

長安大學

學生實驗報告

實驗課名稱：自動控制理論

實驗項目名稱：閉環溫度控制系統實驗

專業名稱：自動化

班 級：32010802

學 號：3201080203

學生姓名：李思慧

教師姓名：閔茂德

2011年 10月 16日

组别 第一组 同组同学 李阳

实验日期 2011年10月16日 实验室名称 控制工程实验室

一、实验名称：闭环温度控制系统实验

二、实验目的与要求：

- (1) 掌握温度控制系统的构成，学会正确连接线路。
- (2) 掌握温控器的工作原理，学会 PID 参数的调整方法。

三、实验内容：

- (1) 温度控制器 P 参数调节作用测试
- (2) 温度控制器 I 参数调节作用测试
- (3) 温度控制器参数自整定功能的使用
- (4) 自选 PI 参数进行测试

四、实验原理：

比例、积分和微分调节器通常简称为 PID 调节器，是目前工业控制中应用最广的控制规律。其中，P 表示比例，I 表示积分，D 表示微分。

P 调节器组成控制系统可以使系统响应速度加快，但系统稳定性下降，当 P 值大到某一特定值时，系统就不稳定，控制系统被调量一定存在静差；I 调节器组成控制系统可以达到无静差，但是单独使用时，响应速度太慢；D 调节器组成控制系统具有超前校正的功能。

比例控制（P 调节器）动作及时，但是有静差；积分控制（I 调节器）虽能消除静差，但又容易使控制过程产生振荡，所以在实际应用中总是把它们结合起来，这样既能控制及时，又能消除静差。这种调节器称为比例积分调节器，用它实现的控制称为比例积分控制，简称 PI 控制。微分的特点是能起到超前控制的作用。即按照偏差变化的速度控制，能在偏差很小时，提前增大控制作用，改善控制品质。一般情况下，采用 PI 调节器基本上已能满足各项控制要求，当控制具有大惯性对象时，才需加入微分控制。

五、实验仪器与设备：

- (1) 温控箱 1 个
- (2) 温控器 1 个
- (3) Pt100 温度传感器 1 只
- (4) 数字万用表 1 块
- (5) 导线若干，电源线一根，十字和一字螺丝刀各 1 个

六、实验步骤及结果分析

1、熟悉实验仪器，对万用表与温控器的进行标定

步骤：

万用表的标定方法：将万用表打到欧姆档最低档，将两个表笔对接，观察万用表的基本误差是否在误差范围之内，若超过基本误差范围，则要更换万用表，若在范围内，则可忽略不计。

温控器的标定方法：熟悉 WG5412 温度控制器接线端子的功能。将 200Ω 的滑动变阻器调至 100.0Ω，然后按图 1 所示将温度控制器接好，接通电源，观察显示仪表的读数，若不为“0”，则利用“测量误差修正”功能将其修正为“0”为止。

实验电路的连接：利用万用表区分 Pt-100 温度传感器的三个端子，并按图 2 所示接好实验电路。

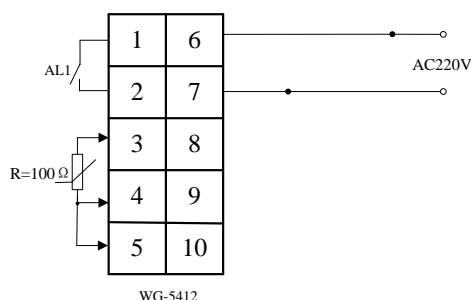


图 1 温控器标定电路

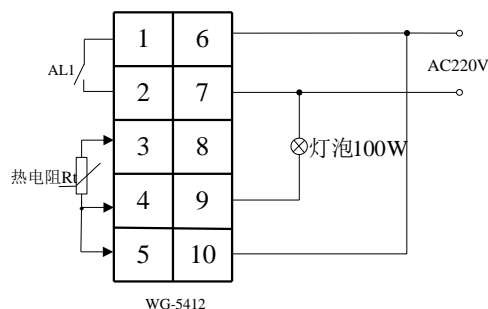


图 2 温控器实验接线图

实验结果与分析：

按照万用表的标定方法操作，将本次实验所用的万用表的两个表笔对接后，万用表的读数为： 0.4Ω 。此值即为该万用表的基本误差，且在基本误差的范围之内，可以忽略不计。该万用表可以作为实验中的测量仪器。

按照温控仪的标定方法操作后，接通电源稳定后，显示仪表的显示温度不为“0”，将“测量误差修正”参数设置为 -0.1 后，将显示仪表读数最终修正为“0”，从而为整个实验的准确无误性提供了必要的前提与基础。

2、 温度控制器 P 参数调节作用测试

步骤：

- (1) 按照使用说明，接好温度控制系统线路，请老师检查确认无误后接通电源。记录温控器显示的测量温度 T_a ，该温度为环境温度。
- (2) 修改温控器参数，设定温度给定值为 40°C 。
- (3) 修改温控器参数，设定 $K_p=10, K_i=0, K_d=0$ 。
- (4) 每间隔 2 分钟，记录 1 次温控器显示的温度测量实际值，同时观察灯泡的工作状态。
- (5) 重复上述步骤 4，直至温控箱实际温度稳定在设定值的误差范围内或控温时间超过 20 分钟。
- (6) 断开温度控制系统电源，等待温控箱自然冷却，直至接近环境温度。
- (7) 接通温度控制系统电源。修改温控器参数，设定 $K_p=20$ ，其余参数保持不变，重复上述步骤 4—6。
- (8) 接通温度控制系统电源。修改温控器参数，设定 $K_p=40$ ，其余参数保持不变，重复上述步骤 4—6。
- (9) 以时间为横轴，所记录的实际温度为纵轴，在同一张图纸上分别划出不同 K_p 值的温度—时间曲线，如图 1 所示。
- (10) 分析实验数据，检验其合理性，重点说明 K_p 的作用。

实验结果与分析：

分别设定： $K_p=1, K_i=0, K_d=0$ ； $K_p=5, K_i=0, K_d=0$ ； $K_p=10, K_i=0, K_d=0$ 。以时间为横轴，所记录的实际温度为纵轴，可得出在不同 K_p 值的温度—时间曲线，如图 1 所示。

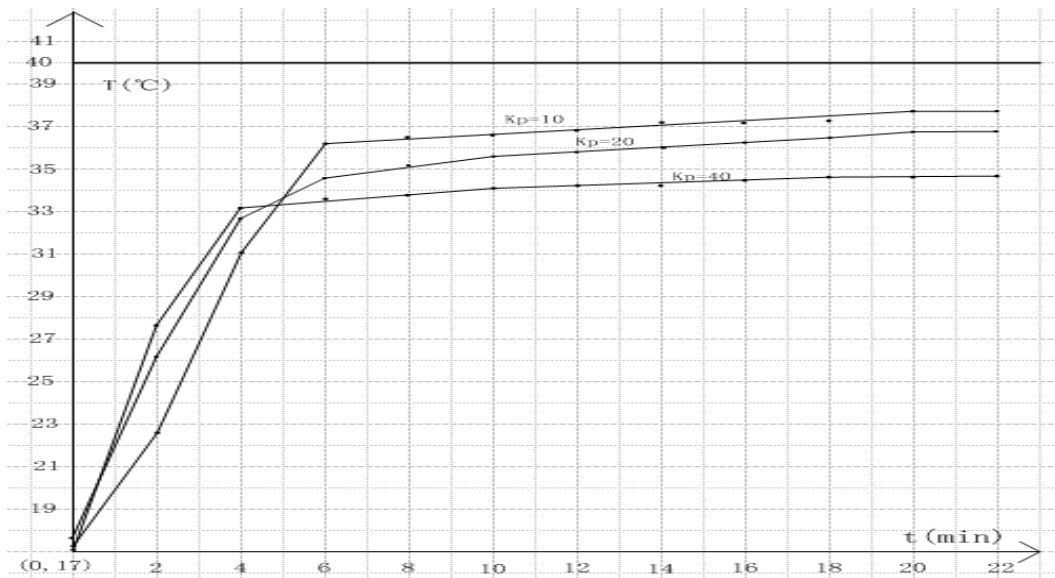


图 1 $K_i=0$ 时不同 K_p 值下系统响应图

观察图 1 可知, K_p 越大, 曲线的斜率越陡, 系统响应越快, 但随着 K_p 的增大, 系统的静差也会增加, 即系统的稳定性变差。

3、温度控制器 I 参数调节作用测试

步骤:

- (1) 按照使用说明, 接好温度控制系统线路, 请老师检查确认无误后接通电源。记录温控器显示的测量温度 T_a , 该温度为环境温度。
- (2) 修改温控器参数, 设定温度给定值为 40°C 。
- (3) 修改温控器参数, 设定 $K_P=10, K_i=1, K_d=0$ 。
- (4) 每间隔 2 分钟, 记录 1 次温控器显示的温度测量实际值, 同时观察灯泡的工作态。
- (5) 重复上述步骤 4, 直至温控箱实际温度稳定在设定值的误差范围内或控温时间超过 20 分钟。
- (6) 断开温度控制系统电源, 等待温控箱自然冷却, 直至接近环境温度。
- (7) 接通温度控制系统电源。修改温控器参数, 设定 $K_i=2$, 其余参数保持不变, 重复上述步骤 4—6。
- (8) 接通温度控制系统电源。修改温控器参数, 设定 $K_i=4$, 其余参数保持不变, 重复上述步骤 4—6。
- (9) 以时间为横轴, 所记录的实际温度为纵轴, 在同一张图纸上分别划出不同 K_P 值的温度—时间曲线, 如图 2 所示。
- (10) 分析实验数据, 检验其合理性, 重点说明 K_i 的作用。

实验结果与分析:

分别设定: $K_P=10, K_i=1, K_d=0$; $K_P=10, K_i=2, K_d=0$; $K_P=10, K_i=4, K_d=0$ 。以时间为横轴, 所记录的实际温度为纵轴, 可得出在不同 K_i 值的温度—时间曲线, 如图 2 所示。

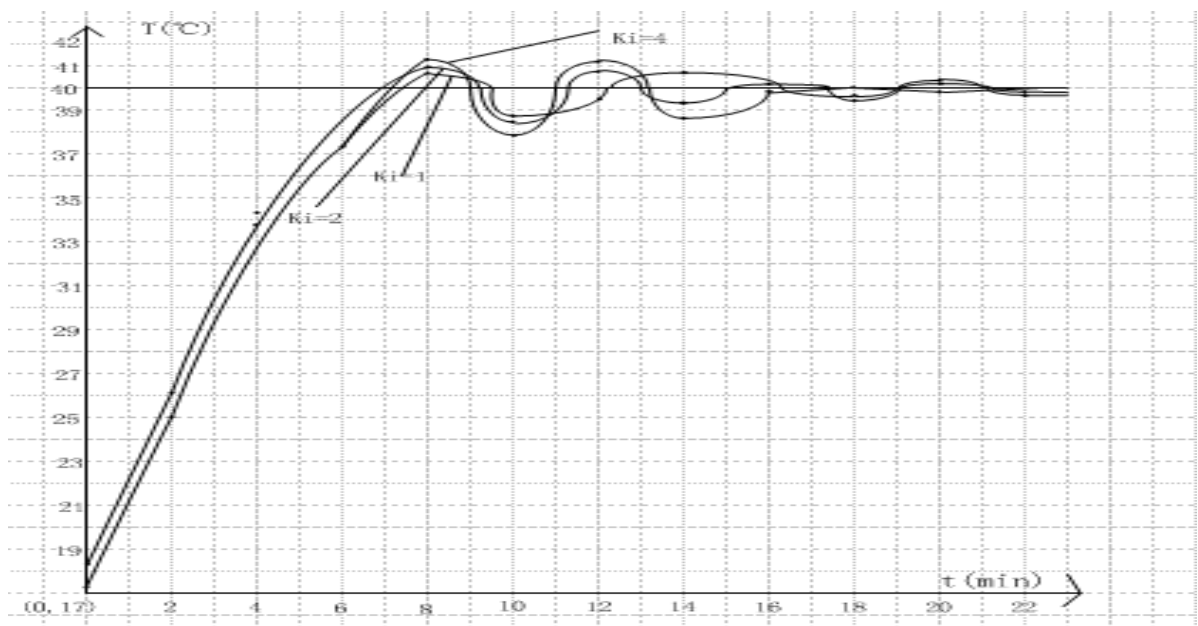


图 2 $K_p=10$ 时不同 K_i 值下系统的响应图

观察图 2 可知： K_i 越大，超调量越大，静差越小，越快达到稳定状态，动态性能好。 K_p 一样，所以快速性基本相同。

4、温度控制器参数自整定功能的使用

步骤：

- (1) 接通温度控制系统电源。
- (2) 修改温控器参数，设定温度给定值为 40°C 。
- (3) 使用温度控制器的参数自整定功能，完成对 K_P 、 K_i 和 K_d 参数的自整定。
- (4) 每间隔 1 分钟，记录 1 次温控器显示的温度测量实际值，同时观察灯泡的工作状态。
- (5) 重复上述步骤 4，直至温控箱实际温度稳定在设定值的误差范围内或控温时间超过 20 分钟。
- (6) 以时间为横轴，所记录的实际温度为纵轴，划出其温度—时间曲线，如图 3 所示。
- (7) 分析实验数据，检验其合理性，重点将该曲线和上述两组曲线相比较，说明 K_p 和 K_i 取值的重要性。

实验结果与分析：

使用温度控制器的“参数自整定”功能，完成对 K_P 、 K_i 和 K_d 参数的自整定测试中，以时间为横轴，所记录的实际温度为纵轴，可得温度—时间曲线，如图 3 所示。

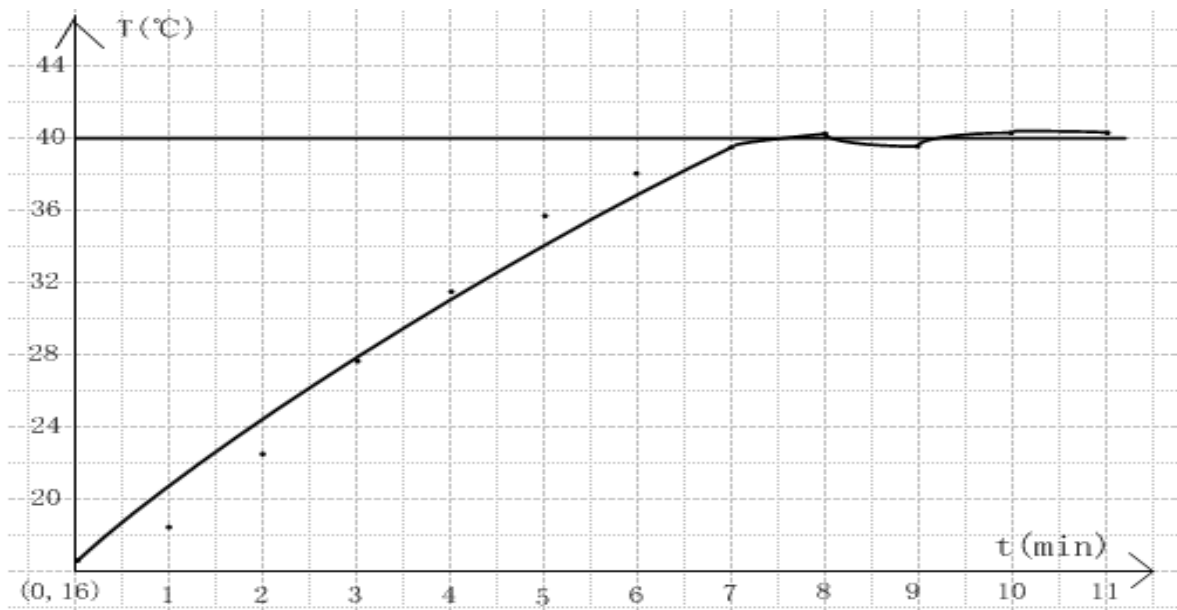


图3 自整定状态下的系统响应图

观察图3可知：在温度控制系统自整定的状态下，系统的动态响应快、静差小、很快就能将温度稳定在设定值。稳定性和快速性达到了最佳的平衡。

5、自选PI参数进行测试

步骤：

- (1) 接通温度控制系统电源。
- (2) 修改温控器参数，设定温度给定值为40℃。
- (3) 修改温控器参数，设定 $K_P=10, K_i=0.1, K_d=0$ 。
- (4) 每间隔2分钟，记录1次温控器显示的温度测量实际值，同时观察灯泡的工作态。
- (5) 重复上述步骤4，直至温控箱实际温度稳定在设定值的误差范围内或控温时间超过20分钟。
- (6) 断开温度控制系统电源，等待温控箱自然冷却，直至接近环境温度。
- (7) 接通温度控制系统电源。修改温控器参数，设定 $K_P=10, K_i=0.1$ ，其余参数保持不变，重复上述步骤4—6。
- (8) 接通温度控制系统电源。修改温控器参数，设定 $K_P=10, K_i=0.1$ ，其余参数保持不变，重复上述步骤4—6。
- (9) 以时间为横轴，所记录的实际温度为纵轴，在同一张图纸上分别划出不同 K_P, K_i 值的温度—时间曲线，如图4所示。
- (10) 分析实验数据，检验有无更好的参数设定值使温度控制系统的性能指标更佳。

实验结果与分析：

由于实验1中未观测出刚好出现震荡的 K_P 值，故不能根据经验公式进行该步骤的实验。而是通过观察实验1、2、3的参数设定情况所对应的系统响应效果图，根据一定的分析、归纳和总结。推测该系统在 $K_P=15, K_i=25$ 的情况下有较为理想的系统响应图。

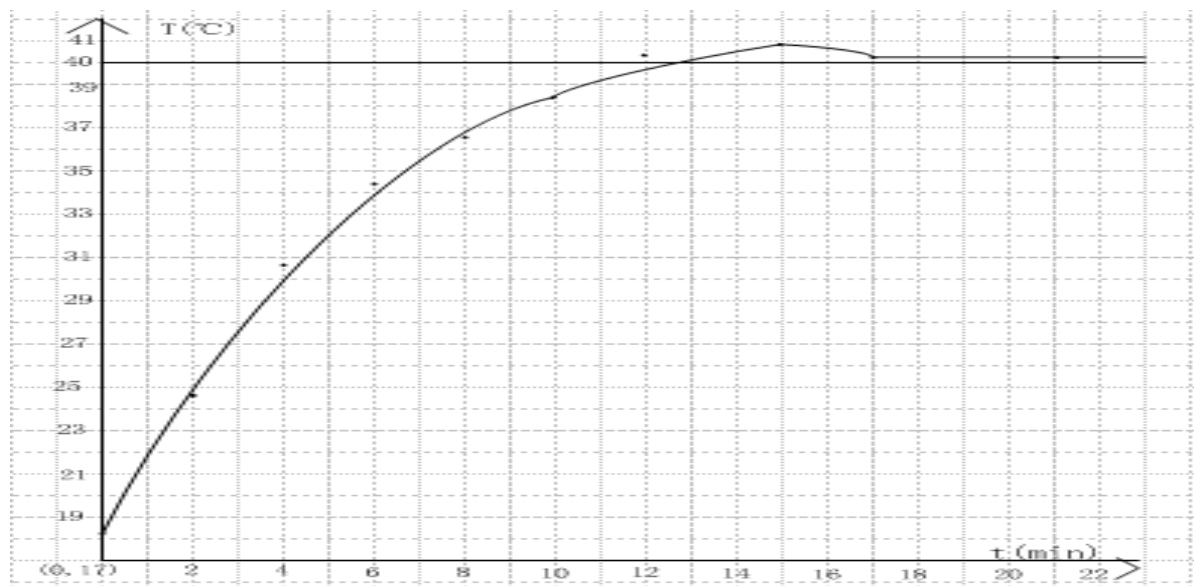


图 4 $K_p=15, K_i=25$ 时系统响应图

观察图 4 可知：在 $K_p=15, K_i=25$ 的情况下，系统响应曲线非常理想，响应速度快，超调小，静差小，动态性能和静态性能都得到了较为理想的效果。

七、问题讨论与体会：

问题： 整个实验操作过程中，应注意哪些什么？

答： 1、对于如测定 K_p, K_i 作用的实验中，每次实验都应在同一个温控箱中进行，这样可以确保温控箱里灯泡的加热功率一样、保温和散热的环境一样。2、在实验过程中，每记录完一个参数设定值的实验，最好让温控系统自然冷却，这样可以保证 Pt-100 传感器所放置位置是一定的，避免因 Pt-100 传感器所放置位置与灯泡距离的远近影响最终实验现象的准确性和直观性。3、Pt-100 传感器放置的位置应合理，不能太近也不宜不能太远。太近不能正常反应整个实验箱的温度，散热效果也不好，从而观察不到 PID 调节的效果；太远的话灯泡对传感器的加热效果不好，传感器很难到达设定温度值。

体会： 1. 通过这次试验，对 PID 调节中的各调节器的作用有了更深刻的理解。通过绘制的各坐标图，进行比较，从而有了更感性的认识，对今后系统控制积累了一定的经验。

2. 在整个实验过程中，为了观察某个调节器的作用，都采用控制一个变量的方法，从而保证了实验的准确性和可操作性。若今后需自我设计实验积累了一定的方法。

3. 实验 4 中的参数是基于实验 1、2、3 的实验基础上根据分析，推断的参数，通过实验证明，该组推断数据的实验效果非常好。这要求我们在实验中，需培养自己一定的分析推断能力。能根据每个参数的作用和效果，在做过的实验的基础上进行一定的推断。从而减少测试次数，提高实验效率。