

我主要是对自己一年以来的自控理论和实验的学习进行一个总结。

这是我按自己的理解总结出的一个关于控制理论核心任务的层级模型。

最底层是对给定系统进行分析，对于一个控制系统，我们一般关注的其稳定性、动态性能与稳态性能。分析的前提是对系统进行合理的表达，这些分析方法前面大家都提到了我就不再展开了。

中间层是对已有系统进行校正，以满足指标要求，主要有第六章的频域校正、第九章的极点配置。我认为校正实际上利用了系统分析方法，是在分析的基础上总结出一些通用的规律和方法，将其用于校正。

最顶层是从 0 开始设计一个控制系统。首先确定控制对象，对于构建控制器，主要是利用已知的控制规律来选择典型环节、结构和参数等，这个过程实际上也需要依靠系统分析中的方法。此外还可能需要不断校正。

总得来说，越往上层，实现的难度越大。实现上层任务，实际上用到了下层的知识。

下面是我整理的知识点总结，我挑一些重点讲。我们重点关注系统的稳定性、稳态性能以及动态性能。分析这三者的方法有很多。不管是时域、根轨迹还是频域，还是状态反馈，本质上都是对极点位置进行分析。离散控制系统和连续控制系统的分析方法类似，无非是把微分变为差分， $s$  变  $z$ ，不过也有区别，如采样周期对性能有影响。第八章是非线性系统，非线性系统不满足叠加原理，不能使用线性系统分析方法来进行分析，针对它的分析方法有描述函数法和相平面法。现代控制理论相比于经典理论，能更好地分析复杂系统。关键的内容是状态反馈和状态观测器，本质上也是极点配置。可以看出，在自控理论中我们重点研究对象就是极点位置，因为极点分布基本上决定了系统的性能。

这是我在做实验的过程中，总结的实验和理论间的关系。

1. 实验结果可以验证理论推导的正确性。
2. 有一些参数、结构选择，可能理论上不好计算，但可以在仿真时手动调节参数来观测系统，这便于选定参数或结构。(如实验六第一题第一问，三阶系统，调节  $K$  使超调量=20%)  
我们书里只有 2 阶系统的公式，对于三阶系统，我们只能在 matlab 中手动调节  $K$ ，观察现象来确定参数取值
3. 实验结果可能和理论结果有一定差别（如放大器的输出受限于饱和电压）。这就要求在理论设计阶段要把电路的物理特性考虑进去。
4. 为了简化问题，理论计算可能是近似计算。如主导极点、Bode 图（利用折线代替曲线）、奈奎斯特曲线（只分析大概趋势和关键点）等。而实验的输出是精确的曲线或波形。
5. 实验中可能需要考虑在理论中不需考虑的问题：
  - ① 实际电路有结构上的束缚，对于一个传递函数，要拆分成适当的环节，每个环节对应一个特定模块电路。
  - ② 校正时，在分析阶段只用考虑传递函数的设计，不过在搭建物理电路时，要保证原来的电路结构不能被改变。

后面是我一些印象比较深刻的实验，这个是实验六，我们一般现在 control sys designer 上设计传递函数，然后再进行仿真。理论上， $G$  是原系统，我们通过设计  $C$ ，来校正原系统。在分析过程我们可以把  $G$  和  $C$  统一写在  $C$  里，但是在搭建实际电路的时候我们一定要把  $G$  与  $C$  分开，保留  $G$  的原始电路结构。

总得来说实验与理论是相辅相成的。通过实验，我能够熟练使实验箱，对于本学期的线上实验，我能熟练地用 Matlab 中的 control system designer 对系统进行分析，并利用 simulink、simscape 进行仿真。此外，我对理论知识的理解也更加深刻了，并且还认识到了实验与理论之间的区别与联系。

下面是我整理的知识点总结。首先是要建立模型来合理地表达控制系统，包括微分方程，传递函数、结构图信号流图等，同时也包括第九章讲的状态空间表达式，他们之间可以相互转化。我认为 3、4 章的分析思路类似，他们的核心都是在研究极点位置，极点位置基本上决定了系统的性能。第三章的劳斯判据，换一个参数取值就要重新分析，而根轨迹法解决了这个弊端，它反映的是特定参数取值变化对闭环极点位置的影响。第九章的状态反馈等内容，实际上关注的也是极点。因此极点位置是自控理论关注的一个重点。第五章是频域分析，主要用奈氏判据、bode 图来判断稳定性，是很有用的工具。第六章主要讲系统的综合与校正，包括 PID 控制与频域校正，频域校正一般是利用 bode 图进行分析的。第七章离散控制系统与连续控制系统的分析思路是类似的，无非是把微分变为差分， $s$  变  $z$ ，不过也有区别，如采样周期对性能有影响。第八章是非线性系统，非线性系统不满足叠加原理，不能使用线性系统分析方法来进行分析，针对它的分析方法有描述函数法和相平面法。

现代控制理论相比于经典理论，能更好地分析复杂系统。

经典控制理论中，不管是频率法还是根轨迹法，本质上都可视为极点配置问题。在状态空间法中，一般采用状态反馈或输出反馈来配置极点，为了利用状态进行反馈，状态必须是可以用传感器直接测量的。但很多情况下，状态无法直接物理测量，这就产生了利用状态观测器来估计状态的问题。所以，状态反馈和状态观测器的设计是状态空间方法综合设计的重要内容。