

# 冻土密度试验

SL237—035—1999

## 1 定义和适用范围

1.0.1 冻土密度是冻土单位体积的质量,它是冻土的基本物理特性指标之一。

1.0.2 密度试验应根据冻土的特点和试验条件选用浮称法、联合测定法、环刀法或充砂法。

- 1 浮称法用于表面无显著孔隙的冻土。
- 2 联合测定法用于砂质土和层状、网状结构的粘质冻土。
- 3 环刀法用于温度高于 $-3^{\circ}\text{C}$ 的粘质和砂质冻土。
- 4 充砂法用于表面有明显孔隙的冻土。

1.0.3 冻土密度试验宜在负温环境下进行。无负温环境时,应采取保温措施和快速测定。在试验过程中,冻土表面不得发生融化。

1.0.4 本规程适用于原状冻土和人工冻土。

## 2 引用标准

SL110—95《切土环刀校验方法》。

SL237—034—1999《冻土含水率试验》。

SL237—041—1999《原位密度试验》。

## 3 浮称法

3.1 仪器设备(见图 3.1)

3.1.1 天平:称量 1000g,分度值 0.1g。

3.1.2 液体密度计:分度值为  $0.001\text{g}/\text{cm}^3$ 。

3.1.3 温度计:测量范围为  $-30\sim+20^{\circ}\text{C}$ ,分度值为  $0.1^{\circ}\text{C}$ 。

3.1.4 量筒:容积为 1000ml。

3.1.5 盛液筒:容积为 1000~2000ml。

3.2 仪器设备的检定和校准

3.2.1 天平:应按相应的检定规程进行检定。

3.2.2 液体密度计:应参照 JJG86—86《标准玻璃浮计检定规程》进行检定。

3.2.3 温度计:按 JJG128—89《二等标准水银温度计试行检定规程》进行检定。

3.2.4 用密度计测定煤油在不同温度下的密度,绘出密度与温度关系曲线。

3.3 操作步骤

3.3.1 调整天平,将盛液筒置于天平一端。

3.3.2 切取质量为 300~1000g 的冻土试样,用细线捆紧,放入盛液筒中并悬吊在天平挂钩上称量,准确至 0.1g。

3.3.3 将事先预冷接近冻土试样温度的煤油缓慢注入盛液筒,液面宜超过试样顶面 2cm,并用温度计量测煤油温度,准确至  $0.1^{\circ}\text{C}$ 。

3.3.4 称取试样在煤油中的质量,准确至 0.1g。

3.3.5 从煤油中取出冻土试样,削去表层带煤油的部分,然后按规定取样测定冻土的含水率。

3.3.6 采用  $0^{\circ}\text{C}$  水时,应快速测定,试样表面不得发生融化。

3.4 计算

3.4.1 按下列两式计算冻土密度  $\rho_f$ :

$$\rho_f = \frac{m_1}{V} \quad (3.4.1-1)$$

$$V = \frac{m_1 - m_2}{\rho_m} \quad (3.4.1-2)$$

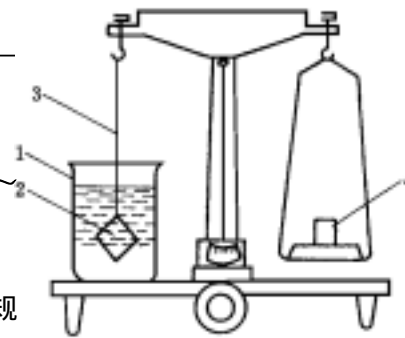


图 3.1 浮重天平

1—盛液筒;2—试样;3—细线;4—砝码

式中  $\rho_f$ ——冻土密度,  $\text{g}/\text{cm}^3$ ;  
 $V$ ——冻土试样体积,  $\text{cm}^3$ ;  
 $m_1$ ——冻土试样质量,  $\text{g}$ ;  
 $m_2$ ——冻土试样在煤油中的质量,  $\text{g}$ ;  
 $\rho_m$ ——试验温度下煤油的密度,  $\text{g}/\text{m}^3$ 。可由煤油密度与温度关系曲线查得。

3.4.2 按式(3.4.2)计算冻土的干密度  $\rho_{fd}$ :

$$\rho_{fd} = \frac{\rho_f}{1 + 0.01 w} \tag{3.4.2}$$

式中  $\rho_{fd}$ ——冻土干密度,  $\text{g}/\text{cm}^3$ ;  
 $w$ ——冻土含水率, %。

3.4.3 冻土密度试验应进行不少于 2 组平行试验。对于整体状构造的冻土, 2 次测定的差值不应大于  $0.03\text{g}/\text{cm}^3$ , 并取其算术平均值; 对于层状和网状构造和其他富冰冻土, 宜提出 2 次测定值。

3.5 记录

3.5.1 本试验记录格式如表 3.5.1

表 3.5.1 冻土密度试验记录表 (浮称法)

工程名称 \_\_\_\_\_ 试验者 \_\_\_\_\_  
 钻孔编号 \_\_\_\_\_ 计算者 \_\_\_\_\_  
 试验日期 \_\_\_\_\_ 校核者 \_\_\_\_\_

试样 编号	土样 描述	煤油 温度 ( $^{\circ}\text{C}$ ) (1)	煤油 密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) (2)	试样 质量 ( $\text{g}$ ) (3)	试样在 油中质量 ( $\text{g}$ ) (4)	试样体积 ( $\text{cm}^3$ ) (5)= $\frac{(3)-(4)}{(2)}$	密 度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) (6)= $\frac{(3)}{(5)}$	平均值 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) (7)

## 4 联合测定法

4.0.1 本试验方法按 SL237—034—1999 规程的“联合测定法”进行。

## 5 环刀法

### 5.1 仪器设备

5.1.1 环刀:容积应大于或等于 500cm<sup>3</sup>。

5.1.2 天平:称量 2000g,分度值 0.2g。

5.1.3 其他:切土器、钢丝锯等。

### 5.2 仪器设备的检定和校准

5.2.1 环刀:应参照 SL110—95 校验方法进行校验。

5.2.2 天平:应按相应的检定规程进行检定。

### 5.3 操作步骤

5.3.1 本试验宜在负温环境中进行。无负温环境时,必须快速进行。切样和试验过程中的试样表面不得发生融化。

5.3.2 取原状土样,整平其两端,将环刀刃口向下放在土样上。

5.3.3 用切土刀(或钢丝锯)将土样削成略大于环刀直径的土柱,然后将环刀垂直下压,边压边削,至土样伸出环刀为止。将两端余土削去修平,取剩余的代表性土样测定含水率。

5.3.4 擦净环刀外壁称量,算出湿土质量,准确至 0.2g。

### 5.4 计算

5.4.1 按下列两式计算冻土密度和干密度:

$$\rho_f = \frac{m}{V} \quad (5.4.1-1)$$

$$\rho_{fd} = \frac{\rho}{1 + 0.01w} \quad (5.4.1-2)$$

式中  $\rho_f$ ——密度, g/cm<sup>3</sup>;  
 $\rho_{fd}$ ——干密度, g/cm<sup>3</sup>;

$m$  —— 湿土质量,  $g$ ;

$w$  —— 含水率, %。

计算至  $0.01g/cm^3$ 。

**5.4.2** 本试验应进行 2 次平行试验。其平行差值不应大于  $0.03g/cm^3$ 。其取算术平均值。

## 5.5 记录

**5.5.1** 本试验记录格式如表 5.5.1。

表 5.5.1 冻土密度试验记录表 (环刀法)

工程名称 \_\_\_\_\_ 试验者 \_\_\_\_\_  
钻孔编号 \_\_\_\_\_ 计算者 \_\_\_\_\_  
试验日期 \_\_\_\_\_ 校核者 \_\_\_\_\_

试样 编号	土样 描述	试样 体积 ( $cm^3$ ) (1)	湿土 质量 ( $g$ ) (2)	湿密度 ( $g/cm^3$ ) (3) = $\frac{(2)}{(1)}$	含水率 (%) (4)	干密度 ( $g/cm^3$ ) (5) = $\frac{(3)}{1+0.01 \times (4)}$	平均干 密度 ( $g/cm^3$ ) (6)

## 6 充 砂 法

### 6.1 仪器设备

**6.1.1** 金属测筒: 内径宜用 15cm, 高度宜用 13cm。

**6.1.2** 量砂: 粒径 0.25~0.5mm 的干净标准砂。

**6.1.3** 漏斗: 上口直径可为 15cm, 下口直径为 1.5cm, 高度为 10cm。

**6.1.4** 天平: 称量 5000g, 分度值 1g。

### 6.2 仪器设备的检定和校准

**6.2.1** 测筒容积: 参照 JJG259—89《标准金属量器检定规程》进行检定。

**6.2.2 量砂:**应按 SL237—041—1999 规程“附 a”的方法校准。

**6.2.3 天平:**应按相应的检定规程进行检定。

### **6.3 操作步骤**

**6.3.1** 切取冻土试样。试样宜取直径为 8~10cm 的圆形或  $l \times b \times h$ , cm; (8~10)×(8~10)×(8~10) 的方形。试样底面必须削平。称试样质量。

**6.3.2** 将试样平面朝下放入测筒内。试样底面与测筒底面必须接触紧密。

**6.3.3** 用标准砂充填冻土试样与筒壁之间的空隙和试样顶面。

1 取一定量的清洗干净校准后的干燥标准砂。标准砂的温度应接近冻土试样的温度。

2 用漏斗架将漏斗置于测筒上方。漏斗下口与测筒上口应保持 5~10cm 的距离。

3 用薄板挡住漏斗下口,并将标准砂充满漏斗后移开挡板,使砂充入测筒。与此同时,不断向漏斗中补充标准砂,使砂面始终保持与漏斗上口齐平。在充砂过程中不得敲击或振动漏斗和测筒。

4 当测筒充满标准砂后,移开漏斗,轻轻刮平砂面,使之与测筒上口齐平。在刮砂过程中不应将砂压密。

**6.3.4** 称测筒、试样和充砂的总质量。

### **6.4 计算**

**6.4.1** 按下列三式计算冻土密度  $\rho_f$ :

$$\rho_f = \frac{m}{V} \quad (6.4.1-1)$$

$$V = V_0 - \left( \frac{m_3 - m_1 - m}{\rho_s} \right) \quad (6.4.1-2)$$

$$\rho_s = \frac{m_2 - m_1}{V_0} \quad (6.4.1-3)$$

式中  $m$  ——冻土试样质量, g;

$V$  ——试样体积,  $\text{cm}^3$ ;

$V_0$  ——测筒容积,  $\text{cm}^3$ ;

$m_1$ ——测筒质量,g;  
 $m_2$ ——筒、砂总质量,g  
 $m_3$ ——测筒、试样和量砂的总质量,g;  
 $\rho_s$ ——量砂的密度,g/cm<sup>3</sup>。

计算至 0.01g/cm<sup>3</sup>。

**6.4.2** 本试验需进行 2 次平行测定,其平行差值不大于 0.03g/cm<sup>3</sup>,取算术平均值。

**6.5 记录**

表 6.5.1 冻土密度试验记录表 (充砂法)

工程名称 \_\_\_\_\_ 试验者 \_\_\_\_\_  
 钻孔编号 \_\_\_\_\_ 计算者 \_\_\_\_\_  
 试验日期 \_\_\_\_\_ 校核者 \_\_\_\_\_

试样编号	测筒质量(g) (1)	试样质量(g) (2)	测筒、试样加量砂质量(g) (3)	量砂质量(g) (4)=(3)-(1)-(2)	量砂密度(g/cm³) (5)	测筒容积(cm³) (6)	试样体积(cm³) (7)=(6)-(4)/(5)	冻土密度(g/cm³) (8)=(2)/(7)	平均密度(g/cm³) (9)