

中华人民共和国行业标准

# 粉煤灰石灰类道路基层施工 及验收规程

**Specification for Construction and Acceptance of  
Flyash - Lime - Stabilized Materials for Road Base**

**CJJ 4—97**

1998 北 京

中华人民共和国行业标准

# 粉煤灰石灰类道路基层施工及验收规程

**Specification for Construction and Acceptance of  
Flyash - Lime - Stabilized Materials for Road Base**

**CJJ 4—97**

主编单位：天津市市政工程研究院

批准部门：中华人民共和国建设部

施行日期：1998年3月1日

1998 北 京

# 关于发布行业标准《粉煤灰石灰类道路基层施工及验收规程》的通知

建标 [1997] 239 号

根据建设部建标 [1992] 732 号文的要求，由天津市市政工程研究院主编的《粉煤灰石灰类道路基层施工及验收规程》，业经审查，现批准为行业标准，编号 **CJJ 4—97**，自 1998 年 3 月 1 日起施行。原城乡建设环境保护部部标准《粉煤灰石灰类道路基层施工暂行技术规定》（**CJJ 4—83**）同时废止。

本标准由建设部城镇道桥标准技术归口单位北京市市政设计研究院负责归口管理，具体解释等工作由主编单位负责，由建设部标准定额研究所组织出版。

中华人民共和国建设部

1997 年 9 月 23 日

# 目 次

1	总则 .....	1
2	原材料 .....	2
2.1	粉煤灰 .....	2
2.2	石灰 .....	2
2.3	土 .....	3
2.4	集料 .....	3
2.5	水 .....	4
3	混合料 .....	5
3.1	组成类型与应用混合料 .....	5
3.2	“悬浮状态”检验公式 .....	5
3.3	配合比 .....	6
3.4	最佳含水量和最大干密度 .....	7
3.5	抗压强度与应用 .....	7
3.6	抗压回弹模量设计参数与路面结构组合 .....	8
4	施工 .....	10
4.1	准备工作 .....	10
4.2	配料 .....	10
4.3	含水量要求 .....	11
4.4	拌和 .....	11
4.5	摊铺整型 .....	12
4.6	碾压 .....	13
4.7	早期养护 .....	15
4.8	雨季施工措施 .....	15
4.9	提高混合料早期强度措施 .....	16
4.10	低温施工措施和低温施工条件 .....	16
4.11	基、面层结合措施 .....	17
4.12	改善基层缩裂性质措施 .....	17

<b>5 质量标准与检查验收</b> .....	<b>18</b>
附录 A 石灰活性氧化钙含量测定 .....	20
附录 B 石灰活性氧化钙和氧化镁含量测定 .....	23
附录 C 集料压碎值试验方法 .....	25
附录 D 粉煤灰石灰类混合料最大干密度和最佳含水量测定 方法 .....	29
附录 E 粉煤灰石灰类混合料抗压强度试验方法 .....	33
附录 F 几种常用计算公式 .....	38
附录 G 本规程用词说明 .....	40
附加说明 .....	41

# 1 总 则

**1.0.1** 为贯彻执行国家有关技术经济政策,推广利用工业废料粉煤灰修筑道路基层,统一施工及验收标准,做到技术先进,经济合理,保证工程质量,制定本规程。

**1.0.2** 本规程适用于各等级道路沥青路面和水泥混凝土路面的粉煤灰石灰类混合料基层(含底基层和垫层)的施工及验收。

**1.0.3** 粉煤灰石灰类混合料道路基层宜选择有利季节施工。当日平均气温低于 $5^{\circ}\text{C}$ 时,不宜施工;遇有特殊情况,可采用低温施工措施或按低温条件下的规定施工。

**1.0.4** 粉煤灰石灰类混合料道路基层施工及验收除应符合本规程外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 原 材 料

### 2.1 粉 煤 灰

**2.1.1** 修筑道路基层使用的粉煤灰(硅铝灰)化学成分中的  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$  总量宜大于 70%；在温度为 700℃ 的烧失量宜小于或等于 10%。当烧失量大于 10% 时，应做试验，当其混合料强度符合要求时方可采用。

**2.1.2**  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$  总量和烧失量符合要求的新排放或陈年堆积的粗颗粒和细颗粒粉煤灰，均可采用。

### 2.2 石 灰

**2.2.1** 钙石灰与镁石灰均可使用。在有条件时可优先采用磨细的生石灰。

**2.2.2** 生石灰的  $\text{CaO} + \text{MgO}$  含量宜大于 60%，消石灰的  $\text{CaO} + \text{MgO}$  含量宜大于 50%。当石灰的  $\text{CaO} + \text{MgO}$  含量在 30%~50% 时，应通过试验选用较高石灰剂量，但剂量不宜超过 30%。石灰的  $\text{CaO} + \text{MgO}$  含量小于 30% 时，不得采用。

石灰的  $\text{CaO}$  含量或  $\text{CaO} + \text{MgO}$  含量的测定，应符合本规程附录 A 或附录 B 的规定。

**2.2.3** 消石灰应充分消解，不得含有未消解颗粒。磨细生石灰应完全粉磨，不得含有杂质。

**2.2.4** 当采用石灰类工业废料(如电石渣等)和石灰下脚料时，其适用条件可按本规程第 2.2.2 条执行。严禁采用含有有害物质的石灰类下脚料。

## 2.3 土

**2.3.1** 土的塑性指数(用 100g 平衡锥测定)宜为 11~25,并不得小于 6 或大于 30。当土的塑性指数小于 6 或大于 30 时,应采取压实混合料或粉碎土团粒的措施。

**2.3.2** 当温度为 700℃时,土中有机质含量应小于 8%。硫酸盐含量宜小于 0.8%。

注:有机质和硫酸盐含量分别指其与土的重量比。

## 2.4 集料

**2.4.1** 集料系指碎石、砾石、砂砾、高炉矿渣、碎砖和稳定的钢渣等材料。集料的压碎值、抗压强度与适用范围,应符合表 2.4.1 的规定。

集料压碎值的试验方法应符合本规程附录 C 的规定。

集料压碎值、抗压强度与其适用范围 表 2.4.1

压碎值 (%)		抗压强度 (MPa)	适用范围
悬浮密实型混合料	骨架密实型混合料	悬浮密实型混合料	
≤35	≤30	—	快速路和主干路的基层
≤40	≤35	—	次干路、支路的基层和快速路、主干路的基层
—	—	≥7.5	

注:碎石、砾石、砂砾、高炉矿渣和钢渣用压碎值,碎砖用抗压强度。

**2.4.2** 悬浮密实型混合料中集料的最大粒径不应大于 50mm,并应小于混合料每层压实厚度的 1/3。骨架密实型混合料中集料的最大粒径不应大于 40mm,并应小于混合料每层压实厚度的 1/3,集料应有级配。

**2.4.3** 集料的表面应清洁,不得粘附泥土。



## 2.5 水

**2.5.1** 消解石灰、拌制混合料和混合料基层养生应采用清洁的地面水、地下水、自来水及 pH 值大于 6 的水。

## 3 混 合 料

### 3.1 组成类型与应用

**3.1.1** 粉煤灰石灰类混合料的组成设计应符合下列规定：

**3.1.1.1** 混合料的结构组成应具有良好压实性；

**3.1.1.2** 混合料的配合比组成应能使压实混合料的加固很快达到设计强度。

**3.1.2** 混合料的结构组成具有良好压实性的三种类型，应符合下列规定：

**3.1.2.1** 悬浮密实型混合料：混合料中细料的压实体积应大于集料在疏松状态时的空隙体积，即集料在压实混合料中处于“悬浮状态”。

**3.1.2.2** 骨架密实型混合料：混合料中细料的压实体积应“临界”于级配集料在压密状态下的空隙体积，集料在压实混合料中有一定“骨架作用”。

**3.1.2.3** 密实型混合料：由结合料与几种细料组成的任何配合比的混合料应具有良好压实性。

**3.1.3** 悬浮密实型混合料中的集料用量应控制在 50% 左右，最大粒径较大，颗粒强度可较低，不要求有级配，适用于各等级道路的基层和底基层。骨架密实型混合料中的集料用量应控制在 75% 以上，最大粒径较小，应有级配，宜用于铺筑快速路和主干路的基层。密实型混合料能获得较好的经济效益，可根据具体条件和要求选用。

### 3.2 “悬浮状态”检验公式

**3.2.1** 悬浮密实型混合料中的集料在压实混合料中的“悬浮状

态”可采用下式检验。

$$\frac{m+n}{\rho} > k \cdot p \cdot \left( \frac{1}{W} - \frac{1}{G} \right) \quad (3.2.1)$$

式中  $W$ ——集料干松密度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )；

$G$ ——集料毛体积密度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )；

$m$ ——粉煤灰在混合料中占总干重的百分数；

$n$ ——石灰在混合料中占总干重的百分数；

$p$ ——集料在混合料中占总干重的百分数；

$\rho$ ——混合料中粉煤灰石灰的最大干密度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )；

$k$ ——为“悬浮系数”，当  $p=30$  时， $k=1$ ；当  $p=70$  时， $k=2$ ；当  $p$  为其他值时，采用直线插入法取  $k$  值。

### 3.3 配合比

**3.3.1** 粉煤灰石灰集料混合料中粉煤灰与石灰的比例宜为 2 : 1（当集料用量为 70% 以上时）至 5 : 1（当集料用量为 50% 左右时）。当混合料中无集料时，粉煤灰（或粉煤灰土）与石灰的比例宜为 3 : 1 至 10 : 1。

**3.3.2** 粉煤灰石灰类混合料的最佳配合比应通过试验决定。当受条件限制做试验有困难时，可按表 3.3.2 选用。

粉煤灰石灰类混合料配合比 表 3.3.2

混 合 料		配 合 比 (质量比, 总干重百分数, %)
类型	种 类	
密实型	粉煤灰石灰	75 : 25 ~ 85 : 15
	粉煤灰石灰土	35 : 9 : 56, 40 : 12 : 48
	石灰土	10 : 90 ~ 12 : 88
悬浮密实型	粉煤灰石灰碎(砾)石	33 : 7 : 60, 50 : 10 : 40
	粉煤灰石灰高炉矿渣	45 : 10 : 45
	粉煤灰石灰砂砾	38 : 12 : 50
	粉煤灰石灰钢渣	33 : 7 : 60, 46 : 9 : 45
	粉煤灰石灰碎砖	50 : 10 : 40
骨架密实型	粉煤灰石灰集料 (集料含碎石、砾石、矿渣、砂砾和钢渣)	10 : 5 : 85, 20 : 7 : 73

**3.3.3** 当混合料中集料用量在 75% 以上时, 可用 1%~3% 水泥取代部分石灰, 这种混合料宜用于铺筑快速路和主干路的基层。

### 3.4 最佳含水量和最大干密度

**3.4.1** 粉煤灰石灰类混合料的最佳含水量和最大干密度应用重型击实仪通过试验确定。并应采用本规程附录 D 的方法测定。

**3.4.2** 悬浮密实型粉煤灰石灰集料混合料的最大干密度和最佳含水量, 当不使用现有的试验仪器和试验方法准确测定时, 可按下列公式计算:

$$\rho_0 = \frac{G \cdot \rho}{(m+n) \cdot G + p \cdot \rho} \cdot \beta \quad (3.4.2-1)$$

$$\omega_0 = \frac{W_1 + W_2}{W_c} \times 100 (\%) \quad (3.4.2-2)$$

式中  $\rho_0$ ——粉煤灰石灰集料混合料最大干密度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ );

$\beta$ ——折减系数, 一般用 0.98;

$\omega_0$ ——粉煤灰石灰集料混合料最佳含水量 (%);

$W_c$ ——粉煤灰石灰集料混合料总干质量 (g);

$W_1$ ——粉煤灰石灰混合料最佳含水量 (g);

$W_2$ ——集料面干饱和含水量 (g)。

### 3.5 抗压强度与应用

**3.5.1** 粉煤灰石灰类混合料 7d 龄期抗压强度应符合表 3.5.1 的规定。

抗压强度的试验方法应符合本规程附录 E 的规定。

混合料 7d 龄期抗压强度 (MPa)

表 3.5.1

应用层位 \ 道路种类	快速路和主干路	次干路	支路
基层	$\geq 0.70$	$\geq 0.55$	$\geq 0.50$
底基层	$\geq 0.50$	$\geq 0.45$	—

注: 试件在温度  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  和湿度大于 90% 条件下湿养养生后的饱水抗压强度。

**3.5.2** 粉煤灰石灰类混合料 28d 龄期抗压强度, 要求快速路、主干路的基层抗压强度不得小于 1.75MPa; 次干路基层抗压强度不得小于 1.38MPa。

### 3.6 抗压回弹模量设计参数与路面结构组合

**3.6.1** 粉煤灰石灰类混合料抗压回弹模量设计参数值应符合表 3.6.1 的规定。

抗压回弹模量设计参数值 ( $E_c$ ) 表 3.6.1

混合料	$E_c$ (MPa)	使用要求
粉煤灰石灰集料	600~750	当集料为碎石、砾石、高炉矿渣或钢渣时, 取高值; 当集料为砂砾或碎砖时, 取低值
集料石灰土	450~600	
粉煤灰石灰	400~600	当石灰和粉煤灰用量较大时, 取高值; 反之, 取低值
粉煤灰石灰土	350~500	
石灰土	200~300	石灰剂量: 12%时, 取高值; 8%时, 取低值
配料条件	表中各种类混合料的配合比, 应符合本规程第 3.1.1 条的混合料组成设计规定	
养生条件与龄期	在温度 $20\pm 1^\circ\text{C}$ 和湿度大于 90% 下, 养生 90d 龄期	

**3.6.2** 粉煤灰石灰类混合料基层的沥青路面结构组合典型模式及其适用范围可按表 3.6.2 选用。

沥青路面结构组合典型模式及其适用范围 表 3.6.2

城市道路		沥青路面			
等级	种类	沥青面层厚度 (cm)	石灰加固类基层厚度 (cm)		
			基层	底基层	垫层
I	快速路和主干路	12~15	15~20 (A)	15 (B、C、D)	$h$ (E)
II	次干路	8~11	15 (A、B、C)	15 (D、E)	$h$ (E)
III	支路	4~7	15 (A、B、C、D、E)	—	$h$ (E)

注: 1. 括号内代号为适用范围。

A—粉煤灰石灰集料; B—粉煤灰石灰; C—集料石灰土; D—粉煤灰石灰土; E—石灰土;  $h$ —厚度。

2. 凡能用于基层的混合料, 均能用于底基层或垫层; 凡能用于底基层的混合料, 均能用于垫层。

**3.6.3** 粉煤灰石灰类混合料基层的沥青路面厚度应按现行行业标准《城市道路设计规范》(CJJ37)的有关规定进行计算。

**3.6.4** 粉煤灰石灰类混合料基层的水泥混凝土路面结构组合模式及其适用范围可按表 3.6.4 选用。

水泥混凝土路面结构组合模式及其适用范围 表 3.6.4

城市道路		水泥混凝土路面	
等级	种类	水泥混凝土面层厚度 (cm)	石灰加固类基层厚度 (cm)
I	快速路 主干路	根据设计计算	15~20 (A、C、D)
II	次干路		10~15
III	支路		(B、D、E)

注：凡能用于快速路和主干路基层的混合料，均能用于次干路和支路的基层。

## 4 施 工

### 4.1 准 备 工 作

**4.1.1** 新建道路路床质量应符合现行行业标准《市政道路工程质量检验评定标准》(CJJ1—90)的有关规定。

**4.1.2** 旧路加铺混合料时,旧路上泥土杂物和松散集料等应清理干净。干燥路段需用水润湿。局部坑槽应修补夯实。

**4.1.3** 备料可分路床备料和集中备料两种。在能封闭交通道路时,可采用路床备料;当施工场地狭小时,可采用集中备料或厂拌混合料。

**4.1.4** 各种原材料应根据工程进度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程规定。

**4.1.5** 钙质石灰应在用灰前 7d、镁质石灰应在用灰前 10d 加水充分消解,严禁随消解随使用。消解石灰应掌握用水量,使石灰能充分消解,并保持含水量在 25%~35%。消解生石灰用水量可为生石灰重的 65%~80%。

**4.1.6** 湿排粉煤灰含水量大于 40%时应堆高沥水,干排粉煤灰应加水润湿,其含水量均宜保持在 25%~35%,并应防止雨淋或灰粉飞扬。

### 4.2 配 料

**4.2.1** 配料可按下列三种方法进行:

**4.2.1.1** 质量法——根据混合料质量比、一次拌和混合料总干质量和各种原材料含水量,用本规程附录 F 中式 (F.0.1.1) 算出各种原材料湿质量,然后按各湿料质量称料掺配成混合料。快速路和主干路的基层混合料,应采用质量法配料施工。

**4.2.1.2** 体积法——根据混合料质量比、各种原材料湿松密度和含水量，用本规程附录 F 的式 (F.0.1.2) 换算为体积比，用容器按比例量取各种原材料掺配成混合料。体积法适用于拌和少量混合料。

**4.2.1.3** 层铺法——根据混合料质量比和最大干密度、各种原材料湿松密度和含水量，及混合料压实层厚和压实度等数据，用本规程附录 F 中式 (F.0.1.3) 计算各种原材料松铺厚度，以此控制各层原材料摊铺厚度。层铺法适用于机械路拌。

**4.2.2** 根据原材料含水量变化，应随时计算调整各种材料用量。

### 4.3 含水量要求

**4.3.1** 施工中，当混合料含水量小于最佳含水量时，应适量加水。加水量和加水次数应根据当时气候条件和原材料含水量而定，并使加水后混合料含水量略高于最佳含水量。

**4.3.2** 人工拌和或机械厂拌宜用压力喷头加水。机械路拌可用洒水车或其他洒水工具将水均匀喷洒。可随拌和随加水，也可一次加水后闷料 8~12h，再进行拌和。

**4.3.3** 混合料中水分过多时应晾晒风干，使含水量接近最佳含水量。

**4.3.4** 混合料的加（或减）水量应根据混合料湿重、实际含水量和最佳含水量等数据采用本规程附录 F 中式 (F.0.2) 计算。

### 4.4 拌 和

**4.4.1** 粉煤灰石灰类混合料的拌和方式，应符合下列规定：

**4.4.1.1** 混合料量少时，可采用人工拌和；

**4.4.1.2** 对基层质量要求高、城市环境保护严和地下管线较多的快速路和主干路，应采取机械厂拌和法拌和混合料；

**4.4.1.3** 对施工场地开阔或需要利用现场土等原材料时，可用机械路拌和法拌和混合料；也可在路床外场地用机械集中拌和混合料。



**4.4.2** 机械厂拌和法是采用强制式拌和机、粉碎机、皮带运输机和装载机等设备拌和，拌和均匀的混合料应卸至储料场（或仓）待运。在装运混合料当粗、细料有离析现象时，应用装载机翻拌均匀后，再运至工地摊铺。

在干燥地区或遇干热天气，由于混合料在储存、运输和摊铺时蒸发失水，拌和含水量应高于最佳含水量的 2%~5%。

混合料宜随拌和，随运输、随摊铺、随压实。

**4.4.3** 机械路拌和法是由下至上按顺序分层摊铺集料、细料、结合料等原材料，各层材料摊铺后应整平。宜采用专用稳定土拌和机拌和均匀，也可用拖拉机带多铧犁和旋转犁或圆盘耙相配合翻拌均匀。

用机械路拌和法拌和混合料，对机械不易拌到之处，应辅以人工拌和均匀。

在路外场地用机械拌和混合料的方法，与机械路拌和法类同。

**4.4.4** 人工路拌和宜采用条拌法。将各种原材料分铺成条形后，边翻拌边前进，翻拌数遍直至拌和均匀。

**4.4.5** 混合料从拌和均匀到压实时间应根据不同温度混合料水化结硬速度而定，当气温在 20℃以上时，不宜超过 2~1d；当气温在 5~20℃时，不宜超过 4~2d。用水泥取代部分石灰的混合料，从开始拌和至压实时间，应在 5~8h 内完成。

**4.4.6** 拌和均匀的粉煤灰石灰类混合料中，不应含有大于 15mm 的土团粒和大于 10mm 的石灰或粉煤灰团粒，以及大于本规程第 2.4.2 条中规定最大粒径的集料。拌和后的混合料应均匀，无夹心，集料无离析现象。

## 4.5 摊铺整型

**4.5.1** 当拌和均匀的粉煤灰石灰类混合料摊铺整型时含水量允许偏差应符合表 4.5.1 的规定。

**4.5.2** 应将拌和均匀、含水量符合本规程表 4.5.1 规定的混合料按设计断面和松铺厚度均匀摊铺于路床内。松铺厚度应为压实厚

度乘压实系数，并可用本规程附录 F 中式 (F. 0. 3) 计算。

混合料摊铺整型时含水量允许偏差 表 4. 5. 1

混合料种类	含水量允许偏差
粉煤灰石灰	+1% $\omega_0$ -5%
粉煤灰石灰土	$\omega_0 \pm 2\%$
粉煤灰石灰集料 集料 50%左右 集料 70%以上	+1% $\omega_0$ -3% $\omega_0 \pm 1\%$

注： $\omega_0$  为混合料最佳含水量。

粉煤灰石灰类混合料压实系数宜由试铺决定，亦可采用表 4. 5. 2 中数值。

粉煤灰石灰类混合料压实系数 表 4. 5. 2

人工拌和人工摊铺		机械拌和机械摊铺	
不含集料	含集料	不含集料	含集料
1. 6~1. 9	1. 4~1. 6	1. 3~1. 5	1. 2~1. 4

4. 5. 3 粉煤灰石灰类混合料摊铺整型后应封锁交通，并应立即进行压实。

## 4. 6 碾 压

4. 6. 1 粉煤灰石灰类混合料每层压实厚度应根据压路机械的压实功能决定，并不得大于 20cm，且不得小于 10cm。若采用振动力大的重型振动压路机碾压时，每层压实厚度可增至 25cm。

4. 6. 2 人工拌和人工摊铺整型的混合料应先用 6~8t 两轮压路机、轮胎压路机或履带拖拉机在基层全宽内进行碾压。直线段应由两侧路肩向路中心碾压；平曲线段应由内侧路肩向外侧路肩碾压。碾压 1~2 遍后，可再用 12~15t 三轮压路机或振动压路机压实。

**4.6.3** 机械拌和、机械摊铺整型的混合料可直接用12~15t三轮压路机、振动压路机或轮胎压路机压实。当用振动压路机时，应先静压后再振动碾压。

**4.6.4** 用两轮压路机碾压时，每次应重叠1/3轮宽；用三轮压路机碾压时，每次应重叠后轮宽的1/2。碾压速度：光轮压路机宜为30~40m/min；振动压路机宜为60~100m/min。

**4.6.5** 最后均应碾压至混合料基层表面无明显轮迹。基层压实度应达到设计要求，当设计无规定时，应符合下列规定：

**4.6.5.1** 快速路和主干路压实度：

基层 不得小于97%；

底基层和垫层 不得小于95%。

**4.6.5.2** 次干路和支路压实度：

基层 不得小于95%；

底基层和垫层 不得小于93%。

**4.6.6** 压实混合料基层的厚度、宽度、横坡、标高和平整度应符合设计要求和本规程质量及验收标准。

**4.6.7** 初压时应设人跟机，检查基层有无高低不平之处，高处铲除，低处填平，填补处应翻松洒水再铺混合料压实。当基层混合料压实后再找补时，应在找补外挖深8~10cm，并洒适量水分后及时压实成型。不得用贴补薄层混合料找平。

**4.6.8** 在碾压中出现“弹簧现象”时，应即停止碾压，将混合料翻松晾干或加集料或加石灰，重新翻拌均匀，再行压实。碾压时若出现松散堆移现象，应适量洒水，再翻拌、整齐、压实。

**4.6.9** 当工作间断或分段施工时，衔接处可预留混合料不压实段，人工摊铺时，宜为2m，机械摊铺时，应为10m及以上。

**4.6.10** 混合料基层施工应避免纵向接缝。当分幅施工时，纵缝应垂直相接，不得斜接。

**4.6.11** 在有检查井、缘石等设施的城市道路上碾压混合料，应配备火力夯等小型夯、压机具；对大型碾压机械碾压不到或碾压不实之处，应进行人工补压或夯实。

**4.6.12** 压路机或汽车不得在刚压实或正在碾压的基层上,转弯、调头或刹车。

## 4.7 早期养护

**4.7.1** 压实成型并经检验符合标准的粉煤灰石灰类混合料基层,当经 1~2d 后,应保持潮湿状态下养生。养生期的长短应根据环境温度确定,当环境温度在 20℃以上时,不得少于 7d;当环境温度在 5~20℃时,不得小于 14d。

**4.7.2** 应浇洒乳化沥青养生,乳化沥青用量宜为 0.6~1.0kg/m<sup>3</sup>。

**4.7.3** 也可洒水养生,水应分次均匀洒布,并应以在养生期内保持混合料基层表面湿润为度,不得有薄层积水。不得用水管直接对基层表面冲水养生。温度较低时,尚应在基层上适量喷洒盐水。

**4.7.4** 养生期间应封闭交通。对个别不能断绝交通的道路,可选用集料含量大的混合料基层,并用乳化沥青养生,再按 0.3~0.5m<sup>3</sup>/100m<sup>2</sup> 的用量撒布粗砂或按约 0.5m<sup>3</sup>/100m<sup>2</sup> 的用量撒布 3~6mm 石屑后,方可开放交通:并应限制车速和交通量。

**4.7.5** 在混合料基层上铺筑沥青面层或其他结构层时,应对基层表面进行一次检查和清扫。发现局部变形、松散和污染,应及时修补清理。并宜适量洒水,保持基层表面湿润。

**4.7.6** 粉煤灰石灰类基层应在达到设计规定的结硬强度后,方可在其上铺筑沥青面层或其他结构层。在规定养生期内(7~14d)基层提前达到设计强度时,可在基层上铺筑沥青面层或其他结构层;当超过规定养生期,基层仍未达到设计强度时,应延长养生期限。

**4.7.7** 石灰加固类混合料底基层和垫层的养生,可在下层混合料压实后,采取立即覆盖上层混合料或原材料的方式进行。

## 4.8 雨季施工措施

**4.8.1** 雨季施工应集中力量分段施工,各段土基应在下雨前碾压密实。对软土地段或低洼之处,应在下雨前先行施工。路床应开挖临时排水沟。

**4.8.2** 因下雨造成土基湿软地段,可采取晾晒、换土或掺加石灰、集料等措施处理。雨天及雨后应封闭交通。

**4.8.3** 粉煤灰、石灰、土等原材料一次备料不宜太多,并应大堆存放,材料堆周围应设排水沟。

**4.8.4** 粉煤灰石灰类混合料应边拌和,边摊铺,边压实。对已摊铺好的混合料,应在下雨前或冒雨进行初压,雨停后再碾压密实。对已摊铺尚未碾压的混合料遇雨时,雨后应封闭交通,晾晒至接近最佳含水量后,再进行拌和压实。基层分层施工时,应在下雨前铺压垫层,并应防止雨水浸入土基。

## **4.9 提高混合料早期强度措施**

**4.9.1** 提高混合料早期强度可采用下列措施:

**4.9.1.1** 在混合料中掺入2%~5%水泥取代部分石灰;

**4.9.1.2** 掺加混合料总干重0.5%~1.5%的工业用液碱溶液或其他早强剂;

**4.9.1.3** 在符合混合料结构组成设计规定(本规程第3.1.1条)的前提下,可加大集料用量;

**4.9.1.4** 混合料应采用碾压成型的最低含水量的情况下压实,其最低含水量宜小于最佳含水量的1%(集料用量为85%时)至6%(集料用量为零时)。

## **4.10 低温施工措施和低温施工条件**

**4.10.1** 混合料低温(0~5℃)施工措施应符合本规程第4.9.1条的规定,但外掺材料用量应取高限,并应增加石灰剂量2%~3%,或用生石灰粉代替消石灰,也可采用氯盐降低混合料冰点。

**4.10.2** 在非重冰冻地区,路段水文条件很好,压实混合料从结冻至解冻过程中,不因外力作用(如行车、冻胀等)而使结构受到破坏;低温时采用石灰加固类材料施工,应符合下列规定:

**4.10.2.1** 在次干路和支路上可铺筑混合料垫层、底基层和基层;

**4.10.2.2** 在快速路和主干路上可铺筑混合料垫层和底基层。

## **4.11 基、面层结合措施**

**4.11.1** 粉煤灰石灰类混合料基层与其上铺筑的沥青面层应结合紧密稳定。首先，应养护好粉煤灰石灰类基层的表面层后，再采取下列措施：

**4.11.1.1** 快速路和主干路的基层上，当沥青面层较薄时，可铺筑层厚 **7cm** 及以上沥青碎石层；当沥青面层较厚时，可洒布一层结合沥青，其用量宜为 **0.6~0.8kg/m<sup>2</sup>**。

**4.11.1.2** 次干路的基层上，可洒布一层结合沥青，其用量宜为 **0.8kg/m<sup>2</sup>**。

**4.11.1.3** 支路的基层上，可洒布一层结合沥青，其用量宜为 **0.5kg/m<sup>2</sup>**，或直接在清扫洁净的基层上铺筑沥青面层。

## **4.12 改善基层缩裂性质措施**

**4.12.1** 粉煤灰石灰类混合料基层在水、温变动下，发生有规律的收缩性裂缝。控制或减少以至消除这类裂缝，可采用下列措施：

**4.12.1.1** 不用或少用土尤其是粘土等收缩性大的原材料；

**4.12.1.2** 混合料结构组成在符合本规程第 **3.1.1** 条规定前提下，可加大集料用量；

**4.12.1.3** 控制混合料基层碾压含水量，使其小于最佳含水量；

**4.12.1.4** 重视混合料基层初期湿治养生；

**4.12.1.5** 混合料基层上预设缝距和设缝工艺都选用恰当的人工收缩缝。或在基层设缝后，宜在缝上再条铺土工织物，其宽度宜为 **1m**。

## 5 质量标准与检查验收

**5.0.1** 施工中应建立健全材料试验,质量检查及工序间交接验收等项制度。每道工序完成后均应进行检验,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。

**5.0.2** 粉煤灰石灰类混合料基层质量与检查验收应符合表 5.0.2 的规定。并应做到原始记录齐全。

粉煤灰石灰类混合料基层质量与检查验收要求 表 5.0.2

项 目	质 量 标 准	检 查 要 求
石灰质量	充分消解、无杂质、 $\text{CaO} + \text{MgO}$ 大于 50% 消石灰, 60% 生石灰	每批质量相同的石灰视数量多少检查 1~3 次
石灰剂量	+2%~-1%	每拌和作业段检验不得少于 1 次, 并小于 1000m <sup>2</sup> ; 或在配料时精确控制石灰用量
粉煤灰	$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ 宜大于 70%, 烧失量宜小于 10%	每批质量相同的粉煤灰应检验 1~3 次
集料	符合本规程第 2.4.1 条、第 2.4.2 条和第 2.4.3 条	每批质量相同的集料应检验 1~3 次
土	塑性指数宜大于 6, 小于 30, 有机质应小于 8%	每批质量相同的土应检验 1~3 次
水	pH 值大于 6	每个水源应检验 1~3 次
混合料拌和均匀度	颜色均匀、无夹心、无大于 10mm 石灰、粉煤灰和大于 15mm 土团粒, 集料无离析现象	每拌和作业段检验不得少于 1 次, 并小于 1000m <sup>2</sup>
混合料摊铺整型时含水量	符合本规程第 4.5.1 条	每拌和作业段不得少于 1 处, 并小于 1000m <sup>2</sup>
混合料抗压强度	符合本规程第 3.5.1 条和第 3.5.2 条	取工地每作业段 (小于 2000m <sup>2</sup> ) 拌和好的混合料, 在试验室成型试件, 每组不得少于 6 个

项 目	质 量 标 准	检 查 要 求
压实度	快速路和主干路不得小于： <b>97%基层，95%底基层和垫层</b> ；次干路和支路不得小于： <b>95%基层，93%底基层和垫层</b>	每碾压作业段检验不得少于 1 处，并小于 <b>1000m<sup>2</sup></b>
厚度	无联结层时 <b>±10mm</b> ；有联结层时 <b>±15mm</b>	每碾压作业段检验不得少于 1 处，并小于 <b>1000m<sup>2</sup></b>
宽度	大于设计宽度	每碾压作业段检验不得少于 1 处，并不得大于 <b>50m</b>
横坡	<b>±20mm</b> ，且不得大于 <b>±0.3%</b>	每碾压作业段检验不得少于 1 处，并不得大于 <b>50m</b>
平整度	不得大于 <b>10mm</b>	用 <b>3m</b> 直尺靠量，着地间隙不得大于 <b>10mm</b> ，平顺无波浪，每 <b>20m</b> 检查 1 处
中线高程	无联结层时 <b>±10mm</b> ；有联结层时 <b>±20mm</b>	用水准仪测量，每 <b>20m</b> 一个测点
养护检查	符合本规程第 <b>4.7.1</b> 条至第 <b>4.7.6</b> 条	对全路段混合料基层进行多次普遍检查

**5.0.3** 原材料和混合料的试验或检验项目应符合表 5.0.3 的规定。

原材料、混合料质量试验或检验项目 表 5.0.3

材料	试 验 或 检 验 项 目
石灰	活性 <b>CaO+MgO</b> 含量测定。不消解颗粒测定。含水量和湿松密度试验
粉煤灰	烧失量试验。 <b>SiO<sub>2</sub>+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> 测定。含水量和湿松密度试验
土	液塑限试验。有机质测定。含水量和湿松密度试验
集料	压碎值（或抗压强度）试验。大于 <b>50mm</b> （或 <b>40mm</b> ）颗粒筛分和颗粒组成筛分析。含水量、湿松密度、毛体积密度和持水量试验。
混合料	最大干密度和最佳含水量试验（或计算）。现场拌和均匀度（目测）、含水量、湿松密度检验。工地取样成型试件，进行 <b>7d</b> 和 <b>28d</b> 龄期抗压强度试验

**5.0.4** 需快速（在 1~2d 内）决定混合料基层 28d 抗压强度时，可采用本规程附录 E 试验方法中“试件快速抗压强度测定方法”，测定试件相当于 28d 龄期抗压强度。



## 附录 A 石灰活性氧化钙含量测定

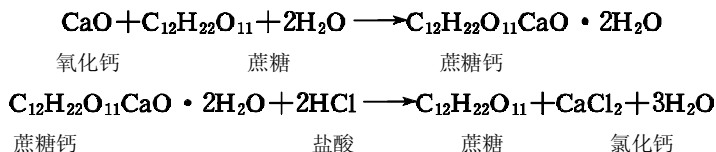
### A. 0. 1 适用范围

本试验法适用于测定粉煤灰石灰类混合料中使用石灰的活性氧化钙含量。

### A. 0. 2 说明

(1) 石灰中的活性氧化钙能与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，其精度已能满足需要。

(2) 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：



### A. 0. 3 试验仪器和试剂

- (1) 标准筛，筛孔 1mm 和 0. 15mm 各 1 个；
- (2) 称量瓶，直径 3cm，容积 20mL；
- (3) 分析天平，称量 100g，感量 0. 1mg；
- (4) 烘箱，能调节温度 100~110℃；
- (5) 干燥器，直径 25cm；
- (6) 锥形瓶，容积 250mL；
- (7) 滴定管，50mL；

- (8) 玻璃珠；研体；
- (9) 盐酸，分析纯，配制为 0.5*N* 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。

#### A. 0. 4 试验方法

(1) 将石灰试样粉碎，通过 1mm 筛孔，用四分法缩分为 200g，再用研钵磨细通过 0.15mm 筛孔，用四分法缩分为 10g 左右；

(2) 将试样在 105~110℃ 的烘箱中烘干 1h，然后移于干燥器中冷却；

(3) 称锥形瓶重。用称量瓶按减量法称取试样约 0.2g（准确到毫克）置于锥形瓶中，迅即加入蔗糖 5g 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 50mL，立即加盖瓶塞，并强烈摇荡 15min（注意时间不宜过短）；

(4) 摇荡后开启瓶塞，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/s 的速度滴定，直至粉红色消失，如在 30s 内仍出现红色，应再滴盐酸以中和，最后记录盐酸耗量 (mL)。

#### A. 0. 5 计算

按式 (A. 0. 5) 计算石灰活性氧化钙含量，用百分数表示：

$$\text{CaO} \% = \frac{0.028N \cdot V}{G} \times 100\% \quad (\text{A. 0. 5})$$

式中 0.028——氧化钙毫升克当量 (g/mL)；

*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 (mL)；

*G*——石灰试样重 (g)。

#### A. 0. 6 记录

#### A. 0. 7 盐酸浓度标定

(1) 取 41mL 浓盐酸用蒸馏水稀释至 1L;

石灰活性氧化钙含量试验记录

表 A. 0. 6

序号	瓶号	空瓶重 (g)	瓶+石灰 试样重 (g)	石灰试样重 (g)	滴定 CaO 消耗 HCl 数量 (mL)	石灰活性 CaO 含量 (%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)=(4)-(3)	(6)	(7)

(2) 在分析天平上用减量法取无水碳酸钠  $W_g$  (约 0.2~0.3g) 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 (mL)。按式 (A. 0. 7) 计算盐酸溶液的准确浓度:

$$N_{\text{HCl}} = \frac{W}{0.053 \cdot V_{\text{HCl}}} \quad (\text{A. 0. 7})$$

式中  $W$ ——无水碳酸钠质量 (g);

$N_{\text{HCl}}$ ——到达等当量点时 HCl 的耗量 (mL);

0.053——无水碳酸钠的毫升克当量 (g/mL)。

## 附录 B 石灰活性氧化钙和氧化镁含量测定

### B. 0. 1 适用范围

本试验法适用于测定粉煤灰石灰类混合料中使用钙质石灰（其氧化镁含量在 5% 以下）的活性氧化钙和氧化镁含量。

### B. 0. 2 说明

(1) 拌制粉煤灰石灰类混合料用的石灰宜为钙质石灰（即低镁石灰），因为氧化钙能与火山灰质的粉煤灰起水硬作用，形成水化的硅酸钙、铝酸钙等；其次是钙质石灰消解反应较快，容易保证消解质量。但我国目前的石灰规格把氧化钙和氧化镁含量混合计算，所以在石灰材料验收试验时，宜采用本测定方法，以代替日常生产常用的本规程附录 A 测定方法。

(2) 如果氧化镁含量较高，采用本测定方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，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，亦可参考采用本测定方法。

### B. 0. 3 试验器具和试剂

(1) 一当量浓度 (1N) 盐酸标准液：取 83mL 浓盐酸以蒸馏水稀释至 1L，溶液浓度标定法与试验方法 A. 0. 7 相同，但无水碳酸钠称量应改为 2g；

(2) 其他器具与试剂（除蔗糖外）同测定方法 A. 0. 3。

### B. 0. 4 试验方法

(1) 称锥形瓶质量。用减量法迅速称取石灰试样 0. 8~1. 0g（准确至 0. 002g），放入 500mL 锥形瓶中；

(2) 加入 150mL 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 5min，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 2~3 滴/s, 至 30s 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 5min 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。

### B. 0. 5 计算

按式(B. 0. 5-1)或式(B. 0. 5-2)和式(B. 0. 3-3)计算石灰的活性氧化钙和氧化镁含量, 用百分数表示:

$$(\text{CaO} + \text{MgO})\% = \frac{N \cdot [(6) + (8)] \cdot 0.028}{G} \times 100\% \quad (\text{B. 0. 5-1})$$

$$\text{CaO}\% = \frac{N \cdot (6) \cdot 0.028}{G} \times 100\% \quad (\text{B. 0. 5-2})$$

$$\text{MgO}\% = \frac{N \cdot (8) \cdot 0.020}{G} \times 100\% \quad (\text{B. 0. 5-3})$$

式中  $N$ ——盐酸标准液精确当量浓度;

$G$ ——石灰试样重(g);

(6)——为表 B. 0. 6 中所列滴定 CaO 消耗 HCl 标准溶液数量(mL);

(8)——为表 B. 0. 6 中所列滴定 MgO 消耗 HCl 标准溶液数量(mL);

0.028——为氧化钙毫升克当量(g/mL);

0.020——为氧化镁毫升克当量(g/mL);

混合计算时, 因氧化钙当量值所占比例较大, 多采用 0.028。

### B. 0. 6 记录

石灰活性氧化钙和氧化镁含量试验记录

表 B. 0. 6

试验序号	瓶号	瓶质量(g)	瓶+石灰试样质量(g)	石灰试样质量(g)	滴定 CaO 消耗 HCl 数量(mL)	石灰中活性 CaO 含量(%)	滴定 MgO 消耗 HCl 数量(mL)	石灰中活性 MgO 含量(%)	活性 CaO + MgO 含量(%)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)=(4)-(3)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)

## 附录 C 集料压碎值试验方法

### C.0.1 适用范围

本试验方法适用于测定粉煤灰石灰类混合料中使用集料（如碎石、高炉矿渣等）的压碎值。

### C.0.2 说明

集料的压碎值用于表征集料在施工荷载的情况下，抵抗压碎的性能，也是衡量集料力学性质的指标之一。是用规定尺寸的集料，采用标准试筒，按规定的施荷方法，施加一定的压力，以压碎后损失的质量百分率来表示。

### C.0.3 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，其形状和尺寸见图 C.0.3 和表 C.0.3。试筒的内壁，压柱的底面及底板上的表面，即凡与集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；

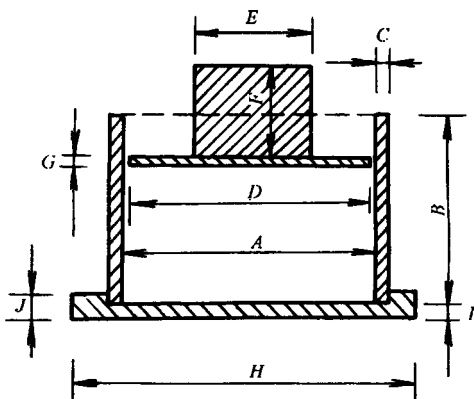


图 C.0.3 集料压碎值试验仪

集料压碎值试筒、压柱和底板形状与尺寸 表 C. 0. 3

代号	部 件 名 称	尺 寸 (mm)
A	试筒: 内径	150±0.3
B	高度	125~128
C	壁厚	不小于 12
D	压柱: 压头直径	149±0.2
E	压杆直径	100~110
F	压柱总长	100~110
G	压头厚度	不小于 25
H	底板: 直径	200~220
I	厚度 (中部)	6.4±0.2
J	厚度 (边缘)	10±0.2

(2) 一台 500kN 的压力试验机, 压力机应能均匀增加荷载, 并在 10min 内达到 400kN;

(3) 一根直的圆截面金属棒, 直径为 16mm, 长 45~65cm, 一头加工成半球面;

(4) 圆孔筛, 筛孔尺寸 16mm, 12mm 和 3mm;

(5) 一台称量为 2~3kg, 感量 1g 天平;

(6) 一个圆柱形金属长筒 (可用铁皮制作), 直径为 112.0mm, 高 179.4mm (容积为 1767cm<sup>3</sup>), 用于量试样。

#### C. 0. 4 试样准备

(1) 用于标准试验的集料应全部通过 16mm 的筛孔, 并全部停留在 12mm 筛孔的筛上。所筛分的集料试样数量应足够做三个试验;

(2) 试验时, 试样应该是表面干燥的, 可采用风干的试样。如果试样需要加热烘干, 温度应该不超过 110℃, 烘干的时间不要超过 4h。试验前试样应冷却到室温;

(3) 每次试验的试样数量, 按下述方法夯击后, 试样在试筒

中的深度恰为 **10cm**；

利用金属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** 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；

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

### **C. 0. 5** 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（每次数量相同）倒入试筒中，每次倒入试样后，将试样表面找平，用夯棒如上面所述那样对试样夯击 **25** 次。最上一层试样的表面应仔细整平；

(3) 将压柱放入试筒内的集料试样表面，应注意使压柱水平地安放在试样表面上，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 **1min** 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（质量为 **B**）；

(9) 在筛分和称量过程中，都不要使细料损失。每一种试料应做三个平行试验。

### **C. 0. 6** 计算

用式 (C. 0. 6) 计算集料压碎值，用百分数表示：

$$\text{集料压碎值} = \frac{B}{A} \times 100\% \quad (\text{C. 0. 6})$$



式中  $A$ ——风（或烘）干试样质量（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，即集料的压碎值。

## 附录 D 粉煤灰石灰类混合料最大干密度和最佳含水量测定方法

### D. 0.1 适用范围

本试验适用于测定粉煤灰石灰类混合料在一定压实(击实)功能下的最佳含水量和相应的最大干密度。

### D. 0.2 说明

粉煤灰石灰类混合料压实得愈密实,其强度愈大。但要压到需要的密度,混合料中就要有适当的含水量,过湿或过干均不能达到要求的最大干密度。此外,压实的功能不同,其最佳压实含水量值和能达到的最大干密度值也不同。用以修筑路面基层的粉煤灰石灰类混合料的最佳含水量和相应的最大干密度,应用重型击实试验法测定。

### D. 0.3 试验仪器

(1) 重型击实仪,容积  $997\text{cm}^3$  和  $2177\text{cm}^3$  各一套(见表 D. 0.3);

重型击实仪主要技术参数

表 D. 0.3

类别	锤的质量(kg)	锤面直径(mm)	落高(cm)	击 实 筒						每层锤击次数	平均单位击实功(MJ/m <sup>3</sup> )	容许最大粒径(mm)		
				试筒			垫块		套环					
				内径(mm)	高(mm)	容积(cm <sup>3</sup> )	直径(mm)	高(mm)	内径(mm)				高(mm)	
I	4.5	50	45	100	127	997	—	—	100	50	5	27	2.687	25
II	4.5	50	45	152	170	2177	151	50	152	50	3	98	2.677	40

(2) 脱模机一台;

(3) 天平,称量200g,感量 0.01g;称量 2000g,感量 1g;各一台;

(4) 台秤,称量 5kg,感量 5g 一台;

(5) 圆孔筛,孔径 5mm, 25mm 和 40mm 各一个;

(6) 量筒, 50mL、100mL、500mL 各一个;

(7) 烘箱、拌和设备、喷水设备、铝盒、刮刀等。

#### D. 0. 4 材料准备

(1) 当混合料为粉煤灰石灰或粉煤灰石灰土时, 将粉煤灰、消石灰、土的团粒打碎, 过 5mm 筛, 取筛下材料测定含水量, 并按设计配合比称取试验材料进行配料。如原材料中含有水分, 称料时计入水分质量;

(2) 当混合料为粉煤灰石灰集料时, 粉煤灰、石灰的过筛方法同上。对于集料, 先取有代表性样品, 烘干后称其质量, 然后过 40mm 筛[当集料规定最大粒径为 40mm 时。若集料规定最大粒径为 50mm, 则用本规程中式 (3. 4. 2-1) 和式 (3. 4. 2-2) 计算混合料的最大干密度和最佳含水量] 或 25mm 筛 (当集料规定最大粒径为 25mm 时), 称量未通过部分的质量, 计算超尺寸颗粒占集料的百分数 (不得大于 5%), 再计算出其占混合料的百分率。在配料时, 对超尺寸部分用代替法处理, 即当规定最大粒径为 40mm 时, 大于 40mm 部分用 20~40mm 集料代替, 当规定最大粒径为 25mm 时, 大于 25mm 部分用 15~25mm 集料代替, 按设计配合比进行配料;

(3) 将配好的混合料在拌盘中拌和均匀;

(4) 预定 5~10 个不同含水量, 依次相差约 2%, 其中至少有两个大于、两个小于最佳含水量。为便于选定试验含水量, 表 D. 0. 4 中列出了部分混合料的最佳含水量, 供参考;

粉煤灰石灰类混合料最佳含水量

表 D. 0. 4

混 合 料		配 合 比 (质量比)	最佳含水量 (%)
类 型	种 类		
密实型	粉煤灰石灰	75 : 25~85 : 15	28~40
	粉煤灰石灰土	40 : 12 : 48~60 : 15 : 25	26~32
骨架密实型	粉煤灰石灰砂砾	15 : 5 : 80	约 8
	粉煤灰石灰破碎砾石	15 : 5 : 80	约 10

(5) 将干拌均匀的试样平铺于拌盘内，按预定含水量将应加的水（扣除原材料所含水分）均匀地喷洒在试料上，用拌和铲将混合料拌和均匀，然后将其装入密闭容器或塑料袋中浸润备用。浸润时间一般为 2~4h。如混合料中含有土，其浸润时间可适当延长至 6~10h；

(6) 如果用水泥（1%~3%）和石灰作结合料，应在试样浸润后再加入水泥拌和均匀，并在 1~2h 内完成击实试验。

#### **D. 0. 5 试验步骤**

(1) 根据混合料中集料的最大粒径，选取适宜规格的击实仪。试验时将击实仪底板安放在坚实的地面上，将试筒固定好。如为 D15cm 试筒，将垫块放入；

(2) 取制备好的试样（其量根据试筒直径而定，当试筒直径为 10cm 时，应使击实后试样高度约等于筒高的 1/5；当试筒直径为 15cm 时，应使击实后试样高度约等于试筒净高的 1/3）均匀地装入试筒内，整平其表面，并用圆木板稍加压紧，然后按每层击实 27 次（D10cm 试筒）或 98 次（D15cm 试筒）进行击实。击实时锤应自由垂直落下，锤迹应均匀分布于试样表面。击完后将表面拉毛，安装好套环，重复上述步骤，进行第二层、第三层……的击实。最后一层击实后，超过试筒的余料高度不得大于 6mm；

(3) 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，D10cm 试筒准确至 1g，D15cm 试筒准确至 5g；

(4) 用脱膜机推出筒内击实试样，从试样中心处取两个有代表性试样，测定其含水量，计算至 0.1%，其平行误差不得超过 1%，然后计算试样的干密度；

(5) 按上述步骤对其他含水量的试样进行试验（应不少于 5 次），至峰值两侧各有不少两个测点时为止。注意每次装筒的混合料质量要大致相等，过多或过少都会影响试验结果；

(6) 试验时已用过的试样不得重复使用。

#### **D. 0. 6 计算及制图**

(1) 计算：按式 (D. 0. 6) 计算每次击实后试件的干密度：

$$\rho_c = \frac{\rho_w}{1 + \omega} \quad (\text{D. 0. 6})$$

式中  $\rho_c$ ——试件干密度；

$\rho_w$ ——试件湿密度；

$\omega$ ——试件含水量 (%)。

(2) 制图：以干密度为纵坐标，含水量为横坐标，绘制干密度与含水量的关系曲线，曲线上峰值点的纵、横坐标分别表示混合料的最大干密度和最佳含水量。如图 D. 0. 6

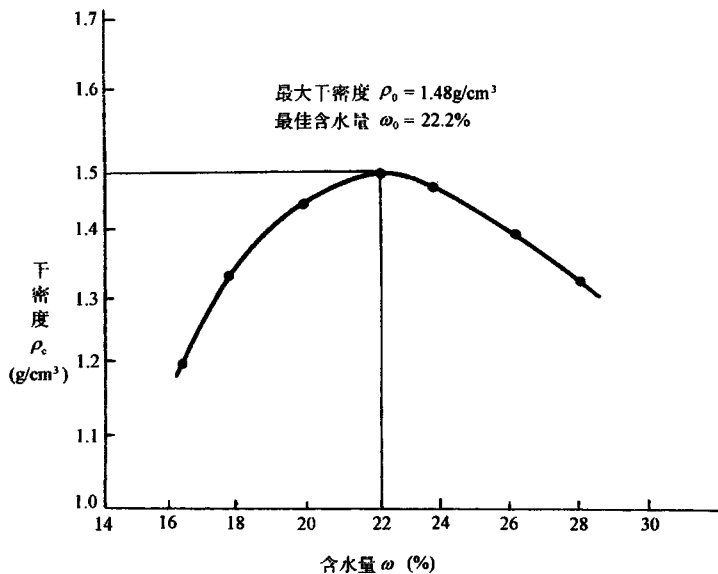


图 D. 0. 6 混合料  $\rho_c$ — $\omega$  关系曲线

# E 粉煤灰石灰类混合料抗压强度 试验方法

## E.0.1 试验目的

本试验用于测定粉煤灰石灰类混合料的抗压强度,其目的是:

(1) 对工地混合料基层施工质量或拌和厂混合料生产质量进行检验;

(2) 在试验室对混合料的配合比进行选择或核验试验。

## E.0.2 试验器具

(1) 圆柱形试模三套,其组成部件和具体尺寸,见图E.0.2和表E.0.2;

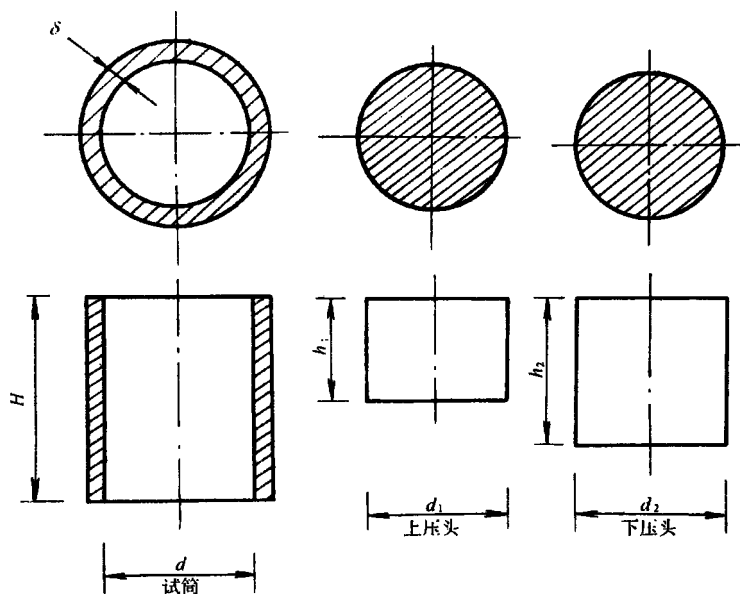


图 E.0.2 试模

## 圆柱形

## 试模尺寸 (mm)

表 E. 0. 2

公称试件尺寸 (直径×高) (cm×cm)	适用混合料	$d$	$d_1$	$d_2$	$H$	$h_1$	$h_2$	$\delta$	试件截 面积 ( $\text{cm}^2$ )
5×5	粉煤灰石灰 粉煤灰石灰土	50.4	50.0	50.0	130.0	40.0	80.0	10.0	20
10×10	粉煤灰石灰集料 (最大粒径 $\leq 25\text{mm}$ )	100.8	100.4	100.4	180.0	50.0	90.0	11.0	80
15×15	粉煤灰石灰集料 (最大粒径 $\leq 50\text{mm}$ )	151.4	151.0	151.0	270.0	60.0	100.0	14.0	180

(2) 压制试件用 500kN 压力机一台, 也可用成型架和 200~400kN 千斤顶一台代替;

(3) 测定试件抗压强度用 100~200kN 压力试验机一台;

(4) 脱模机一台;

(5) 天平, 称量 1000g, 感量 1g; 称量 200g, 感量 0.01g 各一台;

(6) 台秤, 称量 10kg, 感量 5g 一台;

(7) 圆孔筛, 孔径 5mm、10mm、15mm、20mm、25mm、40mm、50mm 各一个;

(8) 水浴, 深度大于试件高度 50mm 以上一个;

(9) 恒温恒湿箱一台或养生室一间;

(10) 烘箱、拌和设备、捣棒(弹形头圆棒)、量筒、铝盒、塑料袋等。

## E. 0. 3 试样准备

## (1) 试验室配料

先将粉煤灰、石灰、土的团粒打碎、石灰、粉煤灰过 5mm 筛, 土过 10mm 筛, 集料过 25mm、40mm 或 50mm 筛(当集料规定最大粒径为 25mm、40mm 或 50mm 时)。按照设计配合比进行配料, 配料时如原材料中含有水分, 称料时计入水的质量。将材料在拌盘内拌和均匀, 再将其摊平, 按最佳含水量将应加的水(扣除原材料所含水分)均匀喷洒在试料上, 用拌和铲将混合料拌和均匀;

然后将其装入密闭容器或塑料袋中浸润备用。浸润时间一般为 2~4h。如混合料中含有土，其浸润时间可适当延长至 6~10h。如采用 1%~3%水泥和石灰作为结合料，应在试料浸润后再加入水泥拌和均匀，并在 1h 内将试件制完。

## (2) 工地或拌和厂取样

取工地或拌和厂拌和均匀的混合料不得少于成型 6 个试件的试料，用塑料袋密封后，记录试样采集桩号或厂拌日期和混合料配合比，送试验室立即测定含水量，并进行制试件。如采用 1%~3%水泥和石灰作结合料时，应在混合料拌均后立即取样，并在 1h 内完成制试件。在制试件时，如试件中含有少量超尺寸颗粒集料（不应大于 5%），可在制试件前将其检掉。

## E. 0. 4 试件制备

(1) 如为试验室配料试验，根据混合料的最大干密度，最佳含水量和规定的压实系数  $K$ ，算出每个湿试件质量；如为工地取样，根据基层压实干密度和实有含水量，算出每个湿试件质量；如为拌和厂取样，按最大干密度和最佳含水量，算出每个湿试件质量；5cm 试件按  $100\text{cm}^3$  计算、10cm 试件按  $800\text{cm}^3$  计算、15cm 试件按  $2700\text{cm}^3$  计算试件湿重，然后分盘称取试样；

(2) 按照表 E. 0. 2 选取与试料最大粒径尺寸相适应的试模，将其擦净涂油，制试件时，先将下压头放于制试件用的垫板上，压头两边垫以 2~3cm 高的金属垫块，再放试筒。将湿混合料一次（5cm 试件）、分两次（10cm 试件）或分三次（15cm 试件）均匀地装入试模，并将其整平。每次装料后用捣棒均匀捣实一遍，并将表面整平，然后再装下一层试料。全部混合料装完后，将试模连同垫板放于压力机上，再放上压头。先以约 1MPa 的压强对混合料进行初压，卸载后撤去试筒底部的垫块，然后慢速、均匀地施加压力，至达到规定的试件高度为止，记录成型压力，稳定 3min 后卸载，将试模移于脱模机上，将试件推出；

(3) 在试件端部的十字交叉位置，用卡尺测量试件高度、精确至 0. 1mm，取四处高度的平均值作为试件高度，它与试件规定高



的容许偏差，5cm 试件为±0.5mm，10cm 试件为±1.0mm，15cm 试件为±1.3mm；以上相当于密度容许偏差为±1%；

(4) 称量试件质量，15cm、10cm 或 5cm 试件，精确至 5g、1g 或 0.2g；

(5) 试件一组共 6 个或 9 个、分成 A、B 两组或 A、B、C 三组，予以编号并有制试件日期。

### E. 0.5 养生

A、B 组试件从试模脱出并称量质量后，以塑料薄膜裹覆，立即放到恒温恒湿箱或养生室内养生 7d 和 28d，养生温度为 20±2℃，相对湿度大于 90%。

### E. 0.6 试验步骤

(1) 将到达养生龄期的试件于试验前一天取出，将其置于水浴中浸水 24h，在浸水过程中应保持水面在试件顶面以上 2.5cm；

(2) 到达浸水时间后，将试件从水浴中取出，用湿布吸去周边水分，再将试件放置在压力试验机承压平台的球座上，启动压力机使压力机头与试件顶面均匀接触，然后以 1mm/min 的变形速度加压，直至试件破坏，记录破坏荷载。

### E. 0.7 试件快速抗压强度测定

这种强度测定是供拌和厂控制日常产品质量或工地及时了解混合料基层施工质量时用，可与 28d 强度建立相关关系。

(1) 将 C 组试件放在 65±1℃的恒温箱内保温 20~24h 后，取出冷却到室温。

(2) 按第 E. 0.6 条试验步骤，对试件进行加压试验，直至试件破坏，记录破坏荷载。

### E. 0.8 计算

按式 (E. 0.8) 计算混合料试件的抗压强度：

$$R_7、R_{28} \text{ 或 } R_{\text{快}} = \frac{P}{A} \quad (\text{E. 0.8})$$

式中  $R_7$ 、 $R_{28}$ 、 $R_{\text{快}}$ ——试件 7d、28d、快速养生抗压强度 (MPa)；

$A$ ——试件受压面积 ( $\text{mm}^2$ );

$P$ ——试件破坏荷载 ( $\text{N}$ )。

## F 几种常用计算公式

### F. 0. 1 配料时各种原材料用量计算公式

#### F. 0. 1. 1 质量法计算公式

$$A = Q \cdot P \cdot (1 + \omega) \quad (\text{F. 0. 1. 1})$$

式中  $A$ ——原材料湿重 (kg);

$Q$ ——一次拌和混合料计算干重 (kg);

$p$ ——原材料干重与混合料总干重之比 (%);

$\omega$ ——原材料含水量 (%).

#### F. 0. 1. 2 体积法计算公式

$$\frac{P_1 \cdot (1 + \omega_1)}{\rho_1} ; \frac{P_2 \cdot (1 + \omega_2)}{\rho_2} ; \frac{P_3 \cdot (1 + \omega_3)}{\rho_3} \quad (\text{F. 0. 1. 2})$$

式中  $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$ ——各种原材料干质量与混合料总干质量之比 (%);

$\omega_1$ 、 $\omega_2$ 、 $\omega_3$ ——各种原材料含水量 (%);

$\rho_1$ 、 $\rho_2$ 、 $\rho_3$ ——各种原材料湿松密度 (kg/m<sup>3</sup>).

#### F. 0. 1. 3 层铺法计算公式

$$H = \frac{\rho_0 \cdot P \cdot h \cdot (1 + \omega)}{\rho} \cdot K \quad (\text{F. 0. 1. 3})$$

式中  $H$ ——原材料松铺厚度 (cm);

$\rho_0$ ——混合料最大干密度 (kg/m<sup>3</sup>);

$P$ ——原材料干质量与混合料总干质量之比 (%);

$\omega$ ——原材料含水量 (%);

$\rho$ ——原材料湿松密度 (kg/m<sup>3</sup>);

$h$ ——混合料基层每层压实厚度 (cm);

$K$ ——混合料基层压实度 (%).

### F. 0. 2 加（或减）水量计算公式

$$B = \frac{Q}{(1+\omega)} (\omega_0 - \omega) \quad (\text{F. 0. 2})$$

式中  $B$ ——加（或减）水量；“+”号为加水质量，“-”号为减水质量（t）；

$Q$ ——混合料湿重（t）；

$\omega_0$ ——混合料最佳含水量（%）；

$\omega$ ——混合料实际含水量（%）；

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

$$\omega = \frac{Q}{\left[ \frac{q_1}{1+\omega_1} + \frac{q_2}{1+\omega_2} + \dots \right]} - 1$$

式中  $q_1$ 、 $q_2$ ……——各种原材料湿质量（t）；

$\omega_1$ 、 $\omega_2$ ……——各种原材料含水量（%）。

### F. 0. 3 混合料松铺厚度计算公式

$$H = h \cdot K \quad (\text{F. 0. 3})$$

式中  $H$ ——混合料松铺厚度（cm）；

$h$ ——混合料基层每层压实厚度（cm）；

$K$ ——压实系数， $K = \rho_c / \rho_d$ ；

$\rho_c$ ——混合料压实干密度（t/m<sup>3</sup>）；

$\rho_d$ ——某种方式摊铺下，混合料干松密度（t/m<sup>3</sup>）。

## 附录 G 本规程用词说明

**G. 0.1** 为便于在执行本规程条文时分别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

(1) 表示很严格，非这样做不可的

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

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

正面词采用“宜”或“可”；

反面词采用“不宜”。

**G. 0.2** 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为“应按……执行”或“应符合……要求（或规定）”。

## 附加说明

### 本规程主编单位、参加单位 及主要起草人名单

**主 编 单 位：**天津市市政工程研究院

**参 加 单 位：**北京市市政工程研究院  
上海市市政工程研究院

**主要起草人：**王立柱 刘士元 李元干  
李耀宗 陈泽欣