

第一章 自动控制的一般概念

习题及答案

1-1 根据题 1-15 图所示的电动机速度控制系统工作原理图, 完成:

- (1) 将 a, b 与 c, d 用线连接成负反馈状态;
- (2) 画出系统方框图。

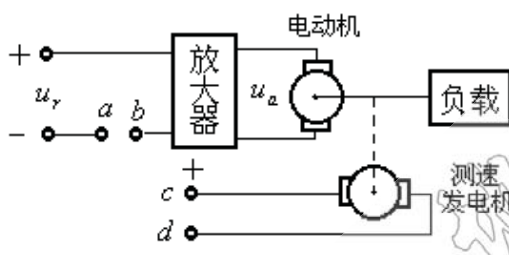


图 1-15 速度控制系统原理图

解 (1) 负反馈连接方式为: $a \leftrightarrow d$, $b \leftrightarrow c$;

(2) 系统方框图如图解 1-1 所示。



图解 1-1 速度控制系统方框图

1-2 题 1-16 图是仓库大门自动控制系统原理示意图。试说明系统自动控制大门开、闭的工作原理, 并画出系统方框图。

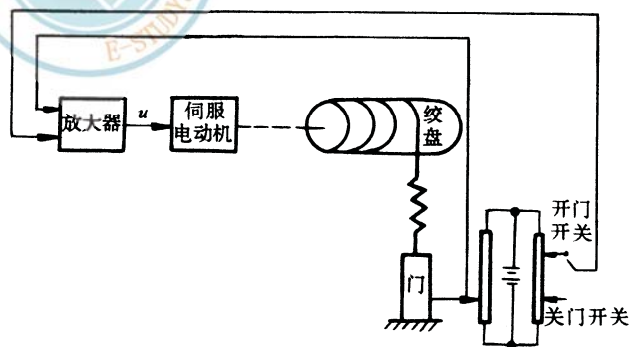
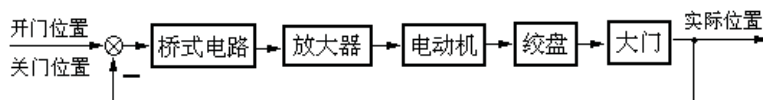


图 1-16 仓库大门自动开闭控制系统

解 当合上开门开关时, 电桥会测量出开门位置与大门实际位置间对应的偏差电压, 偏差电压经放大器放大后, 驱动伺服电动机带动绞盘转动, 将大门向上提起。与此同时, 和大门连在一起的电刷也向上移动, 直到桥式测量电路达到平衡, 电动机停止转动, 大门达到开启位置。反之, 当合上关门开关时, 电动机带动绞盘使大门关闭, 从而可以实现大门远距离开闭自动控制。系统方框图如图解 1-2 所示。



图解1-2 仓库大门控制系统方框图

1-3 图 1-17 为工业炉温自动控制系统的工作原理图。分析系统的工作原理, 指出被控对象、被控量和给定量, 画出系统方框图。

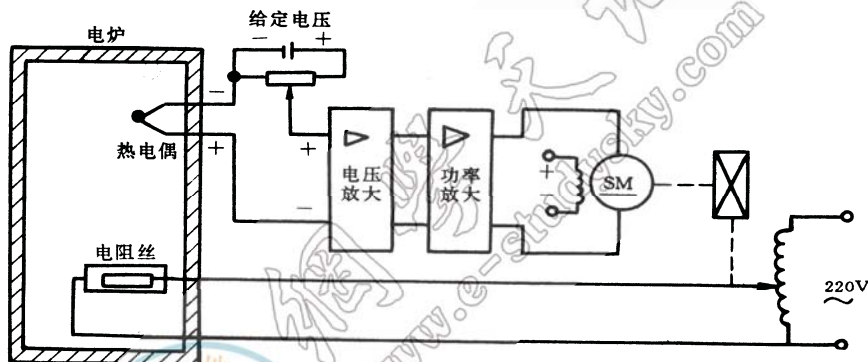


图 1-17 炉温自动控制系统原理图

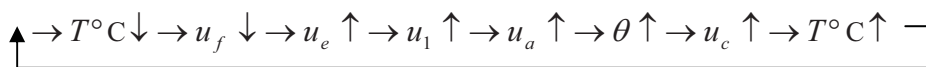
解 加热炉采用电加热方式运行, 加热器所产生的热量与调压器电压 u_c 的平方成正比, u_c 增高, 炉温就上升, u_c 的高低由调压器滑动触点的位置所控制, 该触点由可逆转的直流电动机驱动。炉子的实际温度用热电偶测量, 输出电压 u_f 。 u_f 作为系统的反馈电压与给定电压 u_r 进行比较, 得出偏差电压 u_e , 经电压放大器、功率放大器放大成 u_a 后, 作为控制电动机的电枢电压。

在正常情况下, 炉温等于某个期望值 $T^\circ\text{C}$, 热电偶的输出电压 u_f 正好等于给定电压 u_r 。此时, $u_e = u_r - u_f = 0$, 故 $u_1 = u_a = 0$, 可逆电动机不转动, 调压器的滑动触点停留在某个合适的位置上, 使 u_c 保持一定的数值。这时, 炉子散失的热量正好等于从加热器吸取的热量, 形成稳定的热平衡状态, 温度保持恒定。

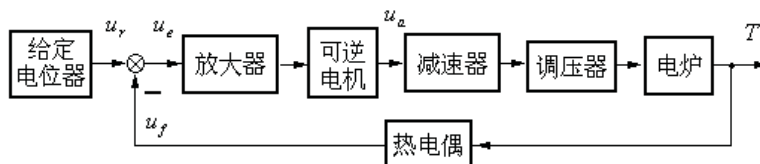
当炉膛温度 $T^\circ\text{C}$ 由于某种原因突然下降(例如炉门打开造成的热量流失), 则出现以下

的控制过程:

控制的结果是使炉膛温度回升, 直至 $T^{\circ}\text{C}$ 的实际值等于期望值为止。



系统中, 加热炉是被控对象, 炉温是被控量, 给定量是由给定电位器设定的电压 u_r (表征炉温的希望值)。系统方框图见图解 1-3。



图解1-3 炉温控制系统方框图

1-4 图 1-18 是控制导弹发射架方位的电位器式随动系统原理图。图中电位器 P_1 、 P_2 并联后跨接到同一电源 E_0 的两端, 其滑臂分别与输入轴和输出轴相联结, 组成方位角的给定元件和测量反馈元件。输入轴由手轮操纵; 输出轴则由直流电动机经减速后带动, 电动机采用电枢控制的方式工作。

试分析系统的工作原理, 指出系统的被控对象、被控量和给定量, 画出系统的方框图。

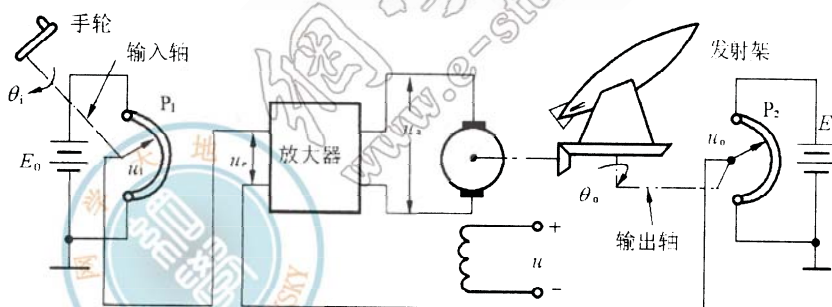


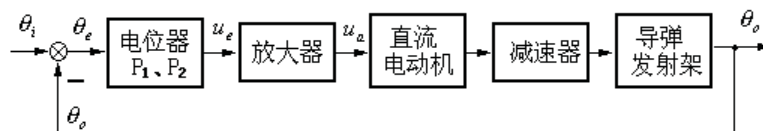
图 1-18 导弹发射架方位角控制系统原理图

解 当导弹发射架的方位角与输入轴方位角一致时, 系统处于相对静止状态。

当摇动手轮使电位器 P_1 的滑臂转过一个输入角 θ_i 的瞬间, 由于输出轴的转角 $\theta_o \neq \theta_i$, 于是出现一个误差角 $\theta_e = \theta_i - \theta_o$, 该误差角通过电位器 P_1 、 P_2 转换成偏差电压 $u_e = u_i - u_o$, u_e 经放大后驱动电动机转动, 在驱动导弹发射架转动的同时, 通过输出轴带动电位器 P_2 的滑臂转过一定的角度 θ_o , 直至 $\theta_o = \theta_i$ 时, $u_i = u_o$, 偏差电压 $u_e = 0$, 电动机停止转动。这时, 导弹发射架停留在相应的方位角上。只要 $\theta_i \neq \theta_o$, 偏差就会产生调节作

用, 控制的结果是消除偏差 θ_e , 使输出量 θ_o 严格地跟随输入量 θ_i 的变化而变化。

系统中, 导弹发射架是被控对象, 发射架方位角 θ_o 是被控量, 通过手轮输入的角度 θ_i 是给定量。系统方框图如图解 1-4 所示。



图解1-4 导弹发射架方位控制系统方框图

1-5 采用离心调速器的蒸汽机转速控制系统如图 1-19 所示。其工作原理是：当蒸汽机带动负载转动的同时，通过圆锥齿轮带动一对飞锤作水平旋转。飞锤通过铰链可带动套筒上下滑动，套筒内装有平衡弹簧，套筒上下滑动时可拨动杠杆，杠杆另一端通过连杆调节供汽阀门的开度。在蒸汽机正常运行时，飞锤旋转所产生的离心力与弹簧的反弹力相平衡，套筒保持某个高度，使阀门处于一个平衡位置。如果由于负载增大使蒸汽机转速 ω 下降，则飞锤因离心力减小而使套筒向下滑动，并通过杠杆增大供汽阀门的开度，从而使蒸汽机的转速回升。同理，如果由于负载减小使蒸汽机的转速 ω 增加，则飞锤因离心力增加而使套筒上滑，并通过杠杆减小供汽阀门的开度，迫使蒸汽机转速回落。这样，离心调速器就能自动地抵制负载变化对转速的影响，使蒸汽机的转速 ω 保持在某个期望值附近。

指出系统中的被控对象、被控量和给定量，画出系统的方框图。

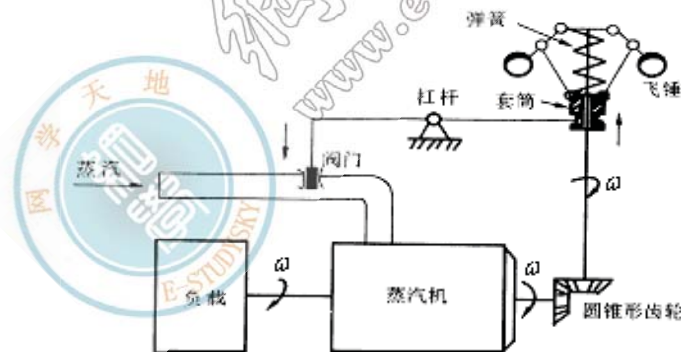
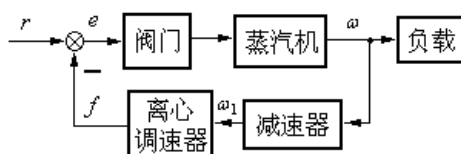


图 1-19 蒸汽机转速自动控制系统



图解1-5 蒸汽机转速控制系统方框图

解 在本系统中, 蒸汽机是被控对象, 蒸汽机的转速 ω 是被控量, 给定量是设定的蒸汽机希望转速。离心调速器感受转速大小并转换成套筒的位移量, 经杠杆传调节供汽阀门, 控制蒸汽机的转速, 从而构成闭环控制系统。

系统方框图如图解 1-5 所示。

1-6 摄像机角位置自动跟踪系统如图 1-20 所示。当光点显示器对准某个方向时, 摄像机会自动跟踪并对准这个方向。试分析系统的工作原理, 指出被控对象、被控量及给定量, 画出系统方框图。

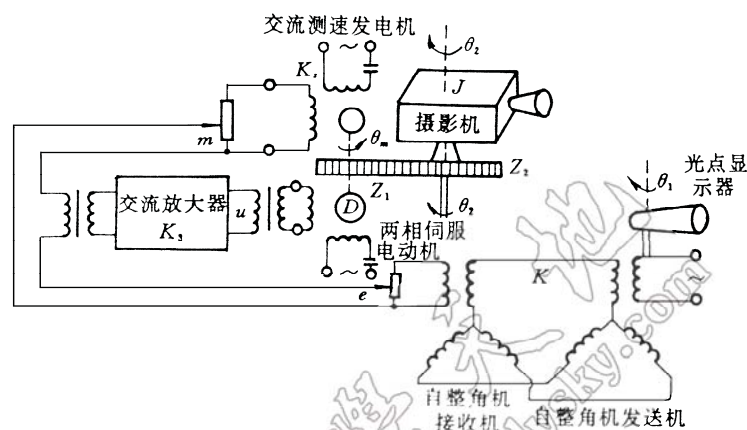
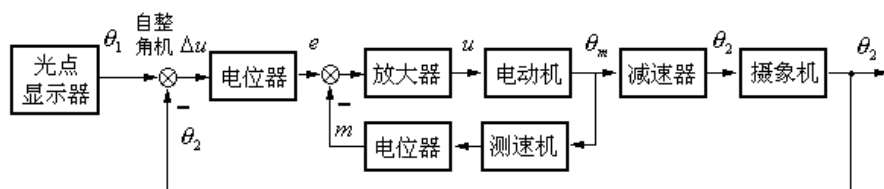


图 1-20 摄像机角位置随动系统原理图

解 控制系统的任务是使摄像机自动跟踪光点显示器指示的方向。

当摄像机方向角与光点显示器指示的方向一致时, $\theta_2 = \theta_1$, 自整角机输出 $e = 0$, 交流放大器输出电压 $u = 0$, 电动机静止, 摄像机保持原来的协调方向。当光点显示器转过一个角度, $\theta_2 \neq \theta_1$ 时, 自整角机输出与失谐角 $\Delta\theta = \theta_1 - \theta_2$ 成比例的电压信号 (其大小、极性反映了失谐角的幅值和方向), 经电位器后变成 e , 经放大器放大后驱动伺服电动机旋转, 并通过减速器带动摄像机跟踪光点显示器的指向, 使偏差减小, 直到摄像机与光点显示器指向重新达到一致时为止。测速发电机测量电动机转速, 进行速度反馈, 用以改善系统性能。



图解1-6 摄像机角位置随动系统方框图

系统中, 摄像机是被控对象, 摄像机的方向角 θ_2 是被控量, 给定量是光点显示器指示的方向角 θ_1 。系统方框图如图解 1-6 所示。

1-7 图 1-21 (a), (b)所示的系统均为电压调节系统。假设空载时两系统发电机端电压均为 110V, 试问带上负载后, 图 1-21(a), (b)中哪个能保持 110V 不变, 哪个电压会低于 110V? 为什么?

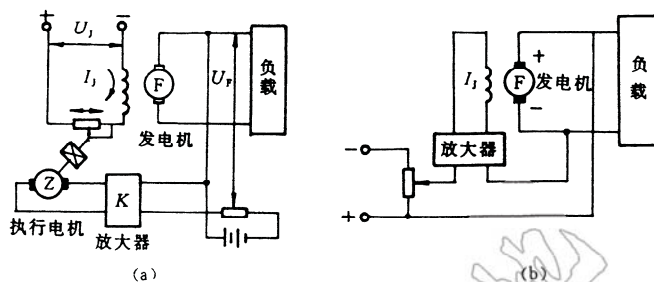


图 1-21 电压调节系统工作原理图

解 带上负载后, 开始由于负载的影响, 图 1-21(a)与(b)系统的端电压都要下降, 但图(a)中所示系统能恢复到 110 伏而图(b)系统却不能。理由如下:

图(a)系统, 当 u 低于给定电压时, 其偏差电压经放大器 K 放大后, 驱动电机 D 转动, 经减速器带动电刷, 使发电机 F 的激磁电流 I_f 增大, 发电机的输出电压会升高, 从而使偏差电压减小, 直至偏差电压为零时, 电机才停止转动。因此, 图(a)系统能保持 110 伏不变。

图(b)系统, 当 u 低于给定电压时, 其偏差电压经放大器 K 后, 直接使发电机激磁电流增大, 提高发电机的端电压, 使发电机 G 的端电压回升, 偏差电压减小, 但不可能等于零, 因为当偏差电压为 0 时, $i_f = 0$, 发电机就不能工作。即图(b)所示系统的稳态电压会低于 110 伏。

1-8 图 1-22 为水温控制系统示意图。冷水在热交换器中由通入的蒸汽加热, 从而得到一定温度的热水。冷水流量变化用流量计测量。试绘制系统方块图, 并说明为了保持热水温度为期望值, 系统是如何工作的? 系统的被控对象和控制装置各是什么?

解 工作原理: 温度传感器不断测量交换器出口处的实际水温, 并在温度控制器中与给定温度相比较, 若低于给定温度, 其偏差值使蒸汽阀门开大, 进入热交换器的蒸汽量加大, 热水温度升高, 直至偏差为零。如果由于某种原因, 冷水流量加大, 则流量值由流量计测得, 通过温度控制器, 开大阀门, 使蒸汽量增加, 提前进行控制, 实现按冷水流量进行顺馈补偿, 保证热交换器出口的水温不发生大的波动。

其中, 热交换器是被控对象, 实际热水温度为被控量, 给定量 (希望温度) 在控制器中设定; 冷水流量是干扰量。

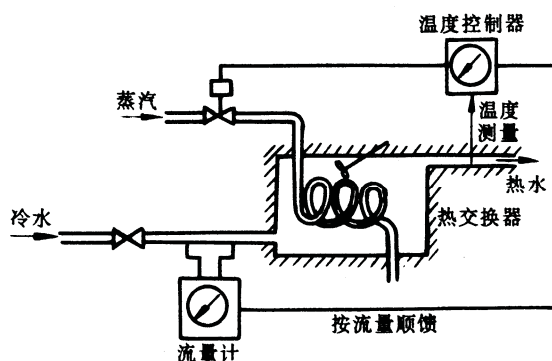
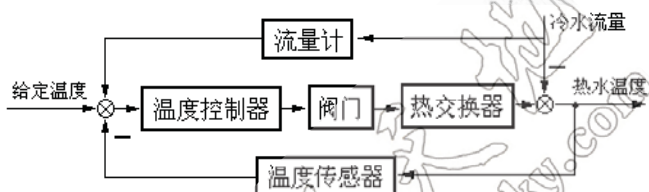


图 1-22 水温控制系统原理图



图解1-8 水温控制系统方框图

系统方块图如图解 1-8 所示。这是一个按干扰补偿的复合控制系统。

1-9 许多机器, 像车床、铣床和磨床, 都配有跟随器, 用来复现模板的外形。图 1-23 就是这样一种跟随系统的原理图。在此系统中, 刀具能在原料上复制模板的外形。试说明其工作原理, 画出系统方框图。

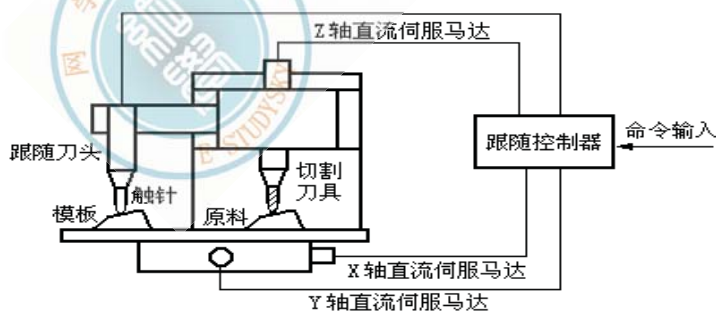
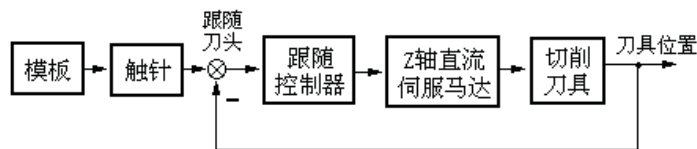


图1-23 跟随系统原理图

解 模板与原料同时固定在工作台上。X、Y 轴直流伺服马达接受控制器的指令, 按输入命令带动工作台做 X、Y 方向运动。模板随工作台移动时, 触针会在模板表面滑动, 跟随刀具中的位移传感器将触针感应到的反映模板表面形状的位移信号送到跟随控制器, 控制器的

输出驱动 Z 轴直流伺服马达带动切削刀具连同刀具架跟随触针运动, 当刀具位置与触针位置一致时, 两者位置偏差为零, Z 轴伺服马达停止。系统中, 刀具是被控对象, 刀具位置是被控量, 给定量是由模板确定的触针位置。系统方框图如图解 1-9 所示。最终原料被切割加工成模板的形状。



图解1-9 刀具跟随系统方框图

1-10 图 1-24 (a), (b)所示均为调速系统。

(1) 分别画出图 1-24 (a)、图(b)所示系统的方框图。给出图 1-24 (a)所示系统正确的反馈连线方式。

(2)指出在恒值输入条件下, 图 1-24 (a)、(b) 所示系统中哪个是有差系统, 哪个是无差系统, 说明其道理。

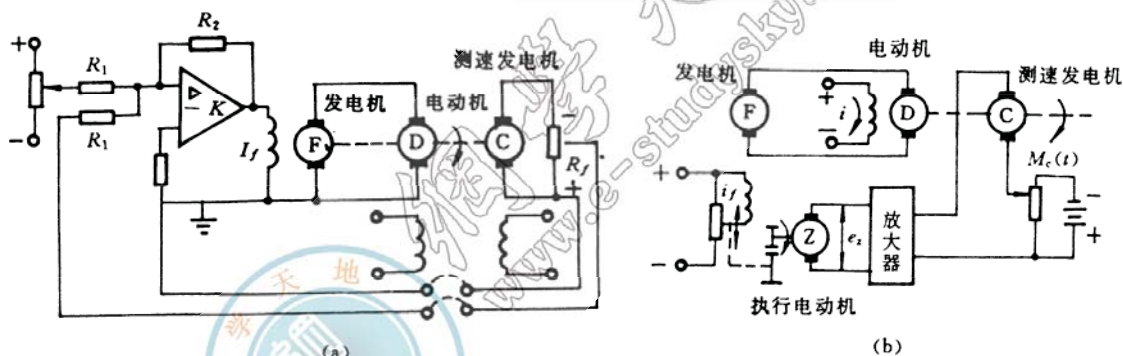
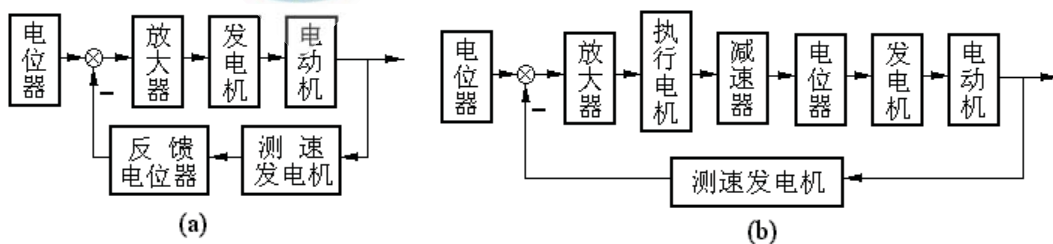


图 1-24 调速系统工作原理图

解 (1)系统方框图如图解 1-10 所示。



图解1-10 系统方框图

图 1-24 (a)正确的反馈连接方式如图 1-24 (a)中虚线所示。

(2) 图 1-24 (a) 的系统是有差系统, 图 1-24 (b) 的系统是无差系统。

图 1-24 (a) 中, 当给定恒值电压信号, 系统运行达到稳态时, 电动机转速的恒定是以发电机提供恒定电压为条件, 对应发电机激磁绕组中电流一定是恒定值。这意味着放大器前端电压是非零的常值。因此, 常值偏差电压存在是系统稳定工作的前提, 故系统有差。

图 1-24 (b) 中, 给定恒定电压, 电动机达到稳定转速时, 对应发电机激磁绕组中的励磁电流恒定, 这意味着执行电动机处于停转状态, 放大器前端电压必然为 0, 故系统无差。

1-11 图 1-25 为谷物湿度控制系统示意图。在谷物磨粉的生产过程中, 有一个出粉最多的湿度, 因此磨粉之前要给谷物加水以得到给定的湿度。图中, 谷物用传送装置按一定流量通过加水点, 加水量由自动阀门控制。加水过程中, 谷物流量、加水前谷物湿度以及水压都是对谷物湿度控制的扰动作用。为了提高控制精度, 系统中采用了谷物湿度的顺馈控制, 试画出系统方块图。

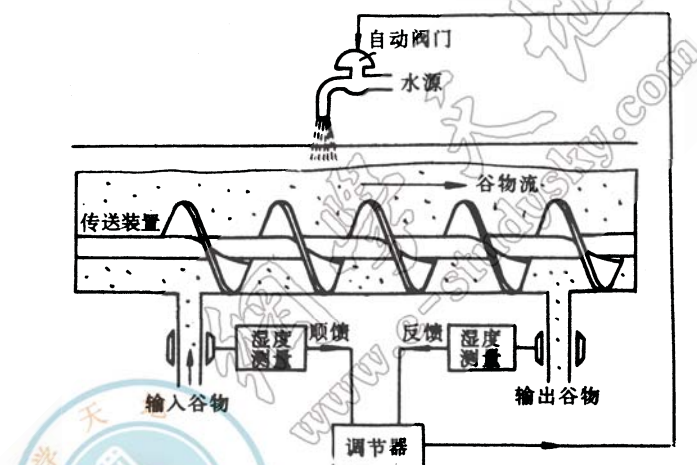
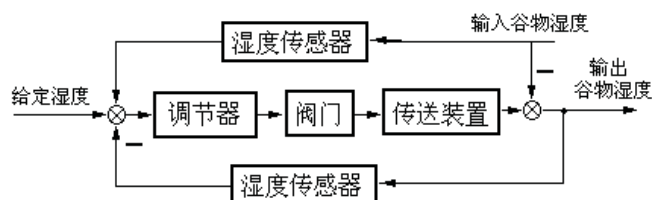


图 1-25 谷物湿度控制系统示意图

解 系统中, 传送装置是被控对象; 输出谷物湿度是被控量; 希望的谷物湿度是给定量。系统方框图如图解 1-11 所示。这是一个按干扰补偿的复合控制系统。



图解1-11 谷物湿度控制系统方框图