

电动单元组合 控制仪表及其工业应用

上海市仪表电讯工业局技术情报所
第一机械工业部热工仪表研究所 編譯
上海市科学技术編譯館

上海科学技术出版社

73.86
115
C.2

电动单元組合控制仪表 及其工业应用

上海市仪表电讯工业局技术情报所
第一机械工业部热工仪表研究所 編譯
上海市科学技术編譯館

34634/30

上海科学技术出版社

内 容 提 要

本專輯選譯了最近國外期刊上有关电动、电—气单元組合仪表的文章 23 篇。介紹了当前各国电—气单元組合仪表的发展概況、仪表的結構，特别是单元組合仪表的重要組成部分——調節器的构造，以及电—气单元組合仪表用于冶金、化工、水泥、玻璃、发电站等工业生产过程的自动控制。本專輯可供有关生产过程自动控制方面的专业工作者、工程师、技术人员及科学研究人員在設計、生产电动、电—气单元組合仪表时作参考。

电动单元組合控制仪表 及其工业应用

上海市仪表电訊工业局技术情报所
第一机械工业部热工仪表研究所 編譯
上海市科学技术編譯館

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

新华书店上海发行所发行 各地新华书店經售

商务印书館上海印刷厂印刷

开本 850×1168 1/32 印張 8 22/32 插頁 1 字數 229,000

1961年12月第1版 1961年12月第1次印刷

印 1-1,000

統一書号: 15119.43

定 价 (十二) 1.25 元

前 言

随着工业生产自动化水平的提高,热工参数测量、指示、调节等方面的仪表发展特别迅速。根据仪表的能源,生产过程控制仪表分为气动、液动和电动。前两者已有数十年的历史,而从1950年英国在一个炼油厂采用电子调节器控制后,十年来工业生产用电动调节仪表有了很大的发展。电动调节仪表和气动仪表相比有下列优点:

(一)电动仪表灵敏度高、反应迅速、信号传送容易,并且传送距离没有限制;

(二)在高度自动化的生产单位中,电动仪表同其他自动化工具如计算装置、数据处理等连接起来比较方便;

(三)中小型生产单位使用电动仪表,安装比较经济,维护也简便,不需要压缩空气那套相当庞大的附属设备,如空气压缩机、空气净化器等。仪表亦不需要一套特殊的防震和防冻的附属装置;

(四)由于材料和工艺的改进,电动仪表中的一个重要元件——电容器——的质量大大的提高。过去认为电子调节器的时间常数不够大的问题,现在已可以解决;

(五)在容易发生爆炸危险的工业中(如石油、化工等工业),电动仪表的结构设计可以采取防爆式。

现代工业控制仪表的任务是繁多和复杂的。随着生产的扩大和发展以及自动化水平的不断提高,必须考虑到仪表能迅速变动适应经常变化的需要。因此,仪表的设计采用单元组合方式是非常有利的。它的特点是以品种数量较小的通用单元,根据不同需要可以任意组合成各种简单或复杂的调节系统。这样不仅在仪表的使用上很方便,并且大大地简化了仪表本身的生产、维护、库存备品备件。

单元组合仪表大致可分成三个部分：（一）包括热工参数测量敏感元件在内的变送器单元；（二）调节器单元（亦可分成更小的单元）；（三）执行机构部分。

（一）变送器 无论测量那一种参数，由变送器以统一的讯号输送到调节器去。例如苏联的 ΘAYC 仪表的变送器，无论在测量压力或机械位移，都以 $0.5 \sim 5.0$ 毫安直流讯号代表这个变送器的量程输送到调节器去。美国的 Honeywell 是用 $4 \sim 20$ 毫安直流作为讯号。西德的 Askania 是以 $0 \sim 120$ 毫安直流作输出。还有一些变送器是用直流电压讯号，例如荷兰的 Electrofact 用 $0 \sim 25$ 伏，法国的 Bailey 用 $1 \sim 11$ 伏。更有一些变送器是用交流电压作为讯号输出，例如美国的 Swartwout 用 $0 \sim 0.5$ 伏，Taylor 用 $0 \sim 200$ 毫伏，法国的 Arca 用 $0 \sim 6$ 伏等等。可见变送器内不但有放大器等把测到的参数变成统一的讯号输出，并且还带有计算装置作必要的计算。例如流量变送器的差压输入经开方运算后可作为流量讯号；气体的流量通过乘、除、开方运算对工作温度和压力实现自动补偿。

（二）调节器 调节器把从变送器取得讯号和给定值比较后的偏差按照预定的调节规律进行调制，然后送到执行机构去。调节器部分的设计是多种多样的。有的在一个单元里比例、再调和预调三项动作同时存在，如苏联的 ΘAYC 、美国的产品、英国的 Evershed、西德的 AEG 等等；有的比例单元和时间单元分开，需要时才连起来，如法国的 Bailey、西德的 Hartmann & Braun 等等；有的在一个单元里同时还把参数和阀门位置都指示出来，并且还可记录，如苏联和美国的产品；有的产品可直接用市售的标准指示表和记录器，如西德的 Hartmann & Braun 等。调节器输入执行机构的讯号一般都用直流电流联系。亦有在调节器加以放大成一定功率的交流电压后，直接操纵执行机构上的电动机，如西德的 Askania、荷兰的 Electrofact 等。还有电动和气动复合式的调节器，往往用电放大来获得调节器的比例动作，而另外再加上气动的伺服机构反馈以产生再调和预调动作，输出的标准气动讯号（ $0.2 \sim 1.0$ 公

斤/平方厘米)可以直接推动气动閥門。法国的 Arca 和西德的 AEG 都以气动訊号輸出。調節器里再調和預調動作還有用其他方法產生的，例如西德的 Askania 和 Schoppe & Faeser 都用小电机，Siemens Halske 用电热元件等。Siemens 还用不連續的訊号作为調節器輸出。这是一种用磁放大器和继电器产生的启閉動作，比例和再調動作是以脉冲時間和調頻反饋來獲得的。优点是穩定時間較快和不受噪音影响。

(三) 执行机构 执行机构根据来自調節器的訊号推动閥門或其他調節机构。执行机构根据不同要求有气动、电动和液动三种。它的輸出力矩大到 400 公斤·米 (Askania) 和 40,000 磅·吋 (Evershed)，有的带有功率放大器 (Hartmann & Braun)。調節器里电的訊号需要经过电-气或电-液轉換。

从上面的說明可看到电动单元組合仪表要真正能發揮潛力，有必要进一步的統一。这在社会主义国家是完全有可能，并且已有組織机构專門研究。下表列出 1960 年前各国統一前的訊号和負荷数值。

国 别	訊 号	負 荷 电 阻
苏	0.5~5 直流毫安	4.8 千欧
德	0~20 直流毫安	1.2 千欧
匈	0~20 直流毫安	1.2 千欧
波	4~20 直流毫安	2.0 千欧
罗	2~10 直流毫安	2.4 千欧
捷	未定	—
中	0~10 直流毫安	5.0 千欧

从上表及本專輯的其他报导里可以看出絕大多数产品采取直流电流作为訊号。不同的是訊号数值和零点开始的数值。最近社会主义各国正在認真考虑訊号为 0~20 毫安的方案。

为了增加仪表的可靠性和延长使用寿命，須經常不断地改进現有产品，例如許多厂把磁放大器和半导体元件代替电子管；使用半导体元件和印刷电路还可縮小仪表的体积，因而減小了仪表盘

的面积,这在工业上大量采用仪表时是一个很重要的問題。

目前調節器的設計有二种不同的方式:一种是多作用的調節器,在一个箱壳内比例、再調和預調三項动作都能解决,有的并且还带着多針的指示器,如英国的 Evershed,以及带指示器和紀錄器的(美国产品);另一种設計是各个单元仅产生一个作用,例如需要一个比例带再調和預調的調節器,按 Askania 的設計需要将三个以上独立的单元联起来, Hartmann & Braun 的設計就要五个单元。目前設計者虽提出单作用的单元应用比較灵活,三个五个串起来究竟是不經濟的。但当前的趋势是把三項动作的調節器放在一个 144×144 毫米或更小的箱壳里,笨重的鑄件箱壳将要淘汰。电阻电容构成的积分微分回路将代替过时的电机或电热元件来产生再調和預調动作。

至于执行机构,由于气动执行机构具有結構比較簡單、慣性較小、使用維護便利等优点,看来在电动控制系統中通过电气复合或电气轉換后,广泛采用气动执行机构仍是一个良好的方案。

目 录

前言	1
德意志民主共和国电气调节技术——现状与展望	1
欧洲工业生产过程的电子调节现状	30
电子调节系统评论	54
对统一测量和调节系统的要求	58
生产过程控制技术中的测量、调节与中央数据处理	66
日本生产的电子式调节器	80
Teleperm-Telepneu 系统的三年	98
Teleperm 系统中的电子通用调节器	103
Teleperm 量值转换器	113
三点放大器用作连续调节器	120
带有晶体管放大器的 Z 型 Teleperm 调节器(指针式调节器)	131
磁反向放大器用作不接触式三点开关	142
Ipsopneu 电-气调节器	148
192×288 型补偿式记录仪	157
电子式调节器的比例、积分、微分(PID)运算电路	165
用 Teleperm 仪表监视及调节高炉	188
冶金工厂中的混合量调节	195
石油化工设备的自动化	218
在化学工业中应用的调节回路	227
水泥工业中的自动控制	236
玻璃工业中的自动化	243
电子操纵的发电站仪表设备及控制系统	248

德意志民主共和国电气调节技术——现状与展望^①

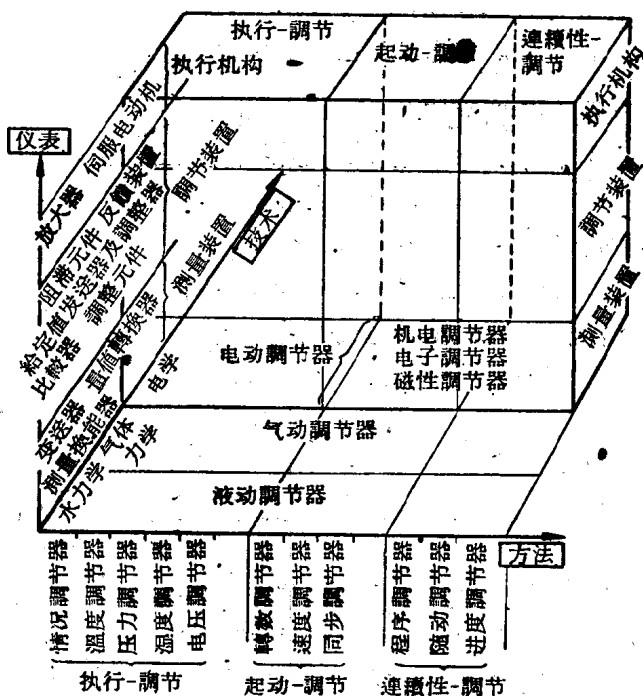
总工程师 B. 瓦克纳著

(国营仪表制造科学技术处的报告, 柏林 Q112 调节技术研究所)

一、引言

调节技术的整个领域, 可以用一个立体图形表示, 其三个轴代表三个方面(图 1):

〔技术〕 电学、气体力学、水力学、机械学;



①本文著于 1958 年 11 月, 故 1959 年莱比锡春季博览会上的见闻未能述及。

〔仪表〕 变送器、計算器、調节器、反饋装置、放大器、伺服电动机、执行机构；

〔方法〕 起動調节、随動調节、执行調节、特殊的鍋爐調节、溫度調节、电压調节等等。

对生产企业单位来說，最好是这三方面均有完备的产品系列，使他們可以自由选择一种对他們最有利的解决方法（在这方面，各个因素如购置費、业务費用、操作情况、保养难易、运轉安全性、使用寿命、劳动力的节约等等均視各別情况而具有不同重要性，因而起着相应的决定作用）。这种完备的系列，就国民經济来看，是否真正合适，是有疑問的。因为一种較小的产品系列必然会使各种調节仪表的生产只数較多，从而有利于制造，售价亦可較低。可是，必須估計到，調节仪表，与一般工业产品一样还服从其他經济規律。如果一台一万馬克的調节器每年能节约十萬馬克，而一台五萬馬克的調节器，却能节约二十萬馬克，則可見单从一台調节器的造价来看，很难說明問題。

重要的却是这样一个要求（在某种程度上說，是最低限度）：一切基本的和目前遇到的調节問題，必須能用現有的仪表来解决，因此需要首先闡明各种設計問題。

因为本文专事討論电气調节技术，所以上述三方面中已少了一个方面，因而可以只从事电气性质的“仪表”与“方法”的研究，也不再細分为电磁的、电子的及磁感器的調节器了。

二、仪 表

我們依据奥潑尔脫氏的仪表分类，将仪表分成測量装置、調节装置及执行机构。

1. 測量装置 在一台电气調节器上要获得电气量如电压、电流、功率、功率因数等等，大多很简单，只要把这些物理量直接作为輸入量，导入調节器并加以处理就行。这里只要定向或不定向的把直流电压变换为交流电压，或相反变换。这些接法虽然久已知道，可是还缺少相敏的整流器及变流器的标准仪表。原因是不同

的电压电平或电流电平妨碍了标准比。

非电量变换为电量,要求較多量值轉換器。在用双点調节法調节温度时,应用触点式溫度計。这种溫度計有很多类型可供采用。或者,在較多的需要下,采用“双金属接触点”。要求較高时,

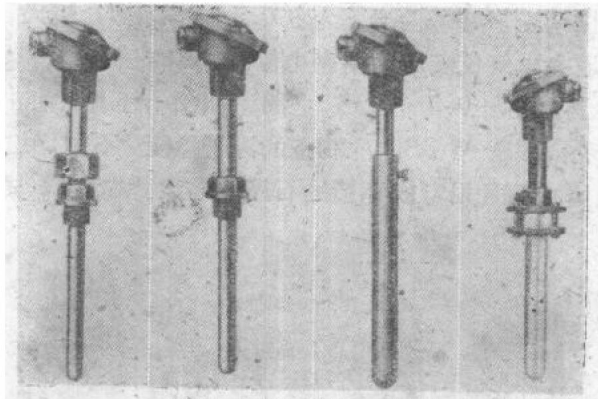


图2 电阻溫度計和热电耦

(馬德堡国营 MAW 卡尔·馬克斯厂制)

則考虑应用电阻溫度計和热电耦(图2、图3)。同时还有各附件,如恒温器、測点轉換开关等等。在热电耦方面,缺少一种趋势性元件(Tendenz-Elementen),这种现象应迅速平衡。就是高溫計,特别是附有电气輸出的部分輻射式高溫計,也还不够滿意。

大多数物理量均可通过輔助量使位移简单地轉換成一个电量。获得一个位移(直綫的或圓形的),有种种可能性,首先有:自整角器、电阻变送器、差圈变压器、碳柱調节器。50 赫自整角器有較多規格(哥本尼克无綫电厂),500 赫自整角器不久也有供应。关于

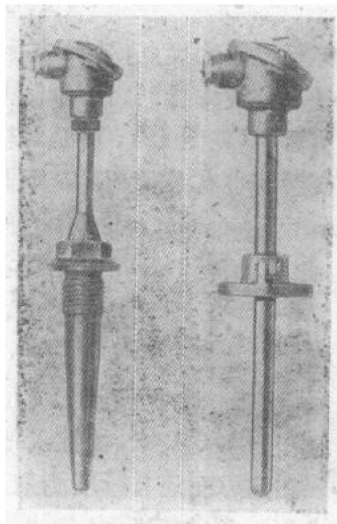


图3 电阻溫度計和热电耦

(馬德堡国营 MAW 卡尔·馬克斯厂制)

电阻变送器，首先应提一提国营蔡司厂制的精密电位计，只要特别小的转矩，并各按级别具有 $\pm 0.1 \sim \pm 0.3\%$ 的线性误差。它们制成三个规格，其阻值在 100 和 10000 欧姆之间。可惜还缺少函数电位计。MAW 厂的遥传式电阻变送器供装在测量仪表内，或装在执行机构上，其线性误差为 $\pm 0.5\%$ 。如转矩较大，则可用国营高士道夫电气仪表厂的精密电位计，具有三种规格（2、4 及 8 瓦），线性误差在 $\pm 0.5 \sim \pm 2\%$ 之间。此外，还有从前由西门子厂制造而现由国营 WTBG 厂制造的环管电阻，不过，现在是高阻的（2 千欧姆），而且用弯成环形的石墨棒来代替白金丝（图 4）。这

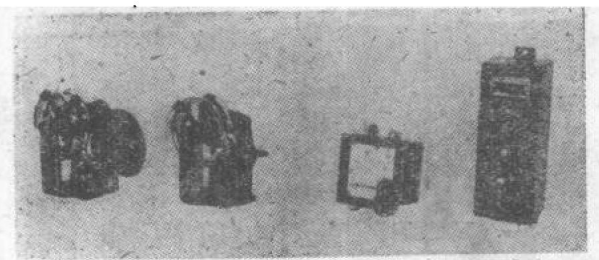


图 4 附有座架，指示器和平衡电阻的环管电阻
(国营 WTBG 厂，柏林)

种环管电阻的优点，在于其耐磨的及不受大气影响的接触点。碳柱是一种效率特别高的量值转换器，国营法茹厂将它应用在碳柱调节器中（见图 12），可是对线性及无滞后性不能要求太高。感应变送器也有各种制品，如国营哥本尼克无线电厂的“三指铁”（Dreifingereisen）（还未作为构件生产）。还有上述厂制造的自整角器；此外，国营 GRW 厂有四种规格的小位移高灵敏度的感应变送器；另一种为少量需要而制的角度变送器也是由 GRW 厂制造的；还有硅酸盐工业热工研究所（WTI）所制一种灵敏的角度变送器；最后，还有一种国营英屈龙厂制的很坚固的感应变送器（图 5），其位移为 ± 3 毫米，线性误差为 $\pm 1\%$ 。

在这方面还有厚度测量。通过同位素技术的应用，厚度测量已走向一个崭新的方向。例如德莱斯登国营真空电子厂出品的厚度测量器（图 6），这种仪表目前尚在发展与试制阶段，不久即将投

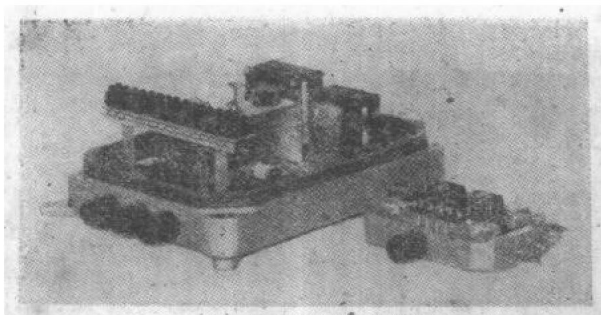


图5 感应式位置变送器
(国营英属龙厂,附有电源部分)

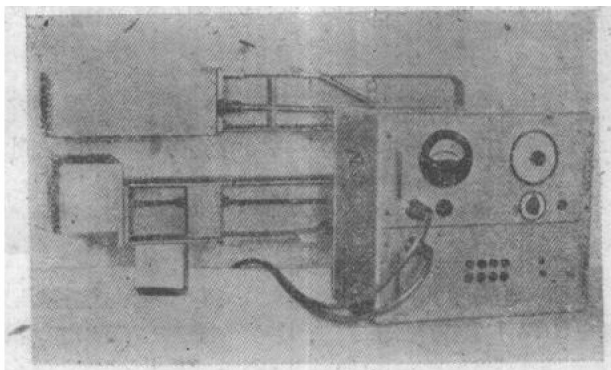


图6 附有同位素的厚度测量器
(国营真空电子厂,德莱士登)

入生产。

作为电-气调节器的中间元件,有国营 GRW 厂制的电流天平(图7),该种天平能先把热电偶和光学高温计的电气测值转换成空气压力,以便加到气动调节器的薄膜系统上去。

用于电气锅炉调节及其他生产过程调节任务方面的有 WTBG 厂生产的一种活塞式压力计,这是用旋转活塞来进行工作的,其测定范围可以通过加重的方法大大地予以抑低(约为最后值的 90%)。活塞式压力计不仅造成线性的,而且也能造成方根性的,并能同时指示或记录,其工作压力为 6~160 公斤力/平方厘米(图8)。输出的量是一个与压力成正比的阻值,该阻值是在一只前述的环管电阻上读出的。附有方根装置的制品可作为流量测量中

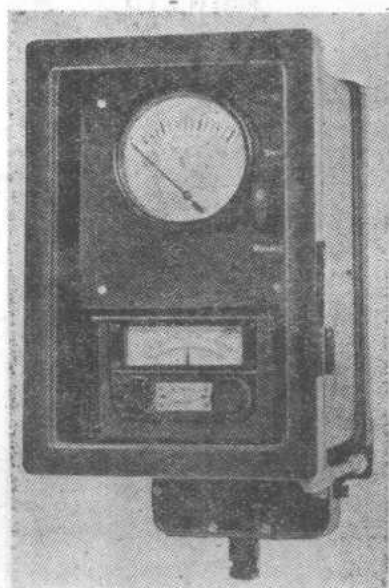


图7 电流天平
(国营 GRW 厂, 退而托夫)

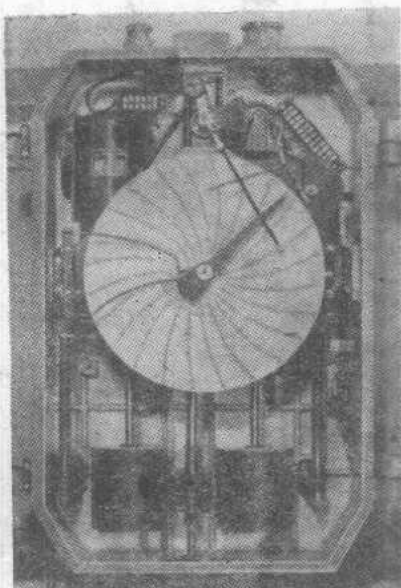


图8 记录式活塞压力计
(国营 WTBG 厂, 柏林)

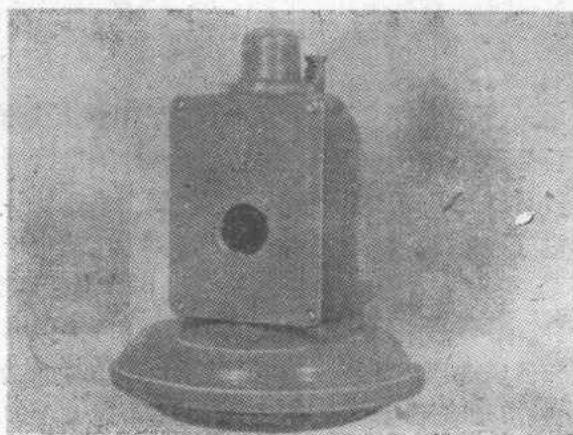


图9 真空变送器
(国营 WTBG 厂, 柏林)

的負載變送器。一種附有 2 個測量活塞的特製品可作為主要訊號變送器，供小範圍鍋爐調節之用。為進行真空的測定，有 WTBG 廠制的真空變送器，它或用一只橡膠囊（圖 9），或用一只潛水鐘來進行工作，後者起動靈敏度較大（0.1 毫米水柱對 0.3 毫米水柱）。

對於水位調節，確還存在空白點；雖然馬德堡城的 MAW 廠有一種水位指示器供應，能裝用上述的遙傳式電阻變送器或極限觸點，以便裝成一套調節設備。WTBG 廠正在準備生產一種用於鍋爐調節，附有環管電阻的產品，同時也準備生產一種有觸點的較簡單的製品。作為料位檢測，國營英屈龍廠已設計了一種電容變送器，不久將投入生產，而德萊斯登的國營 Vacutronik 廠則應用了同位素技術。這種儀表還未投入生產。對簡單的散裝貨，不妨提一提 WTBG 廠的容器示位器，它利用旋轉的翼輪是純機械性的。

最後，還有轉數測定這一重要方面。首先提一下轉速發電機。這裡有國營哈爾塔電機廠供應的直流電機以及國營哈台諾電機廠的三種規格。其中，哈爾塔廠的產品是用永久磁場。但諧波性常常還太大。交流轉速發電機已發展成轉杯式（哥本尼克無線電廠）和蘇爾電動機廠的磁滯式兩種。此外，還有一種哈爾塔廠制的有永磁轉子的產品。現在還缺乏一種線性範圍較廣的、轉矩較小的小型製品，象西門子廠稱為積分電動機所具有的那樣，同時也缺乏一種要求極高的三相中頻轉速發電機。

這些測量裝置供給的功率，亦即調節器的輸入功率變化顯然很劇烈。在用熱電耦的靈敏度很高的溫度調節方面，例如，只能考慮一個 10^{-12} 瓦輸入功率（而放大器就須在這樣微弱的功率之下工作）；可是在幾千瓦起動功率的轉速調節方面，卻能裝入一只 100 瓦轉速機。因此以 10 瓦負荷和 1% 誤差為基礎，調節器的輸入功率有 0.1 瓦。此外，由於電流的種類和電源內阻等等，這些輸入值也各有差異。測量元件的時間比例畢竟也還起着一定作用；很明顯，在快速調節過程，例如電子式電壓調節過程方面，應採用迅速作用的測量元件（以毫秒計），而對於蒸汽發生器的溫度調節來說，測量元件的固有時間即使要 1 秒，也並沒有多大關係。

2. 調節裝置 如果變送器及轉換器(測量機構)一般還能按仪表性質互相分開,並能與其相連的調節設備元件分開,那么在調節裝置方面,這種界限就完全消失。屬於調節裝置的有給定值變送器及調整器、比較裝置、時間比的調整裝置,特別是延遲裝置及反饋裝置。放大器應計入調節裝置或執行機構依各別情況而不同。調節裝置的構件常常也連有一只放大器。因此,這類仪表,除了功率放大器作為單獨仪表外,將與調節器一起研討。

(1) 兩點調節器:許多情況下,用兩點調節法效果優良成本又低,尤其是調節對象的時間常數比調節器操縱頻率大時。

除有觸點的(例如觸點式水銀溫度計)、繼電器的及類似器件的測量裝置外,首先要提的是“落弓式調節器”,其中有馬德堡國營MAW廠制的新設計產品(圖10),它的起動功率約為 10^{-10} 瓦,配置有6個觸點,在交流220伏時,各能負載15安。為改善時間比例,還供應一種熱反饋裝置。奎林堡測量仪表廠已制成一種新型的“軋爾娃”的落弓式調節器。

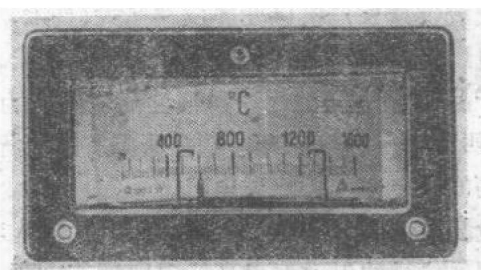


圖10 雙點調節器

(國營MAW卡爾·馬克斯廠,馬德堡)

硅酸鹽工業熱工研究所的小型調節器乃是一種走向連續式調節器的過渡產物。這是一種張絲式的動圈仪表。這種仪表,由於特地裝置了檢測裝置,故能算作連續作用的調節器(圖11)。滿刻度偏轉的功率,按不同型號為 $6 \sim 14 \cdot 10^{-11}$ 瓦,操縱功率為220伏 $\times$ 0.5安。這種調節器與熱電耦一起用於溫度調節和用於pH值的調節。

另一種廣泛流行的零點調節器,即梯利爾式調節器,在德意志民主共和國已不再製造,它主要應用在發電機的電壓調節領域中,

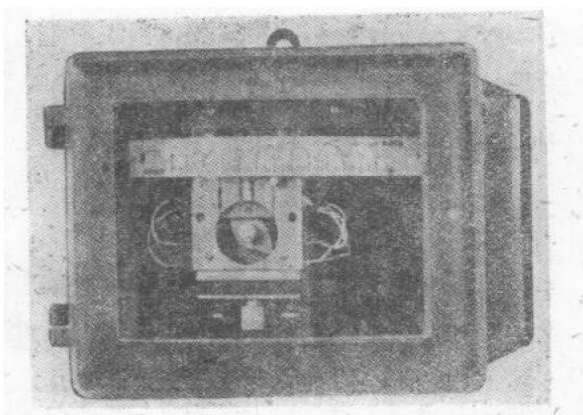


图 11 硅酸盐工业热工研究所制的小型调节器

但已被其他較佳的调节器所取代。

(2) 連續式调节器：一种很简单、坚固而价廉物美的仪表就是国营法茄厂制造的碳柱调节器。它的应用很广，特别是用来作电压的调节(图 12)。用这种仪表，能直接对高达 3 千瓦的运转功率进行调节。在调节发电机时，还能调节更大的功率(至数百千瓦)。

“翻滾式调节器”(Wälzregler)是另一种电气-机械式调节器，现已不存在制造它的需要。比較简单而价廉的调节器就是用继电器装置，可是还无完备的成品。在本文第二部分中将加以詳述。

电子调节器中，首先要阐述的是国营英屈龙厂的插屨式调节器，該仪器包括一只具有补充的反饋装置及电流限制器的二級直流电压放大器(图 13)，它主要用作起动调

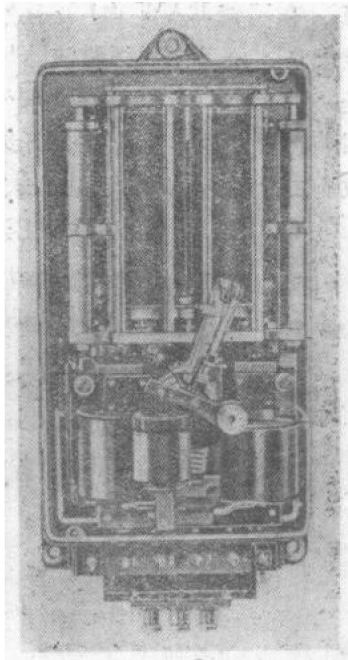


图 12 碳柱调节器
(国营車輛配件厂，柏林)