

电 子 学 实 验

山西矿业学院电子教研室

王炳元 编

• 高等学校试用教材 •

全国煤炭高等院校太原教材会议
审 订

TN-33118

177235



00177235

5528

电 子 学 实 验

山西矿业学院电子教研室

王炳元 编

148

TN



23621445



全国煤炭高等院校太原教材会议

序 言

电子学实验是配合“电子技术基础”课而平行设置的一门实验课。作为高等院校电气化自动化专业的学生，除掌握电子学的基本理论和基本方法外，还必须获得一定的实际知识和基本技能训练。为此本门课应与“电子技术基础”的课堂教学密切配合。

电子学实验既要理论联系实际，又要通过实验加深学生对理论知识牢固而灵活地掌握，还要培养学生的实际工作能力，训练学生的实验技能。但是由于学生的学习时间有限，因此实验的过程应该是循序渐进，由浅入深，由简到繁，实验内容应该贯彻“少而精”的原则。本书的各个实验是力图按照上述精神安排的。

本书的实验是在电路原理实验基础上进行的，着重培养学生对常用电子仪器的使用，电子线路的安装调试和分析，电子学基本工艺训练，电子器件的测试，分析及处理电子实验的结果。通过实验逐步培养学生的独立工作能力，为进一步掌握科学实验打下良好的基础。

本课程分二大部分：

第一部分为电子学基础实验，从第一章至第九章共二十五个实验。各院校可根据以往实验的情况和仪器设备条件，选择合适的实验。既要考虑学生有较全面的训练，但又不要使学生负担过重，有些实验可改为课堂演示，这些问题由任课教师灵活掌握。

第二部分为常用电子仪器简单原理，使用方法，及日常维修常识，从第十章至第十五章，供学生查阅之用。

书末尚编有附录Ⅰ参考资料；附录Ⅱ常用电子仪器简表；附录Ⅲ电子学实验报告（格式）参考资料。

本教材主要供高等院校电气化专业学生使用，对其它专业学生及现场工程技术人员亦有一定参考价值。

本教材在内容取材方面，吸取了有关兄弟院校的宝贵经验，这些在附录Ⅲ参考资料中均得到反映。在教材编写过程中，中国矿院、阜新矿院、山东矿院、西安矿院、焦作矿院、山西矿院等院校电子电工教研室有关教师提出许多宝贵意见，在本教材实验内容的具体实施及校对印刷稿的工作中，我院电子教研室盛剑桓、张雯、罗天龄、李振业、吴健等同志给予大力帮助和支持，对此一并表示深切的感谢。

由于水平有限，再加编写时间紧迫，书中一定存在很多不妥和错误，敬请读者批评指正。意见请寄山西矿业学院电子教研室。

王炳元

1979年2月

电 子 学 实 验 目 录

序 言

第 一 章 概 述

1—1	电子学实验的重要性	1
1—2	电子学实验的一般内容及目的	1
1—3	电子学实验注意事项	1

第 二 章 电子学实验工艺及仪表的初步使用

2—1	常用阻容元件的特点与标称值	2
2—2	电子电路焊接的基本工艺	8
2—3	电子设备结构设计的基本原则	11
2—4	常用电子仪器的初步使用	16

第 三 章 放大电路实验

3—1	晶体管低频 h 参数的测量	18
3—2	晶体管单管放大器	21
3—3	多级阻容耦合放大器	22
3—4	场效应管共源低频放大器	25

第 四 章 振荡电路实验

4—1	$L-C$ 振荡器	27
4—2	$R-C$ 相移振荡器	28
4—3	振荡器的调整与测试	29

第 五 章 运算放大器实验

5—1	差动放大器	33
5—2	运算放大器(线性组件)的初步测试	35
5—3	运算放大器(线性组件)的应用	36

第 六 章 功率电路实验

6—1	推挽功率放大器	41
6—2	无输出变压器(OTL)推挽功率放大器	44
6—3	带放大器的串联反馈式稳压电源	46

第 七 章 基本逻辑门电路实验

7—1	DTL “与非”门电路	50
7—2	集成电路 TTL “与非”门的测试	52

第 八 章 数字电路实验

8—1	分立元件双稳态触发器	56
8—2	集成电路触发器	58
8—3	RC 环形振荡器	61

8—4	用 $J-K$ 触发器组成集成电路计数器和移位寄存器	62
8—5	集成电路基本单元	66
8—6	测试 19—GSIMXS—2 插件板	72
第九章	半导体闸流管实验	
9—1	单结晶体管触发电路	75
9—2	单相桥式可控整流电路	76
第十章	常用电子仪器的使用——电子电压表	
10—1	对电压测量仪器的要求	78
10—2	电子电压表的种类	79
10—3	GB—1 型真空管繁用表	80
10—4	DY—5 型电子管电压表	81
10—5	GD—9 型真空管毫伏表	82
10—6	DA—16 型晶体管毫伏表	84
第十一章	常用电子仪器的使用——信号发生器	
11—1	信号发生器概述	85
11—2	XC—1 (音频—1 甲) 音频信号发生器	85
11—3	XFD—6 低频信号发生器	87
11—4	XFS—8 声频信号发生器	88
11—5	XFG—7 高频信号发生器	89
第十二章	电子示波器	
12—1	电子示波器的基本原理	92
12—2	SB—10 电子示波器的使用	95
12—3	325 电子示波器使用简介	99
12—4	SBT—5 同步示波器的使用说明	101
12—5	双线双迹示波器简介	106
第十三章	JT—1 晶体管特性图示器	
13—1	JT—1 的用途及面板布置	107
13—2	JT—1 的技术性能及使用方法	107
第十四章	检修电子仪器的一般方法	
14—1	概 述	112
14—2	电子仪器常用的几种检修方法	113
14—3	电子仪器一般检修步骤	114
附录 I	参考资料	116
附录 II	常用电子仪器简表	117
附录 III	电子学实验报告 (格式)	119

第一章 概 述

1—1 电子学实验的重要性

电子学是一门实践性很强的科学。这是因为大部分理论的计算公式，是在作了某些假定，忽略某些因素条件下推导及求证出来的。更精确的计算公式可以得到，但是由于其推导过程过于复杂及冗长，实际意义不是很大。另外电子器件如二极管，三极管等制造时因材料工艺等差别，其参数的离散性很大，尽管同品种同型号，但电参数出入较大，这就给一般计算带来了较大的误差。同时电子元件如电阻容等本身误差也较大，最高可达 $\pm 20\%$ ，也使计算结果和实际有较大的偏差。因此，和理论计算实验调整一样，便成为研究电子学的一个重要手段，也就是说电子学实验是学习掌握“电子技术基础”这门课程必不可少的重要组成部分，同学们务必予以足够的重视。

1—2 电子学实验的一般内容及目的

实验是工程技术和科学研究中的重要组成部分，也是在教学中对學生进行基本技能训练的重要环节，所以电子学实验在电子技术基础课程中占有重要的地位。

电子学实验的目的和要求是

- ① 学会使用常用的电子仪表、掌握电子学实验的基本工具。
- ② 学会对电子器件各项电参数及性能的测试。
- ③ 逐步培养学生掌握电子技术线路的基本安装焊接等工艺。
- ④ 掌握对电子线路进行调试的基本方法并能分析实验结果及提出改进措施。

为了完成上述各项目的，电子学实验采用了逐步放手，逐步深入的方法。前面的实验写的具体，而后面的实验写的简单，甚至只给出实验原理，其实验步骤等内容均由学生自己去独立完成，这样才能培养出具有较高水平的人材来，学生只有循序渐进，才能完成本课程所规定的目的。

1—3 电子学实验注意事项

电子学实验除了仍应注意和严格遵守电路原理实验的一般规则外，还应注意以下几点：

- 1、电子学实验所需的交流电源如仪表电源等可直接从交流电网取得，必要时可经过适当的变压器变压。直流电源可由晶体管稳压器供给。
- 2、实验前应从半导体器件手册查出实验所用器件的参数和管脚位置图。
- 3、接线前应将实验板的接线和零件查看清楚。

4、选择电子学实验所用仪表时应注意：

① 电压表内阻应该大，特别是被测电路的电阻很大时，若用普通的内阻为每伏1000欧的电压表，电路的工作情况将受到严重的影响，使实验得不到正确的结果，因此必须用真空管电压表，或晶体管毫伏表。当然在被测电路的电阻较小时（例如测量电源电压时），普通的电压表还是可以用的。

② 仪表的频率范围应与电路的工作频率相适应。

③ 仪表的量程应该这样选择：在进行测量时，尽量使仪表的指针在刻度的 $\frac{1}{2} - \frac{4}{5}$ 的范围内指示。

5、使用多量程仪表（特别是万用表）时，应正确选择仪表挡位及量程，以免损坏仪表。

6、接线之前应先将实验板和仪器设备布置合理，接线不宜太长，并尽量避免交叉，以免产生干扰，影响实验结果。

7、电路中各元件上的电压，电流都不应超过其额定值，例如电阻不应超过其允许电流或瓦数，电容器不超过其额定电压等。

8、容量较大的电容器从较高的电压电路上取下时，应先放电，然后才可触摸或接线。

9、使用电子管电子仪器时，应该在预热一定时间后使用。

10、当线路中使用多台电子仪器时，必须使用统一的接地。

11、集成电路实验除注意上述事项外还要注意以下几点。

① 集成电路组件对电源要求比较严格，允许的电源电压波动上限为2%。

② 不得使用万用表的高阻挡测组件的输入或输出端。

③ 组件不允许并联输出，输出端严禁接地或接 V_{cd} 。

④ 不用的输入端可悬空（不得有引线）最好是接 V_{cc} （即+5V），逻辑功能一样。

第二章 电子学实验工艺及仪表的初步使用

2—1 常用阻容元件的特点与标称值

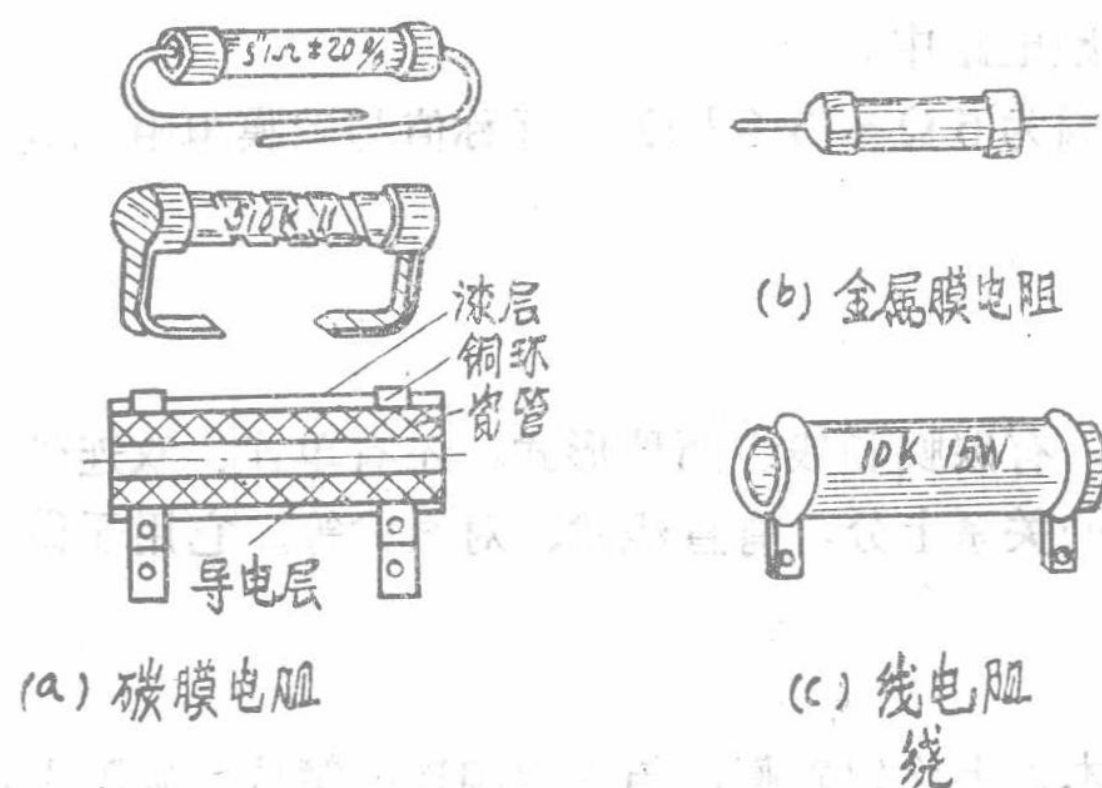
电子电路中所用的元件很多，除了半导体器件以外，电阻器、电容和电位器等元件占了绝大部分。我们只有掌握这些元件的特点和标称数值，才能合理地选择和使用它们。

一、电阻器

电阻器一般按构成电阻的材料来分，有碳膜、金属膜和线绕等种类，外形如图2·1—1所示。表征电阻器性能的技术参数主要有电阻值、准确度、额定功率等

1、碳膜电阻

① 结构 在瓷管的表面上沉积一层碳的薄膜，通过改变碳膜的厚度或把碳膜刻成螺旋线以便形成不同的长度，来取得所需要的电阻值，外表多为绿色。



(a) 碳膜电阻 (b) 金属膜电阻 (c) 线绕电阻

2-1-1 电阻器外形图

误差等级	标 称 值
I ($\pm 5\%$)	1.0 1.1 1.2 1.3 1.5 1.6 2.0 2.2 2.4 2.7 3.0 3.3 3.6 3.9 4.3 4.7 5.1 5.6 6.2 6.8 7.5 8.2 9.1
II (10%)	1.0 1.2 1.5 1.8 2.2 2.7 3.3 3.9 4.7 5.6 6.9 8.2
III ($\pm 20\%$)	1.0 1.5 2.2 3.3 4.7 6.8

表中数值再乘以 10^n , $n = 1, 2, 3 \dots$

阻值范围 $10\Omega \sim 10M\Omega$

② 特点 稳定性好，温度系数小，运用频率高，是电子电路中应用最广泛的一种元件。

③ 电阻标称系列值 碳膜电阻的阻值是按着一定的系列值来规定的，使用时必须选择系列中的标称数值。

④ 额定功率标称值 碳膜电阻的额定功率是指在环境温度为 40°C 时的容许功率值。有 $1/8$ 、 $1/4$ 、 $1/2$ 、 1 、 2 、 $3W$ 等规格，它是以电阻元件本身的体积大小来区分的，一般不另标注。

2、金属膜电阻

① 结构 与碳膜电阻类似。所不同的是，它的导电薄膜是由特殊合金形成的。通过改变薄膜的厚度或长度得到不同的电阻值。外表多为红色。

② 特点 耐热性及稳定性均比碳膜电阻好。体积小（约为碳膜电阻的一半），但制造工艺复杂，价格较贵，适用于对稳定性和可靠性要求较高的电路中。

③ 规格 电阻值的标称值与碳膜电阻相同。功率标称值为 $1/4$ 、 $1/2$ 、 1 、 $2W$ 四种。

3、线绕电阻

① 结构 用康铜线或镍铬合金等电阻丝绕在瓷管上，外面涂复保护层(玻璃釉等)。

② 特点 功率值较大，准确度较高，但自身电感较大，阻值范围小。用于要求功率值较大、数值精密的低频电路中。

③ 规格 阻值范围为 $5\Omega \sim 56K\Omega$ ，标称值与碳膜电阻相同。功率标称值一般在 $200W$ 以下。

二、电位器

电位器从结构上分，有碳膜和线绕两种形式，还有单连、双连带开关和不带开关之分。从阻值和转角之间的关系上分，有直线式、对数式等。它用于做可调电阻或电位调节。

1、碳膜电位器

在一个马蹄形的胶木板上涂以碳膜，与手柄相连的簧片在碳膜上滑动。如图 2·1—2(a) 所示。图 2·1—2(b) 是它的外形及符号。

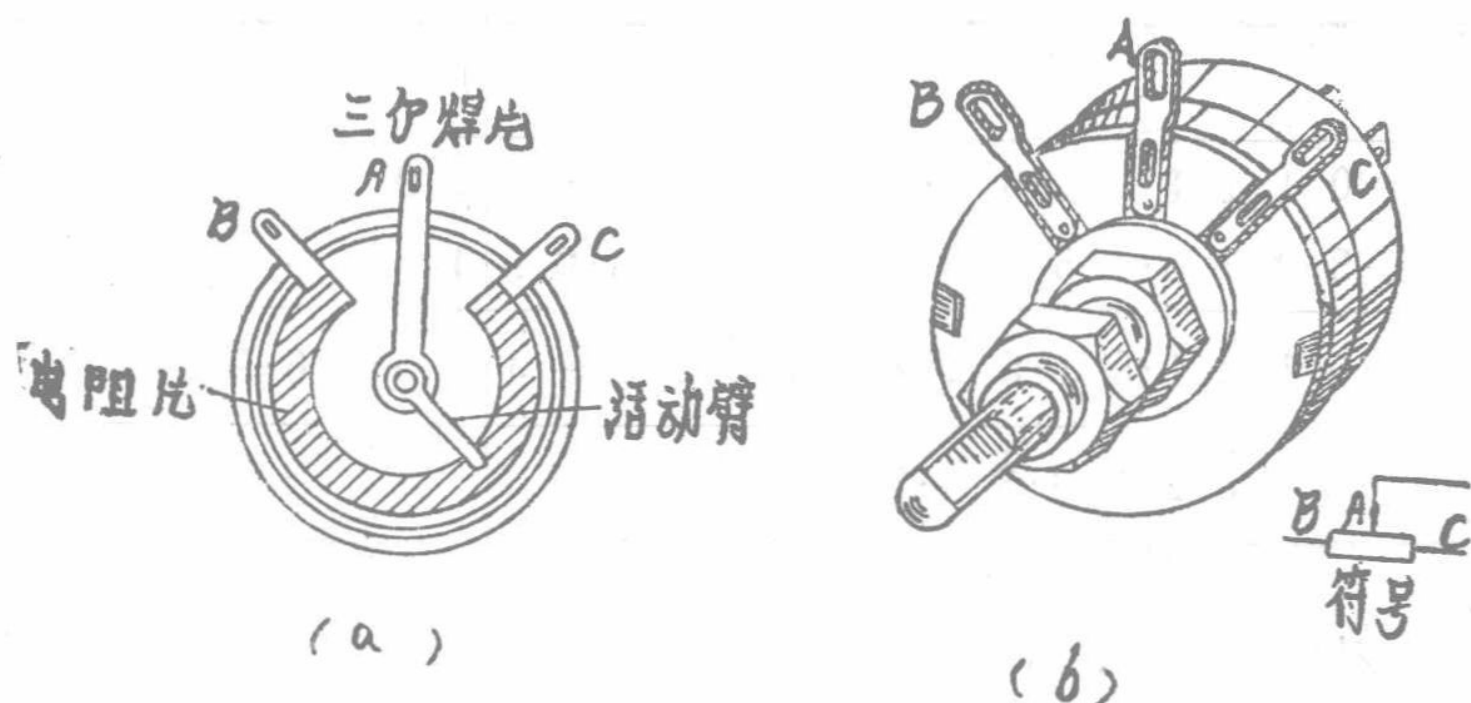


图 2—1—2 电位器的内部结构和外形图

阻值范围 $470\Omega \sim 4.7M\Omega$

额定功率 $0.5W, 1W, 2W$

2、线绕电位器

在一个胶木片上绕上电阻丝，形成圆形，簧片在电阻丝上滑动。

阻值范围 $4.7 \sim 20K\Omega$

额定功率 $3W, 5W$

三、电容器

电容器一般按所用的电介质来分，有气体介质(空气)，液体介质(油、电解液)，无机固体介质(云母、陶瓷)和有机固体介质(纸、涤纶、聚苯乙烯)等种类。表征电容性能的技术参数主要有电容量、准确度、工作电压和工作频率等。

1、纸介电容

① 结构 用两条带状铝箔做电极，以电容器纸作电介质，卷绕而成（有的卷好后再经过浸油处理），如图2—1—3所示。

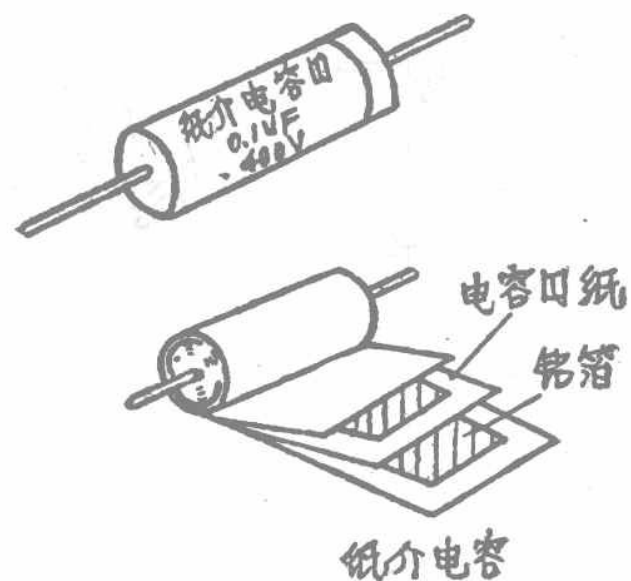


图2—1—3 纸介电容

② 特点 结构简单，便宜，但电容值不稳定，自身电感和损耗都较大，适用于对频率和稳定性要求不高的场合。

③ 规格电容量范围

非密封型 $4700PF \sim 0.5 \mu F$

瓷管密封型 $470PF \sim 0.1 \mu F$

金属化型 $0.01 \sim 25 \mu F$

电容标称值见下表：

100~10000PE		0.01~0.1 μE		0.1~1 μE	1~1 μE
10	33	0.01	0.047	0.1	1
15	47	0.015	0.056	0.15	2
22	68	0.022	0.068	0.22	4
		0.033	0.082	0.33	6
		0.039		0.47	8
乘以10 ⁿ (n = 1, 2, 3)					10

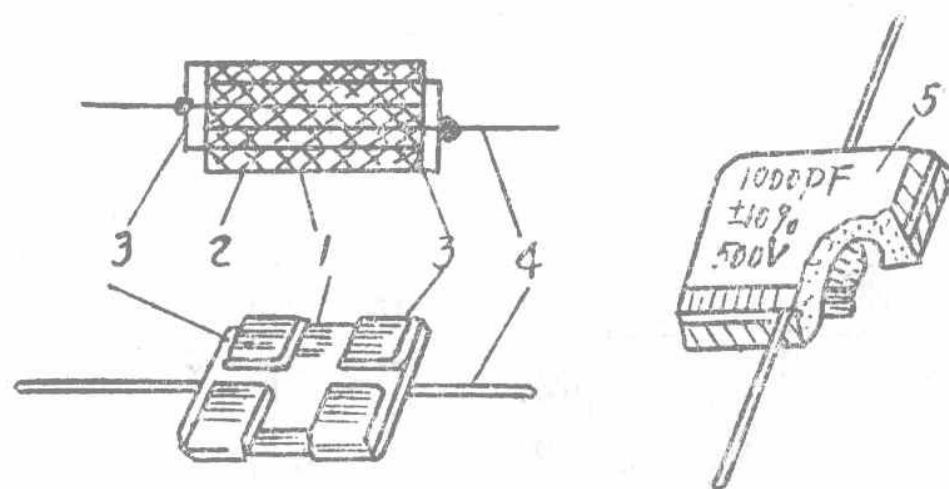
工作电压63，100，160，250，400，630，1000伏

2、云母电容

① 结构 以云母做介质，在云母片上镀银做电极，把许多层叠起来，外面用胶木压合密封而成，如图2·1—4所示。

② 特点 损耗小，自身电感小，稳定性好，但体积较大，适用于高频和脉冲电路。

③ 规格 电容量10 PE ~ 0.1 μF，标称值与碳膜电阻同。工作电压250~1000 V。



1、极片(铝箔) 2、云母 3、电极夹子
4、引出线 5、塑料外壳

图2—1—4 云母电容

3、瓷介电容

① 结构 以陶瓷片或瓷管为介质，在其内外侧涂一层银做电极而构成。有固定式和

微调式两种，如图 2—1—5 所示。

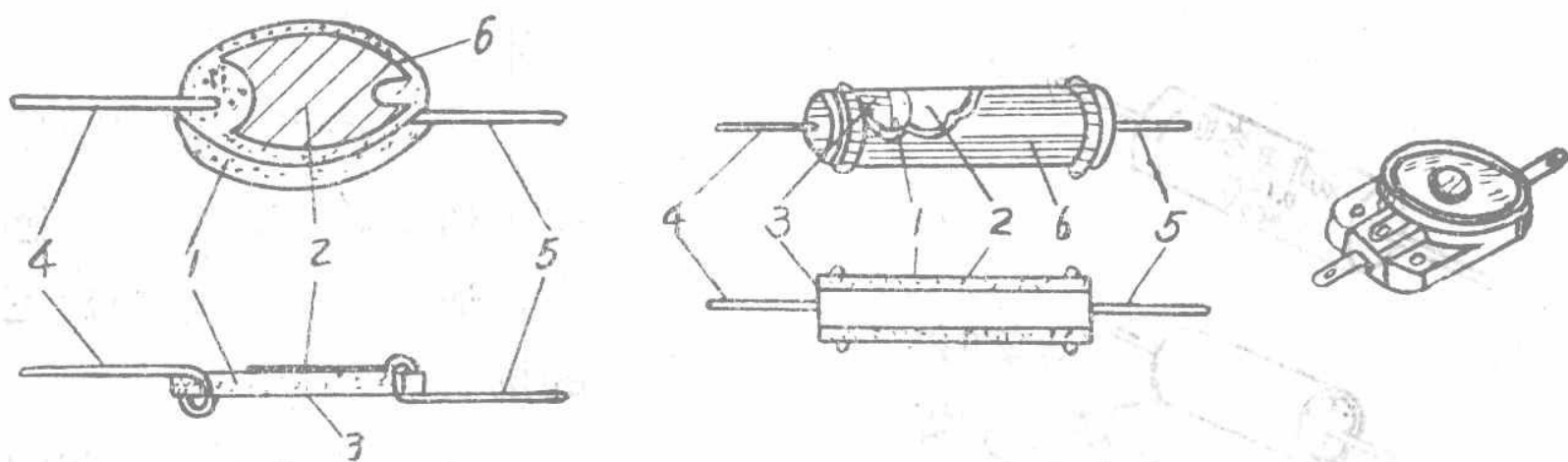


图 2—1—5 瓷介电容

② 特点 损耗小，自身电感小，温度稳定性好，适用于高频和稳定性要求较高的电路中。

③ 规格 电容量 $2PF \sim 0.047 \mu F$ ，标称值与碳膜电阻同。工作电压为 $25V$ 、 $500V$ 等。

4. 可调电容

① 结构 由动片和定片组成。根据介质种类分，有空气介质和有机薄膜介质两种；根据构造分：有单连、双连、三连三种，如图 2·1—6 所示。

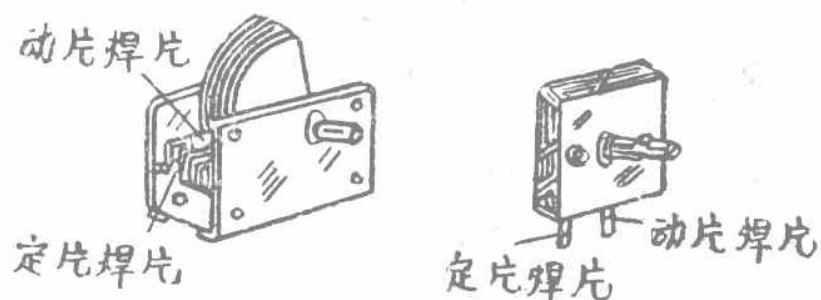


图 2—1—6 空气可调电容

② 特点 稳定性较好，但体积较大，用于振荡器等电路中。

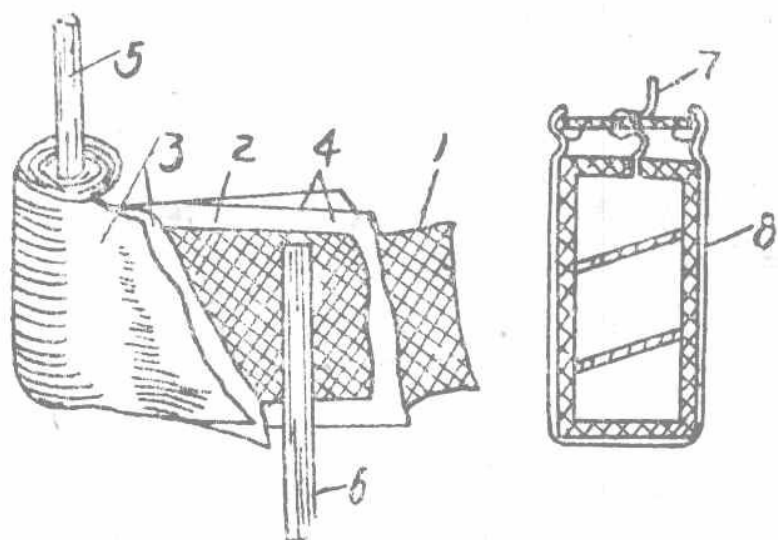
③ 规格 电容量一般为 $270PF$ 和 $360PF$ 。动片旋出时，最小容量约为 $9PF$ 。

5、有机薄膜介质电容

用有机薄膜作介质，具有体积小，损耗小等优点。常用的有：小型涤纶电容，电容量范围 $1000PF \sim 0.5 \mu F$ ；小型聚苯乙烯电容，电容量范围 $3PF \sim 0.01 \mu F$ ，标称值与碳膜电阻同。工作电压为 $63 \sim 630V$ 。

6、电解电容

① 结构 在两条铝箔带中间夹有浸过电解液的纸带，卷绕而成。其中一个铝箔带是经过处理的，把铝箔放在电解液中，在其表面形成一层极薄的氧化铝膜，这种膜是绝缘的，以它做为电质，因为厚度很小，所以电容量可以做得较大。其结构和外形如图 2·1—7 所示。



1、2——铝箔； 3、3——浸有有电解液的纸；
5、6——电极引出线； 7——正极； 8——负极（外壳）

图 2—1—7 电解电容

② 特点 因为介质膜是由电解作用形成，所以有极性，在使用时不能接反，

否则将使氧化铝层损坏（击穿）。以蜡灌封的电容在外壳上以（+）、（-）标注。铝外

壳式的电容,如只给出一个电极(正极),则外壳为负极。这种电容准确度和稳定性均较差,运用于要求电容量很大、电压极又不改变、对准确度要求不高的场合,例如整流滤波等。

③ 规格 电容量: 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000, 2000 μF 等。

工作电压: 6, 15, 25, 50, 150, 250, 300, 450 V等。

7. 钽电解电容

用钽粉通过烧结,使阳极具有多孔性,从而增大电容量,具有体积小,损耗小,性能稳定等优点。常用的CA型钽电解电容器的电容量范围: 1~330 μF 。工作电压: 6~63 V。

[附]电阻器、电位器和电容型号的命名方法

电阻器、电位器的型号一般由四个部分组成:

第一部分 主称(用字母表示)

R 电阻器

W 电位器

C 电容器

第二部分 材料(用字母表示)

例如: T 碳膜

J 金属膜

H 合成膜

X 线绕

Y 云母

C 高频瓷

D 铝电解

A 钽电解

第三部分 分类(一般用数字表示,个别型号用字母表示)

例如: 电阻器及电位器 1、2——普通 7——精密

电容器(云母、有机) 1、2——非密封 3、4——密封

W 微调

G 高功率

C 多圈

第四部分 序号(用数字表示)

举例: RT 碳膜电阻器

RJ 金属膜电阻器

WH 15合成碳膜电位器

CJ 30密封金属化纸介电容器

CY 云母电容器

CCW 微调瓷介电容器

- CB 聚苯乙烯电容器
 CD 铝电解电容器
 CA 固体电解质钽电容器

2—2 电子电路焊接的基本工艺

在制作电子设备过程中，焊接工艺是很重要的。往往由于焊接质量不好，给调试工作带来很大困难。同时也会严重地影响设备的使用和检修。为了培养学员在实践中具有良好的科学作风，这里简单介绍一下焊接工艺方面的基本知识。

一、焊料与焊剂的选择

焊接电子电路时常用“焊锡”做为焊料，因为它有较好的流动性和附着性，在一定的温度、湿度及振动击条件下具有足够的机械强度，而且有耐腐蚀、使用方便等优点。

一般所说的焊锡，并不是纯锡，而是由锡、铅和其他一些金属组成的一种软焊料。因为纯锡虽然有较好的光泽，但流动性差，价格也较贵，而铅的流动性较好，成本较低；二者合成以后可以得到比较好的效果。以不同比例合成的焊锡，其熔点点和凝点温度如图2·2—1所示（此图引自《怎样做好焊接工作》一书）。

由图中可见，在锡为63%，铅为37%时（图中A点），熔点最低（约 180°C ），而且这时由液态到固态几乎不经过半凝固状态，从而可以使焊点迅速凝固，缩短焊接时间。

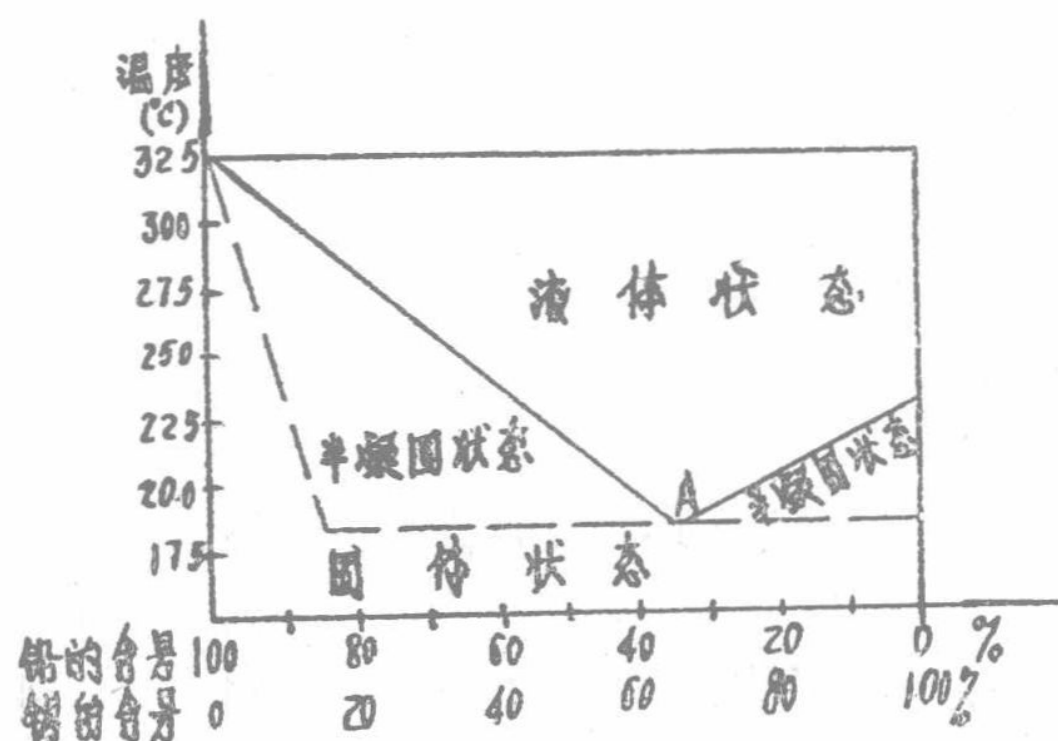


图2—2—1 不同成分焊锡的熔点和凝点温度

一般常用焊锡的成分大致为：锡63%，铅36.5%，其它金属0.5%，其熔点温度约为 190°C 。焊锡的性能等一般用熔点温度、光泽度、凝固快慢和导电性能等指标来衡量，可以针对不同的要求自行配制。

“焊剂（亦称助溶剂）”的作用是除去油污，防止被焊接的金属受热氧化，增加焊锡的流动性。常用的焊剂是松香，它有黄色和褐色两种，以淡黄色的较好。当烙铁头蘸松香时，挥发的烟量少、附着性好。用烙铁头吸附固体松香的方法有两个缺点：松香在烙铁头上容易挥发，沾到焊点上的数量较少，不能充分发挥焊剂的作用；烙铁头经常接触松香，容易使松香氧化变质。所以最好是将松香溶于酒精中，把松香酒精的溶液点在焊接处，再

用烙铁焊，效果较好，而且焊点干净。松香酒精剂的配制方法是：松香（碎末）20%，酒精78%，三乙醇胺2%。用市面上销售的松香芯焊锡丝时，把锡丝和烙铁头同时接触焊点，焊接质量也较好。一般情况下不要用酸性焊油，因为它对焊点有腐蚀作用，在焊接较粗的导线，及在要求不高的临时性场合可适当使用，也还方便，但焊完后要用酒精将焊油洗掉。

二、焊点质量

焊点的质量直接关系到整个电子设备能否稳定可靠地工作，所以焊接技能是从事电子电路工作人员的一项基本功。

质量比较好的焊点如图2·2—2(a)所示，在交界处焊锡，焊孔（铜箔或焊片）和元件引线三者较好地熔合在一起。而图2·2—2(b)，从表面上看，焊锡也把导线包住了，但焊点内部并没有完全熔合，焊完后用欧姆表一量也通，但是用手拉一下就可能把导线拉出来：即使当时拉不出来，经过一段时间以后，由于温度、湿度或振动等因素，焊点处就会形成断路，这样的焊点一般称为虚焊点。由于虚焊点从表面上不容易被发现，所以将给调试和检修工作造成很大困难，据统计，由于虚焊点而产生电路工作故障的情况约占全部故障原因的20%左右，这一点很多人是有教训的，必须引起足够的重视。

产生虚焊点的主要原因是元件引线、导线和焊片的表面不清洁，焊锡或焊剂的质量不好或用量太少，烙铁头温度低等，而引线清理得不好往往是主要的方面。

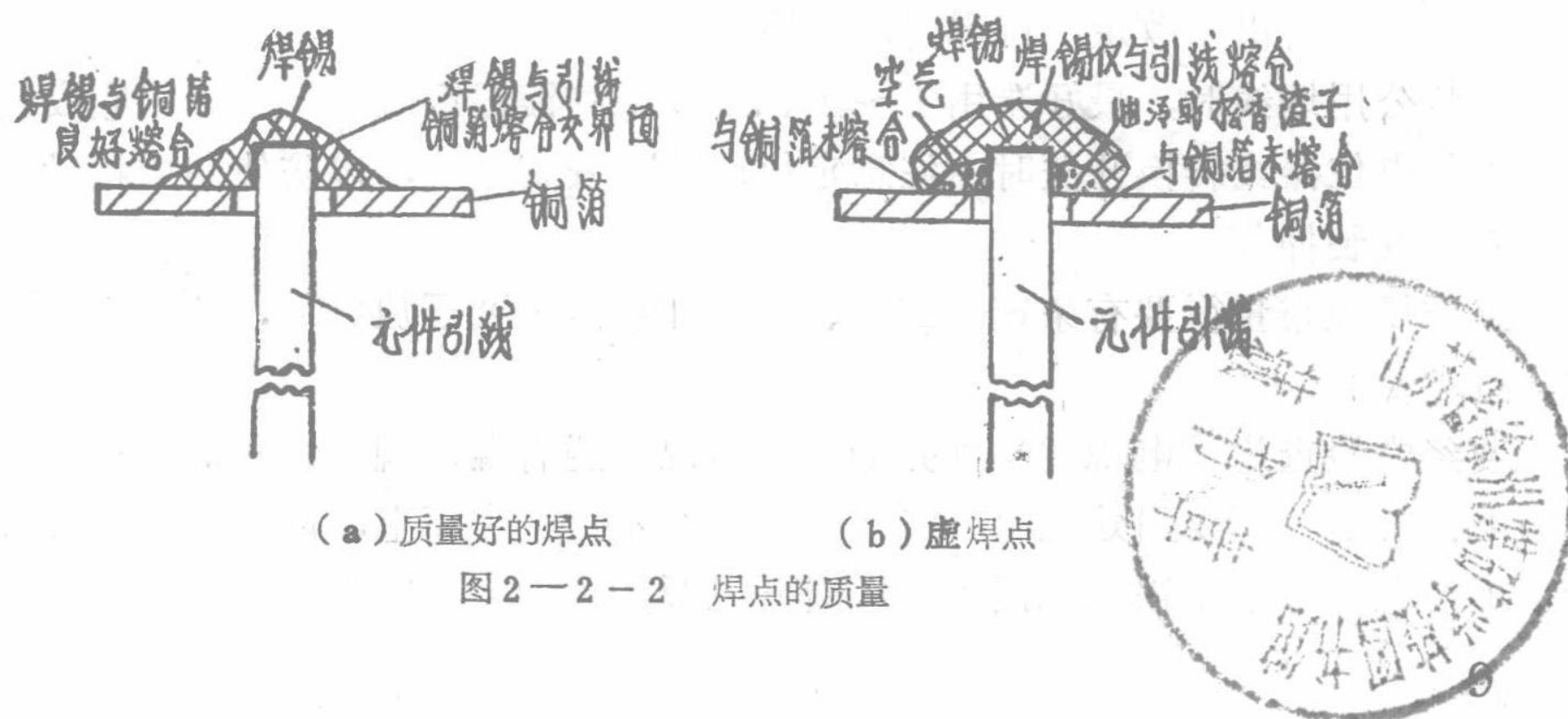
避免虚焊点，首先要思想重视，严格操作，把好清洁处理这一关。注意焊锡、焊剂和烙铁的选择；焊接时使烙铁头和焊接物的接触面积尽量大一些，并且保证有足够的焊接时间；焊接过程中手不要颤抖；焊点上的锡量要合适，避免过分堆积。

检查焊点质量的好坏，可以从表面来观察：焊点的大小合适；焊锡和导线、焊片（或铜箔）之间熔合，没有明显的分界；焊点光亮清洁。

三、焊接方法

1、烙铁的使用

常用的电烙铁有25、45、75、100W等种类，根据焊接元件的大小和导线的粗细来选择。一般焊接小功率半导体管和小型元件时可选用25W或45W烙铁，焊接粗导线或大型元件时用75W或100W烙铁。



烙铁头的形状和温度对焊接质量有重要的影响。常用的是直形烙铁头，必要时可以折成弯形。顶端锉成扁一些窄一些的形状。烙铁头的温度要合适，过热时烙铁头很容易氧化，不易挂锡，焊点发涩；不够热时焊锡不易流动，焊不牢，也费时间。烙铁头比较合适的温度是 250°C 左右，这时接触焊锡后能使之较快的熔化，焊锡在烙铁头上又较容易附着。

烙铁头要经常保持清洁整齐，随时除去上面的黑色氧化物。当烙铁头顶端因长期氧化出现豁口时，要用锉刀进行修整。

2、元件的清洁处理

焊接前，先把所用元件的引线和导线的焊接部分用小刀刮。砂纸擦或酒精洗等方法除去表面的漆层和氧化物。清洁处理后立即镀锡。近年来不少单位采用超声搪锡方法，效果也较好。

一般情况下，元件的引线不要剪得太短，至少保留 5mm 左右。尤其是半导体管的引线，一般比较硬，更要留得长一些（最好不小于 10mm ）。

剥导线头的绝缘皮时，最好使用剥线钳，以防止导线在钳口正损伤。剥多股导线时，要保持导线内所有铜丝完好无缺，再把散丝拧在一起镀锡。

3、连线方法

用焊片（或支架）连接时，可把元件引线和导线钩在焊片孔内，再进行焊牢。用小铆钉连接时，元件引线要插在铆钉孔内焊牢。用印刷电路板时，元件引线穿过焊孔后，再与铜箔焊在一起，因铜箔较薄，引线透过太少时不易焊牢。

通过电流比较大的粗导线，可以在螺钉上连接，但要把导线端头焊在焊片上，并把焊片套在螺钉上，用垫片、弹簧垫圈和螺母压紧后不要把导线端头拧个圆圈套在螺钉上，这样做接触不好。

选用的导线最好用不同的颜色，以便区别。一般情况下直流电源正端用红线，负端用白线，地线用黑线（或裸线）。三极管的引线套上不同颜色的套管：发射极用红色，基极用兰色，集电极用黄色。导线很多时，可在端头装上套管打印标号，以便检查。

4、焊接次序

先焊细导线和小型元件，后焊管子和较大的元件，因为大元件占地面积大，又比较重，后焊较为方便。管子怕热，后焊可以防止因焊接其它导线时烙铁的热量由导线传到管子内部而损坏，而且这样做也可避免管子在焊接过程中碰坏。

焊接管子的引线时，动作要快，最好一次成功。焊接时用镊子夹住引线，使由烙铁头传来的热量沿着镊子散走，待焊锡凝固后再放开。

安装公用地线时，最好选用 $1 \sim 1.5\text{mm}$ 粗的镀银铜线，并且先把它安装好。安装电位器或转换开关时，注意定位准确，安装牢固，以防使用中松动。

5、安装操作

工作场地布置得要有条理。工具、元件和导线等要摆放整齐，仪表要放在稳妥的地方，避免摔坏。

要经常检查烙铁电源线和铁壳的绝缘情况，遇有漏电现象要及时修理。在工作中要防止触电、烫伤，不要到处甩锡。烙铁不要放在木板或桌子上，以免着火。离开工作场所时，不要忘记拔下烙铁电源插头，断开电源开关。

以上仅就焊接工艺粗略作一介绍，仅供参考。

2—3 电子设备结构设计的基本原则

电子设备的结构设计，和制造工艺一样，对设备的性能起着重要的作用。随着电子技术的迅速发展和被广泛应用，电子设备的种类愈来愈多，所遇到的环境条件日趋复杂，尤其在煤矿的井下更是如此，这就要求我们抓住关键问题，综合进行考虑，才能满足煤矿使用要求。结构设计涉及的方面很多，这里就其基本原则作一概括的介绍，供煤矿中进行技术改革时参考。

一、结构设计的基本任务

1、满足电性能技术要求

除了依赖良好的电路以外，必须合理选择元器件和遵守严格的装配工艺。

2、适应环境条件的要求

包括环境温度、湿度、气压、振动冲击和防尘防爆等要求。温度要求由季节、寒热带地区等情况决定；湿度要求关系到防潮措施；气压和振动冲击方面的要求关系到机械强度和运输条件等。使用环境要考虑到防爆、灰尘等情况。

3、要求工作可靠、稳定，抗干扰能力强

在额定工作时间内和额定的使用条件下，要求电子设备能正常而稳定地工作，不仅对一台设备这样要求，而且对每台都应这样要求，以及负载变化时都应当正常工作。此外，还要足够的抗干扰能力。

4、便于生产与使用

这是生产工作人和使用者所关心的。产品要易于装配和调试，便于观察和操作，拆卸检修方便，具有一定的互换性。

5、体积小，重量轻

便于携带、移动，占地面积小，使其小型化，这是电子设备应当体现的特点。

6、经济性

这是多快好省的一个重要方面。设备的生产要尽量减少人力、物力和原材料的消耗。

从上述可见，这些要求之间很多是互相矛盾的。例如，要求设备精度高，通用性强，而使用条件又很苛刻时，设备的结构就要复杂一些。元件多了，可靠性就会降低，体积和重量必然增加，成本也会增高。对设备的可靠性和稳定性的要求，与适应各种环境条件的要求，往往难以兼顾。要求设备小型化，机内元件就会比较拥挤，这又会产生各元部件之间互相干扰，不利散热，不便于生产和检修等问题。

这些问题都要求我们在做结构设计时，既要抓住主要矛盾，又要兼顾次要的要求，与生产者和使用者密切结合，综合进行考虑。

一般情况下，先从满足电气性能指标要求出发，确定适应环境条件的措施，再考虑可靠性、轻便和美观等问题。对具体设备需要进行具体分析，才能设计出合理、可靠、经济的方案来。

二、适应常见环境条件的基本措施

1、如何适应高温环境

我国地域广阔，位于热带和寒带之间，而在煤矿中井上下温差很大。最高气温为 $+45^{\circ}\text{C}$ 以上，最低气温为 -50°C 左右，所以用于户外的设备应满足 -50°C 至 $+50^{\circ}\text{C}$ 的要求，一般地区可按 -40°C 至 $+40^{\circ}\text{C}$ 之间考虑。由于大部分设备是在户内及井下的峒室中使用，所以这里主要介绍适应高温的措施。

高温的环境，从设备外部来说，主要考虑的是夏季期间由于晒或其它设备发热而形成；从设备内部来说，还要考虑机箱内的发热元件（变压器、大功率半导体管、线绕电阻器等）所散出的热量。这两方面因素加起来，使机内温度可能达到七、八十度以上。

高温环境对元部件的影响，主要是使其性能下降，绝缘材料老化，参数变化，热胀变形，降低寿命等，从而影响设备工作的可靠性和稳定性，甚至造成设备不能工作。

预防的措施，主要有下例几个方面：

① 合理布置机内各元件的位置。发热的元件安放在边缘或较空的部位，与怕热的元件离远一些。也可以把发热元件安装在设备的上部或冷却空气流动途经的出口部位。必要时，在有关元件之间加上隔热板或把关键设备（部件）放入恒温器中。

② 选择耐高温、膨胀系数小的器件。例如，线绕电阻选用被釉电阻，可耐温 300°C 左右。

③ 电路中采用温度补偿措施。例如，采用“对管”组成的差动式放大电路等，或者采用发热元件少的电路形式。

④ 采用散热措施。散热有三种方式，即对流、传导和辐射。利用对流散热时，所散发的热量与发热体表面和环境之间的温差、发热体的表面积、以及气体流动的速度有关。

对于小功率的电子设备，较多采用“自然冷却”方式，即利用空气自然形成的对流方式，并在机箱底部、上部和侧面开孔（圆孔、百叶窗、金属丝等）把机器内产生的热量散发出去。一般情况多利用百叶窗，它即能通风，又能防尘。用金属叶可以防止周围电磁场的干扰，也较美观。

2、如何适应潮湿及灰尘较多的环境

在煤矿井下湿度很大，水蒸气常常复盖在元件的表面，而且水中带有一些杂质，易使元件表面的绝缘强度降低。材料如长期受潮则易腐蚀变质，造成生霉等现象。另外灰尘，具有化学物质气体等也会造成上述现象。

预防的措施，主要有这样几种：

① 选择耐潮湿的材料，例如塑料、陶瓷等，而少用纸质元件。

② 在设备中放置吸湿剂，例如硅胶等，以吸取机内的潮气。

③ 利用通风方式，排除环境中的灰尘和具有化学物质气体，减少这些有害物质的含量。或者把设备内部加热，使其高于机箱外部的温度，避免潮气的侵入。

④ 除了上述办法以外，比较多采用的措施是浸渍、灌封和表面处理的方法。

浸渍：是用具有良好绝缘性能的漆或蜡等材料，填满元器件的所有间隙中，以提高防潮性能，增加绝缘强度。例如，变压器的线圈，虽然采用纸质绝缘材料，但经过浸渍后防潮的性能大大提高。