

# 全程图解 电工维修技法

■ 王春生 编著

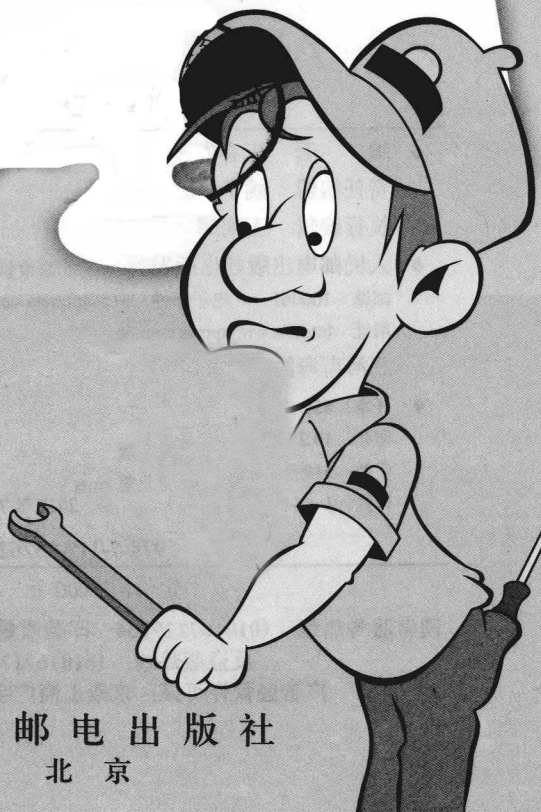
浓缩维修技巧之**精华**  
展示维修经验之**宝典**



 人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS

# 全程图解 电工维修技法

■ 王春生



人民邮电出版社  
北京

## 图书在版编目(CIP)数据

全程图解电工维修技法 / 王春生编著. — 北京 :  
人民邮电出版社, 2011. 7  
ISBN 978-7-115-25262-3

I. ①全… II. ①王… III. ①电工—维修—图解  
IV. ①TM07-64

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第062994号

## 全程图解电工维修技法

---

◆ 编 著 王春生

责任编辑 姚予疆

执行编辑 王朝辉

◆ 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 电子邮件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

三河市海波印务有限公司印刷

◆ 开本: 850×1168 1/32

印张: 18.375

字数: 519千字

2011年7月第1版

印数: 1-4000册

2011年7月河北第1次印刷

ISBN 978-7-115-25262-3

---

定价: 39.00元

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

反盗版热线: (010)67171154

广告经营许可证: 京崇工商广字第0021号

## 内 容 提 要

本书主要阐述了电气设备、仪表、电气元器件及其应用电路的工作原理和用途，并相应介绍了其使用注意事项以及故障的判断、排除方法。本书以丰富的图表代替难以理解的文字，可使初学者迅速掌握低压电工应具备的基本技能，提高实际操作能力。全书共分7章：第1章介绍故障排除方法与常用电工仪表，第2章介绍常用低压电器，第3章介绍照明与照明电路，第4章为电动机与控制电路，第5章介绍并联电容器与无功补偿电路，第6章介绍低压配电与电气线路，第7章是对接地装置与接零或接地保护的介绍。

本书是初级电工、电气爱好者入门的好帮手，也可作为电工技能培训学校的教材。

# 前 言

随着我国经济的高速发展，电气化时代已经全面到来，电工成为技能型紧缺人才。电工是需要丰富实践经验的特殊工种，要求从业人员必须具备娴熟的技术、一丝不苟的工作态度和强烈的责任心。本书以电工基本知识为基础，重点阐述实际应用的技巧，对于重点操作步骤采用分步详解的方法，配上插图，使电工技法的精髓得以展现，旨在提高从业人员电气维修、安装和故障排除的技术水平。

全书共分7章。第1章相当于总论，介绍了电工维修的常用方法以及电工常用仪表的使用方法。然后，在接下来的6章分别阐述了电工工作中一些最常应用的电气线路、装置的维修技法，包括常用低压电器、照明与照明电路、电动机与控制电路、并联电容器与无功补偿电路、低压配电与电气线路、接地装置与接零或接地保护。

笔者将30多年从业的丰富实践经验，以通俗易懂、图文并茂的形式表述出来，便于初学者边学边用，在应用中提高实践技能。书中不乏一些故障排除的小技巧，是笔者多年工作经验的结晶，是教科书中找不到的，极具实用性，希望能给读者带来一些启示。

由于笔者水平有限，书中难免存在不妥与疏漏之处，恳请读者批评指正。

王春生

# 目 录

第 1 章 故障排除方法与常用电工仪表 .....	1
1.1 故障排除方法 .....	1
1.1.1 感官排除故障方法 .....	1
1.1.2 测量法 .....	3
1.1.3 其他辅助方法 .....	6
1.1.4 经验总结 .....	7
1.2 便携式电工测量仪表 .....	8
1.2.1 万用表 .....	8
1.2.2 钳形电流表 .....	18
1.2.3 兆欧表 .....	20
1.2.4 接地电阻测量仪 .....	23
1.2.5 经验总结 .....	25
1.3 安装式测量仪表 .....	26
1.3.1 电流表 .....	26
1.3.2 电压表 .....	35
1.3.3 功率因数表 .....	43
1.3.4 经验总结 .....	47
1.4 电能表 .....	48
1.4.1 电能的计算 .....	48
1.4.2 电能表的工作原理 .....	48
1.4.3 直接接入式电能表的常用接线方法 .....	48
1.4.4 电能表使用前的检测 .....	51
1.4.5 直接接入式电能表使用注意事项 .....	55
1.4.6 电能表配用电流互感器常用接线方法 .....	56
1.4.7 电能表在实际应用中的接线 .....	58

1.4.8	电能表、电流互感器接线线路的检测及故障排除方法	59
1.4.9	配有电流互感器电能表使用注意事项	62
1.4.10	无功电能表	62
1.4.11	电能表常见故障判断方法	64
1.4.12	电子式电能表	65
1.4.13	电能表的安装要求	66
1.4.14	经验总结	67
<b>第2章</b>	<b>常用低压电器</b>	<b>68</b>
2.1	刀开关、熔断器	68
2.1.1	HD、HS型刀开关	68
2.1.2	熔断式刀开关	71
2.1.3	负荷开关	73
2.1.4	熔断式隔离开关	78
2.1.5	观察法排除刀开关故障	79
2.1.6	低压熔断器	79
2.1.7	经验总结	83
2.2	低压断路器	84
2.2.1	塑料外壳式低压断路器	85
2.2.2	万能式低压断路器	87
2.2.3	智能型万能式低压断路器	108
2.2.4	经验总结	110
2.3	漏电断路器	111
2.3.1	分类	111
2.3.2	工作原理	112
2.3.3	漏电断路器的接线与应用	113
2.3.4	漏电断路器选用注意事项	116
2.3.5	造成漏电断路器误动作的常见接线错误	116
2.3.6	接线错误造成的漏电断路器拒动作故障	120

2.3.7	漏电断路器造成的误动作或拒动作故障	122
2.3.8	漏电断路器及漏电开关应用的局限性	123
2.3.9	经验总结	124
2.4	接触器、继电器、主令电器	125
2.4.1	接触器	125
2.4.2	继电器	131
2.4.3	主令电器	140
2.4.4	经验总结	148
<b>第3章</b>	<b>照明与照明电路</b>	<b>150</b>
3.1	白炽灯	150
3.1.1	实用基础知识	150
3.1.2	灯泡应用电路及故障排除	152
3.1.3	经验总结	165
3.2	日光灯	166
3.2.1	实用基础知识	166
3.2.2	日光灯元件故障检测与排除	169
3.2.3	常用日光灯应用电路及常见线路故障排除	174
3.2.4	日光灯四种接线方法比较	185
3.2.5	提高日光灯功率因数的方法	185
3.2.6	电感式日光灯低温启动电路	186
3.2.7	电子式镇流器日光灯	187
3.2.8	三基色节能灯	188
3.2.9	经验总结	189
3.3	常用其他照明光源	189
3.3.1	碘钨灯	189
3.3.2	高压汞灯	191
3.3.3	高压钠灯	194
3.3.4	金属卤化物灯	196
3.3.5	霓虹灯	197



3.3.6	安全灯 .....	201
3.3.7	经验总结 .....	203
<b>第4章</b>	<b>电动机与控制电路 .....</b>	<b>204</b>
4.1	三相异步电动机 .....	204
4.1.1	基本概念 .....	204
4.1.2	三相异步电动机的技术性能和技术指标 .....	206
4.1.3	三相异步电动机的接线方法 .....	214
4.1.4	Y系列三相异步电动机的铭牌及型号含义 .....	217
4.1.5	三相异步电动机使用注意事项 .....	218
4.1.6	电动机的拆装步骤与注意事项 .....	223
4.1.7	三相异步电动机的检测和维修技法 .....	223
4.1.8	经验总结 .....	255
4.2	三相异步电动机直接启动控制电路 .....	256
4.2.1	采用直接启动方式的条件 .....	256
4.2.2	手动单转启动控制电路 .....	257
4.2.3	点动单转控制电路 .....	260
4.2.4	连续单转运行控制电路 .....	270
4.2.5	连续与点动单转运行控制电路 .....	280
4.2.6	多地操作一台电动机单转运行控制电路 .....	283
4.2.7	接触器互锁的正、反转控制电路 .....	285
4.2.8	接触器按钮双重互锁正、反转控制电路 .....	309
4.2.9	行程控制电路 .....	313
4.2.10	经验总结 .....	320
4.3	三相异步电动机的降压启动 .....	321
4.3.1	Y- $\Delta$ 降压启动电路 .....	322
4.3.2	自耦降压启动电路 .....	352
4.3.3	定子回路串电阻降压启动电路 .....	376
4.3.4	绕线式异步电动机启动控制电路 .....	379
4.3.5	经验总结 .....	387

4.4	单相异步电动机	388
4.4.1	电阻启动式单相异步电动机	389
4.4.2	电容启动式单相异步电动机	392
4.4.3	电容运转式单相异步电动机	394
4.4.4	电容启动和运转式单相异步电动机	396
4.4.5	罩极启动式单相异步电动机	398
4.4.6	改变单相异步电动机旋转方向的方法	399
4.4.7	单相异步电动机的调速方法(以电风扇为例)	401
4.4.8	快速排除故障经验总结	402
4.4.9	交、直流两用串励式单相电动机	403
4.4.10	经验总结	404
4.5	直流电动机	404
4.5.1	结构及其作用	405
4.5.2	励磁方式及用途	406
4.5.3	工作原理	407
4.5.4	直流电动机的出线端标志	408
4.5.5	直流电动机使用时的注意事项	408
4.5.6	直流电动机电刷出火花的判断方法	411
4.5.7	常见故障排除方法	411
4.5.8	经验总结	412
第5章	并联电容器与无功补偿电路	413
5.1	并联电容器	413
5.1.1	电容器的概念	413
5.1.2	并联电容器	413
5.1.3	电容器实际运行时的无功容量与电压的变化关系	415
5.1.4	电容器无功容量的测量方法	416
5.1.5	电容器组的放电装置	418
5.1.6	摇测并联电容器绝缘电阻的方法	418
5.1.7	电容器使用注意事项	420

5.1.8	并联电容器运行中的监测	421
5.1.9	并联电容器组停、送电的操作注意事项	421
5.1.10	电容器常见故障及处理方法	422
5.1.11	经验总结	423
5.2	无功补偿及补偿方式	424
5.2.1	无功补偿	424
5.2.2	功率因数	425
5.2.3	并联电容器补偿方式	427
5.2.4	经验总结	431
5.3	自动无功补偿控制电路	431
5.3.1	自动无功补偿控制器	431
5.3.2	JKG 系列无功补偿控制器的控制电路	433
5.3.3	按钮和控制器 JK 组成的自动、手动无功补偿控制电路	449
5.3.4	采用 JKGIX 系列控制器的自动无功补偿控制电路	452
5.3.5	万能转换开关和控制器 JK 组成的自动、手动无功补偿控制电路	453
5.3.6	智能型自动无功补偿控制电路	456
5.3.7	经验总结	458
<b>第 6 章</b>	<b>低压配电与电气线路</b>	<b>459</b>
6.1	低压配电系统	459
6.1.1	低压配电系统的分类	459
6.1.2	低压配电系统供电注意事项	462
6.1.3	低压三相四线配电系统中零线的重要性	465
6.1.4	低压供电、配电系统	470
6.1.5	经验总结	492
6.2	低压配电线路	493
6.2.1	低压架空配电线路	493

6.2.2	低压电力电缆配电线路	506
6.2.3	经验总结	514
6.3	室内电气线路	515
6.3.1	常用室内电气线路敷设方式	515
6.3.2	室内单路照明电路	518
6.3.3	室内单相插座电路	533
6.3.4	室内照明与插座配电系统单线图	545
6.3.5	电气线路过载故障的排除方法	548
6.3.6	经验总结	550
<b>第 7 章</b>	<b>接地装置与接零或接地保护</b>	<b>552</b>
7.1	接地装置	552
7.1.1	组成形式	552
7.1.2	接地电阻	554
7.1.3	接地装置安装的一般规定	557
7.1.4	接地装置的运行检查项目	558
7.1.5	接地装置常见故障的排除方法	559
7.1.6	经验总结	560
7.2	保护接地或保护接零	560
7.2.1	基本概念	561
7.2.2	应用范围	561
7.2.3	配电系统的接地或接零代号	562
7.2.4	保护接地的原理及应用	562
7.2.5	保护接零的原理及应用	566
7.2.6	重复接地	569
7.2.7	同一系统中接零和接地保护同时采用的危险性	573
7.2.8	接零或接地保护线断路故障的排除方法	574
7.2.9	经验总结	574
	参考文献	576

# 第 1 章 故障排除方法与 常用电工仪表

## 1.1 故障排除方法

### 1.1.1 感官排除故障方法

感官排除故障方法是我们在日常巡视、检查和维修排除故障中应最先进行的一步，也是最常用、最便捷的方法。感官排除故障的方法如同中医运用望、闻、问、切对病人作初步诊断，在我们进行电气故障排除工作前也要对设备进行眼睛看、耳朵听、手摸、鼻嗅来发现故障点。在具体运用时应熟知电气设备的性能、元器件的作用、接线方式和方法及电路原理图，需要在工作中不断总结和积累经验，才能运用自如，快速排除故障。常用的感官排除故障方法主要有观察法、听觉法、嗅觉法和手感法等。

#### 一、观察法

观察法是用眼睛观察发现故障点后排除故障的方法，观察法在电气设备带电和停电情况下均可运用。但在带电情况下应与带电物体保持安全距离，高压安全距离为 0.7m，低压为 0.3m，并应有人监护以确保安全。

通过对电气设备、各元器件、电气线路的观察可发现多种故障。例如：连接点或压接点的断开故障，不该接在一起的导线连接在了一起的接线错误，电气线路、电气元器件、电气设备有打火现象的接触不良故障，导线端接线、导线螺钉、电气元器件外壳等因过热而变色，对开关的错误操作而造成的故障等。

#### 二、听觉法

听觉法是用耳朵听电气元器件、电气设备、电气线路有无异常声

响,并根据异常声响的部位和分析声响的种类来判断故障的一种方法。听觉法一般在带电情况下运用,故应保持安全距离。

用听觉法亦能发现多种故障。例如:镇流器发出异常声响,表明镇流器铁芯松动;三相异步电动机发出“嗡嗡”声或电动机不转,表明电源缺相或电动机损坏;低压电气线路接头或与元器件压接点发出“嘶嘶”放电声,表明接触不良或过热;低压接触器发出“嘎嘎”声,表明接触器电磁铁铁芯有污物或短路环断裂故障。

### 三、嗅觉法

嗅觉法就是用鼻子闻有无异味,根据不同气味来判断故障的方法。在运用中应注意异常气味的种类和浓淡,一般气味越浓的地方距离故障点越近。嗅觉法在电气设备带电和停电情况下均可运用。因异常气味在停电后不会立即散去,所以最好在停电情况下运用,带电运用应注意安全距离。

下面列举几例可使用嗅觉法判断的故障。例如:用绝缘漆包线制作的线圈、绕组发出焦臭味或刺鼻的绝缘漆味,表明线圈、绕组绝缘漆过热或烧毁造成匝间或相间短路故障;塑料导线发出的浓重的烧塑料味表明塑料导线过热或烧毁,造成绝缘损坏,甚至可能发生短路故障或着火。

### 四、手感法

手感法就是用手去摸绝缘良好的电气外壳,通过手感知的温度高低、振动大小等来判断故障的方法。手感法一般在停电情况下运用。如果需要在设备运行情况下运用手感法应注意以下几点。

- ① 电气设备保护接零或保护接地必须完好并与设备外壳压接牢固可靠。
- ② 用测电笔或万用表电压挡检查设备外壳,确认其无电。
- ③ 检查者应使用手背接触设备,万一设备带电,手背比手心更容易摆脱电源。
- ④ 检查者必须穿绝缘鞋、长袖衣服,站在干燥的绝缘物上。
- ⑤ 检查时必须要有监护人在场。

手感法排除故障的具体应用:如用手背接触三相异步电动机壳体,

感觉运行不平稳或振动较大表明电动机与被带机械物不同心或电动机轴变形弯曲；用手背接触三相异步电动机外壳，有过热感表明电动机过载。

### 1.1.2 测量法

测量法是用仪器、仪表对电气元器件、设备、线路进行测量，通过测量值判断故障点并排除故障的方法。它是在故障排除中最基本的方法，应用最多，尤其在排除复杂故障过程中必不可少。具体测量方法有使用万用表测量的电阻测量法和电压测量法，使用钳形电流表测量的电流测量法，使用兆欧表测量的绝缘电阻测量法，使用测电笔测量的电笔测量法等。在实际应用中可根据具体情况选用一种方法或几种方法联合使用。

#### 一、电阻测量法

电阻测量法必须在断电情况下运用，在测量前还必须检查确认无电，再对电气线路、电气元器件及设备进行直流电阻测量，通过测量得到的阻值再与正常阻值进行比较，从而判断故障。电桥和万用表是最常用的测量工具，电桥适合测量阻值要求比较精确的设备（如电机绕组匝间短路故障），在我们日常维修工作中一般选用万用表电阻挡进行测量即可。在排除电气短路或断路故障时一般选用万用表  $R \times 100$  或  $R \times 1k$  挡，在电工维修中一般把该挡位叫做直通挡。根据测量时是否拆除接线可将电阻测量方法分为直接测量（不拆接线）和单独测量（拆除接线）两种，其中单独测量结果更为准确。应用举例如下。

**例 1** 用电阻测量法判断两根绝缘导线的断路与短路故障。

**步骤 1** 将万用表拨至  $R \times 100$  或  $R \times 1$  挡。

**步骤 2** 测量 1 号导线 A、B 两端电阻。阻值接近于零表明 1 号导线正常，阻值无限大则表明 1 号线断路。

**步骤 3** 测量 2 号导线 C、D 两端电阻。阻值接近于零表明 2 号导线正常，阻值无限大表明 2 号线断路，如图 1-1-1 所示。

**步骤 4** 测量 1 号导线 A 端与 2 号导线 C 端电阻。阻值无限大表明正常，阻值接近于零表明 1 号线与 2 号线短路，如图 1-1-2 所示。

**例 2** 已知有一电感线圈，直流电阻为  $20\Omega$ ，用电阻测量法判断电感线圈是否正常。

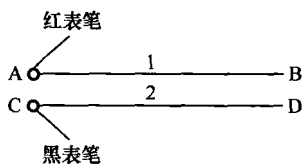
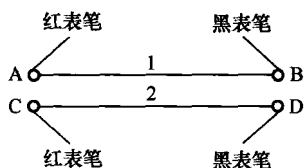


图 1-1-1 电阻测量法检测导线断路故障示意图 图 1-1-2 电阻测量法检测导线短路故障示意图

将万用表拨至  $R \times 1$  挡，用红、黑表笔测量电感线圈 A、B 两端电阻。阻值接近于零表明线圈短路，阻值无限大表明线圈断路，阻值  $20\Omega$  表明线圈正常，如图 1-1-3 所示。

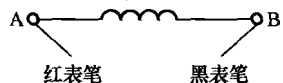


图 1-1-3 电阻测量法判断电感线圈有无故障示意图

## 二、电压测量法

电压测量法需要带电测量，常用仪表为电压表和万用表。测量直流电压时，测量仪表的正极接被测电压的正极，测量仪表的负极接被测电压的负极，不可接错。测量交流电压时可不分正、负极。电气维修测量电压时一般选用万用表。应用举例如下。

**例 1** 电压测量法排除刀开关断路故障。

**步骤 1** 将万用表拨至交流 250V 电压挡，合上刀开关 QS，用红、黑表笔测量。

**步骤 2** 测量刀开关 QS 电源侧 A 点与 C 点之间的电压，测量结果电压 220V，表明电源正常，如图 1-1-4 (a) 所示。

**步骤 3** 合上刀开关 QS，测量刀开关 QS 负荷侧 B 点与 D 点之间的电压，若测量结果电压为零表明刀开关 QS 断路，如图 1-1-4 (b) 所示。

**步骤 4** 测量刀开关 QS 电源侧 A 点与负荷侧 D 点之间的电压，若测量结果电压 220V 表明刀开关 QS C 点与 D 点正常，若测量结果电压为零表明刀开关 QS C 点与 D 点之间断路，如图 1-1-5 (a) 所示。

**步骤 5** 测量刀开关 QS 电源侧 C 点与负荷侧 B 点之间的电压，若测量结果电压 220V 表明刀开关 QS A 点与 B 点正常，若测量结果电压为零表明刀开关 QS A 点与 B 点之间断路，如图 1-1-5 (b) 所示。

**例 2** 电压测量法排除直流 110V 电磁铁不吸合线圈故障。



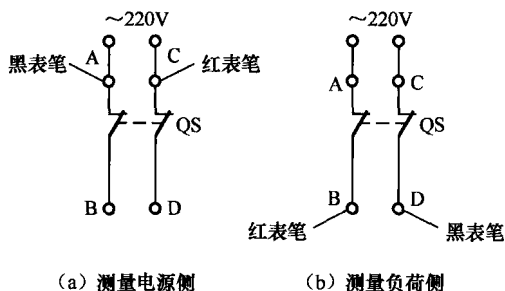


图 1-1-4 电压测量法排除刀开关断路故障示意图（一）

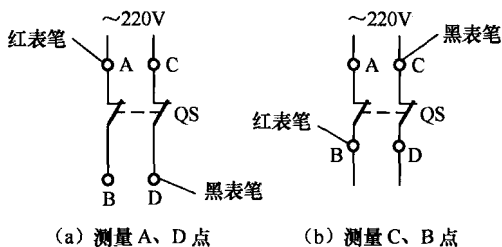


图 1-1-5 电压测量法排除刀开关断路故障示意图（二）

将万用表拨至直流 250V 电压挡,红表笔接吸合线圈正极接线端(+),黑表笔接吸合线圈负极接线端(-),如图 1-1-6 所示。若电压值为零表明电源故障或电源至线圈导线断路;若电压值为 110V 表明电源及导线正常,吸合线圈断路。

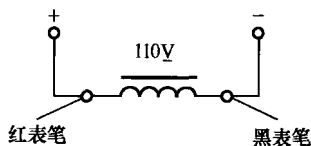


图 1-1-6 电压测量法检测直流电磁铁线圈断路故障示意图

### 三、电流测量法

电流测量法是在用电设备带负荷运行的情况下,测量线路中电流值,通过与正常值比较来进行判断并排除故障的一种方法。常用仪表为电流表、万用表和钳形电流表,实际工作中最常用的是钳形电流表。应用举例如下。

**例 1** 一台 380V、11kW 的三相异步电动机,额定电流为 22.6A,星形(Y形)接法,故障现象为电动机过热。

**步骤 1** 用万用表交流电压挡测量三相电压,确认电压正常。

**步骤 2** 将钳形电流表拨至 50A 电流挡。