

电子自动仪表

(二)

时间比例温度调节器

华东纺织工学院电气自动化专业连队

一九七一年十一月

毛 主 席 语 录

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

无数客观外界的现象通过人的眼、耳、鼻、舌、身这五个官能反映到自己的头脑中来，开始是感性认识。这种感性认识的材料积累多了，就会产生一个飞跃，变成了理性认识，这就是思想。

实践、认识、再实践、再认识，这种形式，循环往复以至无穷，而实践和认识之每一循环的内容，都比较地进到了高一级的程度。

唯物辩证法认为外因是变化的条件，内因是变化的根据，外因通过内因而起作用。

的。

教育必须为无产阶级政治服务，必须同生产劳动相结合。

学制要缩短。课程设置要精简。教材要彻底改革，有的首先删繁就简。学生以学为主，兼学别样。也就是不但要学文，也要学工，学农，学军，也要随时参加批判资产阶级的文化革命的斗争。

练兵方法，应开展官教兵，兵教官，兵教兵的群众练兵运动。

世界上怕就怕“认真”二字，共产党就最讲“认真”。

毛主席语录

人的正确思想是从那里来的？是从天上掉下来的吗？不是。是自己头脑里固有的吗？不是。人的正确思想，只能从社会实践中来，只能从社会的生产斗争、阶级斗争和科学实验这三项实践中来。

前 言

在毛主席革命路线指引下，在工人阶级领导下，在无产阶级教育革命的实践中，我们试制了WDT-131型（暂定）时间比例温度调节器。

在选择时间比例温度调节器作为工农兵学员到校办工厂学工的典型产品过程中，曾有过思想斗争。开始，我们片面地强调产品在技术方面愈“先进”愈好，因而使仪表结构复杂，成本提高。工宣队师傅组织大家到工厂调查，听取工人师傅的意见。工人师傅和我们的想法不一样，他们说：造仪表要符合多快好省的原则，要考虑实际使用，工厂需要的是既能满足生产要求，使用可靠，又要结构简单操作和维护方便，价格便宜的新型仪表。工宣队师傅带领我们学习伟大领袖毛主席的光辉著作《在延安文艺座谈会上的讲话》毛主席指出：“为什么人的问题，是一个根本的问题，原则的问题。我们试制仪表，应该想工人之所想，急生产之所急。于是我们再次到工厂调查研究，跟着工人师傅到生产现场观察实际操作，批判洋仪表的问题，与工人、革命技术人员三结合，一起分析讨论，制订方案，设计试制适合于化纤生产大量应用的简易式温度控制仪表。

在试制过程中，遵照伟大领袖毛主席关于辩证唯物论的

认识论的教导。经过实践，认识，再实践的几次反复，试制的仪表在生产中试用，暴露矛盾，征求工人师傅意见，总结经验教训，使仪表的性能和结构逐步得到改进。我们坚信随着实践的进一步发展（小批量试制，并在生产中实际使用考验）我们的认识也必将进一步深化，仪表亦一定会进一步得到改进和完善。

这份讲义，是为本专业试点班工农兵学员在校办厂结合“电子自动化仪表”学工而编写的教材。在讲义中，讨论了仪表的特性和各个组成单元的工作原理，介绍了仪表的技术数据和调试方法。由于我们对毛主席的教育革命思想学得不好，理解不深，实践的时间又不长，讲义中错误和不当之处在所难免，恳请工人师傅和工农兵学员批评指正。

电子自动化仪表 (二)

(时间比例温度调节器)

目 录

前 言

第一章 时间比例温度调节器概述	1
一、什么是时间比例温度调节器	1
二、时间比例温度调节器的外形和外部接线	5
三、仪表的电路结构	7
附图 时间比例温度调节器线路图	
附表 元件规格	9
第二章 交流不平衡电桥	11
一、工作原理	11
二、设计中应考虑的几个问题	14
三、 $R_{给}$ 桥臂的构成及给定温度的调变问题	16
第三章 带反馈的晶体管放大器	21
一、设计要求	21
二、放大器各元件的作用	23
三、晶体管放大器中的反馈	24
1. 晶体管反馈放大器的基本概念	24
2. 本仪表放大器中负反馈的作用	27
附录 (一) 晶体三极管放大原理	30
(二) 晶体三极管的基本放大电路	35
第四章 相敏整流电路	40
一、为什么要采用相敏整流电路	40
二、环行相敏整流电路	42
三、使用时应注意的几个问题	46

第五章 开关电路	48
一、双稳态触发电路	50
1. 电路截止和导通的条件	51
2. 触发特性	53
3. 结论	54
二、开关电路是怎样实现间歇动作的	54
1. U_c U_{bd} 的变化规律	56
2. 开关电路的间歇动作	58
三、 U_{RH} 对截止时间 $T_{分}$ 、导通时间 $T_{合}$ 时间比值 ρ 的影响	60
四、 R_{27} 、 R_{32} 的大小对时间比值 ρ 的影响	62
1. R_{27} 对时间比值 ρ 的影响	63
2. R_{32} 对时间比值 ρ 的影响	63
五、上限阈值 $U_{RH上}$ 和下限阈值 $U_{RH下}$	64
1. 上限阈值和下限阈值的概念	64
2. R_{27} 对上限阈值 $U_{RH上}$ 和下限阈值 $U_{RH下}$ 的影响	65
3. R_{32} " " " " " "	65
六、关于动作周期	66
结语	67
附录 (一) 关于分压系数 α_1 α_2 α_3	68
(二) C_5 充放电时电压 U_c 变化的规律	70
(三) 截止时间 $T_{分}$ 、导通时间 $T_{合}$ 、动作周期 T 和时间比值 ρ	71
第六章 仪表的电源	73
一、仪表对电源有那些要求	73
二、直流稳压电源	74
三、电源变压器的结构计算	83
第七章 时间比例温度调节器的调节特性	87
一、什么是调节器的调节特性	87
二、时间比例温度调节器的调节特性	90
三、比例限 D 及其调整	91

四初始时间比值(初始阀位) ρ_0 及其调整	94
五时间比例温度调节器的技术指标	95

第八章 整机调试	96
一仪表外形接线检查	96
二电源部分调试	96
三放大电路的性能检查	96
四给定温度刻度的标定	97
五开关电路性能调试	97
1. 下限阈值 $U_{RH下}$ 的调整	98
2. 上限阈值 $U_{RH上}$ 的调整	98
六初始时间比值 ρ_0 刻度的标定	99
七比例限 D 刻度的标定	99
八结尾工作	100
工 艺 资 料	101
一仪表布线图	101
二电源变压器数据	104
三输出变压器数据	106
四线绕电阻老化方法	106
五印刷电路板和桥路桥	106
六WZB型铂热电阻分度特性表	108

毛主席语录

在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。

第一章 时间比例温度调节器概述

在毛主席无产阶级革命路线的指引下，经过一段时间的实践，我们初步设计和试制了时间比例温度调节器。经过试运转，证明该调节器能满足生产要求。本章将对时间比例温度调节器的特点、工作原理和接线方法等问题，作简单的介绍。

一、什么是时间比例温度调节器

在《电子自动化仪表(一)》中，我们介绍了晶体管位式温度控制器。晶体管位式温度控制器是属于两位式的温度调节器。它采用热电阻作为测温元件，如工艺要求温度控制在某一给定值上，如果温度高于给定值，就会使继电器释放，切断电感应加热线圈的电源，这样温度就会降低。当温度降低到低于给定值的某一值时，继电器又反向动作，接通了电感应加热线圈的电源，温度又要上升。

两位式调节器的优点是结构简单，它的执行机构也比较简单，因此便于自己制作。可是由于执行机构位置只有两个，要全通，要全不通，因此它的控制作用比较强烈，其调节特性具有振荡性。若用两位调节器来控制反应迟后的对象的温度，则被调节温度的振荡幅度往往比较大，也就是所要控制的温度常常在给定值的附近忽上忽下地波动，因此这种调节方式在工艺要求温度不能有较大波动和调节对象具有较大迟后的场合，就不大合适。因此，有些对象就要采用其它的调节方式，如比例调节，比例积分调节、比例积分微分（三作用）调节等方式。此外，还有所谓“时间比例”的调节方式，本仪表就是

采用时间比例调节方式的自控仪表，由于它是用来调节温度的，所以称为时间比例温度调节器。时间比例调节器较之两位调节器，温度的波动幅度减小，有时甚至可以稳定在所要求的控制温度上，同时仪表的结构也比较简单，而且在原来采用两位式温度调节器的场合，可以不变更测温元件和执行机构，直接改用时间比例调节器，而使控制质量得到提高。

那末究竟什么是时间比例温度调节器呢？

我们设计和试制的时间比例温度调节器和晶体管位式温度控制器既有相类似的地方，也有本质不同的地方。伟大领袖毛主席教导我们说：“对于物质的每一种运动形式，必须注意它和其他各种运动形式的共同点。但是尤其重要的，成为我们认识事物的基础的东西，则是必须注意它的特殊点，就是说，注意它和其他运动形式的质的区别。”只要我们对时间比例温度调节器和晶体管位式温度控制器相类似之点和不同点有了一定的了解，就能正确地掌握时间比例温度调节器。

现在我们先分析两者相类似之处：

(1)二种仪表都是用热电阻来测量对象的温度，与给定温度比较后，发出控制信号。

(2)二种仪表都各有一个继电器（晶体管位式温度控制器采用121型高灵敏继电器，时间比例温度调节器采用JTX型灵敏继电器）。

二种仪表都适用于电加热的对象（如电感应加热，电阻丝加热等）都是由继电器控制接触器（执行机构），使加热电源接通和断开，从而使对象温度得到自动调节。（如果采用电磁阀也可控制蒸汽加热的对象。）

两者不同之处，在于调节规律。时间比例温度调节器的调节特性是，只要对象温度离开给定值不是很大，那末，继电器就会按着一定规律，自动地、周期性地吸合和释放，从而使对象的加热电源按一定规律，接通和断开，即使在对象的实际温度与给定值相等时，也是如此。只有在对象温度比给定值低得多时，继电器方才一直处于吸合状态不再释放，也只有在对象温度比给定值高得多时，继电器方才一直处于释放状态，不再吸合。

这样讲，可能还不够清楚，我们根据毛主席“从具体到抽象”的

教导, 先举一些实际的实验数据来说明这个问题:

设给定温度为 240°C , 采用 WZB 的热电阻 (分度号为 B_{A_1} , $R_0 = 46\ \Omega$) 作为测温元件, 采用本仪表, 从实际得出下列数据。

名 称	符 号	数 值						
对象温度	($^{\circ}\text{C}$)	236.5	237.6	238.8	240	241.2	242.4	243.5
铂电阻的电阻值	$R_{pt}(\Omega)$	87.66	87.86	88.06	88.26	88.46	88.66	88.86
继电器吸合时间	$T_{\text{合}}$ (秒)	13.5	12.2	11.7	11	10	9.6	9.3
继电器释放时间	$T_{\text{分}}$ (秒)	8.3	9	9.4	10	10.5	10.9	11.3
动作周期	$T_{\text{合}} + T_{\text{分}}$	21.8	21.2	21.1	21.0	20.5	20.5	20.6

分析这些数据, 可以看出下面几点情况:

(1) 在某一 R_{pt} 时, 继电器时而吸合, 时而释放, 周期性地变化, 如 $R_{pt} = 87.86\ \Omega$ (温度为 237.6°C) 时, 继电器吸合了 12.2 秒以后, 释放 9 秒, 然后又吸合 12.2 秒, 再释放 9 秒, ……。

(2) 在对象温度增高时, R_{pt} 增加, 继电器吸合的时间 $T_{\text{合}}$ 逐渐减小, 而继电器的释放时间 $T_{\text{释}}$ 却不断地增加。

(3) 在 $R_{pt} = 88.26$ (温度为 240°C), 即对象温度与给定温度相等时, 继电器吸合时间和释放时间大体相等。

(4) 继电器吸合时间与释放时间相加起来, 即 $T_{\text{合}} + T_{\text{分}}$, 我们称之为动作周期, 周期也是随着 R_{pt} 的改变而变化, 先逐渐减小到最小值, 然后再有所增加。

这就是时间比例的调节规律, 在这样的规律下, 怎样使温度控制在给定值附近呢?

譬如说, 我们用时间比例温度调节器来控制聚合管的温度, 本来聚合管的温度稳定在某一数值上, 这时加入聚合管的平均的加热功率刚好与聚合管平均的单位时间消散的热量相平衡。现在假定在新的扰

动作用下，如气候变化，周围环境温度升高了，聚合管的散热条件变差，所控制的聚合管温度就会升高起来。由于我们采用了时间比例温度调节器，当所控制的温度稍一升高，继电器的吸合时间，也就是接通加热电源的时间减少，继电器的释放时间，也就是断开加热电源的时间就会增加。这样就使加入聚合管的平均加热功率减少了。当这个平均加热功率减少到与新条件下的平均单位时间消散的热量相平衡的时候，聚合管的温度又稳定在一个比原来稍高的新的数值上，而仪表的继电器却仍在时而吸合，时而释放，不停地跳动。

这样调节的结果，虽然不能保证被控制温度与给定温度完全相等（有静差），但是可以相差很小，据仪表实际运行的结果，表明，在一般情况下可以使对象的温度在给定温度的 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 的范围内。

使用时间比例温度调节器怎样减少所控制对象温度波动的呢？理论上讲，在继电器吸合时间内，对象在加热，温度在上升；继电器在释放时间内，温度在下降。对象温度仍然要波动的。但是我们要看到这个吸合时间和释放时间都是很短的，都祇有几秒钟到十几秒钟，由于对象的反应没有这样快，因此温度的波动就显得不显著了。

可是在实际使用过程中，还是有一些温度波动（时高时低）的，这是因为扰动作用的经常变化而引起的，如聚合管的加热电源的电网电压时高时低，料量时多时少，料温、环境温度时高时低等等。在这些扰动因素的作用下，所控制的温度仍有一定的波动。但这个波动性质上与两位式调节是不同的，两位式调节不管扰动作用是否变化总有温度波动，因为只有这种温度波动才能促使继电器吸合和释放，起着调节温度的作用。

最后我们还要提一提，这样的调节规律为什么叫做“时间比例”呢？

由上面所列举的实验数据可以看出，继电器吸合和释放时间，近似按比例地随着温度偏差而变动。这种调节仪表除了我们试制的那一种以外，目前在有些工厂中还应用着动图式XCT — $\frac{131}{132}$ 时间比例调节仪表。这种仪表是由上海自动化仪表六厂生产，它除了按时间比例进行调节以外，还把对象实际温度直接指示出来。

二、时间比例温度调节器的外形和外部接线

伟大领袖毛主席教导我们说：“无论何人要认识什么事物，除了同那个事物接触，即生活于（实践于）那个事物的环境中，是没有法子解决的。”我们要认识时间比例温度调节器，就必须对仪表的外观和使用方法先作一粗浅的了解。

时间比例温度调节器的外形如图 1—1 所示，图 1—1(b)是它的正面视图，图 1—1(a)是它的背面视图。

先看背面视图，仪表背面装有接线端子板，上面有八个接线端子。接线端子自下至上，以①、②、③、④、⑤、⑥、⑦、⑧表示。

①、② —— 接 220 伏 50 周的交流电源；

③、④ —— 自仪表内部继电器常闭触头引出的接线端子；

④、⑤ —— 自仪表内部继电器常开触头引出的接线端子；

⑥、⑦、⑧ —— 用三线接法接铂热电阻。

再看仪表的正面，可以看出，上面的主要部件是：

1 —— 偏差指示器，它实质上是一个量程为 ± 25 微安的微安表，型号是 69C1。用来指示由铂热电阻所测得对象温度与仪表的给定温度（即所要控制的温度）之间的偏差的大小。当对象温度与给定温度相等，即对象的温度刚好达到所要求控制的数值时，指针指在正中间。如对象温度高于给定温度时，指针向上偏，反之向下偏。指针偏转的角度与温度偏差成正比。

2 } 指示灯，2 为绿灯，3 为红灯。当继电器处于释放状态时，即对象加热电源断开时，红灯 3 亮，绿灯 2 熄；反之继电器处于吸合状态时，绿灯 2 亮，红灯 3 熄。由于时间比例温度调节器的继电器时而吸合，时而释放，按一定规律周期性地变化。从仪表外观上即可以看出，一会儿红灯亮，一会儿绿灯亮，变化不已。只有在对象温度高出给定温度较多时，继电器才始终处于释放状态，红灯 3 始终亮；反之，当对象温度比给定温度低得较多时，继电器便始终处于吸合状态，绿灯 2 一直亮。

还得注意：当红灯 3 亮时，继电器处于释放状态，此时继电器的

图 1-1 时间比例温度调节器外形图

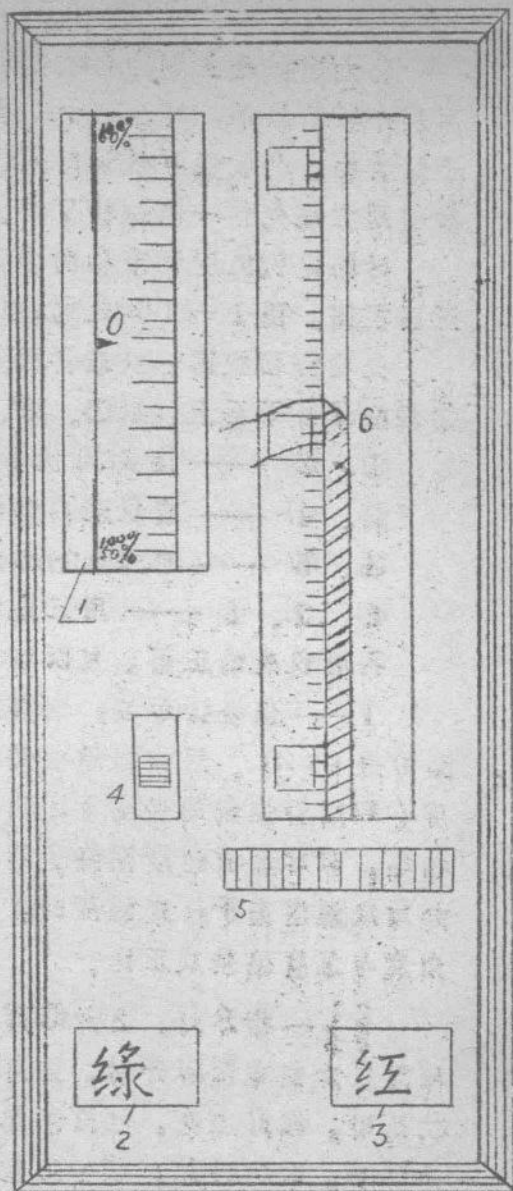
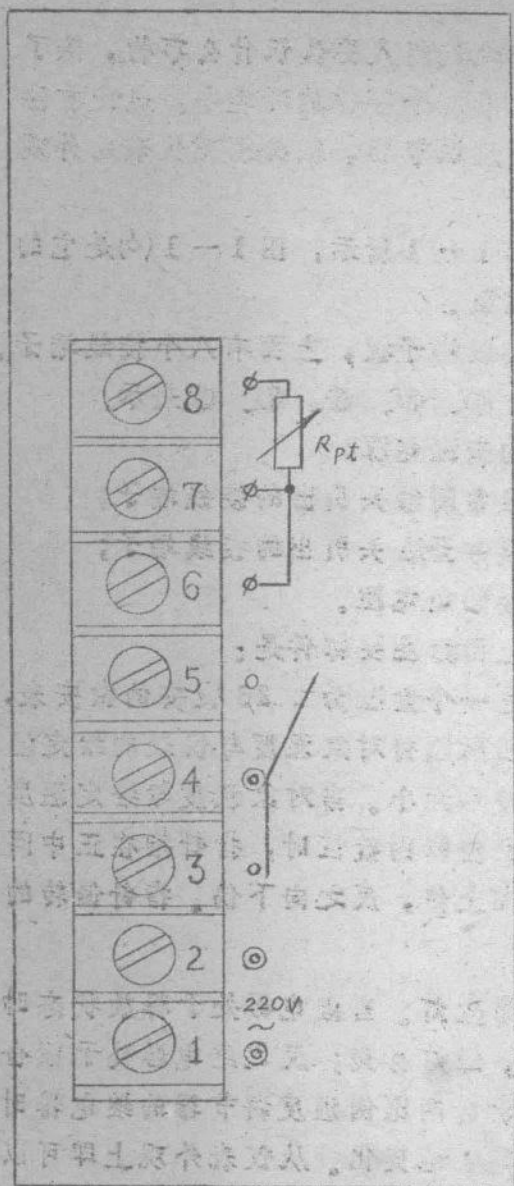


图 1-1 时间比例温度调节器外形图

常开触头处于断开状态，接线端子④、⑤断开，而常闭触头处于闭合状态，接线端子③、④通过仪表内部而接通。反之，当绿灯2亮时，继电器处于吸合状态，常开触头闭合，接线端子④、⑤通过仪表内部接通，常闭触头则断开，即接线端子③、④不通。

4 —— 给定温度的粗调转换开关。

5 —— 给定温度的细调旋钮。

6 —— 细调给定温度的指针？

4、5与6三者配合应用。

当转换开关放在最低位置时，向右旋动细调旋钮，给定温度的指针向上移动，给定温度约在 $40^{\circ}\text{C} \sim 160^{\circ}\text{C}$ 范围内变化。

当切换开关放在中间位置时，向右旋动细调旋钮，给定温度约在 $140^{\circ}\text{C} \sim 260^{\circ}\text{C}$ 范围内变化。

当切换开关在最高位置时，向右旋转细调旋钮，给定温度则在 $240^{\circ}\text{C} \sim 360^{\circ}\text{C}$ 范围内变化。

三、仪表的电路结构

伟大领袖毛主席教导我们说：“感觉到了的东西，我们不能立刻理解它，只有理解了的东西才能更深刻地感觉它。”我们不能停留在对这个仪表的表面的、感性的认识，而必须逐步深入到事物的内部，逐步地掌握这个仪表的内在联系和它的本质。所以我们要对仪表作逐步深入的了解。

本仪表的电路，见本章附图，图中各元件的参数和规格见本章的附表。

电路各部分的作用和相互间的联系，可用图1—2表明之。

现将电路各部分作用简述如下：

交流不平衡电桥——将对象的实际温度与给定温度进行比较，若二者不相等就送出一个毫伏级的交流不平衡电压。如实际温度低于或高于给定温度时，所送出的交流不平衡电压的相位是相反的。

交流放大电路——把交流不平衡电桥输出的交流电压信号进行放

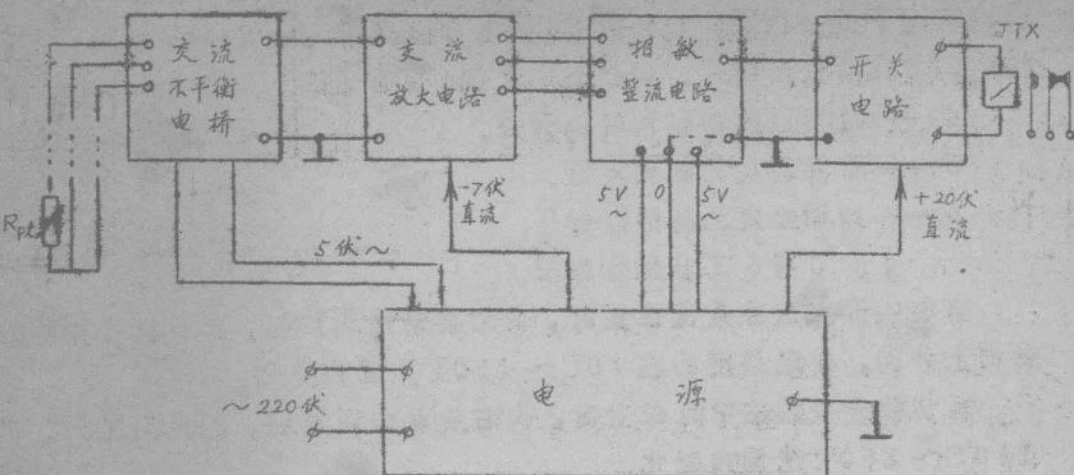


图 1-2 时间比例温度调节器电路结构图

大，总的放大倍数约在三百倍左右，改变电位器 R_{13} （22 千欧）上滑点的位置，可以改变放大倍数，也就是改变时间比例温度调节器的重要参数——比例限。交流放大电路的放大倍数愈大，则仪表的比例限愈小；反之，放大倍数愈小，则仪表的比例限愈大。电位器 R_{13} 装在印刷电路板上，在拨盘处标有比例限的刻度，在仪表投入运转时，应根据对象的特性，调整 R_{13} 上的滑点位置，使放大器的放大倍数调在合适的数值上，也就是调整仪表的比例限，以达到控制良好的要求。关于比例限的问题，还将在第七章中详细讨论。

相敏整流电路——把交流放大电路输出的交流信号转变为直流电压信号，这个直流电压的大小与交流放大电路输出的交流电压的大小成正比，而它的极性则反映交流电压的相位。

开关电路——实质上它是一个振荡电路，即使相敏整流电路的输出直流电压等于零，这个开关电路还是振荡不已。这里所谓振荡的意思，就是说这个电路中的两个晶体管一会儿同时处于导通状态（继电器就吸合），一会儿同时处于截止状态（继电器释放）。相敏整流电路的输出直流电压作用在开关电路上，如果对象温度升高，则相敏整

流电路的输出直流电压将使继电器释放时间加长，吸合时间缩短，以达到时间比例调节的目的。开关电路有可变电阻 R_{27} (2.2 千欧)，改变这个电阻的大小，可以改变继电器吸合和释放时间的比例，供仪表运转时调整使用，我们称它为初始阀位 (初始时间比值 ρ_0) 调整电阻。这在第七章中还要详细讨论。

仪表的电源——包括电源变压器和整流稳压电路，它提供前面四个部分所需要的交流和直流电压，如交流不平衡电桥的电源电压 5 伏交流电压，放大电路所需要的一 7 伏稳定直流电压，相敏整流电路的参考电压 5 伏—0—5 伏交流电压和开关电路所需要的 +20 伏稳定直流电压等。

电路各部分的工作原理，设计要求，参数选择等在以后各章将详细讨论。通过本章的学习，只是对本仪表有一个比较全面的概要了解。

附表 元 件 规 格

符 号	名 称	型 号 规 格	数 量	备 注
R_1, R_2	金属膜电阻	RJ-05-910 Ω	2	
R_3	线绕电位器	WX3-40, 27 Ω , 3W	1	
R_4	线绕电阻	自制 33 Ω	1	
R_5	线绕电阻	自制 300 Ω	1	
R_6	线绕电阻	自制 23.73 Ω	1	
R_7	线绕电阻	自制 41.17 Ω	1	
R_8	线绕电阻	自制 58.08 Ω	1	
R_{13}, R_{27}	线绕电位器	WS2-1, 2.2K Ω	2	
R_{14}	碳膜电阻	RTX-0.125-51K Ω	1	
R_{15}	碳膜电阻	RTX-0.125-100 Ω	1	
R_{16}	碳膜电阻	RTX-0.125-3K	1	
R_{17}, R_{34}, R_{35}	碳膜电阻	RTX-0.125-68K	3	

符 号	名 称	型 号 规 格	数 量	备 注
R ₁₂	碳 膜 电 阻	RTX-0.125-510Ω	1	调试时可 能改变
R ₁₉ , R ₂₀ , R ₂₁ , R ₂₂	金 属 膜 电 阻	RJ-0.5-750Ω	4	
R ₂₃ , R ₂₉	碳 膜 电 阻	RTX-0.125-6.8KΩ	2	
R ₂₄	碳 膜 电 阻	RTX-0.125-300Ω	1	
R ₂₅ , R ₂₈	碳 膜 电 阻	RTX-0.125-27KΩ	2	
R ₂₆	碳 膜 电 阻	RTX-0.125-5.6 K	1	
R ₂₈	碳 膜 电 阻	RTX-0.125-30Ω	1	
R ₃₀	金 属 膜 电 阻	RJ-0.5-39Ω	1	
R ₃₁	金 属 膜 电 阻	RJ-0.125-150Ω	1	
R ₃₂	电 位 器	WTX-0.1-33KΩ	1	
R ₃₆	金 属 膜 电 阻	RJ-1-820Ω	1	
R ₃₇	金 属 膜 电 阻	RJ-2-82Ω	1	
C ₁	电 介 电 容	CDX-3-10V/50μf	1	
C ₂	电 介 电 容	CDX-3-10V/100μf	1	
C ₄	电 介 电 容	CDX-3-25V/20μf	1	
C ₅ , C ₆	电 介 电 容	CDX-1-15V/200μf	2	
C ₈ , C ₇	电 介 电 容	CDX-1-25V/100μf	2	
C ₃	金 属 膜 电 容	CZJ2-63V-0.15μf	1	
BG ₁ , BG ₂ , BG ₄	三 极 管	3AX31B	3	
BG ₃	三 极 管	3DG6B或C	1	
D ₁₋₉	二 极 管	2CP12	9	
W ₁	稳 压 管	2CW14	1	
W ₂ , W ₃	稳 压 管	2CW21F	2	
三位开关	四刀三位开关	KB-5 _J	1	
	叉式矩形插头	CD ₂ -13 _K	各1	
	印刷线板插	CZJX-Y-15	1	
	保险丝座	BLX-1	1	
	指 示 灯	6.3 V	2	
	槽形微安表	69C1型±25μA	1	
		W=5000	1	
	通用继电器	JTX R=500Ω	1	