** 的含量，因此氧化镁含量稍高时亦可参考采用。

三、试验仪器和试剂

1. 一当量浓度 (1N) 盐酸标准液：取 83 毫升浓盐酸以蒸馏水稀释至 1 升，溶液浓度标定法与试验法 4—1 同，但无水碳酸钠称量应改为 2 克。

2. 其他仪器与试剂（除蔗糖外）同试验法 4—1。

四、试验方法

1. 用减量法迅速称取石灰试样 0.8~1.0 克（准确至 0.002 克）放入 500 毫升锥形瓶中。

2. 加入 150 毫升新煮沸并已冷却的蒸馏水和 10 余颗玻璃珠，瓶口插一短颈玻璃漏斗，加热 5 分钟，但勿使沸腾，迅速冷却。

3. 滴入酚酞指示剂 2 滴，在不断摇动下以盐酸标准液滴定，控制滴定速度为每秒 2~3 滴，至 30 秒钟内不再出现粉红色，记录此毫升数为滴定 **CaO** 所需量。稍停，又出现

粉红色，继续滴入盐酸，如此重复几次，直至 5 分钟内不再出现粉红色为止。记录此毫升数减前数即为滴定 MgO 所需量。

五、计算

$$(\text{CaO} + \text{MgO})\% = \frac{N \times (\textcircled{6} + \textcircled{8}) \times 0.028}{\text{样品重 1 克}} \times 100\%$$

$$\text{CaO}\% = \frac{N \times \textcircled{6} \times 0.028}{\text{样品重 1 克}} \times 100\%$$

$$\text{MgO}\% = \frac{N \times \textcircled{8} \times 0.020}{\text{样品重 1 克}} \times 100\%$$

式中 N ——盐酸标准液精确当量浓度；

⑥、⑧——下表所列滴定 CaO 及 MgO 消耗 HCl 标准液数量毫升；

0.028, 0.020——分别为氧化钙及氧化镁毫升克当量，克毫升。混合计算时采用氧化钙当量值，因它所占比例较大，而两值相差不多。

活性氧化钙和氧化镁含量试验记录表

试样编号				试样来源					
试样名称				拟作用途					
试验次数	称量瓶重量 (克)	瓶与石灰试样的合重 (克)	石灰试样的重量 (克)	滴定 CaO 所消耗 HCl 的数量 (毫升)	石灰中 CaO 含量 (%)	滴定 MgO 所消耗的 HCl 的数量 (毫升)	石灰中活性 MgO 的含量 (%)	活性 $\text{CaO} + \text{MgO}$ 含量 (%)	
①	②	③	④	⑤=④-③	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩

试验者：_____日期：_____；复核者：_____日期：_____

试验法 4—3 材料含水量测定方法

一、常规测定

1. 适用范围

本方法适用在拌和厂及工地现场测定石灰稳定类基层用砂石材料，粉煤灰、土、煤渣、水淬渣及煤渣石灰类混合料、粉煤灰石灰类混合料等材料含水量。

2. 主要仪具

(1) 称量设备，细粒材料用托盘天平，称量 2 公斤，感量 0.2 克；40 毫米以上粗粒材料用台磅，称量 50 公斤，感量 0.05 公斤。

(2) 加热设备（炉子、电炉等）或烘干设备（电烘箱、红外线干燥箱、烘箱等）。

(3) 铁炒锅及炒铲。

(4) 盛样品容器，如搪瓷盘、金属盘、锅等。

3. 试样重量：按表 1.1 规定数量称取试样：

含水量试验用矿质试样重 表 1.1

矿料最大颗粒直径（毫米）	试 样 重 量（公斤）
20	1.0
40	1.5
80	3.0
80 以上	10.0

4. 试验步骤

(1) 按四分法及表 1.1 规定称取湿试样，并记录准

确重量为 **A**，如果取的试样不能立即称样，须放在有盖的容器中密封以防其中水分蒸发。

(2) 将称过的湿试样炒干或烘干至恒重为止。(烘箱烘干一般需过夜)。

(3) 炒干或烘干的试样冷却后，再称其重量为 **B**。

(4) 计算公式：

$$\text{材料含水量}\% = \frac{A-B}{B} \times 100\%$$

(5) 试验结果以两次重复试验的平均值为准。

二、细料快速测定（红外线灯法）

1. 适用范围

本方法适用于快速测定石灰、粉煤灰、土及其混合料等细颗粒矿质材料的含水量。一般用于拌和厂及工地现场。

2. 试验仪器

(1) 天平，称量 100 克，感量 0.01 克。

(2) 红外线灯具电源，包括石棉垫板。

(3) 铝盒。

(4) 搪瓷盘（或铝盘等）和干燥箱。

(5) 取样用铲等。

3. 试验方法

(1) 取样：从料堆（刮去表面）的底部和 1 米、2 米高处层内，各取约 200 克代表性湿试样，将其放在搪瓷盘内拌匀。

(2) 从搪瓷盘中按四分法各称取重约 20 克的湿试样，分别装入已知重量的 A_1 和 A_2 的干铝盒中，加盖后分

别称出湿试样和铝盒的合重为 B_1 和 B_2 ，准确至 0.01 克。

(3) 铝盒取盖后放在石棉垫上，调节灯具使红外线灯泡表面距试样 5~10 厘米左右（但不得与铝盒相碰）。

(4) 开启电源，烘烤 10~15 分钟后将铝盒移动换位一下，再烘烤 10~15 分钟，然后将铝盒移入干燥器。冷却后称重（准确到 0.01 克）。并予以记录。再取出烘 10~20 分钟，然后移入干燥器内冷却。冷却后再称取试样和铝盒的合重，并予以记录。如此反复，直到一次与前一次称重比较，接近恒重，取其值相应为 C_1 及 C_2 。

4. 计算

(1) 含水量计算公式：

$$\text{材料含水量}\% = \frac{B-C}{C-A} \times 100\%$$

(2) 试验结果应为两次重复试验的平均值，两次试验结果的差值应不超过 2%。

5. 酒精法代红外线

在无电源时，也可用酒精燃烧法来测定。即按“红外线灯法”取样，并称重约 20 克，分别装入已知重量的干铝盒中。然后用滴管将酒精滴入试样中，至试样表面可以看见酒精为止。点燃酒精，一直烧到火焰熄灭。如此燃烧 2~4 次，盖好盒盖，放入干燥器中冷却，称其干重，求得含水量，计算公式同 4。

试验法 4—4 粒料筛析试验

一、适用范围

本试验法适用于筛析拌制煤渣石灰、粉煤灰石灰等类

混合料用的煤渣、碎石、砾石、稳定的冶金矿渣等材料。土的颗粒分析应按常规土工试验法测定，不包括在本试验法之内。

二、说明

粒料的筛析试验目的是测定各种尺寸颗粒的含量，便于了解粒料各级尺寸颗粒的搭配情况，即所谓级配。通过筛析试验可计算出各级粒料的分计筛余百分率和累计筛百分率。以颗粒尺寸为横坐标（对数），累计筛百分率为纵坐标，绘制出筛分曲线。

三、试验仪具

1. 烘箱，最高温度为 200°C ，并有自动调温设备。
2. 台称或天平，称量与感量根据粒料的粒径决定。
3. 标准筛。

(1) 大于 5 毫米的粗粒料用圆孔筛，各级筛孔尺寸及分档可按当地习用标准。筛子的筛框内径为 250 毫米。下表各级筛孔尺寸可作参考，但不一定限用此孔径值，例如净孔尺寸亦可采用 65、35、12.5 毫米等。

筛 孔 径 (净孔)(毫米)	100	80	70	60	50	40	30	25	20	15	10	5	2.5
筛 孔 数 (个)	3	4	5	7	7	19	37	61	73	121	301	931	
孔距(中一中) (毫米)				80	66	50	35	30	25	18	13	7.5	5.0
金属板厚度 (毫米)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0

(2) 小于 5 毫米的细粒料，可采用各级黄砂筛子，

孔径的分级及尺寸可按当地习用标准。

四、试验方法

1. 用四分法取样，试样经烘干（或风干）后备用。
2. 按下表规定取试样：

粒料最大粒径 (标准尺寸)	工地取样至少 (公斤)	试验用大约数量 (公斤)
75~50	40	20
50~35	30	15
35~25	25	12
25~15	20	10
15~5	15~10	2~4
5~2	4	0.5
2毫米以下	2	0.2~0.1

3. 准确称取试样重量 g_0 ，按筛孔大小的顺序过筛，直到每分钟的通过量不超过筛余量的 1% 为止。但每号筛上筛余层的厚度应不大于最大粒径，如超过，应将该号筛上的筛余试样分成两份，再次进行筛分。过筛细粒料时，亦可采用摇筛机，振荡摇筛 15 分钟。

4. 称取各筛筛余的重量为 g_1 。注意不得用于挤压筛料通过筛子。

5. 计算分计筛余百分率和累计筛余百分率，并绘制级配曲线。

(1) 分计筛余百分率，各筛号上的筛余量除以试样重量，以 % 表示，计算至 0.1%。

(2) 累计筛余百分率，该号筛上分计筛余百分率与大于该号筛的各号筛上分计筛余百分率之和，计算至 0.1%。

(3) 根据累计筛余百分率的计算结果, 绘制级配曲线;
有时采用通过百分率来绘制级配曲线, 其换算关系式如下:

$$\text{通过百分率} = 100 - \text{累计筛余百分率}。$$

五、试验记录

粒料筛分析试验记录表

试样编号	字第 号	试样来源						
集料名称			初拟用途					
试 样 重 量	筛孔直径 d_i (毫米)	各筛存留重量 g_i (克)				各筛累计 存单重量 a_i (克)	累计筛余 (%) A_i	通过 (%) B_i
		I	II	III	平均			
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨

试验者: _____ 日期: _____; 复核者: _____ 日期: _____

试验法 4—5 煤渣和粉煤灰的烧失量试验

一、适用范围

本方法适用于测定拌制煤渣石灰、粉煤灰石灰混合料用的煤渣和粉煤灰烧失量, 以测定其未燃尽煤及其他有机

二、试验仪器

1. 高温炉，温度范围 300~1000℃。
2. 分析天平，称量 100 克，精度 0.1 毫克。
3. 筛，筛孔 1.2 毫米，0.3 毫米。
4. 研钵。
5. 干燥箱：温度范围 100~110℃。

三 试样制备

取有代表性煤渣约 2 公斤，将大块打碎，用四分法分至 500 克，放入干燥箱内在 105℃ 温度下烘 2 小时，冷却后将煤渣粉碎，通过 1.2 毫米筛孔，继用四分法缩分为 20~30 克放入干燥器内备用。粉煤灰样品取样及分样方法同上，但可省略研钵磨细的步骤。

四、试验方法

称取 5 克试样放入已恒重的坩埚中，盖上坩埚盖并略留缝隙放入高温炉中，从低温升至 900℃，并保持半小时，取出，放入干燥器中冷却至室温，称重，然后继续放入 900℃ 高温炉中灼烧，冷却，称重。如此反复，直至恒重为止。每组试样不少于三个。

五、计算

烧失量按下式计算：

$$S\% = \frac{G_1 - G_2}{G_1} \times 100$$

式中 S ——煤渣或粉煤灰的烧失量，%；

G_1 ——灼烧前试样重，克，

G_2 ——灼烧后试样重，克。

六、试验记录

烧失量试验记录表

试样编号:

试样来源:

试样名称:

拟作用途:

编号	坩埚重 G_0 (克)	灼烧前试样重 G_1 (克)	灼烧后坩埚与试样重 G_2 (克)	灼烧后试样重 G_3 (克)	烧 失 量 $S\% = \frac{G_1 - G_3}{G_1} \times 100\%$	烧失量 平均值

试验法 4—6 石灰类混合料最大干容重 和最佳成型含水量试验

一、适用范围

本方法适用于测定煤渣石灰、粉煤灰石灰等石灰稳定类混合料的用压路机压实成型时的最佳含水量和相应的最大干容重。

二、说明

石灰稳定类材料压得愈密实，一般其强受愈大，但要

压到需要的密实度，在混合料中需要有适当的含水量，过湿过干均不能达到要求的密实度，此外，压实的机械效能不同，其最佳压实含水量值和能够达到的最大干容重值也不同。各地可根据实际情况，选用下列试验方法。

三、标准试验法

按一般常规方法进行（可参照国家城建总局 **CJJ1—81** 《市政工程质量检验评定暂行标准》）。

四、重锤试验法

1. 试验仪器

(1) 标准击实仪（容积 997 厘米³）一套。

(2) 天平，称量 200 克，感量 0.01 克，称量 2000 克，感量 1 克。

(3) 台秤，称量 10 公斤，感量 5 克。

(4) 筛，孔径 5 毫米。

(5) 其他，喷水设备、烘箱及盛试样铝盒等。

2. 材料准备

将原材料分别通过 5 毫米筛孔、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. 试验步骤

(1) 将击实仪放在坚实地面上，取制备好的试样（其量应使击实后试样略大于筒高的 1/5 为度）倒入筒内，整平其表面，并用圆木板稍加压紧，然后按每层击实 27 次进行击实，击实时击锤应自由垂直落下，落高为 45 厘米，锤重 4.5 公斤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、第三层及第

四、五层的击实，击实后超过击实筒的余料高度不得大于6毫米。

(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1克。

(3) 用推料器推出击实筒内试样，从试样中心处取2个各约20克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%。求试件的干容重。

(4) 如此重作数次（一般不少于5次），每次增加含水量约2%，一直做到水分增加而试件容重开始降低为止。注意每次装筒的混合料重量要大致相当，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容重：

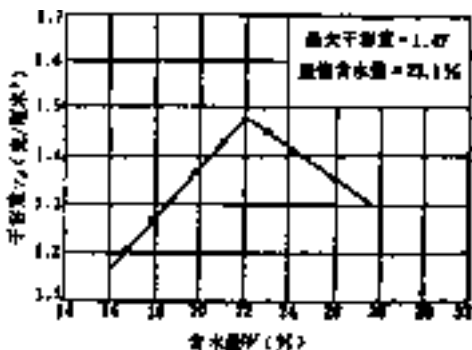
$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1+W}$$

式中 γ_d ——干容重（克/厘米³）；

γ ——湿容重（克/厘米³）；

W ——含水量（%）。

以干容重为纵座标，含水量为横座标，绘制干容重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容重和最佳含水量，如 $\gamma_d \sim W$ 关系曲线图。



γ_d-W 关系曲线图

试验法 4—7 粉煤灰石灰、煤渣石灰 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，取工地已拌好的材料制成试件，作抗压强度试验，作为评定基层质量的依据。

二、试验仪器

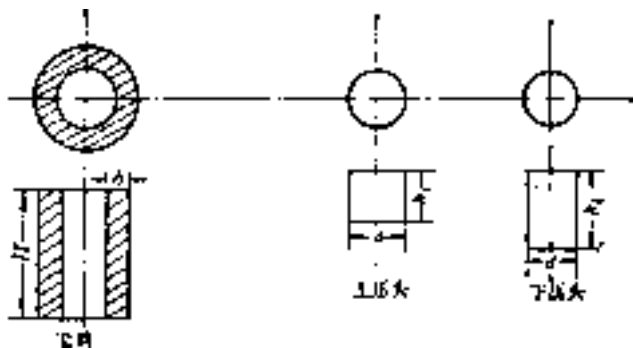
1. 油压机 20 吨左右一台，压制试件用。如无，可用成型架一架和 15~20 吨千斤顶一台代替。

2. 压力试验机 2~5 吨一台准确到 10 公斤，测定抗压强度用（如拌和厂配备此项设备有困难，可将恒温处理后试件，送专业试验部门进行饱水和加压）。

3. 成型试模，为圆柱状试模（需要淬火），至少三套（见下图），尺寸要求如下表。

成型试模尺寸表 (毫米)

标准尺寸	适用材料	d'	d	H_1	h_1	h_2	σ	试样截面面积
7 厘米试模	煤渣或粉煤灰石灰混合料	71.4	71.0	170	50	80	12	42 厘米 ²
10 厘米试模	煤渣或掺粒料粉煤灰、石灰混合料	101.0	100.5	180	50	90	12	80 厘米 ²
5 厘米试模	粉煤灰石灰(土)混合料	50.5	50.0	130	40	80	10	20 厘米 ²



4. 试件脱模机一台。
5. 托盘天平一架，2000 克，精度 0.2 克。
6. 恒温烘箱一台，恒温范围 50~150℃，精度±1℃。
7. 称料用搪瓷盘、拌料用盘或锅、铲子、捣棒（弹形头圆棒或凿子）塑料布、量筒等。

8. 定体积量器量各种原材料用。

三、试样采集

取工地已拌和完毕有代表性的混合料，每 1000 米² 路

段取样不少于成型 6 个试件的重量，用塑料袋密封后，记录试样采集桩号送试验室。

四、试件制备

1. 将自然含水量的土，煤渣或粉煤灰及消解石灰各通过 5 毫米筛。

2. 按规定的体积配合比，量入各种原材料到拌和盘或锅，其数量以能至少制备三只试件为度。

3. 先把各材料拌和数遍，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，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。

4. 根据混合料的大约干容重和实有含水量，估算出每只湿试样重（5 厘米试件以 100 厘米³ 计；7 厘米试件以 280 厘米³ 计；10 厘米试件以 800 厘米³ 计），然后分盘称重。

5. 将湿混合料分两次装入涂油的试模中，试模的选择见上表，每次装料后用捣棒捣实若干次。混合料装定后放上压头。

6. 把试件在 1 分钟内均匀地加载到 120 公斤力/厘米² 的成型压力（5 厘米的试件为 2.4 吨；7 厘米试件为 4.8 吨；10 厘米试件为 9.6 吨）稳定 3 分钟后卸载、脱模（将试件推出）并编号。

7. 将从试模中推出的成型试件用尺量测试件高度，精确到 0.1 厘米。（若成型试件过高或过低，则可根据公式计算： $\frac{\text{试样重}}{\text{压实高度}} = \frac{\text{调整用料重}}{\text{标准高度}}$ ；例：煤渣石灰的计算试样重为 500 克，成型后煤渣石灰试件高度 6.5 厘米，而标

准高度为 7 厘米，应如何调整用料？

解：设调整用料重为 x ，则 $\frac{500}{6.5} = \frac{x}{7}$ ；

$$x = \frac{500 \times 7}{6.5} = 538 \text{ 克}$$

答：调整用料重应为 538 克。

8. 称试件重 W_1 ，精确到 0.2 克。

9. 试件一组共 6 只，分成 A、B 组予以编号并标上制模日期。

五、试验方法

1. 28 天抗压强度 (R_{28}) 测定。

(1) 将 A 组试件在室内空气中放置 24 小时，然后放入养护室养护 28 天。养护温度 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ，养护湿度 90%。

(2) 将养护试件提前一天取出，放入有一层薄砂的水池中，先加水至试件高度的 $1/3$ ，浸水 1 个半小时后，加水超出试件顶面予以饱水。

(3) 饱水 2 个半小时后将试件从水池中取出，用湿布吸吮周边多余水分。将试件放置在压力试验机球座上，压头与试件应均匀接触，以 6 毫米/分左右的加载速度加压，直至破坏。记录最大破坏荷载。

2. 快速抗压强度 ($R_{快}$) 测定供拌和厂控制日常产品质量，及工地及时了解混合料质量时用，可与 28 天强度建立对比关系。

(1) 将 B 组试件放在 $65^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ 的恒温烘箱内保温 20 ~ 24 小时后，取出冷却。

(2) 把冷却后试件放入有一层薄砂的水池中，先加

水至试件高度的 $1/3$ ，浸水 1 个半小时后，加水超出试件顶面予以饱水。

(3) 饱水 2 个半小时后将试件从水池中取出，用湿布吸吮周边多余水分。将试件放置在压力试验机球座上，压头与试件应均匀接触，以 6 毫米/分左右的加载速度加压，直至破坏。记录最大破坏荷载。

六、计算

$$\text{抗压强度 } R_{\text{快}} = \frac{\text{最大荷载}}{\text{浸压面积}}; (\text{公斤力/厘米}^2)$$

$$\text{抗压强度 } R_{28} = \frac{\text{最大荷载}}{\text{浸压面积}};$$

试验法 4—8 石灰类混合料压实密实度测定（灌砂法）

一、适用范围

本方法适用于现场测定石灰稳定类基层压实后密实度（即容重）。

二、仪器

1. 磅称或天平，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，清洁干净。

3. 量筒 1000 毫升或 2000 毫升一只。

4. 薄绸布一大块。

三、试验步骤及计算

1. 在压实的路面结构层上挖一试坑，试坑的大小根据被测定材料的均匀性和颗粒大小而异，一般约为 10 厘米～

40 厘米直径圆坑，试坑要挖到结构层全深度。将挖出的材料称得重量 **A**。材料挖出后，应即取样测含水量（湿试样要立即称取）。

2. 在用砂测量体积前用薄绸布先松弛地放入试坑，将干砂用量筒一筒一筒量体积后倒入试坑，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. 用下式计算湿容重：

$$\text{湿容重} = \frac{A}{B}$$

式中 **A**——掘出试样的材料重（克或公斤）；

B——试样体积（厘米³或升）。

干容重按下式计算：

$$\text{干容重} = \frac{\text{湿容重}}{1 + \text{含水量}}$$