
实用电子装置 业余制作手册

任致程 主编



兵器工业出版社

5-62

实用电子装置业余制作手册

任致程 主编

月

兵器工业出版社

内 容 简 介

这是广大电子爱好者从事业余制作的实用工具书。全书共十三章，内容概括为两大部分：一是分析了电子装置的电气结构和机壳结构，说明了电子装置的可靠性、散热和防护措施以及制作要求；二是介绍了在业余条件下制作电子装置时必须掌握的各种技艺，如金工、木工、粘接、油漆、焊接、安装等，列举了数以百计的各种配方，指出了各种工艺的重点及制作中的诀窍。此外，为方便业余电子爱好者选用，还收集了大量元器件、散热器、仪器仪表、铝材、线材、电料等的性能参数。

本书不仅是业余电子爱好者、中小型工厂有关专业的技工、技师的良师益友，而且对中专、大专院校电子工程专业的师生以及部队培养军地两用人才都有实用价值。

图书在版编目 (CIP) 数据

实用电子装置业余制作手册 / 任致程主编. — 北京:

兵器工业出版社, 1995.5

ISBN 7-80038-866-2

I. 实… II. 任… III. ①电子元件—制造…手册 ②电子器件—制造—手册 IV. TN605-62

中国版本图书馆CIP数据核字 (95) 第01027号

兵器工业出版社 出版发行

(北京市海淀区车道沟10号)

各地新华书店经销

建华印刷厂印装

*

开本: 787×1092 1/16 印张: 24.875 字数: 741千字

1995年7月第1版 1995年7月第1次印刷

印数: 1—1400

定价: 40.00元

前 言

酷爱电子技术的青少年和广大业余电子爱好者，无论是在校学生，还是各行各业的科技工作者，无论是工人、农民，还是部队官兵，都是电子科技队伍的后备军。他们对电子技术有浓厚的兴趣，对电子装置的研究、开发和制作有深刻的钻研精神，并勇于大胆地开发创新，具备实际的制作技艺，他们从“爱”到“迷”，从“迷”到“通”，已经迈进电子科学的大门，正在攀登知识的高峰。

培养电子科技队伍的后备军——青少年和业余电子爱好者，已是刻不容缓的任务。目前，已引起老一辈电子专家、院校老师、部队首长和千千万万家长的重视，都殷切期望在电子战线上“不拘一格降人才”，早日涌现出大批电子技术领域的全面人才。

近些年来，有关电子制作的书刊发行很多，为培养青少年业余电子爱好者铺下了坚实的基础。然而，不少读者在自己动手制作时却碰上了困难，往往达不到应有的质量和效果。

追根溯源，很可能是一般书刊所介绍的电子线路，由于篇幅所限，讲原理和调试步骤多了一些，而对电气结构及机壳结构中的工艺要求，以及制作中常用的操作技艺介绍得少了一些。孰不知，要制作出一台好的电子作品，除了电子线路外，在工艺上能否过得硬是十分关键的问题。正规的电子产品如此，业余制作也是如此。

实际上，业余电子爱好者要成功制作一台电子装置，比工厂生产面临的技术难关要多得多，因为在制作中需要将金工、木工、粘接、油漆、焊接、安装、布线、印制线路等多种技艺融于一身。他既是电子作品的设计者，又是该作品的制作者。

本书就是为有志于全面掌握电子装置制作的青少年和业余电子爱好者编写的，是一本专门介绍电子制作工艺与技巧的实用性工具书。作者曾与湖南省计算机高等专科学校的梁先宇教授交谈过在校大专学生的培养问题。梁教授认为：“从事电子工程专业的学生在校时必须增强实用操作技能的训练和自我培养，这样走向社会才是一个合格的电子技术人才”。

在着手编写此书之前，曾向南京龚维蒸教授请教，得到了他的热情支持与鼓励：“编写一本有关电子设备结构方面的科普书籍，这是一件很有意义的工作，希望出版成功！”还有很多老科技工作者和科普作家，也给予了支持，并提供了许多资料，在此一并表示衷心的感谢。

任致程

1994年于长沙

目 录

前言

第一章 业余电子装置制作基本知识

识 1

- 一、工作环境对业余电子装置的影响 1
- 二、业余电子装置的可靠性 4
- 三、业余电子装置的使用要求 5
- 四、业余电子装置的制作要求 7
- 五、业余电子装置的散热 7
- 六、业余电子装置对气候的防护 30

第二章 业余电子装置机壳结构工

艺 44

- 一、基本结构 44
- 二、机箱 44
- 三、机柜 50
- 四、积木化结构 56
- 五、底座 58
- 六、导轨 60
- 七、面板 61

第三章 电子装置实例及其造型 64

- 一、机柜及控制台 64
- 二、机箱 71
- 三、机盒 96
- 四、其他电子装置 126

第四章 灯具造型 138

- 一、吊灯 138
- 二、壁灯 141
- 三、吸顶灯 143
- 四、台灯 144
- 五、落地灯 146
- 六、射灯 147
- 七、庭院灯 148

第五章 金工技艺 149

- 一、测量工具 149
- 二、划线 159
- 三、锯割 166
- 四、钻孔 170

五、铰孔与铰孔 181

六、攻丝和套丝 187

七、凿削 196

八、锉削 205

九、钣金技术 212

十、铆接 217

第六章 木工技艺 224

一、关于木材的基本知识 224

二、方作手工工具及其使用 227

三、机壳制作 242

第七章 粘接技艺 252

一、粘合机理 252

二、粘合接头设计 257

三、被粘物的表面处理 260

四、粘合操作方法 264

五、电子制作常用材料的粘合 264

六、部分粘合剂的电气性能 276

第八章 油漆技艺 278

一、油漆的用途 278

二、油漆的品种与调配 278

三、油漆工具及操作基本技能 290

四、机壳油漆施工技巧 294

五、油漆施工安全常识 311

第九章 印制线路板的制作 313

一、印制线路板的设计 313

二、印制线路图与电路图的复制技巧 324

三、印制线路板的手工制作 325

第十章 焊接技艺 327

一、焊接的基础知识 327

二、电烙铁与烙铁架 328

三、焊料与焊剂 336

四、焊接常用辅助工具 337

五、元器件在焊接前的连接与装插 340

六、人工焊接 345

七、焊点的手工清洗 353

第十一章 布线技艺 355

一、线材的选取.....	355	附录3 铁砂布代号与粒度号数对照	
二、绝缘材料.....	357	表	388
三、塑料.....	360	附录4 木砂纸代号与粒度号数对照	
四、导线成形.....	361	表	389
五、端子标记.....	362	附录5 水砂纸代号与粒度号数对照	
六、线扎成形.....	366	表	389
七、屏蔽线、电缆线的布线加工.....	370	附录6 方形恒磁铁氧体规格数据	
第十二章 电子活动室的布置与安		表	389
全用电	376	附录7 干簧管参数表	389
一、怎样布置电子活动室.....	376	附录8 JZ X-2F小型中功率继电器规格数据表	390
二、安全用电.....	377	附录9 JRX-28F小型小功率继电器规格数据表	391
三、触电急救知识.....	378	参考文献	392
附录			
附录1 电子设备各主要结构尺寸系列 (SJ140—77)	384		
附录2 弦长表 (中心角以度为单位).....	388		

第一章 业余电子装置制作基本知识

一、工作环境对业余电子装置的影响

由于科学技术的不断发展,新材料和新元件(如固体电路、集成电路)的推广使用,使今日的业余电子装置在电路上和结构上产生了巨大的飞跃。归纳起来,当今的业余电子装置有如下几个特点:

- 1) 电路较复杂。组成的元器件、零部件数量较多,而且功能越多,组成的元器件、零部件也越多。
- 2) 要求可靠性高、寿命长,经久耐用。
- 3) 使用环境变化大。电子书刊面向全国发行,读者天南海北,按同一个电路去制作,在不同环境使用将有不同效果。
- 4) 制品门类多。业余电子装置完全是依据业余电子爱好者的兴趣制作的。它可能是一种儿童玩具或电子报警门铃;也可能是一种无线电遥控装置或是利用某种传感器制成的实用家用电器;它有可能用于上天的航空模型,也可能用于水下寻宝的业余级机器人。

下面扼要地分析一下各种工作环境的特点及其对业余电子装置的影响。

(一) 气候影响

我国幅员辽阔,东临太平洋,西濒亚洲大陆。从地形上看,有海拔5000m以上的青藏高原,有低于海平面154m的吐鲁番盆地。境内山脉、江河、湖泊、平原交错,形成了从热带、寒带、海滨到高原的各种气候。而在这广阔的土地上,到处都有业余电子爱好者制作的电子装置。

气候对业余电子装置的影响不外乎有以下几个方面:

1. 温度

天气预告的温度是气象台(站)在离地面1~2m高的百叶箱内测得。地面的实际气温,由于受辐射作用,其高温更高,而低温更低。例如,我国据记载最高气温为48℃,最低气温为-52℃,这是百叶箱内温度,实际上,测得当时的地面温度是70℃,最低地面温度为-65℃。

电子装置周围的环境温度会直接影响机壳内的温度,温度又会引起电子装置的元器件和零件的参数变化,直接影响业余电子装置的正常工作,严重时甚至造成损坏故障。在同一地点,昼夜气温变化;在严寒地区,室内外温差也很大。高低温循环变化,均危及电子装置。

2. 湿度

我们知道,空气中有水蒸气微粒。含水多少常用绝对湿度和相对湿度两种方法来表示。

绝对湿度:是指在一定温度下,单位体积(1dm³)空气中的含水量。绝对湿度可用空气中所含水汽的压强表示,单位是mPa(毫巴)。当空气中的水汽能凝聚成雾或小水滴时,这种状态称为湿度饱和状态。随着温度不同,单位体积空气中的含水量也不同,当空气中的水蒸汽饱和时,其含水量的极限值见表1-1:

表 1-1 湿度饱和时单位体积空气中的含水量

温度 (℃)	-20	0	20	40	60
空气中含水量 (g/dm ³)	0.001	0.005	0.017	0.051	0.13

相对湿度:是指在一定温度下,空气中实际含水量与饱和值之比,用百分率表示。这是常用的表示方法。在正常温度下(15~35℃),正常的相对湿度为50%~80%。当相对湿度小于40%,空气可被认为是

干燥的；当相对湿度大于80%时，空气被认为是潮湿的。

当空气的相对湿度大于65%时，物体表面均附着一层厚度为 $0.001\sim 0.01\mu\text{m}$ 的水膜；当空气湿度饱和时，水膜厚度可增加到 $10\mu\text{m}$ 。当相对湿度高于90%以上时，湿度增加1%，对电子装置的影响要比温度增加 $1\sim 2^\circ\text{C}$ 的影响大得多。高湿度持续的时间越长，产生的影响越大。潮湿会引起机壳金属部件、电子元器件的引脚腐蚀，降低介质材料的绝缘性能，严重时会导致业余电子装置失效甚至报废。

空气的湿度与温度的关系密切。在绝对湿度不变的情况下，相对湿度随温度升高而降低，反之就升高。相对湿度达到100%时的温度称作露点。在露点以下，将出现凝结的水滴——凝露现象。凝露对于密封电子装置尤为重要，例如密封的航模电子装置，装置内绝对湿度不变，当航模在高空飞行时，大气温度较低，相对湿度就会增大，甚至产生凝露。例如，在 20°C 时相对湿度为65%；当冷却到 13°C 时，其绝对湿度并未改变（仍为 $0.011\text{g}/\text{dm}^3$ ），但相对湿度却提高到100%，达到饱和状态，再继续冷却就产生凝露。当温度降到 0°C 时，每立方米空气中有 0.008g 水汽凝结成水滴。

我国东南部的平均绝对湿度虽然很大，但昼夜温度不同，因此相对湿度也不同。夜间温度偏低，相对湿度较高（可达100%）。白天温度偏高，相对湿度较低（约为80%）。因此，曾出现业余电台通讯白天正常，而到夜里由于相对湿度大，元器件参数变化而不能正常工作的现象。

当相对湿度保持不变时，温度越高，水汽对电子装备的影响就越大。因为温度高，水汽压增大，材料的间隙也增大，水分子很容易渗入材料而造成危害。因此，高温、高湿对电子装置的影响尤为严重。特别是当湿、热在一定范围内交替变化时，会加速元器件金属材料的吸潮和腐蚀，造成电子装置失灵甚至报废。

3. 气压

在地球的大气层中，气压随高度增加而减小，见表1-2。

表 1-2 气压与高度的关系

近似海拔高度 (m)		0	3000	3658	5000	10000	17000	22000	27000	35000	45000
气压	mPa	1000	700	635	533	266	85	44	20	6.65	1.33
	mmHg	750	525	477	400	200	64	33	15	5	1
换算关系		1大气压=760mmHg=1013mPa									

随高度增加，气压降低，用空气作介质的带电体之间的抗电强度将显著下降。当气压下降到某一数值时，抗电强度最低。但气压继续下降，空气十分稀薄时，因碰撞游离困难，抗电强度又有增加。据试验表明：在30000m高空，击穿电压比地面下降到 $1/11$ ；在5000m以下，每升高100m，击穿电压降低1%。

低气压对电子装置的影响是其内部绝缘容易击穿，飞弧、电晕现象增大；灭弧困难，燃弧时间延长，影响电接点寿命。

在高空，气密封电子装置机壳的内侧将受到压力作用，机壳内外的压力差可达 1.13Pa ；在深水中，气密封电子装置机壳的外侧将受到强大压力作用，且压力随着电子装置机壳潜入水中的深度而递增，深度每增加10m，压力约增加 1.013Pa 。

4. 盐雾

海水是咸的，这是由于含有盐分的缘故。盐雾是由海水中的浪花和击岸时喷散，或由于气流卷带海水中的盐分而形成的。盐雾颗粒直径在 $1\sim 5\mu\text{m}$ 范围内。表达盐雾的数量特征有两种形式：盐雾含量和盐雾的沉积量。

盐雾含量：是指单位体积海洋空气中的含盐量。单位为 mg/m^3 。

盐雾沉积量：是指单位时间内（时、日、月或年）沉积在单位面积上的盐量。单位是 $\text{mg}/\text{m}^2\cdot\text{天}$ 。

对电子装置有直接影响的是盐雾沉积量。

盐雾对电子装置的影响，主要是金属材料 and 金属镀层的腐蚀。此外，对机内的电气绝缘材料也有影响，使其表面电阻和抗电强度降低。

5. 大气污染

在大气中，存在着多种工业废气，如二氧化硫、氯化氢以及各种化学烟雾等。这些工业废气和空气中的水分子产生化学反应，生成各种酸、碱、盐溶液的雾状物，从而引起金属材料腐蚀和有机材料性质变化。

6. 生物危害

湿热地区存在着霉菌，特别在温度为 $25\sim 32^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为80%以上的阴暗不通风的地方，霉菌会很快繁殖。在这种环境下还会使某些昆虫寄生，如白蚁、蟑螂和蜂等。由于霉菌和昆虫的吞噬和繁殖，吸附水分和分泌有害物质，常引起腐蚀加重，有机材料损坏，性能改变，活动部分被阻塞等。

7. 灰砂

大气中存在着大量直径为 $0.005\sim 0.02\text{mm}$ 的灰尘，含量可达 $20\sim 60\text{mm}^3/\text{m}^3$ 。灰尘的成分主要是 SiO_2 （约占66%~75%）、 Al_2O_3 （约占11%~17%）以及少量有机体残余物等。沙漠地区除了灰尘外，还有大量平均直径为 0.5mm 的砂粒。灰砂进入电子装置后，会引起活动部分加速磨损并影响其性能。

8. 日光照射

阳光中除可见光外，红外线占50%，紫外线占6%。红外线和紫外线如果直接照射到电子装置上，将使有机材料老化分解，油漆退色剥落。电子装置若长时间受日光照射，会引起过热。

总之，气候条件对业余电子装置的影响，主要表现在它的电气性能下降、散热困难、运动部分失灵、结构损坏、甚至导致失灵、报废。

（二）机械作用对业余电子装置的影响

业余电子装置在使用过程中，要经受各种类型的机械作用。大致可分为两类：一类是正常的机械磨损，是电子装置工作时所固有的，如各机构和活动部分长期工作所产生的磨损，使设备寿命缩短，另一类机械作用是外界机械力作用。这里讲的机械条件就是外界对业余电子装置所施加的机械作用，通常指的是振动、碰撞、冲击、离心加速度等。

1. 各种机械作用的特征

（1）振动 这是一种重复的交变力的作用，它使电子装置在外力作用下产生周期性往复运动。振动的主要来源是运载工具上的发动机，高速旋转物体的质量偏心，以及高速飞行器的空气动作作用。

客观环境中的振动，往往不是单一频率的振动，而是许多频率的振动叠加。其振幅大小和振动频率高低，直接取决于激发振动的外界机械力。

（2）碰撞和冲击 碰撞和冲击，是一种不规则瞬时作用于电子装置上的外力所产生的机械作用。

如果外力具有重复性，次数较多，加速度不大，波形一般是半正弦波，其机械作用称之为碰撞。如汽车、摩托车载运电子装置在崎岖的路上行驶时所产生的机械作用。

如果外力不经常出现，次数少，加速度大，波形是单脉冲的，其机械作用称之为冲击。如电子装置自高处跌落等。

表征碰撞和冲击的参数有：

冲击加速度：它反映冲击力的大小，在其它条件一定时，加速度越大，冲击力越大，破坏作用就越大。冲击加速度的单位为重力加速度 g 。

冲击脉冲持续时间：表征冲击力作用时间的长短。时间越长，冲击能量越大，所造成的影响就越大。冲击脉冲持续时间的单位为毫秒（ms）。考虑到破坏有积累作用，因此冲击总次数也是一个重要参数。

（3）离心加速度 离心加速度是运载工具作旋转或曲线运动时所产生的加速度，其单位为重力加速度 g 。离心加速度越大，电子装置所受的离心力也越大，带来的后果也越严重。

2. 机械作用对业余电子装置的影响

在外界机械力作用下,如果电子装置刚度、强度不够,就会产生变形和破坏。此外,如果构件连接不可靠,也会引起损坏。

在外界机械力的作用下,电子装置的电气指标发生变化,甚至完全不能工作,这大多是由于电子装置内部元器件在机械力作用下电参数改变或失效所致。例如,元件引线断裂、焊点脱焊;导线变形或位移使电容量(包括分布电容)变化、线圈铁心移动使电感量变化等,均可引起回路失谐,工作状态被破坏;对于电接触器件,如电位器、波开关、继电器、微调电容器、插头、插座等,会造成接触不良或完全不能接触。此外,在外力作用下,还可能出脆性材料破裂、电子管损坏,紧固失效(如螺丝帽松动,电子管从管座中跳出以及印制电路板从插座中跳出或松脱)等。

在振动的环境中,当零件的固有频率与振动频率一致时,会引起共振。共振时振幅逐渐增大,具有很大的破坏性。即使不在共振条件下工作,某些零件也会由于长期交变力作用而疲劳破坏。实践经验证明,由于振动而引起的损坏,大大超过冲击所引起的损坏。

冲击和碰撞是瞬时作用,瞬时加速度很大,瞬时作用力也很大,对于质量较大的元器件影响更大

(三)电磁干扰对业余电子装置的影响

在业余电子装置(简称电子装置)的外部 and 内部,存在着由于各种原因所产生的电磁波。除非该电子装置本身就是一台收音机或无线电遥控机外,其余的外部电磁波均属于外部干扰。在电子装置内部,电磁能除通过正常途径传输外,还有一部分通过不正常途径传输,这就是内部干扰。

干扰的来源,有来自电子装置内部的和外部的,就其内部的干扰而言有固有的和人为的。所谓的固有干扰源,通常来自天线、电源、电子管、半导体二、三极管、集成电路中的热骚动,以及电气的转换接触和导线在磁场中的振动等;人为的干扰源是由于业余电子爱好者掌握的知识不够丰富,实际经验不足,对整机设计不当,在电子装置内部的电路与电路之间存在着严重的寄生耦合,形成干扰。电子装置的外部自然干扰,来自宇宙和天电干扰;除自然的和固有的干扰外,其它所有外来干扰常见来自其他电台的干扰、电火花或电弧的电气设备干扰等。

按传输方式分,干扰源有辐射式和传导式两种。辐射式是任何不希望有的射频信号,如未加屏蔽的点火系统,从电连接处、转换器、继电器、无线电发射机泄漏出来的射频能量。传导式干扰,是通过天线引入电缆、电源线、信号线或控制电缆,以直接或电感电容耦合方式而传输的任何不希望有的信号。

按频谱分,有窄带式干扰和宽带式干扰。窄带干扰为杂散响应,在个别等幅波频率上的寄生振荡、谐波或其它振荡;宽带干扰为周期的或非周期的射频脉冲。

电磁干扰的存在,使电子装置工作不稳定,甚至完全不能工作。尤其是自制业余无线电遥控装置时,必须考虑,采取必要的措施严加防范。

二、业余电子装置的可靠性

业余电子爱好者辛辛苦苦制作出来的电子装置,能否如愿以偿,发挥其作用,除了它的工作性能之外,还有一个可靠性问题。

所谓可靠性,就是电子装置在规定的条件下和规定的时间内,完成规定功能的能力。

电子装置的可靠性,是对“规定的条件”而言的。这里所指的“规定的条件”包括电子装置的使用条件(电气的和机械的)、环境条件和贮存条件等。“规定的条件”不同,电子装置的可靠性亦不同。例如,同一个直流稳压电源,在使用时,输出功率不同,其可靠性也是不同。一般使用的输出功率越低,其可靠性越高。再举例,同一套无线电遥控装置,在室内使用和恶劣环境条件的野外使用,其可靠性相差很大。一般来讲,环境条件越恶劣,电子装置的可靠能越低。

电子装置的可靠性与“规定的时间”密切相关。通常,元器件经过筛选,整机经过老练后,电子装置可以有一个较长的稳定使用时期,以后随着时间的增长,可靠性下降,时间越长,可靠性越低。

可靠性是以完成“规定的功能”来衡量的。一个电子装置往往具有若干项“功能”，这里所说的“完成规定功能的能力”是指电子装置若干功能的全体，而不是其中一部分。也就是说，电子装置只有完成规定的全部功能，才能被认为可靠。

电子装置在工作中，往往由于各种偶然因素的影响而失效。例如：元器件突然损坏；电负荷、温度、机械影响等突然改变；维护或使用不当等。由于这些失效原因具有偶然性，所以对某一个具体的电子装置，在规定的条件下和规定的时间内，能否完成规定的功能，是无法预先知道的。这是一个随机事件，大量随机事件中包含着一定的规律性，随机事件发生的可能性大小，可以用概率来表示。即我们显然无法准确地知道电子装置出现失效的时刻，但我们却可以求出电子装置在规定的条件下和规定的时间内完成规定功能的概率，即完成规定功能的可能性大小。

电子装置的可靠性，可分为固有可靠性、使用可靠性和环境适应性三个方面。

固有可靠性是指电子装置在设计、制作时内在的可靠性。影响固有可靠性的因素很多：电子装置的复杂程度、电路和元器件的选择与应用、元器件的工作参数及其可靠程度以及机械结构和制作工艺等。对电子元器件来讲，主要是原材料的品质、制作工艺、工作参数等。必须指出，电子装置的固有可靠性在很大程度上依赖于元器件的可靠性。设备越复杂，所用的元器件越多，则电子装置的固有可靠性越低。例如，元器件的可靠性为0.999时（指平均数），具有10个元器件的电子装置的可靠性为0.99，具有100个元器件的电子装置，其可靠性为0.9；而具有400个元器件的电子装置，其可靠性则只有0.66了。

使用可靠性是指使用与维护人员对电子装置可靠性的影响。它包括：使用与维护的程序及设备操作方法的正确性，以及其他人为的因素。使用可靠性在很大程度上依赖于使用人。熟练而正确的操作，及时的维护和保养，都能显著地提高使用可靠性。

环境的适应性是指电子装置所处的环境条件对可靠性的影响。它包括：环境温度、湿度、气压、振动、冲击、霉菌、盐雾、运输等条件的影响。提高设备的环境适应性，主要是对设备采取各种有效的防护措施。

以上各种因素都是可靠性研究的对象。也就是说，可靠性涉及到电子装置从设计制作到使用，直至寿命终止的全过程。

可靠性与质量的关系。从广义上讲，可靠性实际上是电子装置质量的一个组成部分。通常所说的产品质量好，包含两个意义：一是它达到了预期的技术性能；二是在使用过程中可靠性高。一个业余电子装置，尽管设计各项技术指标很先进，性能很好。倘若可靠性差，那就失去了实际使用价值，作为自制自用的业余电子爱好者来说，不会自感劳命伤财吗？

可靠性与经济性的关系。为了提高电子装置的可靠性，就要在材料、工艺、设备等方面采取相应的措施，这就是说要增加制作经费。

三、业余电子装置的使用要求

（一）体积和重量要求

业余电子装置通常是业余电子爱好者自作自用，从实用的角度上考虑较多，从体积和重量上考虑较少。但不少业余电子爱好者就是发明家。他们从自用着手，推而广之便成了专利产品。所以，在这些发明家手里制作的电子装置，往往是很注重体积和重量的，因为要求减小体积和重量，已成为当今电子产品发展的必然趋势。

1. 为什么要减小电子装置的体积和重量？

减小电子装置的体积和重量，具有非常重要的意义。在某些情况下，设备的体积和重量起着决定性的作用，如第一代电子计算机是电子管的，因体积大，其应用范围较小，只限于计算用；第二代电子计算机是晶体管的，体积重量小一些，其应用范围就扩大到程序自动控制方面；第三代电子计算机是集成电路

的, 体积重量可以做得很小, 其应用范围很广泛, 并扩大到空间技术等方面。从制作的角 度 上 讲, 减小体 积 和 重 量, 意味着原材料消耗降低, 具有一定的经济意义。

2. 体积与紧凑性

电子装置都希望有较高的紧凑性, 但追求紧凑性会产生一系列矛盾。这主要体现在:

(1) 设备温升限制是绝大多数电子装置(尤其是大功率的电子装置)提高紧凑性时遇到的最大困难。为了保证电子装置能正常工作, 就需要采用一套冷却系统, 而冷却系统本身具有一定的体积和重量, 这反而提高了电子装置的总体积和重量。电子装置的体积填充系数增大, 设备内的空间相对缩小, 散热能力变差, 就会促使电子装置温升提高。一般来说, 在没有冷却系统的情况下, 电子装置内的温度与平均比重成正比关系。当平均密度为 $2\sim 3\text{kg/dm}^3$ 时, 电子装置内温度可达 $150\sim 200^\circ\text{C}$ 。显然, 这样高的温度如没有强迫冷却系统, 电子装置会很快烧毁的。

(2) 随着紧凑性提高, 元器件间距减小, 会导致电子装置性能稳定度下降, 尤其是超高频和高压电路, 由于分布电容增大, 易产生自激和脉冲波形变坏。由于元器件间距离小, 容易产生短路与击穿。

(3) 随着体积小, 平均密度和体积填充系数增大, 给制作时的装配和使用时的维护修理带来困难, 降低了电子装置的可靠性。

(4) 紧凑性高的电子装置, 要求整机结构有较高的零件加工精度和装配精度, 因而提高了产品成本。

(二) 使用要求

保证电子装置便于使用与多方面的因素有关, 而且随具体的电子装置和使用场所而变化, 但原则上可以归纳出以下几点要求:

(1) 能为使用人员创造良好的工作条件。例如: 不会产生令人厌恶的噪声; 电子装置能适应恶劣的工作环境; 电子装置外观的色彩调和, 给人以好感。

(2) 操作简便, 易于为人掌握。

(3) 安全可靠, 有保险装置。当操作者发生误动作时, 不会危及电子装置, 更不能危及人身安全。

(4) 机构轻便, 操作者消耗体力少。

(5) 有仪器仪表的电子装置, 读数指示系统要清晰, 便于观察, 长期操作不易疲劳, 也无损伤视力。

(三) 维修要求

电子装置维护修理是否方便, 直接关系着使用可靠性。因此, 在设计电子装置时, 必须充分考虑维护修理要求。

从维护方便出发, 对结构设计提出如下几点要求:

(1) 在发生故障时, 便于打开电子装置机壳, 以便迅速维修或更换元器件。例如, 采用插入式和折叠式结构, 快速装拆结构, 以及可换部件式结构。

(2) 可调元件, 测试点应布置在机器的同一面; 经常更换的元器件应布置在易于装拆的部位; 对于电路单元, 应尽可能采用印制电路板, 并用插座与系统联接。

(3) 元器件的组装密度不宜过大, 即体积填充系数在可能的条件下应取低一些(一般不宜超过30%)以保证元器件间有足够的空间, 便于装拆维修。

(4) 设备应具备过负荷保护装置, 如过电流、过电压保护; 危险处与高压处应有警告标志, 有自动安全保护装置(如高压自动断路开关)等, 以确保维修安全。

(5) 电子装置最好有监测装置和故障预报装置(简易的可以省略不用), 能使操作者尽早发现故障或预测失效元器件, 以便即时更换维修, 以缩短维修时间。

四、业余电子装置的制作要求

(一) 制作条件

制作条件对电子装置的要求,大致有以下几个方面:

(1) 电子装置中的零件、部件、元器件,其品种和规格应尽可能的少,尽量采用市面上常见的或能到专业工厂中购到的通用零部件或产品。

(2) 电子装置中的机械零部件,应属能到市面上的五金商店购得到的。对不太复杂的机械制品,业余电子爱好者能通过自己双手进行加工。

(3) 电子装置中的零部件、元器件以及各种技术参数,形状尺寸等,应最大限度地标准化、规格化。应尽可能采用自己曾用过的元器件,避免在制作中走弯路。

(4) 所使用的原材料,其品种、规格越少越好,应尽可能少用或不用贵重元器件,应立足于使用国产元器件。

(5) 电子装置(包括其零部件)的加工精度和技术条件的要求要相宜,没有必要无根据地追求高精度。在满足使用性能和技术条件的前提下,其精度等级应尽可能低些。

(6) 电子装置及其分机、部件的装配应尽可能简单,不需要选配、修配。机械结构装配容易,采用常用的工具即可。

(二) 业余电子装置的经济性

业余电子装置的经济性包括两个方面的内容:使用经济性和制作经济性。

(1) 使用经济性 这主要是指使用中的电费和维修费用。使用经济性与可靠性有密切的关系。因为维修费与可靠性成反比,随可靠性的提高而使维修费减少。因此,在设计时提高电子装置的维护修理性能,降低电路和结构的复杂性,以及减少电能消耗,对于提高使用经济性是很有利的。

(2) 制作经济性 实际上是制作成本。它包括:制作准备费用、原材料和辅助材料费用、工具仪表添置费用等。减少开支,在设计阶段就应该充分考虑,这主要包括以下几个方面:

1) 如果是从电子刊物上获悉的有用电子装置电路原理,要充分学习、认真研究它的技术条件,仔细了解它的设计参数、性能、使用条件,必要时可与作者通信联系,以便了解更多的制作细节,如调试技巧等。然后正确制定设计方案,设计出合乎自己使用的电子装置来。

2) 根据自身的经济条件和技能,按照最经济的生产方法设计零部件,从而降低制作成本。

3) 根据电子装置的性能,在满足技术要求的条件下,选用最经济合理的原材料和元器件。

4) 周密地进行电子装置结构设计,使之具有良好的使用、维修性能,以降低维修费用和使用费用。

五、业余电子装置的散热

(一) 常用元器件和绝缘材料的允许工作温度

电子装置工作时,其输入功率的相当大的部分是以热能的形式散发出来。实际上,在电子装置内部,任何具有实际电阻的载流元件都是一个热源,其中最大的热源是变压器、电子管、大功率晶体管、扼流圈和大功率电阻器等。这样,当电子装置工作时,温度就会升高。电子装置工作时的温度与它周围的环境温度有着密切的关系,当环境温度较高或散热困难时,设备工作时所产生的热能难以散发出去,将使温升提高。由于电子装置内部的元器件都有一定的工作温度范围,若超过其极限温度,就要引起工作状态改变,寿命缩短甚至损坏,从而使电子装置不能稳定可靠地工作。

温度对电子元器件的影响表现在以下几方面:

(1) 温度升高将导致电阻器允许耗散功率下降, 温度过高能使电阻器的寿命降低。一般电阻器的使用环境温度都有限制, 如RTX小型碳膜电阻器只有在40℃环境温度下才能在额定功率下工作, 若超过这个温度就要降低功率使用。另外, 温度过高能使热噪声增大; 温度变化会使阻值变化, 温度每升高或降低10℃, 其阻值大约变1%。

(2) 温度对电容器的影响主要是降低寿命。通常认为, 在超过规定允许温度下, 每升高10℃, 电容器寿命就要下降1/2。此外, 温度变化也会引起电容量、功率因数等参数的变化。

(3) 温度对电感元件和变压器的影响也是降低使用寿命。通常认为, 在超过极限温度下, 每升高10~12℃, 寿命就下降1/2。

(4) 半导体器件对温度反应非常敏感。温度过高会使电性能变坏, 如工作点漂移, 增益不稳定, 失真等, 严重时会引起热击穿。因此, 半导体器件通常的工作温度不能过高, 如: 锗管不得超过70~100℃; 硅管不得超过150~200℃。

(5) 过高的温度使电子管内的吸气剂、各个电极和玻壳排放气体, 使电子管的真空度下降; 过热又会使管子中的气体电离, 电离后的离子轰击阴极, 使涂层破坏, 使发射率下降, 加速电子管老化, 降低使用寿命。此外, 高温会使玻壳产生热应力而损坏。因而, 对电子管一般限制其玻壳温度不超过150~200℃。

(6) 温度对电子装置内部的绝缘材料也有较大的影响, 当超过其极限温度时, 绝缘材料老化, 变质, 甚至损坏。

表1-3列出了常用的元器件和绝缘材料的允许工作温度。

表 1-3 常用元器件和绝缘材料的允许温度

元器件名称	表面允许温度(℃)	元器件名称	表面允许温度(℃)	材料名称	最高工作温度(℃)
变压器	95	电解电容器	60~85	环氧树脂	140
扼流圈	95	薄膜电容器	60~130	有机硅树脂	180
碳膜电阻器	120	云母电容器	70~120	聚苯乙烯	70
金属电阻器	100	铝质电解电容	60~85	介质有机玻璃	78
体积碳质电阻器	150	陶瓷电容器	80~85	硬橡皮	80
钎膜电阻器	200	玻璃陶瓷电容	200	聚氯乙烯	85~90
印刷电阻器	85	锗晶体管	70~100	浸渍橡胶品	110
压制线绕电阻	150	硅晶体管	150~200	聚酰胺(尼龙)	140
涂釉线绕电阻	225	硒整流器	75~85	人造云母	130
纸介电容器	75~85	电子管	15~200	聚四氟乙烯	250

实践证明, 只要有限地控制温升, 就可以提高元器件的使用功率, 延长它的寿命, 并保证电子装置稳定可靠地工作。尤其是现在的电子装置向小型化及大功率发展, 其内部元器件排列紧凑, 组装密度大, 散热较困难时, 温升更显得突出。为了确保电子装置可靠性好, 性能稳定、寿命长, 在设计电子装置时, 采取散热措施已成为一项重要的任务。

电子装置工作时的极限温度, 应以组装元器件的最低温度来要求。考虑到环境温度一般为-40~+50℃, 所以电子装置工作时, 整机内的温度一般不超过50~80℃。

电子装置除了散热问题外, 在某些情况下, 还要求考虑稳定问题和增温问题。这些都属于电子装置的热设计范围。电子装置的热设计, 就是根据传热学的基本原理, 采取各种散热手段, 使电子装置的工作温度不

超过其极限温度，从而保证在预定的环境条件下稳定可靠地工作。

(二) 传热三种基本形式

热，是物体的内能，简称热能。

传热，就是热能的转移。热能总是自发地从高温物体向低温物体传播。

传热的基本方式有传导、对流和辐射三种。

1. 热传导

热传导是指通过物体内部或物体间直接接触来传播热能的过程。热传导，是通过物体内部或物体接触面时的原子、分子以及自由电子的运动来实现能量传播的。热量是度量热能大小的物理量。热量由热端（或高温物体）传向冷端（或低温物体）。

采用下列措施有利于传导散热：

(1) 选用导热系数大的材料制造导热零件。一般说来，导热系数以金属最大，非金属次之，液体再次之，气体最小。良导体一般也是良导热体。所以常用导热系数大的金属作散热器。

(2) 加大与传热零件的接触面积。我们知道，空气的导热系数很小（仅为0.00023，而铝的导热系数为2，相差800多倍！），当与导热零件接触不好时，中间就有一层空气隙存在。空气在这里起到了隔热作用，使导热量减小。所以必须设法消除空气隙，增大接触压力和增加接触面的光滑度，使接触良好，减小热阻。如在接触面间隙中垫入软的可展性金属或金属箔（如铜片、铜箔、铝箔）以加大接触面。或在接触面上涂硅脂，当接触压力增大时，可消除接触面间的空气隙，以减小热阻，增强导热作用。

(3) 尽量缩短热传导的路程，在热传导的路径中不应有绝热或隔热元件。

2. 热对流

热对流是依靠发热物体或高温物体周围的流体介质的流动，将热能转移的过程。由于流体运动的原因不同，可分为自然对流和强迫对流两种热对流。

(1) 自然对流。这是由于流体冷热不均，各部分密度不同引起介质自然的运动。因为介质（如空气、水等）受热后体积膨胀，其密度和比重都要降低，所以受热介质上升，较冷的介质就置换在它原来的位置，形成了由温度差而引起的自然对流过程。

(2) 强迫对流。采用机械力，如排风扇、水泵等，促使流体运动，使流体高速度地掠过发热物体或高温物体表面，加强对流作用。

采取下列措施有利于对流散热：加大温度差，即降低散热物体周围的对流介质的温度；在有效的散热范围内，加大散热物体的散热面积和采取最有利于对流散热的形状和安装位置，例如：将散热器作成筋片、直尾形或叉指形等；加大对流介质的流动速度（如采取强迫对流方式，选用有利于对流散热的介质（如水比空气的对流散热能力强），以带走更多的热量。

3. 热辐射

热辐射是一种以电磁波传播能量的现象。由于温度升高，物体原子振动的结果引起了射辐。任何物体都在不断地辐射能量，这种能量落到其它物体上，一部分被吸收，一部分被反射，另一部分要穿透该物体。物体所吸收的那部分辐射能量又重新转变为热能，被反射出来的那部分能量又要落在周围其它物体上，而被其它物体所吸收。由此可见，一个物体不仅是在不断地射辐能量，而且还在不断地吸收能量。这种能量之间的互变现象，即热能→射辐能→热能，就是射辐换能的过程。一个物体总的辐射能量是放热还是吸热，决定于该物体在同一时期内放射和吸收辐射能之间的差额。

采取以下措施有利于射辐散热：

(1) 粗糙的表面有利于热辐射。常将发热元器件外的屏蔽罩壳涂色漆，将散热器表面涂黑色或有色粗糙的漆。对热敏感元件，其表面常作成光亮的表面，以减小吸收辐射热。对玻璃电子管，由于玻璃的射辐系数近似于黑漆的射辐系数，所以玻璃壳可不涂黑漆。在高温下，热射辐换热的效果往往大于热对流换热的效果，所以对高温元件，常在内，外表面涂以黑色粗糙的漆，以增加热辐射的作用。

(2) 加大射辐体与周围环境的温差，即周围介质温度愈低愈好。

(3) 加大辐射体的表面积。

在实际中,单纯的传导、对流、辐射是不存在的,一般多为三种传热方式同时存在的复杂的换热过程。

在热设计时,一般只考虑主要的传热方式,而忽略其次要的方式。

(三) 散热及热设计

1. 电子装置常用的散热方式

热设计有两个问题:一是散热;二是隔热。电子装置或元器件的常用散热方式有以下几种:

(1) 自然散热 自然散热亦叫自然冷却,它是利用电子装置中各元件及机壳的自然传热,自然热对流、自然热辐射来达到冷却的目的。自然散热是一种最简便的散热方式,它广泛用于各种类型的业余电子装置。其主要任务是在结构上进行合理的热设计,将设备内部的热量畅通无阻地、迅速地排到设备外部,使电子装置工作在允许温度范围内。自然散热常为广大业余电子爱好者所采用。

(2) 强制风冷 强制风冷是利用风机进行鼓风或抽风,提高设备内空气流动的速度,达到散热之目的。强制风冷的散热形式主要是对流散热,其冷却介质是空气。强制风冷较其它形式的强制冷却具有结构简单、费用较低,维护较简便的优点,所以仍被不少业余电子爱好者所采用。

整机强制风冷系统有两种形式:鼓风冷却和抽风冷却。鼓风冷却系统可以分为有鼓风管道和无鼓风管道两种形式,如图1-1所示。

鼓风冷却的特点是风压大,风量比较集中。

整机鼓风冷却通常用在单元内热量分布不均匀,各单元需要有专门风道冷却,风阻较大而元件较多的情况下。在单元内风阻较大,需要单独冷却的元件和热敏元件较多,各单元间热损耗相差较大的情况下,建议采用有风管鼓风形式,见图1-1a,这样便于控制各单元的风量。对于只在底层(机柜的最下单元)内具有风阻较大的元件,中上层单元无热敏元件的情况下,建议采用无风管鼓风形式,见图1-1b,这种形式没有风管,其结构比较简单。

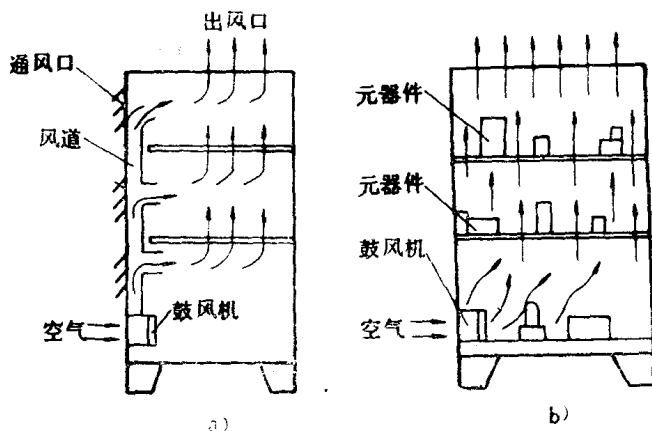


图 1-1 鼓风冷却系统

a) 有鼓风管道 b) 无鼓风管道

鼓风机一般装在机柜下部,或需局部风冷的位置,可置于机柜内部,也可安装在机柜外部。出风口常在机柜顶部或侧壁的上部。进风口形式应使气流受到阻力最小,常做成流线型曲面,并应装有滤尘装置。有滤尘装置和要求阻力小是互相矛盾的,实际上应根据具体情况决定其结构。滤尘器一般用金属网,如铝网,需要3~5层交叉放置,也可用粗孔泡沫塑料作滤尘器。

抽风冷却系统也分为有风管和无风管两种形式,如图1-2所示。

抽风冷却在强制风冷中应用较多,因为它具有许多优点。如风量大,风压小,对机柜内各部分散热较均匀。对于无抽风管道的机柜抽风,整个机柜就相当于一个大风管。要求机柜四周密封,侧壁上不应开孔,只允许有进风口和出风口,在有漏风的缝隙处,如活动门框处,应粘贴橡皮条和毛毡等,以防漏气。因热空气要上升,所以抽风机常装在机柜的上部或顶部,其出风口也在此处并面对大气。进风口设在机柜的下部,进风口要装滤尘器,无风管的抽风系统多用于机柜内各元件冷却表面风阻较小的电子装置。对于气流上升部位有热敏元件或不能耐热元件的设备,必须用抽风管使气流避开,并沿需要的方向流通。这时,上下各单元互不通气,气流方向如图1-2b所示,其进风口开在机柜侧面,并装设防尘器。

此外,对某些发热较大的器件,如功率放大管,晶闸管,可用单独抽风管道进行抽风冷却。在设计强制风冷却系统时,应考虑以下事项:

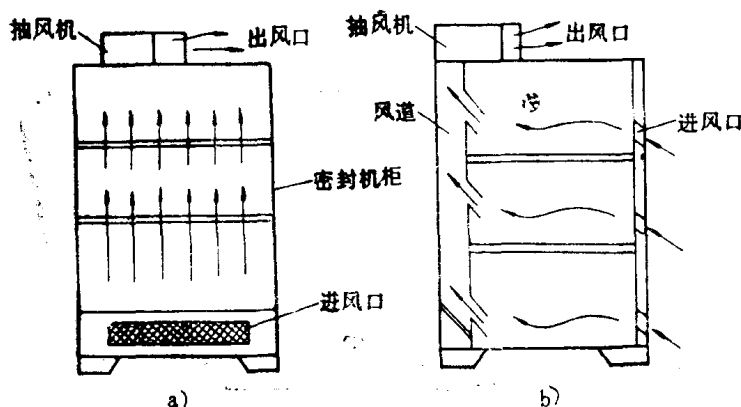


图 1-2 抽风机冷却系统

a) 无抽风管道 b) 有抽风管道

1) 在气流的通路上, 应尽量减少阻力, 并避免大型元器件阻塞气流, 将气流合理地分配给各单元和元器件, 使所有的元器件、部件得到冷却, 并使其在稍低于额定温度下工作。

2) 要合理地安排元器件, 应尽可能地将不发热与发热量小的元件与耐温性低、热敏的元件排列在冷空气的上游, 即靠近进风口, 其余的元器件按它们的温度高低, 以递增的顺序排列, 对那些发热量大而导热性差的器件(如电子管), 必须暴露在冷气流中, 必要时还可以进行单独冷却。

3) 在不影响电性能的前提下, 将发热量大的元器件集中在一起排列, 并与其它元器件热绝缘。这样可以减小风量、风压、从而减小通风机的功率。

4) 整机通风系统的进风口、出风口应尽量远离, 并避免气流短路, 以提高换热效率。

(3) 半导体致冷

半导体致冷又叫温差电致冷, 它是建立在珀尔帖效应的基础上的一种冷却方式。当任何两种不同的导体组成一电偶对时, 并通过直流电流, 在电偶对的相应接头处就会发生吸热和放热现象(通过改变电流方向), 原理见图 1-3。

这种效应在普通金属中是很弱的, 几乎感觉不出来, 而在半导体材料中则较为显著, 因而通常采用半导体作致冷元件, 所以把它叫做半导体致冷元件。

半导体致冷元件由一种特殊的N型半导体(即把一种特殊的杂质加到半导体中, 放出自由电子, 靠电子导电)和P型半导体(即加一杂质到半导体中, 出现空穴, 利用空穴导电), 用铜连接片焊接而成, 其基本结构形式见图 1-3。

当直流电流从N型电极流向P型电极时, 则在2、3端的铜连接片上产生吸热现象(2、3端称作冷端)而1、4端的铜连接片上产生放热现象(1、4端称为热端)。如果电流方向反过来, 则冷、热互换。

一个半导体致冷元件所产生的电热效应比较小(一般约为 1kJ/h), 所以可以把几十个半导体致冷元件串联起来, 即把冷端排在一起, 热端联在一起, 这就是人们常说的电堆。如图 1-4 所示, 电堆(3、4)冷却板(1)和散热器(5)等通过焊接后与电源(6)接通, 便构成了一只半导体致冷器件。通常, 一只致冷器件最大只能得到大约 50°C 的温差, 如果需要较大的温差, 可采用多级半导体器件, 在电路上有串联、并联、混联三种。

半导体致冷的优点是机械传动部分, 因而没有噪声, 不振动, 操作与维护均很方便, 而且不需制冷剂。致冷量和致冷速度可以通过改变电流的大小任意调节, 改变加电流的方向则可以作为加热源。它体积小, 重量轻, 结构较为紧凑。

由于半导体致冷具有上述许多优点, 所以在业余电子装置中采用较多, 通常作恒温器、散热器, 也有用它作电子凉枕的, 为失眠者提供了方便。