

● 林其鎏 编著

电子 仪器 维修 技术



人民邮电出版社

电子仪器维修技术

林其鑫 编著



人民邮电出版社

8710471

内 容 提 要

本书首先简要地介绍维护电子仪器的基本知识、检修电子仪器的一般程序、查找电子仪器故障原因的基本步骤以及选用测试仪器的基本方法,然后分别论述了万用电表、电子电压表、电子示波器、晶体管特性图示仪、频率特性测试仪、信号发生器、交流和直流稳压电源、数字频率计、数字电压表等常用电子仪器的基本原理、检修故障的程序、常见故障检修实例以及修复后的定量测试方法等。

读者对象:电子仪器的维修人员,使用、生产、研制电子仪器的工程技术人员,有关专业的师生。

DL5/05

电 子 仪 器 维 修 技 术

林其鏊 编著

责任编辑:陈涛

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

河北省邮电印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

开本: 787×1092 1/16

1986年11月第 一 版

印张: 24 页数: 192

1986年11月河北第1次印刷

字数: 600 千字

印数: 1—15,000册

统一书号: 15045·总3287—普810

定价: 3.85 元

1720172

前 言

随着我国电子工业的发展,电子仪器的品种类型与日俱增,其使用范围也更加广阔。大部分的电子仪器都比较精致贵重,并且受温度、湿度等环境条件以及使用条件的影响很大,经常会出现各种故障现象。为了更好地维护与检修电子仪器,广大用户迫切希望有一本内容比较系统实用,叙述比较通俗详细的电子仪器维修技术读物,作为指导、参考和自学入门之用。本书就是为了满足这种需求而编写的。

作者长期从事电子仪器与测量的技术和教学工作,深知随着电子线路原理、电子测量技术和电子器件产品的发展与创新,各种电子仪器不断地更新换代,增大了维修工作的复杂程度。但只要采取适当的维护措施,遵循科学的检修程序,了解仪器的技术性能,研究电路的工作原理,熟悉基本的测量方法和掌握故障的检查技巧,就不难探索出其规律性,得心应手地搞好电子仪器的维修工作。

本书内容共分十二章,第一章介绍维护电子仪器的基本措施和检修电子仪器的一般程序;第二章论述检查电子仪器故障原因的方法、要领;第三章说明各类测试仪器的选用方法;第四章至第十二章分别介绍常用电子仪器的检修方法,在简要说明其技术性能、电路结构和基本原理的基础上,结合常见故障检修实例,阐明检修各类电子仪器的具体步骤和故障原因的分析测试。

在本书编写过程中得到孙文治、鲍松令同志的大力协助,在此表示感谢!

由于作者水平有限,编写时间比较仓促,不妥之处尚望读者批评指正。

林其鑒于南京工学院

目 录

第一章 维修电子仪器的基本知识	(1)
1—1 概述	(1)
1—2 维护电子仪器的基本措施	(2)
一、防尘、去尘	(2)
二、防潮、驱潮	(2)
三、防热、排热	(3)
四、防震、防松	(3)
五、防腐蚀	(4)
六、防漏电	(4)
七、定性测试	(5)
八、周期检定	(5)
1—3 使用电子仪器的注意事项	(7)
一、仪器开机前注意事项	(7)
二、仪器开机时注意事项	(7)
三、仪器使用时注意事项	(8)
四、仪器停用后注意事项	(8)
1—4 检修电子仪器的一般程序	(9)
一、了解故障情况	(9)
二、观察故障现象	(9)
三、初步表面检查	(10)
四、研究工作原理	(11)
五、拟定测试方案	(12)
六、分析测试结果	(12)
七、查出毛病整修	(14)
八、修后性能检定	(14)
九、填写检修记录	(14)
1—5 电子仪器修理室的装备条件	(15)
一、测试仪表	(15)
二、装修工具	(16)
三、维修材料	(17)
四、技术资料	(18)
第二章 检查电子仪器故障原因的基本方法	(19)
2—1 不通电观察法	(19)
2—2 通电观察法	(20)
2—3 对症下药法	(21)
2—4 测量电压法	(22)

2—5	波形观测法	(23)
2—6	信号注入法	(25)
2—7	信号寻迹法	(26)
2—8	电容旁路法	(27)
2—9	分割测试法	(28)
2—10	器件替代法	(30)
2—11	改变现状法	(31)
2—12	整机比较法	(33)
2—13	测量电阻法	(34)
2—14	测试器件法	(35)
第三章	测试仪器的选用方法	(37)
3—1	电压测试仪器的选用方法	(37)
3—2	电流测试仪器的选用方法	(39)
3—3	电路元件测试仪器的选用方法	(40)
一、	万用电表	(40)
二、	阻抗电桥	(42)
三、	高频电感-电容测量仪	(43)
四、	Q表	(43)
3—4	电子器件测试仪器的选用方法	(44)
一、	电子管测试仪	(44)
二、	晶体管测试仪	(45)
三、	集成电路测试仪	(51)
3—5	信号波形参数测试仪器的选用方法	(56)
一、	电子示波器的选用方法	(56)
二、	使用电子示波器测定信号频率的方法	(57)
三、	使用电子示波器测定相位角的方法	(58)
四、	使用电子示波器测定调幅度的方法	(58)
3—6	信号发生器的选用方法	(59)
一、	音频信号发生器	(59)
二、	高频信号发生器	(59)
三、	脉冲信号发生器	(60)
3—7	稳压电源的选用方法	(60)
第四章	万用电表的检修	(62)
4—1	概述	(62)
4—2	万用电表的基本原理	(64)
一、	测量直流电流的电路原理	(64)
二、	测量直流电压的电路原理	(65)
三、	测量交流电压的电路原理	(66)
四、	测量直流电阻的电路原理	(67)
五、	测量电感-电容的电路原理	(71)
六、	测量晶体三极管 $h_{FE}(\bar{\beta})$ 值的电路原理	(73)

4—3	万用电表的检修程序	(74)
4—4	表头的一般整修	(76)
一、	表针打弯	(77)
二、	表针呆滞	(77)
三、	表针卡阻	(78)
四、	机械“调零”失灵	(78)
五、	灵敏度下降	(78)
4—5	万用电表常见故障检修实例	(78)
一、	各项测量均无指示	(79)
二、	测阻档级不正常	(79)
三、	直流测压误差大	(80)
4—6	万用电表的定量测试方法	(81)
一、	表头灵敏度和内阻的定量测试	(82)
二、	直流档级的定量测试	(82)
三、	交流档级的定量测试	(83)
四、	测阻档级的定量测试	(83)
五、	L—C 档级的定量测试	(83)
第五章	电子电压表的检修	(85)
5—1	概述	(85)
5—2	电子电压表的基本原理	(87)
一、	单级电子电压表	(87)
二、	放大检波式电子电压表	(88)
三、	检波放大式电子电压表	(88)
四、	外置式电子电压表	(90)
五、	交流电子电压表	(92)
5—3	电子电压表的检修程序	(95)
5—4	电子电压表常见故障检修实例	(97)
一、	“调零”不正常	(97)
二、	无测压指示	(100)
三、	灵敏度下降	(103)
四、	读数不稳定	(104)
5—5	电子电压表的定量测试方法	(105)
第六章	电子示波器的检修	(108)
6—1	概述	(108)
6—2	电子示波器的基本原理	(113)
一、	示波管的工作原理	(113)
二、	多用示波器	(118)
三、	双踪示波器	(128)
四、	取样示波器	(131)
6—3	电子示波器的检修程序	(134)
6—4	电子示波器常见故障检修实例	(139)
一、	开机时烧保险丝	(139)

二、无光迹显示	(143)
三、无扫描时基显示	(148)
四、无波形显示	(157)
五、波形不稳定	(157)
6—5 电子示波器的定量测试方法	(162)
一、S 03型示波器校准仪的使用方法	(162)
二、示波器的一般定量测试与技术调整	(166)
第七章 晶体管特性图示仪的检修	(168)
7—1 概述	(168)
7—2 晶体管特性图示仪的基本原理	(170)
一、晶体管特性曲线的描绘方法	(170)
二、JT-1型晶体管特性图示仪的整机工作原理	(171)
三、JT-1 型仪器的基极阶梯信号源工作原理	(173)
7—3 晶体管特性图示仪的检修程序	(181)
7—4 晶体管特性图示仪常见故障检修实例	(185)
一、无阶梯信号	(185)
二、阶梯信号不稳定	(187)
三、曲线回形失真	(189)
7—5 晶体管特性图示仪的定量测试方法	(193)
一、直流平衡	(193)
二、放大器灵敏度的校正	(194)
三、阶梯信号的校正	(195)
第八章 频率特性测试仪的检修	(198)
8—1 概述	(198)
8—2 频率特性测试仪的基本原理	(202)
一、调频与扫频	(202)
二、扫频电路	(203)
三、整机结构与工作过程	(207)
四、频标发生器	(209)
8—3 频率特性测试仪的检修程序	(211)
8—4 频率特性测试仪常见故障检修实例	(217)
一、无扫频输出	(217)
二、寄生调幅大	(220)
三、无频标显示	(221)
8—5 频率特性测试仪的定量测试方法	(222)
一、中心频率范围的测定	(222)
二、扫频输出电压的测定	(224)
三、寄生调幅系数的测定	(224)
四、Y放灵敏度的测定	(224)
第九章 信号发生器的检修	(226)
9—1 概述	(226)
9—2 信号发生器的基本原理	(228)

一、音频信号发生器	(228)
二、高频信号发生器	(233)
三、脉冲信号发生器	(236)
9—3 信号发生器的检修程序	(243)
9—4 信号发生器常见故障检修实例	(244)
一、XD-1型仪器常见故障检修	(244)
二、XB-18型仪器常见故障检修	(252)
三、脉冲信号发生器常见故障检修	(255)
9—5 信号发生器的定量测试方法	(260)
一、音频信号发生器的定量测试	(260)
二、高频标准信号发生器的定量测试	(261)
三、超高频标准信号发生器的定量测试	(262)
四、脉冲信号发生器的定量测试	(262)
第十章 稳压电源的检修	(264)
10—1 概述	(264)
10—2 稳压电源的基本原理	(266)
一、电子管直流稳压电源	(266)
二、晶体管直流稳压电源	(270)
三、集成电路直流稳压电源	(275)
四、电子交流稳压电源	(277)
10—3 稳压电源的检修程序	(280)
10—4 稳压电源常见故障检修实例	(283)
一、晶体管直流稳压电源的检修	(283)
二、电子管直流稳压电源的检修	(285)
10—5 电源变压器的经验计算	(289)
一、E型铁芯普通电源变压器	(290)
二、C型铁芯普通电源变压器	(291)
三、磁饱和变压器的经验计算	(293)
10—6 稳压电源的定量测试方法	(295)
一、直流稳压电源的定量测试	(295)
二、交流稳压电源的定量测试	(298)
第十一章 数字频率计的检修	(300)
11—1 概述	(300)
11—2 数字频率计的基本原理	(302)
一、测量频率的基本原理	(302)
二、测量周期的基本原理	(302)
三、测量频率比的基本原理	(303)
四、整机逻辑功能的基本原理	(304)
五、测频“自校”的基本原理	(305)
六、十进制计数器的基本原理	(306)
七、译码—显示电路的基本原理	(314)
11—3 数字频率计的检修程序	(316)

11—4 数字频率计常见故障检修实例	(326)
一、数字“停零”	(326)
二、数字“停位”	(330)
三、数字“错计”	(334)
四、数字“乱计”	(338)
五、数字“累计”	(339)
六、数字“重码”	(341)
七、数字“单计”	(342)
八、无“变频”计数	(343)
11—5 数字频率计的定量测试方法	(345)
第十二章 数字电压表的检修	(347)
12—1 概述	(347)
12—2 数字电压表的基本原理	(350)
一、A-D变换器	(350)
二、AC-DC(交流—直流)转换器	(356)
三、R-V(电阻—电压)转换器	(358)
四、I-V(电流—电压)转换器	(359)
12—3 数字电压表的检修程序	(359)
12—4 数字电压表常见故障检修实例	(362)
一、测压不正常	(362)
二、个别数字“定码”	(363)
三、显示满值电压	(366)
四、测量数字不稳定	(370)
五、数字“停零”不能测压	(371)
12—5 数字电压表的定量测试方法	(373)

第一章 维修电子仪器的基本知识

1-1 概 述

电子仪器是泛指一切利用电子学原理进行测量的仪表、仪器、装置、系统和辅助设备。其中常用的有万用电表、电子电压表、电子示波器、频率计、阻抗电桥、Q表、调制度测量仪、失真度测量仪、频率特性测试仪、频谱分析仪、信号发生器、晶体管特性图示仪和稳压电源等。随着电子测量技术的发展和电子工业水平的提高,国产电子仪器的品种不断增多,类型也日新月异,并朝着多功能化、数字化、集成化、自动化和系统化的方向迅速发展。

电子仪器具有功能多、量程广、频率宽、精度高、测速快及便于实现遥控遥测等许多优点,应用换能技术又可将温度、压力、振动、速度等各种非电量,转变为便于观察、记录和测量的电量,因此,电子仪器的使用范围,已扩大到几乎所有的科学技术领域和国民经济部门,成为教学、科研、生产、通信、医疗和国防等方面不可缺少的测量工具。

电子仪器是由电阻、电容、电感等元件和电子管、晶体管、集成电路等器件连接成的各种电子线路,以及相应的指示器、显示器、记录器等终端装置组合而成的测量仪器。由于它的电路复杂,结构精巧,定量准确度要求高,并且受温度、湿度、电磁场等环境条件的影响很大,因此,对电子仪器的维护要周到,使用应正确,检修要得法。

如果对电子仪器维护不周到,比如对外表不注意防护,将会积尘沾污,损坏油漆镀层,使一台新的仪器很快脱漆生锈,破旧不堪;不注意防潮、防热,将会使内部的电源变压器、电路元件、支架、接线等的绝缘强度下降,因而产生漏电、变值、击穿、烧坏等严重故障。如果对电子仪器使用不当,比如不注意检查工作电压,而将220V交流电源加到电源电压为110V的仪器上,势必发生烧坏仪器的严重事故;操作过快过猛,将会使面板上的旋钮、开关、度盘、插口、插头、接线柱等发生松动、滑位、断裂等现象,因而牵动内部的电路,造成断线、短路、接触不良等人为故障。如果检修电子仪器不得法,比如对仪器的故障现象不加以研究分析就瞎摸乱碰,甚至随意变动电路的工作点,势必会出现毛病愈修愈多,终至无法修复;或者不懂得检修的方法,害怕动手而盲目猜测,即使产生故障的原因仅仅是由于个别器件损坏,个别元件变值,个别接点开断,也将束手无策,造成时间上和经济上很大的损失。因此,为了使电子仪器保持良好的备用状况,防止由于使用不当而造成损坏,以及按照科学的方法进行检修,就必须采取维护电子仪器的基本措施,重视使用电子仪器的注意事项,遵循检修电子仪器的一般程序。

在维修电子仪器中,经常需要检测其内部的电路参数是否正确,工作波形是否正常,器件性能是否合格等等。因此,单凭万用电表、电烙铁和螺丝起子是很难完成任务的。特别是专门的电子仪器修理部门,更要具备必要的物质条件,即配置一定品种、规格、数量的测试仪表、装修工具、维修器材和参考资料,才能有效地进行工作。

综上所述,要搞好电子仪器的维修工作,应该熟悉和实现维护电子仪器的基本措施、使

8710471

· 1 ·

用电子仪器的注意事项、检修电子仪器的一般程序和电子仪器修理室的装备条件。本章就这几方面内容，作比较系统的阐述。

1-2 维护电子仪器的基本措施

认真做好电子仪器的日常维护工作，对延长仪器的正常工作寿命，减少仪器的故障，确保安全使用和保证测量准确度等方面，都具有十分重要的作用。维护措施大致可归纳为下列八条：

一、防尘、去尘

要保证电子仪器处于良好的备用状态，首先应保持其外表的整洁。因此，防尘与去尘是一项最基本的维护措施。

大部分电子仪器都备有专用的防尘罩，仪器使用完毕应注意加罩。在使用塑料罩的情况下，最好要等待温度下降后再加罩，以免水气不易散发出去。如果没有专用的仪器罩，也应设法盖好，或将仪器放进柜橱内。玻璃纤维的罩布，对使用者的健康有危害，玻璃纤维落进仪器内也不易清除，甚至会引起元器件的接触不良和干涩等严重问题，因此严禁使用。此外，应禁止将电子仪器无遮盖地长期搁置在水泥地或靠墙的地板上。

平时要常用毛刷、干布或沾有绝缘油（如作废的变压器油）的抹布纱团，将仪器的外表擦刷干净。但不要使用沾水的湿布抹擦，避免水气浸入仪器内部而受潮，以及防止机壳脱漆部分生锈。如果发现仪器外壳沾附松香，切忌使用刀口铲刮，应该使用沾有酒精的棉花擦除；如果沾附焊油，应该使用汽油或四氯化碳擦除；如果沾附焊锡，可用刀口小心地剔下来。

对于电子仪器内部的积灰，通常利用检修仪器的机会，使用“皮老虎”或长毛刷吹刷干净。应当指出：在清理仪器内部积尘时，最好不要变动电路元件与接线的位置，以及避免拔出电子管、石英晶体、振子等插接器件。必要时应事先做好记号，以免复位时插错位置。

二、防潮、驱潮

电子仪器内部的电源变压器和其它线绕器件（如线绕电阻器、电位器、电感线圈、表头动圈等）的绝缘强度，经常会由于受潮而下降，发生漏电、击穿，甚至霉烂断线，使仪器发生故障。因此，对于电子仪器必须采取有效的防潮与驱潮措施。

首先，电子仪器存放的地点，最好选择楼上比较干燥的房间，室内门窗应朝南偏东，以利阳光照射，通风良好。

在仪器内部，或者存放仪器的柜橱里，应放置“硅胶”布袋，以吸收空气中的水分。应定期检查硅胶是否干燥（正常应呈白色半透明砂粒状）。如果发现硅胶结块变黄，表明它的吸水功能已经下降，应调换新的硅胶袋。或者把结块的硅胶加热烘干，使它恢复砂粒状后继续使用。在新购仪器的木箱内，经常附有存放硅胶的塑料袋，应拆开取出改装布袋后使用。此外，在仪器橱内，也可装置一百瓦左右的灯泡，或者二十五瓦左右的红外线灯泡，定期通电（每次照射2~4小时），这样也能有效地对仪器进行驱潮。

长期搁置不用的电子仪器,在使用之前应进行排潮烘干工作。通常可把仪器放置在大容积的恒温箱内,用 60°C 左右的温度加热 $2\sim 4$ 小时。在缺少大容积恒温箱,或者需要大量进行排潮工作时,可使用适当电功率的调压自耦变压器,先将市电交流电源的电压降低到190伏左右,使仪器在较低的电源电压下,通电 $1\sim 2$ 小时。然后再将交流电源的电压升高至220伏额定值,继续通电 $1\sim 2$ 小时。这样同样可收到排潮烘干的效果。否则,受潮的电子仪器,在使用220伏交流电源供电时,往往会发生内部电源变压器或整流电路跳火、击穿或局部短路等故障现象。

在黄梅季节,如果室内存放仪器比较集中,可关闭门窗,并使用幅射式电炉以提高室温来排除室内潮气。

根据气候变化的规律,控制仪器存放的房间门窗启闭时间,是种经济的防潮方法。通常在室内装置可换算“相对湿度”的干、湿球温度计。当室内湿度大于75%时,特别是在大雨前后,应关闭门窗。一般早晨的湿度较大,不宜过早开窗,待雾气消失,太阳出来后,再打开门窗为宜。天气晴朗时,应敞开门窗通风。有时也可利用阳光驱潮,但应避免强烈的阳光长时间照射。

三、防热、排热

绝缘材料的抗电强度会随着温度的升高而下降,而电路元件的参量也会受温度的影响(例如,碳质电阻和电解电容器等,往往由于过热而变值、损坏)。特别是半导体器件的特性,受温度的影响比较明显,例如,晶体三极管的电流放大系数(β)和集电极穿透电流(I_{ce0}),都会随着温度的上升而增大。这些情况将导致电子仪器工作不稳定,甚至发生各种故障。因此,对于仪器的“温升”,都有一定的限制,一般不得超过 40°C ;而仪器的最高工作温度,不应超过 65°C ,即以不烫手为限。通常室内温度以保持在 $20^{\circ}\text{C}\sim 25^{\circ}\text{C}$ 最为合适。如果室温超过 35°C ,应采取通风排热等人工降温措施,也可适当缩短仪器连续工作的时间,必要时,应取下机壳盖板以利散热。但应特别指出:要禁止在存放电子仪器的室内,用酒水或放置冰块降温,以免水气侵蚀仪器而受潮。

许多电子仪器,特别是消耗电功率较大的仪器设备,大多在内部装置有小型的排气电风扇,以辅助通风冷却。对于这类仪器,应定期检查电风扇的运转情况。如果运转缓慢或干涩停转,将会导致仪器温升过高而损坏。

此外,还要防止电子仪器长时间受阳光曝晒,以免使仪器机壳的漆层受热变色、开裂甚至翘起。特别是仪器的度盘或指示电表,往往因久晒受热,而导致刻度漆面开裂或翘起,造成读示不准确甚至无法使用。所以,放置或使用电子仪器的场所如有东、西向的窗户,应装置窗帘,特别是在炎夏季节,应注意放窗帘。

四、防震、防松

大部分电子仪器的机壳底板上,都安装有防震用的橡皮垫脚。如果发现橡皮垫脚变形、硬化或者脱落,应随时调换更新。

在搬运或移动仪器时应轻拿轻放,严禁剧烈震动或者碰撞,以免损坏仪器的插件和表头等器件。在检修仪器的过程中不应漏装弹簧垫圈、电子管屏蔽罩以及弹簧压片等紧固用的零件。特别在搬运笨重仪器之前,应注意检查仪器上的把手是否牢靠。对于装置有塑料或人造

革把手的仪器设备，在搬运时应手托底座，以免把手断裂而摔坏仪器。

在放置电子仪器的桌面上，不应进行敲击捶打的工作。靠近仪器集中存放的地方，不应装置或放置震动很大的机电设备。对仪器的开关、旋钮、度盘、接合器等的锁定螺丝、螺帽应注意紧固，必要时可加涂清漆，以免松脱。

新仪器拆箱启用时，应注意保存箱内原有的防震器材（如万连纸盒、泡沫塑料匣、塑料气垫、纸筋、木花等），以备重新装箱迁运时使用。

五、防腐蚀

电子仪器应避免靠近酸性或碱性物体（诸如蓄电池、石灰桶等）。仪器内部如装置有电池，应定期检查，以免发生漏液或腐烂。如果长期不用，应取出电池另行存放。对于附有标准电池的电子仪器（如数字式直流电压表、补偿式电压表等），在搬运时应防止倒置；装箱迁运时，应取出标准电池另行运送。

电子仪器如果需要较长时间的包装存放，应使用凡士林或黄油涂擦仪器面板的镀层部件（如钮子开关、面板螺丝、把手、插口、接柱等）和金属的附配件，并用油纸或蜡纸包封，以免受到腐蚀。使用时，可用干布把涂料抹擦干净。

六、防漏电

由于电子仪器大都使用市电交流电源来供电，因此，防止漏电是一项关系到使用安全的重要维护措施。特别是对于采用双芯电源插头，而仪器的机壳又没有接地的情况，如果仪器内部电源变压器的初级绕组对机壳之间严重漏电，则仪器机壳与地面之间就可能有相当大的交流电压（100~200V）。这样，人手碰触仪器外壳时，就会感到麻电，甚至发生触电的人身事故。所以，对于各种电子仪器必须定期检查其漏电程度。即在仪器不插接市电交流电源的情况下，把仪器的电源开关扳置于“通”部位，然后用兆欧表（即摇表）检查仪器电源插头对机壳之间的绝缘是否符合要求。根据一般规定，电气用具的最小允许绝缘电阻不得低于500kΩ，否则应禁止使用，进行检修或处理。

如果没有兆欧表，也可在预先采取防电措施的前提下（如戴上橡皮手套或站在橡皮垫板上操作），把被测仪器接通市电交流电源，然后使用万用电表的250V交流电压档，进行漏电程度的检查，具体做法如图1-1所示。即将万用电表测试棒之一接到被测电子仪器的机壳或“地”线接线柱上，而将另一根测试棒，碰触双孔电源插座的一端。如果无交流电压指示或者电压指示很小，再将这根测试棒调换碰触双孔电源插座的另一端，如图1-1虚线部位所示。此时，如果交流电压指示值大于50V，则表明被测仪器的漏电程度超过允许的安全值，应禁止使用，并进行检修。应当指出，由于仪器内部电源变压器变压器的静电感应作用，有时电子仪器的机壳对“地”线之间会有相当大的交流感应电压；某些电子仪器的电源变压器初级采用了电容平衡式的高频滤波电路，如图1-2所示，它的机壳对“地”线之间也会有100伏左右的交流电压。如果使用普通的验电笔碰触仪器的机壳，笔内的氖管会发亮而指示机壳带电。但是上述机壳电压都没有负荷能力，如果使用内阻较小的低量程交流电压表检测，其电压值就会下降到很小。因此，在使用验电笔检测电子仪器的机壳带电情况时，最好再用万用电表的交流电压档来进一步地检测其负荷能力，这样就比较可靠。

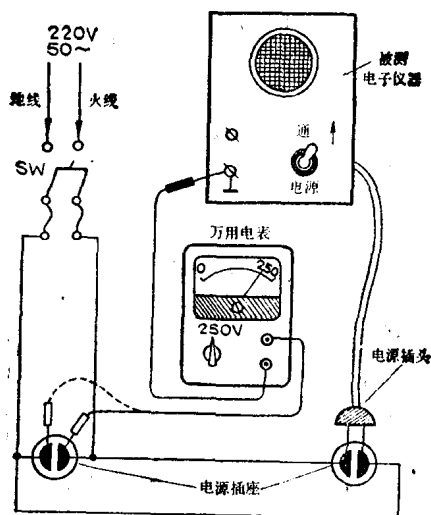


图 1-1 使用万用电表检测仪器漏电的方法

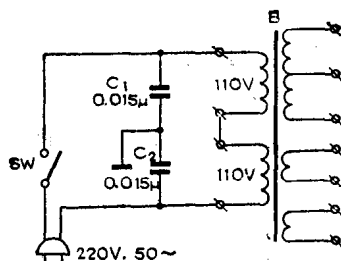


图 1-2 初级的电容平衡式高频滤波电路

七、定性测试

电子仪器在使用之前或借、还交接时，应进行定性测试，即粗略地检查仪器设备的工作情况是否正常，以便及时发现问题进行检修或校正。

定性测试的项目不要过多，测试方法也应简便可靠，只要能确定仪器设备的主要功能以及各种开关、旋钮、度盘、表头、示波管等表面器件的作用情况是否正常即可。例如，对电子电压表的定性测试，要求各电压档级的“零位”调节正常和电压“校正”准确即可；如果无“校正”电压装置，可将量程开关扳置在“3V”档级，并用手指碰触电子电压表的输入端，如果表头有指示，即表明仪表测压功能正常。又如，对电子示波器的定性测试，要求示波管的“辉度”、“聚焦”、“位移”等调节正常，以及利用本机的“试验电压”或“比较信号”能观测相应的波形即可。再如，对信号发生器，要求各波段均有输出指示即可。

八、周期检定

因为电子仪器都有一定的寿命和精确度，所以仪器使用日久，它的主要性能会逐渐下降，这就要求对仪器主要性能的指标进行定期检定。

对于一般的电子仪器，在使用了一定期限（一年左右）或者大修以后，应根据仪器说明书所给出的主要技术数据，借助标准仪器或者同类型的新仪器进行比对和校准，以检定仪器设备的性能是否下降，这也就是所谓定量测试。

精密的标准电子仪器，例如标准信号发生器、补偿式标准电压表、精密万用电桥、数字式频率计等，连续工作1000小时或存放时间达到一、二年，就有可能丧失其原有的精确度和可靠性，必须根据国家科委的规定，报请省、市标准计量局进行“法定检定”。通过法定检定后的标准精密仪器，可作为精确度等级较低的电子仪器的实用标准仪器。

准确度是各种电子仪器的主要技术性能，它的表征方式有绝对误差、相对误差、允许误差、基本误差、附加误差等。电子仪器所确定的被测参量的数值称为“标称值”。根据标准

仪器所确定的被测参量的数值称为“实际值”。标称值 A_H 与实际值 A 之差称为“绝对误差” ΔA ，即

$$\Delta A = A_H - A$$

绝对误差的负值 $(-\Delta A)$ ，即实际值与标称值之差，称为测量的“校正值”或“补值”，即：

$$\delta_A = A - A_H = -\Delta A$$

由此可知，被测参量的实际值等于仪器所测出的标称值与校正值之和。即：

$$A = A_H + \delta_A$$

测量的绝对误差 ΔA 对于测量的值标称值 A 的百分率，定义为测量的“相对误差”，即：

$$r(\%) = \frac{\Delta A}{A} \times 100$$

由于标称值 A_H 与实际值 A 的数值极其相近，在计算相对误差时，通常采用 ΔA 对于 A_H 的百分率来表示，即：

$$r_H(\%) = \frac{\Delta A}{A_H} \times 100$$

这样表征的相对误差通常称为“相对标称误差”。

采用指针式电表作为测量指示器的电子仪器，其准确度通常是以绝对误差 ΔA 对于相应量程的满度值 A_0 的百分率来表征的，称为“相对满度误差”或“相对引用误差” r_0 ，即

$$r_0(\%) = \frac{\Delta A}{A_0} \times 100$$

电子仪器的准确度，是仪器在正常的使用条件下，所允许的最大测量误差，此误差即所谓仪器的“允许误差”。

由于允许误差只是规定了误差的界限，并没有确定其符号，所以在仪器的允许误差的数字前面标以“ $\pm$ ”符号。

由于环境的条件、电源的条件以及仪器的工作频率不同，都会影响电子仪器的准确度，所以，通常以某一特定温度（ 20°C ），某一特定频率（低频仪器用 50Hz 、 400Hz 或 1000Hz ，高频仪器用 100kHz 或 1MHz ）以及额定交流电源电压（ 200V ）的条件下，所规定的允许误差作为“基本误差”；而把环境温度、工作频率和电源电压在一定范围内变动时，所导致的附加测量误差，分别称为温度附加误差、频率附加误差和电源附加误差。

例如，HCF—1型超高频毫伏表的基本误差为 $\leq \pm 3\%$ ，这是在正常使用条件下预热半小时，并以 100kHz 为基准频率来确定的。其频率附加误差则为 $5\text{kHz} \sim 500\text{MHz} \leq \pm 5\%$ ；温度附加误差为每 10°C 增加 $\pm 2\%$ ；电源附加误差是 $220\text{V} \pm 10\%$ 时，附加误差为 $\pm 1\%$ 。

周期检定就是根据精密仪器所确定的被测参量的实际值，来绘制有关电子仪器的标称值“校正”曲线或“补值”数据表，或者确定其准确度的基本误差是否合格（电子仪器的基本误差有时采用相对误差和绝对误差结合的方式来表征，前者适用于大量程的准确度，后者适用于小量程的准确度）。

实际上，在一般的装备条件下也很少有“二次”甚至“三次”传递的标准精密仪器，因此，对于通用电子仪器的性能检定，通常使用准确度较高一级的仪器进行定量测试（准确度的等级分为 0.1 、 0.2 、 0.5 、 1.0 、 1.5 、 2.5 和 4.0 等）。例如，可用数字式频率计来校正信号发生器的频率准确度；可用 2.5 级的电子电压表来校正 Q 表的 Q 值准确度（一般为 $\pm 5\%$ ）。

10%);可用1.0级的电工仪表来校正2.5级的电子电压表的电压准确度等等,这样也有助于避免测量的盲目性。

1-3 使用电子仪器的注意事项

电子仪器如果使用不当,很容易发生人为损坏事故,轻则影响测量工作,重则造成严重损坏。各种电子仪器的说明书上都规定有操作规程和使用方法,必须严格遵循。在使用电子仪器前、后以及在使用过程中,一般都应注意下述事项,以确保安全,防止事故,减少故障。

一、仪器开机前注意事项

1. 在开机通电前,应检查仪器设备的工作电压跟市电交流电压是否相符;检查仪器设备的电源电压变换装置是否正确地插置在相应电压的部位(通常有110V、127V、220V三种电源电压部位)。有些电子仪器的熔丝管插塞还兼作电源电压的变换装置,应特别注意在调换熔丝管时不能插错位置(如果使用220V电源而误插到110V位置,开机通电时就会烧断保险丝,甚至会损坏仪器内部的电路器件)。

2. 在开机通电前,应检查仪器面板上各种开关、旋钮、度盘、接柱、插孔等是否松脱或滑位,如果发生这些现象应加以紧固或整位,以防止因此而牵断仪表内部连线,甚至造成开断、短路以及接触不良等人为故障。

仪器面板上“增益”、“输出”、“辉度”、“调制”等旋钮,应依反时针向左转到底,即旋置于最小部位,防止由于仪器通电后可能出现的冲击而造成损伤或失常。如辉度太强,会使示波管的荧光屏烧坏;增益过大,会使指示电表受到冲击等等。在被测量值不便估计的情况下,应把仪器的“衰减”或“量程”选择开关扳置于最大档级,防止仪器过荷受损。

3. 在开机通电前,应检查电子仪器的接“地”情况是否良好。这是关系到测量的稳定性、可靠性和人身安全的重要问题。特别是多台电子仪器联用的场合,最好使用金属编织线作为各台仪器的接“地”连线,不要使用实芯或多芯的导线做接地线。否则,由于杂散电磁场的感应作用,可能引进干扰信号,这对灵敏度较高的电子仪器影响尤大。

二、仪器开机时注意事项

1. 在开机通电时,应先接通电子仪器上的“低压”开关,待仪器预热5~10分钟后,再接通“高压”开关。否则可能引起仪器内部整流电路的器件(整流管或滤波电解电容器等)产生跳火、击穿等故障。对于使用单一电源开关的仪器,开机通电后,也应预热5~10分钟,待仪器工作稳定后使用。

2. 在开机通电时,应注意观察仪器的工作情况,即眼看、耳听、鼻闻以检查有否不正常的现象。如果发现仪器内部有响声、臭味、冒烟等异常现象,应立即切断电源。在尚未查明原因之前,应禁止再行开机通电,以免扩大故障。