

4.15 混凝土比热测定 (绝热法)

4.15.1 目的及适用范围

测定混凝土的比热。

4.15.2 仪器设备

1 绝热量热器: 如图 4.15.2 所示, 主要包括以下部分:

1) 保温桶: 用两层钢板制成, 附有桶盖。外径 800mm, 内径 740mm, 高 1170mm, 两层钢板之间填以隔热材料。

2) 圆筒形空气挡板: 用厚 1mm 的钢板制成。直径 530mm, 高 880mm。其外缘母线方向, 均匀装有 12 条胶木板, 每条胶木板上安有 12 个小型绝缘瓷柱, 瓷柱上装有 12 根各 100W 的电热丝, 为保温桶内空气加热用。

3) 隔离桶: 用 1mm 厚的紫铜板制成。直径 330mm, 高 510mm, 附有盖。

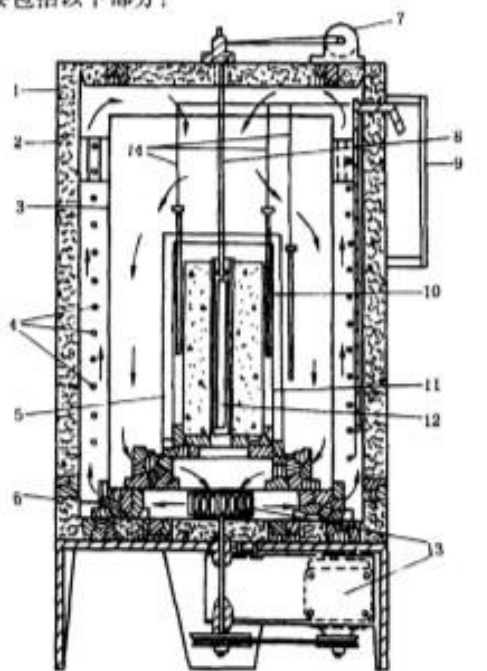
4) 试件桶: 用 1mm 厚的紫铜板制成。直径 240mm, 高 480mm。

5) 加热器: 试件中心加热用, 用黄铜片制成。外管直径 30mm, 内管直径 10mm, 长 370mm, 内外管间布有电热丝, 功率为 230W 左右。

6) 搅拌器: 杆式, 由一小马达带动, 以使试件周围水温均匀。

7) 鼓风机: 由多翼风扇与马达组成, 以使桶内空气温度均匀。

8) 温度计: 量程 $0^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$, 精度 0.1°C 。如用水银温度计, 水银球至刻度起



1—保温桶; 2—隔热材料; 3—圆筒型空气挡板; 4—加热丝; 5—隔离桶; 6—软木垫块; 7—搅拌器马达; 8—搅拌器; 9—控制箱; 10—2.5mm 空气层; 11—试件桶; 12—加热器; 13—鼓风机及马达; 14—温度计

图 4.15.2 绝热量热器示意图

点的距离应大于 400mm。

9) 其他: 瓦时表 (220V, 5A, 精度 0.01°), 控制箱及软木块等。

2 试模: 圆柱形金属试模, 直径 200mm, 高 400mm, 附有支架以固定试件中心埋杆, 埋杆直径 40mm, 贯穿整个试件。

3 三针时钟、磅秤等。

4.15.3 试验步骤

1 试件成型、养护与 4.13 “混凝土导热系数测定”相同。试验以两个试件为一组。

2 试验前, 从养护室取出试件, 擦干表面水份, 称量。

3 将试件及其他设备按图安装好, 并往试件桶内装水, 使水面高出试件顶面 2cm~3cm。记录装入的水量 (精确到 10g)。

4 约 4h 后, 当试件桶内的温度与保温桶内温度稳定一致时, 表示绝热量热器内试件温度、水温及气温已达平衡。此时测出的温度即为试件的初始温度 (θ_1), 与此同时也测读瓦时表的初始读数。

5 接通加热器及搅拌器的电源并开始记时。同时接通鼓风马达及空气加热丝电源, 使保温桶内空气与试件桶内的水温相等。待水温上升 10℃~15℃时, 关闭加热器, 只让搅拌器运转, 经 1.5h~2.0h, 使试件温度均匀, 读取试件桶内温度计的读数 (θ_2), 并记录时间及瓦时表读数。至此, 一次加热操作完毕。

6 按上述加热操作步骤对试件再加热两次。

4.15.4 试验结果处理

1 比热 (c) 的计算步骤如下:

1) 加热器供热: 每次加热所消耗的电量 ($W \cdot h$) 乘以 3.617 ($\text{kJ} / (W \cdot h)$) 即为每次加热器的供热量 q_1 (kJ)。

2) 搅拌器供热: 搅拌器搅拌常数乘以搅拌时间 (h), 即为每次搅拌器供热量 q_2 (kJ)。

注: 搅拌器常数与搅拌器形状尺寸及转速有关。按美国垦务局混凝土比热仪图纸制造的搅拌器常数为 6.752 kJ/h , 自制的应另行测定。

3) 试件桶吸热: 试件桶的吸热常数 4.254 $\text{kJ}/^\circ\text{C}$, 乘以每次加热的温升值 ($\theta_2 - \theta_1$), 即为试件桶所吸收的热量 q_3 (kJ)。

4) 水吸热: 水的比热乘以用水量再乘以每次加热的温升值 ($\theta_2 - \theta_1$) 即为水所吸收的热量 q_4 (kJ)。

5) 试件吸热: 令为 Q (kJ), 按式 (4.15.4-1)、式 (4.15.4-2) 计算:

$$Q = q_1 + q_2 - q_3 - q_4 \quad (4.15.4-1)$$

$$Q = M [C_0 (\theta_2 - \theta_1) + \frac{C_1}{2} (\theta_2^2 - \theta_1^2) + \frac{C_2}{3} (\theta_2^3 - \theta_1^3)] \quad (4.15.4-2)$$

式中: M ——试件的质量, kg ;

C_0 、 C_1 、 C_2 ——待求的系数;

θ_1 、 θ_2 ——每次加热的初温和终温, $^\circ\text{C}$ 。

连续加热三次就可得到三个三元一次方程, 联立求解即可求出 C_0 、 C_1 、 C_2 之值。

6) $c = C_0 + C_1\theta + C_2\theta^2$, 即得比热 (c) 随温度 (θ) 变化表达式。此式在试验温度范围内有效。

取两个试件测值的平均值作为试验结果。

2 计算实例（数据见记录表）：

第一次试验各数据计算：

- 1) 加热器供热： $q_1 = 267.35 \times 3.617 = 967.0$ (kJ)
- 2) 搅拌器供热： $q_2 = 6.752 \times 1.5 = 10.1$ (kJ)
- 3) 试件桶吸热： $q_3 = 4.254 \times 16 = 68.1$ (kJ)
- 4) 水吸热： $q_4 = 5.9 \times 16 \times 4.187 = 395.3$ (kJ)
- 5) 试件吸热： $Q = q_1 + q_2 - q_3 - q_4 = 513.7$ (kJ)

表 4.15.4 混凝土比热测定记录表

试验 次数	时 间	温度℃	瓦时表读数 W·h				试件 温升 ℃	加热器 耗电 W·h	备 注
	h:min ~ h:min	初温 θ_1	终温 θ_2	初读数	终读数				
1	9:00 ~ 10:30	22.0	38.0	0	267.35	16.0	267.35		试件质量: 31.9kg 水质量: 5.9kg
2	10:30 ~ 12:00	38.0	54.1	267.35	537.15	16.1	269.80		
3	12:00 ~ 13:00	54.1	67.3	537.15	760.00	13.2	222.85		
4									
5									

试验者_____ 计算者_____ 校核者_____

第二次、第三次试验同样计算，得如下方程组：

$$\left. \begin{aligned} 68.42C_0 + 2052.63C_1 + 63038.5C_2 &= 16.10 \\ 68.85C_0 + 3170.50C_1 + 14748.96C_2 &= 16.29 \\ 56.45C_0 + 3426.36C_1 + 208799.38C_2 &= 13.50 \end{aligned} \right\}$$

联立求解得： $C_0 = 1.01389$

$$C_1 = -0.0006614$$

$$C_2 = 0.00001324$$

$$c = C_0 + C_1\theta + C_2\theta^2$$

将式中 θ 用所需温度代入，即可求得某一温度的比热 (c)。两个试件的比热 (c) 都算出后加以平均即为本次试验所测得的比热 (c)。试验记录格式如表 4.15.4。