

电工

李小保 编著

DIANGONG
SHIJIAN JINGYAN

实践经验



四川大学出版社

电工

李小保 编著
DIANGONG
SHIJIAN JINGYAN

实践经验



四川大学出版社

责任编辑:毕 潜
责任校对:唐 飞
封面设计:墨创文化
责任印制:王 炜

图书在版编目(CIP)数据

电工实践经验 / 李小保编著. —成都:四川大学出版社, 2013. 4

ISBN 978-7-5614-6690-2

I. ①电… II. ①李… III. ①电工—基本知识 IV. ①TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 083577 号

书名 电工实践经验

编 著	李小保
出 版	四川大学出版社
地 址	成都市一环路南一段 24 号 (610065)
发 行	四川大学出版社
书 号	ISBN 978-7-5614-6690-2
印 刷	四川永先数码印刷有限公司
成品尺寸	148 mm×210 mm
印 张	7.75
字 数	221 千字
版 次	2013 年 5 月第 1 版
印 次	2013 年 5 月第 1 次印刷
定 价	30.00 元

版权所有◆侵权必究

◆读者邮购本书,请与本社发行科联系。电 话:85408408/85401670/85408023 邮政编码:610065

◆本社图书如有印装质量问题,请寄回出版社调换。

◆网址:<http://www.scup.cn>

前 言

电工技术是综合性的工程技术。作为工程技术，就要求不断地积累储备实践经验。此外，要想在电工岗位上有所作为，还应熟悉电子技术、电力电子技术，了解自动控制、数字控制、智能控制。

该书是作者长期工作经验教训和心得体会的总结，探讨和研究了可编程序控制器（PLC）、变频器、调功器、传感器、电子技术、电力电子技术以及自动控制、数字控制、智能控制的实践应用方法。本书主要包括：日常维护管理经验，配电线路维护管理经验，传感器维护管理实践应用经验，可编程序控制器实践应用经验，电加热炉维护管理经验，电力电子技术实践应用经验，电子技术实践技能技巧，电子技术实践操作方法和自动控制、数字控制、智能控制实践应用方法等。

作者认为实践经验就是生产力，是社会的宝贵财富。该书通俗易懂，较为系统全面地收集、整理、总结了电工实践经验。此外，该书具有抛砖引玉的作用，能够激发起读者的想象力和创造力。

由于作者学识浅薄、能力有限，书中难免存在错误和不当之处，诚望专家、学者、技术工作者批评指正。

编者

2013 年 1 日

目 录

第一章 日常维护管理经验·····	(1)
一、电气连接点上故障的处理方法和经验·····	(1)
二、鼠笼式三相交流电动机故障的检查处理方法和经验 ·····	(2)
三、鼠笼式三相交流电动机的维护方法和经验·····	(8)
四、鼠笼式三相交流电动机的拆装方法和经验·····	(10)
五、鼠笼式三相交流电动机的保护方法和经验·····	(13)
六、鼠笼式三相交流电动机的能耗制动方法和经验·····	(15)
七、电动机与机械设备匹配功率的计算方法·····	(17)
八、直流电动机的维护方法和经验·····	(19)
九、变频器的维护管理方法和经验·····	(22)
十、普通民用住宅的电气装修方法和经验·····	(23)
十一、电气触点上的常见故障和维护方法·····	(26)
十二、操作台的设计制作方法和经验·····	(29)
十三、布线方法与经验·····	(30)
十四、继电器—接触器屏故障的快速排查方法和经验·····	(39)
十五、可编程序控制器的维护方法和经验·····	(40)
十六、一种不用焊铁连接铜芯线的方法和经验·····	(42)
十七、电工基本操作方法和经验·····	(43)

第二章 配电线路维护管理经验	(55)
一、低压电器.....	(55)
二、高压开关柜.....	(65)
三、低压开关柜.....	(67)
四、配电屏、配电板、配电盘、配电箱线路.....	(70)
五、动力柜线路.....	(73)
第三章 传感器维护管理实践应用经验	(74)
一、接近开关维护管理实践应用经验.....	(74)
二、光电开关维护管理实践应用经验.....	(83)
三、光幕开关维护管理实践应用经验.....	(87)
四、色标传感器维护管理实践应用经验.....	(90)
五、光纤开关维护管理实践应用经验.....	(91)
第四章 可编程序控制器实践应用经验	(93)
一、继电器—接触器屏的使用方法.....	(93)
二、可编程序控制器的使用方法.....	(99)
三、多路控制器的使用方法.....	(106)
第五章 电加热炉维护管理经验	(110)
一、电阻丝的设计方法.....	(110)
二、电阻丝的设计示例.....	(111)
三、其他加热元件.....	(114)
四、电加热炉常见故障.....	(115)
五、调功器应用.....	(116)
第六章 电力电子技术实践应用经验	(119)
一、可控硅、整流管模块.....	(119)
二、单相交流固态继电器.....	(122)

三、三相交流固态继电器·····	(132)
四、固体调压器·····	(135)
五、单相全隔离交流调压模块 DTY ·····	(136)
六、全隔离单相桥式全控整流模块 DQZ ·····	(139)
七、单相移相触发器模块·····	(142)
八、全隔离三相交流调压模块 STY ·····	(151)
九、固体继电器三相移相触发器 SSR-3JK ·····	(153)
十、三相移相触发器模块 SX ·····	(156)
十一、电压负反馈模块·····	(165)
十二、固体继电器周波控制模块·····	(170)
十三、GTR、MOSFET 的应用线路 ·····	(172)
十四、绝缘栅双极型晶体管 IGBT 的应用线路·····	(175)
 第七章 电子技术实践技能技巧·····	 (177)
一、印刷电路板的制作方法·····	(177)
二、电子电路的人工焊接工艺技巧·····	(183)
三、焊点的清洗方法·····	(185)
四、焊点的质量检验·····	(185)
五、印制板上元件的拆卸方法·····	(186)
六、大型金属器件的焊接方法·····	(187)
 第八章 电子技术实践实用方法·····	 (188)
一、电子继电器的制作方法·····	(188)
二、稳压电路的设计方法·····	(198)
三、模拟量→开关量转换电路的应用方法·····	(199)
四、数字比较电路的设计方法·····	(202)
五、数码显示电路的设计方法·····	(203)
六、数字位移传感器·····	(204)
七、CMOS 电路输入端的保护措施·····	(205)

八、CMOS 接口电路的设计方法·····	(206)
九、CMOS 模拟放大器·····	(208)
十、压控振荡器电路·····	(208)
 第九章 自动控制、数字控制、智能控制实践应用经验·····	(210)
一、概述·····	(210)
二、输入设定方法·····	(211)
三、传感器·····	(212)
四、调速装置·····	(217)
五、自控单元·····	(219)
参考文献·····	(237)

第一章 日常维护管理经验

一、电气连接点上故障的处理方法和经验

1. 故障现象

故障现象是连接点发热产生高温，严重会使连接处烧熔而引起电弧。高温会烧坏绝缘材料、引发火灾等；电弧易引发相间短路，造成事故。

2. 故障原因

导电材料相互接触时，两个不同的导体接触面之间的电阻一般不为 0，而是有一个固定值，称为接触电阻。故障原因就是接触电阻增大所致，俗称接触不良。

我们知道，只要有电流通过，接触电阻就会发热。根据电功率计算公式： $P = I^2 R$ ，如以电流 $I = 200 \text{ A}$ ，接触电阻 $R = 50 \text{ m}\Omega$ 计算，有：

$$P = 200 \cdot 200 \cdot 0.05 = 2\,000 \text{ (W)}$$

足以导致接点发热产生高温。

实践中，接触电阻主要由接点间压力 F 、接点间接触面积 S 、接触面清洁程度三个因素决定。其基本关系为：接点间压力 $F \uparrow$ ，则接触电阻 $R \downarrow$ ；接点间接触面积 $S \uparrow$ ，则接触电阻 $R \downarrow$ ；接触面氧化、污浊，则接触电阻 $R \uparrow$ 。

3. 处理方法

①电气接点有焊接、压接、搭接等三种形式。焊接的可靠性最

高，如接地装置，安装在大地土壤中，因环境恶劣，接地体和接地干线之间采用焊接的办法。压接是最常见的电气接点连接方法，一般通过螺杆、螺帽实现。注意：导线端要有接线耳，要把连接面锉平，要把氧化层和油污锉/刮干净，螺帽要压得足够紧，且必须使用弹垫圈和平垫圈。搭接的可靠性最差。搭接一般用在滑动连接电源上，如电力机车、行车等的电源连接上。应从增大接触面积、提高接触压力、及时更换表面氧化严重的导体三方面，提高搭接的可靠性。

②铜、铝两种材质导体不能直接连接。因为铜铝接头在长期工作中，接触面上容易发生电化学反应，造成接触电阻增大，引发故障。

③铜排和铝排不能直接连接，如需连接，铝排应带铜铝过渡接头，通过过渡接头和铜排平面压接。

④如果是棒接触，应改成面接触，以增大接触面积。

⑤重点部位定期巡视，应使用红外测温仪测温，保证每周至少巡视一次。

二、鼠笼式三相交流电动机故障的检查处理方法和经验

1. 检查步骤

鼠笼式三相交流电动机发生故障时，往往会产生转速变慢、噪音增大、温度显著升高、冒烟、有焦糊味、机壳带电、三相电流被破坏或增大等现象，通过对这些现象的分析归纳，就可以判断出发生故障的原因。当电动机发生故障不明时，首先检查配电线路，其次是负载，最后是电动机。检查的方法步骤如下：

①首先检查是否有三相电源。

②如果有三相电源，检查熔断器、断路器、启动器、线路、电气接点等有无故障。

③如果上述部分都正常，则检查故障是否由负载引起，方法就是让电动机空载运转，看是否正常。

④如果不是由负载引起，检查电动机接线盒，看有无焦痕、断裂；如果正常，检查电动机轴承是否损坏；如果正常，检查电动机轴承润滑油是否干涸；如果正常，检查电动机定子线圈有无焦痕、碰壳、断裂；如果正常，检查电动机转子的鼠笼条是否断裂。

2. 配电线路常见故障

(1) 缺相

①现象：电动机运转时，转速会变慢或运行中突然变慢，发出“吭吭”声，观察电流表会发现一相没有电流。如再接通电源，电动机很难再运转，或根本不能启动。

②原因：电动机上只有两相电流。

③检查：用测电笔检查配电线路。如发现电源部分缺一相，首先检查熔断器的保险是否有一相烧毁；如正常，再检查电动机上是否有一相接线桩头脱离或接触不良；如正常，再检查是否电气接点故障；如正常，再检查空气开关触点、接触器触点是否有一相没接通等。

④处理方法：如果是保险烧毁故障，更换保险；如果是电动机接线桩头脱离，恢复之；如果是电气接点故障，导线端要用接线耳，要把连接面锉平，要把氧化层和油污锉/刮干净，螺帽要压得足够紧，使用弹垫圈和平垫圈；如果是空气开关触点或接触器触点有一相没接通，恢复或更换之。

(2) 熔断器保险频繁烧毁或空气开关频繁跳闸

①现象：在接触器分断瞬间，熔断器保险频繁出现烧毁或空气开关频繁出现跳闸等现象。

②原因：在电弧的作用下，有机粉尘在接触器的灭弧罩（三相一体式）上形成一层导电碳膜，这种灭弧罩（三相一体式）上相间是有隔离层的，但通过这层碳膜，在灭弧瞬间造成相间爬电短路。

③检查：首先应切断电源，然后取下接触器的灭弧罩，确认碳膜的位置。

④处理方法：取一块细砂纸，在碳膜上小心砂磨，直到砂磨干

净；也可以直接更换灭弧罩。

(3) 电动机失控

①现象：按下停机按钮，电动机仍然继续运转。

②原因：接触器不能释放。

③检查：用测电笔检查接触器线圈上是否有电。如果接触器线圈上没有电，说明故障在接触器上。首先切断电源，然后打开灭弧罩，检查接触器动/静触点是否烧熔后粘连；如果正常，则检查接触器铁芯是否粘连。如果接触器线圈上有电，说明故障在控制线路上。控制器如是可编程序控制器（Programmable Logic Controller, PLC），应是输出接口烧坏；如是继电器屏，应是继电器铁芯粘连或继电器相应动/静触点烧熔后粘连等所致。

④处理方法：如果是接触器动/静触点烧熔后粘连，更换触点或接触器。同时，应加强维护工作，定期检查接触器动/静触点，当发现接触器动/静触点表面有明显的毛刺时就要处理了。处理时用锉刀，最好不用砂纸，防止砂纸上的颗粒留在触点上造成接触不良。锉时要细心，即：一要锉平整；二要尽量少破坏；三要在触点下方铺上报纸，回收金属粉末，以免由此造成其他短路故障。

如果是接触器铁芯粘连（一般发生在 40 A 及以下的交流接触器上），处理方法是：首先切断电源；再用十字口螺丝刀松开接触器上的接线端子；然后移动接触器上的电线，使线头脱离接触器的接线端子，注意要保持线把的形状和位置，以及线头上的线号管（如果有），以便于恢复；左手扶住接触器，右手取下接触器的固定螺丝；然后取下接触器，拆开底部塑料外壳的固定螺丝，依次打开，直至取出静铁芯；最后取一块细砂纸，将动铁芯和静铁芯的表面砂磨干净。恢复是上述的逆过程。应改善接触器的工作环境，定期检查维护，如果频繁发生，可选 40 A 以上的交流接触器，利用接触器上弹簧的更大的反作用力来克服粉尘在铁芯表面的粘接力，可以从根本上解决这一故障。

如果是继电器动/静触点烧熔后粘连，更换继电器；如果继电

器铁芯粘连，处理方法和上述接触器铁芯粘连处理方法相同。控制器如是可编程序控制器，处理方法见可编程序控制器的维护方法。由于继电器铁芯粘连故障容易发生，是安全生产的隐患，应采用可编程控制器、多路控制器（详见第四章）、电子继电器（详见第七章）等。

3. 电动机上常见故障

(1) 轴承损坏

①现象：电动机运转时，轴承部位发出“咯咯”或“格格”声。

②检查：首先切断电源，然后用手摸轴承外盖。如轴承盖烫手得厉害，就应卸下皮带或拆开联轴节，双手上下左右地搬动电动机轴，这时会发现特别紧，转动很困难，有卡住现象；或发现轴已松动，将电动机轴转动一下，会很快地停下来，由此可断定是轴承损坏。

③原因：一般是因为电动机长期负载过大，或装配不妥，或润滑油干涸后电动机仍在继续使用等原因造成的。

④处理方法：更换轴承，减轻负载，定期加油。

(2) 转子和定子碰擦

①现象：电动机运转时，电流增大，并发出持续的“嚓嚓”声。

②检查：首先切断电源，然后用手摸机壳上发出噪音的地方。如果机壳上烫手得厉害，就可初步确定是转子和定子碰擦。进一步检查就要把电动机拆开，取出转子，查看转子和定子铁芯有无磨损现象。

③原因：一般是电动机装配不妥，或轴承钢珠损坏，或轴承内外圈磨损后电动机仍继续使用所致。

④处理方法：重新装配调整电动机，或更换轴承。

(3) 线圈漏电

①现象：电动机正常负载下运转时，工作电流长期大于额定电

流，电度表上显示耗电量偏多，但无噪音、无焦糊味。如果线圈漏电轻微，上述现象就不显著，须仔细观察和测定才能发现。

②检查：电动机线圈漏电分为线圈与外壳间漏电和线圈相间漏电两种情况。检查线圈与外壳间漏电：拆下接地线，用测电笔测试机壳，会发现机壳带电；切断电源，用手摸机壳，会发现机壳烫手得比较厉害。检查线圈相间漏电：拆下接线盒上的 6 个接线头，用兆欧表分别摇测 1、2 和 2、3 接线桩头，如果绝缘电阻小于 $0.5\text{ M}\Omega$ ，说明线圈之间漏电，电阻越小，漏电越严重。

③原因：一般是电动机使用日久，或线圈受潮，导致线圈的绝缘能力下降所致。

④处理方法：如果是线圈日久绝缘老化造成漏电，那就重新浸漆；如果是线圈受潮造成漏电，那就烘干线圈。

（4）线圈碰壳通地

①现象：电动机运转时，会发现转速变慢，如果一相线圈碰壳，会出现一相电流显著增加，常有一相熔断器的熔体烧毁。如果两相线圈碰壳，会出现两相电流显著增加，常有两相熔断器的熔体烧毁，甚至会发生相间短路、烧毁线圈等故障。

②检查：拆下接地线，用测电笔测试机壳，会发现机壳带电。切断电源，用手摸机壳，会感到局部地方烫手得厉害。

③原因：电动机使用日久，或维护不良，或因检修时不慎，个别线圈绝缘层破损后与定子铁芯接触所致。

④处理方法：检查线圈碰壳部位，可根据具体情况恢复线圈绝缘层。

（5）线圈断线

①现象：电动机运转时，如果转速变慢或运行中突然变慢，发出“吭吭”声，并发现一相没有电流，排除配电线路等外部原因后，一般是线圈断线。相当于电动机双相运行。

②检查：首先切断电源，然后用手摸机壳，会感到机壳四周烫手得厉害。如再接通电源，电动机很难再运转，或根本不能启动。

③原因：线头连接不妥或因检修时不慎，定子铁芯槽口处的线圈折断或因碰壳通地而烧断等所致。

④处理方法：如果线圈断裂处在铁芯两端外露部位，可进行焊接，然后恢复绝缘层；如果线圈断裂处在铁芯内部，则更换线圈。

(6) 线圈烧毁

①现象：电动机运转时，转速变慢，电流增大，发出“吭吭”声，甚至从机体内冒出浓烟和焦糊味。

②检查：首先切断电源；然后用手摸机壳，感到烫得不能用手摸手，则可以断定是线圈烧毁。

③原因：电动机长期过载，或双相运行，或通电后被制动而不转，或线圈漏电，或线圈碰壳通地。

④处理方法：更换线圈。

(7) 润滑油干涸

①现象：电动机启动时，如果轴承部位发出“嘘嘘”声，甚至冒烟、有焦臭味，初步可以确定是轴承部位故障。

②检查：首先切断电源，然后用手摸轴承外盖。如果轴承外盖烫手得厉害，卸下皮带或拆开联轴节，检查电动机转动是否灵活；如果转动不灵活，基本上可以断定是轴承的润滑油干涸。

③原因：没有加油，或在长期不用的情况下没有重新加油就使用。

④处理方法：加润滑油，或更换润滑油。

(8) 鼠笼环断条

①现象：电动机运转时，速度变慢，三相电流增大，发出“嗡嗡”声。

②检查：首先切断电源。检查电动机，如果发现转子比定子烫得厉害，可初步确定是鼠笼环断条。接通电源，电动机运转困难，或根本不能启动。把电动机拆开，取出转子，用小锤轻轻敲打鼠笼环，如果发现一端发出“壳壳”声，另一端不震动，则可以断定是鼠笼环断条。

③原因：使用日久而又维护不当，转子铝条受腐蚀损坏。

④处理方法：更换转子。

三、鼠笼式三相交流电动机的维护方法和经验

1. 应加强对电动机的经常性检查

为了能够及时发现和排除故障，保证电动机安全运行，应加强经常性的检查工作。经常性的检查内容有以下几个方面：

①电流和电压是否正常。

注意观察电流表、电压表，看工作指示是否正常。

②机体温度是否正常，是否在允许的温度范围内。

电动机 A，E，B 三个耐热等级。所谓耐热等级，是指电机线圈可耐受的最高温度。耐热等级标注在电动机的铭牌上，A，E，B 三个耐热等级对应的极限温度分别是 105°C ， 120°C ， 130°C 。

电动机工作时，线圈温度是测不到的，只能测到电动机外壳的温度。一般电动机的外壳温度不能超过线圈耐热温度的一半（具体与电动机大小、通风条件、电动机质量有关），同时，电动机线圈拆绕后，绝缘等级往往达不到原来的等级。

③声音是否正常，是否有焦糊味，机体震动是否过大。

④注意电动机轴承的温度是否正常。

2. 电动机定期维护方法

（1）概述

一般场所使用的电动机每年维护一次，在多尘、潮湿等恶劣环境中使用的电动机最好能半年维护一次。维护时，要把电动机拆开检查，清洗和更换润滑油。同时应仔细检查：

①轴承部分是否有足够的润滑油，油是否变色。

②接线盒内的电源接线、接地线是否松动。

③线圈和线圈之间、线圈和外壳之间的绝缘性能是否良好。

（2）轴承和轴承盖的清洗方法

当电动机用了 2 000 小时左右，轴承部分就要清洗和加油。在

一般情况下，轴承可以留在轴上清洗，以免拆卸时损伤轴承。

清洗轴承盖的步骤是：先掏尽轴承盖里的废油；再擦去残余的废油；然后用汽油或煤油把废油洗掉；最后把轴承盖放在纸上，让汽油或煤油挥发。

清洗轴承的步骤是：先刮去轴承钢柱上的废油；再擦掉残余的废油；然后把轴承浸在汽油或煤油里，用软毛刷按同一方向洗刷钢珠，注意不要把刷毛断嵌在轴承里；然后再把轴承放在清洁的汽油或煤油里洗干净；最后把轴承放在纸上，让汽油或煤油挥发。

(3) 轴承加油方法

润滑油要厚薄适宜，太厚了，会影响电动机的运转；太薄了，油会很容易流失。一般来说，转速慢的电动机，油加厚一些；转速快的电动机，油相对加薄一些。

加油时，要根据需要把润滑油（车油）、润滑脂（牛油）充分搅拌，调成一定厚薄的油；在轴承盖上不宜加得太满，占轴承盖油腔的 60%~70% 即可；在轴承上加油时，只要把油加到能够平平地封住钢珠即可。

(4) 测线圈绝缘电阻的方法

要用 500 V 高阻摇表测量，当电动机线圈绕组对外壳、相间绕组对相间绕组的电阻值下降到 0.5 M Ω 时，就要进行焙烘处理，干燥后其电阻值要达到 2 M Ω 才算合格。如果是线圈老化失去绝缘能力，就要浸漆后再焙烘。

浸漆前要先烘干线圈，只有在线圈中的潮气完全烘干才能浸漆。浸漆的步骤是：首先把烘干后的电动机放在清洁的木板上，为防止压坏线圈，外壳下方垫上支架；然后用漆刷趁热在线圈上刷绝缘清漆，漆要在线圈各处充分均匀地流到，特别是定子铁芯槽中；当线圈一端浸漆完毕，再把电动机翻过来，浸另一端。

浸好漆后，再焙烘。开始时温度低些，在 70℃~80℃ 之间。2 小时后，把温度升高到 100℃ 左右，直到烘干为止。烘干线圈一般需要 8 小时左右。当电动机烘干后，要用旋凿铲去留在定子铁芯