

直流锅炉给水控制系统

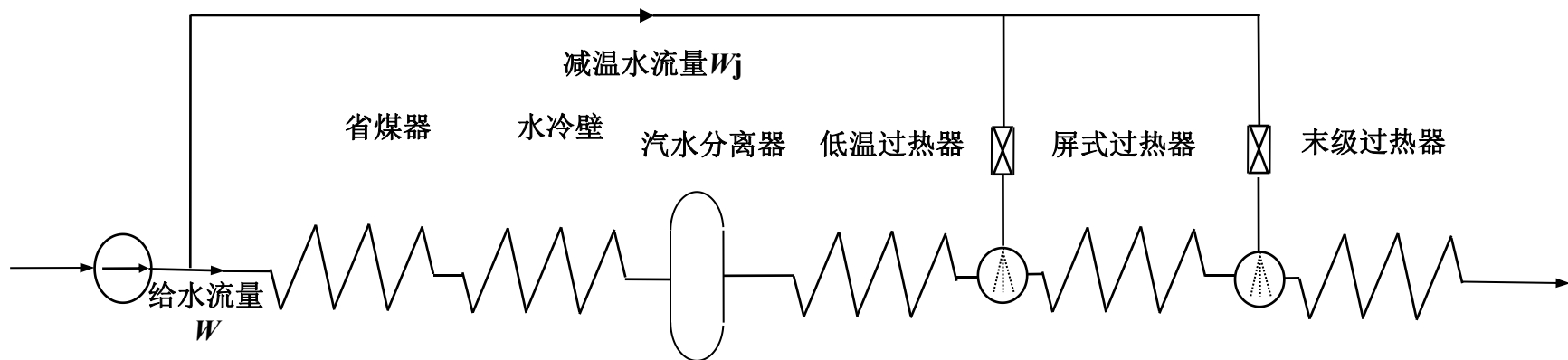
用燃料量控制汽温的迟延时间比用给水流量控制汽温迟延时间大，因此超临界机组通常采用调节给水流量来实现燃水比控制的控制方案。

为了稳定汽温，必须要有一个能快速反映燃水比失衡信号。

第一节 采用中间点温度的给水控制

燃水比改变后，汽水流程中各点工质焓值和温度都随着改变，可选择锅炉受热面中间位置某点蒸汽温度作为燃水比是否适当的反馈信号。

中间点温度不仅变化趋势与过热汽温一致，而且滞后时间比过热汽温滞后时间要小得多。中间点温度过热度越小，滞后越小，也就是越靠近汽水行程的入口，温度变化的惯性和滞后越小。超临界机组一般取汽水分离器出口蒸汽温度作为中间点温度来反映燃水比。

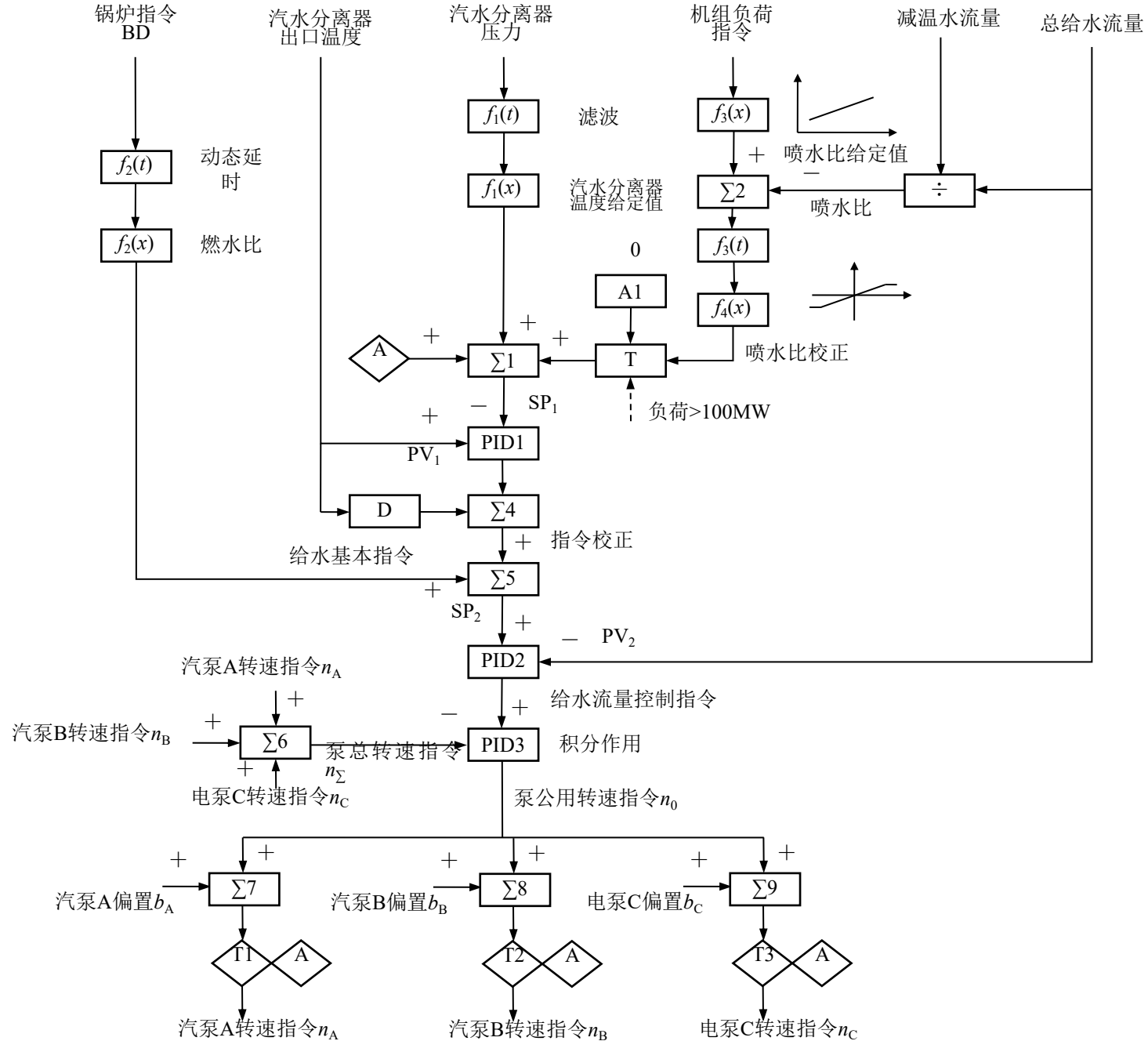


直流锅炉的喷水减温示意图

燃水比例失调而引起汽温的变化时，仅依靠调节减温水流量来控制汽温会使减温水流量大范围变化，一般最大喷水流量为锅炉额定负荷下的给水流量**10%**左右，会失去调节作用而影响锅炉安全运行。

为了避免因燃水比失衡而导致减温水流量变化过大，超出可调范围，因此可利用减温水流量与锅炉总给水流量的比值（喷水比）来对燃水比进行校正。

喷水比校正燃水比原则：确定不同工况机组负荷下的喷水比，当实际喷水比偏离给定值时，说明是由于燃水比例失调而使过热汽温过高或过低，因此这时不能仅依靠调节减温水流量来控制汽温，而是要利用喷水比偏差来修改锅炉总给水流量，也就是进行燃水比校正，进而通过改变给水流量 W 来调节汽温。



采用中间点温度的给水控制方案

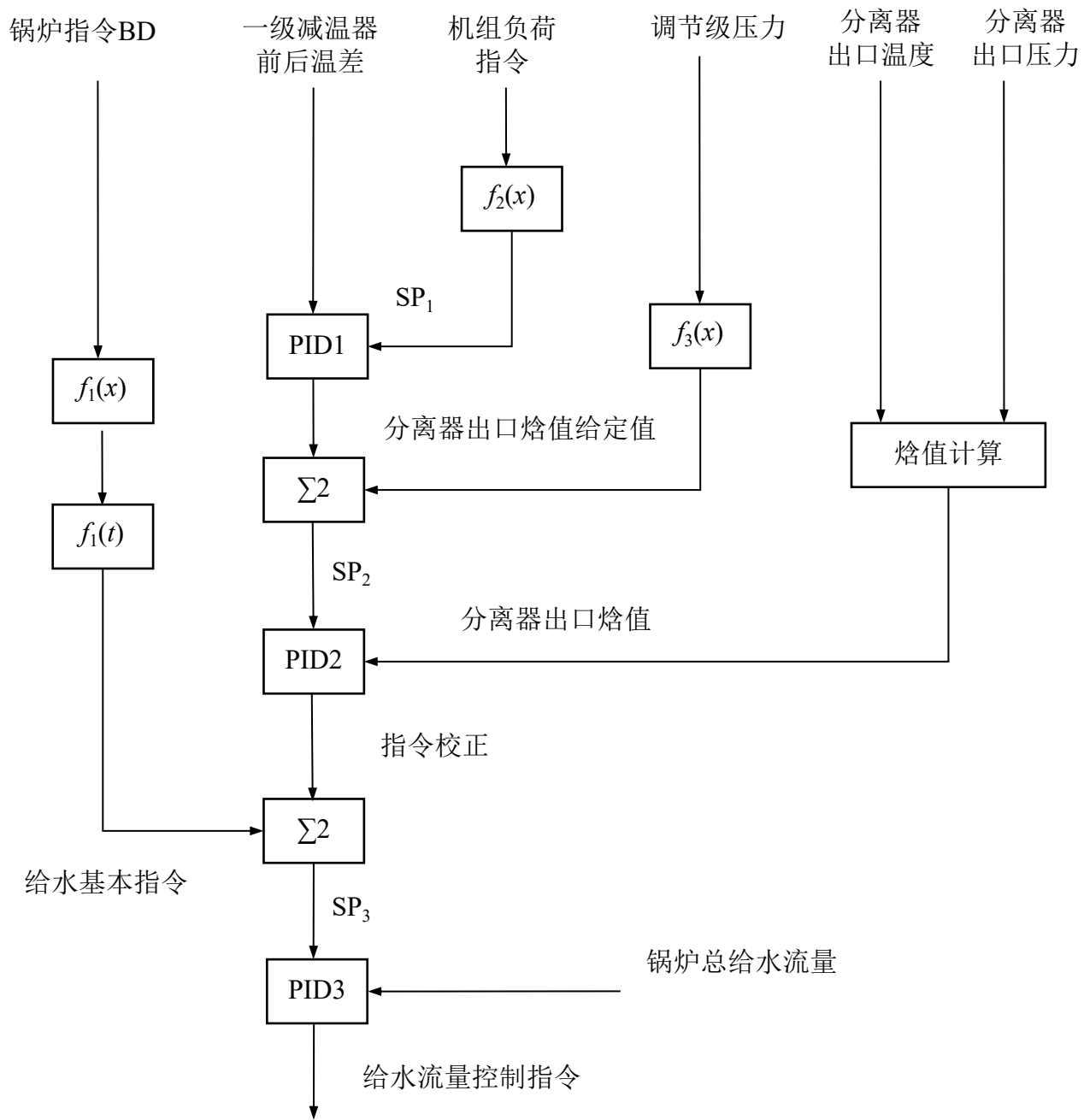
第二杰 采用焓值信号的给水控制

当给水量或燃料量扰动时，焓值变化方向与其变化方向一致，所以可采用焓值来反映燃水比变化。

采用分离器出口过热蒸汽的焓值信号，其原因

- (1) 能快速反应燃水比；
- (2) 出口过热蒸汽为微过热蒸汽，微过热蒸汽焓值比分离器出口微过热蒸汽温度在反应燃水比的灵敏度和线性度方面具有明显的优势。

机组负荷大范围变化时，工质压力将在超临界到亚临界的广泛范围内变化。由水和蒸汽的热力特性可知，其焓值—压力—温度之间为非线性关系，蒸汽的过热度越低，焓值—压力—温度之间关系的非线性度越强，特别是在亚临界压力下饱和区附近，这种非线性度更强。在过热度低的区域，当增加或减少同等量给水量时，焓值变化的正负向数值大体相等，但微过热汽温的正负向变化量则明显不等。如果微过热汽温低到接近饱和区，则焓值/温度斜率大，说明给水量扰动可引起焓值的显著变化，但温度变化却很小。



采用焓值信号的给水控制方案

第三节 采用焓增信号的给水控制

采用焓增信号的给水控制方案其原理是：在稳定的直流工况下，根据热力学第一定律，由省煤器出口到低温过热器入口这段工质（水）所吸收的热量 ΔQ 为：

$$\Delta Q = \Delta H + \omega_t$$

ΔH 为省煤器出口到低温过热器入口这段工质的焓增； ω_t 为省煤器出口到低温过热器入口这段工质的技术功，其包括轴功、动能增量和位能增量。对于连续流动、未膨胀做功、落差有限的工质，轴功、动能增量和位能增量这3项可近似为0。

$$\Delta Q = \Delta H$$

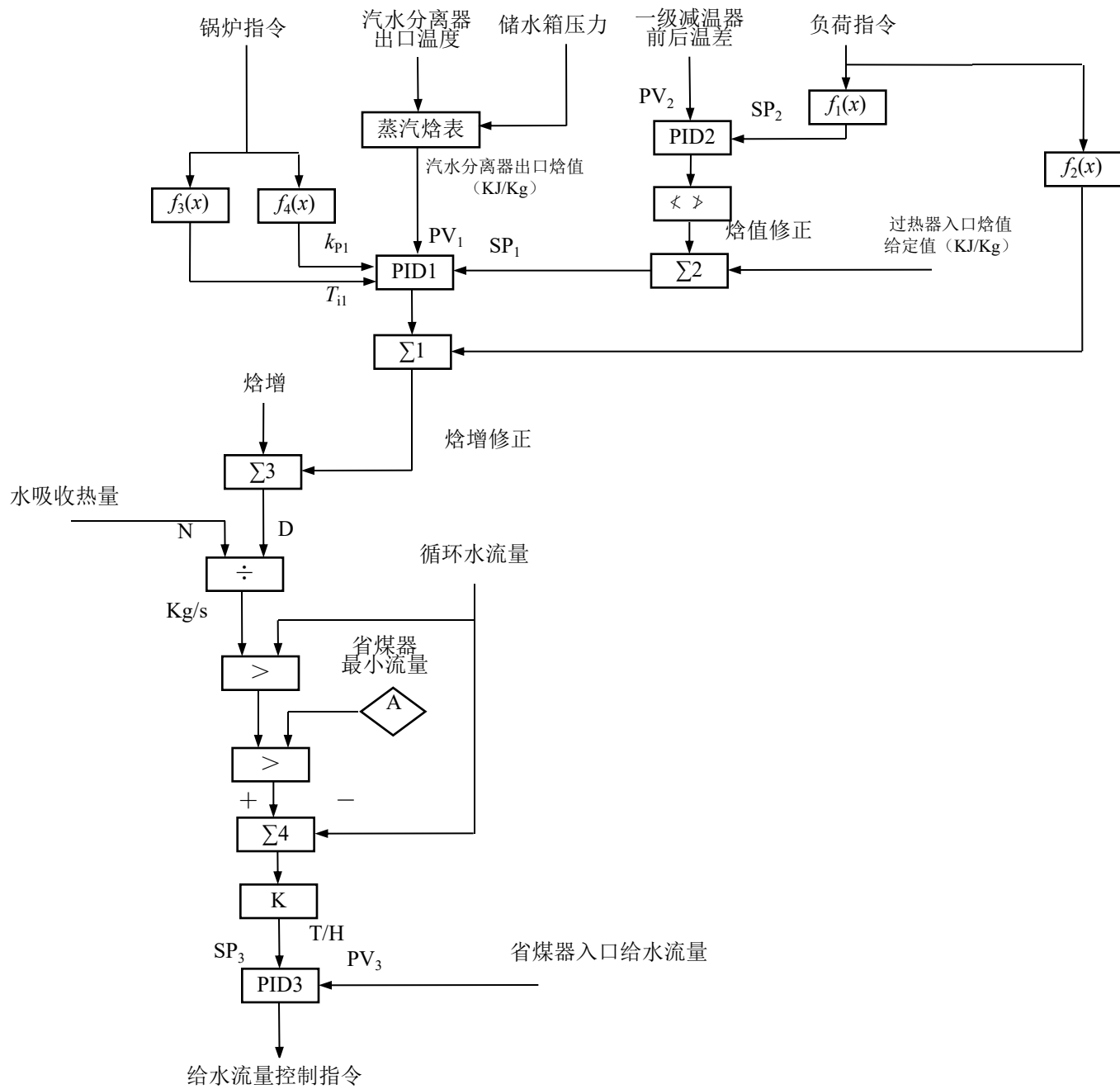
$$\Delta Q = W \Delta h$$

Δh 工质焓增， W 为给水流量。

给水控制策略：

$$W = \frac{\Delta Q}{\Delta h}$$

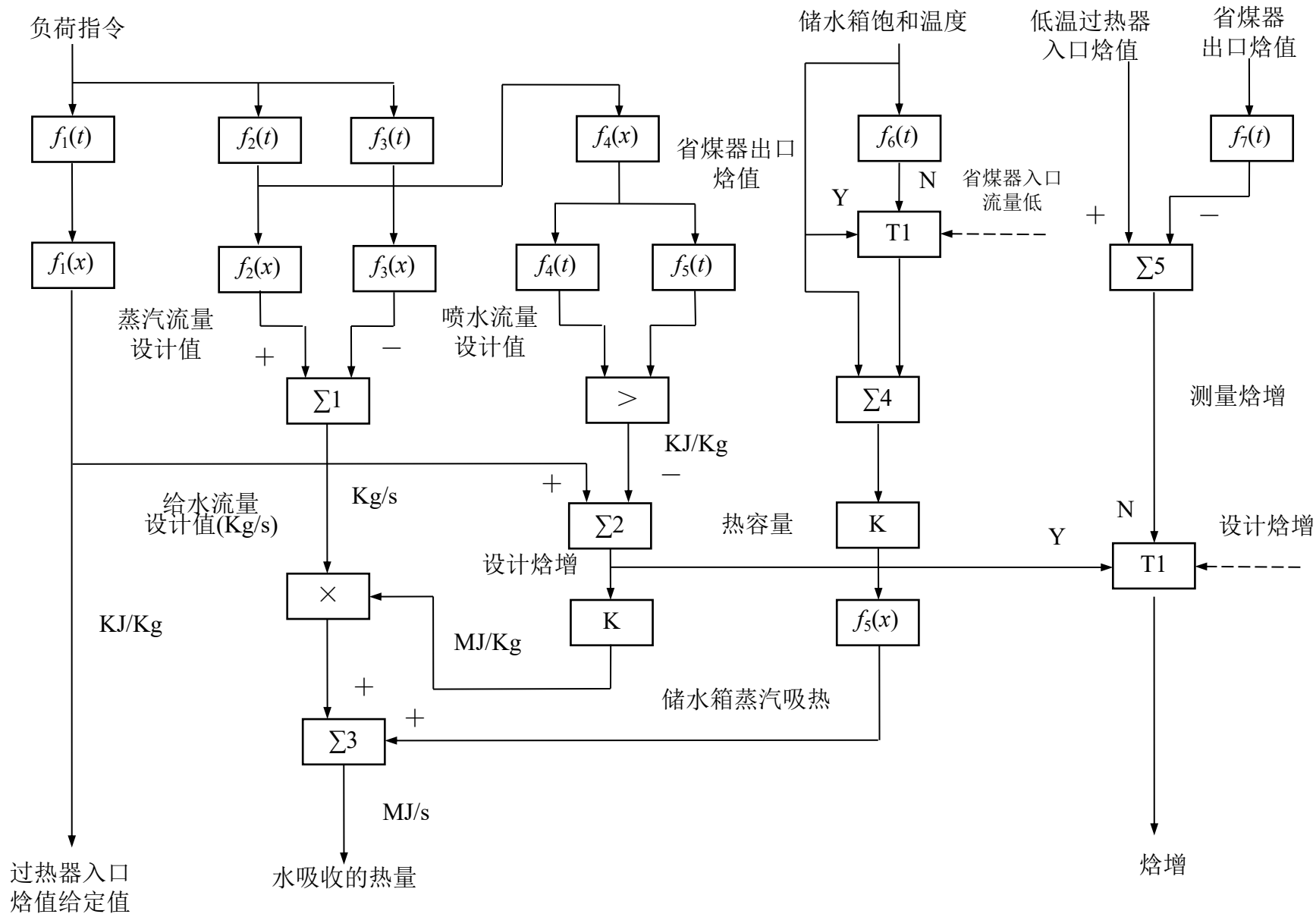
也就是根据省煤器出口到低温过热器入口这段工质所吸收的热量（水吸收的热量）和省煤器出口到低温过热器入口这段工质的焓增（焓增）来调节给水量。



以焓增为基础的给水控制方案

锅炉负荷在**35%~100%MCR**范围内，没有循环水流量和省煤器入口最小流量限制时，省煤器入口给水流量（锅炉给水流量）给定值**SP₃**为

$$SP_3 = \frac{\text{水吸收的热量}}{\text{焓增} + \text{焓增修正}}$$



水吸收热量及焓增计算回路

$$SP_3 = \frac{\text{给水流量设计值} \times \text{设计焓增} + \text{储水箱蒸汽吸热}}{\text{设计焓增} + \text{焓增修正}}$$

当锅炉低负荷时，即蒸汽流量低于炉膛所需的最小流量时，由于有循环水进入省煤器，故给水流量给定值 SP_3 为：

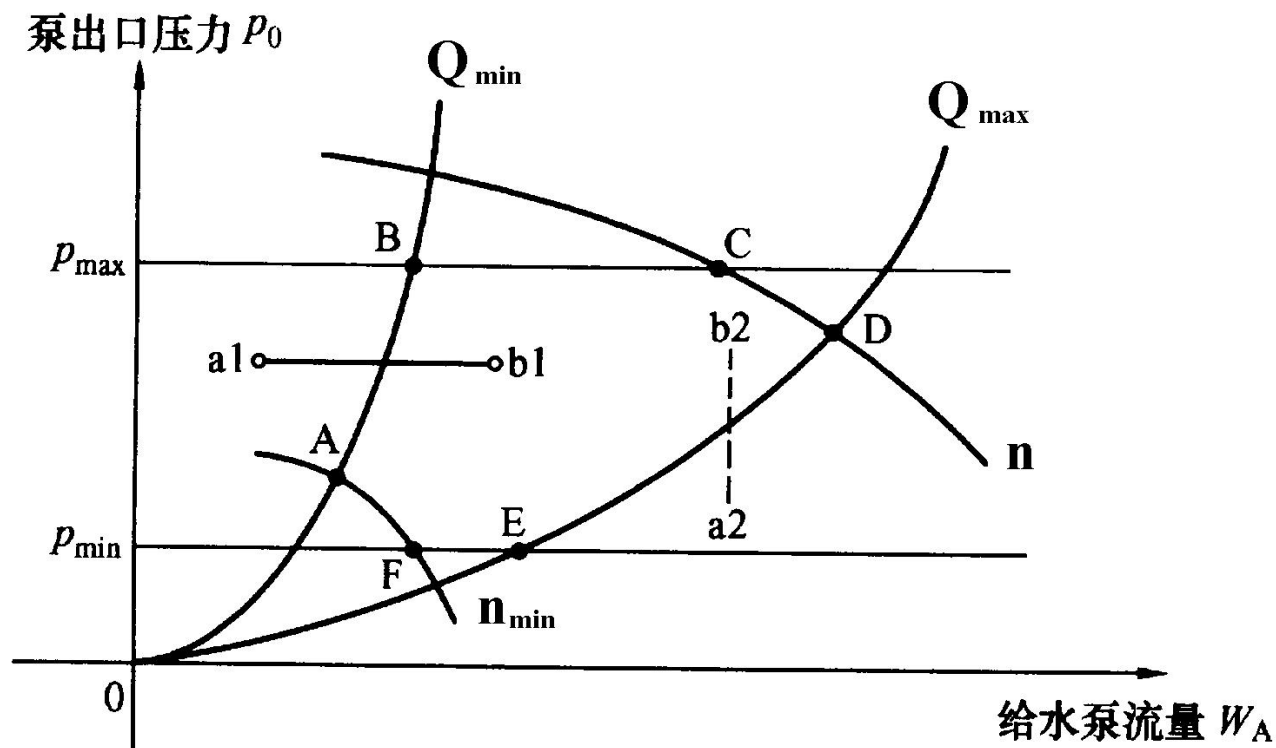
$$SP_3 = \frac{\text{给水流量设计值} \times \text{设计焓增} + \text{储水箱蒸汽吸热}}{\text{设计焓增} + \text{焓增修正}} - \text{循环水流量}$$

当设计焓增逻辑信号为“0”时，设测量焓增经切换器**T2**作为焓增信号。于是给水量给定值**SP₃**为：

$$SP_3 = \frac{\text{给水流量设计值} \times \text{设计焓增} + \text{储水箱蒸汽吸热}}{\text{测量焓增} + \text{焓增修正}}$$

由于直流锅炉的非线性，故根据锅炉负荷指令调节器**PID1**的比例增益**k_{p1}**和积分时间**T_{i1}**。

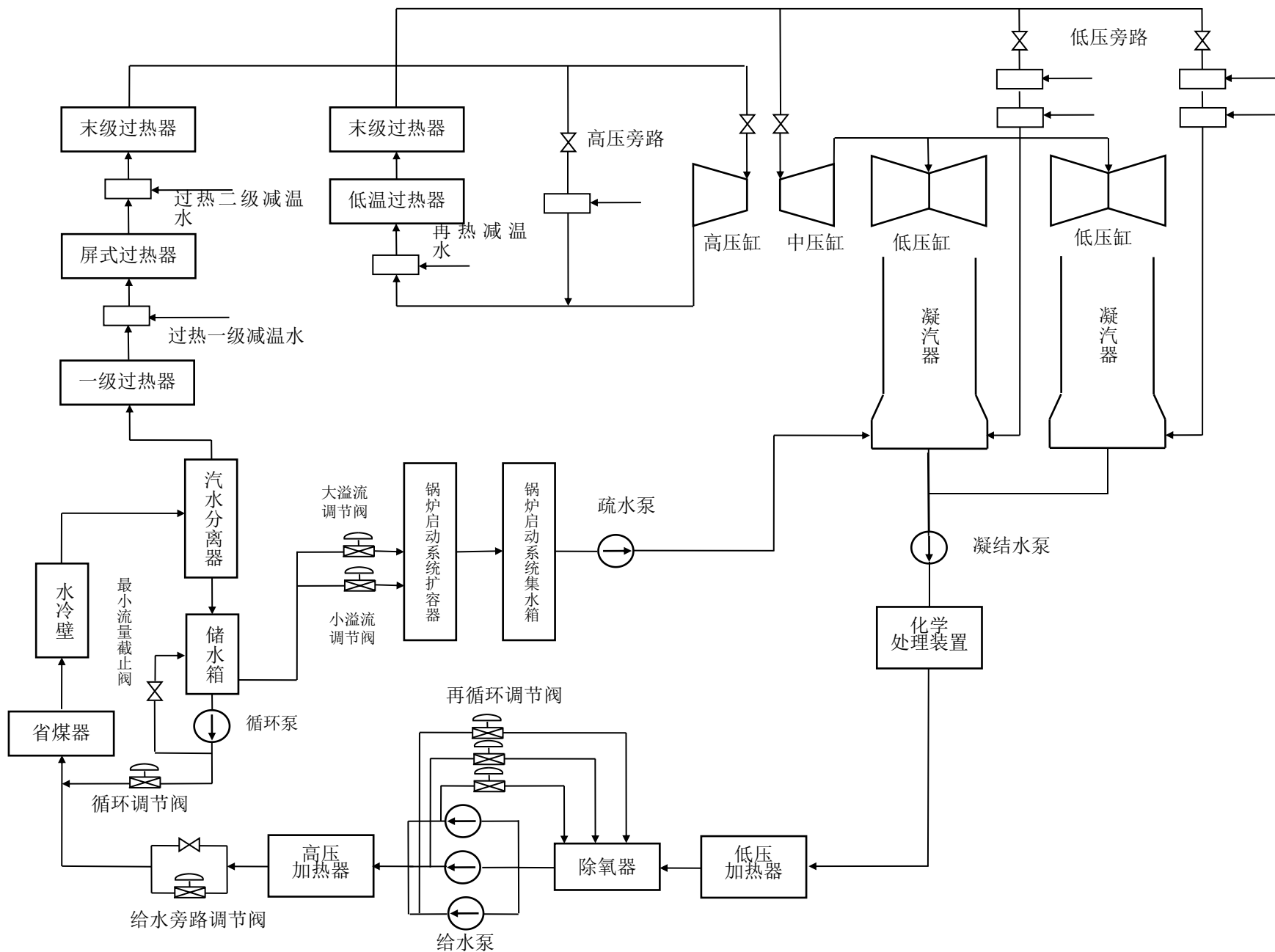
第四节 其它有关给水控制问题



给水控制系统时，一般会有：

- (1) 给水泵转速控制系统：根据要求，调节给水泵转速，改变给水流量；
- (2) 给水泵最小流量控制系统：低负荷时，通过水泵再循环办法来维持水泵流量不低于设计要求的最小流量值，以保证给水泵工作点不落在上限特性曲线的外边；
- (3) 流量增加闭锁回路或给水泵出口压力控制系统），保证给水泵工作点不落在最低压力线下和下限工作特性曲线之外。

1、最小流量控制系统



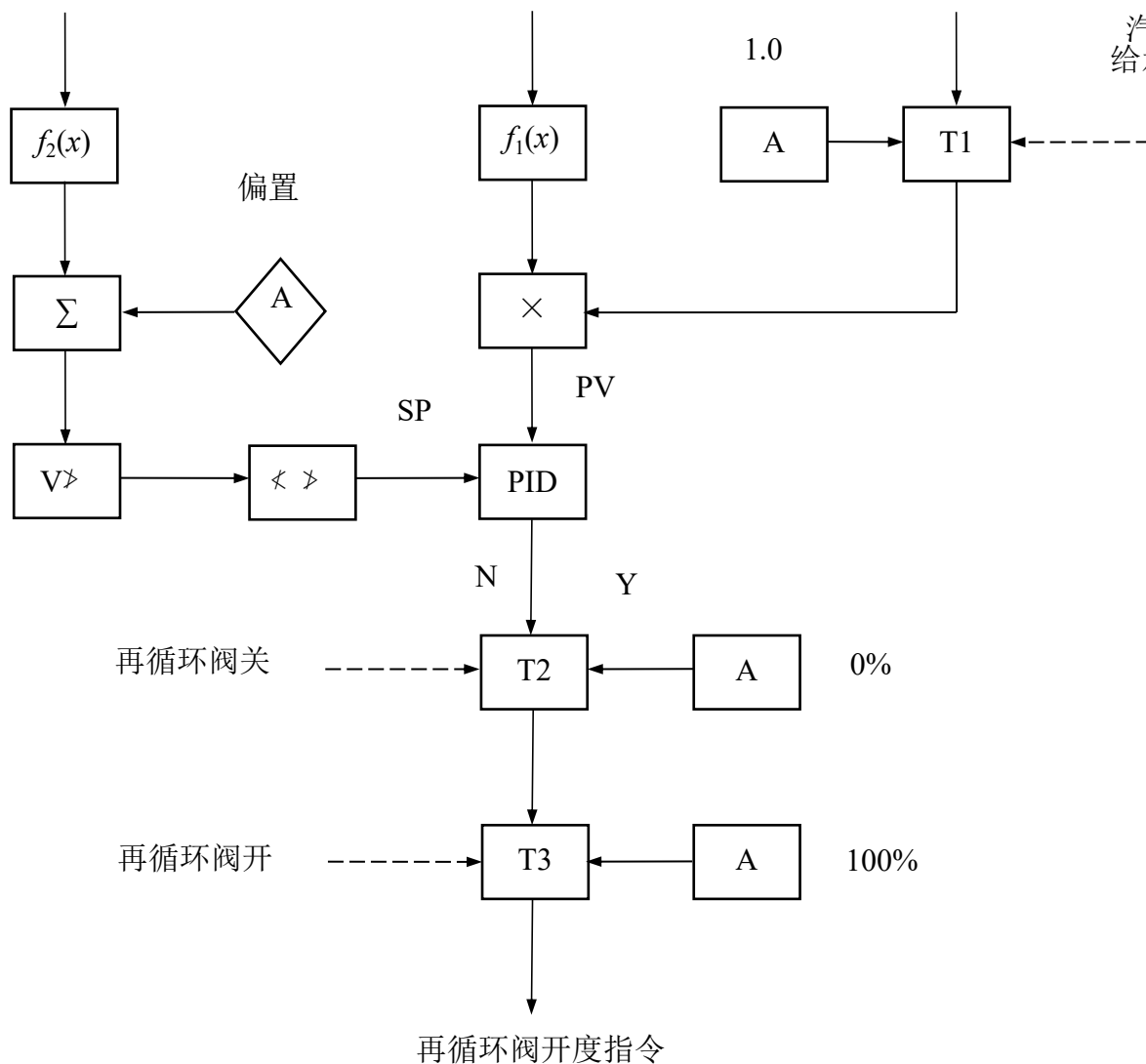
直流炉汽水流程简图

小汽机转速

汽动给水泵
入口给水流量

汽动给水泵
入口给水温度

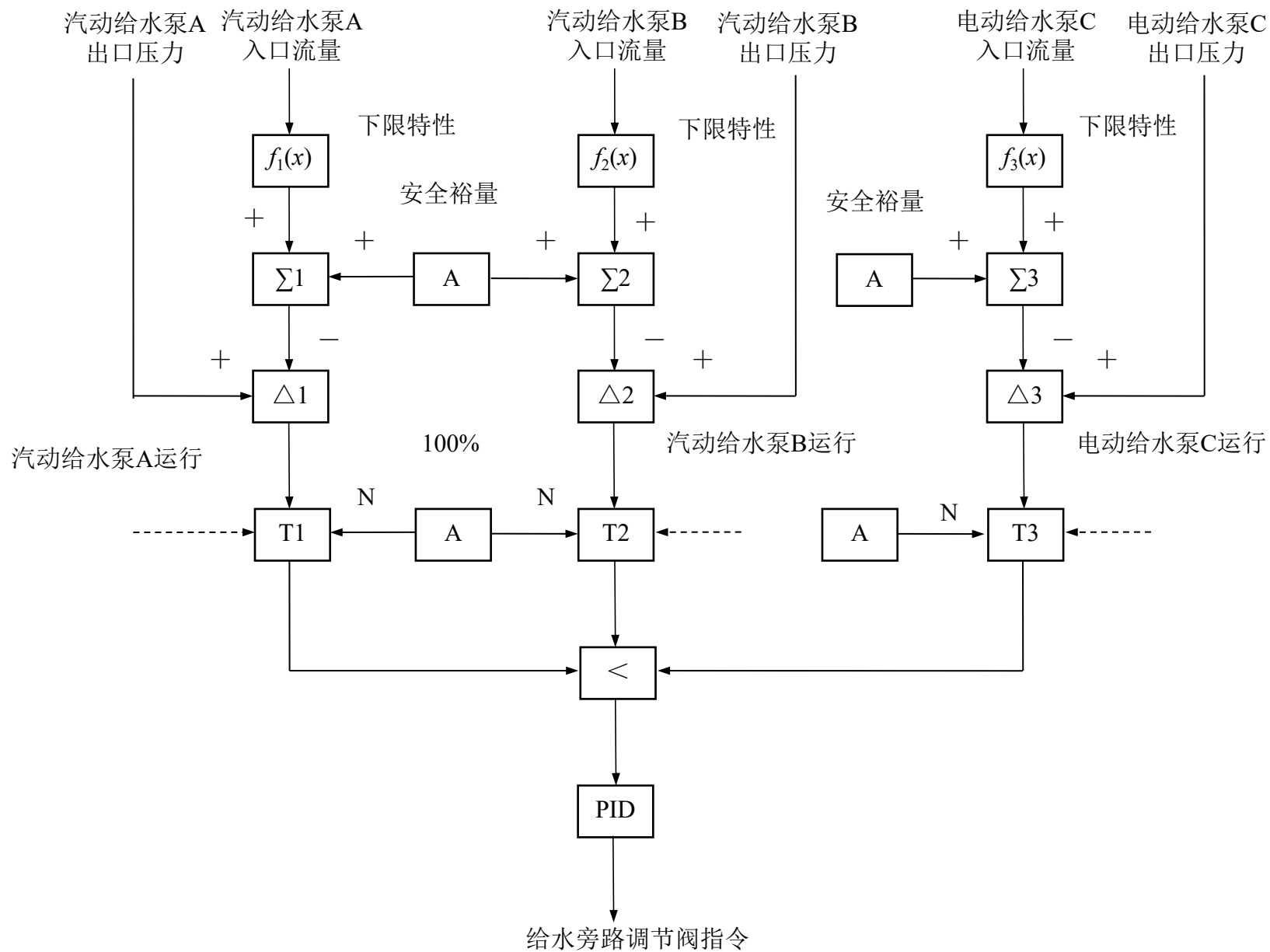
汽动给水泵入口
给水温度测点故障



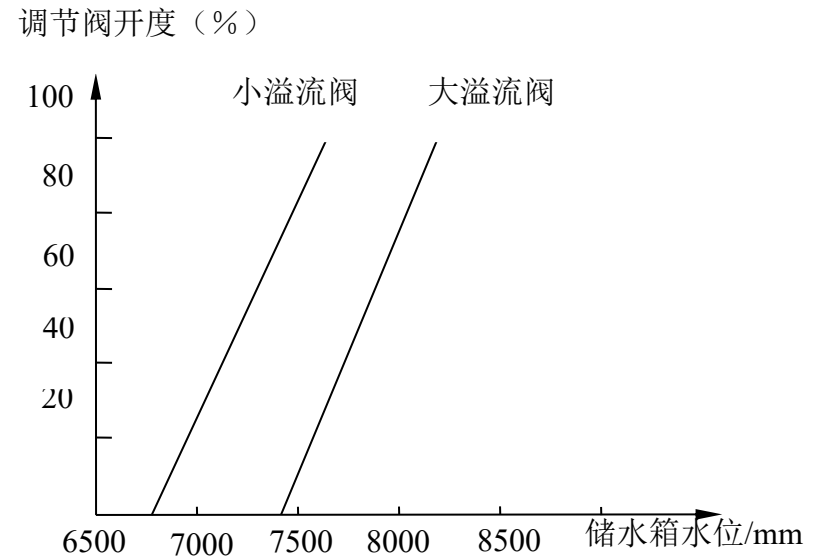
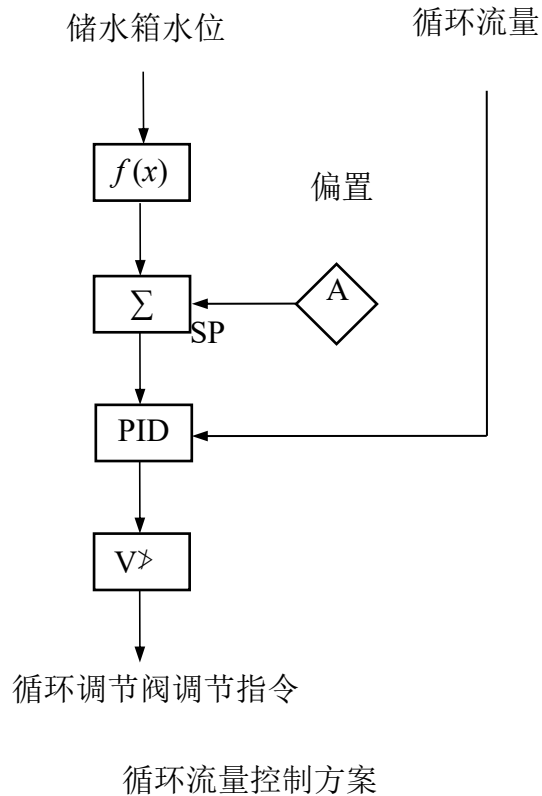
给水泵最小流量控制方案

2、给水泵出口压力控制

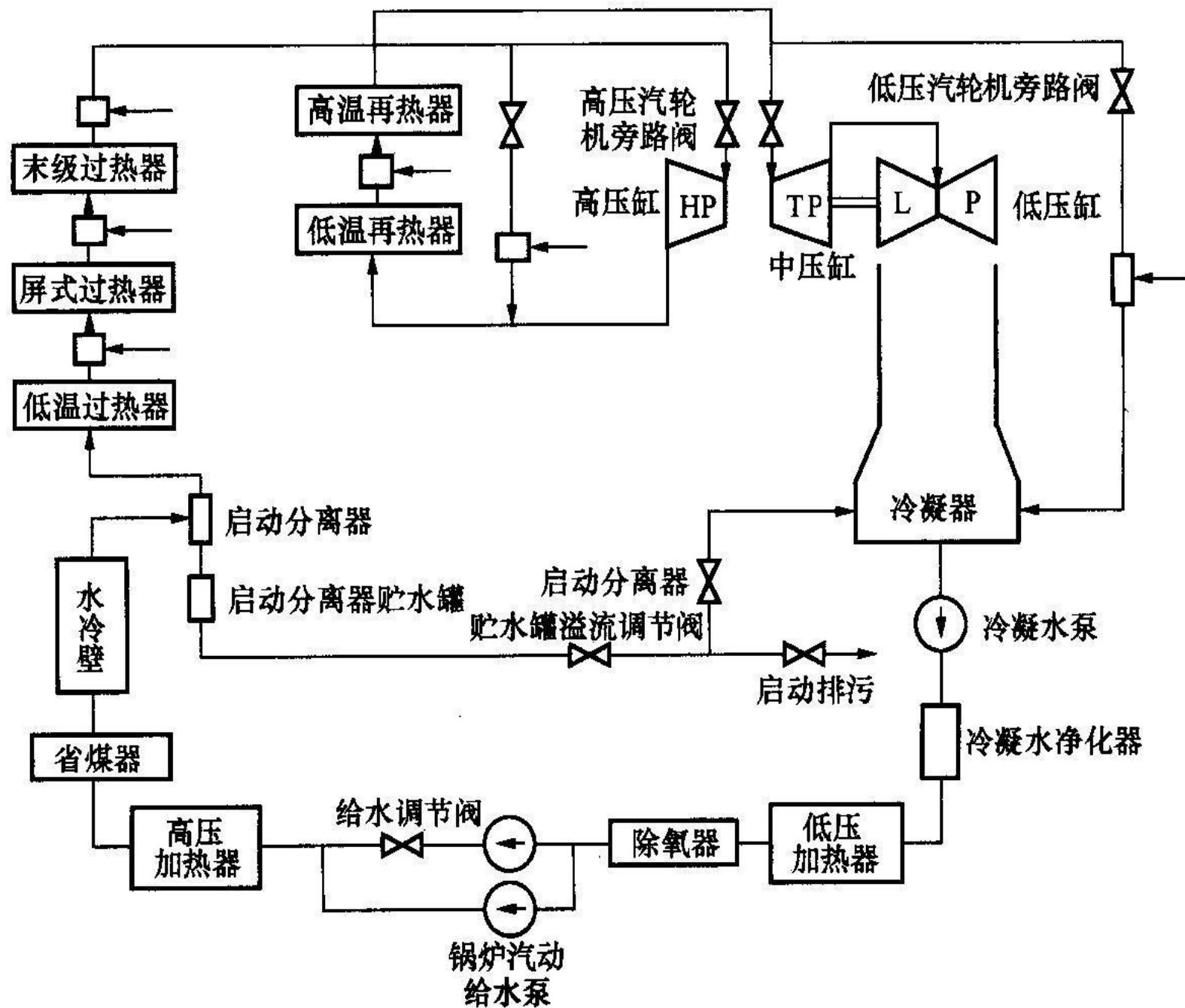
在给水泵的运行过程中，可以通过调节旁路阀门的开度、提高管路阻力来提高给水泵出口压力，来防止给水泵的工作点落在下限特性之外,这种措施也称为最大流量保护。



3、循环流量与储水箱水位控制



溢流阀开度与水位关系



汽水分离器
储水罐水位LT1

汽水分离器
储水罐水位LT2

汽水分离器
储水罐水位LT3

汽水分离器
储水罐压力

