

常用电工电路

与故障检修实例

陈海波 主编

方法新颖灵活

查阅方便快捷

图文结合紧密

电路典型实用



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

常用电工电路与 故障检修实例

陈海波 主编

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

常用电工电路与故障检修实例 / 陈海波主编. —北京: 人民邮电出版社, 2005.9

ISBN 7-115-13809-5

I. 常... II. 陈... III. 电路—基本知识 IV. TM13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 082424 号

常用电工电路与故障检修实例

- ◆ 主 编 陈海波
责任编辑 刘 朋
- ◆ 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>
河北涞水华艺印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本: 850×1168 1/32
印张: 8.625
字数: 279 千字 2005 年 9 月第 1 版
印数: 5 001—8 000 册 2006 年 1 月河北第 2 次印刷

ISBN 7-115-13809-5/TN · 2566

定价: 16.00 元

读者服务热线: (010) 67129264 印装质量热线: (010) 67129223

前 言

随着我国电气化进程的加快，电的应用越来越广泛，各种电气设备的拥有量和普及程度进一步提高，因为电气设备的损坏给人们的生产和生活造成的影响较大，所以电气设备和用电线路的故障维修及日常维护就显得非常重要。为帮助广大电工掌握电工电路的识图方法、接线方法、工作原理和故障检修技巧，从读者的实际需要出发，我们编写了这本《常用电工电路与故障检修实例》。

本书对每一个电路都按照国家标准绘出其实际电路图，并简要介绍其工作原理，在此基础上详细介绍其常见故障及维修方法，融原理分析与快速实践于一体。读者通过对本书的学习，可以举一反三，提高技术水平和理论水平，掌握快速检修电气设备的方法。

本书由陈海波主编，参加编写的还有陈光、许海涛、孔蕊、孔永红、何栓、聂磊、王稳、柳瑞林、李新法、陈端花、李珍、晁攸良、孔斐、孔琳、张文正、张开宇、孔蓉、何融冰和聂静。在编写过程中得到了杜海军、刘红伟、张光汉、张志亮等同志的大力帮助，在此向他们表示衷心感谢。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏或不妥之处，希望从事电气工作的专家、学者、工作人员批评指正。

编 者

目 录

第1章 基础知识	1
1.1 电工电路识图方法	1
1.1.1 电动机电路原理图的识图方法	1
1.1.2 二次回路识图的基本方法	3
1.1.3 电子电路原理图的识图方法	4
1.1.4 印制板图的识图方法	4
1.2 常用测量工具和仪表的使用方法及注意事项	6
1.2.1 试电笔的使用方法及注意事项	6
1.2.2 电池灯的使用方法及注意事项	7
1.2.3 校验灯的使用方法及注意事项	8
1.2.4 万用表的使用方法及注意事项	9
1.2.5 兆欧表的使用方法及注意事项	11
1.3 线路故障的检查方法	14
1.3.1 线路故障的检查程序	14
1.3.2 断路故障产生的原因和检查方法	16
1.3.3 短路故障的特点、产生原因和检查方法	26
1.3.4 接地故障产生的原因和检查方法	29
1.3.5 接线错误的检查	32
1.3.6 电源故障的检查方法	33
1.4 常用电子元件及电子电路的检查方法	37
1.4.1 电阻的检查方法	37
1.4.2 电容的检查方法	38
1.4.3 二极管的检查方法	39
1.4.4 三极管的检查方法	41
1.4.5 整流桥的检查方法	43
1.4.6 晶闸管的检查方法	44

1.4.7	电子电路的检查步骤	47
1.5	常用低压电器的常见故障及处理方法	48
1.5.1	低压熔断器的常见故障及处理方法	48
1.5.2	低压断路器的常见故障及处理方法	51
1.5.3	接触器的常见故障及处理方法	54
1.5.4	热继电器的常见故障及处理方法	57
1.5.5	时间继电器的常见故障及处理方法	59
1.5.6	小型变压器的常见故障及处理方法	60
第2章	照明电路及故障检修实例	62
2.1	常用照明电路与故障检修实例	62
2.1.1	一开关控制一白炽灯电路	62
2.1.2	多灯一开关电路	63
2.1.3	灯与带指示灯插座共线电路	64
2.1.4	用两只双联开关两地控制一盏灯电路	65
2.1.5	几种节电延长灯泡寿命的电路	66
2.1.6	两种常用的日光灯接线线路	67
2.1.7	两种日光灯低温低压启动电路	68
2.1.8	日光灯电子镇流器电路	69
2.1.9	日光灯集中启动电路	71
2.1.10	光控路灯电路	72
2.1.11	声光自动控制照明灯电路	74
2.1.12	夜晚闪光警示灯电路	75
2.1.13	音乐梦幻灯电路	77
2.1.14	二室一厅配电电路	78
2.1.15	三室两厅配电电路	82
2.1.16	家庭用电防过压、防雷击保护电路	84
2.2	照明电路的常见故障及处理方法	85
2.2.1	白炽灯电路的常见故障及处理方法	85
2.2.2	日光灯电路的常见故障及处理方法	87

第3章 三相异步电动机电路及故障检修实例..... 89

3.1 三相异步电动机典型控制电路与故障检修实例.....	89
3.1.1 点动运行电路.....	89
3.1.2 连续运行控制电路.....	90
3.1.3 按钮选择点动与连续运行电路.....	91
3.1.4 开关选择点动与连续运行电路.....	93
3.1.5 多地控制单相运行电路.....	94
3.1.6 短时单向运行电路.....	95
3.1.7 短时停机自动启动电路.....	96
3.1.8 可点动又可间歇运行电路.....	98
3.1.9 可连续运行又可周期性重复工作的电路.....	100
3.1.10 只允许电动机正向运行电路.....	101
3.1.11 接触器连锁的可逆运行电路.....	103
3.1.12 带点动的按钮连锁可逆运行电路.....	104
3.1.13 复合连锁可逆运行电路.....	106
3.1.14 单线远程控制电路.....	107
3.1.15 两台电动机先后启动、单台运行电路.....	109
3.1.16 两台电动机顺序启动、逆序停止电路.....	110
3.1.17 手动、自动控制电动机串电抗降压启动电路.....	112
3.1.18 Y/ Δ 降压启动电路.....	114
3.1.19 自耦变压器降压启动电路（一）.....	116
3.1.20 自耦变压器降压启动电路（二）.....	117
3.1.21 绕线转子异步电动机串频敏变阻器启动电路.....	119
3.1.22 电动机漏电保护电路.....	120
3.1.23 利用人工中性点构成的电动机断相保护电路.....	121
3.1.24 具有断相保护功能的电磁抱闸制动电路.....	123
3.1.25 安全低压可逆运行电路.....	125
3.1.26 自动往返循环运行电路.....	127
3.1.27 HWK-AK2 上、下限液位自动控制电路.....	129
3.1.28 桥式整流可逆能耗制动电路.....	130

3.1.29 电动机反接制动电路	132
3.1.30 单绕组双速电动机 Δ /YY 接法控制电路	133
3.2 三相异步电动机的常见故障及处理方法	135
3.2.1 三相异步电动机绕组故障及处理方法	135
3.2.2 三相异步电动机其他典型故障及处理方法	140
第 4 章 常用机床与家用电器电路及故障检修实例	146
4.1 常用机床电路与故障检修实例	146
4.1.1 皮带运输机电路	146
4.1.2 Z525 立式钻床电路	147
4.1.3 CA6140 型车床电路	149
4.1.4 M7130 平面磨床电路	151
4.2 常用家用电器电路与故障检修实例	154
4.2.1 多用电饭锅电路	154
4.2.2 美的 PTC 暖风机电路	156
4.2.3 落地扇模拟自然风电路	158
4.2.4 半自动双桶波轮式洗衣机电路	161
第 5 章 常用输变电电气线路及故障检修实例	166
5.1 二次回路图的种类	166
5.1.1 原理图	166
5.1.2 展开图	167
5.1.3 安装接线图	169
5.2 常用输变电电气接线线路	173
5.2.1 电流互感器与继电器的几种常用接线方式及检修方法	173
5.2.2 电压互感器的几种常用接线方式及检修方法	176
5.2.3 几种接地方式及注意事项	179
5.3 常用输变电电气电路与故障检修实例	185
5.3.1 事故照明切换电路	185
5.3.2 硅整流电容储能直流电路	187
5.3.3 简单实用的直流系统绝缘监测电路	190

5.3.4	DX-3 闪光继电器电路	192
5.3.5	简化的断路器控制电路	193
5.3.6	电磁操动机构的断路器控制电路	197
5.3.7	弹簧储能操动机构的断路器控制电路	203
5.3.8	6~10kV 线路过流、速断保护电路	205
5.3.9	电流型漏电保护器	210
第 6 章	常用电源电路和实用电子电路及故障检修实例	218
6.1	常用电源电路与故障检修实例	218
6.1.1	几种常用的整流电路	218
6.1.2	几种常用的滤波电路	224
6.1.3	稳压管并联稳压电路	226
6.1.4	串联调整式稳压电路	228
6.1.5	电容降压整流电路	230
6.1.6	两系列三端稳压块构成的稳压电路及其扩展电路	232
6.1.7	几种常用的正负电源电路	235
6.2	实用电子电路与故障检修实例	236
6.2.1	简单实用的电子调压器电路	236
6.2.2	车辆语言提示电路	238
6.2.3	自动水龙头电路	239
6.2.4	手动、自动冲水控制电路	240
6.2.5	多根电缆防盗割报警器	242
6.2.6	电动射钉枪电路	243
第 7 章	仪器仪表电路及故障检修实例	245
7.1	电压、电流和功率的测量线路及注意事项	245
7.1.1	直流电流表的接线线路及注意事项	245
7.1.2	交流电流表的接线线路及注意事项	245
7.1.3	直流电压表的接线线路及注意事项	246
7.1.4	交流电压表的接线线路及注意事项	247
7.1.5	用一只电压表和一只万能转换开关测量三相电压的接线	

线路及注意事项	247
7.1.6 有功功率表、功率因数表、电流表和频率表的联合接线 线路及注意事项	248
7.2 电度表接线线路及注意事项	249
7.2.1 单相电度表的直接接线线路及注意事项	250
7.2.2 两种单相电度表经电流互感器的接线线路及注意事项	250
7.2.3 三相三线有功、无功电度表联合接线线路及注意事项	251
7.2.4 三相三线有功、无功电度表经电压、电流互感器的接线 线路及注意事项	252
7.2.5 威胜 DTSD341/DSSD331 三相四线电子式多功能电度表 的几种接线方法及注意事项	253
7.3 防盗电技术	255
7.3.1 防窃电措施	255
7.3.2 防窃电的检查方法	258
7.4 仪表常见故障及处理方法	261
7.4.1 指示仪表的常见故障及处理方法	261
7.4.2 电度表的常见故障及处理方法	262
参考文献	264

第1章 基础知识

1.1 电工电路识图方法

学习任何知识，既要勤奋，又要掌握一定的技巧，电路识图也一样。在介绍电工电路识图方法之前，向读者介绍一下电路的学习方法，具体如下。

- ① 要掌握基本理论知识，打好基础。
- ② 要由简到繁，逐步加深。
- ③ 要勤于动手，提高能力，加深认识和理解。有条件的可以根据简单电路进行实际制作，这样既培养了学习兴趣，又加深了认识和理解。
- ④ 多问、多记、多总结。将识图中遇到的问题、难点记录下来，向别人请教；把积累的经验加以总结；对典型电路进行归纳、分类，特别是对具有相同功能的不同电路进行比较，找出各自的特点及不足，尝试设计出改进电路。

1.1.1 电动机电路原理图的识图方法

电动机电路原理图一般分为主电路和控制电路，有些还有辅助电路（信号电路及照明电路）。电动机电路原理图的一般识读方法如下。

- ① 结合电路图中的文字说明、技术说明和元件明细表，分清图纸的种类、特点和用途，对电路有一个大致的了解。注意，图中各开关、触点所表示的是在不带电时的状态。
- ② 参经常用电气图形符号、文字符号表，弄明白电路图中各符号所代表的意义。同一电路图中同一元器件使用相同的文字符号。
- ③ 分清主电路和控制电路。一般情况下，先看主电路，再看控制电路。主电路通常在图的左侧，它是从电源向负载输送电能时电流所经过的电路。识图时通常从下面的被控设备开始，经控制元件依次看到电源。通过看主电路可以知道电源是经过哪些元件到达电气设备的，为什么要通过这些电气元件。控制电路在图的右侧，它是按照一定顺序和要求控制主电路中各元件的动作，从而

控制电气设备的正常工作。看控制电路时通常按照自上而下或从左到右的原则,先看电源,再依次看各控制支路。

④ 搞清电路图中各电气元件、设备之间的关系。通过前面的识图,分析主电路、控制电路中各元件、触点的工作情况,搞清各回路、元件间的联系和控制关系,以及每支路是怎样通过各个元件构成闭合回路的。

下面以图 1-1 为例具体介绍一下电动机电路的识图方法。

从元件明细表(见表 1-1)可以看出,该电路主要由刀开关 QS、熔断器 FU₁ 和 FU₂、交流接触器 KM、热继电器 FR、三相异步电动机 M 以及按钮开关 SB₁、SB₂ 组成。

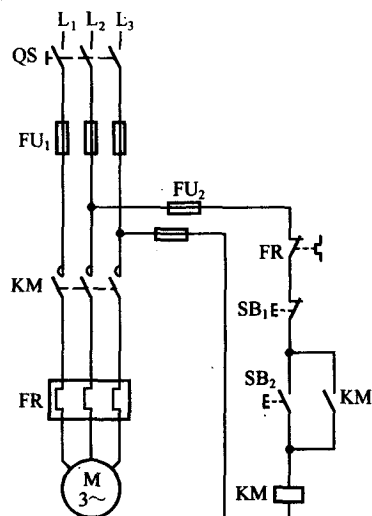


图 1-1 电动机单向运行电路原理图

表 1-1 电动机单相运行电路元件明细表

代 号	元 件 名 称	型 号	规 格	件数	用 途
M	三相异步电动机	J52-4	7kW, 1440r/min	1	驱动生产机械
KM	交流接触器	CJO-20	380V, 20A	1	控制电动机
FR	热继电器	JR16-20/3	热元件电流: 14.5A	1	电动机过载保护
SB ₁	按钮开关	LA4-22K	5A	1	M 启动
SB ₂	按钮开关	LA4-22K	5A	1	M 停机
QS	刀开关	HZ10-25/3	500V, 25A	1	电源总开关
FU ₁	熔断器	RL1-15	500V 配 4A 熔芯	3	主电路保险
FU ₂	熔断器	RL1-15	500V 配 2A 熔芯	2	控制电路保险

结合元件明细表看电路图。主电路在电路的左侧,电流是从三相交流电源开始依次经过三相电源开关 QS→三相熔断器 FU₁→接触器 KM 的主触点→热继电器 FR,最后到达电动机绕组。图中右侧是控制电路,电源接在 L₂、L₃ 两相,

是由接触器 KM 的线圈、KM 的辅助触点、热继电器 FR 的常闭触点以及按钮 SB₁、SB₂ 组成。

接下来要搞清各元件间的关系。

① 三相异步电动机 M 要得电启动，需要刀开关 QS 和接触器 KM 闭合，而接触器 KM 的启动又受常开按钮开关 SB₂ 控制，所以启动时应按下 SB₂。

② 由于接触器 KM 吸合后，其辅助触点已闭合，所以松开 SB₂ 后，接触器 KM 的线圈通过其辅助触点（自锁触点）保持吸合。

③ 按下常闭按钮 SB₁，接触器 KM 的控制回路被切断，接触器释放，其触点恢复初始状态，电动机停机。

④ 热继电器 FR 在电路中起过载保护的作用，电动机长时间过载时，热继电器动作，其常闭触点断开，电动机保护停机。

⑤ 熔断器 FU₁ 是主电路的短路保护元件，可以防止主电路的连接导线、元器件和电动机因短路而烧坏；熔断器 FU₂ 是控制电路的短路保护元件，以防止控制线路中的连接导线、元器件因短路而损坏。

1.1.2 二次回路识图的基本方法

读图前，仔细阅读有关说明（如技术说明），并结合有关的电工知识，弄清楚图纸中所绘制的继电保护装置的功能以及图纸上所标符号代表的设备名称。

看图时抓住以下要领。

① 先读交流回路，后读直流回路。这是指先看懂二次接线图的交流回路，根据交流回路电气量的作用和变化特点，向直流回路推断，再看直流回路。

② 交流看电源，直流找线圈。这是指交流回路应从电源入手，交流回路有交流电流和交流电压两部分，先找出电流回路从哪组电流互感器来，电压回路从哪组电压互感器来。然后弄清楚两种互感器传输的电流或电压的作用是什么，与直流回路有何关系，通过哪些继电器反映出来。

③ 紧抓触点不放松，一个一个全搞清。这是指继电器线圈找到后，再找出继电器的触点，根据触点的动作情况推断回路变化的情况，直至搞清各回路间的联系、控制关系及动作过程。

④ 从上到下，从左到右，屏外设备一个也不漏。这是针对端子排图和屏后

安装接线图而言的。接线图与展开图对照起来看，有助于搞清接线图。因为继电器和每个小的逻辑回路的作用都在展开图的右侧注明，同时展开图上与屏外有联系的回路编号都在端子排图上占有一个位置，对于个别的继电器在另一张图中表示时，都在图纸上说明去向，而端子排图只是一系列数字和符号的集合，只看它是看不明白的，所以把端子图与展开图有机地结合起来，是很容易搞清楚的。

1.1.3 电子电路原理图的识图方法

电子电路原理图是把所用元器件的图形符号按一定关系连接起来表示某一功能的电路图，是学习、检修各种电子设备的重要图纸。识图时可按以下步骤进行。

① 阅读说明书，了解设备的用途和安全注意事项，了解设备上各电位器、开关及指示灯的作用。

② 看原理图上使用了哪些电子元器件，了解主要电子元器件的功能是什么。对于不熟悉的集成电路，可查找有关资料。

③ 结合印制板上的实物图，找到相应的图形符号位置，从而了解它们属于哪一部分电路，大致了解电路的整体情况。

④ 分解电路，化整为零。一个电子电路不论多么复杂，都可按功能分解为若干个单元电路，然后找出它们之间的联系，再搞清每一单元内各元器件的作用。

⑤ 总结归纳，综合分析，理清关系。通过前面几个步骤，对元器件的作用及各单元电路之间的关系有了全面的认识，再把各单元电路按照信号流程连接起来进行综合分析，理清各单元电路间的关系。

1.1.4 印制板图的识图方法

首先，找“特殊元器件”所在的位置，如变压器、集成电路、电位器、电池以及扬声器等体积较大的元器件均可作为“特殊元器件”。然后，顺藤摸瓜找到相应部位的其他元件。

图 1-2 为闪光信号电路原理图，图 1-3 为其印制板电路图。图中的集成电路 NE555 可当作特殊元器件，找到 NE555 后再找其他元器件就很容易了。从原理图可以看到，电阻 R_2 、 R_3 与 NE555 是紧挨着的，所以可以在印制板上借

助 NE555 找到电阻 R_2 、 R_3 。从原理图上还知道, VD_1 、 VD_2 、 C_2 和 VD_5 的正极与 R_2 、 R_4 的上端以及 NE555 的④、⑧脚(从带豁的左端起是元件的①脚,其他管脚按逆时针方向依次排列)相连。再看印制板图,确实如此,它们是电源的正极。看印制板图可知, VD_3 、 VD_4 、 C_2 、 VD_5 的负极与 C_3 的负极、 C_4 的下端以及 NE555 的①脚的铜箔相连。再看原理图知道,它们是电源的负极,即两者相符。从原理图中我们看到 NE555③脚输出的闪光信号要向外引出,再看印制板图,在 OUT 字符两端有两个焊盘,这两个焊盘就是闪光信号的引出线。

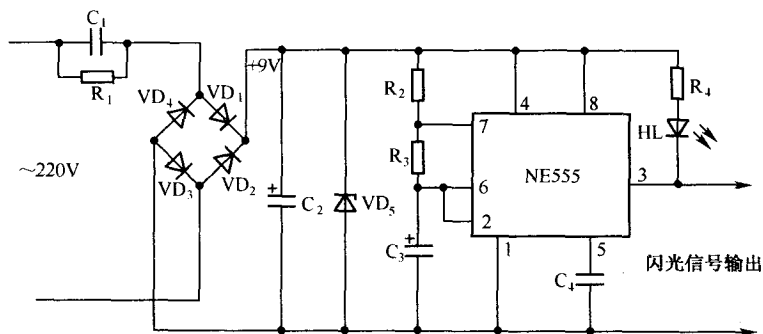


图 1-2 闪光信号电路原理图

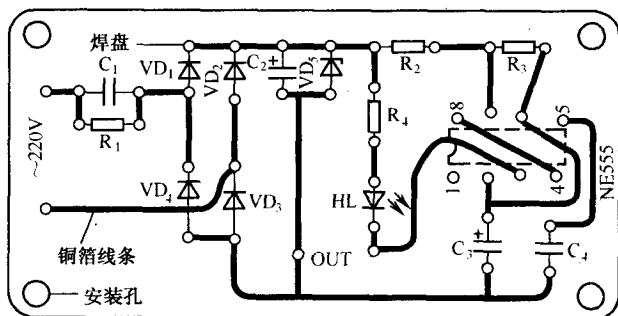


图 1-3 闪光信号电路印制板图

请读者试找出 C_1 、 R_1 所在的位置,并在印制板上找出和它们相连的元器件有哪些。再和原理图对照,看看电路板的元器件连线是否与原理图相符。

1.2 常用测量工具和仪表的使用方法及注意事项

1.2.1 试电笔的使用方法及注意事项

一、使用方法

试电笔是一种测量电气设备是否带有较高对地电压的测试工具，它不但可以测量设备是否带电以及电压的高低，还能区分交流电与直流电、相线与中性线，判断直流电的正、负极等。

常用的试电笔有钢笔式和螺丝刀式两种。对于钢笔式试电笔，应将手掌触及笔尾的金属体，大拇指、食指、中指捏紧笔杆的中部，使氖管小窗口背光并朝向自己，以便于观察，如图 1-4 (a) 所示。但不能将手指触及笔尖的金属体，以防触电。

对于螺丝刀式试电笔，应用食指按住试电笔的金属帽（笔尾部），大拇指、中指、无名指捏住笔杆的中部，使氖管小窗口背光并朝向自己，但手指也不能接触笔尖的金属体，如图 1-4 (b) 所示。

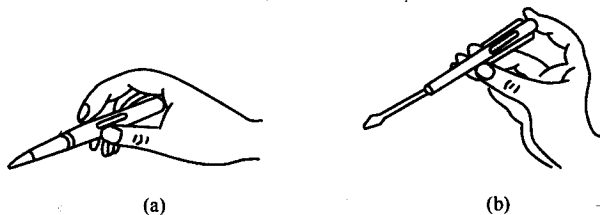


图 1-4 低压试电笔的握法

① 判断是否有电和电压的高低。测量时，电笔的氖管越亮，表示电压越高；若氖管呈暗红色，则表明测量点电压较低。

② 区分相线与中性线。测量时，试电笔的氖管发亮者为相线，不亮或微亮者为中性线。

③ 区分交流电和直流电。若氖管的两个电极同时发亮，则所测部位是交流电（交流电是交变的，可使氖管的两个电极交替发射电子）；若氖管的两个电极只有一个亮，则所测部位是直流电（直流电的正极或负极只能使氖管的一个电极发射电子）。也就是说，交流氖管全身亮，直流氖管亮一端。

④ 区分直流电的正负极。测量时，一只手将试电笔笔尖接触被测直流电源，

另一只手触地，以使人体的对地绝缘电阻和对地电容被短接（人穿干燥的鞋时对地绝缘电阻较高）。若氖管后端（笔尾一侧）明亮时，测试端为电源的正极；若氖管前端（笔尖一侧）明亮时，测试端为电源的负极。也就是说，正极后端亮，负极前端亮。也可从亮度判断，正极比负极亮一些。

⑤ 用试电笔检查直流系统正极或负极接地故障。用一只手将试电笔笔尖触及直流系统的正极或负极，另一只手不要触地，如果氖管发亮，则说明直流系统有接地故障。若笔尖端发亮，则说明正极接地；若笔尾端发亮，则表明负极接地。

二、注意事项

① 使用前，首先进行外观检查，外部绝缘损坏时不能再使用，然后检查试电笔的好坏。可先在确定有电的带电体上测试一下，观察试电笔是否正常，防止检查时判断错误。

② 当带电体与人体间的电位差小于 65V 或大于 600V 时，请不要用低压试电笔检查。

③ 定期检查试电笔内的电阻，如果电阻值小于 $1\text{M}\Omega$ ，则应更换。

④ 判断直流电的正、负极时，电压不应低于 110V。

⑤ 用试电笔检查时，应从电源侧向负载侧测量，防止通过负载使氖管发亮而影响判断。

⑥ 如果螺丝刀式试电笔笔尖的外露金属部分过长，可套一根合适的绝缘管，使笔尖只留 1~2mm 的金属头，以防测试时不慎造成短路。

1.2.2 电池灯的使用方法及注意事项

电池灯一般由两节电池与一个手电筒用 2.5V 小灯泡组成，如图 1-5 所示。用它来检查线路的通断和校对线号非常方便。

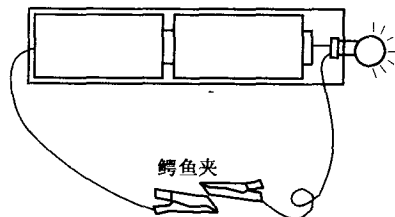


图 1-5 电池灯示意图