

电工技术实验

许梅 主编 刘平 副主编

林苗 主审

电工技术实验

许 梅 主 编 刘 平 副主编

林 苗 主 审

华南理工大学出版社

·广州·

内 容 简 介

本书是在多年教改实践的基础上,精选常规实验,调整、充实了部分实验,增加了设计性实验和可编程控制实验编写而成。

全书共分三章:电路与电机实验;设计与综合实验;常用仪器仪表的使用。

本书体系新颖、覆盖面广、实用性强,可作为高等学校工科专业的电工学实验教材或实验教学参考书,亦可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工技术实验/许梅主编,刘平副主编. —广州:华南理工大学出版社, 2002.8

ISBN 7-5623-1828-X

I. 电… II. ①许… ②刘… III. 电工技术-实验-高等教学-教学参考资料 IV. TM-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 050732 号

总 发 行: 华南理工大学出版社 (广州五山华南理工大学 17 号楼, 邮编 510640)

发行电话: 020-87113487 87111048 (传真)

E-mail: scut202@scut.edu.cn http: //www2.scut.edu.cn/press

责任编辑: 谢纪智

印 刷 者: 广东农垦印刷厂

开 本: 787×1092 1/16 印张: 8 字数: 200 千

版 次: 2002 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

印 数: 1~3100 册

定 价: 15.00 元

版权所有 盗版必究

前 言

本书是根据我校教学改革的要求,为提高学生的综合素质和创新意识,强化工程实践训练,在多年教改实践的基础上,结合新型电工实验综合装置编写而成的实验教材之一,适用于工科各类专业选用。

全书共分三章:电路与电机实验;设计及综合实验;常用仪器仪表的使用。

作为一本实践课程教材,本书具有以下几个主要特点:

(1) 体系新颖、覆盖面广。既包括了经过锤炼的必要的传统内容,又包括了在此基础上新创的设计性、综合性的实验内容,还编入了电工技术新发展的内容——可编程控制及其应用实验。

(2) 所选编的 23 个实验,强调工程实用性,着眼于培养和提高学生的工程设计、实验调试及综合分析能力。

(3) 每个实验均可在计算机上仿真实现。

(4) 在编写上,既注意与相应理论课程的结合、呼应,又具有实践课程自身的体系与特色。每一实验都包含有实验目的、原理说明、实验内容、预习思考、注意事项和实验报告要求及实验设备等内容。旨在不仅要教会学生怎样去做,而且要使学生明白为什么这样做,并启发学生向纵深方面进一步思考。

本书由许梅实验师主编、电工技术实验教研室副主任刘平实验师副主编。电工学教研室主任林苗副教授对本书的编写提出了许多宝贵的指导意见,并审阅了全部手稿。本书的编写还得到电工技术教研室主任郑江教授的大力支持以及周慧君老师的热心帮助。在此,谨向他们表示衷心感谢!

限于编者水平,书中如有错误与不当之处,敬请广大读者批评指正。

编者于广西大学
2002 年 3 月

目 录

第一章 常规实验	(1)
实验须知	(1)
DGJ—3 型电工技术实验装置使用说明	(2)
实验一 电位、电压的测定及戴维南定理	(4)
实验二 基尔霍夫定律与叠加定理	(8)
实验三 单相交流电路及功率因数的提高	(11)
实验四 典型电信号的观察和测量	(15)
实验五 串联谐振电路	(18)
实验六 三相交流电路电压、电流的测试	(21)
实验七 三相电路功率的测量	(24)
实验八 RC 串联电路的过渡过程及 RC 微分、积分电路	(28)
实验九 单相铁心变压器特性的测试	(32)
实验十 单相电度表的校验	(36)
实验十一 三相异步电动机	(39)
实验十二 三相异步电动机点动和自锁	(44)
实验十三 三相异步电动机的正反转控制	(47)
实验十四 三相异步电动机 Y- Δ 降压启动控制	(50)
实验十五 三相异步电动机能耗制动控制	(54)
实验十六 工作台自动往返控制	(57)
第二章 设计与综合实验	(59)
实验一 电气控制电路综合实验一	(59)
实验二 电气控制电路综合实验二	(62)
实验三 Y- Δ 控制线路的设计与安装	(64)
实验四 学用编程器	(66)
实验五 程序设计	(79)
实验六 控制电动机正反转	(83)
实验七 控制电动机 Y- Δ 降压启动	(90)
第三章 常用仪器仪表的使用	(96)
万用表	(96)
直流稳压电源	(101)
恒流源	(102)

示波器.....	(103)
D34—3 型单、三相智能功率、功率因数表	(112)
函数信号发生器.....	(116)
电子电压表.....	(118)
兆欧表.....	(120)

第一章 常规实验

实验须知

(一) 实验前必须认真预习，阅读实验指导书，明确实验目的、内容及实验步骤、方法，并做好数据记录表格等准备工作。

在实验课上，教师要对预习情况进行抽查提问。抽查通不过者暂不得参加本次实验。

(二) 接线完毕后，必须经教师检查同意，方可接通电源进行实验。在改接线路之前，必须关断电源，不得带电操作。

实验过程中若发生事故，应立即关断电源，报告指导教师，共同分析事故原因。

(三) 实验完毕后，先由本人检查实验数据是否符合要求，然后再请教师检查，经教师认可后再拆线，并将所有设备放回原处，离开实验室。

(四) 仪器设备是国家财产，必须倍加爱护，若有损坏情况，应立即报告指导教师检查处理。

室内仪器设备，不准任意搬动调换。

(五) 遵守实验室规则，实验时要严肃认真，保持安静、整洁的学习环境。

(六) 实验报告应包括以下内容：

(1) 实验目的。

(2) 实验原理和说明。要求简单明了。

(3) 实验内容。画出实验电路图；写出主要步骤；经整理的实验数据应尽量用表格列出，必要时还要绘成曲线。

(4) 记录实验中使用的仪器设备。

(5) 实验结论与分析，包括误差分析。

(6) 附上原始记录。

DGJ—3 型电工技术实验装置使用说明

实验屏为铁质喷塑结构，铝质面板。屏上固定装设交流电源的启动控制装置，三相电源电压指示切换装置，高压直流电源、低压直流稳压电源、恒流源、受控源、定时兼报警记录仪、晶体管测试仪、数字集成电路测试仪和各类测量仪表等。

一、交流电源的启动

(1) 实验屏的左后侧有一根三相四芯电源线（并已接好三相四芯插头），接好机壳的接地线，然后将三相四芯插头接通三相 380 V 交流市电。

(2) 将置于左侧面的三相自耦调压器的旋转手柄，按逆时针方向旋至零位。

(3) 将三相电压表指示切换开关置于左侧（三相电源输入电压）。

(4) 开启钥匙式三相电源总开关，停止按钮灯亮（红色），三只电压表（0~450 V）指示出输入的三相电源线电压之值。

(5) 按下启动按钮（绿色），红色按钮灯灭，绿色按钮灯亮，同时可听到屏内交流接触器的瞬间吸合声，面板按 U_1 、 V_1 、 W_1 上的黄、绿、红三个 LED 指示灯亮。至此，实验屏启动完毕。此时，实验屏左侧面单相二芯 220 V 电源插座和三相四芯 380 V 电源插座处以及右侧面的单相三芯 220 V 电源插座处均有相应的交流电压输出。

二、三相可调交流电源输出电压的调节

(1) 将三相“电源指示切换”开关置于右侧（三相调压输出），三只电压表指针回到零位。

(2) 按顺时针方向缓缓旋转三相自耦调压器的旋转手柄，三只电压表将随之偏转，即指示出屏上三相可调电压输出端 U、V、W 两两之间的线电压之值，直至调节到某实验内容所需的电压值。实验完毕，将旋柄调回零位。并将“电压指示切换”开关拨至左侧。

三、用于照明和实验日光灯的使用

本实验屏上有两个 30 W 日光灯管，分别供照明和实验使用。照明用的日光灯管通过三刀手动开关进行切换，当开关拨至上方时，日光灯管亮；当开关拨至下方时，灯管灭。实验用的日光灯管的四个引出端已在屏上给出，以作为日光灯实验中的灯管元件使用。

四、晶体管测试仪

外接示波器，即可图视 PNP 型和 NPN 型中、小功率晶体管共发射极的输入特性与输出特性；可观测负载线和测定放大倍数等参数。

五、低压直流稳压、恒流电源输出与调节

开启直流稳压电源带灯开关，两路输出插孔均有电压输出。

(1) 将“6 V、12 V 输出选择”开关拨至左侧，则“6 V、12 V”输出口输出为固定的 6 V 稳压值（额定电流为 0.5 A）将此开关拨至右侧，输出为固定的 12 V 稳压值（0.5 A）。

(2) 将“电压指示切换”开关拨至左侧，直流指针式电压表（量程为 30 V）指示出 6 V 或 12 V 的电压值（取决于“输出选择”开关的位置）；将此开关拨至右侧，则电压表指示出可调输出端的稳压值。

(3) 调节“输出粗调”波段开关和“输出细调”多圈电位器旋钮，可平滑地调节输出电压，调节范围为 0~30 V（分三挡量程切换），额定电流为 0.5 A。

(4) 两路输出均设有软截止保护功能。

(5) 将负载接至“恒流输出”两端，开启恒流源开关，指针式毫安表即指示输出恒电流之值，调节“输出粗调”波段开关和“输出细调”多圈电位器旋钮，可在三个量程段（满度为 2 mA、20 mA 和 200 mA）连续调节输出的恒流电流值。

本恒流源虽有开路保护功能，但不应长期处于输出开路状态。

六、定时兼报警记录仪

定时器与报警记录仪是专门为学生实验考核而设置。可以调整考核时间、到达定时时间，可自动断开电源。保证考核时间的准确性；可累计操作过程中的报警次数，以考察学生的实验质量。

实验一 电位、电压的测定及戴维南定理

一、实验目的

1. 学习实验室规则和实验报告的写法。
2. 了解实验室电源和熟悉实验平台。
3. 学习直流稳压电源、直流恒流源、万用表、直流数字电压表和直流数字毫安表使用方法。
4. 加深对电位和电压概念的理解。
5. 验证戴维南定理的正确性。

二、原理说明

1. 电路中计算或测量各点的电位时，需先选定一个参考点，并规定此参考点的电位为零，则电路中某一点的电位就等于该点与参考点之间的电压。由于选取不同的点作为参考点，电路中各点的电位也随之改变。所以，电位是一个相对的物理量，即各点电位的数值与极性与所选的参考点有关。

电压是指电路中任意两点之间电位差值。它的大小和极性与选取电位参考点无关。电路一经组成，其大小和极性即为一定。

2. 戴维南定理指出：任何一个线性有源网络，总可以用一个等效电压源来代替，此电压源的电动势 E_s 等于这个有源二端网络的开路电压 U_∞ ，其等效内阻 R_0 等于该网络中所有独立源均置零（理想电压源视为短接，理想电流源视为开路）时的等效电阻。

U_∞ 和 R_0 称为有源二端网络的等效参数。

任何一个线性电路，如果只研究其中一条支路中的电压、电流时，可应用戴维南定理，这样可使其计算简化。

三、实验设备

(1) 可调直流稳压电源	1 台	0~30 V
(2) 可调直流恒流源	1 台	0~200 mA
(3) 直流数字电压表	1 台	
(4) 直流数字毫安表	1 台	
(5) 各种阻值的电阻元件	若干只	
(6) 电位器	1 只	1 k Ω /1 W
(7) 电位、电压测定实验线路板	1 块	DGJ—03
(8) 戴维南定理实验线路板	1 块	DGJ—05

四、实验内容

(一) 电位、电压的测定实验线路, 如图 1-1 所示。

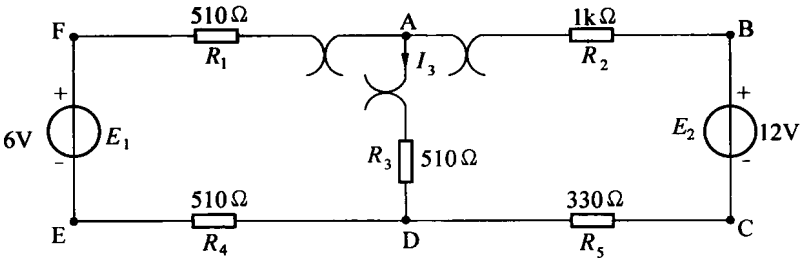


图 1-1

1. 分别将两路直流稳压电源 (一路如 E_1 为 +6 V、+12 V 切换电源; 另一路如 E_2 为 0~+30 V 可调电源) 接入电路, 令 $E_1=6\text{ V}$, $E_2=12\text{ V}$ 。
2. 测量电位, 可用万用电表的直流电压挡或用直流数字电压表测量, 用负表笔 (黑色) 接参考电位点, 用正表笔 (红色) 接被测各点, 若指针正向偏转或显示正值, 则表明该点电位为正 (即高于参考点电位); 若指针反向偏转或显示负值, 应调换电表的表笔, 然后读出数值, 此时电位值为负值 (表明该点电位低于参考点电位)。
3. 以图 1-1 中的 A 点作为电位参考点, 分别测量 B、C、D、E、F 各点的电位值 ϕ 及相邻两点之间的电压值 U_{AB} 、 U_{BC} 、 U_{CD} 、 U_{DE} 、 U_{EF} 、 U_{FA} 及 U_{AD} , 数据列于表中。
4. 以 D 点作为参考点, 重复实验内容 1 的步骤, 测得数据列表中。

电位参考点	ϕ 与 U	ϕ_A (V)	ϕ_B (V)	ϕ_C (V)	ϕ_D (V)	ϕ_E (V)	ϕ_F (V)	U_{AB} (V)	U_{BC} (V)	U_{CD} (V)	U_{DE} (V)	U_{EF} (V)	U_{FA} (V)	U_{AD} (V)
A	测量值													
D	测量值													

(二) 被测有源二端网络, 如图 1-2a 所示。

1. 负载实验。

按图 1-2a 改变 R_L 阻值, 测量有源二端网络的外特性。

R_L (Ω)	0	51	200	510	1000	∞
U (V)						
I (mA)						

2. 按图 1-2a 电路测定戴维南等效电路的开路电压 U_∞ 和等效电阻 R_o 。

测定有源二端网络等效电阻 (又称入端电阻) 的方法: 将被测有源网络内的所有独立源置零 (将电流源 I_s 断开, 去掉电压源, 并在原电压源所接的两点, 用一根短路导线相连),

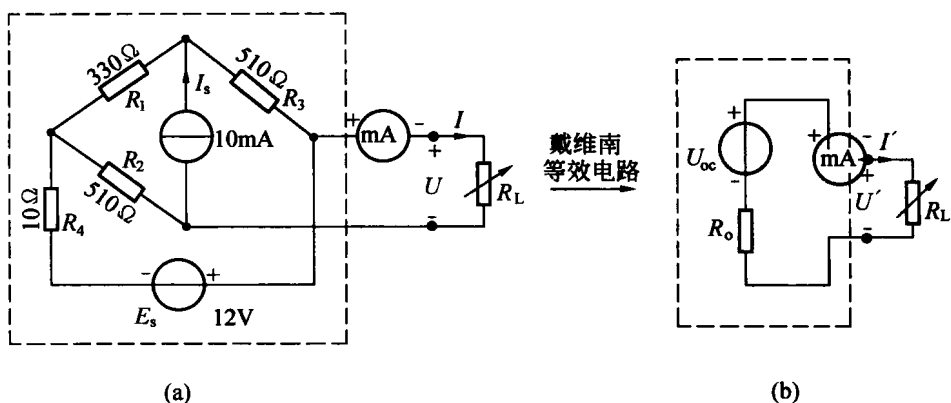


图 1-2

然后直接用万用电表的欧姆挡去测定负载 R_L 开路后输出端两点间的电阻，此即为被测网络的等效内阻 R_o 。或称网络的入端电阻 R_i 。将测量出 U_∞ 和 R_o 的数据记入表中。

U_∞ (V)	R_o (Ω)

3. 验证戴维南定理。

用一只 $1\text{ k}\Omega/1\text{ W}$ 的电位器，将其阻值调整到等于按步骤 2 所得的等效电阻 R_o 之值，然后令其与直流稳压电源（调到步骤 2 时所测得的开路电压 U_∞ 之值）相串联，如图 1-2b 所示，仿照步骤 1 测其外特性，验证戴维南定理。

R_L (Ω)	0	51	200	510	1000	∞
U' (V)						
I' (mA)						

五、注意事项

1. 在测量时，注意电流表量程的更换。
2. 步骤 2 中，电源置零时不可将稳压电源短接。
3. 用万用表直接测 R_o 时，网络内的独立源必须先置零，以免损坏万用电表，其次，欧姆挡必须经调零后再进行测量。
4. 万用表、直流稳压电源和恒流源的使用请参阅第 3 章的内容。

六、预习思考题

说明测有源二端网络开路电压及等效内阻有几种方法，并比较其优缺点。

七、实验报告

1. 总结电压和电位的关系，分析参考点的选择对电位和电压的影响。
2. 总结运用戴维南定理分析线性电路的方法和意义。

3. 画出 $I = f(u)$ 和 $I' = f(u')$ 两条外特性曲线，验证戴维南定理的正确性。
4. 写出心得体会。

实验二 基尔霍夫定律与叠加定理

一、实验目的

1. 验证基尔霍夫定律的正确性，加深对基尔霍夫定律的理解。
2. 验证线性电路叠加原理的正确性，从而加深对线性电路叠加性的认识和理解。

二、原理说明

1. 基尔霍夫电流定律。

在电路的任一节点，流入、流出该节点电流的代数和为零。即

$$\sum i = 0$$

2. 基尔霍夫电压定律。

在电路中的任一闭合电路，电压的代数和为零。即

$$\sum u = 0$$

3. 叠加原理。

在任何线性电路中，任何一个支路的电流或任意两点间的电压，都可以看成是每一个独立源分别单独作用于电路时，该支路产生的电流或该两点间的电压的代数和（叠加）。当某一独立源单独作用时，其他独立源应为零值，即独立电压源短路，独立电流源开路。

三、实验设备

(1) 直流稳压电源	1 台	
(2) 直流数字电压表	1 台	
(3) 直流数字毫安表	1 台	
(4) 基尔霍夫定律实验线路板	1 块	DGJ—03
(5) 叠加原理实验线路板	1 块	DGJ—03

四、实验内容

（一）基尔霍夫定律实验线路，如图 1-3 所示。

1. 实验前先任意设定三条支路的电流参考方向，如图中的 I_1 、 I_2 、 I_3 所示。
2. 分别将两路直流稳压电源（一路如 E_1 为 +6 V，+12 V 切换电源；另一路，如 E_2 为 0~30 V 可调直流稳压源）接入电路，令 $E_1 = 6\text{ V}$ ， $E_2 = 12\text{ V}$ 。
3. 熟悉电流插头的结构，将电流插头的两端接至直流数字毫安表的“+、-”两端。
4. 将电流插头分别插入三条支路的三个电流插座中，记录电流值。
5. 用直流数字电压表分别测量两路电源及电阻元件上的电压值，记入下表。

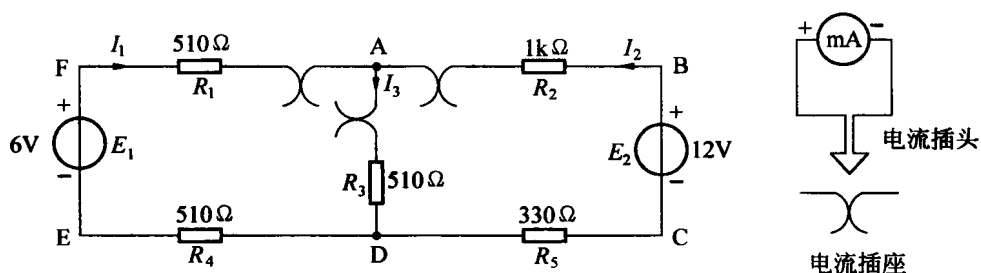


图 1-3

被测量	I_1 (mA)	I_2 (mA)	I_3 (mA)	E_1 (V)	E_2 (V)	U_{FA} (V)	U_{AB} (V)	U_{AD} (V)	U_{CD} (V)	U_{DE} (V)
测量值										

(二) 叠加原理实验电路, 如图 1-4 所示。

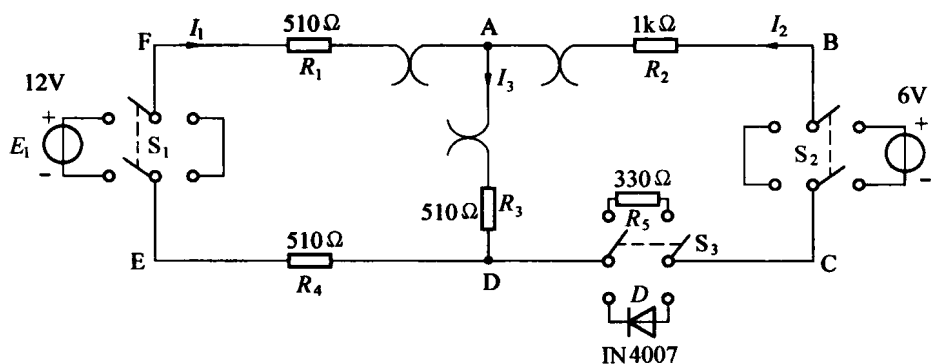


图 1-4

1. 按图 1-4 电路接线, E_1 为 +6 V、+12 V 切换电源, 取 $E_1 = +12$ V, E_2 为可调直流稳压电源, 调至 +6 V。

2. 令 E_1 电源单独作用时 (将开关 S_1 投向 E_1 侧, 开关 S_2 投向短路侧), 用直流数字电压表和毫安表 (接电流插头) 测量各支路电流及各电阻元件两端电压, 数据记入表格中。

3. 令 E_2 电源单独作用时 (将开关 S_1 投向短路侧, 开关 S_2 投向 E_2 侧), 重复实验步骤 2 的测量和记录。

4. 令 E_1 和 E_2 共同作用时 (开关 S_1 和 S_2 分别投向 E_1 和 E_2 侧), 重复上述的测量和记录。

测量项目 实验内容	E_1 (V)	E_2 (V)	I_1 (mA)	I_2 (mA)	I_3 (mA)	U_{AB} (V)	U_{CD} (V)	U_{AD} (V)	U_{DE} (V)	U_{FA} (V)
E_1 单独作用										
E_2 单独作用										
E_1 、 E_2 共同作用										

五、注意事项

1. 用电流插头测量各支路电流时，应注意仪表的极性及数据表格中“+、-”号的记录。
2. 所有需要测量的电压值，均以电压表测量读数为准，不以电源表盘指示值为准。
3. 防止电源两端碰线短路。

六、预习思考题

1. 叠加原理中 E_1 、 E_2 分别单独作用，在实验中应如何操作？可否直接将不作用的电源（ E_1 或 E_2 ）置零（短接）？
2. 在基尔霍夫定律实验中，若用万用电表直流毫安挡测各支路电流，什么情况下可能出现毫安表指针反偏，应如何处理，在记录数据时应注意什么？若用直流数字毫安表进行测量时，则会有什么显示呢？

七、实验报告

1. 根据实验数据，验证 KCL 和 KVL 的正确性。
2. 根据实验数据，验证线性电路的叠加性。
3. 实验电路中，若有一个电阻器改为二极管，试问叠加原理的叠加性还成立吗？为什么？
4. 写出心得体会。

实验三 单相交流电路及功率因数的提高

一、实验目的

1. 明确交流电路中电压、电流和功率之间的关系。
2. 了解日光灯的结构，学习日光灯电路的接线。
3. 理解改善电路功率因数的意义并掌握其方法。
4. 学习使用功率表。

二、原理说明

1. 日光灯电路原理。

(1) 普通日光灯原理电路，如图 1-5 所示。

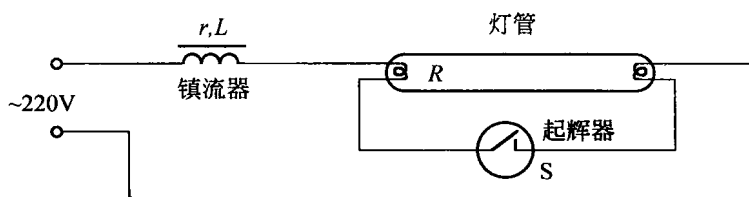


图 1-5

灯管在工作时，可以认为是一个电阻负载。镇流器是一个铁心线圈，可以认为是一个电感很大的感性负载。两者串联构成一个 RL 串联电路。当接通电源后，起辉器内双金属片与定片间的气隙被击穿，连续发生火花，使双金属片受热伸张而与定片接触，于是灯管的灯丝接通。灯丝预热而发射电子，这时双金属片逐渐冷却而与定片分开。镇流器线圈因灯丝电路突然断开而感应出很高的感应电动势，它和电源电压串联加到灯管的两端，使管内气体电离产生弧光放电而发光。这时，起辉器则停止工作。镇流器起降压限流作用，30W 或 40W 的灯管点燃后的管压为 100 V 左右。

(2) 电子镇流器。

目前，日光灯电子镇流器被越来越广泛地使用，图 1-6 为采用电子镇流器的日光灯接线图。电子镇流器的主要优点是节能（自耗约 1W），无噪音，不用起辉器，功率因数大于 0.9，但价格比较贵，而且一些部件易损坏。

2. 在电力系统中多数负载均为感性，功率因数不高，根本原因就是由于电感性负载的存在。提高电网的功率因数对国民经济的发展有着极为重要的意义。功率因数的提高，能使发电设备的容量得到充分

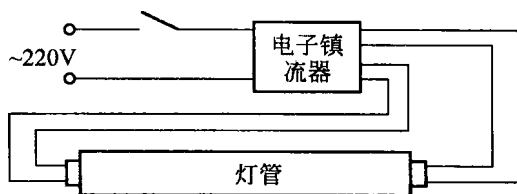


图 1-6