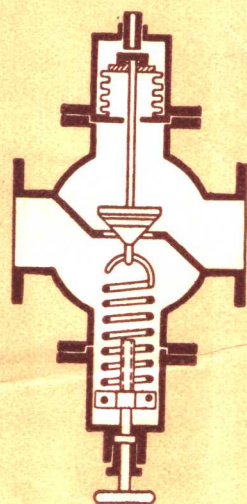


供热入口的 自动调节器

苏联A.П.萨弗诺夫著

王 振 强译



电力工业出版社

24

內 容 要 點

这本小册子叙述了“莫斯科动力管理局热力網”在热力網供热入口自动化方面的先进經驗。

本書研究了調节的方式、調节器的構造及其調节方法，并介紹了一些使用的成果。

这本小册子在苏联是为了交流工作經驗而出版的，可供热力網調整和維護管理方面的工程技術人員参考。因为目前在这方面教学用書也很缺乏，因此这本小册子也可以作为高等工業学校供热、供煤气及通風專業的教學参考書。

А. П. САФОНОВ

АВТОМАТИЧЕСКИЕ РЕГУЛЯТОРЫ НА ТЕПЛОФИКАЦИОННЫХ ВВОДАХ
ГОСЭНЕРГОИЗДАТ МОСКВА 1952

供热入口的自动調节器

根据苏联国立动力出版社1952年莫斯科版翻譯

王 振 强譯

*

543R132

電力工業出版社出版(北京府右街26号)

北京市書刊出版業營業許可証出字第032号

北京市印刷一厂排印 新华書店發行

*

787×1092 $\frac{1}{2}$ 开本 * 1 $\frac{1}{2}$ 印張 * 38千字

1957年4月北京第1版

1957年4月北京第1次印刷(0001—4,600册)

統一書号: 15036·473 定价(第10类)0.26元

序

作为力能經濟的先进方向之一的热化事業^①，在苏联得到了广泛的發展。

就供热的設備容量和热力網的長度來說，目前苏联在世界上佔第一位。仅在莫斯科一地，热力網就有数百公里。隨着苏联國內热化事業的發展而發生了很多科学技术上的問題，这些問題有的已經順利解决，有的正在解决中。特別是由於用戶的增加和热力網的复杂化，因此就迫切需要自动地来控制热力網的运行。

苏維埃的專家們對於热力網的自动化給予很大的注意，並在这方面获得了相当的成就。用热水式热力網送往各用戶的輸热調節，已直接集中在热电厂了。

供热的集中質調節系以变动从热电厂送出的水温来实现。这种方法仅在採暖季节最冷的几个月中可以採用。在採暖季节的某一期間，如果採暖用的水温应低於热水供应設備的水温时，則不許採用集中質調節。在这种情况下，供热調節系以間断地向热力網輸送热水来实现。当这样調節时，水温应維持在 $60\sim 70^{\circ}\text{C}$ 之間。

由於許多原因，上述的混合式集中調節是很不完善的。首先是在採暖季节的暖和时期，會發生热力網和採暖系統作業延續性不符的情况。热力網作業時間的長短決定於热水供

① 热化事業(теплофикация) 簡称热化，或称合产供热，中文尚未統一。
——譯者

应设备的作業小时数，因此採暖系統在某些情況下所得到的热量可能大於其所需要的热量。这种不适当的情形要浪費將近 3% 的热量。此外，当热力網中水温很高时，因为日常生活用水要加热到很高的温度，在热水供应系統的热交换器中，就要使管道上面劇烈地沉积水垢。由於这个原因也要浪費热量。

由所指出的情况可以得出結論，在双管的热力網中，仅用集中調節不能保証正常地向各用戶供热，而要求直接在各用戶处进行輔助調節。

局部再調節不能用手来操作，因为这需要很多的熟練人員。只有在热力網各用戶处利用水力和温度的自动調節，局部再調節問題的完全解决才是可能的，这种調節系利用不需要維護人員看管的特殊裝置。

在热水式热力網的各用戶处，水力和温度的自动調節的主要功用是：

- (1) 在採暖房屋內保証空气的温度正常；
- (2) 使採暖入口的热力網水流量維持一定；
- (3) 在直接与热力網相接的高層建筑或位於高处的建筑中，維持其採暖系統回水管的压力一定；
- (4) 維持进到热水供应系統的水温一定。

当供热入口自动化时，則只須根据室外温度集中調節送入热力網去的水的温度。

在用热系統的作業中运用自动調節，不但能大大地改善供热質量，同时也能提高採暖、通風及热水供应系統的技术管理水平。

同时，运用採暖、通風及热水供应系統的自动調節，能使热量的利用达到最經濟，这主要是由於消除了房屋的过暖

和热水供应系統的用水过热的可能性（在沒有自动調節时，在使用中这些情况的發生是不可避免的）。

用热系統中的特殊使用条件和作業条件，對於安設在供热入口的自动調節器，提出了許多特殊的要求。

为了达到这个目的，还不能利用一些現有的各类調節器。或者是由於它們太复杂並且在供热入口的条件下維護很不方便，或者由於它們的特性不能令人滿意。

这样一来，就需要研究新型的、專門用在供热入口处的自动調節器。

早在 1941 年，苏联国家地区發电厂及綫路改进局、莫斯科动力管理局热力網和一些科学研究院，就已开始研究用热系統的自动調節方式和自动裝置的構造等問題。这些工作在战时会暂时中止，而在战后就馬上重新开始了。

由於苏联国家地区發电厂及綫路改进局和莫斯科动力管理局热力網在战后的工作，已經創造了一些試用的自动調節器，它們可用来調節採暖系統（压力調節器、流量調節器和室温調節器）和热水供应系統（水温調節器）的温度和水力的状态。

試用型自动調節器在莫斯科的热力網中經受了長时期的使用上的考驗，莫斯科現在有数百个採暖入口和热水供应入口都裝有自动調節器。

使用試用型調節器的經驗表明，在制造質量良好、調整正确、監督适当的情况下，它是能順利地工作的。

同时，使用大批試用調節器的經驗讓我們發現了也消除了它們的某些缺点，这就大大地提高了它們的使用質量。

进一步改善自动調節器構造的工作現在也在繼續进行着。

在这方面，把現有制造自动調节器的半手工業方法变为工業的方法有着很大的意义，苏联的机械与器具制造工業部正在自己的工厂中組織这一制造方法。

这本小册子闡述了莫斯科动力管理局热力網关于調整和使用水力及溫度試用型自动調节器（用在与热力網相連接的房屋採暖系統和热水供应系統中）的經驗。

目 录

序

I. 关于自动调节的基本概念	6
II. 压力调节器	8
1. 压力调节器的用途、构造及作用原理	8
2. 影响压力调节器工作质量的因素	10
3. 压力调节器尺寸的选择和接入方式	13
4. 压力调节器的调整与使用	15
III. 流量(压差)调节器	17
1. 流量调节器的用途、构造及作用原理	17
2. 影响流量调节器工作质量的因素	20
3. 选择流量调节器的尺寸和接入方式	22
4. 流量调节器的调整与使用	24
IV. 室温调节器	25
1. 室温调节器的用途、构造及作用原理	25
2. 热继电器	26
3. 总合中间继电器和操纵盘	30
4. 电动水力继电器	33
5. 执行机构	37
6. 室温调节器的调整与使用	38
V. 水温调节器	46
1. 水温调节器的用途、构造及作用原理	46
2. 影响水温调节器工作质量的因素	50
3. 调节机构的尺寸和水温调节器的布置方式的选择	50
4. 水温调节器的调整与使用	52
結論	53
参考文献	56

I. 關於自动調節的基本概念

為了保證在某一對象（例如採暖系統，熱水供應系統）內的过程正常進行，需要維持表示該过程特点的某些量為一定值，或者是需要保證這些量按給定的規律變化。例如供熱入口在高層建築或位於高處的建築物中，其採暖系統的回水管中應維持一定的水壓，在進入熱水供應系統時要保持有一定的水溫等。所有這些需要維持為一定或按規律變化的量就稱為被調節量。

維持被調節量為所需要的值，因而保證在對象中的过程不用人看管而正常進行，這樣的裝置稱為自动調節器。

自动調節器通常由以下各主要部分組成：

1. 測量元件，反應被調節量的變化；
2. 調節機構，改變流入調節對象的介質（或改變介質的流出）來对过程發生作用；
3. 聯系機構，把由測量元件所得到的信號（放大或者不放大）傳給調節機構。

由於測量元件與調節機構間的聯系方式不同，分為直接動作調節器和間接動作調節器。

直接動作調節器不利用外加能源來移動調節機構。由於被調節量變動，直接在測量元件上產生力量，這個力量就使這種調節器的調節機構動作起來。在這種調節器中，測量元件與調節機構之間，通常是用機械聯系。

直接動作調節器構造簡單，使用也很方便，但不能將被調節量的值保持得很準確。

供热入口的直接动作调节器在作为压力调节器和流量(压差)调节器时，主要是应用在小容量和中等容量的入口，該处不要求很高的调节精确性，以及該处在调节器动作的可靠性和在维护的简便上有着头等的意义。

間接动作调节器在移动调节机构时利用外加能源。

間接动作调节器的特点是：当被调节量的值变化时，在调节器的测量元件里产生的力量仅仅是使辅助装置产生动作，此辅助装置能使辅助能量进到放大机构里去，而放大后的力量才是移动调节机构所需要的。

間接动作调节器比直接动作调节器能更精确地维持被调节量，但随之而来的是它要求更复杂的维护并且要消耗辅助能量。

热力网供热入口用的間接动作调节器在目前是用来调节温度。

許多自动调节器都具有这样的特性：当调节机构的位置变动时(被调节对象的負荷变动时)，所维持的被调节量的值也多少要有些变动。调节机构由一極限位置移动至另一極限位置所需要的被调节量的变动值，叫作调节器的不均匀度。例如，如果采暖入口用的直接动作压力调节器当水的流量最大时在采暖系統內維持 4 大气压的压力，而当活門完全关闭时为 3.6 大气压，这就是說这种调节器的不均匀度等於 0.4 大气压。

在自动调节器中，摩擦力、磁鉄的吸引力等等都要妨碍调节器各部件的移动。因此，被调节量离开适合於被调节系統平衡状态①的数值到一定的有限值之后，调节器才开始动

① 如果进入被调节对象的介質正适合於它的負荷(介質的消耗)，同时被调节量的值适合於所规定的值而调节器並不动作，則此时的状态叫做被调节系統的平衡状态。

作。被調节量变动而調节器並不动作的值叫做調节器的不灵敏区。例如，如果室温調节器(其测量元件由磁鉄来动作者)在室温为 19°C 时切断对採暖系統的供水，而在 18.5°C 时重新接入，这就是說該調节器的不灵敏区是 0.5°C 。

II. 压力調节器

1. 压力調节器的用途、構造及作用原理

压力調节器用於供热入口处，以便使高層建筑物或位於高处的建筑物里面的採暖系統回水管內維持一定的压力^①。如果热力網回水管中的压力無論在什么狀況下低於建筑物高度所引起的採暖系統的靜压力，此时，採用了这种調节器就可以防止採暖系統最高点發生放空的現象。

在被調节对象中的压力量到調节器前为止，因此常特別称它們为“器前”調节器。

当採暖系統中的水循环时，調节器前面的压力是用改变調节機構的开启程度的方法来維持一定。当採暖系統中的水循环中止时，調节機構完全关闭，因而防止採暖系統放空。

在热力網供热入口內实行自动調节發展的第一阶段中，在採暖系統回水管中維持一定的压力，曾利用过格拉瓦尔瑪利特型直接动作調节器，很有名地叫做“器前”压力調节器。

採用上述的調节器已經証明是不适合於調节压力的，因为不灵敏区太大並且有相当大的不均匀度。

此外，因为格拉瓦尔瑪利特型压力調节器系双座閥門，所以不能保証在水循环中止时消除採暖系統發生放空所必需的充分密閉性。因此在莫斯科热力網的採暖入口，現在認為採

① 这类压力調节器有时叫做回水調节器。

用苏联国家地区发电厂及綫路改进局(И. М. 布力克工程师)所研究出的 PЛ 型直接动作压力调节器比採用格拉瓦尔瑪利特型调节器在性能上更为有利。

PЛ 型直接动作调节器①(圖 1)是由帶有活盖的外壳 1、單座圓錐形活門 2 (借助於桿 3 与薄膜的底板相連接) 以及彈簧 5 所組成的, 彈簧 5 由拉紧器 6 所产生的力量將活門紧压在活門座上, 調節支桿 7 是限制活門昇程用的。

活門 2 和薄膜 4 的面积是这样来选择的: 調節器差不多被卸掉了热力網回水管道的压力。

调节器前面的水压作用在活門的圓錐部分上, 造成了力圖使活門上昇的力来反抗彈簧的拉力。假如調節器前面的压力增加了, 加在活門下部的压力就要大於彈簧的应力, 因此活門被开啓並拉長彈簧一直到力量恢复平衡时为止。

上述互相反向的力量当活門(彈簧也一样)达到某一新的位置时就平衡了。因此彈簧产生的力量增加, 調節器前面的压力也昇高了一些。需要指出, 当活門移动时水流对活門的反作用大小的变化也要对調節器前面的压力变化起某些影响。

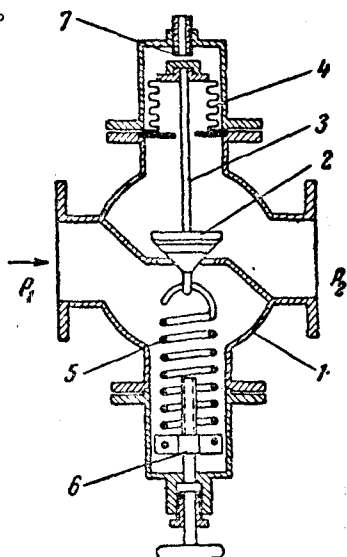


圖 1 PЛ 型直接动作压力调节器

① 压力调节器以及后面将要談到的流量调节器是机械与器具制造工业部工厂的出品, 由苏联国家地区发电厂及綫路改进局设计制作, 称为 PЛH。

当調节器前面的压力降低时，調节过程是向相反的方向来完成。

这样看来，PII型直接动作压力調节器在工作中是有一些不均匀度的。不均匀度表现在：活門开啓时被調节压力的給定值要增加，而当关闭时要减小。被調节压力的給定值是用拉紧器的手輪改变彈簧的張力而确定的。

2. 影响压力調节器工作質量的因素

現在研究一下对 PII 型压力調节器的工作有影响的各种因素，首先就要談到調节器后面压力对被調节压力值的影响。

圖 2 所表示的是，当調节器后面压力变动时，直徑为 50 公厘(活門出口直徑为 44.4 公厘)的 PII 型直接动作压力調节器的試驗結果。从該圖可明显看出，調节器后面压力 P_2 由 2.0 增加到 3.6 表大气压，其所引起的調节器前面压力 P_1 的增加是从 3.74 到 3.92 表大气压，即一共增加 0.18 表大气压。

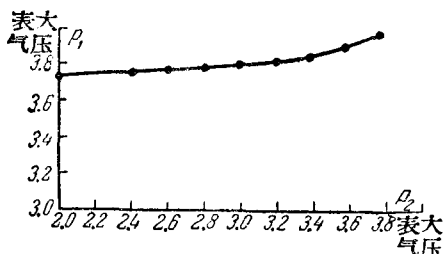


圖 2 PII 型压力調节器(直徑为 50 公厘)的工作曲綫；調节器后面压力变动，流量一定
($G=5.8\sim6.2$ 吨/小时)

所引用的数据是屬於这样的一种情况：調节器中的水流量是在不大的范围內变动，这一般多發生在用戶的採暖入口有水流量調节器存在並处在正常工作的期間。在水流量变动

較大的情況下，被調節的壓力離開正常值的偏差值就要增加。

如果水流量變動而調節器后面的壓力實際上為固定時，直徑為 50 公厘的 PИ 型壓力調節器的試驗結果如圖 3 所示。

從該圖可以看出，在活門開啓之初壓力增加得很明顯，而隨著水流量的增加，這種增長就較比慢。

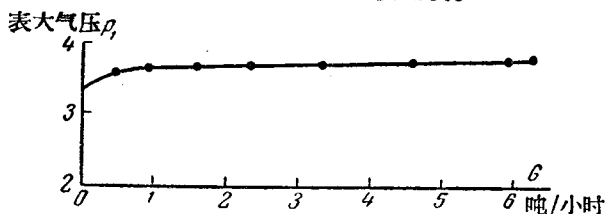


圖 3 流量變動時，PИ 型壓力調節器的工作曲線
($P_2 = 1.9$ 表大氣壓)

在所研究的情況下，水流量從零增加到 0.5 噸/小時，所引起的調節器前面壓力的增長為 0.2 大氣壓；而水流量一直增加到 6 噸/小時，所引起的調節器前面壓力的增長又有 0.3 大氣壓。因此，當水流量在上面範圍內變動時，不均勻度一共為 0.5 大氣壓。

當水流量減少時，調節器前面的壓力通常要降到稍低於活門開啓到該位置時所具有的值，這就顯示了調節器的不靈敏性。

為了提高活門關閉的緊密性，莫斯科動力局熱力網利用了活門的接觸處帶橡膠或石棉橡膠環 1 的活門（圖 4）。

對於活門的關閉緊密性有很大影響的是薄膜有效直徑對活門工作直徑（活門座接觸處的活門直徑）的比

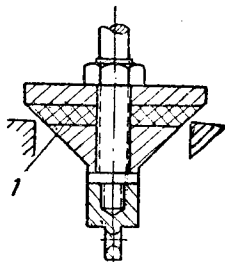


圖 4 由柔韌材料做成塞緊環的活門

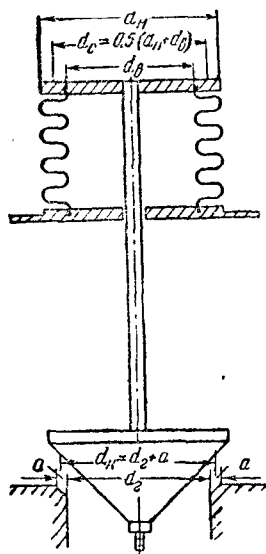


圖5 薄膜組合体及PII型压力調節器的活門

值。通常認為，薄膜的有效直徑 $d_{\text{с}}$ 等於薄膜內外直徑總和的一半，而活門的工作直徑 $d_{\text{к}}$ 等於活門座出口直徑 $d_{\text{с}}$ 再加上座之斜稜寬度 a (圖5)。如果取 $\frac{d_{\text{с}}}{d_{\text{к}}}$ 的比值小於1 (通常小於0.95)，則薄膜的有效面積將小於活門的工作面積，並且調節器后面的水壓力作用在活門的未卸壓的面積上，造成了力圖使活門蓋上的附加力量。當停止用水時，上述附加力量保證使活門關閉得更緊密。

當選擇 $\frac{d_{\text{с}}}{d_{\text{к}}}$ 值時，不僅必須考慮到緊密地關閉活門的要求，還必須考慮到工作的正常條件，因為 $\frac{d_{\text{с}}}{d_{\text{к}}}$ 值對於由調節器后面壓力的變動所引起的調節器的不均勻度有很大影響。

$\frac{d_{\text{с}}}{d_{\text{к}}}$ 值當調節器后壓力變動時，對於壓力調節器工作的影響大致特性，如圖6所示。

在保證PII型壓力調節器正常工作的條件下，而用實驗

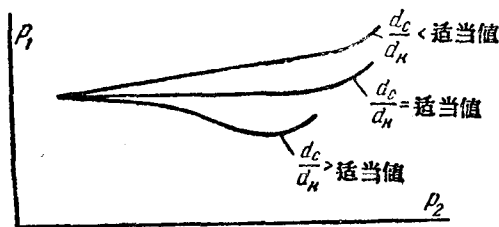


圖6 $\frac{d_{\text{с}}}{d_{\text{к}}}$ 值對PII型壓力調節器特性的影響

的方法所决定的最适当的 $\frac{d_c}{d_k}$ 值，大約为 0.95~0.98。然而为了保証活門紧密地关闭，應該取 $\frac{d_c}{d_k}$ 值比上列数值略小。

3. 压力調节器尺寸的选择和接入方式

使調节器能正常工作，在很大程度上决定於正确地选择它的直径。對於选择由莫斯科动力局热力網所生产的 PП 型压力調节器的直径來說，可以用圖 7 所示的圖表。在此圖表

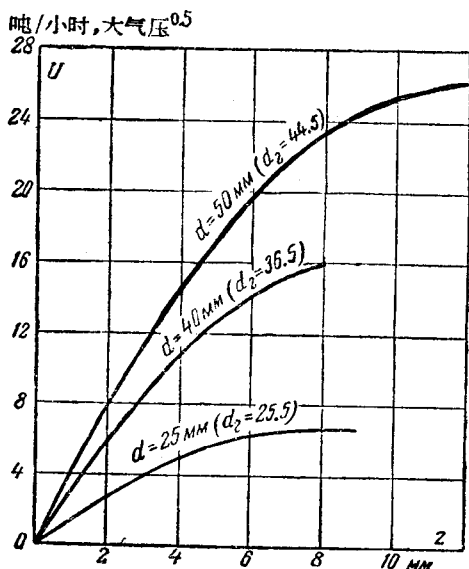


圖 7 在不同活門昇程下 PП 及 PP 型調节器的傳导率

上，橫軸是活門昇程 Z ，縱軸是調节機構的傳导率 U (U 相當於在調节機構中压力降落等於一个單位时的水流量)。傳导率由下面的公式决定:

$$U = \frac{G}{\sqrt{p_1 - p_2}} \text{ 吨/小时大气压}^{0.5} \quad (1)$$

式中 G ——水流量，吨/小时；

P_1 和 P_2 ——对应於調節器前后的压力，大气压。

已知水流量並給出在調節器中的压力損失 $P_1 - P_2$ ，就可求出 U 值。按照这个值，就可以来選擇調節器通过口的直徑，但是要考虑到活門的昇高度 β (活門昇程 Z 对活門座出口直徑 d_2 的比值) 是否大約在 0.03 到 0.08 的範圍內。

假定要选择 PИ 型压力調節器的直徑，已知在調節器中的压力降落为 $P_1 - P_2 = 1.2$ 大气压，而水流量 $G = 10.5$ 吨/小时。

基於公式(1)，先求出所需要的調節器的傳導率：

$$U = \frac{G}{\sqrt{p_1 - p_2}} = \frac{10.5}{\sqrt{1.2}} = 9.6 \text{ 吨/小时大气压}^{0.5}.$$

對於所求出的傳導率 $U = 9.6$ 吨/小时大气压^{0.5} 來說，按照圖 7 所示的圖表，我們查到調節器的 $d = 50$ 公厘 ($d_2 = 44.5$ 公厘) 和活門昇程 $Z = 2.5$ 公厘，在此情況下活門的昇高度將為：

$$\beta = \frac{z}{d_2} = \frac{2.5}{44.5} = 0.056.$$

活門的昇高度是在允許範圍以內，因此，所選擇的調節器直徑是正确的。

應該指出，上面的選擇压力調節器直徑的圖表，当活門沒有導路時才是正确的。如果活門有導路，則調節機構的傳導率將比圖表所示的約低 10%。

为了消除水量表因水流的波动而不能正常工作的可能性，單純採暖用供热入口的 PИ 型压力調節器应裝於水量表后面的回水管上(圖 8)。

對於具有採暖和生活用負荷的供熱入口來說，當生活用負荷並不小時，有時候把 PИ 型壓力調節器按設在總回水管（熱水供應及採暖用水混合之後的管道）上是很合適的。如果和調節器接在採暖回水管上的方式來比較，這種方式的優點在於：第一，縮減了總關閉活門的數目（沒有這些活門可能使採暖系統放空），第二，改進了熱水供應局部水溫調節器的工作條件。

可是，上述 PИ 型壓力調節器的接入方式具有這樣的缺點：熱水供應水流量的變動要引起調節器前面壓力的變動。此外，在此情況下其所按設的壓力調節器，與一般的接入方式來比較，直徑常常要大一些。

4. 壓力調節器的調整與使用

壓力調節器的調整工作要在採暖系統的起動和送水之前來做。向採暖系統送水，也像沒有調節器一樣，要通過熱力網的回水管。在送水之前，需要保證將活門強制升起。用拉緊器的手輪向反時針方向旋轉直到最終的位置，這樣就把活門強迫升起。

談到 PИ 型壓力調節器的調整，首先需要確定當水流量正常時調節器前面的壓力值。考慮到上述 PИ 型壓力調節器的特點——當循環中止時給定的調節壓力值要降低，那麼當水流量為正常時必須使調節器前面的壓力值比採暖系統的靜壓力大 0.5~0.8 大氣壓。

調節器的調整過程，乃在於用拉緊器使彈簧產生某一應力，在此應力下，水流量正常時的調節器前面的壓力也許會等於上述數值。

在切斷水循環的情況下要同樣地調整調節器時，調節器