

暖通空调系统

一、暖通空调系统常见的几种水力平衡设备：

暖通空调系统常见的水力平衡设备主要有用于消除静态水力失调、实现静态水力平衡的静态水力平衡阀和用于消除动态水力失调、实现动态水力平衡的动态压差平衡阀、动态流量平衡阀、动态平衡电动开关阀、“动态压差平衡阀与电动调节阀组合”以及一体式动态平衡电动调节阀等。

1、静态平衡阀：

静态平衡阀是消除暖通空调水系统静态水力失调、实现静态水力平衡的主要设备。

静态平衡阀实质上是一个具有明确的“流量-压差-开度”关系、清晰可调的开度指示以及良好调节特性的阻尼调节元件。

在暖通空调水系统中，静态平衡阀保证的不是系统中单个管道的流量值，它要维持的是在系统初调试时，通过静态平衡阀的调节作用，使系统中各个管路的流量比值与设计流量的比值一致，这样当系统的总流量等于设计总流量时，各个末端设备及管道的流量也同时达到设计流量。

静态平衡阀主要应用于系统分集水器、分支管道以及末端设备处。

2、动态压差平衡阀：

动态压差平衡阀是消除暖通空调系统动态水力失调、实现动态平衡的主要设备之一。

动态压差平衡阀具有关键点定压差功能，它通过阀门内部的自力式机构，能自动地将系统两个关键点之间的压差恒定在设定压差值。

基于全面水力平衡系统对分系统定压、分级定压以及设备定压的要求，动态压差平衡阀广泛地应用在系统主管、分支管道以及各种末端设备处。

3、动态流量平衡阀：

动态流量平衡阀是消除系统动态水力失调的设备之一。

动态流量平衡阀实质是在一定的压差范围内维持管道的流量始终不变，流量值的大小可以根据系统要求进行定制，因此它又叫做“定流量平衡阀”。

动态流量平衡阀主要应用于水力系统中要求保持流量不变的管道，如冷水机组冷冻、冷却水管以及采用变风量调节系统制冷供热量的末端设备管道处。

4、动态平衡电动开关阀：

动态平衡电动开关阀是暖通空调水系统消除动态水力失调、实现动态平衡的主要设备之一。

动态平衡电动开关阀具有动态平衡和电动开关功能，当阀门开启时，它能动态地将管道的实际流量恒定在设计流量值，并不受系统压力波动的影响。

动态平衡电动开关阀主要应用于风机盘管处，一方面，它具有传统电动开关阀的电动开关功能；另一方面，它又能在阀门开启时将流量始终恒定在风机盘管的设计流量。

5、“动态压差平衡阀与电动调节阀”组合：

动态压差平衡阀与电动调节阀组合是暖通空调水系统消除动态水力失调、实现动态平衡的主

要设备之一。

动态压差平衡阀与电动调节阀组合既具有动态平衡功能，即能动态地平衡系统的压力波动，使流经管道的流量不受系统压力波动的影响，又具有电动调节功能，即能根据目标区域的负荷变化自动地调节开度从而调节流量值，保证目标区域的温度始终恒定在设定温度。

动态压差平衡阀与电动调节阀组合主要应用于空调箱、空气处理机组和新风机组等处。

6、 一体式动态平衡电动调节阀：

一体式动态平衡电动调节阀与组合阀功能基本相同，它是把动态压差平衡阀与电动调节阀集成在一个阀体内。

一体式动态平衡电动调节阀主要应用于空调箱、空气处理机组和新风机组等处。

二、几种常见的全面水力平衡系统介绍：

1、 “动态压差平衡阀与电动调节阀组合+动态平衡电动开关阀”（变流量全面水力平衡系统形式一）：

图 1 是变流量系统全面水力平衡系统形式一的简化流程图。

为了保证变流量系统实现全面水力平衡，主要配置了以下水力平衡设备：

(1)、静态平衡阀：

在系统机房集水器进水管、各层风机盘管分支管道供水管处设置静态平衡阀。

对于一些大型的系统，可以根据实际情况在离机房较近的空调箱、空气处理机组、新风机组等处设置一些静态平衡阀（图中未画出），也可以在一些主要的分支管道上设置一些静态平衡阀。

通过设置静态平衡阀，并在系统初调试时按照一定的步骤进行调节，保证系统各个并联环路的实际流量比值与设计流量比值一致，这样当系统的总流量调至设计总流量时，系统中各个并联管路的流量均同时达到设计流量，水力系统实现静态平衡。

(2)、动态流量平衡阀：

在制冷机冷冻水、冷却水（图中未画出）进水管处设置了动态流量平衡阀，将流入制冷机的水量恒定在制冷机所需的设计流量处以保护制冷机。

(3)、动态平衡电动开关阀：

在每个风机盘管处设置动态平衡电动开关阀，一方面，它能根据房间温控器的信号打开和关闭流经风机盘管的水量以调节房间温度；另一方面，它在阀门开启时又能将流量始终维持在风机盘管所需的设计流量。

(4)、动态压差平衡阀与电动调节阀组合：

在空调箱、空气处理机组、新风机组等处设置动态压差平衡阀与电动调节阀组合。通过组合阀的关键点定压差功能，动态地平衡系统的压力变化，使这些末端设备的流量只受末端设备负荷变化的影响，而不受系统压力波动的影响。

通过应用这些水力平衡设备，一方面，在系统初调试时各个末端设备的流量同时达到设计流量，从而实现静态平衡，另一方面，系统在运行过程中各个末端设备的流量同时达到系统瞬

时要求流量，且这些流量之间的相互调节不互相干扰，从而实现动态平衡。

这样，变流量水力系统就实现了全面的平衡。

2、“动态压差平衡阀与电动调节阀组合+动态压差平衡阀+电动开关阀”（变流量全面水力平衡系统形式二）：

图 2 是变流量系统全面水力平衡系统形式二的简化流程图。

该系统配置了以下全面水力平衡设备：

(1)、静态平衡阀：

在系统机房集水器进水管、各层风机盘管分支管道供水管处设置了静态平衡阀。

通过在系统初调试时按照一定的步骤对静态平衡阀进行调节，保证系统各个并联环路的实际流量比值与设计流量比值一致，这样当系统的总流量调至设计总流量时，系统中各个并联管路的流量均同时达到设计流量，水力系统实现了静态平衡。

(2)、动态流量平衡阀：

在制冷机冷冻水、冷却水（图中未画出）进水管处设置动态流量平衡阀，将流入制冷机的水量恒定在制冷机所需的设计流量以保护制冷机。

(3)、动态压差平衡阀+电动开关阀（风机盘管处）：

在每个风机盘管处设置电动开关阀，在每层风机盘管回水支管上设置动态压差平衡阀，一方面，电动开关阀根据房间温控器信号开启或关闭阀门以调节房间温度；另一方面，动态压差平衡阀能够动态的平衡各层之间由于风机盘管调节导致的系统压力波动，使层与层之间的流量调节不互相干扰。

(4)、动态压差平衡阀与电动调节阀组合：

在空调箱、空气处理机组、新风机组等处设置动态压差平衡阀与电动调节阀组合。通过组合阀的关键点定压差功能，动态地平衡系统的压力变化，使这些末端设备的流量只受末端设备负荷变化的影响，而不受系统压力波动的影响。

这种系统形式与系统形式一相比较只在风机盘管处有所不同，其优点是风机盘管处水力平衡设备的初投资减少；缺点是同层风机盘管处的温度调节会互相干扰，且各个风机盘管的流量不能恒定到设计流量值。对于精度要求不高的舒适性空调系统，这种系统形式是较适宜的。

3、“一体式动态平衡电动调节阀+动态平衡电动开关阀”（变流量全面水力平衡系统形式三）：

图 3 是变流量系统全面水力平衡系统形式三的简化流程图。

该系统主要配置以下水力平衡设备：

(1)、静态平衡阀：

在系统机房集水器进水管、各层风机盘管分支管道供水管处设置了静态平衡阀。

通过在系统初调试时按照一定的步骤对这些静态平衡阀进行调节，保证系统各个并联环路的实际流量比值与设计流量比值一致，这样当系统的总流量调至设计总流量时，系统中各个并联管路的流量均同时达到设计流量，该水力系统就实现了静态平衡。

(2)、动态流量平衡阀：

在制冷机冷冻水、冷却水（图中未画出）进水管处设置了动态流量平衡阀，将流入制冷机的

流量恒定在制冷机所需的设计流量，以保证制冷机较好的工况条件。

(3)、动态平衡电动开关阀：

在每个风机盘管处设置动态平衡电动开关阀，一方面，它能根据房间温控器的信号打开和关闭流经风机盘管的水量以调节房间温度；另一方面，它在阀门开启时又能始终将流量维持在风机盘管所需的设计流量。

(4)、一体式动态平衡电动调节阀：

在空调箱、空气处理机组、新风机组等处设置一体式动态平衡电动调节阀。通过一体阀的动态平衡功能，动态地平衡系统的压力变化，

使这些末端设备的流量只受末端设备负荷变化的影响，而不受系统压力波动的影响。

通过应用这些水力平衡设备，一方面，在系统初调试时各个末端设备的流量同时达到设计流量，从而实现静态平衡，另一方面，在系统运行过程中各个末端设备的流量同时达到系统瞬时要求流量，且这些流量之间的相互调节不互相干扰，从而实现动态平衡。

这样，变流量水力系统就实现了全面的平衡。

4、“一体式动态平衡电动调节阀+动态压差平衡阀+电动开关阀”（变流量全面水力平衡系统形式四）：图4是变流量系统全面水力平衡系统形式四的简化流程图。

该系统配置了以下水力平衡设备：

(1)、静态平衡阀：

在系统机房集水器进水管、各层风机盘管分支管道供水管处设置了静态平衡阀。

通过在系统初调试时按照一定的步骤对这些静态平衡阀进行调节，保证系统各个并联环路的实际流量比值与设计流量比值一致，这样当系统的总流量调至设计总流量时，各个并联管路的流量均同时达到设计流量，水力系统实现了静态平衡。

(2)、动态流量平衡阀：

在制冷机冷冻水、冷却水（图中未画出）进水管处设置动态流量平衡阀，将流入制冷机的水量恒定在制冷机所需的设计流量以保护制冷机。

(3)、动态压差平衡阀+电动开关阀（风机盘管处）：

在每个风机盘管处设置电动开关阀，在每层风机盘管回水支管上设置动态压差平衡阀，一方面，电动开关阀根据房间温控器信号开启或关闭阀门以调节房间温度；另一方面，动态压差平衡阀能够动态地平衡各层之间由于风机盘管调节导致的系统压力波动，使层与层之间的流量调节不互相干扰。

(4)、一体式动态平衡电动调节阀：

在空调箱、空气处理机组、新风机组等处设置一体式动态平衡电动调节阀。通过一体阀的动态平衡功能，动态地平衡系统的压力变化，使这些末端设备的流量只受末端设备负荷变化的影响，而不受系统压力波动的影响。

这种系统形式与系统三相比较只在风机盘管处有所不同，优点是风机盘管处水力平衡设备的初投资较少；缺点是同层风机盘管的温度调节会互相干扰，且各个风机盘管的流量不能恒定到设计流量值。对于精度要求不高的舒适性空调系统，这种系统形式是较适宜的。

三、结语：

以上对暖通空调变流量水力系统常见的全面水力平衡设备进行了介绍，并对应用这些水力平衡设备的四种常见变流量全面水力平衡系统进行了分析。在实际的暖通空调工程实践中，应根据投资和系统精度要求合理的选择水力平衡设备和系统形式，既要满足工程设计和技术规范要求，又应结合工程实际情况，为甲方节约资金。

自动压差控制器在暖通空调中的应用

变流分配系统的一个主要优点可

以通过降低泵送成本来节能。但

变流也有一个缺点：压差是可变的。这就使得精密的调节控制器只能起到原始开关的功能。

为了能够精确而稳定的控制变流系统，调节控制阀两端的压差不能变化过大。稳定的压差可以通过自动压差控制阀来实现。这一解决方案具有三大优点：

- 1.能够精确而稳定的调节控制。
- 2.使控制阀的噪音降到最低。
- 3.简化了平衡与试运行程序。

TA 的 STAP 是一个自动比例控制阀。它可以稳定控制阀、具有几个终端装置的支路或者具有几个支路的立管的供应压差。本文说明 STAP 的工作方式，并提供了在[空调](#)系统中的一些应用。

1.STAP 如何工作

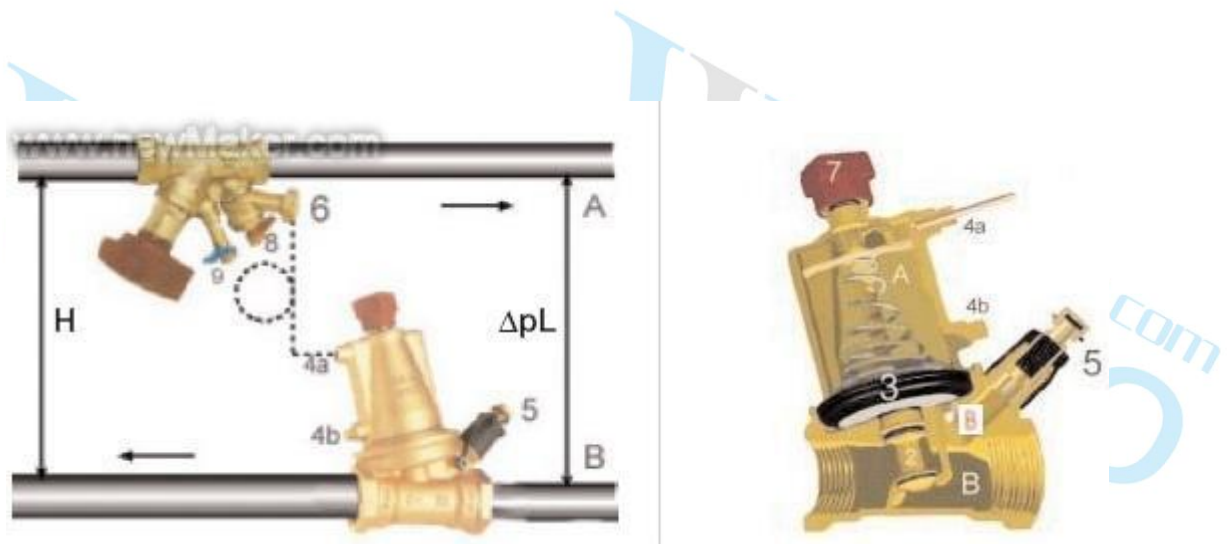


图 1 STAP 稳定二次压差 ΔpL

STAP 的设计基于一个弹簧膜片组合。弹簧拉动平衡塞(2)以打开阀门。压差 AB 施加在膜片(3)上, 形成一个对抗弹簧的力。通过一条与测量阀 STAD/M(STAD 或 STAM)的排水口(6)相连的毛细管, 压力 A 被传递到 STAP。对于 STAP DN15 至 DN50, 压力 B 在内部传递到膜片的另一侧。对于较大的尺寸, 传递是在外部进行的。

测量阀可以略去不用, 或者采用供水管道上的一个测试点来代替(如果水流无法通过其他方式测量, 则不建议这样做)。

当膜片上的压差 AB 所产生的力大于弹簧力时, 阀门开始按比例关闭, 直到它找到新的平衡位置。这就在 STAP 中产生了一个补充压降, 从而限制了二次回路中的压差(ΔpL)增大。

在手轮(7)中心用内六角扳手, 可以改变弹簧的设计力。这样就可以将 ΔpL 调节到需要的数值。手轮(7)还可以用来关闭 STAP, 以便在必要时隔离回路。

水流是通过 STAD/M 测量的。 ΔpL 可以在(5)和(4b)之间(当 4b 配备可选择测试点时)或者(5)与(8)之间测量。因为 STAP 是比例控制器, 所以压差 ΔpL 并不是保持绝对恒定的。它会根据 STAP 的比例带变化。图 2 显示 ΔpL 随着 STAP 的 Kv 值(开度)而变化的过程。

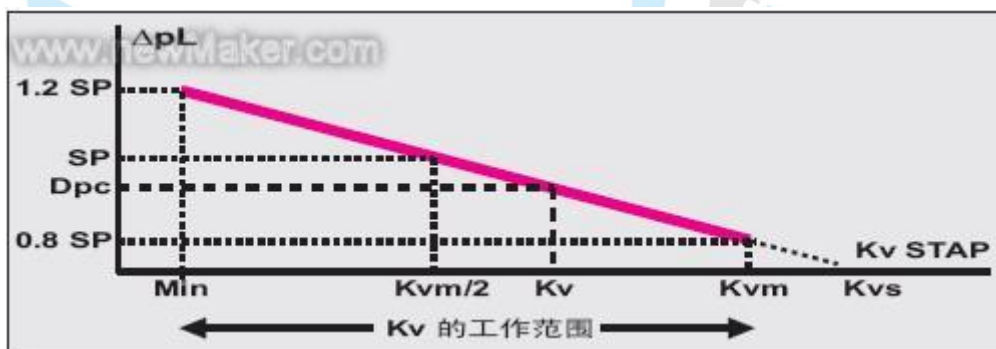


图 2 二次压差取决于 STAP 的开度

STAP 的 K_v 在 0 与最大值 K_{vs} 之间变化，但工作范围则位于 K_{vmin} 和 K_{vm} 值之间，即二次压差在设定点(SP)附近 $\pm 20\%$ 取稳定值的数值间。为了实现稳定的功能，需要一个 40% 至 50%的比例带。

我们假设设计一次压差 H 为 120kPa，所需的 ΔpL 为 30kPa。如果 H 从 120 增加到 220kPa，则 ΔpL 将从 30 增加到 33kPa(+10%)。100kPa 的干扰在二次侧被降至 3kPa。如果没有压差控制器，则回路压差将会增大 100kPa。这样，STAP 就将干扰的影响降低了 33 倍。

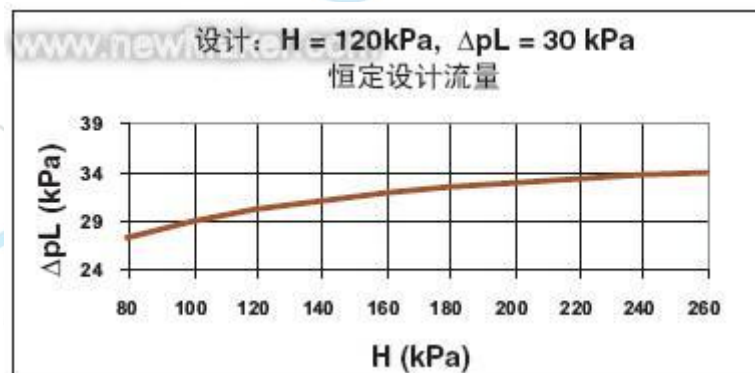


图 3 一次压差对二次 ΔpL 的影响

要找到正确的 STAP 设定点，只需要用测量阀测量水流(在设计条件下)，并调节 STAP 的设定点直至达到设计流量即可。不需要做任何计算。

如果当一次 H 高于其设定值时进行该设定(图 3)，所获得的设定点就会稍低于要求。其差值通常是可以忽略的，但也可在做平衡报告时的流量测量中予以修正。

设定点还与内六角扳手的一定的圈数相对应。设定点与圈数之间的关系请参阅技术规格部分。没有安装测量阀时，或者压差 H 低于 H_{min} 时，该信息有助于找到正确的 STAP 设定点。低于 H_{min} 将无法获得设计流量。

2. 在空调中的一些应用

2.1 每根立管上设一个 STAP

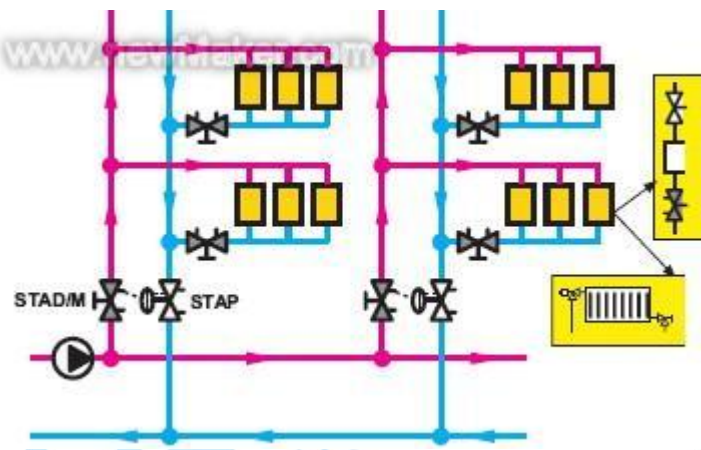


图 4Δp 控制器 STAP 可稳定每根立管上的压差

在大型系统中，相对于终端控制阀来说，泵的水头可能会太高或者变化太大。利用 STAP 压差控制阀可以将每根立管底部的压差稳定在适合的数值。

注：在采暖系统中，如果一根立管的所有控制阀都关闭了，压差控制阀 STAP 也将关闭。此立管回流管道中的静压则随着水温的下降而降低。控制阀两端的压差增大。结果是，先重新打开的控制阀将会短暂地发出噪音。例如，利用泄压阀产生最小流量就可以避免这种问题(TA 制造的 BPV 就是一种泄压阀)。

2.2 每条支路上设一个 STAP

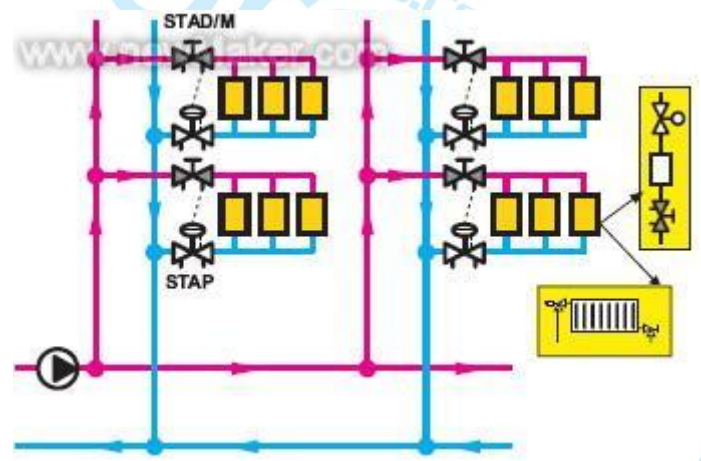


图 5Δp 控制器 STAP 可稳定每条支路上的压差

如果每条支路上的压差都是稳定的，则终端就会具有一个适当的压差。这样，每条支路就可以独立于其他支路而达到平衡。这种解决方案在技术上优于在每根立管上设一个 STAP，因为各支路适合的压差可能有所不同。此外，因为立管中的可变压降而造成的压差变化也可以自动得到补偿。

至于最小流量，2.1 节中立管的相关注示也适用于支路。

示例

在图 6a 中，每个终端 C 都配有一个平衡阀(STAD)。在图 6B 中，每个终端都配有一个调节阀(如 STK 或 Trim)。由于调节阀不允许测量终端装置中的流量，因此必须计算这些阀门的预设值。

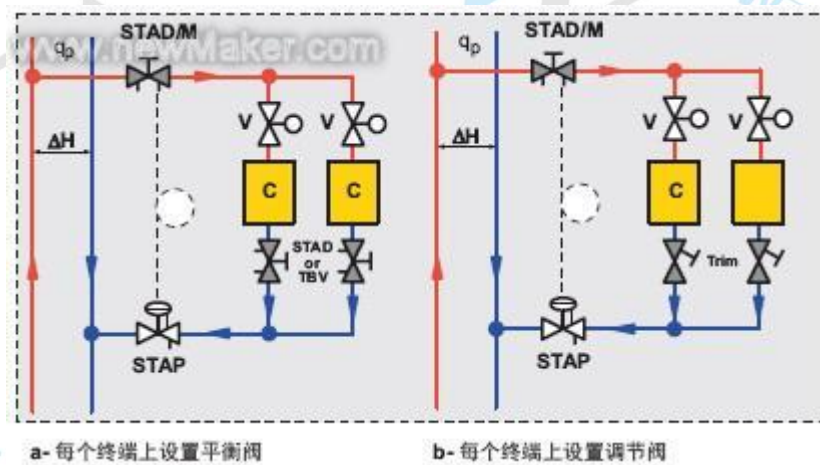


图 6 一个 STAP 可平衡一组终端装置两端的压差

平衡程序图 6a

- 1.完全打开 STAP。
- 控制阀 V 全开。
- 2.根据 TA 平衡方法平衡支路的终端。
STAD/M 作为一个合作阀。
- 3.调节 STAP 的设定点，以便在 STAD/M 中获得总设计流量 q_p 。

平衡程序图 6b

在以下平衡程序中，STAP 分配管道下游中的压降可以忽略不计。

- 1.对于每个回路，所需的压差(Δp 回路)是设计流量下的压降之和： Δp 回路= Δp 控制阀+ Δp 终端装置+ Δp 附件+ Δp 调节阀全开。确定需要最大压差(Δp 回路最大值)的回路。

2.对于每个回路,计算需要在调节阀处吸收的压降: $\Delta p_{\text{调节阀}} = \Delta p_{\text{回路最大值}} - \Delta p_{\text{控制阀}} - \Delta p_{\text{终端装置}} - \Delta p_{\text{附件}}$ 。调节每个调节阀,以在设计流量下达到该压降。采用 TA 诺模图来找到正确的设定值,或者使用“TA 选择”计算机程序。

3.调节 STAP 的设定点,以便在 STAD/M 中获得设计流量 q_p 。

支路中有小型装置的例子

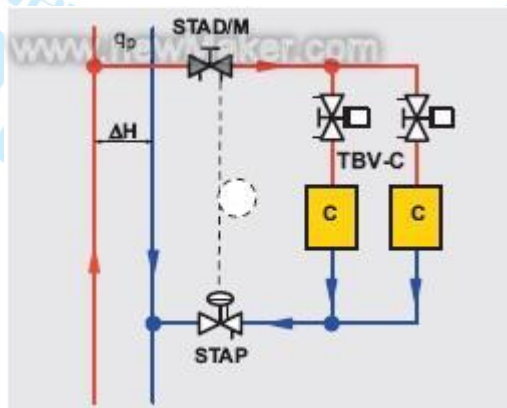


图 7 终端装置采用自动 TBV-C 平衡阀来控制

图 7 是支路中有几个受 TBV-C 阀门控制的装置的典型实例。TBV-C 将五项功能结合到了一个阀门中:

控制(开关、三点或比例)

无级预设(从 0 到 Kvs , 梯级从 0 到 10)

压差测量

流量测量

关断

支路由一个控制器来保护,它可以保持回路上的压差稳定。当采用比例模式时,这样还可以保证准确而稳定的控制。由于压差保持在要求的水平,因此也可限制控制阀发出噪音。

平衡程序图 7:

同图 6a。

如果上述实例扩展到整个装置,那么支路和立管中的平衡阀就不需要了,除非是用于故障检修和关断。

2.3 每个控制阀上设一个 STAP

根据装置设计的不同，回路上的压差可能随着负荷而发生很大的变化。为了达到并保持正确的控制阀特性，并保证精确而稳定的控制，可以采用图 8 所示的压差控制器来稳定控制阀两端的压差。

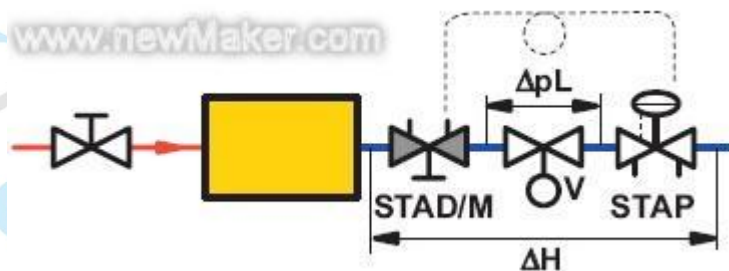


图 8 直接在控制阀上稳定压差

注

1. 流量采用测量阀 STAD/M (STAD 或 STAM) 来测量。它是故障检修的一种必备工具。
2. 当不需要测量装置时 (不建议)，测量阀可以用压力测试点来代替。这样，STAP 的设定就要根据控制阀的 Kvs 来计算了。

在第二种情况下，给出的数值是设计流量 q 和控制阀的 Kvs 。STAP 应当产生的理论压差可以采用以下公式来计算：

$$\Delta p = \left(0.01 \times \frac{q}{Kvs} \right)^2 \text{ (kPa -l/h)}$$

$$\Delta p = \left(36 \times \frac{q}{Kvs} \right)^2 \text{ (kPa -l/s)}$$

控制阀 V 是绝对不会尺寸偏大的，因为设计流量总是根据阀门全开的情况得到的。控制阀阀度达到并保持在 0.7 以上。由于二次 ΔpL 实际上是恒定的，因而所有额外的一次压差都在 STAP 中被吸收。

平衡程序图 8

1. 将控制阀 V 完全打开。
2. 预先设定 STAD/M，以便在设计流量下至少获得 3kPa。

3.调节压差控制器的设定点，以得到设计流量。

因为此时每个终端处的流量都是正确的，因而不需要其他的平衡程序。如果所有控制阀都配有一个 STAP，则支路和立管中的平衡阀就不需要了(除非是为了故障检修)。

控制阀尺寸的确定。

在这种情况下确定控制阀 V 的尺寸并不困难。尽管如此，仍建议控制阀中采用至少为 20kPa 的压降。因为不必遵循 $\Delta p_V > 0.25$ 泵水头的规则，所以可采用小于常规值的 Δp_V 。这样可以降低所需的泵水头。

注入口处设一个控制阀的例子。

有些分配系统运行时流量是恒定的，而供水温度则是可变的。例如，盘管预热需要恒定的水流，以防止冻结。为了改善温度控制，装置中的恒定流量可以保证湍流和恒定的交换系数。在这种情况下，通常采用一个三通混合阀以获得可变的供水温度。

当分配系统处于活动状态时(安装有一次泵)，不允许采用三通混合阀，因为水流可能因一次压差而在其旁路中逆转。当水流在三通阀旁路中逆转时，将会破坏混合功能。在这种情况下，最佳的解决方案是在注入口处安装一个二通控制阀，如图 9a 所示。

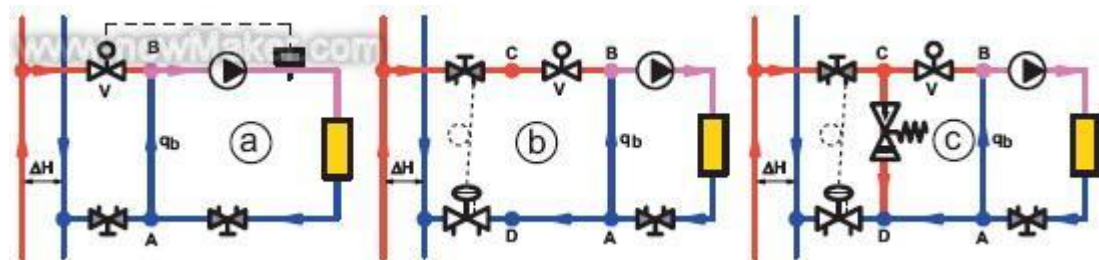


图 9 注入口处安装二通控制阀

如果一次压差(ΔH)的变化很大，则二通控制阀的阀权度将大大减小，并危及控制回路的稳定性。在这种情况下，最佳的解决方案是用压差控制器来稳定控制阀两端的压差(Δp_{CD})，如图 9b 所示。如果需要最小流量来保护一次泵，可以通过在 C 和 D 之间安装一个比例泄压阀(如 TA 的 BPV)来实现，如图 9c 所示。这种解决方案比采用手动平衡阀好，因为它只在必要时才产生最小流量。这样可以降低一次流量，从而降低泵送成本。

有些设计者指定在管道 AB 中设置一个止回阀，以避免水从 B 流向 A。这主要有两个原因：

- 1.对于暴露在低温空气中的预热盘管来说，若二次泵发生故障，止回阀可以使一次泵将热水注入盘管中。这就能够保证不会发生冻结。
- 2.在区域采暖中，如果二通控制阀尺寸偏大，或者如果二次水流是可变的，则旁路 AB 中的水流可能会逆转。这将会重新加热回流水。止回阀可以防止这种逆流。

当止回阀关闭时，B 中的压力升高。这样可以降低控制阀两端的压差，提高其阀权度。

结论

为了降低泵送成本(和避免接口处的兼容性问题)，使用变流分配系统的情况比过去多了。这种分配原理的主要问题是回路中和控制阀两端的压差是可变的。因此，要获得稳定的调节控制就愈加困难。用自动压差控制阀(如 TA 的 STAP)来稳定压差是一个比较好的解决方案。

利用压差控制器能够进行精确而稳定的调节控制，而且还可以降低控制阀的噪音，简化平衡与试运行程序。

参考书目：“利用压差控制器实现循环平衡”，关于循环设计与平衡的 Tour&AnDersson 系列出版物第 4 号手册。(end)