

空气调节自动控制 (译文集)

建筑工程部建筑科学研究院技术情报所 編

中国工业出版社

空气调节自动控制

(译文集)

建筑工程部建筑科学研究院技术情报所 編

中国工业出版社

本书系根据美、日、苏等国的文献编辑出版，共选译了五篇文章。书中内容主要是介绍采暖通风及空气调节自动控制的基本原理、厂房空气调节的自动控制、自动控制的应用、湿度自动调节器、空气调节用的控制阀门装置等问题。

本书可供采暖通风科学研究人员、设计人员，以及大专学校有关专业师生阅读参考。

空气调节自动控制 (译文集)

建筑工程部建筑科学研究院技术情报所 编

*

建筑工程部图书编辑部编辑(北京西便门大街)

中国工业出版社出版(北京珠市口东大街10号)

北京市书刊出版业营业登记证出字第110号

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $787 \times 1092^{1/32}$ ·印张 $3^{1/2}$ ·字数73,000

1966年6月北京第一版·1966年6月北京第一次印刷

印数0001—4,310·定价(科五)0.42元

*

统一书号: 15165·4578(建工-312)

編 者 的 話

自动調節是保証恒溫恒湿的一个重要环节，国内有关設計、科学研究单位正在研究这方面的問題，为了配合这一工作，我們选譯了美、日、苏等国的五篇文献編輯出版，以供讀者之需。这五篇文献的主要内容包括自动調節基本原理、空气調節的自动控制系統和空气調節系統中应用自动控制裝置等。

在基本原理方面，主要介紹了被調系統的組成部分及其特性、控制設備、自动控制的类型、电动調節线路、气动調節线路、电子調節线路、調節閥門、室内控制系統和室外控制系統等基本原理。

在系統方面，主要介紹了中央风机系統的室外空气風門、預加热器、加热器、冷却和去湿、壓縮机容量、湿度、空气分布等的控制以及典型中央风机系統的控制。

在自动調節裝置方面，主要介紹控制閥門、控制用馬达、溫度自动調節器和自动調節裝置的应用等。

最后，希望讀者对本书中存在的缺点給予批評指正。

建筑工程部建筑科学研究院技术情报所

1966年1月

目 录

編者的話	
采暖通风及空气调节自动控制的基本原理	1
厂房空气调节的自动控制	49
自动控制的应用	70
温度自动调节器	88
空气调节用的控制閥門裝置	93

采暖通风及空气调节自动 控制的基本原理

D. H. 波威尔

被調系統的組成部分及其特性

能够起到自动控制的作用，首先必須是一个存在有被調变量（簡称被調量）的系統。这一变量的控制，通常是由一个自动控制系统控制第二个变量来实现的。这个第二变量称为控制变量（簡称控制量），它使被調量得到必要的改变。

一个被調系統是由和被調量有关的設備組成，但不包括自动控制設備。

被調量就是要量測和控制的、存在于被調介质內的某一个量或某一状态。例如，要控制水溫，則被調状态即为溫度，被調介质就是水。

控制量是自动控制系统为了使被調量产生所需变化而調节的某一个量或某一状态，它是被調煤质的一个特征量。例如，有一个用于房間采暖的水加热器。室內装有一个調溫器（調节器），以量測室內空气（被調介质）的溫度（被調量），并操纵一个閥門以調节經過加热器水（控制煤质）的流量（控制量）。

过程的任何部分都具有容素，它能蓄积或儲存能量；并且还有均衡能量的趨勢或有飞輪效应；有吸收能量变化的能力。

传递滯后是系統中的任一部分对另外某一部分变化的反

应滞后效应。这两个部分的相对容量和这两个部分之间对于能量传递的阻力是影响传递滞后大小的两个因素。

迟滞时间即为时间上的滞后，它可以产生在被调系统的任一部分之内。例如，热交换器出口和某一温度测量元件之间的距离所产生的时间滞后的大小与管内流体在这两点之间的流速成反比。

以上就是影响一个被调装置对自动控制的反应的主要因素三个特性值。

不仅仅是被调装置具有这种时间滞后性，就是控制系统本身也具有这种影响到最终调节作用的时间滞后性。在被调装置的外界，产生时间滞后性的原因有两个：测量元件延迟反应被调量变化的“测量滞后”和调节阀门及其他调节元件延迟反应自动调节器要求需作改变的“调节滞后”。

调节特性影响到自动调节器对整个系统的调节能力。调节特性可以归纳为：

1. 由于容素具有均衡能量的功能或飞轮效应，并且还具有吸收和减慢作用于矫正元件上的变化大的影响，因此，储蓄能力是有利的。

2. 由于传递滞后减慢了控制系统对于矫正元件位置变化后的反应速度，因此，它是不利的。

3. 由于滞后时间阻碍了调节器的调节作用的立即反应，并且在滞后时间未结束之前，延迟了改变被调量的调节作用，因此，对于要得到好的调节效果来说，迟滞时间是有害的。

为了在采暖通风和空气调节装置的设计中也能得到良好的自动控制系统，则必须同时重视这些调节特性并对其进行分析。

控 制 設 备

以下有几个涉及到自动控制的术语而必须予以定义的：
所需值（给定值） 即为自动控制系统保持的被调量之值。

控制点 在稳定状态下，自动调节器所控制的被调量之值。

矫正作用 是由于控制量的改变所引起的、与给定值有“偏差”后而引起并使控制量产生变化的作用。

偏差值 被调量的实测值与所需值之间的差值。

差动值 是用在双位调节器上的一个术语。为了使最后调节元件从两个可能位置中的一个转换到另一个时，被调量必须经过的某一最小范围。

比例带 即比例调节器的调节范围。通过这一调节范围，被调量必须促使最后矫正元件移动整个作用长度。

周期性 即被调量从一个值变到另一个值时的周期性变化。

残余偏差 被调量与相应的给定值和控制点之间的持续偏差量。

矫正元件 为直接促使控制量发生变化的一种机构。

假若控制过程是全自动的，则控制设备必须具有下列六项的基本功能：

1. 测量被调状态或被调参数的变化；
2. 能将这种变化转换成为矫正元件所能利用的某一种形式的力或能；
3. 能将这种力或能由转换点传递给产生矫正作用的矫正点；

4. 能利用这种力或能来调整矫正元件的位置并对被调状态产生矫正变化的作用；

5. 能检测矫正变化是否已经完成；

6. 为了防止过矫正变化，能限定矫正变化的要求。

倘若要实现以上各项功能，则应将必要数量的合适的器件连接在一起。最适合于控制系统的能源，在很大程度上取决于所选择的控制设备的类型。用在自动控制上的最常用的能源为电和压缩空气。

调节器为一种器件，其作用为：（1）感受并测量被调量的变化；（2）利用对被调量的感受和测量所得到的信号来限定用于控制线路中某种形式的能的大小。这种限定的能作用于矫正元件，使被调量产生矫正变化或是防止被调量作进一步变化。

感受及测量功能由调节器中的敏感元件来完成。敏感元件材料及其结构形式要能反应被调量的变化。电动和气动控制系统中所采用的敏感元件的类型完全是一样的。电子控制系统是非常敏感的，它所采用的敏感元件是电动和气动控制系统所不能反应的。

温度敏感元件

温度调节器的敏感元件，通常是双金属式、膜盒式或是膜盒与充满液体或汽体的远距离温包相连接而构成的。

双金属式的温度敏感元件由两层不同金属的薄金属片所组成。由于两种金属具有不同的热膨胀系数，因此，双金属片的弯曲曲率随着温度的变化而变化。双金属片的合成运动的结果，能够用来断开或接通电动控制系统的控制线路，或是调节气动控制系统中的空气流量。

膜盒式的温度敏感元件是将膜盒抽成真空，并且部分地

或是全部地在膜盒內填充某种液体。当溫度变化时，由于填充在膜盒內的液体压力亦随之发生变化，因此，便促使膜盒进行膨胀或收縮而移动調节器的机械。远距离溫包式溫度調节器，是用一个长毛細管将膜盒与一个远处的溫包联在一起。远处的溫包即放置在被調介质內。被調介质的溫度变化促使溫包內的填充液体的压力进行改变。填充液体压力的变化，通过毛細管传递給位于溫度調节器內的膜盒。当膜盒产生膨胀或收縮时，便使溫度調节机构进行动作。

电子式溫度調节器可采用小型敏感元件来迅速反应被調量的变化。虽然这种敏感元件輸出的訊号較弱，但电子电路可将这一微弱訊号放大到需要的强度。

压力敏感元件

压力調节器的敏感元件，可以用膜盒、膜片、浸入油內的倒钟罩或与此相类似的压力敏感元件。处在压力下的工作介质可直接将压力传給調节器，使气动或电动压力調节器內的調节机构进行动作。流速、流量、液位及靜压的控制都是利用压力控制原理的变型控制形式。

湿度敏感元件

湿度調节器的敏感元件，可采用任何一种能够反应湿度变化的吸湿材料。当周围空气內的湿度含量发生变化时，空气中的水汽便被吸收或將水汽散入空气內，而湿度敏感元件也就相应地进行膨胀或收縮，从而操纵調节器內的調节机构。

用在电子控制系统內的湿度敏感元件是由两块熔合在玻璃片上的呈蜂窝形状的鉛片所組成的。涂在两块玻璃片上的吸湿性盐类，使两块鉛片保持电接触。吸湿性盐的电阻随其所吸收的水分量的大小而变化。电阻的微小变化，便促使流

过的电流强度亦产生变化而为电子控制线路所利用。

调节器的机构

自动控制的第二部分，就是将量测的被调量的变化转换为控制系统所能利用的某种形式的能。在敏感元件内量得的被调状态被转换为某一个讯号之后，就作用于调节器的机构上。

在电动调节器中，敏感元件发出来的讯号使电路断开或接通，或是改变电路上的电阻。对于气动调节器来说，调节机构通常是一些阀门系统，利用阀门的开启或关闭，或是用挡板使部分压缩空气放入大气来调节通到最后调节元件的空气压力。

实际上，调节器的机构就是一个放大器，这一点在电子控制元件上特别明显，因为敏感元件的感受与测量功能均是通过电能来实现，并由电子放大器来放大的。在电动及电子控制线路中是通过导线将控制线路中的能传给矫正元件上的执行机构；在气动控制线路中，则是通过铜管或钢管。

执行机构

执行机构是一个伺服马达、继电器或电磁阀。在执行机构内，电能或压缩空气能被转换为旋转的、直线的运动或是开关作用，执行机构操作了各种最后矫正元件之后，使被调量引起变化。调节阀门和调节风阀就是用执行机构控制的调节机构的例子。

电动和气动伺服马达或执行机构的形式有很多种。通常，气动伺服马达的动作均是比例作用。这就是说，根据引入的压缩空气压力的大小，伺服马达可处于包括两个极限位置在内的任何一个位置上。如果要得到双位或“开-关”作用，就必须利用一个替续器来对执行机构供给最大压力或压

力为零的压缩空气。

电子伺服马达有双位的、等速的或比例的。其中有些是单向旋轉，因此，旋轉角度可达 360° ，但另外一些則具有一定的轉动角度，并且旋轉方向是可逆的。这就是說，具有双向的旋轉方向。

自动控制的类型

控制类型中最常用的有双位式、比例式、等速式及比例无差式等。

除等速式及那些具有自动无差的控制类型以外，靜态偏差是所有各种控制类型的一个固有特点。假如在各个時間和各种負荷条件下，靜态偏差都相同，則可以将調节器再作简单的校正后，这种靜态偏差即可消除。但是，当它随負荷情况而变并在了解了工作特性以后，虽然靜态偏差的大小可以預先加以确定，但使用的校正設備常常是較為复杂和昂貴的。

双位調节

在双位調节中，最后調节元件总是处在两个可能位置中的一个位置。双位調节常用于一般的住宅采暖；启动或关闭单独加热器和冷冻机的电动机；控制加湿器內的噴霧以及接通和断开电加热器等。

在双位調节中，用被調量的两个值确定最后調节元件的位置。在这两个位置之間的中間区域（簡称差动值），調节器对最后調节元件不起作用。当被調量达到极大值时，調节器就动作，使最后調节元件处在相应調节器要求的一个位置上直到被調量下降到极小值之前。在被調量下降到极小值以后，最后調节元件于是尽快地移动到另一个位置，直到被調

量重新升到极大值以前。

目前，双位调节已发展成为两种类型。第一种——也就是老的一种，称为简单的双位调节。这种型式在过去或多或少已成为标准的型式了。第二种称为加校正的双位调节。这是后来新出现的一种型式，并且很快的取代了第一种的双位调节而用之于某些室温控制中。

在简单的双位调节中，象在前面所谈到那样，调节器和最后校正元件相互作用而不受任何其他外界（机械的和热的）影响。其结果便是使被控制的设备成周期性的运转或操作；并且，使被调量在两个极限位置之间，周期性地来回变动，这两个极限值是由差动值大小及系统滞后来确定的。由于调节器在被调量还没有变化到差动值的两个极限位置之前不能改变最后校正元件的位置，因此，差动值的两个极限值也就成为被调量最小可能波动值。在简单的双位调节中，调节器跟不上被调状态的变化，因此，它所调节的不是正在进行变化或将要开始变化的被调状态，而是已经过时了的状态。所以，简单的双位调节只适用于整个系统的滞后时间（不仅包括传递滞后，而且也包括敏感元件和调节元件的滞后在内）较小的控制系统。由于这一原因，在舒适采暖系统的调节中，很少找到有应用简单的双位调节系统的，但它可用来控制某些工业上的生产操作过程和空气调节中的辅助处理过程。

在一个简单的双位调节中，没有单一的控制点，而是被调量在两个极限值之间成周期性地来回变动。可以这样设想，把两个极限值之间的中间值看作是控制点，而这个控制点的持续偏差值看作是静态偏差。这样，静态偏差便是整个控制基准朝上或朝下地偏移，平均值也就有所升高或下降；因

此，它就不再是相当于調節器差动值的上限与下限之間的中点位置了。例如，在某一溫度調節系統中，靜态偏差是由于这样的原因而产生的；就是在重負荷的情況下，被調量的平均值必定会有所降低；在輕負荷的情況下，則有所升高。这是由于热量不能根据所需的以較大的速率或較小的速率来供給的緣故。在最大負荷时，一次热源在 100% 時間都加上。因此，被調量不能上升到溫度調節器差动值的上限，否則，一次热源将要被切断。同样，在最小負荷时，被調量不能下降到溫度調節器差动值的下限，否則，一次热源将要被加上。

由于靜态偏差的大小在这种条件下受到差动值的限制，除了在必須采用較大差动值因而靜态偏差較大以外，在簡單的双位調節中，靜态偏差并不是一个很大的問題。

加校正裝置的双位調節

任何空間加热的理想方法就是准确地以实际所需的热量来补偿所損失的热量。很明显，这一点用双位調節是难于办得到的。因为一次热源要不是全打开就是全关，而在某一特定時間內的供热量不是过多就是过少的緣故。

然而，应用加時間校正的双位調節就可以得到近似于理想的供热方法。在这一調節方法中，是根据“加热時間的百分数的热量”来供給的，因此，对于各种实际应用中，控制点的波动现象就被消除了。

例如，应用加時間校正的双位調節的某一住宅采暖系統，在某一負荷状态下，每小时需要补偿热損耗 30000 Btu。如果炉子的总出力为 60000 Btu/小时，这就是說，在每小时内炉子只需运行 30 分钟。而其运行方法可以是开 30 分钟，停 30 分钟；或者是开两个 15 分钟，停两个 15 分钟；或者是开 6

个 5 分钟，停 6 个 5 分钟；或者是按照同一比例关系的任何其他組合形式。

在許多場合下，周期过长是不恰当的，因为这样会引起溫度的过大变化。将总的供热量分成大小合适的部分热量，并将这些部分热量适时地送出去，就可以得到所要求的近似結果了。

在加時間校正的双位調节中，調节器与矫正元件之間的相互作用关系和它們在簡單的双位調节中的关系是一样的。只是調节器反应的是被調量的平均值的逐漸变化，而不是被調量的平均值的周期性波动。逐漸的变化过程不断修正調节器的時間校正作用，使之适合于負荷变动情况。

時間校正作用可以通过机械的方法来得到（如凸輪机构）。这一方法的主要缺点在于它只是在“接通”和“断开”的相对期間能随負荷量的变动而变化，而頻率保持不变。利用热效应的時間校正裝置較為方便和灵活。将一个加热元件与一个溫度敏感元件放在一起并控制輸入加热元件的能量，即可构成一个热時間校正器。只要周圍溫度处于某一极限范围之內时，热時間校正器将冷却到“接通”点，使加热器輸入热能；加热到“断开”点，使加热器热能切断，再冷却到“接通”点，如此循环重复。当周圍溫度下降时，時間校正器加热到“断开”位置所需的時間即增加，而冷却時間則减少。这样，時間校正器便自动的改变“接通”与“断开”時間的比值关系。此外，加热与冷却过程曲线的非线性形式也可用来改变总的周期時間，这样也就改变它的周期頻率。在电子式的加時間校正的双位調节中，可以有效地用一个周圍溫度补偿器使時間校正器周圍的溫度保持不变，并且“接通”和“断开”位置可用远距离溫度敏感元件（如

室內溫度調節器、室外溫度補償器或是其他任何適用的單個的或幾個組合在一起的溫度調節器）重新進行調整。提高時間校正器的操作範圍和降低周圍溫度的作用是等效的，因此，也就增大了“接通”時間的百分比。

不論是採用哪一種方式來應用這一原理，加時間校正的雙位調節與簡單的雙位調節相比具有很大的優越性，這是因為它在很大的程度上減小了由於較大的總滯後時間所產生的被調量的變動範圍的緣故。由於調節器在其感受到被調量的周期性變化之前，不需要等待就發出了調整訊號，因此，調節系統的滯後性對它沒有多大的影響，而熱源及管路分配系統的滯後性，只不過是使供熱過程的波動曲線上的波峰與波谷之間更趨於平滑，從而使其與用比例位置調節的連續供熱系統的控制結果差不多是接近一致的了。

在時間校正的雙位調節中，加給調溫器雙金屬的熱量是影響靜態偏差的一個因素。

當分析用在这种調節的調溫器的周期性以後可以看出，假如在不同的負荷狀態下，讓雙金屬以不同的速率加熱和冷卻，從而確定一定周期時間，則控制點也必須隨着改變。例如，在某一采暖系統中，當室外的空氣溫度下降後，房屋的热量損失量亦隨着增大；因此，爐子的運行時間必須延長，以便用較快的速度來補償失熱量。也就是說，調溫器的雙金屬的加熱速度必須減慢，以便使爐子的運行時間保持得久一些。或者也可以說，雙金屬在周期的折開時間里冷卻速度必須加快，以便使爐子快速投入運行。這兩種情況都要求雙金屬的溫度與空氣溫度之間的差值變得較大。這差值就是所允許的室內溫度的持續偏差值，也就是室內溫度的靜態偏差。

从量的概念来说，在时间校正的双位调节中，静态偏差就等于所加入的总热量与原差动值之差（所加入的总热量等于双金属的最高温度与其周围空气温度之差。原差动值就是温度调节器的整定差动值）。

当原差动值较小，譬如说 $1\frac{1}{2}^{\circ}\text{F}$ ，而直接加入敏感元件的热量较小时，则静态偏差和温度波动均可减小到略去不计的程度。

比例调节

在比例调节中，最后调节元件移动到某一新的位置是与被调量之值和所需值间的偏差成正比的。在调节器的比例带内，对于每个被调量之值，最后调节元件仅仅只有一个位置与之相对应。这样，最后调节元件所处的位置乃是被调量之值的一个连续线性函数。

因为对于每个被调量之值，最后调节元件只有一个对应的位置，假设所需值位于比例带的中点，则最后调节元件处于不在调节范围中点的任一其他位置上时就会有一个持续偏差出现。这样，静态偏差便成为比例调节中的一个主要问题了。

例如，某一采暖房间的热水加热器采用比例调节，在理想的负荷条件下，温度调节器处于它的比例带的中点，此时，加热器上的调节阀门呈半开启状而无静态偏差出现。以后，当室外温度下降时，加热器的负荷便增大，须稳定地供给更多的热量来补偿采暖房间在较大失热率的情况下的失热量。为了供给所需的热量，加热器上的调节阀门就须进一步开大一些；在增大了的负荷条件下，调节阀门便一直保持在这个开大些的位置上。这样作了以后，由于调节元件所处的位置与偏差量的大小成正比，因此，室内温度必定与所需值会