

电子工艺实训

Dianzi Gongyi Shixun

郝俊青 姚宪华 主编

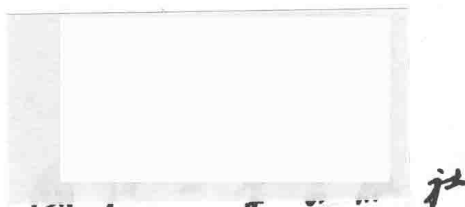


国防工业出版社

National Defense Industry Press

电子工艺实训

郝俊青 姚宪华 主编



·北京·

内 容 简 介

本书内容有电子工艺实习纲要介绍、实训内容(安全用电常识、电烙铁正确使用、万用表的使用、电子元器件识别、印制板设计与制作、Protel 99 SE 软件的运用、SMT 贴片工艺)介绍、电子产品(FM 收音机、数字万用表、多用充电器等)装配与调试;还附有练习题及答案,常见和常用的相关电气资料以附表、附图、附件的形式呈现给学生;最后还有实训与导读,方便学生学习和教师指导。

图书在版编目(CIP)数据

电子工艺实训/郝俊青,姚宪华主编.—北京:国防工业出版社,2015.9

ISBN 978-7-118-10404-2

I. ①电… II. ①郝… ②姚… III. ①电子技术—教材 IV. ①TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 232378 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

中北大学印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 8½ 字数 190 千字

2015 年 9 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 20.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

前 言

· 电子工艺实习是一门以实践为主、理论贯穿其中的课程。实习的整个过程是把平面图形经过一系列工艺变成具有特定功能的产品。在实习的过程中,除了基本的制作外,学生还可以掌握一些生活用电常识、常用工具的使用,了解一些电子产品的发展现状以及与电子专业的紧密联系等,不但能够增加学识、提高兴趣,更能够树立学好本专业的信心,找到前进的方向。

不少高校在本科教学中开设电子工艺实习以来,经过不断完善和发展,已初步形成比较规范的教学体系和教学方法,在硬件方面有多媒体教室、网络教室、SMT 贴片教室、电子实习教室等。

实习产品:FM 收音机、数字万用表、多用充电器等;

教学方法:课堂讲授、动手训练、观看录像、产品制作;

课程内容:安全用电常识、电烙铁正确使用、万用表的使用、电子元器件识别、印制板设计与制作、Protel 99 SE 软件的运用、SMT 贴片工艺、电子产品装配与调试。

“全力以赴为学生服务”是电子工艺实习遵循的基本原则,加强素质教育、努力培养学生专业精神和创新能力是电子工艺实习追求的目标。为此,我们不断进行探索,积极引进新技术、新工艺、新产品,为学生的课内实习和课外实践提供尽可能多的机会和更广阔的空间。

本书是大专院校学生参加电子工艺实习的指导教材,内容涉及实习的全部过程。经过五年多的使用,对原讲义中的不足之处进行了弥补,例如增加了 Protel 99 SE 软件绘制 PCB 图的实训内容,增加了“实训与导读”部分,更加人性化、合理化,既方便学生学习,也方便教师指导;但书中难免有不足之处,欢迎读者指正。

郝俊青

目 录

第一部分 实习纲要	1
第二部分 实训内容	5
第三部分 实训教程	8
第1章 用电常识	8
1.1 基本概念	8
1.2 用电知识	9
第2章 基础知识	12
2.1 概述	12
2.2 基本工具的使用	13
2.3 常见元件及其符号	18
2.4 集成元件的几种封装形式	19
2.5 常用元件的识别和测试	21
2.6 特殊器件的介绍	28
2.7 PCB 印制板的制作方法	32
2.8 SMT 表面贴装方法	34
2.9 基本参数的测试方法	35
2.10 Protel 99 SE 软件的使用	36
第四部分 实训产品	52
第3章 FM 收音机制作	52
3.1 无线电广播	52
3.2 SMT 简介	55
3.3 FM 原理	59
3.4 FM 收音机安装工艺	63
第4章 DT830B 数字万用表	70
4.1 数字万用表	70
4.2 DT830B 数字万用表简介	71
4.3 数字万用表基本器件	76
4.4 安装工艺	79
第5章 充电电源制作	84
5.1 充电电源简介	84
5.2 安装工艺	85

第五部分 练习题	93
一、单项选择题	93
二、问答题	97
第六部分 附表-附图-附件	103
附表 1 Protel 99 SE 软件元件库资料(部分)	103
附表 2 常用金属导体在 20℃ 时的电阻率	104
附表 3 常见二极管参数	104
附表 4 常用插件式三极管型号及参数	105
附图 1 三端集成稳压器双输出直流稳压电源电路原理图	106
附图 2 日光灯电子打火电路电气原理图	106
附图 3 指示灯循环闪烁电路	107
附图 4 实训电路 1	108
附图 5 实训电路 2	108
附件 A 电抗元件的标称值与标志	109
附件 B 导线的承载电流大小与导线的截面积的关系	111
附件 C 场效应管与晶体管的区分	111
附件 D 555 定时器的基本应用	112
附件 E 常用 LM 三端稳压器介绍	116
附件 F 三位半的数字万用表的使用	117
附件 G 电子实习报告内容	119
附件 H 实习成绩打分标准	119
第七部分 实训与导读	120

第一部分 实习纲要

- 课程总学时:70 学时
- 课堂教学(14 学时)与实际操作(56 学时)学时比 1:4

1. 电子工艺实习课程的性质、目的和要求

1.1 性质

电子工艺实习是工艺性、实践性的技术基础课。它既是基本技能和工艺知识的入门向导,又是创新实践的开始、创新精神的启蒙,是理工科各相关专业工程训练的重要内容,也是素质教育的基本环节之一。

1.2 目的

电子工艺实习通过学生自己动手,了解一般的电子工艺知识,掌握一定的操作技能并制作实际产品,使学生初步接触生产实际,培养一定的科学作风和动手能力,得到基本工程训练,为学习后续课程、进行毕业设计,以及从事实际工作奠定实践基础。

1.3 要求

(1) 掌握常用元器件及材料的类别、型号、规格、符号,主要性能和一般选用原则以及各元器件的测量方法。

(2) 掌握印制电路板的基本工艺知识及初步制作印制电路板 CAD 技术,学会印制线路的设计方法并设计出一定难度的印制板布线图。

(3) 熟悉电子装焊工艺的基本知识和要求,初步掌握手工电子焊接技术并装焊 1~3 种电子产品。

(4) 了解安全用电知识,学会安全操作要领,培养严谨的科学作风和良好的工作作风。

(5) 了解表面安装技术及其他新技术、新工艺。

2. 基础理论部分

2.1 安全知识(1 学时)

(1) 实习的目的、任务、主要内容及基本要求。

- (2) 电子技术安全知识。
- (3) 安全用电的重要性及安全用电常识。
- (4) 电子装焊调试工作中的安全问题。

2.2 焊接技术 (2 学时)

- (1) 常用焊剂和焊料。
- (2) 焊接工具及常用装配工具的正确使用。
- (3) 锡焊机理。
- (4) 五步法训练。
- (5) 锡焊技艺。
- (6) 焊接缺陷及质量检验。
- (7) 工业生产中的锡焊技术。
- (8) 表面安装与微组装技术(SMT)。

2.3 电子元器件 (3 学时)

- (1) 常用元器件分类、命名、型号、规格、参数表达方法。
- (2) 常用元器件识别及测量方法。
- (3) 元器件安装及测量方法。
- (4) 常用电子元器件检测与筛选。
- (5) 电子元器件的发展。

2.4 印制电路板知识(2 学时)

- (1) 覆铜板的基本知识、分类、性能特点及选用原则。
- (2) 印制板设计：
 - 根据电路原理图设计出印制电路工艺图的方法；
 - 印制板设计技巧；
 - 印制板设计过程及实践。
- (3) 印制板制造与检验。
- (4) 实验室手工制作印制板的方法。
- (5) 印制电路板 CAD 简介。
- (6) 印制电路板新发展。

2.5 PROTEL 印制电路板设计 (2 学时)

2.6 实习产品及电子装配技术(4 学时)

- (1) 产品原理。
- (2) 安装制造工艺。
- (3) 调试、故障查找及维修。

3. 实践操作部分 (56 学时)

3.1 安全使用工具(2 学时)

- (1) 电烙铁的安全检测、正确使用及安全规则。
- (2) 改锥、扁口钳、尖嘴钳、剥线钳等常用工具的正确使用及练习。

3.2 焊接练习(12 学时)

- (1) 五步法训练、用练习板练习焊接。
- (2) 器件表面处理、导线焊接及线路板的拆焊。
- (3) 器件的安装与焊接、导线预处理和焊接、线路板的拆焊。
- (4) 综合练习。

3.3 印制电路板设计与制造(8 学时)

- (1) 手工设计印制板。
- (2) 用 Protel 99 SE 软件绘制 SCH 原理图,并建立一个元件库。
- (3) 用 Protel 99 SE 软件根据原理图绘制 PCB 印制板图。

3.4 SMT 工艺 (4 学时)

- (1) SMT 基本知识介绍。
- (2) 介绍并练习转印机、再流焊机的操作和使用。
- (3) 给 PCB 板贴片、用再流焊机焊接。

3.5 实习产品的制作与调试(2 种,总计 24 学时)

- (1) 元器件清点、鉴别、检测、成型、镀锡质量检验。
- (2) 按照工艺流程,进行焊接、组装。
- (3) 按产品技术指标进行整机调试(根据各自产品另行规定具体调试内容)。

3.6 电源变压器整流电路的设计和参数测试(选做,2 学时)

- (1) 整流、滤波电路的搭建;电源变压器初级和次级电阻、电压参数测试。
- (2) 整流、滤波电压参数的测试和波形的观察。

3.7 机动安排(4 学时)

- (1) 增放视频资料(如:PCB 制作工艺流程、SMT 自动生产线等)。
- (2) 补充新的实习内容。

3.8 说明

- (1) 以上按 70 学时安排(适用 2 周集中实习)。

(2) 若实习时间为1整周(7天),总计52学时,实习产品改为1种。

4. 教学环节

4.1 课堂教学、现场讲授

4.2 观看视频、参观展柜

- (1) 观看一些教学课件、视频资料。
- (2) 参观元器件、实习产品(成品和散件)展柜。

4.3 实际操作(重点)

- (1) 万用表的使用、电烙铁焊接训练。
- (2) 元器件参数测试、极性判别和好坏判断。
- (3) 用 Protel 99 SE 软件绘制 SCH 原理图、PCB 印制板图。
- (4) 实习产品装配与调试。

4.4 学生按教学要求自学教辅资料,同辅导老师讨论

- (1) 有关的教学辅导资料要自己独立阅读,发现问题与老师讨论。
- (2) 对实习产品的焊接、组装、调试等工艺流程要了解。
- (3) 能读懂实习产品的电气原理图。

4.5 实际操作考核

- (1) 万用表、电烙铁等工具的基本操作考核。
- (2) 电阻、电容、二极管、三极管、集成电路的器件识别、极性判断、好坏测试。
- (3) 原理图与实物电路的认识、分析考核。

4.6 实习报告(参数测试部分)

- (1) 万用表不同电压、电流挡的内阻参数测试。
- (2) 电烙铁电阻及工作电流等参数测试。
- (3) 实习产品中电压及电流等参数测试。
- (4) 用示波器测试交流电压、整流电压(不加滤波)、整流电压(滤波)的波形及数值。

4.7 实习报告(实习总结部分)

实习结束前每位同学写出一份书面作业,总结实习中的收获,包括在个人知识和能力、集体合作等方面的心得、体会、感想等,以及对本课程内容、侧重点、操作等方面提出改进意见、建议等。

4.8 提高型实习

对于一些对电子制作特别感兴趣的同学,可以给他们提供条件。可以给定或自选一个电路,自选元器件及材料,进行工艺设计并完成安装、调试,写出实习报告。或者学生自己设计电路、筛选元件、焊接、调试,在辅导老师的指导下完成整个工艺流程。

第二部分 实训内容

第一阶段:前期预备阶段训练内容(20学时)

训练内容1:理论讲解A(4学时)。

具体内容:安全教育;万用表,电烙铁,焊锡,PCB板,基本元器件知识。

教学要求:为具体实践做好准备。

训练内容2:基本元器件的识别,认识装配工具及万用表使用方法(4学时)。

主要器材:基本电子元件,实习工具,万用表,示波器等。

教学要求:正确识别元器件参数,掌握测试方法及参数检验标准;
正确掌握工具的使用范围与方法。

训练内容3:电烙铁的使用方法:(4学时)。

主要器材:电烙铁,焊锡,废旧电路板(练习板)。

教学要求:了解电烙铁的结构、安全使用方法、性能及锡焊认识;
观察、认识焊料的熔化、凝固过程;
熟悉掌握锡焊五步法,方法正确、操作规范。

训练内容4:PCB装焊、导线焊接、元器件成型、镀锡及装焊(6学时)。

主要器材:电烙铁,焊锡,PCB练习板,导线。

教学要求:元器件成型与镀锡,卧式及立式安装;
掌握导线的剥线、镀锡以及搭焊与绞焊的焊接方法。

训练内容5:考核学生练习情况(工具的使用、元器件识别、导线焊接、元器件成型、镀锡及装焊等)(2学时)。

主要器材:万用表,电烙铁,焊锡,PCB练习板,导线等。

教学要求:进一步巩固以上的训练内容,为下一步实习做好准备。

第二阶段:实践操作阶段训练内容(36学时)

训练内容1:理论讲解B(4学时)。

具体内容:FM 贴片收音机、AM 调幅收音机、多用充电器、数字万用表等原理和焊接工艺。(每批学生选做 2 件实习产品。)

教学要求:了解实习产品的基本原理和具体焊接工艺。

训练内容 2:SMT 的元件、设备及装焊工艺过程(在 SMT 贴片教室)(8 学时)。

主要器材:FM 收音机、配套演示板、示教板。

教学要求:认识 SMT/SMD,了解 SMT 设备及装焊工艺;
贴装 FM 收音机板。

训练内容 3:FM 收音机组装调试(12 学时)。

主要器材:示波器、万用表、电烙铁,焊锡,FM 电路板及元器件。

教学要求:微型电子产品组装及调试。

训练内容 4:AM 收音机组装调试(12 学时)。

主要器材:示波器、信号发生器、万用表、电烙铁,焊锡,AM 电路板及元器件。

教学要求:了解电子产品装配方法与工艺;
掌握调试法及故障分析方法。

训练内容 5:充电器装配与调试(12 学时)。

主要器材:示波器、万用表、电烙铁,焊锡,电路板及元器件。

教学要求:了解电子产品装配方法与工艺;
掌握调试法及故障分析方法;
进一步加深对电子元件的认识。

第三阶段:实践操作提高和扩展阶段训练内容(扩充内容,14 学时)。

训练内容 1:印制板制作(2 学时)。

主要器材:覆铜板一块,转印图纸一张,转印机。

教学要求:了解印制板种类及手工制作工艺过程与制作技巧。

训练内容 2:手工设计 PCB(4 学时)。

主要器材:样品板,绘图纸和笔。

教学要求:掌握 PCB 手工设计方法。

训练内容 3:用 Protel 99 SE 软件设计 SCH 原理图和 PCB 印制板图(4 学时)。

主要器材:计算机。

教学要求:掌握 SCH 和 PCB 软件设计方法。

训练内容 4:单片机及 PLC 应用(2 学时)。

主要器材:单片机,PLC 模块。

教学要求:了解一些单片机和 PLC 的基本知识及其在工控领域的实际应用情况。

训练内容 5:PCB 制作(2 学时)。

主要器材:雕刻机,单面覆铜板。

教学要求:直观了解 PCB 的制作工艺和流水线生产过程。

第三部分 实训教程

第1章 用电常识

1.1 基本概念

1.1.1 电击与电伤

电击:是电流通过人体时引起的病理生理效应,电流通过人体时主要对人体的肌肉、血液循环和呼吸的功能产生影响,有时还引起严重的灼伤。电流通过人体对人体伤害的严重程度与通过人体电流的大小、电流通过人体的持续时间、电流通过人体的途径、电流的频率以及人体状况等多种因素有关。

电伤:是指电对人体外部造成局部伤害,即由电流的热效应、化学效应、机械效应对人体外部组织或器官的伤害,常有烧伤、电烙铁烫伤和金属溅伤三种。

1.1.2 人体电阻

人体电阻:分为体内电阻和皮肤电阻。人体内的电阻一般约为 500Ω ,基本不受外界条件影响。人体皮肤电阻随条件变化。影响人体电阻的因素有皮肤厚薄、皮肤潮湿度、流汗程度、有无损伤、附有带电粉尘的多少等;干燥皮肤阻值约为 $100k\Omega$,潮湿皮肤约为 $1k\Omega$ 。一般情况下,人体电阻可按 $1000\sim 2000\Omega$ 来考虑。

1.1.3 人体允许电流

人体允许电流:也叫摆脱电流,是指在人体触电以后能自主地摆脱带电体而解除触电危险的电流。在装有防止触电的保护装置的场合,人体允许通过的电流可按 $30mA$ 考虑。

特别强调:这里所说的人体允许电流并不是指人体长时间能够承受的电流值。

1.1.4 安全电压

安全电压:是指一定强度的电流通过人体而没有引起任何伤害事故的电压,因此安全电压的大小取决于人体允许通过的电流和人体电阻。根据生产和作业场所的特点,采用相应等级的安全电压,是防止发生触电伤亡事故的根本性措施。

国家标准《安全电压》规定我国安全电压额定值的等级为 $42V$ 、 $36V$ 、 $24V$ 、 $12V$ 和 $6V$,

应根据作业场所、操作员条件、使用方式、供电方式、线路状况等因素选用。

常见的 36V 安全电压等级,是以人体允许电流与人体电阻的乘积为依据的。36V 大体相当于人体允许电流 30mA,人体电阻 1200Ω 的情况,即大体相当于危险环境下的安全电压。

1.1.5 电压等级

目前我国常用的电压等级为 220V、380V、6kV、10kV、35kV、110kV、220kV、330kV、500kV。电力系统一般是由发电厂、输电线路、变电所、配电线路及用电设备构成。通常将 35kV 及 35kV 以上的电压线路称为送电线路。10kV 及以下的电压线路称为配电线路。将额定 1kV 以上电压称为“高电压”,额定电压在 1kV 以下电压称为“低电压”。

井下低压供电电压等级为 127V、220V、380V、660V、1140V,36V 以下为控制电压,直流 550V 为架线电机车专用。

1kV 以下电气设备的额定电压等级有:

- (1) 直流电压等级 1.5V,2V,3V,6V,12V,24V,36V,48V,60V,72V,110V,220V 等;
- (2) 单相交流电压 6V,12V,24V,36V,42V,100V,127V,220V 等;
- (3) 三相交流电压 36V,42V,100V,127V,220/380V(Y/Δ),380/660V 等。

1.2 用电知识

1.2.1 电池的种类和性能

电池是将化学能、内能、光能、原子能等形式的能直接转化为电能的装置。两百年以前意大利物理学家伏打发明的伏打电池,使人类第一次获得了比较稳定而持续的电流,具有划时代的意义。现在,从普遍的干电池到新型的太阳能电池、锂聚合物电池和燃料电池等,不仅在电池容量、体积、使用方便程度等方面有很大突破,电池的开发、发展正在向绿色环保的方向发展。

按材质分类:碳锌电池(锌锰电池)、碱性电池、水银电池、锂电池、镍镉充电电池、镍氢充电电池、锂充电电池、铅酸电池、太阳能电池。

按外形区分:一般圆柱形(如一般电子商品用的 1 号、2 号、5 号、7 号干电池等)、钮扣形(如电子表、助听器等用的电池)、方形(如万用表用的 9V 电池)、薄片形(如太阳能电池板)。

按使用次数分:一次性电池(如碳锌电池、碱性电池、水银电池、锂电池等)、可充电电池(如镍镉充电电池、镍氢充电电池、锂充电电池、铅酸电池、太阳能电池等)。

电池有两个常用的参数,分别为电压和容量。一般的干电池,电压均为 1.5V,而充电电池的电压为 1.2V。容量就是容纳多少电量的意思,用放电电流和放电时间的乘积表示。例如容量为 1000mAh 的电池,是指该电池用 1000mA 的电流放电,能使用 1h。显然,如果用 250mA 的电流放电,就能使用 4h,依此类推。

锰干电池的标称电压是 1.5V,连续放电性差,不适合大电流放电,而且不能充电,只适用于一些小电流的电子电路,但间歇放电的时间要比连续放电的时间长。

碱性电池,标称电压也是 1.5V,容量大,能大电流放电,各方面特性均优于锰干电池。

LR20 代表一号碱性电池,LR6 代表五号。在照相机闪光灯中,选用碱性电池就是最好的选择。

太阳能电池有长方形片状的,也有晶体管状扁圆形的。一般每片能产生 0.5V 的电压,需多片串联以提高电压,多组并联以增大输出电流。而且一般都和钮扣电池并联,以随时把电能储存起来,再向小负载供电。

1.2.2 照明电与动力电

我国供电线路为三相四线制,即相间电压为 380V,相零电压为 220V。在三相四线制供电系统中,照明电由一根火线和一根零线组成,电压值(相电压)是交流 220V;而动力电由三根火线组成,电压值(线电压)是交流 380V;相电压 220V 和线电压 380V 是 $\sqrt{3}$ 倍的关系。

1.2.3 照明开关必须接在火线上

如果将照明开关装设在零线上,虽然断开时电灯也不亮,但灯头的相线仍然是接通的,而人们以为灯不亮,就会错误地认为是处于断电状态。而实际上灯具上各点的对地电压仍是 220V 的危险电压。如果灯灭时,人们触及这些实际上带电的部位,就会造成触电事故。所以各种照明开关或单相小容量用电设备的开关,只有串接在火线上才能确保安全。

1.2.4 单相三孔插座的安装

通常,单相用电设备,特别是移动式用电设备,都应使用三芯插头和与之配套的三孔插座。三孔插座上有专用的保护接零(地)插孔,在采用接零保护时,有些人在插座内将此孔接线桩头与引入插座内的那根零线直接相连,这是极为危险的。因为万一电源的零线断开,或者电源的火(相)线、零线接反,其外壳等金属部分也将带上与电源相同的电压,这就就会导致触电。因此,接线时专用接地插孔应与专用的保护接地线相连。采用接零保护时,零线应从电源端专门引来,而不应就近利用引入插座的零线。

1.2.5 塑料绝缘导线严禁直接埋在墙内

(1) 塑料绝缘导线长时间使用后,塑料会老化龟裂,绝缘水平大大降低,当线路过载或短路时,更易加速绝缘的损坏。

(2) 一旦墙体受潮,就会引起大面积漏电,危及人身安全。

(3) 塑料绝缘导线直接暗埋,不利于线路检修和保养。

1.2.6 漏电保护器的用途

漏电保护器又称漏电保护开关,是一种新型的电气安全装置。其主要用途是:防止由于电气设备和电气线路漏电引起触电事故;防止用电过程中的单相触电事故;及时切断电气设备运行中的单相接地故障,防止因漏电引起的电气火灾事故。漏电保护器的出现,对预防各类事故的发生,及时切断电源,保护设备和人身安全,提供了可靠而有效的技术手段。

1.2.7 居民家庭用保险丝的选配

居民家庭用的保险丝应根据用电容量的大小来选用。如使用容量为 5A 的电表时,保险丝应大于 6A 小于 10A;如使用容量为 10A 的电表时,保险丝应大于 12A 小于 20A,

也就是选用的保险丝应是电表容量的 1.2~2 倍。选用的保险丝应是符合规定的一根,而不能以小容量的保险丝多根并用,更不能用铜丝代替保险丝使用。

1.2.8 零线和地线

零线和火线构成通路,使电器有电流通过。开关在断开的情况下,零线是不带电的。地线无论开关是否关闭都不带电,它主要的功能就是接地。大功率电器为了避免漏电事故的发生,或者强电势可能对人产生的危害,都有一根接地线,可以把产生的多余电流或强电势通过地线导入大地。

1.2.9 负荷和负载的解释

据《现代汉语词典》解释,负荷的含义有两个:①书面语指“负担”;②动力设备、机械设备以及生理组织等在单位时间内所负担的工作量。也指建筑构件承受的重量。也叫负载或载荷。

负载的含义仅是负荷含义的第二项。

所以严格意义上来说“负荷”和“负载”是不同的。负荷的意义更广泛一些,负载的意思就比较具体,如变压器的负荷就包含空载、满载、有功、无功等,负载指单纯的被变压器拖动的设备。

1.2.10 日光灯的工作原理

日光灯主要由灯管、镇流器和启动器组成。灯管的两端各有一个灯丝,管中充有稀薄的氩和微量水银蒸气,管壁上涂着荧光粉。灯管的工作原理和白炽灯不同,两个灯丝之间的气体在导电时主要发出紫外线,荧光粉受到紫外线的照射才发出可见光。荧光粉的种类不同,发光的颜色也不一样。

气体的导电有一个特点:只有当灯管两端的电压达到一定值时气体才能导电;而要在灯管中维持一定大小的电流,所需的电压却低得多。因此,如果把 220V 的电压加在灯管的两端并不能把它点燃。有了镇流器和启动器就能解决这个问题。

镇流器是绕在铁芯上的线圈,自感系数很大;启动器由封在玻璃泡中的静触片和 U 形动触片组成,玻璃泡中充有氖气。两个触片间加上一定的电压时,氖气导电,发光、发热。动触片是用粘合在一起的双层金属片制成的,受热后两层金属膨胀不同,动触片稍稍伸开一些,和静触片接触。启动器不再发光,这时双金属片冷却,动触片形状复原,两个触点重新分开。闭合开关后电压通过日光灯的灯丝加在启动器的两端,启动器如上所述发热时触点接触,冷却时触点就断开。在触点断开的瞬间,镇流器中的电流急剧减小,产生很高的感应电动势。感应电动势和电源电压叠加起来加在灯管两端的灯丝上,把灯管点燃。实际使用的启动器中常有一个电容器并联在氖泡的两端,它能使两个触片在分离时不产生火花,以免烧坏触点,同时还能减轻对附近无线电设备的干扰。没有电容器时启动器也能工作。家里照明用的电源是交流,它的大小和方向都在不停地变化。镇流器中的自感电动势阻碍电流的变化,使得流过灯管的电流不致过大。