

ICS 45.040  
S 05

# TB

## 中华人民共和国铁道行业标准

TB/T 2140.2—2018

代替 TB/T 2328.1 ~ 2328.19—2008

---

### 铁路碎石道砟 第 2 部分：试验方法

Railway ballast—  
Part 2: Test methods

2018-08-27 发布

2019-03-01 实施

国家铁路局 发布

## 目 次

前言 .....	III
1 范围 .....	1
2 术语和定义 .....	1
3 试验方法 .....	2
附录 A(规范性附录) 检验筛筛网 .....	35
附录 B(规范性附录) 比重瓶校正方法 .....	37
附录 C(规范性附录) 玻璃过滤器使用要求 .....	38

## 前 言

TB/T 2140《铁路碎石道砟》分为两个部分：

——第1部分：技术条件；

——第2部分：试验方法。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分代替 TB/T 2328.1 ~ 2328.19—2008《铁路碎石道砟试验方法》。与 TB/T 2328.1 ~ 2328.19—2008 相比，除编辑性修改外，本部分主要技术变化如下：

- 增加了洛杉矶磨耗率试验方法中洛杉矶圆筒的内径和筒长的加工误差，以及使用磨耗限界（见 3.1.1.1）；
- 修改了标准集料压碎率试验方法中道砟试样破碎、制备程序，以及孔边长 2.5 mm 筛板（见 3.4.1.4，TB/T 2328.4—2008 的 3.1.4）；
- 修改了石粉渗透参数和石粉试模件参数试验中石粉与稀盐酸的配合比（见 3.6、3.4 和 3.7.1.9，TB/T 2328.6—2008 的 3.3.4、TB/T 2328.7—2008 的 3.2.5）；
- 修改了铁路碎石道砟针状指数和片状指数试验方法中针、片状规准仪几何尺寸的错误（见 3.15，TB/T 2328.15—2008 的第 2 章）；
- 增加了铁路碎石道砟针状指数和片状指数试验方法中针、片状试验相关规定（见 3.15）；
- 修改了检验筛标准试验中粗颗粒道砟检验筛筛板（见附录 A，TB/T 2328.19—2008 的第 3 章）。

本部分由中国铁道科学研究院集团有限公司标准计量研究所提出并归口。

本部分起草单位：中国铁道科学研究院集团有限公司铁道建筑研究所、中国铁道科学研究院集团有限公司标准计量研究所、中铁工程设计咨询集团有限公司。

本部分主要起草人：许永贤、郗录朝、宁迎智、李强、徐畅、曾树谷、张文升。

本部分所代替标准历次版本发布情况：

- TB/T 2328.1—1992，TB/T 2328.1—2008；
- TB/T 2328.2—1992，TB/T 2328.2—2008；
- TB/T 2328.3—1992，TB/T 2328.3—2008；
- TB/T 2328.4—1992，TB/T 2328.4—2008；
- TB/T 2328.5—1992，TB/T 2328.5—2008；
- TB/T 2328.6—1992，TB/T 2328.6—2008；
- TB/T 2328.7—1992，TB/T 2328.7—2008；
- TB/T 2328.8—1992，TB/T 2328.8—2008；
- TB/T 2328.9—1992，TB/T 2328.9—2008；
- TB/T 2328.10—1992，TB/T 2328.10—2008；
- TB/T 2328.11—1992，TB/T 2328.11—2008；
- TB/T 2328.12—1992，TB/T 2328.12—2008；
- TB/T 2328.13—1992，TB/T 2328.13—2008；

**TB/T 2140.2—2018**

- TB/T 2328.14—1992, TB/T 2328.14—2008;
- TB/T 2328.15—1992, TB/T 2328.15—2008;
- TB/T 2328.16—1992, TB/T 2328.16—2008;
- TB/T 2328.17—1992, TB/T 2328.17—2008;
- TB/T 2328.18—1992, TB/T 2328.18—2008;
- TB/T 2328.19—1992, TB/T 2328.19—2008。

# 铁路碎石道砟

## 第 2 部分：试验方法

### 1 范围

本部分规定了铁路碎石道砟洛杉矶磨耗率、标准集料冲击韧度、石料耐磨硬度系数、标准集料压碎率、道砟集料压碎率、渗透系数、石粉试模件抗压强度、石粉液限、石粉塑限、石粉液塑限联合、硫酸钠溶液浸泡损失率、石料密度、石料容重、粒径级配、针状指数和片状指数、风化颗粒和其他杂石含量、粒径 0.1 mm 以下粉末含量、颗粒表面清洁度试验方法和计算。

本部分适用于铁路碎石道砟试验。碎石道床底砟和基床表层级配碎石的洛杉矶磨耗率、石粉液限、石粉塑限、硫酸钠溶液浸泡损失率、粒径级配参数试验可参照本标准相应方法执行。

### 2 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 2.1

**洛杉矶磨耗率 los Angeles abrasion ratio**

以洛杉矶磨耗机的磨耗指标表示碎石道砟(底砟、级配碎石)抵抗冲击、磨耗和边缘剪切等联合作用能力的参数。

#### 2.2

**标准集料冲击韧度 standard collect stuff concussion temper**

用标准集料冲击韧度试验机的冲击指标,表示道砟材料抵抗瞬时撞击或冲击能力的参数。

#### 2.3

**石料耐磨硬度系数 stones wear resistant rigidity coefficient**

石料在圆盘耐磨硬度试验机上磨耗 1 000 r 之后的损失量表示石料抵抗磨耗能力的参数。

#### 2.4

**标准集料压碎率 standard collect stuff crunch rate**

标准粒径的碎石用规定的试模和荷载压碎后,损失的质量百分率来反映石料抗压碎能力的参数。

#### 2.5

**道砟集料压碎率 ballast collect stuff crunch rate**

道砟集料试样按规定的试模和荷载压碎后级配变化的参数。

#### 2.6

**渗透系数 filter coefficient**

在各向同性介质中,单位水力梯度下的单位流量,表示流体通过孔隙骨架的难易程度。

注:渗透系数又称水利传导系数。

#### 2.7

**石粉试模件抗压强度 rock powder test model compressive strength**

石粉制备规定试件,干燥后的其单轴抗压强度称为石粉试模件抗压强度。

#### 2.8

**石粉液限 rock powder fluid limit**

指含水石粉由流动状态转变为可塑状态(或由可塑状态到流动状态)的界限含水量。

2.9

**石粉塑限 rock powder mold limit**

含水石粉由可塑状态过渡到半固体状态时的界限含水量。

2.10

**硫酸钠溶液浸泡损失率 vitriol natrium liquor marinate loss lead**

利用硫酸钠在道砟颗粒微裂及开口孔隙中的结晶膨胀作用,衡量道砟抗风化及冰冻胀裂能力的参数。

2.11

**石料密度 stones density**

石料单位体积(不包括开口与闭口孔隙体积)的质量。

2.12

**石料容重 stones specific gravity**

石料在干燥状态下包括开口和闭口孔隙在内的单位体积质量。

2.13

**碎石道砟粒径级配 ballast grading**

各种粒径的道砟颗粒质量占总量的百分比。标准碎石道砟粒径级配规定各种粒径的道砟颗粒质量占总量有一定的百分比。

2.14

**针状指数 acicular index**

长度(最大尺寸)大于平均粒径 1.8 倍的颗粒所占的质量百分率。

2.15

**片状指数 laminated index**

厚度(最小尺寸)小于平均粒径 0.6 倍的颗粒所占的质量百分率。

2.16

**风化颗粒 airslake grain**

道砟机械加工破碎面部分或全部矿物失去光泽、改变颜色的颗粒。

2.17

**其他杂石 other incidental stones**

与送检试样岩石材质不一致的碎石。

2.18

**粒径 0.1 mm 以下粉末含量 the dust content of the grain below 0.1 mm**

碎石道砟中粒径 0.1 mm 以下石粉粉末质量的百分率。

2.19

**铁路碎石道砟表面清洁度 surface cleanness of Railway ballast**

铁路碎石道砟产品颗粒表面粉尘、泥土等杂物所占的质量百分率。

### 3 试验方法

#### 3.1 洛杉矶磨耗率试验

##### 3.1.1 设备与机具

3.1.1.1 洛杉矶磨耗机圆筒内径 710 mm、内长 510 mm,制造误差  $\pm 1$  mm。筒壁磨耗小于或等于 2 mm,圆筒不应变形,结构形式及设计尺寸如图 1 所示。圆筒的转速为 31 r/min ~ 33 r/min。

单位为毫米

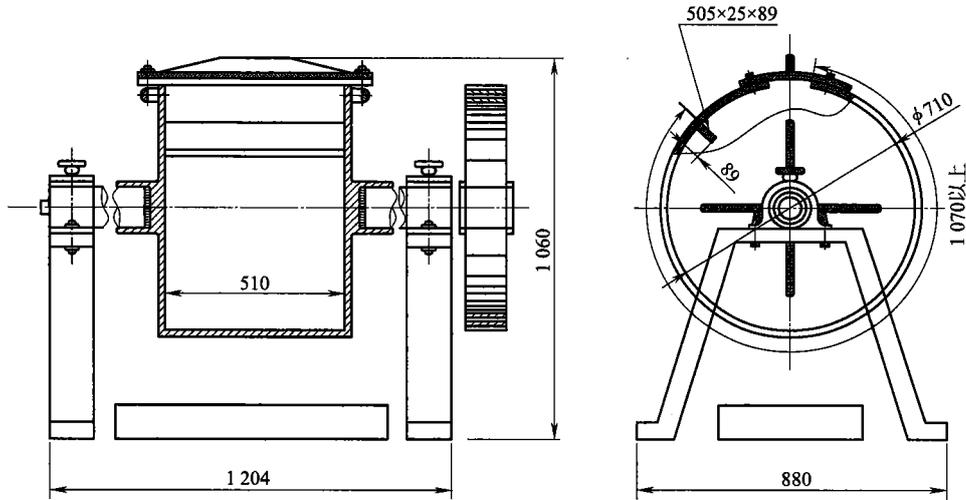


图 1 洛杉矶磨耗机

3.1.1.2 洛杉矶磨耗机填料用钢球直径 46.0 mm ~ 47.6 mm、质量为 390 g ~ 445 g。钢球的数量和总质量根据试样种类按表 1 选用。

表 1 洛杉矶磨耗机填料数量

试样种类	球数 个	总质量 g
道砟	12	5 000 ± 25
级配碎石、底砟	8	3 330 ± 20

3.1.1.3 方孔筛：孔边长分别为 1.7 mm、10 mm、16 mm、20 mm、25 mm 和 40 mm，详细规定见附录 A。

3.1.1.4 鼓风干燥箱：设备最高控制温度不小于 200 ℃，并有调温装置。

3.1.1.5 磅秤或天平：最大称量 30 kg、分度值 5 g；电子天平：最大称量 30 kg、分辨力 5 g。

3.1.1.6 针、片状规准仪，破碎机、手锤。

3.1.2 试样

筛分、制备试样步骤如下：

- 按表 2 的粒径要求，筛分、制备道砟相应粒径料各 15 kg 以上；底砟、级配碎石相应粒径料各 7.5 kg 以上；
- 规准仪检查、剔除试样中针状和片状颗粒，使其质量百分比分别不大于 5%；
- 试样洗净、烘干（105 ℃ ~ 110 ℃ 烘干时间不少于 4 h）；
- 按表 2 的粒径级配和质量要求，拌和、制备三份试样，称其每份质量  $G_{g1}$ ，准确至整数位。

表 2 洛杉矶磨耗率试样质量

试验种类	试样粒径 mm	试样质量 g	试样总质量 g
道砟	20 ~ 25	5 000 ± 25	10 000 ± 50
	25 ~ 40	5 000 ± 25	
级配碎石、底砟	10 ~ 16	2 500 ± 10	5 000 ± 20
	16 ~ 20	2 500 ± 10	

3.1.3 程序

3.1.3.1 将一份试样倒入洛杉矶磨耗机圆筒内,按表1要求配置钢球、盖好筒盖,设置圆筒旋转次数(道砟1000 r,级配碎石、底砟500 r),进行试验。

3.1.3.2 圆筒旋转达到规定的次数停机,倒出试样。用孔边长1.7 mm的筛筛分,取粒径1.7 mm以上试样,洗净、烘干(105℃~110℃烘4 h)。再次筛除1.7 mm以下的粉粒,称取粒径1.7 mm以上试样质量 $G_{g2}$ ,准确至整数位。

3.1.3.3 按同样的程序,试验另两份试样。

3.1.4 计算

3.1.4.1 按公式(1)计算每份道砟(底砟或级配碎石)试样洛杉矶磨耗率。

$$LAA = \frac{G_{g1} - G_{g2}}{G_{g1}} \times 100 \dots\dots\dots(1)$$

式中:

LAA——道砟洛杉矶磨耗率,用百分数来表示(%);

$G_{g1}$ ——磨耗前试样质量,单位为克(g);

$G_{g2}$ ——磨耗后粒径1.7 mm以上试样质量,单位为克(g)。

三份试样中,任何两份试样的磨耗率之差不应大于2%,否则应重新取样试验。三份试样试验结果平均值为该道砟(底砟或级配碎石)试样洛杉矶磨耗率,LAA值准确至0.1%。

3.1.4.2 试验数据和计算结果填入表3。

表3 洛杉矶磨耗率试验记录

试验次数	试样质量 g		LAA %
	$G_{g1}$	$G_{g2}$	
1			
2			
3			
4			
平均			

3.2 标准集料冲击韧度试验

3.2.1 设备与机具

3.2.1.1 标准集料冲击试验机:结构尺寸如图2所示。

3.2.1.2 方孔标准筛:孔边长分别为0.5 mm、1.0 mm、3.15 mm、7.1 mm、10 mm、16 mm、20 mm和25 mm。

3.2.1.3 圆形金属量筒,容积为1000 cm<sup>3</sup>,高度为11.5 cm。

3.2.1.4 圆柱形铁棒,直径10 mm,长度230 mm,两端为半球形。

3.2.1.5 天平:最大称量不小于1000 g,分度值/分辨力0.1 g。

3.2.1.6 针、片状规准仪。

3.2.1.7 铁钵:内径110 mm±1 mm,高度80 mm±1 mm。

3.2.1.8 冲锤:质量5000 g±5 g,结构形式如图2所示。

3.2.2 试样

3.2.2.1 从自然风干或烘干的试样中,分别筛出粒径为7.1 mm~10 mm、10 mm~16 mm、16 mm~20 mm、20 mm~25 mm的四组试样,用针、片状规准仪剔除针片状颗粒,试样中针、片状颗粒质量分别

单位为毫米

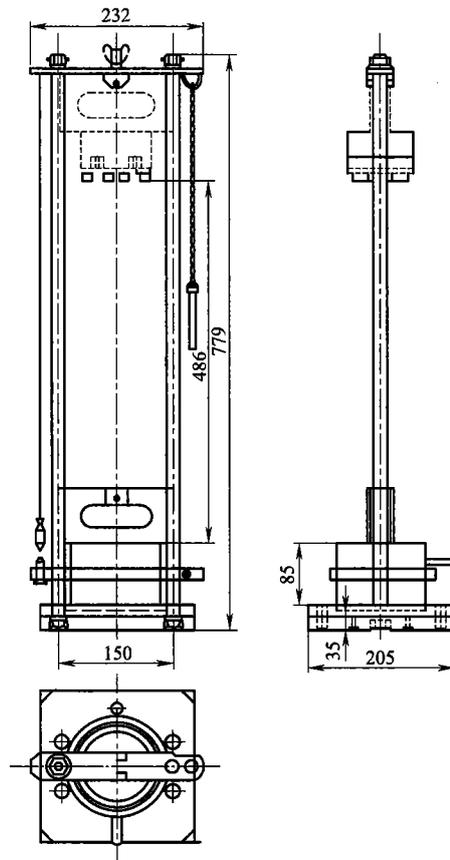


图2 标准集料冲击韧度机

不大于5%，每组质量1 000 g±5 g。

3.2.2.2 求容重

将四组试样混合均匀，从金属量筒顶面约50 mm高度处卸入量筒1/3处，用捣实棒的半球形一端捣25次，捣实棒于集料表面以上约50 mm高度处自由落下。再以同样方式装试样至量筒高度2/3处，用捣实棒捣25次。最后将试样装满量筒，捣25次之后用捣实棒刮去多余的试样，平整容器的顶面试样。倒出试样，称取体积为1 000 cm<sup>3</sup>的试样质量G'，按公式(2)算出试样的容重D。

$$D = \frac{G'}{1\ 000} \dots\dots\dots(2)$$

式中：

G'——混合试样质量，单位为克(g)；

D——试样容重，单位为克每立方厘米(g/cm<sup>3</sup>)，精确至0.01 g/cm<sup>3</sup>。

3.2.2.3 筛分试样

将试样仍分为7.1 mm~10 mm、10 mm~16 mm、16 mm~20 mm、20 mm~25 mm四组。

配制体积为500 cm<sup>3</sup>的试样3份，从每组中称取G<sub>0</sub>，按公式(3)计算试样质量。

$$G_0 = \frac{D \cdot 500}{4} \dots\dots\dots(3)$$

式中：

G<sub>0</sub>——筛分试样质量，单位为克(g)。

按公式(4)计算每份试样质量。

$$G = 4G_0 \pm 1 \dots\dots\dots(4)$$

式中:

$G$ ——试验试样质量,单位为克(g),准确至整数位。

3.2.3 程序

3.2.3.1 冲击试样

将配制的一份  $500 \text{ cm}^3$  试样混合均匀装入冲击机的铁钵内,将铁钵置于冲击机的台座上。 $5\ 000 \text{ g} \pm 5 \text{ g}$  的冲锤自  $50 \text{ cm}$  高度处沿导杆自由落下冲击试样。每冲击一次,铁钵转动  $45^\circ$ 。

3.2.3.2 筛分和称重

试样经 40 次冲击后,从铁钵中倒出,用  $7.1 \text{ mm}$ 、 $3.15 \text{ mm}$ 、 $1.0 \text{ mm}$  和  $0.5 \text{ mm}$  方孔筛筛分,分别称试样的筛余质量  $G'_{7.1}$ 、 $G'_{3.15}$ 、 $G'_{1.0}$  和  $G'_{0.5}$ 。

按同样的程序,试验另两份试样。

3.2.4 计算

3.2.4.1 按公式(5)、(6)计算每份道砟试样的标准集料冲击韧度。

$$IP = \frac{0.37 \times 100}{4 - M} \dots\dots\dots(5)$$

式中:

IP——标准集料冲击韧度;

0.37——标准辉绿岩的粉碎度;

100——标准辉绿岩韧度计算系数;

4——试验前颗粒系数;

$M$ ——试验后颗粒系数,其值为

$$M = \frac{4G'_{7.1} + 3G'_{3.15} + 2G'_{1.0} + G'_{0.5}}{G} \dots\dots\dots(6)$$

取三份试样标准集料冲击韧度的平均值作为该道砟的标准集料冲击韧度。IP 值取整数位。

3.2.4.2 试验数据和计算结果填入表 4。

表 4 标准集料冲击韧度试验记录

次数	试样质量 $G$ g	分级筛余质量 g				$E = 4G'_{7.1} + 3G'_{3.15} + 2G'_{1.0} + G'_{0.5}$	$M = \frac{E}{G}$	$IP = \frac{0.37 \times 100}{4 - M}$	IP <sub>平均</sub>
		$G'_{7.1}$	$G'_{3.15}$	$G'_{1.0}$	$G'_{0.5}$				
1									
2									
3									

3.3 石料耐磨硬度系数试验方法

3.3.1 设备与机具

3.3.1.1 圆盘耐磨硬度试验机结构如图 3 所示。其转速为  $31 \text{ r/min} \sim 33 \text{ r/min}$ 。

3.3.1.2 钻石机、锯石机和石料磨平机等石料加工设备。

3.3.1.3 鼓风干燥箱:设备最高控制温度不小于  $200 \text{ }^\circ\text{C}$ ,并附有调温装置。

3.3.1.4 天平:称量不小于  $2\ 000 \text{ g}$ ,分度值/分辨力  $0.01 \text{ g}$ 。

3.3.1.5 游标卡尺:精度  $0.02 \text{ mm}$ 。

3.3.1.6 软毛刷。

3.3.1.7 小钢球或橡皮泥。

3.3.1.8 100 号金刚砂。

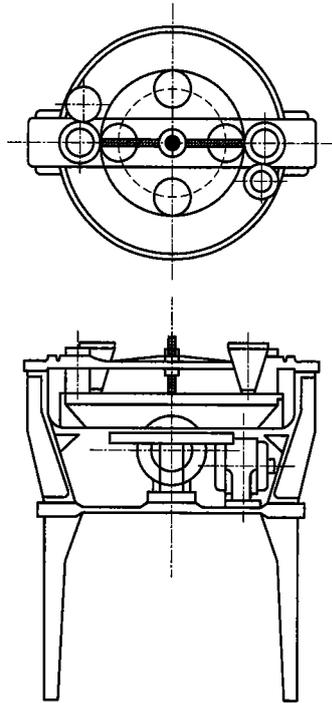


图3 圆盘耐磨硬度试验机

### 3.3.2 试样

3.3.2.1 用钻机取直径  $25\text{ mm} \pm 0.25\text{ mm}$ 、高约  $80\text{ mm}$  的岩心试件两只,锯齐其两端并磨平。

3.3.2.2 岩心试件以  $105\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 110\text{ }^{\circ}\text{C}$  的温度烘干不少于  $4\text{ h}$ ,冷却至室温备用。

### 3.3.3 程序

3.3.3.1 两个岩心试件编号,分别装于耐磨硬度试验机的两个支筒,其底部伸出支筒约  $1\text{ cm}$ ,然后支筒放入耐磨硬度试验机套筒。

3.3.3.2 耐磨硬度机砂斗装满金刚砂,调节砂斗的漏砂量,使磨盘旋转  $1\text{ }000\text{ r}$  时,金刚砂流量为  $2\text{ kg} \sim 3\text{ kg}$ 。

3.3.3.3 开启电源,待磨盘旋转约  $200\text{ r}$ ,岩心试件底通过金刚砂与圆盘面完全接触后停机。取出支筒,软毛刷清理黏在试件上的石粉,天平称取试件连同支筒的质量  $G_{n0}$ ,再用钢球和橡皮泥配重,使其质量为  $1\text{ }250\text{ g}$ 。

3.3.3.4 配重的支筒和试件(包括小钢球和橡皮泥)重新放入耐磨硬度试验机套筒,开启电源,使圆盘以  $31\text{ r/min} \sim 33\text{ r/min}$  的速度转  $1\text{ }000\text{ r}$  后停机,取出支筒和试件,毛刷清理黏在试件的石粉和金刚砂,称取磨耗后试件连同支筒的质量  $G_{n1}$ 。

3.3.3.5 计算旋转  $1\text{ }000\text{ r}$  后试件磨损量  $\Delta G_{n1} = G_{n0} - G_{n1}$ 。重复 3.3.3.3 和 3.3.3.4 程序得  $\Delta G_{n2}$ ,取其算术平均值  $\Delta G$ 。同一试件两次磨损量的差值不大于其平均值的  $10\%$ 。否则,应再磨第 3 次得  $\Delta G_{n3}, \dots$ ,直至有两次差值满足要求为止。

### 3.3.4 计算

3.3.4.1 按公式(7)计算每份石料耐磨硬度系数。

$$K_{\text{干磨}} = 20 - \frac{\Delta G}{3} \quad \dots\dots\dots(7)$$

式中:

$K_{\text{干磨}}$ ——石料耐磨硬度系数;

$\Delta G$ ——试件磨 1 000 r 后平均损失质量,单位为克(g),精确至 0.01 g。

以两个试件  $K_{\text{干磨}}$  的算术平均值作为石料耐磨硬度系数  $K_{\text{干磨}}$ ,二值之差不应大于平均值的 10%,否则应重做耐磨硬度试验,直至满足规定为止。 $K_{\text{干磨}}$  准确至 0.1。

3.3.4.2 试验数据和试验结果填入表 5。

表 5 道砟石料耐磨硬度试验记录

试件 编号	试验前		试验后				平均每磨 1 000 r 损失量 $\Delta G$	耐磨硬度系数	
	直径 $D_n$ mm	质量 $G_{n0}$ g	1 000 r 后 $\Delta G_{n1}$	2 000 r 后 $\Delta G_{n2}$	3 000 r 后 $\Delta G_{n3}$	4 000 r 后 $\Delta G_{n4}$		$K_{\text{干磨}} = 20 - \frac{\Delta G}{3}$	
							每件	平均	

3.4 标准集料压碎率试验方法

3.4.1 设备机具

3.4.1.1 压力试验机,500 kN。

3.4.1.2 标准集料压碎率试模,内径 152 mm  $\pm$  1 mm、高度 125 mm  $\pm$  1 mm、壁厚 5 mm  $\pm$  0.3 mm,如图 4 所示。

单位为毫米

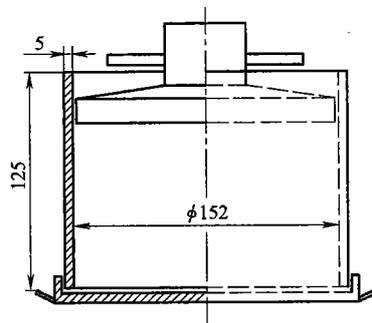


图 4 标准集料压碎率试模

3.4.1.3 台称或托盘天平:称量不小于 5 kg,分度值/分辨力 5 g。

3.4.1.4 方孔筛:孔边长分别为 2.5 mm 编织筛,孔边长 10 mm、16 mm 的冲孔筛。

3.4.1.5 针状规准仪、片状规准仪。

3.4.1.6 毛刷一把。

3.4.2 试样

3.4.2.1 破碎

送检试样应经 2 ~ 3 次破碎制备成试验所需的颗粒。在道砟试样破碎加工过程,物料不宜长时间滞留破碎机的腔,以免影响试验结果。

3.4.2.2 筛选

由自然风干或烘干的试样中,筛选粒径 10 mm ~ 16 mm 标准试样 3 份,每份试样质量  $G_{c1}$  为 3 000 g  $\pm$  5 g,试样的针、片状颗粒质量百分率分别不大于 5%。

### 3.4.3 程序

#### 3.4.3.1 试模填装试样

试模内试样的填装在 10 cm 厚铸铁(钢板)台面上进行,步骤如下:

- a) 试模底部圆槽内垫入直径 15 mm 圆棒,使底盘高出台面 10 mm;
- b) 试样两次分层填入,每层填样之后,以圆棒为中心左右各摇振 30 次;
- c) 第二层摇振后整平试样表面;
- d) 安装压头。

#### 3.4.3.2 加载试验

以 0.6 kN/s~0.8 kN/s 的加载速率,给试样匀速加载至 200 kN,保压 2 min、卸载,移去压头,倒出试样。

#### 3.4.3.3 筛分

用孔边长 2.5 mm 的筛子筛分试样,称筛余质量  $G_{c2}$ ,取整数位。

按同样的程序,试验另两份试样。

### 3.4.4 计算

#### 3.4.4.1 按公式(8)计算每份道砟标准集料压碎率。

$$CA = \frac{G_{c1} - G_{c2}}{G_{c1}} \times 100 \quad \dots\dots\dots(8)$$

式中:

CA——道砟标准集料压碎率,用百分数表示(%);

$G_{c1}$ ——试样试验前质量,单位为克(g);

$G_{c2}$ ——试样试验后筛余质量,单位为克(g)。

取三份试样压碎率的算术平均值作为该道砟的标准集料压碎率,CA 值准确至 0.1%。

#### 3.4.4.2 将试验数据和结果填入表 6。

表 6 标准集料压碎率试验记录

试验次数	试验质量 g		压碎率 CA %	
	试验前 $G_{c1}$	试验后 $G_{c2}$	每次	平均
1				
2				
3				

### 3.5 道砟集料压碎率试验方法

#### 3.5.1 设备与机具

3.5.1.1 压力试验机,1 000 kN。

3.5.1.2 道砟集料压碎率试模,内径 210 mm ± 1 mm、高度 260 mm ± 1 mm、壁厚 5.0 mm ± 0.3 mm,如图 5 所示。

3.5.1.3 台称:最大称量不小于 20 kg,分度值 5 g。

3.5.1.4 方孔筛:孔边长分别为 1.7 mm、16 mm、25 mm、35.5 mm、45 mm、56 mm 和 63 mm。其中 1.7 mm 筛须编织筛。

3.5.1.5 针、片状规准仪。

3.5.1.6 毛刷一把。

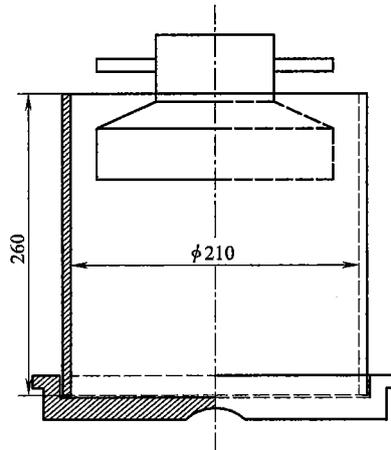


图5 道碎集料压碎率试模

3.5.2 试样

从自然风干或烘干的试样中,按表7的规定配制一份12 000 g试样。试样颗粒应保持机械破碎粗糙面,且不应有裂纹,其针、片状颗粒质量百分率各不应大于5%。

表7 道碎集料试样质量

粒 径 mm	16 ~ 25	25 ~ 35.5	35.5 ~ 45	45 ~ 56	56 ~ 63
质 量 g	600	2 400	2 400	6 000	600
45 ~ 56、56 ~ 63 粒径质量允许误差 ± 20 g, 试样最终质量为 12 000 g。					

3.5.3 程序

3.5.3.1 填装试样

试模内试样的填装在10 cm厚铸铁台面上进行,步骤如下:

- a) 试模底部圆槽垫入直径30 mm圆棒,使底盘高出台面25 mm。
- b) 试样拌和均匀,三次分层填入试模。每层填样后,以圆棒为中心左右各摇振50次。
- c) 第三层摇振后整平试样表面。
- d) 安装压头。

3.5.3.2 加载试验

以0.6 kN/s ~ 0.8 kN/s的加载速率,给试样匀速加载到500 kN,保压2 min、卸载。移去压头,倒出试样。

3.5.3.3 筛分

用56 mm、45 mm、35.5 mm、25 mm、16 mm和1.7 mm筛筛分压碎试验后的试样,称取各粒径档质量,其单位为克(g),准确至整数位。

3.5.4 计算

3.5.4.1 将压碎后各粒径质量填入表8,并算出占筛余总质量的百分率。

3.5.4.2 按公式(9)、(10)计算道碎集料压碎率。

$$CB = \frac{10\ 195 - F_n}{10\ 195} \times 100 \dots\dots\dots(9)$$

表 8 道砟集料压碎率试验记录

粒 径 mm	63 ~ 56	56 ~ 45	45 ~ 35.5	35.5 ~ 25	25 ~ 16	16 ~ 1.7	< 1.7
压碎前质量 g	600	6 000	2 400	2 400	600	0	0
百分率 %	5	50	20	20	5		
压碎后质量 g							
百分率 %							
$F_n$				CB			

$$F_n = 112A_{56} + 107A_{45} + 101A_{35.5} + 93A_{25} + 81A_{16} + 45A_{1.7} + 7A_{底} \dots\dots\dots (10)$$

式中:

CB——道砟集料压碎率,用百分数表示(%),准确至 0.1%;

10 195, 112, 107, 101, 93, 81, 45, 7——计算常数;

$A_{56}, A_{45}, A_{35.5}, A_{25}, A_{16}, A_{1.7}, A_{底}$ ——各粒径级的筛余质量百分率。

### 3.6 渗透系数试验方法

#### 3.6.1 设备与机具

3.6.1.1 南 55 型变水头渗透仪。

3.6.1.2 常水头玻璃杯。

3.6.1.3 供水瓶及导管。

3.6.1.4 天平:最大称量不小于 1 000 g,分度值/分辨力 0.01 g。

3.6.1.5 鼓风干燥箱:设备最高控制温度不小于 200 °C,并有调温装置。

3.6.1.6 水泥胶砂搅拌机。

3.6.1.7 出料粒度为 120 目 ~ 200 目(0.124 mm ~ 0.074 mm)的制粉机及标准振筛机。

3.6.1.8 方孔筛,孔边长 0.1 mm。

3.6.1.9 小口瓶、开口铁圈、秒表、小刮刀、温度计、止水夹。

3.6.1.10 盐酸(浓度 36.0% ~ 38.0%)、凡士林和滤纸、纯水。

3.6.1.11 台秤:最大称量不小于 10 kg,准确度 5 g。

#### 3.6.2 制备稀盐酸溶液

将 20 mL 浓度 36.0% ~ 38.0% 的盐酸加纯水稀释至 1 000 mL 备用。

#### 3.6.3 试样

3.6.3.1 粒径 20 mm ~ 10 mm 的石料 2 kg 洗净,以 105 °C ~ 110 °C 烘 4 h,冷却至室温。

3.6.3.2 用制粉机每次粉碎 300 g、粉碎时间约 10 s,至 2 kg 石料全部粉碎、制粉。

3.6.3.3 用孔边长 0.1 mm 的筛子和标准振筛机,按每次 100 g、振动筛分 6 min,筛取粒径 0.1 mm 以下石粉 700 g 备用。

3.6.3.4 量出石粉液限 1.3 倍的稀盐酸溶液备用。

3.6.3.5 将 700 g 石粉倒入水泥胶砂搅拌机,开启电源,缓慢加适量稀盐酸溶液,搅拌 3 min,搅拌好的试样不应渗漏。

3.6.3.6 用松紧带栓住的开口铁圈(图 6)置于托盘。搅拌好的试样倒入铁圈,其顶面高出开口铁圈 10 mm 以上,加盖保湿 24 h。

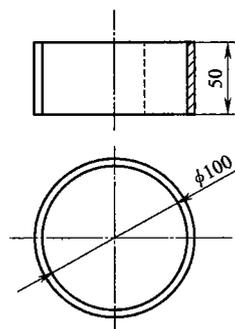


图 6 开口铁圈

3.6.4 程序

3.6.4.1 安装渗透试样步骤如下：

- a) 将透水石、滤纸、密封圈放入底座中；
- b) 南 55 型渗透仪环刀外层涂一薄层凡士林,用其在铁圈中取样；
- c) 小刮刀刮平试样顶端,装滤纸、上透水石、密封圈及上盖,拧紧螺丝,不应漏气、漏水。

3.6.4.2 将常水头玻璃瓶接供水瓶,其出水口接南 55 型变水头渗透仪进水口,松开止水夹,如图 7 所示。

3.6.4.3 将排气管朝上侧立南 55 型渗透仪,松开排气管止水夹,排除试样内的空气,至流水畅通时关闭排气管,放平南 55 型渗透仪。

3.6.4.4 调整常水头玻璃杯与南 55 型渗透仪水头,使其保持  $H = 28$  cm 水头差,保持连续供水,多余水由常水头玻璃杯溢水孔溢出,如图 7 所示。

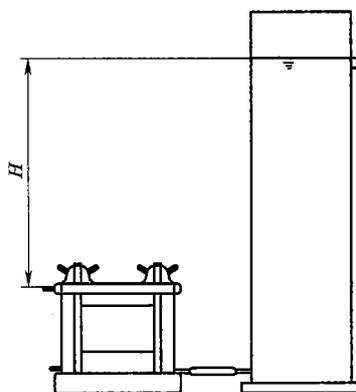


图 7 渗透试验装置

3.6.4.5 经 18 h 后,用已知质量小口瓶接南 55 型渗透仪渗出的水,并计时(以秒计)。称取  $t$  秒内接取的渗水(一般应大于  $3 \text{ cm}^3$ )质量  $G_s$ ,同时测出水温  $T \text{ }^\circ\text{C}$ ,全部试验在 8 h 之内完成。

3.6.5 计算

3.6.5.1 按公式(11)、(12)计算石粉的渗透系数。

$$P_{mT} = \frac{G_s \times L_s}{A_s \times H \times t_s} \dots\dots\dots(11)$$

$$P_m = P_{mT} \frac{\eta_T}{\eta_{10}} \dots\dots\dots(12)$$

式中：

$P_{mT}$ ——水温为  $T$  °C 时石粉的渗透系数,单位为厘米每秒 (cm/s)；

$G_s$ ——在  $t$  秒内的渗水量,单位为立方厘米 (cm<sup>3</sup>)；

$L_s$ ——渗径,等于试样高度,单位为厘米 (cm)；

$A_s$ ——试样断面积 (即环刀面积),单位为平方厘米 (cm<sup>2</sup>)；

$H$ ——常水头,为 28 cm；

$t_s$ ——接取一次渗水量的时间,单位为秒 (s)；

$P_m$ ——水温为 10 °C 的石粉的渗透系数,单位为厘米每秒 (cm/s)；

$\frac{\eta_T}{\eta_{10}}$ ——水的动力黏滞系数比值,由表 9 查得。

表 9 水的动力黏滞系数  $\eta_T$  及比值  $\frac{\eta_T}{\eta_{10}}$

水温 $T$ °C	动力黏滞 系数 $\eta_T$ $10^{-5} \text{ g} \cdot \text{s}/\text{cm}^2$	$\frac{\eta_T}{\eta_{10}}$ 比值	水温 $T$ °C	动力黏滞 系数 $\eta_T$ $10^{-5} \text{ g} \cdot \text{s}/\text{cm}^2$	$\frac{\eta_T}{\eta_{10}}$ 比值
5.0	1.545	1.158	16.5	1.123	0.841
5.5	1.522	1.140	17.0	1.108	0.830
6.0	1.499	1.123	17.5	1.095	0.820
6.5	1.477	1.106	18.0	1.081	0.810
7.0	1.455	1.090	18.5	1.068	0.800
7.5	1.434	1.074	19.0	1.055	0.790
8.0	1.413	1.059	19.5	1.042	0.781
8.5	1.393	1.044	20.0	1.030	0.771
9.0	1.373	1.029	20.5	1.017	0.762
9.5	1.354	1.014	21.0	1.005	0.753
10.0	1.335	1.000	21.5	0.993	0.744
10.5	1.316	0.986	22.0	0.982	0.735
11.0	1.298	0.973	22.5	0.970	0.727
11.5	1.280	0.959	23.0	0.959	0.718
12.0	1.263	0.946	23.5	0.948	0.710
12.5	1.246	0.934	24.0	0.937	0.702
13.0	1.230	0.921	24.5	0.927	0.694
13.5	1.213	0.909	25.0	0.916	0.686
14.0	1.197	0.897	25.5	0.906	0.679
14.5	1.182	0.885	26.0	0.896	0.671
15.0	1.167	0.874	26.5	0.886	0.664
15.5	1.152	0.863	27.0	0.876	0.656
16.0	1.137	0.852	27.5	0.867	0.649

3.6.5.2 一般试验 6 次,取三次数值接近的渗透系数平均值作为试验结果,允许误差为:当  $P_m = \alpha \times 10^{-6}$  时,  $\alpha$  值最大与最小值之差不应大于 5%,  $P_m$  值准确至 0.01。

3.6.5.3 试验数据和结果填入表 10。

表 10 石粉渗透试验记录

开始时间 $t_{s1}$ h, min, s	终了时间 $t_{s2}$ h, min, s	经过时间 $t_s$ s	渗水量 $G_s$ cm <sup>3</sup>	渗透水头 $H_s$ cm	T℃时的 渗透系数 $P_{mT}$ cm/s	水 温 $T$ ℃	校正系数 $\frac{\eta_T}{\eta_{10}}$	10℃时 渗透 系数 $P_m$ cm/s	平均 渗透 系数 $P_{mv}$ cm/s

### 3.7 石粉试模件抗压强度试验方法

#### 3.7.1 设备与机具

- 3.7.1.1 出料粒度为 120 目 ~ 200 目 (0.124 mm ~ 0.074 mm) 的制粉机及标准振筛机。
- 3.7.1.2 方孔筛:孔边长分别为 0.1 mm、0.125 mm、0.18 mm、0.25 mm 和 0.5 mm。
- 3.7.1.3 水泥胶砂搅拌机。
- 3.7.1.4 鼓风干燥箱:设备最高控制温度不小于 200℃,并附有调温装置。
- 3.7.1.5 天平:称量不小于 1 000 g,分度值/分辨率 1 g。
- 3.7.1.6 加压试验机,压力 5 kN,分辨率 1 N。
- 3.7.1.7 三联试模:试模件尺寸为 (50 mm ± 0.3 mm) × (50 mm ± 0.3 mm) × (50 mm ± 0.3 mm)。
- 3.7.1.8 量筒、量杯、毛刷、刮刀、小铲、扳手、稀盐酸溶液和机油。
- 3.7.1.9 稀盐酸溶液的制备参见道砟渗透系数的试验方法。

#### 3.7.2 试样

- 3.7.2.1 粒径小于 20 mm、质量约 2 kg 碎石试样洗净,以 105℃ ~ 110℃ 烘干不小于 4 h。
- 3.7.2.2 待碎石冷却至室温用制粉机制粉,每次约 300 g、粉碎约 10 s,直至 2 kg 碎石全部制成粉。
- 3.7.2.3 石粉分别用孔边长 0.1 mm、0.125 mm、0.18 mm、0.25 mm 和 0.5 mm 的筛子筛分。5 个筛子从上到下按大到小顺序码成筛垛,安放在标准振筛机。每次填料约 100 g、振筛时间 6 min。每次振筛结束,毛刷清理筛框及筛网周边的细粉,各粒径档石粉分装托盘。
- 3.7.2.4 按表 11 配合比,制备石粉试样 1 000 g。

表 11 石粉试模件试样质量

粒 径 mm	质 量 g
0.5 ~ 0.25	150
0.25 ~ 0.18	100
0.18 ~ 0.125	100
0.125 ~ 0.1	50
< 0.1	600

- 3.7.2.5 按石粉试样液限的 1.2 倍的配水比例,量出与 1 000 g 粉末对应的稀盐酸溶液。
- 3.7.2.6 石粉倒入搅拌锅,开启电源,缓缓加稀盐酸溶液,并搅拌 3 min。
- 3.7.2.7 清理、组装三联试模,表面及边棱涂抹机油,拌和试样分别装满三联试模。
- 3.7.2.8 三联试模置于标准振筛机底架,用手按住,振动 30 s。调转三联试模,再振 30 s。补加少量试样,加振 3 s,使试样顶面高出试模棱面 5 mm ~ 10 mm。
- 3.7.2.9 室温下静置至基本干燥,刮平试模表面以便脱模。试件须保持完整的几何尺寸。

3.7.2.10 鼓风干燥箱烘干试模件。先以 60 ℃ 烘干不少于 2 h,再 105 ℃ ~ 110 ℃ 烘干不少于 4 h,取出冷却至室温。

3.7.3 程序

试模件顶面朝上安置于压力试验机,以 20 N/s 加载速度施加荷载,直至试模件破坏,得出破坏荷载  $P_f$ 。

按同样的程序分别试验另两份试样。

3.7.4 计算

3.7.4.1 按公式(13)计算试模件抗压强度。

$$\sigma = \frac{10P_f}{25} \dots\dots\dots(13)$$

式中:

$\sigma$ ——试模件抗压强度,单位为兆帕(MPa);

$P_f$ ——试模件破坏荷载,单位为牛(N)。

3.7.4.2 三个试模件的平均值为其抗压强度。其任一值与平均值之差不得大于 10%,否则可取两个较接近测试值的平均,但必须满足上述条件。如仍不能满足,则应重做一组试验。 $\sigma_f$  值准确至 0.01 MPa。

3.7.4.3 将试验数据及结果填入表 12。

表 12 石粉试模件抗压强度试验记录

试验次数	破坏荷载 $P_f$ kN	抗压强度 $\sigma$ MPa	平均值 $\sigma$ MPa
1			
2			
3			

3.8 石粉液限试验方法

3.8.1 设备与机具

3.8.1.1 76 g 圆锥液限仪,如图 8 所示。

单位为毫米

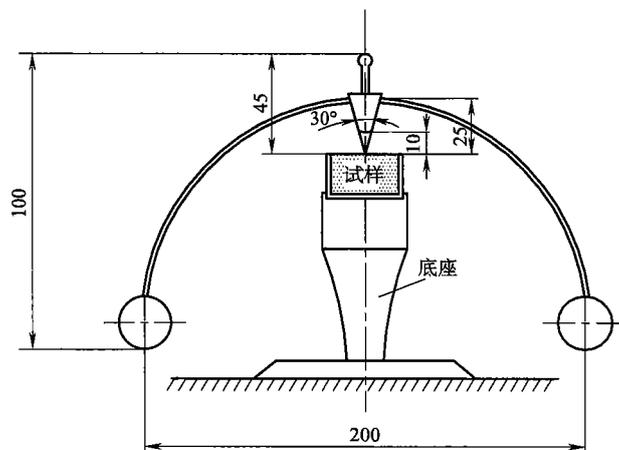


图 8 76 g 圆锥液限仪

3.8.1.2 天平:称量不小于 200 g,分度值/分辨力 0.01 g。

3.8.1.3 鼓风干燥箱:设备最高控制温度不小于 200 ℃,并有调温装置。

3.8.1.4 方孔筛:孔边长 0.5 mm。

3.8.1.5 干燥器、吹风机、秒表、称量盒、调土刀、调和器、刮刀、凡士林、纯水等。

3.8.2 试样

由洛杉矶磨耗试验后的石粉中,筛取粒径小于 0.5 mm 以下石粉 150 g,放入调和器,加纯水调成均匀浓糊状,加盖密封静置不少于 24 h。

3.8.3 程序

3.8.3.1 用小刀均匀调拌试样,分层装入试杯中,装时注意边装边压,勿使试杯中残留空隙或气泡。待完全装满后,用调土刀刮去多余的试样(不应反复涂抹),使之与杯口齐平,然后置于杯座。

3.8.3.2 用布擦净圆锥仪,锥尖涂抹一薄层凡士林,提住锥体上端手柄,对准试杯中央,当锥尖与试样表面接触时,轻轻放手并计时,锥体靠其自重沉入试样中。

3.8.3.3 当 15 s 时锥体沉入深度为 10 mm,则其含水量为该石粉的液限。若锥体沉入试样深度大于或小于 10 mm,表示该试样含水量高于或低于液限,应挖去有凡士林的部分,取出全部试样放回调和器中,用吹风机吹干或加纯水调制,再按 3.8.3.1 和 3.8.3.2 步骤重新试验,直至锥体下沉深度在 15 s 恰为 10 mm 为止。

3.8.3.4 将合格的试样,挖去有凡士林的部分,装入称量盒,称取质量  $G_{1h}$ 。含水试样在鼓风干燥箱中以 105 ℃ ~ 110 ℃ 烘 4 h,再称取烘干后试样质量  $G_{1s}$ 。

3.8.4 计算

3.8.4.1 按公式(14)计算石粉液限。

$$LL = \frac{G_{1h} - G_{1s}}{G_{1s}} \times 100 \dots\dots\dots(14)$$

式中:

LL——石粉液限,用百分数表示(%);

$G_{1h}$ ——含水试样质量,单位为克(g);

$G_{1s}$ ——烘干后试样质量,单位为克(g)。

3.8.4.2 石粉液限试验进行两次,两次液限之差不应大于 1%,取其算术平均值。LL 值准确至 0.1%。

3.8.4.3 试验数据和结果填入表 13。

表 13 石粉液限试验记录

试样 编号	湿粉 + 盒质量 g	干粉 + 盒质量 g	盒质量 g	干粉质量 g	水质量 g	液 限 %
	(1)	(2)	(3)	(4) = (2) - (3)	(5) = (1) - (2)	(6) = $\frac{(5)}{(4)} \times 100$
1						
2						
3						
4						

3.9 石粉塑限试验方法

3.9.1 设备与机具

3.9.1.1 毛玻璃板一块。

3.9.1.2 直径 3 mm、长约 5 cm 的铁丝一条或卡尺一把。

3.9.1.3 天平:称量不小于 200 g,分度值/分辨力 0.01 g。

- 3.9.1.4 鼓风干燥箱:设备最高控制温度不小于 200 ℃,并有调温装置。
- 3.9.1.5 方孔筛:孔边长 0.5 mm。
- 3.9.1.6 吹风机、干燥器、称量盒、调土刀、调和器、刮刀、凡士林、纯水等。

3.9.2 试样

由洛杉矶磨耗试验后的石粉中,筛取粒径小于 0.5 mm 石粉 100 g,置于调和器、加纯水拌和,调成均匀浓糊状,加盖密封,静置一昼夜备用。也可从液限试验试样中取 30 g 备用。

3.9.3 程序

3.9.3.1 将制备好的试样在手中揉捏至不粘手。捏扁,出现裂缝时,表示含水量已接近塑限。若含水量大可用吹风机稍微吹干,若含水量小则再加纯水调和。

3.9.3.2 取接近塑限的试样 8 g~10 g,先用两手搓成椭圆状,再用一只手在毛玻璃板上轻轻滚搓,滚搓时手掌均匀施加压力,不应在无压力下滚搓。石粉条长度不宜超过手掌宽度,不应产生中空现象。

3.9.3.3 若石粉条搓成直径 3 mm 时(参照直径 3 mm 铁丝或用卡尺测量)试样产生裂缝并开始产生断裂,说明该试样的含水量达到塑限。若试样搓成直径 3 mm 时仍未产生裂缝,或直径不到 3 mm 时产生裂缝,表示试样此时的含水量大于或小于塑限,则应用吹风机稍微吹干或再加纯水重新调和试样。

3.9.3.4 达到塑限状态的石粉条放入称量盒内,随即盖紧盒盖,称含水试样质量  $G_{ph}$ 。在鼓风干燥箱中以 105 ℃~110 ℃烘干不少于 4 h,再称烘干后试样质量  $G_{ps}$ 。

3.9.4 计算

3.9.4.1 按公式(15)计算石粉塑限。

$$PL = \frac{G_{ph} - G_{ps}}{G_{ps}} \times 100 \quad \dots\dots\dots(15)$$

式中:

PL——石粉塑限,用百分数表示(%);

$G_{ph}$ ——含水试样质量,单位为克(g);

$G_{ps}$ ——烘干后试样质量,单位为克(g)。

3.9.4.2 达到塑限状态的试样,一般不应小于 10 g,PL 值准确至 0.1%。

3.9.4.3 试验数据和结果填入表 14。

表 14 石粉塑限试验记录

湿粉+盒质量 g	干粉+盒质量 g	盒质量 g	干粉质量 g	水质量 g	塑 限 %
(1)	(2)	(3)	(4) = (2) - (3)	(5) = (1) - (2)	(6) = $\frac{(5)}{(4)} \times 100$

3.10 石粉液、塑限联合试验方法

3.10.1 设备与机具

3.10.1.1 液、塑限联合测定仪如图 9 所示,并应符合下列要求:

- a) 圆锥质量 76 g,锥角 30°。
- b) 读数显示:宜采用光电式、游标式或百分表式。
- c) 试样杯:直径 40 mm~50 mm,高 30 mm~40 mm。

3.10.1.2 天平:称量不小于 200 g,分度值/分辨力 0.01 g。

3.10.1.3 鼓风干燥箱:温度范围为室温至 200 ℃以上,并有调温装置。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/3481113000006100>