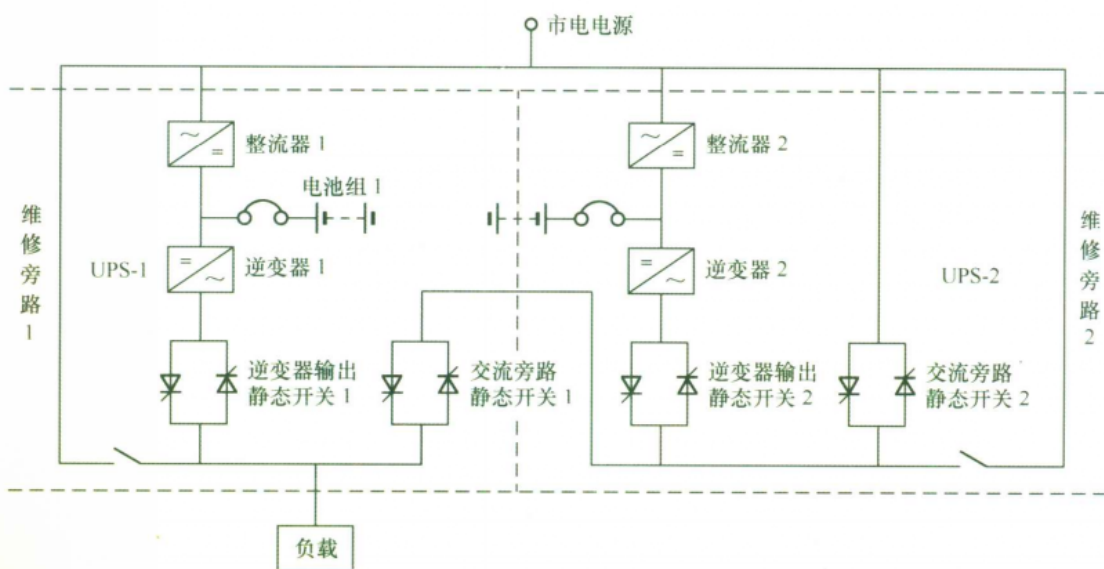




现代通信电源使用维护培训丛书

电力机务员 手册

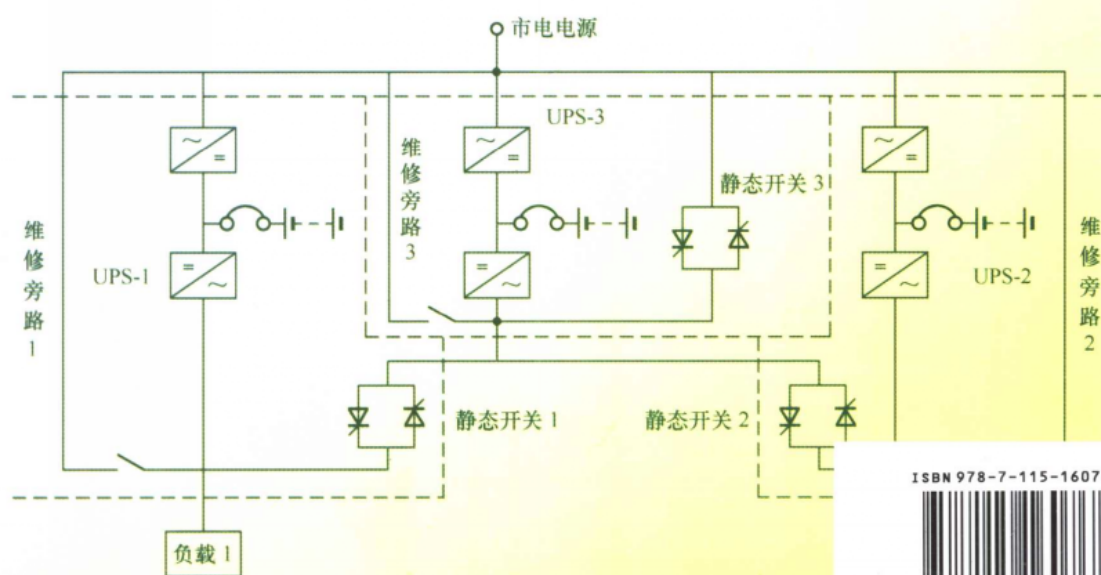
● 王志良 张雷霆 曹国水 吴阿明 编著





现代通信电源使用维护培训丛书

电力机务员 手册



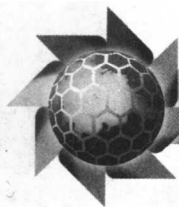
ISBN 978-7-115-16076-8



9 787115 160768 >

ISBN 978-7-115-16076-8/TN

定价: 53.00 元



现代通信电源使用维护培训丛书

电力机务员 手册

● 王志良 张雷霆 曹国水 吴阿明 编著

人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (CIP) 数据

电力机务员手册 / 王志良等编著. —北京:
人民邮电出版社, 2007.10
(现代通信电源使用维护培训丛书)
ISBN 978-7-115-16076-8

I. 电… II. 王… III. 通信设备—电源—技术手册
IV. TN86-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 049807 号

内 容 提 要

本书系“现代通信电源使用维护培训丛书”之一, 全书共分 11 章。第一章电工原理和第二章电子技术基础, 是电力机务人员必备的专业基础知识; 第三章通信电源供电系统, 全面讲解了通信供电系统的组成及配电原理; 第四章至第九章分别介绍通信用高频开关电源、UPS 交流不停电电源、蓄电池、柴油发电机组、空调技术、通信电源及环境集中监控管理系统等各种通信电源设备的构造和工作原理; 第十章介绍通信供电系统常用测量仪表的工作原理和正确使用方法; 第十一章讲述通信电源设备与系统的测量。

本书内容丰富, 结构严谨, 实用性强, 主要面向从事通信电源维护和管理工作的电力机务人员, 既可作为工具参考书和培训教材, 也可作为各部门电力专业技术人员的参考资料。

现代通信电源使用维护培训丛书

电力机务员手册

-
- ◆ 编 著 王志良 张雷霆 曹国水 吴阿明
责任编辑 杨 凌
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京铭成印刷有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 29.75
字数: 727 千字
印数: 1—5 000 册

2007 年 10 月第 1 版
2007 年 10 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-16076-8/TN

定价: 53.00 元

读者服务热线: (010) 67129258 印装质量热线: (010) 67129223

编 审 委 员 会

顾 问： 张廷鹏 杨世忠

主 任： 张生舟 向 伟

副主任： 徐雄敏 林永江

委 员： （按姓氏笔画为序）

王志良 王其英 刘兴航 刘秀荣 吴铁军

贾继伟

丛书策划： 须春美 刘兴航

前 言

20 世纪 90 年代初，原邮电部通信电源情报网会同人民邮电出版社组织编写了《通信电源新技术与新设备丛书》一套共 8 册，已在市面上广泛流传，受到了广大读者的欢迎。有的书如《通信用高频开关电源》经第 3 次印刷已销售一空。由于当时对这些新设备新技术从未使用过，故无法在国内找到作者将这些设备的使用与维护编写成书。

经过近几年来运行维护，浙江省电信科学技术研究所电源维护支撑中心已陆续发表过很多相关文章，也编写了一些培训教材。

为了进一步提高通信电源部门管理与技术人员水平，这次由浙江省电信科学技术研究所电源维护支撑中心与人民邮电出版社共同组织力量编写的这套丛书——“现代通信电源使用维护培训丛书”，专门针对 20 世纪 90 年代初出现的新设备和新技术，对其技术性能、使用维护经验和存在的问题以及将来的发展趋势做了比较详细的介绍。现已编写完稿或即将完稿的有《通信电源的科学管理与集中监控》、《阀控式密封蓄电池的维护和保养》、《通信电力机务员读本》和《新型不停电电源（UPS）的管理使用与维护》等书，今后还将组织编写《柴油发电机组的自动控制》、《通信专用空调技术及其维护与发展》、《通信电源系统的改革》（均为暂定名）等书。

这套丛书都是由一线的工程技术人员和学校教师共同协作完成，书中既有实践经验介绍，又有基本理论阐述，内容全面新颖，深入浅出，可供从事通信电源专业工作人员阅读，也可以作为大中专院校教学参考书。

谨以本书献给为中国通信电源事业兢兢业业、奉献毕生精力的老专家、老学者，以及广大奋战在一线的通信电源工作者们！

编 者 的 话

本书是在浙江省电信科学研究所电源维护支撑中心及人民邮电出版社组织指导下由浙江省邮电职业技术学院专门为通信电源维护和管理人员组织编写的培训教材。

随着通信事业的发展,现阶段各大电信运营商正在将更多的注意力放在通信网管理维护上,不断提高通信网的可靠性、安全性已经成为主题。而通信电源作为通信网的“心脏”,越来越受到重视,通信电源的设备和维护体制也正在发生巨大的变化,从而对电力机务员提出了更高的要求,不但要有扎实的基本知识,而且要求知识更新快。

本书从我国通信电源的客观实际出发,通过对教学培训经验及工作维护经验的总结,较全面地阐述了通信电源的基础理论知识,系统地讲解了电源系统的组成、常用元器件的原理及使用、通信配电的原理,详细地描述了通信电源各分支专业知识,最后介绍了常用仪器、仪表的使用以及维护操作中的测量方法。

本书在编写过程中主要结合了原邮电部电信总局编制的维护规程、技术指标以及各种现行标准。目前中国电信集团公司正着手编制新的维护规程,但就其基本方法与思想而言应是一致的。

全书共 11 章,其中第一章、第二章、第七章和第八章由王志良编写,第三章、第六章由曹国水编写,第四章、第五章由吴阿明编写,第九章、第十章和第十一章由张雷霆编写,全书由王志良统编定稿,由张廷鹏审稿。

由于编者水平有限,书中难免有疏漏和不妥之处,恳请读者批评指正。

目 录

第一章 电工学及电机	1
第一节 电路基础知识	1
第二节 直流电路及计算	5
第三节 单相交流电路	9
第四节 三相交流电路	35
第五节 变压器	51
第六节 交流电动机	55
第七节 同步发电机	63
第八节 安全用电	73
第二章 电子技术基础	80
第一节 晶体二极管和晶体三极管	80
第二节 常用放大电路	83
第三节 数字电路	89
第三章 通信电源供电系统	94
第一节 概述	94
第二节 交流供电系统	97
第三节 直流供电系统	117
第四节 通信局(站)的接地	120
第五节 通信电源系统的防雷	129
第四章 通信用高频开关电源	135
第一节 概述	135
第二节 功率转换电路	137
第三节 高频功率开关	142
第四节 控制电路与驱动电路	146
第五节 功率因数校正电路(PFC)	150
第六节 辅助电源	153
第七节 谐振型开关电源技术	155
第八节 监控模块	156
第九节 开关电源的故障处理与维护	157

第五章 UPS 交流不停电电源	161
第一节 概述	161
第二节 逆变电路	165
第三节 静态开关与锁相电路	170
第四节 UPS 电源供电系统的配置形式	172
第五节 UPS 的日常维护	177
第六章 蓄电池	179
第一节 概述	179
第二节 固定型防酸隔爆式铅蓄电池	182
第三节 阀控式密封铅酸蓄电池的技术发展和性能指标	185
第七章 柴油发电机组	193
第一节 概述	193
第二节 柴油机的构造	196
第三节 无刷同步发电机	217
第四节 自动化柴油发电机组	220
第五节 柴油发电机组的使用和维护	227
第六节 柴油发电机组常见故障及处理	231
第八章 空调技术	234
第一节 空气调节与有关基础知识	234
第二节 空调机原理和结构	245
第三节 分体式空调器	255
第四节 机房专用空调	271
第五节 中央空调系统	293
第九章 通信电源集中监控管理系统	319
第一节 计算机基础	319
第二节 计算机网络	320
第三节 几种常用的传感器	321
第四节 监控系统的数据采集	323
第五节 电源监控系统的传输与组网	328
第六节 电源监控系统的结构、组成和功能	329
第七节 远程实时图像监控	331
第十章 通信电源系统常用的测量仪器、仪表	333
第一节 概述	333

第二节 常用检波电路	335
第三节 测量的误差控制	340
第四节 常用的模拟式仪表	344
第五节 常用的数字式仪表	366
第六节 双踪示波器	382
第七节 宽频杂音测试仪 (QZY-11)	389
第八节 选频表 (ML-422C)	393
第十一章 通信电源设备与系统的测量	400
第一节 通信电源维护技术指标概述	400
第二节 交流参数指标的测量	400
第三节 温升、压降的测量	409
第四节 交流不间断电源的测量	411
第五节 整流模块的测量	419
第六节 直流—直流变换设备的测量	425
第七节 直流杂音电压的测量	426
第八节 蓄电池组的测量	432
第九节 柴油发电机组的测量	442
第十节 接地电阻的测量	450
第十一节 机房专用空调的测量	459

第一章 电工学及电机

第一节 电路基础知识

一、电流

电荷的定向运动叫做电流。金属导体中的自由电子在电场力作用下的定向运动，电解液中的正、负离子在电场力作用下向着相反方向的运动等都叫做电流。

电流是一种物理现象，又是一个表示带电粒子定向运动强弱的物理量。电流在量值上等于通过导体横截面的电荷 q 和通过这些电荷量所用时间 t 的比值。用公式表示为：

$$I = \frac{q}{t} \quad (1-1-1)$$

式中， q ——通过导体横截面的电荷量，单位为库仑，符号为 C；

t ——通过电荷量 q 所用的时间，单位为秒，符号为 s；

I ——电流，单位为安培，符号为 A。

在国际单位制中，电流的常用单位还有毫安 (mA) 和微安 (μA)，

$$1\text{A} = 10^3\text{mA} = 10^6\mu\text{A}$$

通常规定正电荷定向运动的方向为电流方向。

在电路中计算时，通常先假定一个电流方向（假想的电流方向），称为参考方向，并用箭头在电路图中标明电流的参考方向。如果计算的结果电流为正值，那么电流的真实方向与参考方向一致，如果计算的结果电流为负值，那么电流的真实方向与参考方向相反。

电流是一个标量，电流方向只表明电荷的定向运动方向。电流的大小和方向都不随时间变化叫直流电流，如图 1-1-1 (a) 所示。电流的大小随时间变化，但方向不随时间变化叫脉动电流，如图 1-1-1 (b) 所示。电流的大小和方向都随时间变化的电流叫交流电流，如图 1-1-1 (c) 所示。

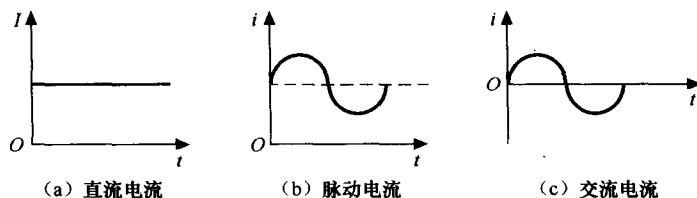


图 1-1-1 直流电流、脉动电流与交流电流

二、电位和电压

1. 电位

图 1-1-2 (a) 中 G 为地平线, M 是一块质量为 m 的铁块, 现将该铁块用外力从地平线 O 提到 A 点, 这时该铁块就具有了能量 $W_A=mgh_A$, 式中 g 为重力加速度。为了区别于电能, 故习惯上叫它势能。如果再从地平线将 M 提到 B 点, 则该铁块在 B 点所具有的势能为 $W_B=mgh_B$ 。同一质量为 m 的铁块, 外力将它们分别提升到 h_A 和 h_B , 而它们之间所具有的能量差为 $W_A-W_B=mgh_A-mgh_B=mg(h_A-h_B)$ 。

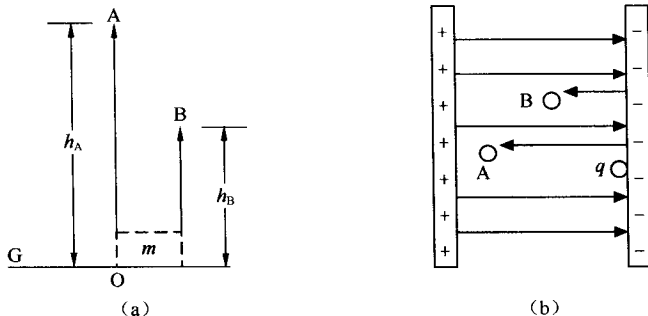


图 1-1-2 电位和电压

现在介绍电位的概念。图 1-1-2 (b) 所示为一均匀电场。q 为一正电荷, 在贴近负电位时具有能量为零。当外力将 q 移到 A 点时, q 在 A 点所具有的位能为 Q_A , 当外力将 q 移到 B 点时, q 在 B 点所具有的位能为 Q_B 。

所以, 某一点的电位就是正电荷在该点电场中所具有的能量与电荷所带电量 q 的比。

$$Q_A = \frac{W_A}{q} \quad Q_B = \frac{W_B}{q}$$

2. 电压

电压又叫电位差。从图 1-1-2 (b) 可见, Q_A 与 Q_B 的电位差为:

$$U_{AB} = Q_A - Q_B = \frac{W_A}{q} - \frac{W_B}{q} = \frac{W_A - W_B}{q} \quad (1-1-2)$$

电位与电压的单位均为伏特 (V)。

常用单位还有千伏 (kV) 和毫伏 (mV)。

$$1\text{kV} = 10^3\text{V} \quad 1\text{V} = 10^3\text{mV}$$

三、电源和电动势

把其他形式的能转换成电能的装置叫电源, 如电池把化学能转换成电能、光电池把太阳能转化成电能、发电机把机械能转化成电能等。电源正极电位高, 负极电位低, 接通负载后,

在电源外部的电路中电流从高电位流向低电位；在电源内部电流则从负极流向正极。含有电源的电路如图 1-1-3 所示。

在电源内部，当局外力不断地把正电荷从低电位移到高电位的过程中，局外力要反抗电场力做功，这个做功过程就是电源将其他形式的能量转换成电能的过程。为衡量不同电源转换能量的本领，我们引入电动势（简称电势）这个物理量。它的定义是：在电源内部，局外力把正电荷从低电位（负极板）移到高电位，局外力所做的功（电源增加的电能）。用公式表示为

$$E = \frac{W}{q} \quad (1-1-3)$$

式中， W ——电源力移动正电荷做的功，单位是焦耳，符号为 J；

q ——电源力移动的电荷量，单位是库仑，符号为 C；

E ——电源电动势，单位是伏特，符号为 V。

在电源内部的电路中，局外力移动正电荷形成电流，电流的方向是从负极指向正极；在电源外部的电路中，电场力移动正电荷形成电流，电流的方向是从正极指向负极。

应当指出的是，电动势与电压是两个物理意义不同的物理量。电动势存在于电源内部，是衡量外力做功本领的物理量；电压存在于电源的内、外部，是衡量电场力做功本领的物理量。

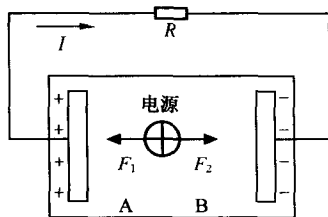


图 1-1-3 含有电源的电路

四、电阻和电阻定律

1. 物质的分类

根据物质导电能力的强弱，一般可分为导体、绝缘体和半导体。

导体的原子核对外层电子吸引力很小，电子较容易挣脱原子核的束缚，形成大量自由电子。一切导体都能导电，如银、铜、铝等都是电的良好导体。

绝缘体的原子核对外层电子有较大的吸引力，电子很难挣脱原子核的束缚而形成自由电子。绝缘体不能导电，如玻璃、胶木、陶瓷、云母等。

半导体的导电性能介于导体和绝缘体之间，如硅、锗等。

2. 电阻

导体中的自由电子在电场力的作用下定向运动，形成电流。做定向运动的自由电子，要与在平衡位置附近不断振动的原子核发生碰撞，阻碍自由电子的定向运动。这种阻碍作用使自由电子定向运动的平均速度降低，自由电子的一部分动能转换成分子热运动热能。表示这种阻碍作用的物理量叫电阻，用字母 R 表示。任何物体都有电阻，当有电流流过时，都要消耗一定的能量。

3. 电阻定律

导体电阻的大小不仅和导体的材料有关，还和导体的尺寸有关。经实验证明，在温度不变时，一定材料制成的导体的电阻跟它的长度成正比，跟它的截面积成反比。这个实验规律

叫做电阻定律。均匀导体的电阻可用公式表示为：

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (1-1-4)$$

式中， ρ ——电阻率，其值由导体材料的性质决定，单位是欧姆米，符号为 $\Omega \cdot \text{m}$ ，可查表 1-1-1；

L ——导体的长度，单位为米，符号为 m；

S ——导体的截面积，单位为平方米，符号为 m^2 ；

R ——导体的电阻，单位为欧姆，符号为 Ω 。

在国际单位制中，电阻的常用单位还有千欧 ($\text{k}\Omega$) 和兆欧 ($\text{M}\Omega$)，

$$1\text{k}\Omega = 10^3\Omega$$

$$1\text{M}\Omega = 10^3\text{k}\Omega = 10^6\Omega$$

几种常见材料在 20°C 时的电阻率见表 1-1-1。

表 1-1-1 20°C 时材料的电阻率

用 途	材 料 名	$\rho (\Omega \cdot \text{m})$
导体材料	银	1.65×10^{-8}
	铜	1.75×10^{-8}
	铝	2.83×10^{-8}
	低碳钢	1.3×10^{-7}
电阻材料	铂	1.06×10^{-7}
	钨	5.3×10^{-8}
	锰铜	4.4×10^{-7}
	康铜	5.0×10^{-7}
	镍铬铁	1.0×10^{-6}
	碳	1.0×10^{-6}

导体的电阻不仅和材料性质、尺寸有关，还和温度有关，对金属导体而言，温度升高使分子的热运动加剧，而自由电子数几乎不随温度变化，电荷运动时碰撞次数增多，受到的阻碍作用加大，导体的电阻增加。有些半导体和电解液，温度升高自由电荷数目增加所起的作用超过分子热运动加剧所起的阻碍作用，电阻减小，电阻随温度的变化可表示为：

$$R_2 = R_1 [1 + \alpha(t_2 - t_1)] \quad (1-1-5)$$

式中， R_1 ——导体在温度 t_1 时的电阻；

R_2 ——导体在温度 t_2 时的电阻；

α ——导体的温度系数，单位为 $1/^\circ\text{C}$ 。

【例 1-1】一根铜导线长 $L=2000\text{m}$ ，截面积 $S=2\text{mm}^2$ ，导线的电阻是多少？

解：查表可知铜的电阻率 $\rho=1.75 \times 10^{-8}\Omega \cdot \text{m}$ ，由电阻定律可求得：

$$R = \rho \frac{L}{S} = 1.75 \times 10^{-8} \times \frac{2000}{2 \times 10^{-6}} = 17.5\Omega$$

五、电功和电功率

1. 电功

电能转换至其他能量电所做的功叫电功，用 W 表示，其表达式为：

$$W=UIt \quad (1-1-6)$$

式中， U ——加于用电设备两端电压 (V)；

I ——通过用电设备的电流 (A)；

t ——用电设备耗电的时间 (s)。

一般将“伏特×安培”这一单位称为瓦特 (W)，故电功的基本测量单位叫瓦特·秒 (Ws)，称为焦耳 (J)，实用时间单位常用小时 (h) 表示，故也可用瓦特·小时 (Wh) 表示。电度表上的一度电是 1000Wh，而“千”常用 k 表示，故又可写成 kWh，例如 100 瓦电灯开 10 小时耗电 $W=100 \times 10=1000$ 瓦特小时=1kWh。

2. 电功率

单位时间内电能所做的功叫电功率，即：

$$P=\frac{W}{t}=\frac{UIt}{t}=UI \quad (1-1-7)$$

$$P=UI=IRI=I^2R \quad (1-1-8)$$

$$P=\frac{U^2}{R} \quad (1-1-9)$$

第二节 直流电路及计算

一、直流电路的组成

电流通过的路径叫电路。电路由电源 (E)、负载 (R)、导线及控制保护设备所组成。

1. 电源

电源是一种不断地把其他形式的能转化为电能的装置。电源内部经化学反应在两极间产生的电位差称之为电动势，用符号 E 表示，单位是伏特，用符号 V 表示。

2. 负载

负载就是用电设备，它的作用就是将电能转换为其他形式的能量。如电灯是将电能转换成热能、光能的用电设备。

实用电路除电源、负载外还包括金属导线，控制电路的通断、防止电路过载和短路的开