

气动单元组合仪表 调节单元的调校和维修

广东仪表厂 朱兴汉 編

科学出版社

内 容 简 介

本书仅介绍气动单元组合仪表中调节单元(膜片式调节器)的调校和维修,着重对比例积分调节器作了系统的叙述,内容从实际出发,说明力求通俗易懂,可供制造厂和使用厂的操作工人参考。

气动单元组合仪表 调节单元的调校和维修

科学出版社出版
北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1972年4月第一版 1972年4月第一次印刷

定 价: 0.35 元

毛主席语录

领导我们事业的核心力量是中国共产党。

指导我们思想的理论基础是马克思列宁主义。

3/1527/119

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

打破洋框框，走自己工业发展道路。

前 言

为了适应我国国民经济的发展对单元组合成套自动化仪表的需要,我国工人阶级和技术人员发扬**自力更生、奋发图强**的精神,试制成功了气动单元组合(简称 QDZ)仪表。QDZ 仪表由于本身结构简单,精度、灵敏度高,寿命长,具有防火、防爆等性能,而且零部件通用性大,容易制造,维修方便,工作安全、可靠等优点,因此,广泛地应用在我国石油、化工、动力、冶金、电力等部门。

随着 QDZ 仪表的广泛应用,不少使用单位希望能解决有关调试和维修方面的问题,编者结合同志们和自己几年来在工作中摸索出来的点滴体会总结成这本书。编写时,以解决实际问题为原则,经过“**从群众中来,到群众中去**”的多次反复实践,反复修改,不断充实提高。编写后,经过上海热工仪表研究所气动室的同志审阅,最后是在广东仪表厂革委会的重视和大力支持下,组织了三结合小组进行审阅作为最后定稿。这本书实际上是广大工人群众和革命知识分子群策群力共同努力的结果。

本书仅介绍调节单元(膜片式调节器)的调校和维修,着重对比例积分调节器作了系统的叙述,内容从实际出发,说明力求通俗,可供制造厂和使用厂的操作工人参考。

由于编者学习得不够,对一些规律性的东西认识还不深刻,肯定会有不少缺点和错误。因此,诚恳地希望广大读者提出宝贵意见。

30644

編 者

目 录

前 言

第一章 调节单元的主要元件和主要设备	(1)
第一节 弹簧	(1)
第二节 膜片	(5)
第三节 恒节流孔	(14)
第四节 针形阀	(15)
第五节 设备	(17)
第二章 比例积分调节器的基本原理	(25)
第一节 用途	(25)
第二节 结构说明	(26)
第三节 动作原理	(30)
第四节 技术特性	(31)
第三章 比例积分调节器的装配	(33)
第一节 主要零部件装配要求	(33)
第二节 主要部件的装配顺序	(35)
第三节 总装配的顺序	(41)
第四节 装配注意事项	(44)
第四章 比例积分调节器的调整和校验	(45)
第一节 放大部分的调试	(45)
第二节 比例部分的调试	(62)
第三节 积分部分的调试	(102)
第四节 开关部分的调试	(109)
第五节 调节器的总调试	(110)

• i •

第五章 比例积分调节器的维修	(121)
第一节 一般故障的排除	(121)
第二节 调校过程常碰到的一些问题	(124)
第三节 安装、使用和维护	(134)
第六章 比例调节器的调整和校验	(140)
第一节 基本原理	(140)
第二节 结构分析	(146)
第三节 调整和校验	(153)
第四节 使用	(159)
第七章 微分器的调整和校验	(161)
第一节 基本原理	(161)
第二节 调整和校验	(168)
第三节 维修	(175)
第八章 比例积分微分调节器的调整和校验	(180)
第一节 基本原理	(180)
第二节 调整和校验	(184)
第三节 维修	(190)
参考资料	(192)

第 一 章

调节单元的主要元件和主要设备

调节单元主要是由喷嘴挡板机构、气阻(指恒节流孔和针形阀)、气容、弹簧和膜片等元件组成,为了叙述方便,现将主要元件和主要设备加以介绍。

第一节 弹 簧

弹簧是调节单元的重要元件之一,它的质量好坏会直接影响到仪表的性能。弹簧不但在调节单元中应用到,就是气动单元组合仪表的各个单元中也广泛地应用它。

弹簧的种类较多,归纳起来大约有压力弹簧、拉力弹簧和扭力弹簧,而应用到调节单元中的弹簧只有压力弹簧,即压缩弹簧和锥形弹簧。

在修理调节单元过程中,可能因弹簧的遗失或损坏,而在市场上又没有出售的情况下,因此需要自行绕制。在自制弹簧过程中,修理者总是希望用最简单的弹簧夹具又快又好地制造出数量不多的各种弹簧,所以使用单位用简单的手动弹簧夹具来制造单件压力弹簧是非常适合的。

自制弹簧最好采用下面三种形式的简单生产工具。

(1) 用手工弹簧旋绕夹具(图 1-1)可以自行制出数量不多而种类很多的压力弹簧。每种类型的压力弹簧只要备用一根芯轴就能制造出质量好的弹簧。此种夹具也能制造出种类

不同的锥形弹簧，制造时只须换上锥形卷绕芯轴就能进行卷绕。

(2) 锥形弹簧手工卷绕器(图 1-2)，它是专用来制造锥形弹簧。制造时，每种尺寸不同的锥形弹簧都需配备一根锥形芯轴。

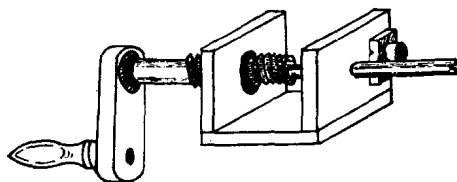


图 1-1

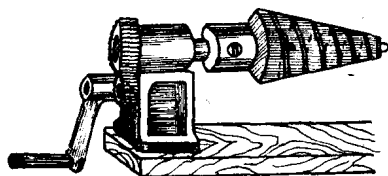


图 1-2

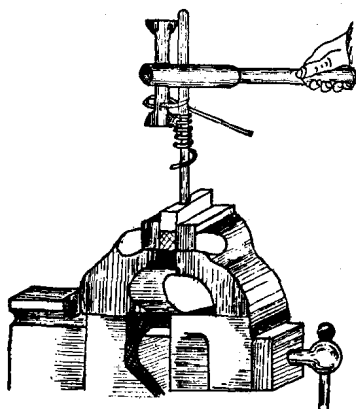
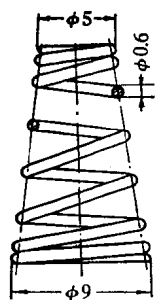


图 1-3

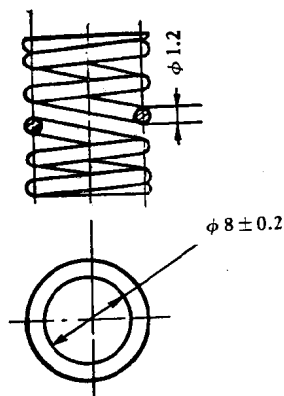
(3) 夹在老虎钳上的弹簧卷绕器(图 1-3)，它能迅速地制造出质量良好的少量弹簧。

上面所谈的三种方法都是用有芯卷绕方法来制造压力弹簧的。在进行卷绕前，卷绕者必须考虑到芯轴直径的尺寸修正，因为钢丝在芯轴上卷绕，当卷绕力消除后，由于弹簧钢丝本身有扩张力，所以卷绕后的弹簧内径总是比芯轴直径增大了，而螺距和

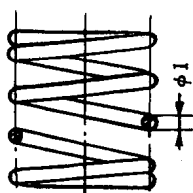
弹簧长度也增大了。因此弹簧在制造前必须考虑到芯轴直径尺寸(指冷绕钢丝材料)。影响卷绕后弹簧内径随着增大的因



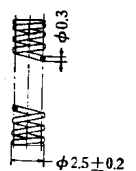
(a) 锥形弹簧



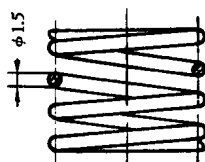
(b) 压差弹簧



(c) 平衡弹簧

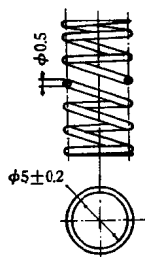


(d) 针阀弹簧



(e) 压差弹簧

(比例调节器和比例积分调节器的结构中所用)



(f) 圆柱弹簧

图 1-4 调节器中应用的弹簧

素是很多的，修理者可参阅有关弹簧制造书籍。芯轴尺寸是经过多次试验才能得出需要采用的实际尺寸。调节单元所采用的弹簧共有六种（图 1-4），这里指的是本书所介绍的调节单元中所应用到的弹簧。制造这六种弹簧的芯轴直径可参考表 1-1 的经验尺寸。

表 1-1

名 称	锥形弹簧	压差弹簧	平衡弹簧	针阀弹簧	圆柱弹簧	压差弹簧
材 料	高强度弹簧钢丝	高强度弹簧钢丝	高强度弹簧钢丝	高强度弹簧钢丝	高强度弹簧钢丝	高强度弹簧钢丝
钢丝直径	$\phi 0.6$	$\phi 1.2$	$\phi 1$	$\phi 0.3$	$\phi 0.5$	$\phi 1.5$
弹簧内径	$\phi 4.4 \sim \phi 8.4$	$\phi 8 \pm 0.2$	$\phi 12 \pm 0.2$	$\phi 2.2 \pm 0.2$	$\phi 5 \pm 0.2$	$\phi 14.5 \pm 0.2$
芯轴直径	$\phi 3.2 \sim \phi 6$	$\phi 7 \pm 0.3$	$\phi 10 \pm 0.1$	$\phi 1.8$	$\phi 3.9$	$\phi 12$

用有芯卷绕后的弹簧，制造者可以用凿子按需要的长度截断。截断后弹簧的末端都要拼卷和磨平。磨平后的弹簧还要进行校正和修整工作，其目的是修整卷绕一系列过程中的

弹簧端面和弹簧轴心线以及螺距和自由长度等等的偏差。修整用手工进行，被修整的弹簧可应用图 1-5 的垂直规上进行校正弹簧垂直度的偏差。如果发现有了偏差，可用篇头钳和凿子进行修整。

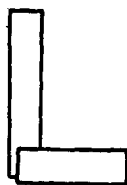


图 1-5 垂直规

修整完毕后的弹簧必须进行热处理。热处理工作是决定弹簧质量好坏的

关键，所以热处理工作相当重要。热处理工作一般要经过两个程序：一是淬火；二是回火。对于高强度弹簧钢丝材料只经过回火程序就可以，对于铬钒钢丝却要经过淬火和回火程

序。热处理后的弹簧还要经过电镀来保护弹簧的外表层。

弹簧最好进行静力试验、动力试验和耐疲劳试验。试验时可以将弹簧放在虎钳上进行，把弹簧压缩到一定长度或极点(即圈与圈贴紧)，经过一段时间后松开，看弹簧是否和原来的长度相同。同时还要把弹簧来回不断地压缩多次后，使弹簧长度不再缩短时(即消除弹簧的变形)，即弹簧得到了比较稳定的长度后，才能把弹簧装配在调节单元内。

第二节 膜 片

在气动自动装置中，可以传送压力的弹性元件类型很多，有波纹管、弹簧管、金属膜片、橡胶膜片等(简称为膜片)。在气动单元组合仪表中应用最广，问题最大的就是膜片。

膜片可分为两类：一是平膜片(图 1-6)；二是波纹膜片(图 1-7)。按照不同的夹层、配方、厚度和波纹的深浅程度又分成很多规格的膜片。调节单元中曾经应用过波纹膜片，但由于制造困难，目前生产上广泛应用的是平膜片。



图 1-6



图 1-7

一、对膜片的要求

对膜片有以下几点要求：

- (1) 具有一定的机械强度，可以承受几个大气压力，起码能承受 1.6 个大气压力。

(2) 对温度的影响不敏感,要求在 $-10 \sim +60^{\circ}\text{C}$ 的温度范围内能正常工作。

(3) 滞环小,滞环的宽度希望能保持在 $0.1 \sim 0.2$ 毫米左右,要求线性好。

(4) 膜片的方向性和厚度要均匀,表面光洁,不透气。

(5) 具有较好的耐油、耐酸碱性能。

膜片应用在调节单元中的厚度为 0.45 毫米,夹层为筛绢,夹层厚度为 0.1 毫米,夹层两边各涂以厚 $0.15 \sim 0.25$ 毫米的丁腈橡胶制成。这种胶布膜片在工作时受温度影响不很大,它可以在 $-10 \sim +80^{\circ}\text{C}$ 范围内正常工作,在 -40°C 或 $+100^{\circ}\text{C}$ 环境温度下也不损坏(非工作情况下)。

平膜片在实际应用中会遇到下面三个问题:

(1) 调节单元在装配过程中,由于每个人旋拧螺帽的松紧程度不同而造成膜片所受的张力不同,又因为喷嘴挡板的工作距离只有 0.025 毫米左右,如果膜片位置有微小改变,则对控制点的影响很大,因此装校工人要把数据调到理想数值是比较困难的,但有时也用改变旋拧螺帽松紧程度的方法使控制点达到理想的数值。

(2) 调节器调校好后,工作一段时间或断气一段时间,它却与原来的数据不吻合,造成性能不稳定,这是平膜片的主要缺点。经过摸索,将调节器进行周期变压试验和经过一定温度的处理可以解决,但手续较麻烦。同时还要注意,在周期变压和温度处理前的数据必须预先考虑到变化的程度,因为膜片的有效面积在变化。周期变压和温度处理的目的是为了加速膜片有效面积的变化。如果不是这样,调节器的数据会随调校后时间长短(一定时间范围内)而变化。

(3) 平膜片的特性曲线不仅不是线性的,而且是一个滞环,但应用在比较部件的膜片的位移是加以限制的,所以,膜

片的滞环就可以大大地减少,但没有彻底解决,这是造成调节器回差的原因之一。碰到这个问题时,一方面可以在制造方面提高膜片的弹性,提高夹层和橡胶的粘合性,另方面可重新安装膜片位置来解决。

二、膜片的制造

制造橡胶膜片时,首先要选择好夹层材料和橡胶配方。国内曾试用过的夹层材料有平纹 13 号卡普隆, 1/2 斜纹 9 号卡普隆,平纹尼龙,尼龙丝织品,杭纺筛绢和白洋纺等几种织物。根据试验数据并考虑到成本低,工艺性能好等问题,认为以 9 号卡普隆作为橡胶膜片的夹层较为合适。

表 1-2

材 料 \ 配方编号	1	2	3	4	5	6	7
丁腈-26		100				100	100
丁腈-18			100				
丁腈-800	100						
氯丁-CO-230				100	100		
氧化锌	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
沉淀硫黄	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1.8	0.3
硬脂酸	1.0	1.0	1.0	2.0	2.0	1.0	1.0
防老剂丁	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	1.0	2.0
半补强炉法碳黑	50.0	50.0	50.0	30.0	30.0	60.0	50.0
磷苯二甲酸二辛酯	10.0	10.0	10.0	10.0			5.0
磷苯二甲酸二丁酯				5.0	15.0	6.0	7.0
促进剂 CZ	1.0	1.0	1.0				
促进剂 DM						1.0	2.0
促进剂 TMTD	2.0	2.0	2.0	1.0	1.0	0.6	1.0
促进剂 D(二苯胍)				1.0	2.0		
氧化镁				4.0	1.0		

目前暂用的橡胶配方有七种(表 1-2)。根据胶料性能试验(表 1-3),以 7 号配方为最好,在所有的丁腈橡胶配方中,它的硬度和定伸能力为最低,耐油性、滞后损失、冲击弹性、扯断力、伸长率也较好。从膜片有效面积的测试表明,膜片的夹层,工艺过程均相同时,7 号配方的膜片有效面积随位移的改变而引起的变化较小。

表 1-3

配方 编 号	性 能	硬度 (肖氏)	定 伸 力 (300%, 公斤力/ 厘米 ²)	伸 长 率 (%)	扯断力 (公斤 力/厘 米 ²)	相对永 久变形 (%)	滞 后 损 失 (%)	冲击 弹性 (16℃, %)	耐油性 (20 号机油 中,70℃下, 浸泡 24 小 时胶料的增 重)
1		60	46.2	530	158	1.2	22.8	22.0	-0.27%
2									
3		61	50.5	320	97	0.5	41	53	+7.26%
4		42	12.0	825	161	1.8	41.8	41	+7.3%
5		42	13.4	856	170	2.5	37.7	42	+7.3%
6		72	104	292	131	0.6	23.8	29	+1.4%
7		58	31.2	752	149	1.2	20.6	38	-0.33%

1. 对橡胶膜片夹层的要求

(1) 夹层的延伸量要小且富于挠性(柔韧性)。容易伸长的夹布不易得到挠性,从而降低其灵敏度。夹布材料要尽量不伸长,而且允许有充分的挠性变形。

(2) 厚度要薄而强度要高。减小膜片的厚度可以增加它的挠性,因此,夹层布应尽量用拉伸强度很高的细丝材料来制造,这样厚度就很薄。同时夹布的纵横丝线的密度要求相等且强度均匀。

(3) 滞后损失要小。

(4) 抗弯曲强度要大。

- (5) 耐热和耐寒性要强。
- (6) 不受工作介质侵蚀。
- (7) 吸湿性要小。
- (8) 夹层布与橡胶要有良好的接合性。

2. 对橡胶材料的要求

(1) 夹层布膜片的橡胶作用是为了保证气密性，而不是让橡胶承受强度。低压用的膜片可以不用夹层布，但高压用的膜片，除了要用夹层布外，还必须采用高强度的橡胶材料。

(2) 膜片本身不能有滞后损失，因此，橡胶的弹性要高，并要求夹层布和橡胶粘合牢固。

- (3) 抗弯曲强度要大。
- (4) 压缩后的永久变形要小。
- (5) 耐热和耐寒性要强。
- (6) 不受工作介质侵蚀。
- (7) 透气性要低，透气率要小到可以忽略不计。
- (8) 耐老化性能好，以使膜片有较长的使用寿命。
- (9) 要有一定的耐油性和耐酸碱性。

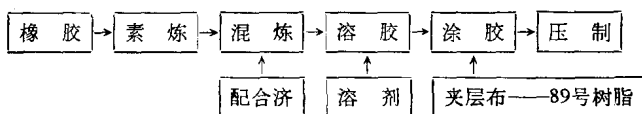
除了考虑橡胶材料的要求外，还必须考虑到胶料的工艺性能：

第一，胶料应具有较好的操作与贮存稳定性，以防止在工艺过程中发生焦烧，并使其制好的胶浆在存放与使用过程中性能为稳定。

第二，胶料应具有较好的流动性，以保证膜片在压制时胶料容易流动，胶料在夹层上应分布均匀，消除膜片表面凹凸不平现象和由于胶料在加压时不易流动而产生的剧烈变形。

第三，硫化速度适当，过快不易操作，过慢影响生产效率。当膜片的夹层布和橡胶的配方选择好后就可以进行制

造。制造橡胶膜片的工艺流程如下：



三、膜片在安装时的注意事项

膜片在安装时应注意：

(1) 膜片和硬芯装配时，为了保证气密性，在硬芯上特意加工出一条很浅的同心圆组成的V形槽和圆孔(图1-8)。圆孔是为了放密封环用。

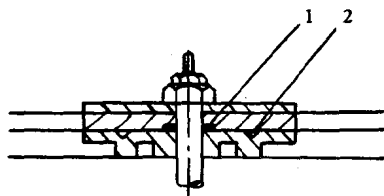


图 1-8

1. 同心圆孔位置； 2. V形槽。

(2) 膜片与硬芯装配时，硬芯必须保证在膜片的中心位置。

(3) 膜片在安装前最好涂上少量的滑石粉，以防止膜片粘在环室和硬芯上，造成装拆困难。

四、膜片有效面积的计算

决定调节器内膜片的有效面积是十分重要的。当膜片的硬芯和膜片四周边缘在同一水平面上时，如图1-9所示，膜片

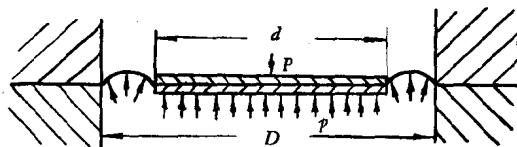


图 1-9

的有效面积可用下式计算:

$$F_{\text{有效}} = \frac{\pi}{12} (D^2 + Dd + d^2),$$

式中 D 为膜片边缘直径(即环室内径); d 为硬芯直径。

这时膜片一边受压力 P 的作用, 另一边受压力 p 的作用, 它的平衡公式为

$$P = F_{\text{有效}} p_0.$$

假如将这种状态下的膜片, 沿波纹的高峰切开(图1-10), 则其四周有水平分力 T 且自相平衡。此时膜片的有效面积为

$$F_{\text{有效}} = \frac{\pi}{4} D_{\text{有效}}^2$$

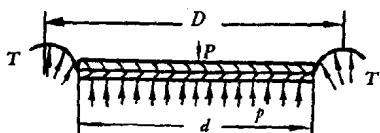


图 1-10

式中 $D_{\text{有效}}$ 为波峰直径(即有效直径)。

比例积分调节器比较部件的大、小膜片有效面积的计算如下。

(1) 大膜片有效面积的计算。

环室直径 D 为 $\phi 55$, 硬芯直径 d 为 $\phi 40$, 因此

$$\begin{aligned} F_{\text{有效大}} &= \frac{\pi}{12} (D^2 + Dd + d^2) \\ &\approx 17.86 \text{ (平方厘米)}. \end{aligned}$$

(2) 小膜片有效面积的计算。

环室直径 D 为 $\phi 48$, 硬芯直径 d 为 $\phi 26$, 因此

$$\begin{aligned} F_{\text{有效小}} &= \frac{\pi}{12} (D^2 + Dd + d^2) \\ &\approx 11.07 \text{ (平方厘米)}. \end{aligned}$$

上面所计算的大、小膜片有效面积是指膜片的硬芯平面和膜片四周边缘在同一水平面上时适用。