

一次课例

本次课标题：

模拟锅炉液位串级控制方案

教学目的： 能根据工艺特点组成合理的串级控制系统

教学目标：

一、能力目标

- 1、能正确分析串级控制系统。
- 2、能绘制规范的控制系统结构图和方框图。

二、知识目标：

- 1、明确双容对象的控制特点
- 2、掌握串级控制系统的结构和组成原理。

一次课例

重点：临界比例度法的控制器参数整定。

难点：控制器参数整定。

解决办法：理论分析—教师示范操作—学生动手实践—总结提高。

课前准备：多媒体课件制作、演示实验设备调试、以 4 人 / 小组进行分组。

一次课例

一、课程导引——实验系统与工业系统的差别

通过前一阶段的学习，大家对单回路的液位控制技术有了较全面的认识，较好地掌握了常用控制仪表的使用技术，并能对控制系统实施合理地集成与调试，这是一个很了不起的成绩。结合总的控制任务——电加热锅炉恒温供水控制系统开发与实施，我们已基本解决了液位控制问题。

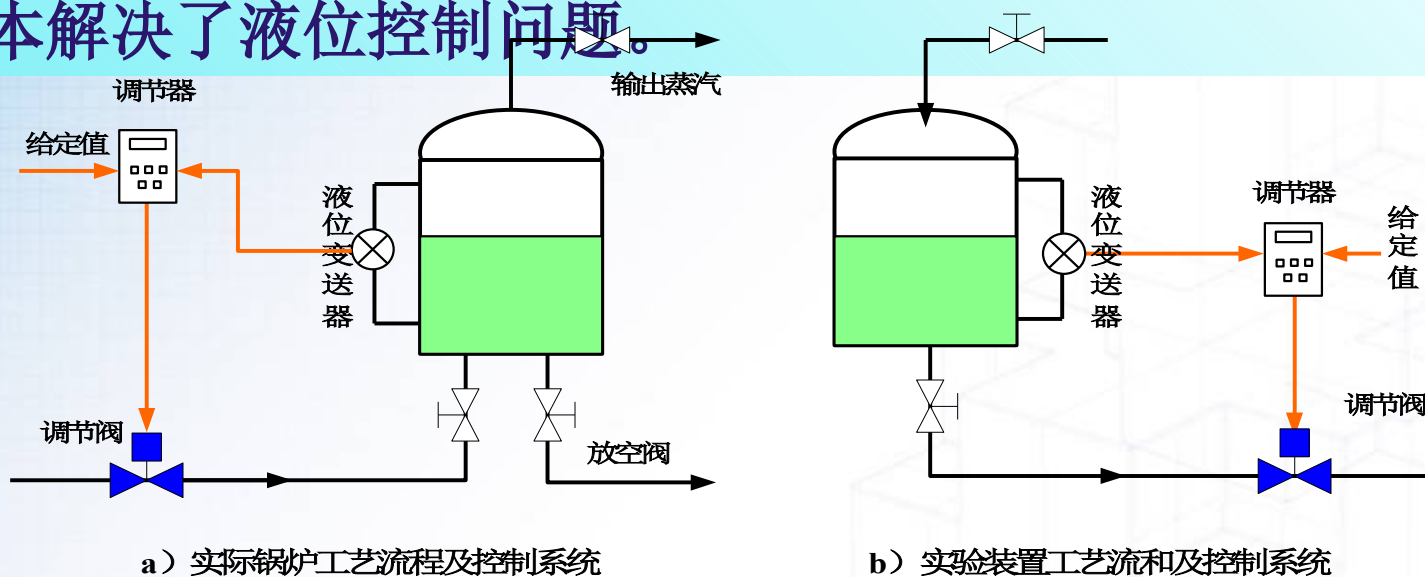


图 1 二种工艺流程和控制系统图

一次课例

但是应注意到二个问题：1）实验中的液位控制系统其工艺流程不同于实际（见图1所示），导致了自动控制装置的作用方式相反。实验中的工艺要求是液位增高时，应开大出水量；而实际锅炉的工艺要求则是液位增高时，应减小进水量。在具体实施时，大家对此一定要注意。

2）实际锅炉运行的工艺条件不同于实验装置，有不少干扰：首先是进水管路较长，进水量大大的小于锅炉的贮藏容积，造成控制滞后、对象的时间常数增大、调节时间加长；其次是进水量经常波动，导致液位较大幅度变化，控制精度不高。为了在实验中尽量模仿实际工艺条件，突出问题的本质，我们在本项目学习中采用了双容的液位控制，以进一步增强技术应用能力。我们首先通过实践操作来发现问题，并希望通过大家自己的努力，积极探索解决问题的方法。

❖ 二、实践体验—单回路控制系统的不足（45 分钟）

1、实验任务

- （1）以中水箱的液位控制为目标，组成如下图 2 所示的单回路控制系统。工艺流程为：水泵打水先进入上水箱，经上水箱的出水阀流入中水箱（由于操纵变量水需经过二个水箱才对中水箱的液位进行调节，也称双容控制系统）。按照单回路参数整定方法对控制器的参数进行整定，并正确地投入运行。
- （2）当系统投入正常运行后，对电动调节阀的进水量加 10% 左右的干扰，仔细观察系统调试过程与结果。重复 3 次（注意干扰施加时应正、负相间），记录下过渡过程曲线

一次课例

2、实验要求

(1) 对比控制系统未加干扰与加流量干扰时的最大动态偏差和静态偏差大小，得出哪个系统的品质指标高？

(2) 有何方法解决单回路控制系统因流量干扰而带来的控制品质下降？试着做一做。

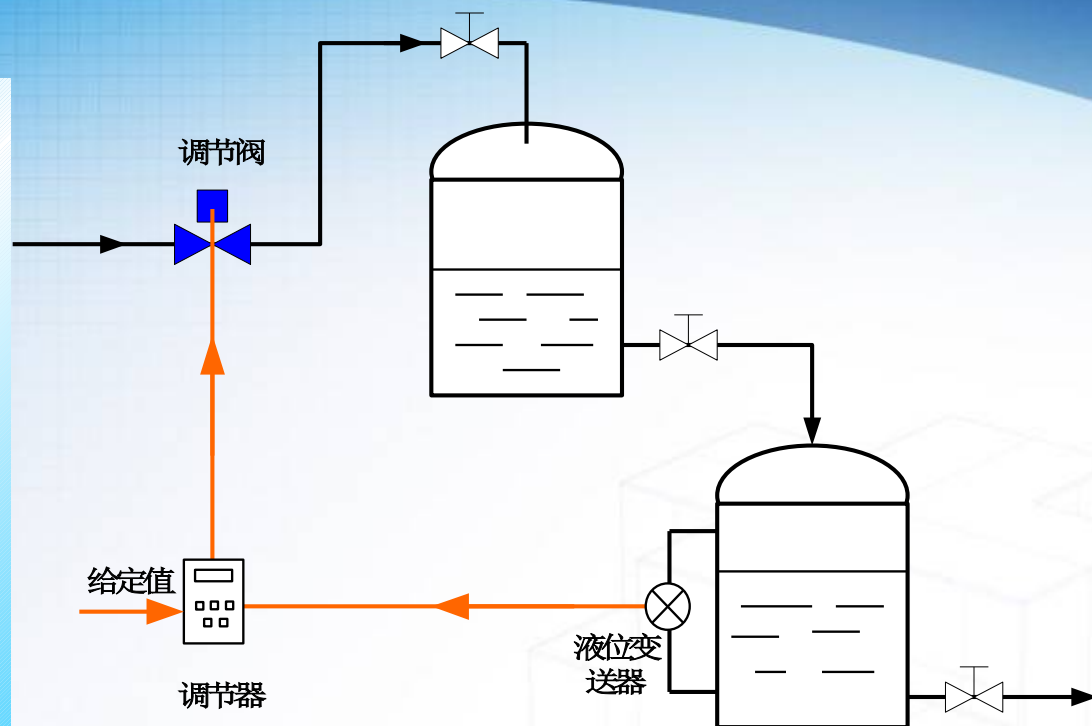


图 2 双容液位定值控制系统

注意事项：应认真调节好二个水箱的进、出水阀的开度，以使中水箱的液位能稳定在某一确定值上。否则，实验无法正常开展。

一次课例

三、集中讨论—克服流量干扰引起的液位波动（15分钟）

1、典型小组汇报

选择一个较典型的实验小组，向大家汇报实验结果和对问题的处理方法，其他同学可以自由提问，发表见解。

2、教师引导

教师应控制好过程，积极鼓励学生的参与，并着重就流量干扰问题展开讨论，努力提高学生发现问题、分析问题与解决问题的能力。

一次课例

四、知识学习—串级控制系统（25分钟）

（一）问题分析—双容水箱的液位频繁波动成因

这是一个双容的液位控制问题，若采用简单液位控制（图2），当中水箱的出水量发生变化时，由液位变送器、调节器和调节阀组成一个单回路控制系统，去克服由于出水量变化而引起的水箱液位的波动，以保持中水箱的液位在设定值上。对比单容水箱和双容水箱的过渡过程曲线，我们可以得知，双容水箱的液位控制调节时间要长，动态偏差也较大。这是因为双容水箱的对象时间常数大，中水箱的液位滞后要大于单水箱，因此，造成调节作用不能及时地作用到中水箱，故而偏差会增大。但经过控制系统一定时间的调节作用，被控参数还是能稳定而满足工艺要求。

但是，当总管进水流量波动大且频繁时，由于中水箱较大的滞后性，使得进水量的变化要经中水箱的液位变化后，调节器才能开始动作，去控制进水流量。而进水流量改变后，又要经过一段时间，才能影响中水箱液位。这样，既不能及早发现进水流量的扰动，又不能及时反映调节效果，将引起中水箱液位的较大幅度波动。这一现象同学们在实验中都已发现。如何解决呢？

(二) 解决方法—稳定进水流量

由于是进水流量的干扰而引起的液位波动，因此，解决的方法应着眼于对进水量的稳定。

1、增加单独的流量控制系统

最简单的解决方法是增加一个进水流量自动控制系统，如图 3 所示，由于它是安装在进水管处，因此，它能及时地检测流量变化、并加以调节，使供给水箱的流量稳定，从而也就较好地克服了中水箱液位的较大幅度波动。这种方法由于简便、易于实现、控制效果好而在实际中有较多的应用。

一次课例

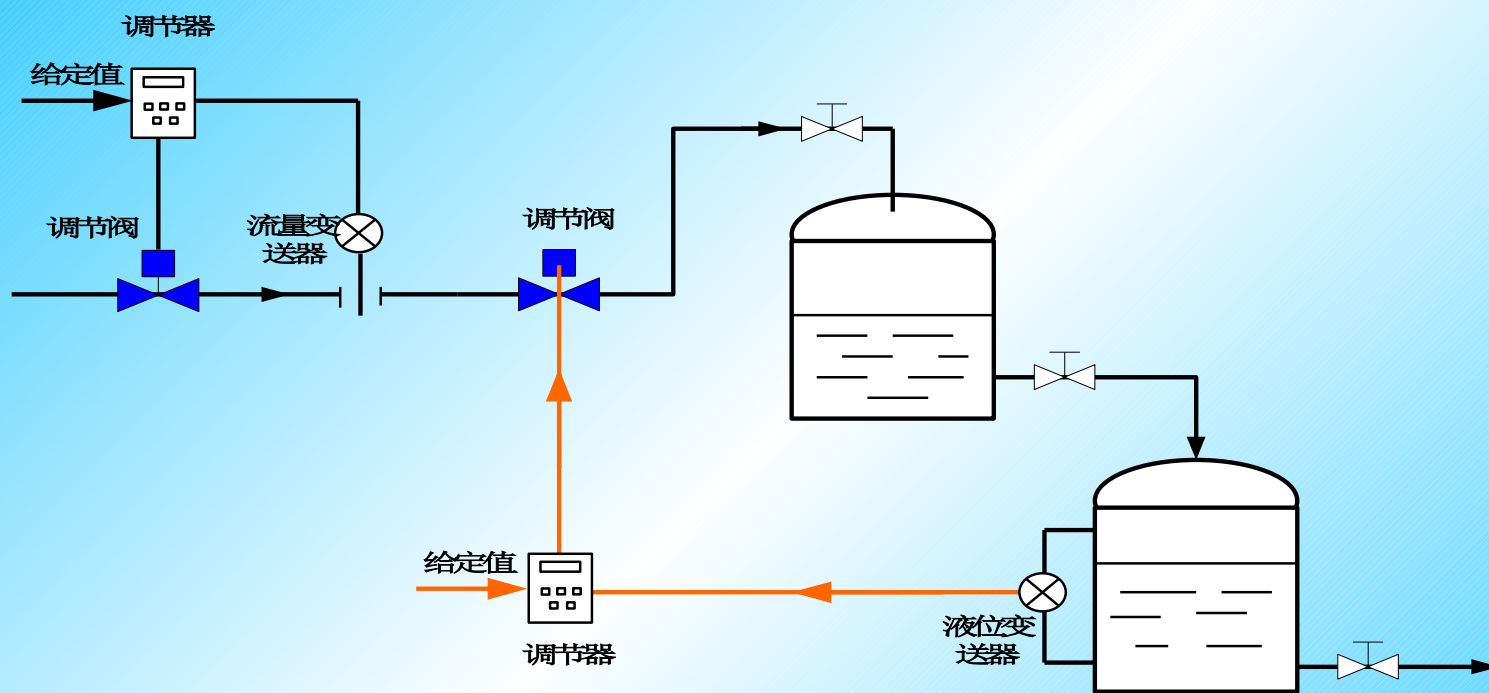


图 3 独设流量控制系统的液位控制系统

2、控制方法改进

方法一虽然简单易行，但存在不足之处——所用仪表多，增加了成本，特别是对于石油、化工等行业由于干扰因素较多，为克服扰动而增加的仪表将使费用增加不少。是否有较好地处理方法呢？

我们对工艺要求分析可以得知，控制目标是使进水流量满足液位调节的流量需要，这个流量需求值即是液位控制器的输出值。设想如果某时刻的流量需求值恰巧等于流量控制系统的目标值，岂不是可省去液位系统的调节阀。当然大多数情况两者是不相等的，即流量控制系统的目标值并不等于液位控制系统的流量需求值，但如果将液位控制系统的流量需求值作为流量控制系统的目标值，即流量控制系统的给定值由液位控制的需要来决定，就可以节省一个调节阀，从而组成如下图 4 所示的复杂控制系统，也就是液位—流量的串级控制系统。

一次课例

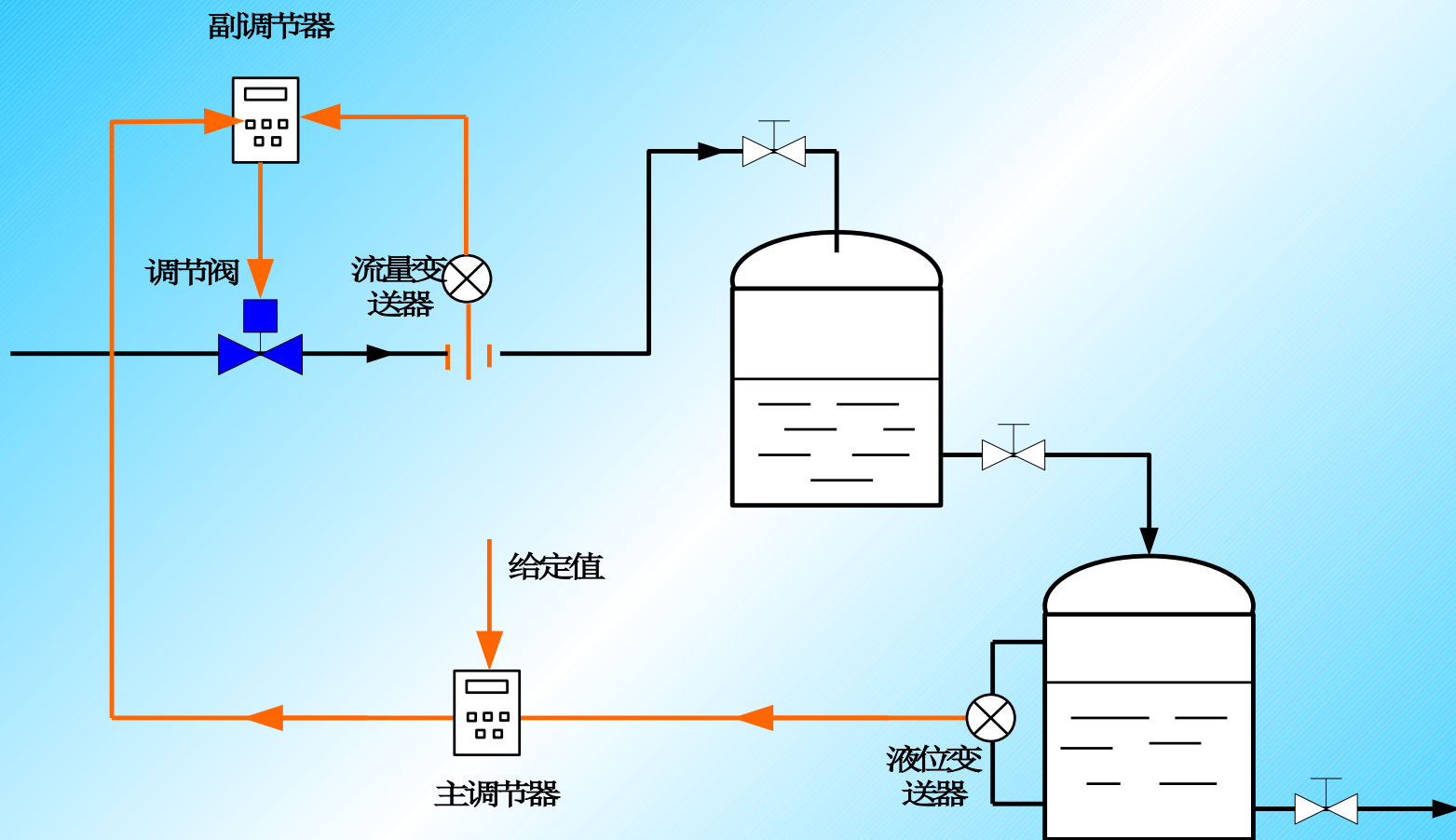


图 4 液位串级控制系统结构图

一次课例

串级控制系统的方块图如图 5 所示。

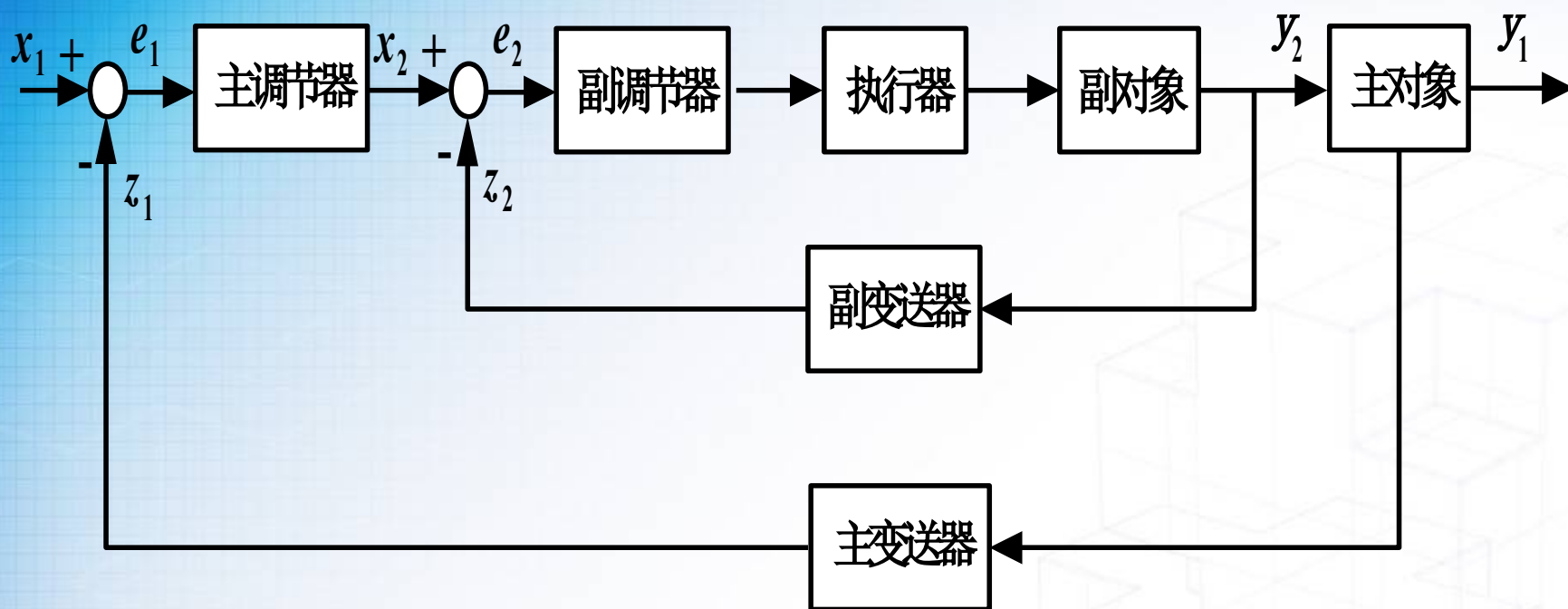


图 5 液位串级控制系统方块图

一次课例

在这个控制系统中，中水箱液位称为主被控变量，简称主变量。调节阀阀后的进水流量称为副被控变量，简称为副变量。液位调节器称为主调节器，流量调节器称为副调节器。从调节阀阀后到中水箱液位这个液位对象称为主对象。调节阀阀后流量对象称为副对象。由副调节器、调节阀、副对象、副测量变送器组成的回路称为副回路。而整个串级控制系统包括主对象、主调节器、副回路等效环节和主变量测量变送器，称为主回路，又称主环或外环。

一次课例

五、小结，学生课后自学布置（5分钟）

1、小结

通过本次课学习，必须明确单回路控制技术并非适用一切，对于时间常数较大、存在时间滞后、系统有较大干扰的情况，单回路控制系统的调节质量难于保证。必须改进控制方式，而串级控制系统能较大的解决这一问题，为此，必须切实掌握好串级控制系统的结构、深刻理解串级控制原理，要在充分掌握的基础上达到灵活应用，对串级控制系统中的常用术语应熟悉。同学们是否还有问题，可当场提问。

2、作业布置

- （1）串级控制系统中的主、副回路如何区分？作用各是什么？
- （2）串级控制系统的控制质量一定比单回路好？请说明理由。