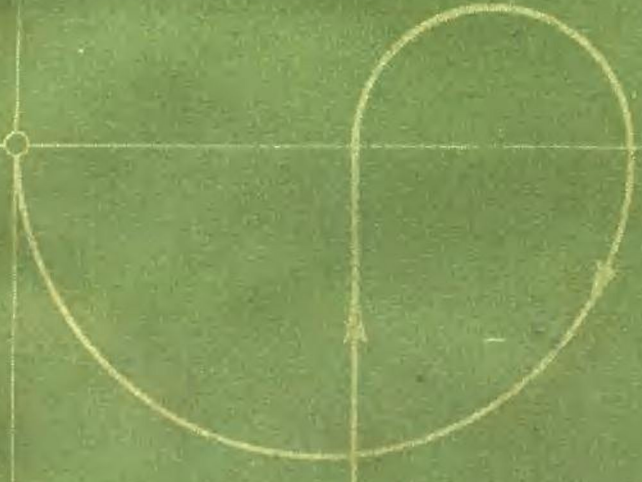


自动化丛书



空气调节的自动控制

〔苏联〕Г. Б. 阿尔希波夫 著
第一机械工业部第二设计院暖通组译

上海科学技术出版社

86.363
282

自动化丛书

30

空气调节的自动控制

〔苏联〕Г. Б. 阿尔希波夫 著
第一机械工业部第二设计院暖通组译

上海科学技术出版社



內 容 提 要

本书是“自动化丛书”之一。丛书内容包括自动学及远动学的理論,自动装置、元件和仪器的結構及应用等。丛书选题主要取自苏联及其他国家的有关資料,也包括国内編写的专题論著。本丛书由“自动化丛书編輯委员会”主編。

本书介紹各种进气和排气通风室和带洗滌室的空气調节室的自动控制系统。叙述空气調节室中空气热力处理过程的基本原理和計算方法,并說明变送器、調节机构和調节器中各种部件安装位置的选择。

本书供通风及空調自动化的工程技术人员及有关专业的大专学生作参考。

АВТОМАТИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ВЕНТИЛЯЦИИ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

Г. В. Архипов

Госэнергоиздат • 1961

自动化丛书(30)

空气調节的自动控制

第一机械工业部第二設計院暖通組譯

自动化丛书編輯委员会主編

上海科学技术出版社出版 (上海瑞金二路 450 号)
上海市书刊出版业营业許可証出 093 号

上海市印刷四厂印刷 新华书店上海发行所发行

开本 787×1092 1/32 印張 4 20/32 排版字数 100,000
1963 年 12 月第 1 版 1963 年 12 月第 1 次印刷 印数 1—5,000

統一书号 15119·1768 定价(十二) 0.54 元

目 录

緒 論	1
第1章 进气与排气通风室的自动調节和远程操纵的工艺原理	12
一、进气通风室的自动調节、控制和远程操纵	12
1. 使用电指揮脉冲与比例动力特性的調节器和装在送风管內的变送器，以調节热煤的方式对进气通风室进行自动控制	12
2. 使用气动指揮脉冲与比例动力特性的調节器及装在送风管內的变送器，以調节热煤和空气的方式对进气通风室进行自动控制	16
3. 使用气动指揮脉冲与比例动力特性的調节器及装在房間內的变送器，以調节热煤和空气的方式对进气通风室进行自动控制	19
4. 使用电指揮脉冲与比例动力特性的調节器及装在房間內的变送器，以調节蒸汽和空气的方式对进气通风室进行自动控制	21
5. 使用电指揮脉冲与比例动力特性的調节器及装在房間內的变送器，对循环风量可調节的进气通风室进行自动控制	24
6. 使用电指揮脉冲与定位动力特性的調节器及装在房間內的变送器，对有局部混合器的进气通风室进行自动控制	27
二、排气通风室的远程操纵	29
7. 对有保温閥的排气室进行带訊号装置的远程操纵	29
8. 有自然排气旁通风道的排气通风室的远程操纵	31
第2章 空气調节室自动控制系統的工艺原理	34
一、直流式空气調节室	36
9. 使用电指揮脉冲与无定位調节器，根据装在洗滌室后的干球溫度計控制固定露点溫度的調节室自动控制系統	36

10. 使用电指揮脉冲与无定位調节器,根据装在空調房間的 湿球溫度計,控制可变露点溫度的調节室自动控制系统	46
11. 使用气动指揮脉冲与衡行調节器或比例調节器,根据装 在洗滌室后的干球溫度計,控制两个露点溫度的調节室 自动控制系统	51
12. 使用电指揮脉冲与比例調节器,根据装在洗滌室后的干 球溫度計,对室內溫度能自动修正及控制两个露点溫度 的調节室自动控制系统	60
二、有一次循环的空气調节室	65
13. 根据装在洗滌室后的干球溫度計,对室內溫度能自动修 正及控制两个露点溫度的調节室自动控制系统	65
14. 使用电指揮脉冲与比例調节器,根据装在洗滌室后的干 球溫度計,对循环风量可調节的及控制两个露点溫度的 調节室自动控制系统	70
三、有一次及二次循环的空气調节室	76
15. 使用电指揮脉冲与无定位調节器,根据装在洗滌室后的 干球溫度計,控制固定露点溫度的調节室自动控制系统	76
16. 使用气动指揮脉冲与衡行調节器或比例調节器,根据装 在洗滌室后的干球溫度計,控制两个露点溫度的調节室 自动控制系统	81
17. 使用电指揮脉冲与无定位調节器,根据装在空調房間內 的湿球溫度計,控制可变露点溫度的調节室自动控制系统	88
18. 使用衡行調节器和无定位調节器,对有一次与二次循环 的及控制两个露点溫度的調节室自动控制系统	94
四、有局部加热器和混合器的空气調节室	104
19. 使用电指揮脉冲与无定位調节器,对有局部加热器的調 节室自动控制系统	104
20. 使用气动指揮脉冲与比例調节器,对有局部混合器的調 节室自动控制系统	109

五、大容积房間的空气調节	119
21. 使用电指揮脉冲及帶自动选择构件的无定位調节器,对 循环风量可調节的几套調节室自动控制系统	119
22. 使用电指揮脉冲及帶自动选择构件的无定位調节器,对 有局部空气冷却机組的几套調节室自动控制系统	126
六、加工吸湿材料厂房的空气調节	132
23. 使用电指揮脉冲与无定位調节器,对加工吸湿材料厂房 用的調节室自动控制系统	132
附 录 图例說明	140

緒 論

在技术水平不断发展的情况下，許多生产場所的周圍空气介质的参数对工艺过程的物理、化学和生理的性质，有着决定性的意义。

在厂房、公共建筑及住宅中，将空气介质参数保持在一定範圍內，对于保証人的劳动和生活的卫生健康条件、减少疾病和延长人的寿命是极重要的。

很多厂房、公共建筑及住宅內，装有人工气候（即保持空气給定参数）的设备。但是由于这些设备的操作缺乏自动化或自动化程度不高，往往不能使参数与給定的最佳值保持最小的偏差。

在全年內保証必需的空气温度和湿度，并用干法和湿法过滤，使空气保持最小的含尘量的自动化空气調节装置，是技术先进的厂房、公共建筑和住宅的不可分的构成部分。

在厂房、公共建筑及住宅內的通风与空气調节的自动控制装置，不仅能保証劳动和生活的卫生健康条件，而且是許多工艺过程达到高度先进技术水平所必需的。这些装置不仅經濟合理，同时能促使劳动性质的改变，提高劳动生产率，为縮短劳动日及消灭体力劳动和脑力劳动間显著差別創造条件。

由于技术的进步，厂房、公共建筑和住宅愈来愈广泛地采用通风和空气調节的自动控制装置。

因此，愈来愈多的工程技术人員参加了通风和空气調节的自动装置的制造、設計、安装、調整和使用的工作。由于这方面的經驗不足和缺乏技术資料，在一些已經完成的通风和空气調节自动化的装置中，虽然采用了許多与現代技术发展水

平相适应的现代化设备，但是也还有着一些不符合现代化要求的设备。

本书的目的是向广大的设计、安装、调整和使用的人员介绍通风和空气调节系统中各种已采用的，经过检验的，因而可以作为推荐采用的方案。这些系统所采用的自动控制设备都是已成熟的，并且是成批生产的。

空气调节室按处理蒸汽空气混合物的流程可以分为下列类型：

- (1) 直流式空气调节室；
- (2) 一次循环风量固定的空气调节室；
- (3) 一次循环风量可调节的空气调节室；
- (4) 一次和二次循环风量固定的空气调节室；
- (5) 一次和二次循环风量可调节的空气调节室。

此外，按蒸汽空气混合物的处理方法，所有上述空气调节室又可分为下列几种：

(1) 装有表面式加热器及洗涤室的空气调节室。洗涤室中的喷嘴喷射热水、固定温度的水或冷水，对与水滴直接接触的空气进行加热加湿、绝热加湿或干燥冷却处理。

(2) 装有表面式加热器的空气调节室。空气从喷洒水或盐水的表面吹过，进行加热加湿或冷却干燥。根据过程的特点喷洒热的介质使空气加热和加湿，或喷洒固定温度的介质使空气绝热加湿，或喷洒冷的介质使空气干燥和冷却。当使空气在温度接近零度或低于零度的状态下干燥和冷却时，必须使用氯化钙盐冷却液或氯化钠盐冷却液以代替冷水。

(3) 装有表面式加热器、冷却器和干燥器的空气调节室。在介质沿管子流过时与空气间经过金属管壁产生热交换。根据过程的特性，管内通过蒸汽、热水、冷水或盐水。

(4) 装有表面式加热器和表面式冷却器及干燥器的空气调节室。在加热时管内通过蒸汽或热水，当冷却时通入液态冷冻剂在管内直接蒸发。

(5) 装有表面式加热器及固体化学吸湿剂的空气调节室。其吸湿剂常用硅胶 SiO_2 (氧化硅) 或活性铝 Al_2O_3 (氧化铝)。

(6) 装有表面式加热器及液体化学吸湿剂的空气调节室，例如采用氯化锂 LiCl 。

此外，按照进风在房间内分送的特点，所有上述的空气调节室又可分为下列各类型：

(1) 低压送风空气调节室；

(2) 高压送风空气调节室，用以减小风道网的尺寸，保持房间的美观。

(3) 沿使用房间敷设的单管送风空气调节室，用改变空气温度的办法进行质的调节。

(4) 沿使用房间敷设的双管送风空气调节室，用改变两管内送风量混合比的办法进行送风温度的调节。

下面列有按空气处理流程及空气冷却和干燥过程种类进行区分的空气调节室分类表(参阅表1)，表内并列举各种空气处理方法对于工业厂房、公共建筑及住宅的适用范围。

苏联目前成套地生产带有洗涤室的集中式调节室的标准部件，在这种洗涤室内经过喷嘴喷射热水、固定温度的水或冷水。因而本书主要是阐述带有洗涤室的空气调节室的自动化。但是，所述各自动控制系统可以成功地适用于带润湿环层的空气调节室。对于装有表面式空气冷却器或用化学吸湿剂的空气调节室，则所述的自动控制系统需作相应的修改。

现有的自动化技术设备，足以使进气——排气通风和空

表1 按空气处理流程及保证待调节空气冷却

在干燥和冷却室内 处理空气的特点	保证待处理空气冷却和干燥的物理过程和介质	空 气
		直流式空气调节室
有湿式干燥和冷却室的空气调节室	空气与经喷嘴喷射的冷水直接接触	当存在有害排出物和不允许用循环风时,为了舒适和工艺目的采用
装有与待干燥和冷却空气接触的润湿环层的空气调节室	待干燥空气与冷水或盐水润湿的环层表面直接接触	当存在有害排出物和不允许用循环风时,仅仅为了工艺目的采用
有干燥空气用的表面式空气冷却器的空气调节室	空气与水或盐水通过金属管壁产生热交换	当冷却器表面温度高于 0°C 及不允许用循环风时,为了舒适和工艺目的采用
有干燥空气用的直接蒸发式空气冷却器的空气调节室	空气与蒸发的冷冻剂通过金属管壁产生热交换	应用于单独的空气调节机及集中式空气调节室中,当冷却器表面温度高于 0°C 时,为了工艺目的采用
用固体化学吸湿剂的空气调节室	固体吸湿剂——硅胶(SiO_2)或活性铝(Al_2O_3)与空气接触	用硅胶吸湿剂(SiO_2),当不允许用循环风时,为了工艺目的采用
用液体化学吸湿剂的空气调节室	液体吸湿剂——氯化锂(LiCl)与空气接触	当不允许用循环风时,为了工艺目的采用

和干燥过程而区分的空气调节室分类表

的	处	理	流	程
一次循环风量固定的空气调节室	一次循环风量可以调节的空气调节室	一次和二次循环风量固定的空气调节室	一次和二次循环风量可调节的空气调节室	
当无有害物排出时, 为了舒适和工艺目的采用	同左	当没有排湿或排湿量固定时, 为了舒适和工艺目的采用	当没有排湿时, 为了舒适和工艺目的采用	
当无有害物排出时, 仅仅为了工艺目的采用	当无有害物排出时, 为了工艺目的采用	当没有排湿或排湿量固定时, 为了工艺目的采用	当没有排湿量时, 为了工艺目的采用	
当冷却器表面温度高于 0°C 及无有害物排出时, 为了舒适和工艺目的采用	同左	当冷却器表面温度高于 0°C 及没有排湿或排湿量固定时, 为了舒适和工艺目的采用	当冷却器表面温度高于 0°C 及没有排湿时, 为了舒适和工艺目的采用	
同左	应用于单独的空气调节机及集中式空气调节室中, 当冷却器表面温度高于 0°C 及无有害物排出时, 为了工艺目的采用	应用于单独的空气调节机及集中式空气调节室中, 当冷却器表面温度高于 0°C 及排湿量固定时, 为了工艺目的采用	应用于单独的空气调节机及集中式空气调节室中, 当冷却器表面温度高于 0°C 及没有排湿量时, 为了工艺目的采用	
用硅胶吸湿剂(SiO_2), 当无有害物排出时, 为了工艺目的采用	同左	用硅胶吸湿剂(SiO_2), 当排湿量固定时, 为了工艺目的采用	用硅胶吸湿剂(SiO_2), 当没有排湿量时, 为了工艺目的采用	
当无有害物排出时, 为了工艺目的采用	当无有害物排出时, 为了工艺目的采用	为了舒适及工艺目的而应用的场合不詳	同左	

調系統實現完全自動化。

在通風及空氣調節設備中，對於溫度、流量、液面、壓力等的自動調節方法，與一般工業上對這些參數所用的調節方法毫無區別，至於空氣含濕量的調節方法，則有其獨特的原理需要加以說明。

下面介紹幾種測量與調節空氣含濕量的方法。

當空調房間內的散濕量不變及採用帶洗滌室的空氣調節室時，廣泛地採用使裝於洗滌室後的干球溫度計的溫度保持在規定的範圍內的方法來保證空氣含濕量為給定值。洗滌室後空氣實際上接近飽和狀態，因而可以足夠精確地認為按干球溫度計測得的空氣溫度等於它的濕球溫度。

這個方法雖簡單但有這樣的缺點，就是空調房間內散濕量的波動，不能為裝於洗滌室後的自動調節器的變送器（感受溫度變化的元件）所感受。使用這種方法時，自動調節器只能使送入空調房間內的空氣含濕量保持在給定的調節區內，而與室內散濕量的波動無關。這會引起空調房間內空氣含濕量實際值與其給定的控制點間存在靜態誤差。

測定與自動調節空調房間內空氣含濕量的第二種方法，是用直接裝在房間內的濕球溫度計來測定空氣的濕球溫度。無論空調房間內散濕量是否固定，這種方法同時也可作為測量與自動調節空氣的含熱量之用。在這種情況下，空調房間內空氣的實際含濕量與控制點間存在的靜態誤差，僅依自動調節器系統的动力特性而定。

大氣，亦即空調房間內的空氣是干空氣（主要由氮、氧、氬和二氧化碳組成）和其中所含過熱或飽和的水蒸汽的混合物。飽和空氣的水蒸汽含量在一定溫度和壓力下是常數，在溫度一定而壓力變化的情況下，1公斤干空氣內所含的以公斤計

的空气湿容量(空气中的水蒸汽量)由下式计算

$$d_{\text{H}} = \frac{R_{\text{B}} h_{\text{H}}}{R_{\text{H}} (h - h_{\text{H}})} \text{ (公斤/公斤·干空气)} \quad (1)$$

式中 d_{H} ——在某已知温度和压力下 1 公斤干空气内的最大水蒸汽量, 公斤;

R_{B} ——空气的气体常数;

$$R_{\text{B}} = \frac{PU}{T} = \frac{10333 \times 0.7733}{273} = 29.27 \text{ (公斤·米/°K)};$$

R_{H} ——水蒸汽的气体常数;

$$R_{\text{H}} = \frac{PU_{\text{H}}}{T} = \frac{10333 \times 1.675}{273} = 47.06 \text{ (公斤·米/°K)};$$

h_{H} ——在该温度下水蒸汽的分压力, 毫米水银柱;

h ——大气压力, 毫米水银柱。

内含 1 公斤干空气的蒸汽空气混合物中所含的热量 (千卡/公斤干空气) 当温度为 $-30 \sim +150^{\circ}\text{C}$ 及压力 $0.5 \sim 800$ 毫米水银柱时, 按下式计算实际上是够精确的。

$$I = c_{\text{B}} t_{\text{B}} + (595 + c_{\text{H}} t_{\text{B}}) d \text{ (千卡/公斤干空气)} \quad (2)$$

式中 I ——蒸汽空气混合物的含热量, 千卡/公斤干空气;

c_{B} ——干空气的比热;

t_{B} ——蒸汽空气混合物的干球温度, $^{\circ}\text{C}$;

595——1 公斤水在 0°C 时的蒸发潜热;

c_{H} ——水蒸汽的比热, 千卡/公斤·度;

d ——内含 1 公斤干空气的蒸汽空气混合物中所含的水蒸汽量, 公斤。

式(2)的第二项表示空气中所含水蒸汽本身的含热量, 此项含热量也可按下式确定:

$$(595 + c_{\text{H}} t_{\text{B}})d = qd + 595d + c_{\text{H}}(t_{\text{B}} - t_{\text{r.p}})d \text{ (千卡)} \quad (3)$$

式中 q ——1 公斤水在該蒸汽空气混合物露点温度时汽化前所含的热量, 千卡/公斤;

$t_{\text{r.p}}$ ——露点温度, 即蒸汽空气混合物中的水蒸汽开始冷凝时的温度, 也就是在相应的水蒸汽压力下的飽和温度。

在式 (3) 右边的第二項表示蒸汽空气混合物中所含水分在汽化成蒸汽时吸收的潜热。

湿球温度計是一普通温度計, 但其感温部分包有紗布套, 靠直接置于容器內的纤维織物的毛細管作用而潤湿, 容器內的水温約与容器周圍的蒸汽空气混合物的温度相等。

这样, 假使将干球和湿球两个温度計放在同一地点, 由于湿球温度計需要补偿其感温部分的汽化潜热, 所以湿球温度計所示温度將較干球温度計所示的温度为低。从湿球温度計感温部分所吸去的热量即为式 (3) 右部的第二項所示之热量。湿球温度計周圍的空气愈干燥, 則干球和湿球温度計間所示的温差愈大。当周圍空气的湿度很大时, 干湿球温度計間的温差將变小, 当空气的湿度达到飽和状态时, 干湿球温度計的温度將相等。蒸汽空气混合物中所含的水蒸汽量, 可根据干湿球温度計的温差以下列經驗公式求出:

$$h_{\text{H.c}} = h_{\text{H.B}} - c(t_{\text{cyx}} - t_{\text{B.T}})h \text{ (毫米水銀柱)} \quad (4)$$

式中 $h_{\text{H.c}}$ ——在干球温度下蒸汽空气混合物中所含水蒸汽的分压力, 毫米水銀柱;

$h_{\text{H.B}}$ ——在湿球温度下水蒸汽的分压力, 毫米水銀柱;

h ——大气压力, 毫米水銀柱;

c ——常数; 当气流速度在 0.5 米/秒以下时为

0.000795; 当气流速度大于1.5米/秒时为
0.000662。

蒸汽空气混合物的相对湿度按下式决定:

$$\varphi = \frac{h_{\pi}}{h_{\text{H}}} \quad (5)$$

式中, h_{π} 和 h_{H} 为过热蒸汽和饱和蒸汽的分压力, 毫米水银柱。

上述对空气含湿量的测定和调节方法的缺点为: 只有当温度在 0°C 以上时才能使用, 同时必须要有保证感湿体上的纱套润湿的特殊装置, 并要保持纱套的绝对清洁。

第三种测定和调节空气相对湿度(在一定的范围内)的方法, 是采用根据含湿量而改变其物理性质的吸湿性材料作为感受体。吸湿材料的含湿量既依其本身性质而定, 亦根据其周围空气的相对湿度和温度而定。有些吸湿材料当周围空气的相对湿度改变时, 其长度或体积会发生变化。因为它具有这种性质, 因此用来作为测定和调节空气相对湿度的感受体。

利用吸湿材料长度变化的湿度计, 使用一定时间以后, 即使感湿体周围空气的相对湿度相同, 也会产生不稳定的伸长度, 这是这种方法的缺点。

第四种测定和调节空气相对湿度方法的原理, 是当感湿体周围空气的相对湿度变化时, 通过电流所产生的温升也随着变化。这种方法存在的问题是在实际使用条件下考验还不够。

因此, 在下述的通风和空气调节的自动控制系统中, 仅讨论采用通过实际考验或经试验后有良好结果的自动控制设备的方案。

在下述系统中建议采用的自动调节器, 可以按动力特性和传送指挥脉冲的介质种类进行分类 (根据苏联科学院自动

学和远动学研究所规定采用的术语)。

按调节器的动力特性可分为下列几种:

(1) 具有静定动力特性的调节器(或称比例调节器), 应用这种调节器可以进行各种形式的比例调节, 即带有硬反馈的调节和随动的或自动校正的调节。这种调节的作用由下列方程式表示

$$\mu = k \Delta \varphi \quad (6)$$

式中 μ ——调节作用, 执行机构行程的百分比;

k ——调节器的传递系数, $\frac{\text{执行机构行程的百分比}}{\text{度}}$;

$\Delta \varphi$ ——实际值与给定值间的偏差($\varphi - \varphi_0$), $^{\circ}\text{C}$ 。

(2) 具有无定位动力特性的调节器(积分调节器), 使用这种调节器可进行积分调节, 这些调节器的作用可用下式表示

$$\mu = \frac{k}{T_{\text{H}}} \int \Delta \varphi dt \quad (7)$$

式中 T_{H} ——积分常数, 秒;

t ——时间, 秒

(3) 具有衡行动力特性的调节器(比例-积分调节器), 使用这种调节器可以进行比例无定位调节, 其调节作用以下式表示

$$\mu = k \left(\Delta \varphi + \frac{1}{T_{\text{H}}} \int \Delta \varphi dt \right) \quad (8)$$

(4) 具有双定位动力特性的调节器(继电式调节器), 这些调节器的方程式为

i) 当 $(\Delta \varphi)'$ 大于0时,

$$\mu = \mu_m \text{Sng}(\Delta \varphi - \varepsilon); \quad (9)$$

ii) 当 $(\Delta \varphi)'$ 小于0时,

$$\mu = \mu_m \text{Sng}(\Delta\varphi + \varepsilon) \quad (10)$$

式中 μ_m ——继电式调节器的调节作用(执行机构行程的百分比);

$\text{Sng} = \text{Sing}$ ——实际值与给定值间之偏差讯号;

2ε ——继电元件的无感特性区 $^{\circ}\text{C}$ 。

按傳送指揮脉冲的介质或能量的种类,所有上述调节器可以分为下列几种:(1)电动或机电式;(2)气动式;(3)电动气动式;(4)液动式;(5)电动液动式;(6)电子式。

下述通风和空气调节的自动控制系统中,不采用液动式或电动液动式调节器。

在对于厂房、公共建筑和住宅的通风和空气调节的自动控制中既采用有测量刻度和记录的调节器,也采用无测量刻度及记录的调节器。在大多数情况下,对于通风和空气调节,根据节约初次投资及使用简便,考虑采用无测量刻度及记录的较廉价的调节器。在某些场合,必须有表示调节过程时间内参数变化的记录时,则采用有测量刻度及记录的调节器。

附录中列有在通风及空气调节系统中所用的图例。关于为防冻而采用的预热及初次加热的問題,应自成一章,本书内不予讨论。

在有些系统中为了调节送入洗澡室的水温,在循环水管和冷水管上各装一只单独的调节閥,如果混合閥有足够的流通能力时,也可用一只混合閥代替二只调节閥。