

实验一 恒温槽的装配与性能测定

一、实验原理

通过维持恒温介质向外界散热于加热器提供的热量相同而维持在某一温度。实验分别采用 PID 算法控制和继电器 (on-off) 控制两种方法, 并且探究不同电压、是否通入冷却水对控温效果影响。

二、实验操作

1. 打开水槽电源, 打开加热器, 设定为 36℃, 打开 DTC 控温仪器, 调节电压为 200V。

依次测定:

精密恒温水槽控制, 电压 200V

精密恒温水槽控制, 电压 125V

触点式温度控制, 电压 200V

触点式温度控制, 电压 125V

通冷却水, 精密恒温水槽控制, 电压 125V

通冷却水, 精密恒温水槽控制, 电压 200V

通冷却水, 触点式温度控制, 电压 200V

通冷却水, 触点式温度控制, 电压 125V

2. 将电压调至 0, 关闭继电器, 关闭温度采集装置, 关闭 DTC 仪器, 关闭水槽电源, 关闭冷却水

三、结果与讨论 (作图说明: 纵坐标取值范围相同, 因此可以通过直接比较图形中波振幅形状的大小比较控温效果。)

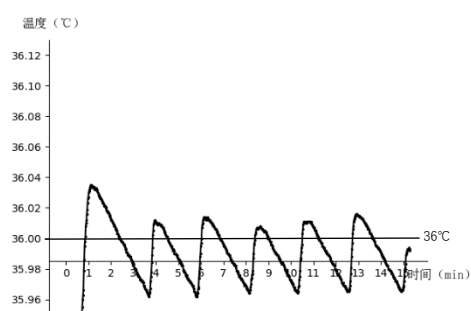


图 1 PID 算法控制、200V、无冷却水温度测定图

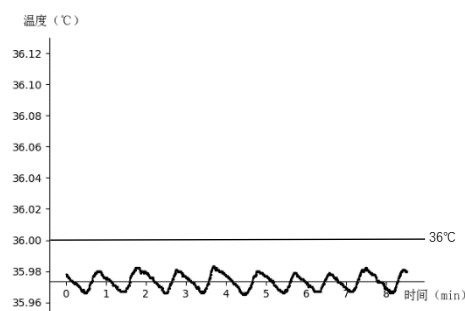


图 2 PID 算法控制、125V、无冷却水温度测定图

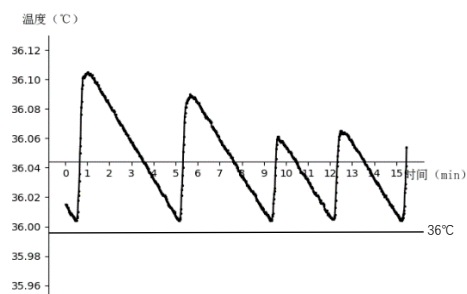


图 3 继电器控制、200V、无冷却水温度测定图

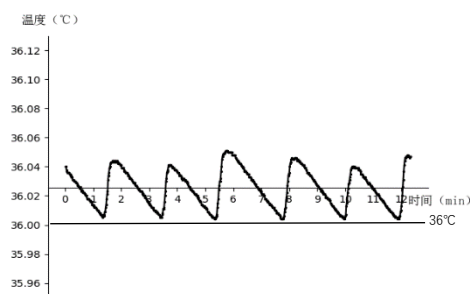


图 4 继电器控制、125V、无冷却水温度测定图

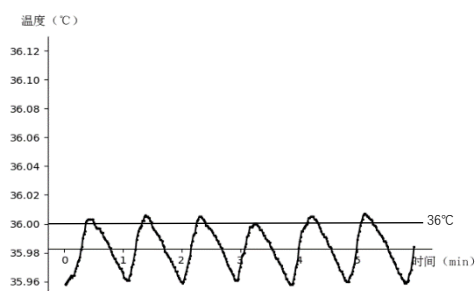


图 5 PID 算法控制、200V、有冷却水温度测定图

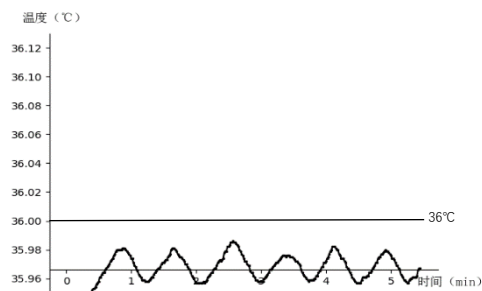


图 6 PID 算法控制、125V、有冷却水温度测定图

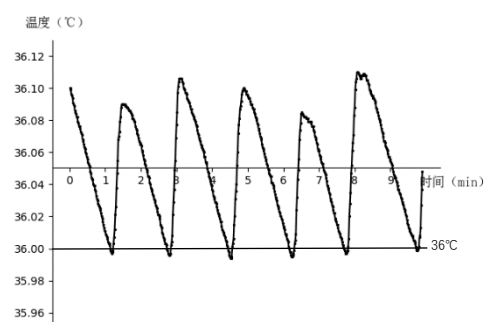


图 7 继电器控制、200V、有冷却水温度测定图

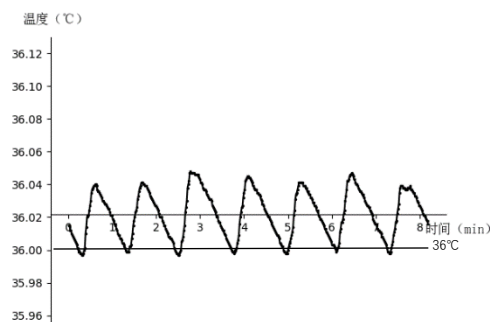


图 8 继电器控制、125V、有冷却水温度测定图

对控温灵敏度影响：

1. 电压对控温灵敏度影响：通过比较图片（图 1 与图 2、图 3 与图 4、图 5 与图 6、图 7 与图 8 比较），低电压加热器的温度波形图的振幅更小，其原因是低电压加热器加热惯性小，因此使用低电压的加热器可以提高控温灵敏度。
2. 不同控温方式对控温灵敏度影响：通过比较图片（图 1 与图 3、图 2 与图 4、图 5 与图 7、图 6 与图 8 比较）得出，通过 PID 算法控温得到的波形图振幅更小，控温灵敏度更高，控温效果更好。
3. 是否通入冷却水对控温灵敏度影响：通过比较图片（图 1 与图 5、图 2 与图 6、图 3 与图 7、图 4 与图 8 比较）得出，通入冷却水后振幅大小几乎不变，说明是否通入冷却水对控温效果没有明显影响。

对控温中温度变化周期影响：

1. 电压对控温中温度变化周期影响：通过比较图片（图 1 与图 2、图 3 与图 4、图 5 与图 6、图 7 与图 8 比较），低电压加热器的温度波形图的周期更小，其原因是低电压加热器加热惯性小，波形图振幅小，降温时间短，使得总体周期短。
2. 不同控温方式对控温中温度变化周期影响：通过比较图片（图 1 与图 3、图 2 与图 4、图 5 与图 7、图 6 与图 8 比较）得出，通过 PID 算法控温温度波形图的周期更

小，原因是波形图振幅小，降温时间短，使得总体周期短。

3. 是否通入冷却水对控温中温度变化周期影响：通过比较图片（图 1 与图 5、图 2 与图 6、图 3 与图 7、图 4 与图 8 比较）得出，通入冷却水后，对于高电压（200V）加热器，由于加热时间不受很大影响，而冷却时间大幅度缩短，使得温度变化中周期大幅度降低。而对于低电压（125V）加热器，由于加热功率较低，使得加热时间提高较多，而同时降温时间变短，在 PID 算法控制的低电压加热器，周期几乎不变，而继电器控制的低电压加热器中，周期略有下降，下降幅度不如高电压加热器幅度大。

其他讨论：

1. 图一是从 26℃加热到设定温度（36℃）的图，其中第一个波振幅比其他波振幅高一些，符合理论 PID 控温理论图形。
2. 使用 PID 算法控温的温度普遍在 36℃之下，而使用继电器控制的温度在 36℃之上，这应该是因为控温装置测定温度元件与上传数据元件测定温度元件测得的温度没有相互校准所导致的。
3. 通过比较图片（图 1 与图 2、图 3 与图 4、图 5 与图 6、图 7 与图 8 比较），高电压加热器控温温度偏高（横坐标为在图数据平均值所作），大概高 0.02℃，这是因为高电压加热器加热惯性更大。

四、思考题

(1) 请说明以下几种介质的控温范围，实验室中欲将温度控制在 $(-15\pm 0.5)^{\circ}\text{C}$ ，控温介质应该选用哪种物质。分析说明：

(A) 冰-水混合物 (B) 干冰 (C) 乙醇 (D) 液氮

控温范围：

- A) $0\sim 0.01^{\circ}\text{C}$
- B) $-78.5\sim -56.5^{\circ}\text{C}$
- C) $-114\sim 78^{\circ}\text{C}$
- D) $-210\sim -196^{\circ}\text{C}$

选择 C

分析：

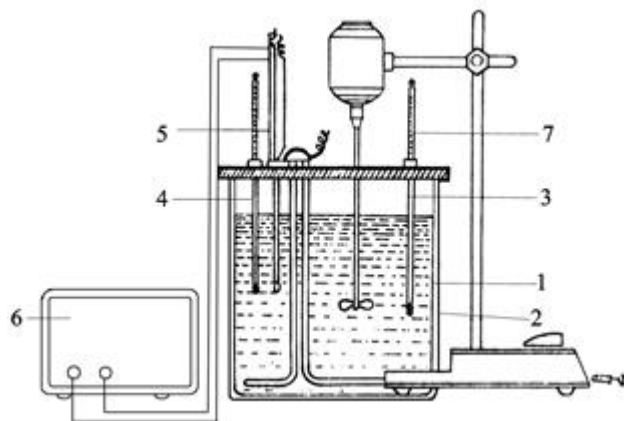
ABD 控温范围不包括 $-15\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 范围

(2) 请说明贝克曼温度计与精密温度计的主要差别。分析解答：

- 1) 原理不同：贝克曼温度计是利用汞热胀冷缩原理制成，精密温度计可能利用固体、液体、气体受温度的影响而热胀冷缩的现象；在定容条件下，气体（或蒸气）的压强因不同温度而变化；热电效应的作用；电阻随温度的变化而变化；热辐射的影响等原理制成。

- 2) 贝克曼温度计刻度一般只有 $5\sim 6^{\circ}\text{C}$ ，而精密温度计由于制成方法不同，可能会有不同量程。
- 3) 贝克曼温度计刻度一般为 0.01°C ，可估读 0.002°C 。精密温度计一般比贝克曼温度计精度低。

(3) 请说明本实验装置各部分组成及作用。(可配图说明) 分析解答：



1. 浴槽：盛放恒温介质
2. 加热器：为恒温介质提供热量
3. 搅拌器：使恒温介质温度均匀
4. 温度计：测量恒温介质当前温度
5. 感温元件(热敏电阻探头)：测量恒温介质当前温度，并转化成电信号
6. 恒温控制器：对感温元件的信号进一步处理，并控制加热器件。
7. 贝克曼温度计：测量温度，并使得温度低于设定值使得线路导通，通过继电器控制加热器加热。

(4) 比较分析实验中两种不同的控温方式的原理。

分析解答：

PID 算法控制：PID 控制器的主要目标是消除系统的误差，即期望值与实际输出值之间的差。其三种控制方式为：比例控制 (P)、积分控制 (I)、微分控制 (D)。使得温度逐渐在设定温度处稳定。

比例控制 (P)：比例控制是最简单的控制方式，它的作用是产生一个与误差成比例的控制信号。比例增益越高，控制器的响应就越快。但是，如果增益过高，系统可能会过度反应并开始振荡。

积分控制 (I)：积分控制的作用是消除系统的稳态误差。它通过积累过去的误差来产生控制信号。积分控制可以确保系统达到期望值，但是过度的积分控制可能会导致系统响应过慢或过度反应。

微分控制 (D)：微分控制预测系统的未来行为。它通过计算误差的变化率来产生控制信号。微分控制可以预防系统过度反应，但是如果噪声过大，微分控制

可能会放大这些噪声并导致系统不稳定。

继电器控制: 温度低于设定温度时, 继电器控制加热器开始工作, 温度低于设定温度是, 加热器停止工作, 最终结果使得温度在设定温度附近变化。

(5) 基于本实验所使用装置如何提高控温灵敏度。

分析解答:

- 1) 使用更低电压进行加热、控温。
- 2) 使用更精密控温设备, 实验结果表明使用 PID 算法控温的仪器, 控温效果更好。