

7691

电子工业工人技术等级培训教材
(电子元件专业)

电 位 器

卜寿彭 主编



电子工业出版社

电子工业工人技术等级培训教材

电 位 器

卜寿彭 主编

電子工業出版社

(京)新登字 055 号

内 容 提 要

电位器作为基础电子元件是一种连续可调的电阻器。本书主要介绍电位器的种类、特性、测试、结构和材料，常用的几种电位器的性能、材料、制造工艺和成品检验等。适合电子行业元件制造的初、中、高技术工人作培训教材用。

电子工业工人技术等级培训教材

电 位 器

卜寿彭 主编

责任编辑 和德林

电子工业出版社出版

(北京海淀区万寿路 173 信箱)

电子工业出版社发行 各地新华书店经售

中国科学院印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/32 印张: 6 字数: 135 千字

1995 年 8 月第一版 1995 年 8 月第一次印刷

印数: 1—1500 册 定价: 9.00 元

ISBN 7-5053-2987-1/G · 246

出版说明

为了适应电子科学技术飞速发展,提高电子工业技术工人素质,劳动部与电子工业部颁发了《电子工业工人技术等级标准》。根据新标准,电子工业部组织有关省市电子工业主管部门和企事业单位有关人员成立了“电子整机专业”,“家用电子产品维修专业”,“真空电子器件、接插件、继电器、绝缘介质专业”,“半导体器件及集成电路专业”,“计算机专业”,“磁性材料、电池专业”,“电子元件专业”共七个工人技术培训教材编审委员会。制定了19个专业、311个工种的教学计划、教学大纲。并根据计划大纲的要求,制定了1993~1995年培训教材编审出版规划。列入规划的教材78种和相应的教学录像带若干种。

这套教材的编写是按“技术工人要按岗位要求开展技术等级教育”的要求,以文化课为专业课服务,专业课为提高工人实际操作和分析解决生产实际问题的能力服务为原则。教材既注重了电子工业技术工人要有一定专业理论的要求,又克服了以往工人培训教材片面强调理论的倾向;保证了必要的知识传授,又强调了技能培训和解决生产实际问题能力的培养。

这套教材在认真研究了311个工种的共性基础知识要求的基础上,编写了八种统编教材,供311个工种工人进行基础知识培训时选用;并以19个专业为基础,根据每个专业性的专业知识、专业技能编写了70种教材供311个工种工人进行

专业知识、专业技能培训时使用。

每种教材在反映初、中、高三级技术工人培训的不同要求的基础上,注意了基础知识、专业知识、专业技能培训的系统性。因此,多数教材是初、中、高三级合在一起的,更好地体现由浅入深、由低及高的教学规律。

但在教材编写上,针对工人培训的特点,突出教材的实用性、针对性,力求文字简练、通俗易懂、内容上紧密结合教学大纲要求,使教师易于施教,工人便于理解和操作。知识性强的教材,每章后配有练习题和思考题,以便巩固应掌握的知识。技术性强的教材,配有适当的技能训练课目,以便提高工人操作技能。在有关工艺和设备的教材中,主要介绍了通用性较强的内容和典型产品、设备,对于使用这类教材的工厂企业,由于各自的产品、设备不同可自编相应的补充讲义与教材结合起来进行培训。另外,为适应技术发展、工艺改革、设备更新的需要,这套教材在编写中还注意了新技术、新工艺、新设备及其发展趋势,以拓宽工人的知识面。

参加这套教材编审工作的有北京、天津、上海、江苏、陕西五省市电子工业主管部门和河北、河南、山东、山西、辽宁、江西、四川、广东、湖南、湖北等十个省市的有关单位的专家、技术人员、教师等。在此谨向为此付出艰辛劳动的全体编审人员和各地、各单位支持这项工作的领导表示衷心感谢。

由于电子工业的迅速发展,这套教材的涉及面广、实用性强,加之编写时间仓促,教材中肯定有不妥之处,恳请使用单位提出宝贵意见。以便进一步修订,使之更加完善。

电子工业部

1993年7月

目 录

第一章	电位器概述	1
第一节	电位器的定义	1
第二节	电位器的分类	4
第三节	额定功耗和标称阻值系列	7
第二章	电位器的基本特性和测试	10
第一节	电位器的输出比和衰减	10
第二节	电位器的电阻-行程特性	11
第三节	电位器的几种阻值	13
第四节	电阻规律	14
第五节	同步误差	25
第六节	电位器的噪声	25
第七节	分辨力与跳变电压	30
第八节	接触电阻	34
第九节	开关接触电阻和开关负载	35
第十节	绝缘电阻和绝缘耐压	36
第十一节	牵动误差	37
第十二节	电位器的力学参数	38
第三章	电位器的基本结构、材料及产品质量初析	42
第一节	电位器的基本结构和材料	42
第二节	影响电位器成品质量的因素	51
第四章	线绕电位器	57
第一节	线绕电位器的分类及特点	57
第二节	线绕电位器的一般结构	58
第三节	特殊用途的函数式电位器	64

第四节	电位器电阻体的制造	65
第五节	滑动臂及电刷	81
第六节	电位器的装配	81
第七节	线绕电位器的质量分析	88
第五章	合成碳膜电位器	91
第一节	碳膜电位器的特点	91
第二节	碳膜电位器的基本类型和性能要求	92
第三节	电阻体制造	97
第四节	电位器的装配	116
第五节	电参数测量及标志	123
第六章	有机合成实芯电位器	126
第一节	有机实芯电位器的特点	126
第二节	有机实芯电位器的性能和制造工艺	127
第三节	导电基座的制造	128
第四节	碳刷的制造	137
第五节	电位器的装配	140
第六节	电位器的密封	143
第七节	电位器的成品检验及包装	145
第七章	金属玻璃釉电位器	146
第一节	金属玻璃釉电位器的特点及基本类型	146
第二节	金属玻璃釉浆料	152
第三节	电阻体制造	156
第四节	电位器结构方面的特点	166
第八章	其它类型电位器	175
第一节	导电塑料电位器	175
第二节	金属膜电位器	182
第三节	金属箔电位器	184

第一章 电位器的概述

第一节 电位器的定义

电位器是一种连续可调的电阻器。它靠动触点在电阻体上滑动,从而得到与其输入电压和动触点位移(或转角)成一定关系的电压输出,具有调节电路工作状态的功能。电位器是基础电子元件之一。

电位器作分压器使用时,是个四端元件,如图 1-1(a) 所示,其中 U_{13} 为输入电压, U_{12} 为输出电压,动触点把 R_{13} 分成 R_{12} 和 R_{23} 两部分。输出电压 U_{12} 是从 R_{12} 上取得的一个分压。1,2,3 分别为电位器的三个引出端。

电位器也可用作变阻器,主要用于调节电流,如图 1-1(b)

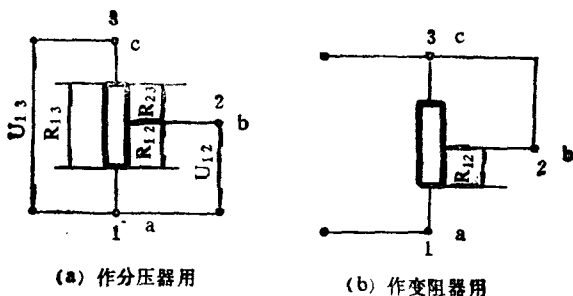


图 1-1 电位器的接线图

所示。2,3 端短接成一个引出端,组成一个可变的阻值 R_{120} 。

一、电位器引出端名称

电位器与外电路连接时需规定引出端的名称。如 a 是动触点按逆时针方向调节到机械止挡时的引出端; b 是连接动触点的引出端; c 是与 a 相对的另一个终端引出端。有时也可用 1、2、3 三个数字或黄、红、绿三种颜色表示三个引出端。为了书写方便起见,本书采用数字表示。

二、电位器的旋转方向

为使电位器的旋转方向有一个统一规定,取面向电位器驱动机构的那一面,顺时针旋转称正向,逆时针旋转称反向。

三、运转周(简称周)

对于单圈和多圈电位器运转一周,是指动触点从电阻体的一端到另一端,并再回到原端的行程;对于连续旋转的电位器运转一周是指动触点在同一方向旋转两个 360° 。

四、圈数

在总机械行程中,驱动机构完成(或接近完成) 360° 旋转的总次数称为电位器的圈数。一般电位器的圈数为 1, 螺杆驱动电位器一般为 5~25 圈。

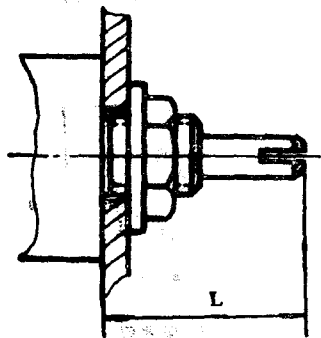


图 1-2 电位器轴端长度示意图

五、电位器的轴长和轴端结构

电位器的轴长并非指电位器转轴的长度,而是指电位器安装基准面至轴端的长度 L 。是电位器安装时要求的尺寸。如图 1-2

所示。

轴长尺寸系列为: 6, 10, 12.5, 16, 25, 30, 40, 50, 63 和 80 毫米。轴的直径系列为 2, 4, 6, 8 和 10 毫米。轴端倒角为: $40^{\circ} \sim 50^{\circ}$, 倒角深度为直径的 5~10%。

轴端结构按使用要求确定, 它的种类很多。图 1-3 所列为国际电工委员会 (IEC) 标准中常用的几种: 普通圆柱轴、带槽轴、扁平轴、滚花轴、带槽滚花轴、空心轴和双平面轴

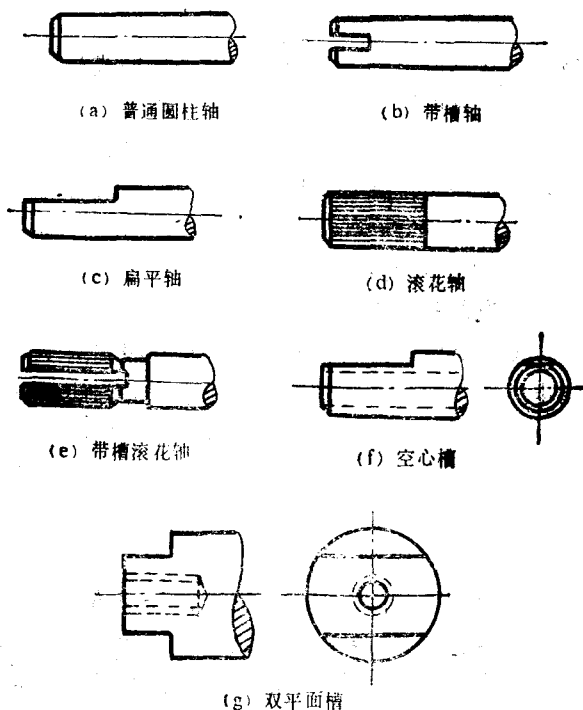


图 1-3 电位器的轴端结构

等。其相当于我国 NE0, 010, 030 标准中的 ZS-1 光滑的、ZS-3 带起子槽的、ZS-5 带平面的、ZS-10 带滚花的及 ZK-2 带平面空心的。

第二节 电位器的分类

电位器的品种和结构形式多种多样,分类方式也很多,生产中常采用表 1-1 所示的分类。

一、按接触方式分类

电位器按动触点的接触方式可分为接触式和非接触式两大类。动触点与电阻体作机械接触来实现电连接的电位器称接触式电位器。不依靠动触点与电阻体接触,而是通过其它方式来获得电压输出,因而没有摩擦力矩,也没有磨损的电位器称非接触式电位器。如光电电位器和磁敏电位器。后者属敏感元件,本书不作介绍。

二、按电阻体材料分类

电位器按其电阻体材料分为线绕和非线绕两大类电位器。将电阻合金线绕在骨架上制成电阻体的称线绕电位器;除此以外的电位器统称为非线绕电位器。非线绕电位器又可分为合成型,厚膜型,薄膜型和金属箔型。大量常用的是合成型和厚膜型的电位器。

三、按用途分类

按用途分类可分为:普通电位器、精密电位器、功率电位器、预调(或微调)电位器和专用电位器。对电阻规律精度、总阻值精度及稳定性等要求不高的电位器称普通电位器。它在电子设备中做一般调节用。对电阻规律精度、总阻值精度及稳定性要求较高的称精密电位器。它在电子设备中做精密调

表 1-1 电位器分类表

类 型 方式		接 触 式		非 接 触 式	
电 阻 体 材 料	线绕	线绕型	线绕电位器	光敏 (光电)	电阻型光电 电位器
	非 线 绕	金属箔型	金属箔电位器		结型光电 电位器
		薄膜型	金属膜电位器、金 属氧化膜电位器	磁 敏	一般磁敏 电位器
		厚膜型	金属玻璃釉电位器		磁敏二极 管电位器
		合成型	合成碳膜电位器 有机实芯电位器 导电塑料电位器		
用 途	普通电位器,精密电位器, 功率电位器,微调电位器, 预调电位器,高频电位器, 快速电位器,耐热电位器, 高压电位源,聚焦电位器,				
结 构 (特 点) 和 调 节 方 式	单圈电位器,多圈电位器, 单联电位器,多联电位器, 双电位器, 推拉开关电位器,旋转开关 电位器, 锁紧式电位器,抽头式电位 器,密封电位器, 螺杆驱动电位器,直滑式电 位器,旋转式电位器				
电 阻 规 律	线性	直线式电位器			
	非线性	对数式电位器,反转对数式电 器,其它函数式电位器			

节或精密机电转换元件作用。额定功耗较大的电位器称功率电位器。它能承受较大的功耗,其额定功耗自几瓦到一百瓦。适用于精密调节或其它类似用途的,而且在使用时动触点滑动的行程远比普通电位器要小的电位器称微调或预调电位器。它们通常调定后不再经常调节。用作专门用途的电位器称专用电位器,如高频电位器、高压电位器、耐热电位器、快速电位器及聚焦电位器等。

四、按结构特点和调节方式分类

电位器按驱动机构的调节方式可分为。旋转式和直滑式两类。驱动机构作旋转运动电位器属旋转式电位器;驱动机构作直线运动的属直滑式电位器。

电位器结构特点分为单圈电位器、多圈电位器、单联电位器、多联电位器、带开关电位器、锁紧电位器、抽头电位器、螺杆驱动电位器和密封电位器等。电阻体小于或等于 360° 的圆形或马蹄形电位器称单圈电位器。电阻体呈多圈螺旋形的称多圈电位器,它的总角度为 $360^\circ \times n$ (圈数)。独立的一个电位器称单联电位器;由两个或多个组合成并用一公共轴调节的称多联电位器;有两个工作部分并分别用两个同心轴独立调节的称双电位器;由驱动机构驱动开关的为带开关电位器。开关的形式有多种,如推拉式、旋转式(正开关和反开关)等;开关还分单刀单掷和双刀双掷等。电位器的驱动机构调定后可用锁紧装置加以固定的称锁紧式电位器。电阻体上有一个或几个抽头引出端的称抽头式电位器。为了适合微量调节,带有一个螺杆作为多圈的驱动机构的称螺杆驱动电位器;带有密封结构以阻止微粒或液体进入电位器内部电位器称密封电位器。

五、按电阻规律分类

按电阻规律分电位器可分为线性和非线性两大类。电阻规律为直线关系的称线性(或直线)规律电位器,也叫做规律 A 电位器。电阻规律不是线性关系的称非线性电位器。非线性电位器中常用的有对数式(亦称规律 B)和反转对数式(亦称规律 C)电位器。还有其他函数电阻规律的电位器,如正弦和余弦电位器等。图 1-4 示出电位器的 A、B 和 C 电阻规律曲线。

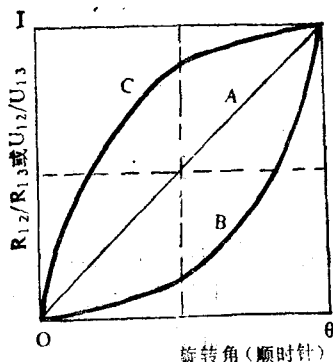


图 1-4 直线(A)、对数(B)、和反转对数(C)电位器的电阻规律

第三节 额定功耗和标称阻值系列

一、额定功耗

按国际电工委员会规定,额定功耗是在 70°C 环境温度下,对产品进行电气耐久性试验,其阻值变化不大于规定值时,电阻体允许的最大功耗。它的大小与电位器的尺寸、材料和结构有关。电位器与固定电阻器类似,当环境温度低于 70°C 时可满负荷使用。当环境温度高于 70°C 时,应降低负荷

使用,减负荷曲线见固定电阻器一书中的图 1-2。

一般在下列情况下,功耗需加以修正:

(1) 对高阻值的电位器因受电阻体极限电压的限制达不到额定功耗的。

(2) 对高于 70°C 温度下的功耗,应参照有关详细规范中的减负荷曲线选定。

(3) 对于仅使用引出端 1 和 2 或者 2 和 3, 驱动机构的行程小于有效电行程,动触点电流受极限动触点电流的限制,电阻体达不到额定功耗。

非线绕电位器的额定功耗的优选值为 0.063, 0.125, 0.25, 0.5, 0.75, 1, 2 和 3 瓦; 对线绕电位器为: 0.5, 0.75, 1, 1.6, 3, 5 和 10 瓦; 大功率电位器可高达 16, 25, 40, 63 和 100 瓦。

二、类别温度

电位器可以连续工作的环境温度称类别温度。电位器所用材料的耐温性能限制了电位器连续工作的环境温度范围, 亦即类别温度范围。因此需规定上限和下限类别温度: 在低于额定功耗(即类别功耗)下, 连续工作的最高环境温度称上限类别温度, 系列为: $+70^{\circ}\text{C}$, $+85^{\circ}\text{C}$, $+100^{\circ}\text{C}$ 和 $+125^{\circ}\text{C}$; 电位器可以连续工作的最低环境温度称下限类别温度, 系列为 -65°C , -55°C , -40°C , -25°C 和 -10°C 。

三、电阻体极限电压

电阻体极限电压是可以施加在电阻体两端的最大直流电压或交流电压的有效值。采用交流时, 其电压峰值不得超过有效值的 1.42 倍。该电压仅施加在电阻值等于或大于临界值的电位器上。非线绕电位器的极限电压系列为 63, 100, 150, 200, 250, 350, 500, 750 和 1000 伏; 线绕电位器为 160, 200, 315, 400, 500, 630 和 1000 伏。

四、标称阻值

标志在电位器上的阻值称标称阻值，是指电位器引出端1,3端之间的电阻值。标称阻值系列常用 E6 或 E12 系列。允许偏差，非线绕电位器有 $\pm 30\%$, $\pm 20\%$, $\pm 10\%$, $\pm 5\%$ 以及 $\pm 2\%$ ；线绕电位器有 $\pm 10\%$, $\pm 5\%$, $\pm 2\%$ 以及 $\pm 1\%$ ；精密线绕电位器为 $\pm 0.5\%$, $\pm 0.3\%$, $\pm 0.2\%$ 和 $\pm 0.1\%$ 。

有关电位器的型号命名，可参阅固定电阻器一书的第一章。

思 考 题

1. 电位器是怎样分类的？
2. 电位器作分压器用以及作变阻器用的接线图是怎样的？
3. 试说明电位器的减负荷曲线（亦称降功耗曲线），电阻体的极限电压表示什么？
4. 电位器的电阻规律 A、B 和 C 各表示什么？
5. 有哪儿种主要轴端结构？电位器的轴长指什么？

第二章 电位器的基本特性和测试

电位器属于机电转换元件。它的基本特性和主要参数反映动触点在电阻体上的位置与电量之间的关系。另外，电位器也具有固定电阻器的大部分技术参数，如电性能和热性能等。关于这部分可参阅固定电阻器一书的第二节。本章只讨论反映电位器独有的基本特性。

第一节 电位器的输出比和衰减

输出比是输出电压 U_{12} 与外加输入电压 U_{13} 的比值，记作：

$$k = \frac{U_{12}}{U_{13}} \quad (2-1)$$

输出比通常用百分数表示，它主要反映动触点在电阻体上的位置，在检测时常用来判定动触点的接触稳定性。

输出比采用恒压法测量，将动触点调到电行程的 40% ~ 60% 之间，在引出端 1 与 3 之间施加不超过表 2-1 规定的电压，用高阻电压表测量引出端 1 与 2 之间的电压，然后按式(2-1)式计算。

动触点引出端与其中一个终端引出端之间所能获得的最小输出电压与总外加电压之比称为最小输出比。

输出比的倒数，以分贝 (dB) 表示，称为衰减，按下式计算：