

石油工业技术叢書之廿二

电子檢査測量仪表

苏联 С.С.傑尼索夫著



石油工业出版社

石油工业技术叢書之廿二

电子檢查測量仪表

苏联 C.C.傑尼索夫著

金 林 譯

苏联石油工业部工人干部、劳动及工薪司批准作为
石油煉厂培訓及提高工人操作教材

石油工业出版社

內 容 提 要

本書通俗地敘述了电子檢查測量仪表的工作原理、安裝及操作規程。並着重討論了电子电位計、电桥、电子轉子流量計、pH計的檢查及調整問題。

本書的对象是仪表工，但是也可以供从事于石油、化学及其他工业部門工作的仪表工及工程技術人員作参考用。

С.С.ДЕНИСОВ

ЭЛЕКТРОННЫЕ КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ

ПРИБОРЫ НЕФТЕЗАВОДОВ

根據蘇聯國立石油燃料科技書籍出版社 (ГОСТОПТЕХИЗДАТ)

1955年莫斯科版翻譯

統一書号：15037·728

石油工业技術叢書之廿二

电子檢查測量仪表

金 林 譯

石油工业出版社出版 (地址：北京六鋪炕石油工業部內)。

北京市書刊出版業營業許可證出字第083號

石油工业出版社印刷厂印刷 新华書店发行

850×1168 $\frac{1}{16}$ 開本 * 印張10 $\frac{1}{2}$ * 254千字 * 印1—4,000册

1959年7月北京第1版第1次印刷

定价(10)1.65元

序 言

苏联的国民經济面临着巨大的任务。随着繼續优先发展作为社会主义經济基础的重工业，同时也必須大大增加日用商品的生产 and 扩大播种面积。順利地解决这些任务，是和广泛运用世界科学技术成就到生产上、推广先进經驗、提高劳动生产率、繁重工作的机械化、生产过程的自动化的基础上社会主义工业新的巨大高涨分不开的。

在生产机械化和自动化中，用来装备我們工业的检查测量仪表具有重大的意义。在这些仪表中，属于最完善和最发展前途的除了基于利用某些元素的放射性質的仪表外，还有电子仪表。

电子仪表一天比一天更广泛地用在石油厂工艺过程的各种检查和控制中。在最近几年中，它們將成为检查测量仪表的基本部分。

电子仪表的高級的操作性能只有在正确的、熟練的维护下才能充分地加以利用。

仪表工作人員对仪表的机构和风动系統都是很了解的，而对测量（电位测量）綫路則知道得較差，而对于电子学就更不熟习了。其原因，一方面是电子仪表还仅是在不久前才开始广泛地用在石油厂中，另一方面电子綫路也是比較复杂和特殊的，需要有專門的知識才能看懂。

本書中做了这样的嘗試，最簡要地敘述石油厂仪表工实际当中所碰到的与电子綫路有关的电子学知識，和說明检查及調节这些綫路的最合理的方法。

書中也敘述了石油厂仪表人員經常接触到的电子仪表（电子电位計及电桥、电子轉子流量計、PH計及电子繼电器）的正确

操作、寻找和消除故障等方面的实际问题。

作者没有将个别仪表和材料的结构特点包括在本书中，因为在制造厂的安装操作说明书中通常是会包括这方面的资料的。

本书的对象是受过七年級普通教育，和预先学过电工学基础的读者。研究电子仪表是一定要知道这些电工学基本问题的。可以推荐И.П. 雪列布措夫的《基础电工学》（苏联电信出版社，1953年）做为自学电工学的参考书。

В.Р. 安德尔斯和 А.А. 达茨凯维奇为本书进行校订和评阅，П.А. 弗洛洛夫斯基、Л.М. 费新柯和 С.М. 札屠洛夫斯基对本书内容所提出的宝贵意见，作者在此表示感谢。

目 录

序 言

目 录

第一篇 电子仪表的主要元件..... 1

第1章 电子管, 离子仪器及光电元件..... 1

第1节 电子管的构造和作用原理..... 1

第2节 电子管的特殊及参数..... 6

第3节 复杂的电子管..... 16

第4节 电子管的符号..... 21

第5节 离子仪器..... 23

第6节 光电元件..... 25

第2章 电子管放大器..... 34

第1节 电子线路图的讀法..... 34

第2节 三极管放大器..... 38

第3节 电子放大器..... 50

第3章 电子仪表的供电..... 58

第1节 乾电池、标准电池..... 58

第2节 整流器..... 62

第3节 稳压器..... 72

第二篇 电子仪表工作及操作的一般問題..... 83

第4章 与电子仪表的檢查、調整和修理有关之測量問題..... 83

第1节 电流、电压及电阻的測量..... 83

第2节 电子示波器的构造及应用..... 85

第3节 使用Π型手攜电位計做各种測量..... 97

第5章 电子仪表主要元件檢查及調整的方法

和一般的規則..... 100

第1节 主要的規則..... 100

第2节	电子线路的元件, 检查方法及故障	103
第3节	电源的检查	109
第4节	电子管及放大级工作状况的检查及调整	117
第5节	电子检流器的输入部分(振动变流器)	130
第6节	电子检流器的输出部分(相敏级)	151
第6章	电子仪表安装, 操作和修理的一般规则	163
第1节	电子仪表的安装	163
第2节	电子仪表操作的一般说明	167
第3节	电子仪表的修理	170
第4节	使用电子仪表的安全技术	181
第三篇	石油厂应用的几种主要仪表	185
第7章	电子电位计和电桥	185
第1节	电子电位计和电桥的测量线路	185
第2节	电子电位计和电桥的检流器	196
第3节	电子电位计及电桥的安装、检查和调整特点	201
第4节	几种主要型号的电子电位计和电桥	217
第8章	电子式pH计	228
第1节	pH的测量方法	228
第2节	使用玻璃电极时元件电动势的测量	236
第3节	使用pH计的一些特点	251
第4节	通用型号的pH计	260
第9章	小流量电子调节器(转子流量计)	270
第1节	作用原理	270
第2节	ЭРНР-2型小流量电子调节器构造及工作原理	276
第3节	用于气体的电子转子流量计	290
第10章	电子继电器	296
第1节	石油厂中电子继电器的应用. 基本线路	296
第2节	ЗФР-220型保护用光电继电器	301

附录

1. 放大管及整流管的参考数据..... 306
2. 稳压管的主要电气参数..... 309
3. 具有外光电效应的光电元件和光敏电阻的电气
数据..... 309
4. 线路图中的名义符号..... 310
5. 硒整流元件的电气参数..... 313
6. 电力、输入和输出变压器，可逆电动机、振动
器和电子转子流量计的线圈的数据..... 313
7. 带电容式电动机的相敏级线路中的电流和电压
图线..... 316
8. 铜导线的数据..... 317
9. 绕线极限紧密时每1厘米²线圈的截面上所能
通过的圈数..... 319
10. 高阻合金导线的数据..... 320
11. ЭПД-07型电子电位计测量线路电阻的数据..... 321

第一篇 电子仪表的主要元件

第一章

电子管，离子仪器及光电元件

第1节 电子管的构造和作用原理

电子管的作用是基于借助需要放大或变换的电压来控制管内由阴极走向阳极的电子流。

每一个电子管都有几个电极，最少两个——即阴极和阳极。

阴极的功用是自其表面放出（或者如通常所说的发射）电子。

在固态导体中，特别是在金属中，大家都知道，具有很大数量的自由电子，也就是那些与正的原子核结合不坚固的负电荷。这些电子处于不规则的运动中，运动的速度和电子的能量决定于导体的温度。

在常温下电子的速度和能量不足以使其离开导体表面。但当温度升高时，电子的能量就增加到能使部分电子开始脱离导体表面。

电子管的阴极在最简单情况下是一根金属丝，被灯丝电池 B_H (图1, a) 的电流 I_H 灼热到需要的温度。

灼热的阴极放出电子，这些电子以电子云的样子包围着阴极。

电子管的阳极通常是一个金属筒，套在阴极外面。如图1所示，将电池 B_a 的负极与阴极相接，而正极与阳极相接，在阴极和阳极间造成电位差。此时阴极放出之电子开始被阳极吸引，因而在阳极和阴极之间形成了电场。在由电流计 G 和阳极电池 B_a 组成的外线路中将流过所谓阳极电流 I_a 。

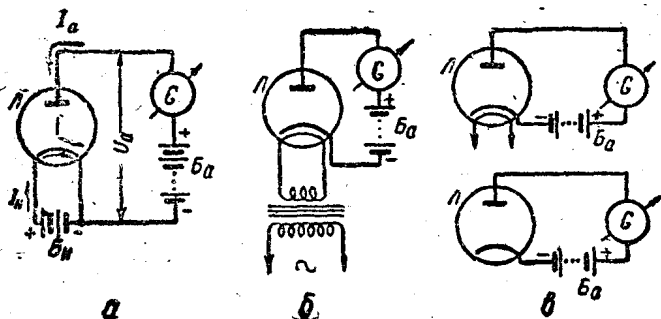


图1 电子管的作用原理

这个电流的方向一般是假定认为由阳极到阴极，也就是电流的方向电子的运动方向相反。灯丝电池 B_h 用于加热灯丝到进行发射电子的温度，而阳极电池 B_a 用于迫使这些电子由阴极到阳极并继续沿阳极线路移动。

电极放在造成高度真空 (10^{-5} — 10^{-6} 毫米水银柱) 的玻璃泡或金属泡内。第一，这是为了防止阴极被烧毁；第二，也是主要的，防止飞向阳极的电子与空气质点相碰冲。在压力高时（如在大气压下），这种碰冲的结果可能使阳极电流根本不可能出现；而在真空不足的情况下，则会导致残余气体的离子化。如此，阳极电流的变化无一定规律，这就不可能合理地使用电子管。

此外，正离子（由于与电子碰冲获得正电荷的气体分子）冲击在阴极上也会引起阴极损坏。

并非所有由阴极飞出的电子都落到阳极上去。它们在阴极周围形成电子云，而电子云的外层遮蔽着阳极电场对内层的作用。

阳极电场愈强则被阳极吸引的电子数目也将愈多。所以，经过阳极线路的电子数目，即阳极电流的大小，决定于阳极电压的数值；阳极电压愈大，吸到阳极上的电子就愈多，阳极电流也就愈大。

电子管阴极和阳极间的电位差叫作阳极电压 U_a 。当阳极线路中没有什么阻力（或者阻力很小）可以认为阳极电压等于阳极电池 B_a 的电压。

随着阳极电压的增加，阳极电流将一直增加到所有阴极放出的电子都被阳极吸引了为止。

进一步增加阳极电压则阳极电流将不再增加。这个最大的阳极电流叫做饱和电流。饱和电流决定于在阴极上发射出的电子数量，也就是决定于阴极的温度。

在真空技术发展的第一阶段中，阴极多是用纯钨制成的，并被加热到相当高的温度以得到足够之发射。这需要很大功率来加热电子管，这样就会引起阴极烧断并使电子管很快地损坏。

为了使在同一温度下在阴极上放出的电子数量增加，则需将阴极活化，即在阴极上涂一层容易放出电子的金属（这种金属是钨和钽），或者是氧化，也就是涂上硷土族金属（钨和钽的）的氧化物。被活化后的和涂有氧化物的阴极可比纯钨阴极在较低温度下工作，因此具有这种阴极的电子管的使用寿命要大得多，而用于加热阴极的功率要小几倍。当设备用电池供电时最后提到的情况更为重要。

涂有氧化物阴极的电子管有一个特点，就是没有饱和电流。随着阳极电压的上升这种电子管的阳极电流也不断上升，一直上升到阴极活化层被毁坏的数值为止。这是由于氧化物阴极的活化层具有很大的电阻，被流过活化层的阳极电流加热很高。所以增加阳极电压（随着也增加阳极电流），引起阴极温度和其发射效能的增高，这样一直继续到阴极过热和毁坏为止。同样原因，也必须避免氧化物阴极的加热不足。当加热不足时，阴极表面上出现一些点，这些点比邻近的地方放射强，因之引起阴极在这些地

方过热並烧毁活化层。实际上，这种情况在当电子管的阳极电流具有不小于几个毫安的数值时才有意义。比如，在整流管和输出管中，在工作于相敏级的电子管中，在电子继电器中等。

电子管的阴极做成两种型式——用于直流加热和用于交流加热。第一种型式（直接加热阴极）做成細金屬絲的形状，它的表面用上述方法活化之。这样的灯絲热惰性很小，当用交流加热它时阴极的温度能在一个週期內作很大之变化。这就引起阴极发射的不恒定，因之阳极电流也不恒定，这在大多数情况下是不允許的。

因为在有交流电的地方用交流供电給电子管灯絲有无可置疑的优越性，因之就制定了第二种型式的阴极——旁热式阴极。

旁热式阴极通常是一个金屬空筒，其外部表面塗以活化物。筒內放一被交流电加热的金屬螺旋綫加热器。加热器表面塗一层陶質絕緣。

这种阴极的热惰性比直接加热阴极要大得多，在交流电一个週期內其发射沒有显著的改变。

旁热式电子管具有大的灯絲功率，大的阴极表面和比較大的发射。

旁热式电子管还有另外一个优点，就是在它們本身中，阴极（塗有活化层的筒）在电路上不与加热灯絲（加热螺旋綫）相連接。这就有可能用一个共同的电源（如变压器的一个綫圈）供电給几个电子管的加热器，而按图上看这几个电子管的阴极又不应連在一起。

图1, a, 6和c的綫路图中采用了二极管电子管的通用符号。图1, a中表示直接加热二极管 $\mathcal{A}$ 的接法。图1, 6中表示同样的綫路中接入旁热式二极管 $\mathcal{A}$ 。加热灯絲由接在交流網絡的变压器来供电。因为旁热式电子管的灯絲綫路在电路上不与其他綫路相連接，时常，为了使裝置的总綫路图簡化和更明显起見，灯絲电路一般可不表示，如图1, c，或者也可另外单独表示。

在二极管电子管中电流和电压的关系也和普通导体中一样。也

就是，随着阳极电压 (U_a) 的增加经过电子管的电流 (I_a) 也增加。但是与普通导体中有不同，经过电子管的电流只有一个方向——由阳极到阴极，因为只有阴极才能放出电子，并且只是当阳极比阴极为正时电子才移向阳极。当阳极充电为负时，阳极电流就停止，电子管不再成为导体。

二极管这种单向导电的性质用作交流电的整流。当交流电压加到二极管的阳极—阴极上时，在电子管阳极线路中将流过脉动电流，也就是一种大小改变而方向只有一个的电流。以后这个电流则用滤波器将其数值上的大小平滑到需要的程度。

在电子管中，除阴极和阳极外再引入第三个电极—栅极—就有可能利用电子管作放大电压和电流了。

这种三个极的电子管（三极管）的栅极是一个全长围绕阴极的螺旋线（阴极和栅极的轴相重合）。栅极放在离阴极比离阳极更近处。三极管的阴极也和二极管一样，可以是直接加热的，也可以是旁热的。在阴极和栅极之间接上要被放大的电压。图2表示直接加热 (a) 和旁热式 (b) 三极管线路中的通常接法和符号。在线路中时常不表示出加热线路 (c) 或仅表示一部分。在最后两个线路中阳极电源 E_a 假定以接线端 (+ 和 -) 来表示。

三极管的栅极机械上不妨碍电子由阴极走向阳极，电子可自由地通过圈与圈之间隙。但是当栅极放在阴极和阳极之间的空间时，电子要遭受到栅极电场的作用。所以在这时电子是处于阳极和栅极总和电场的作用之下。

如果在栅极上相对阴极来讲送入一正电压 U_g (+)，那么阳极电流与栅极上没加电压前相比较要增加（当然，如果还没有达到饱和电流）。当栅极上送入一负电压时 (-)，阳极电流要减少。当栅极电压改变，阳极电流也改变，或减或增视栅极电压下降或上升而定。

在电位改变相同时，栅极对阳极电流的影响要比阳极的影响得多。这是由于电极的几何上的布置——阴极和栅极之间的距离

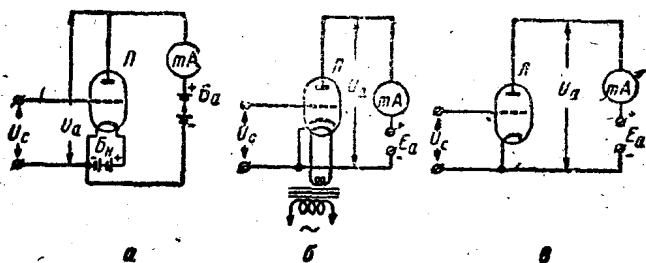


图2 三极管的連線圖

离比阴极和阳极之间的距离要小，和由于栅极遮盖着，屏蔽着阴极受到阳极电场的作用。因此，加在阴极和栅极上的电位差要比相同的电位差加在阴极和阳极上更强烈地改变阳极电流。三极管的放大作用即基于此种现象。

穿过栅极线圈的电子通常仅有非常少量落到线圈上。当栅极上送入负的或不大的正电压时就是这样。在这种情况下栅极排斥或者很弱地吸引电子。但当增加栅极的正电压时，被栅极吸引的电子数量急骤上升，出现所谓栅极电流。栅极电流是由于沿着外部栅极线路流到阴极去的电子所形成的。

栅极电流通常对电子管的工作有很坏的影响，所以通常都使栅极在负电压下工作，此时实际上无栅流。严格讲来，在任何栅极电压下都会有栅流，但是在负电压下栅流不是由电子所形成，而是由于正离子被带负电的栅极所吸引而形成的。其数值很小，仅在特殊场合下才考虑。

第2节 电子管的特殊及参数

电子管阳极电流与其电极上电位差的关系表徵着这个电子管的性质和其能应用之范围。通常这些关系用图形来表示，叫做电子管的特性曲线。电子管的特性曲线有几种形式。每一种形式都是研究阳极电流与其某一电极（阴极、阳极、栅极）上的电压大小的关系，当其它电极上的电压固定不变时。

对于二极管有这样两种关系：

a) 当阳极电压不变时，阳极电流的大小与灯丝电压或电流的关系。

b) 当灯丝电压不变时，阳极电流的大小与阳极电压的关系。

对于三极管有这样的关系：

a) 当阳极和栅极电压不变时，阳极电流与灯丝电压的关系。

b) 当灯丝和栅极电压不变时，阳极电流与阳极电压的关系。

b) 当灯丝和阳极电压不变时，阳极电流与栅极电压的关系。

阳极电流与灯丝电压的关系通常是不考虑的。因为电子管是规定在一定的阴极温度，也就是在一定的灯丝电压和电流下工作。超过额定灯丝电流是一概不允许的。因为这要大大减少电子管的使用寿命。过多地减小灯丝电流会引起电子管的工作变坏，而涂有氧化物或钨阴极的电子管要减少使用寿命。灯丝电压改变 $\pm 10\%$ 通常认为是可以的。但是经验表明，为了使电子管能长期工作（到2000小时或更多），应当消除甚至是不大地超过灯丝额定的电压，并应尽量使其在比额定低5—10%的电压下工作。

因此，实际上对二极管唯一感兴趣的关系是阳极电流与阳极电压的关系。实际上在整流线路中二极管就是在阳极电压改变的条件下工作的。因为在二极管阳极上加的是网络电压（图30）。

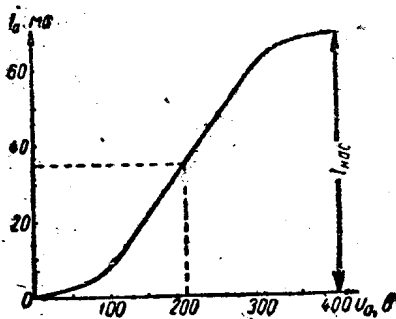


图3 二极管的特性曲线

在图3为二极管的特性曲线。这里用伏特表示的阳极电压 U_a 放在横轴上，而用毫安表示的阳极电流 I_a 放在纵轴上。阳极电流与阳极电压的关系图是一条由横纵二轴交点，也即相当于阳极电压和阳极电流为零点开始的曲线。这就是说，当没有阳

极电压时也没有阳极电流，因为电子不被阳极吸引。

严格地講，二极管的特性曲綫並不从阳极电流的零点开始，而是从其某一負值开始。因为在阳极电压不存在时，某些具有特別大的初速度的电子当从阴极飞出后要穿过电子云（空間电荷区域）而到达阳极。

当求电子管阳极电流与阳极电压的关系时，灯絲电压維持不变。阳极电压由产生阳极电流的那个数值开始，变化到包括对我们有实际意义的一段的另一数值，或者是变化到饱和电流出現为止。

当出現阳极电压时阳极电流也出現。它随着阳极电压的增加而增加，开始慢，而后快。在中間部分特性曲綫是直綫性的。这点說明，在这一段内当阳极电压增加时，阳极电流是均匀地在上升。当进一步增加阳极电压时，阳极电流的增长要变慢，並且最后根本停止增长，阳极电流达到等于发射电流的饱和电流 I_{HAC} 。这意味着，在那种温度下所有阴极放出来的电子都被阳极吸引去了。

按照二极管特性曲綫的形状，可以很清楚地分成三个不同的部分：底下的曲綫部分，所謂特性曲綫的下部弯曲，中間直綫部分和上面的曲綫部分；所謂特性曲綫的上部弯曲。根据特性曲綫可以很容易地在任一阳极电压下找出二极管的电流。为此，在横軸上找出相当于阳极电压指定值的那一点，再从此点做垂綫与曲綫相交。从交点做水平綫与縱軸相交，在縱軸上的交点就給出阳极电流的大小。

比如在图3中就是为了要找到相当于阳极电压 $U_a=200$ 伏时的阳极电流所做的綫。此时 $I_a=35$ 毫安。

当二极管的阳极电压不断改变时，如像二极管用做交流电压的整流时（見图30），二极管的阳极电流同样也不断地在改变。在阳极电压改变下阳极电流究竟如何改变同样也可由二极管的特性曲綫来确定。在图4中就表示了如何利用作图綫来达到这一点。这里在图形的中間繪出二极管的特性曲綫，再从它的下面

做出表示加到二极管上的網絡交流正弦阳极电压。阳极电压的图形不是像通常那样由左向右做出，而是由上向下。交流电压图形的時間 t 軸放成垂直方向。这样做的目的是为了 使标有阳极电压 U_a 的二极管特性曲綫的軸与交流电压图形的电压軸相重合。

为了找出相当于交流阳极电压图形上任一点的阳极电流是多 大数值，从这一点引一垂綫与二极管特性曲綫相交就可以了。由 电压軸到交点这段垂綫的大小就相当于阳极电压图形上該点的阳 极电流。做出交流电压图形上数点的引綫以后就可以找到阳极电 流的图形。在图 4 中这个图形是做在二极管特性曲綫的右面。对 于阳极电流的图形而言，阳极电流 I_a 的軸是縱軸，而時間 t 的軸 是橫軸。根据交流阳极电压图形上的 a, b, c, d 等各点在二极 管特性曲綫上找出与其相应的 a', b', c', d' 等点，再根据这些 点找出阳极电流图形上的相应 a'', b'', c'', d'' 等点，連接这 些点成一条連續的綫以后就得到阳极电流的图形。

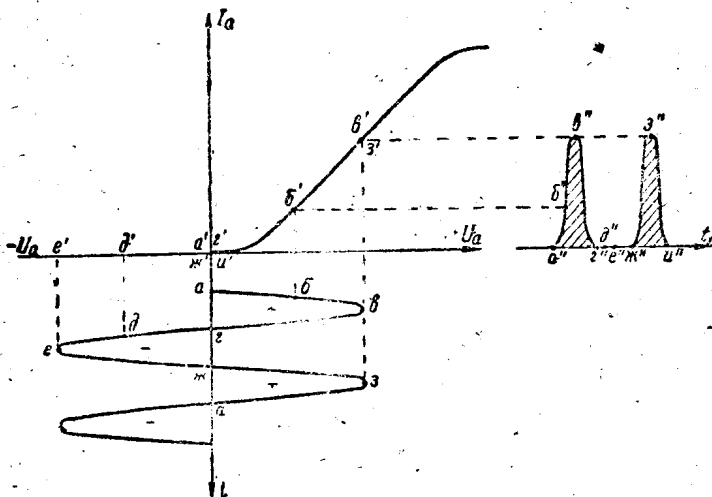


图 4 根据二极管的特性曲綫繪出其陽极电流图形

从以上的繪图中也可以看到，只有当阳极电压为正时經過电