

维修电工 手册

◎ 主编 万英 ◎



Wen Xiu
Liang Gong
Shou Ce



海峡出版发行集团

THE STRAITS PUBLISHING & DISTRIBUTING GROUP

福建科学技术出版社

FUJIAN SCIENCE & TECHNOLOGY PUBLISHING HOUSE

维修电工 手册



海峡出版发行集团 | 福建科学技术出版社
THE STRAITS PUBLISHING & DISTRIBUTING GROUP | FUJIAN SCIENCE & TECHNOLOGY PUBLISHING HOUSE

图书在版编目 (CIP) 数据

维修电工手册/万英主编. —福州: 福建科学技术出版社, 2011. 4
ISBN 978 7-5335-3615-2

I. ①维… II. ①万… III. ①电工—维修—技术手册
IV. ①TM07-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 252153 号

书 名	维修电工手册
主 编	万 英
出版发行	海峡出版发行集团 福建科学技术出版社
社 址	福州市东水路 76 号 (邮编 350001)
网 址	www.fjstp.com
经 销	福建新华发行 (集团) 有限责任公司
印 刷	福建地质印刷厂
开 本	889 毫米×1194 毫米 1/32
印 张	28.25
插 页	4
字 数	1059 千字
版 次	2011 年 4 月第 1 版
印 次	2011 年 4 月第 1 次印刷
书 号	ISBN 978-7-5335-3615-2
定 价	58.00 元

书中如有印装质量问题, 可直接向本社调换

前 言

随着科学技术的迅猛发展，特别是我国加入 WTO，国际的技术交流日益增多，电气产品更新换代的周期越来越短，高、精、尖的新技术和新型电工材料、器件、设备等层出不穷。为了满足广大城乡工矿企业生产第一线的电工技术人员及相关电气专业人员在电气产品的选择、安装、使用、维修以及技术改造中的迫切需要，我们编写了这本《维修电工手册》，希望它能成为广大读者的好“助手”。

本手册以简明实用和与时俱进为编写原则，力图内容达到时新性、全面性、实用性。在编写方法上，本手册采用图、表、示例和文字相结合的形式，体现了手册实用、查阅方便的特点。

本手册共 10 章，包括电工基础知识、电工材料、变压器、三相异步电动机、直流电动机、小功率电动机与微特电机、低压电器、常用生产机械电气控制、变配电设备与低压架空线、室内配线与照明电路、安全用电与节约用电等方面的知识、技术和资料。

由于电工技术发展极为迅速，加上编者水平有限，且本手册涉及面广，书中难免存在错误和不妥之处，在此恳请读者批评指正并提出宝贵意见，以便再版时订正。

主 编

2011 年 1 月

目 录

第一章 电工基础知识	(1)
一、电工基本名词	(1)
二、电工基本公式	(3)
(一) 直流电路基本计算公式	(3)
(二) 基尔霍夫定律	(5)
(三) 戴维南定理和叠加原理	(6)
(四) 两种等效变换	(7)
(五) 有关电磁定律	(8)
(六) 交流电路计算公式	(9)
三、电工常用计量单位	(16)
四、电工图形符号和电气设备文字符号	(19)
(一) 常用电工图形符号	(19)
(二) 电气设备常用基本符号	(40)
(三) 电气设备常用辅助文字符号	(44)
(四) 电源线路和三相电气设备端标记	(45)
第二章 电线电缆	(46)
一、裸导线	(46)
(一) 圆单线	(48)
(二) 裸绞线	(52)
(三) 软接线	(55)
(四) 型线	(60)
二、绝缘导线	(61)
(一) 固定敷设电线	(61)
(二) 绝缘软电线	(68)
三、电磁线	(73)
(一) 漆包线	(73)
(二) 绕包线	(81)
(三) 无机绝缘线	(84)

(四) 特种电磁线	(84)
(五) 电磁线的应用举例	(85)
四、电机用电线	(87)
五、电力电缆	(90)
(一) 电缆结构及型号	(90)
(二) 电力电缆的技术数据	(92)
(三) 电缆线路的特点及路径选择	(99)
六、导线与电缆的选择及连接	(100)
(一) 导线与电缆类型的选择	(100)
(二) 导线与电缆截面的选择	(106)
(三) 中性线、保护线、保护中性线的截面选择	(107)
(四) 导线的连接	(108)
(五) 电缆的连接	(113)
第三章 绝缘材料	(117)
一、绝缘材料的作用与分类	(117)
二、绝缘漆、胶和熔敷粉末	(118)
(一) 绝缘漆	(118)
(二) 绝缘胶	(123)
(三) 熔敷绝缘粉末	(126)
三、液体电解质	(127)
四、绝缘纤维制品	(129)
(一) 棉纤维制品	(129)
(二) 玻璃纤维制品	(130)
(三) 合成纤维制品	(130)
五、绝缘纸品	(130)
(一) 植物纤维纸	(130)
(二) 合成纤维纸	(132)
六、浸渍纤维制品	(133)
(一) 绝缘漆布	(133)
(二) 绝缘漆管	(134)
(三) 绑扎带	(135)
七、绝缘云母及制品	(135)
(一) 天然云母和粉云母	(135)

(二) 云母制品	(136)
八、电工用层压制品	(144)
(一) 层压板	(144)
(二) 层压管、棒	(145)
(三) 电容套管芯	(147)
九、电工用薄膜、复合薄膜及粘带	(147)
(一) 电工用薄膜	(147)
(二) 复合薄膜	(148)
(三) 绝缘粘带	(148)
十、电工用橡胶	(149)
(一) 天然橡胶	(149)
(二) 合成橡胶	(149)
十一、电工用塑料	(150)
(一) 热固性塑料	(150)
(二) 一般电工用热塑性塑料	(151)
(三) 电线、电缆用热塑性塑料	(153)
第四章 变压器	(154)
一、变压器基本知识	(154)
(一) 变压器工作原理	(154)
(二) 变压器的分类型号与额定值	(154)
二、电力变压器	(157)
(一) 电力变压器的分类、基本参数与技术数据	(157)
(二) 电力变压器绕组的连接组标号	(163)
(三) 中小型电力变压器的运输、验收、安装及运行	(165)
(四) 电力变压器的维护及常见故障处理	(169)
三、特种变压器	(172)
(一) 控制变压器	(172)
(二) 电压互感器	(191)
(三) 电流互感器	(194)
(四) 电弧炉变压器	(200)
(五) 交流弧焊变压器	(210)
(六) 干式变压器	(214)

第五章 交、直流电动机	(223)
一、交流电动机基本知识	(223)
(一) 交流电动机的分类和型号	(223)
(二) 交流电动机安装结构形式和防护	(225)
(三) 交流电动机的绝缘、温升和冷却方式	(227)
(四) 电动机运行工作制	(228)
二、三相交流异步电动机	(229)
(一) 三相异步电动机型号与结构	(229)
(二) 三相异步电动机的技术数据	(235)
(三) 三相异步电动机的选择与安装	(280)
(四) 三相异步电动机维护和常见故障处理	(282)
三、单相交流异步电动机	(289)
(一) 单相异步电动机的结构、原理和类型	(289)
(二) 单相异步电动机的技术数据	(291)
(三) 单相异步电动机的常见故障处理	(297)
四、交流特种电动机	(298)
(一) 同步电动机	(298)
(二) 伺服电动机	(302)
(三) 步进电动机	(314)
(四) 测速发电机	(327)
(五) 自整角机	(334)
五、直流电动机的主要技术数据	(338)
(一) Z3 系列直流电动机的技术数据	(338)
(二) Z4 系列直流电动机的技术数据	(339)
六、直流电动机励磁方式及出线标志	(365)
(一) 直流电动机的励磁方式	(365)
(二) 直流电动机出线端标记	(367)
七、直流电动机常见故障处理	(367)
(一) 电枢绕组断路故障的检修	(367)
(二) 电枢绕组短路故障的检修	(368)
(三) 电枢绕组通地故障的检修	(368)
(四) 直流电动机的常见故障和处理方法	(370)

第六章 低压电器	(376)
一、低压电器的类别、主要用途和型号	(376)
二、低压刀开关	(378)
(一) 常用低压刀开关的技术数据	(378)
(二) 低压刀开关的选择及维护维修	(389)
三、转换开关	(391)
(一) 转换开关的结构	(391)
(二) 常用转换开关的技术数据	(392)
(三) 转换开关的选择及维护维修	(394)
(四) 万能转换开关	(395)
四、熔断器	(396)
(一) 熔断器的类型及工作原理	(397)
(二) 熔断器的主要技术指标	(397)
(三) 常用熔断器的技术数据	(398)
(四) 熔断器的选择及维修	(408)
五、空气断路器	(410)
(一) 空气断路器的结构和工作原理	(410)
(二) 常用空气断路器的技术数据	(412)
(三) 空气断路器的选用	(432)
(四) 空气断路器常见故障及维修	(433)
六、接触器	(434)
(一) 接触器的结构和工作原理	(435)
(二) 常用各系列交流接触器的技术数据	(437)
(三) 常用各系列直流接触器的技术数据	(445)
(四) 接触器的选用及维护维修	(447)
七、继电器	(449)
(一) 中间继电器	(449)
(二) 热继电器	(464)
(三) 时间继电器	(476)
(四) 电流继电器	(487)
(五) 电压继电器	(492)
八、主令电器	(498)
(一) 按钮开关	(498)

(二) 行程开关	(503)
九、起动器	(511)
(一) 电磁起动器	(512)
(二) 星-三角起动器	(518)
(三) 自耦减压起动器	(520)
(四) 综合起动器	(523)
(五) 电动机保护器	(524)
第七章 变配电	(528)
一、高压断路器	(528)
(一) 高压断路器的用途及分类	(528)
(二) 高压断路器的基本参数	(528)
(三) 常用高压断路器的结构和技术数据	(529)
(四) 高压断路器的使用及维修	(558)
二、高压隔离开关	(559)
(一) 隔离开关的用途分类及工作原理	(559)
(二) 常用隔离开关的技术数据	(561)
(三) 隔离开关电动操作机构	(571)
三、高压负荷开关	(574)
(一) 高压负荷开关的结构、工作原理及分类	(574)
(二) 高压负荷开关的技术数据	(575)
四、高压熔断器	(579)
(一) 高压熔断器的工作原理及分类	(579)
(二) 高压熔断器的技术数据	(581)
(三) 熔断器的合理选用	(586)
五、绝缘子	(589)
(一) 绝缘子的用途、分类及性能	(589)
(二) 常用绝缘子的技术数据	(590)
六、电力变压器	(591)
(一) 供电系统的电力负荷	(591)
(二) 电力变压器容量的选择	(592)
(三) 电力变压器的安装	(595)
七、电力电容器	(604)
(一) 电力电容器的型号与种类	(605)

(二) 并联电容器的结构与特点	(607)
(三) 常用电力电容器技术数据	(608)
八、低压开关柜	(613)
(一) 低压开关柜的结构原理	(613)
(二) 低压开关柜的分类和主要技术指标	(613)
(三) 几种常见的低压开关柜	(615)
九、低压架空线路	(626)
(一) 架空线路的组成	(626)
(二) 低压架空线路的设计	(642)
(三) 架空线路的施工	(643)
(四) 架空配电线路的维护	(655)
(五) 架空线路故障的预防	(659)
第八章 电动机与机床的电气控制	(662)
一、三相异步电动机的控制线路	(662)
(一) 三相异步电动机的全压起动控制线路	(662)
(二) 三相异步电动机的降压起动控制线路	(664)
(三) 三相异步电动机的正、反转控制线路	(670)
(四) 三相异步电动机的制动控制线路	(672)
(五) 三相异步电动机的行程控制线路	(682)
(六) 多速电动机的控制线路	(683)
(七) 三相绕线式异步电动机的控制线路	(687)
二、直流电动机的控制线路	(691)
(一) 直流电动机的起动	(691)
(二) 直流电动机的调速	(692)
(三) 直流电动机的制动	(693)
(四) 直流电动机的串电阻起动控制线路	(694)
(五) 直流电动机的正、反转控制线路	(696)
(六) 直流电动机的制动控制线路	(697)
三、机床的电气控制线路	(700)
(一) 电气控制线路图的基本知识	(700)
(二) C620-1 型车床电气控制线路	(702)
(三) SK360 型卧式车床电气控制线路	(708)
(四) M7120 型平面磨床电气控制线路	(710)

(五) M7130 型卧轴矩台平面磨床电气控制线路	(721)
(六) M1432A 型外圆磨床电气控制线路	(725)
(七) Z35 型摇臂钻床电气控制线路	(732)
(八) Z5163 型立式钻床电气控制线路	(740)
(九) X62W 型万能铣床电气控制线路	(747)
(十) T68 型卧式镗床电气控制线路	(759)

第九章 室内配线和照明电路 (768)

一、接户线与进户线	(768)
二、室内配线的基本要求和导线的选择	(770)
(一) 室内配线的基本要求	(770)
(二) 导线的选择	(772)
三、室内配线方式	(778)
(一) 室内配电电压	(778)
(二) 室内配电线路	(778)
四、常用室内配线的施工	(780)
(一) 护套线配线	(780)
(二) 塑槽板配线	(781)
(三) 线管配线	(782)
五、照明光源的种类	(784)
六、常用电光源	(786)
(一) 白炽灯	(786)
(二) 荧光灯	(789)
(三) 高压汞灯	(795)
(四) 高压钠灯	(798)
(五) 卤钨灯	(800)
(六) 金属卤化物灯	(803)
(七) 氙气灯	(805)
(八) 无极灯	(810)
(九) LED 灯	(814)
(十) 霓虹灯	(817)
七、常见照明电路	(821)
八、照明电路安装规程	(822)

第十章 安全用电与节电技术	(825)
一、安全用电知识	(825)
(一) 安全电压与安全电流	(825)
(二) 触电方式	(825)
(三) 触电急救	(826)
(四) 触电的预防	(830)
二、保护接地及保护接零	(831)
(一) 保护接地	(831)
(二) 保护接零	(832)
(三) 重复接地与工作接地	(833)
(四) 保护方式的选用	(834)
三、防雷技术	(836)
(一) 一般防雷装置	(837)
(二) 避雷器	(842)
(三) 组合式过电压保护器	(849)
(四) 电源防雷箱	(851)
(五) 防雷措施	(857)
四、电气防火与防爆	(861)
(一) 电气线路起火原因和防火措施	(861)
(二) 电气设备的起火原因	(861)
(三) 电气设备的防火措施	(862)
(四) 电气灭火	(863)
(五) 电气防爆	(864)
五、漏电保护	(865)
(一) 漏电保护器	(865)
(二) 漏电保护的原理	(868)
(三) 漏电保护器的选用	(870)
六、节电技术	(872)
(一) 配电线路的节电	(872)
(二) 变压器的节电	(874)
(三) 电动机的节电	(876)
(四) 照明节电	(880)
(五) 电焊设备的节电	(883)
(六) 采用移相电容器提高功率因数	(885)

第一章 电工基础知识

一、电工基本名词

电量 指物体所带净电荷量的多少。电荷有正、负电荷之分。

电流 指导体内电荷有规则的定向移动。一般规定正电荷的移动方向为电流的方向。

电势 静电场中某点的电势等于单位正电荷在该点时具有的势能，也称电位。理论上常把“无限远”处作为电势零点，实际上取地球表面为电势零点。

电压 指静电场或电路中两点间的电位差。

电路 指电气器件按照一定的方式组合构成的电流通路。

直流电 指电流（或电压）的大小和方向不随时间变化。

交流电 指电流（或电压）的大小和方向随时间作周期性变化。

正弦交流电 指按正弦规律随时间变化的交流电。

周期 指交流电完成一次完整的重复变化所需要的时间。

频率 其大小等于周期的倒数。 $2\pi \times$ 频率称为圆频率。

瞬时值 指交流电（电流、电压）任一瞬间的量值。

峰值 指交流电在一周期中出现的最大值，也称振幅。

交流电有效值 交流电通过电阻性负载时所产生的热量与某一直流电在相同时间通过同一负载时所产生的热量相等，这一直流电的大小就称为交流电有效值。

交流电平均值 指交流电的某种量在一个周期内的平均值。

相位 指正弦交流量解释式中的角度 $(\omega t + \varphi)$ ，简称相位，它决定正弦交流量的瞬时值。 $t=0$ 时的相位叫做初相位。

相位差 指两个相同频率交流量的初相位之差。相位角差为 2π 整数倍时称为同相。相位角差为 π 的奇数倍时称为反相。

电阻 指导体阻碍电流通过的性质。

电导 指电阻的倒数。

电阻率 指导体材料阻碍电流通过的能力。

电动势 用来维持电源内部使正电荷从低电位（负极）移到高电位（正极）的非静电力作用。

电容 表征电容器存储电场能量（电荷）的能力。在电路中，电容器能把电能转变为电场能。

电感 表征电感器贮存磁能的能力。

电磁感应 指由变化磁场产生电动势的现象。所产生的电动势称为感应电动势。

自感 指线圈本身电流变化在线圈内部产生的电磁感应现象。

互感 指一个通电线圈的电流发生变化, 在另一个线圈中引起的电磁感应现象。

容抗 指电容器阻碍电流通过的能力。

感抗 指电感器阻碍电流通过的能力。

阻抗 指交流电通过有电阻、电感器、电容器的电路时, 其等效的电阻作用。

有功功率 指交流电路中交流电瞬时功率在一个周期内的平均值。它是电路中电阻部分消耗的功率, 用 P 表示, $P = UI \cos \varphi = S \cos \varphi$ 。

无功功率 指只与电源交换而不消耗的那部分功率, 用 Q 表示, $Q = UI \sin \varphi = S \sin \varphi$ 。

视在功率 指在具有电阻和电抗的电路中, 电压和电流有效值的乘积, 用 S 表示, 即 $S = U \cdot I$ 。

功率因数补偿 为了提高功率因数, 在电路中加入一电容性负载 (如补偿电容器), 这就是功率因数补偿。

静电感应 指将一个带电体移近另一导体, 使这个导体产生电荷, 或在电场作用下引起导体上正、负电荷分离的现象。

电场 指在带电体周围空间存在的一种对置于其中的电荷有力的作用的特殊物质。固定不动带电体周围的电场称为静电场。

磁场 指由运动电荷或电流产生的一种特殊物质。它对位于场中的其他运动电荷或电流发生力的作用。

电磁场 彼此联系的交变电场和交变磁场的总称。

磁通 指通过某一垂直于磁力线的面积上的磁感应线条数。

电场强度 表征电场对带电质点作用力大小和方向的物理量, 用 E 表示。

磁感应强度 表征磁场大小和方向的物理量, 又叫磁通密度, 用 B 表示。

磁阻 指磁路对磁通的阻碍作用。

磁滞 指铁磁性物质在交变磁化过程中, 磁感应强度变化总是滞后于其磁场强度变化的现象。

磁滞损耗 指铁磁性物质在交变磁场中因反复磁化产生磁滞现象而引起的能量损耗。

涡流 处于交变磁场中的导体内部将产生感应电流, 以反抗磁通变化, 此感应电流称为涡流。

介质损耗 指处于交变电场中的电介质因反复极化而产生的能量损耗，以及因漏电流而引起的能量损耗的总和。

趋肤效应 指电流密度值在靠近导体表面处比中心处大的现象。交变电流频率越高，趋肤效应愈明显。

三相制 指由三个频率相同、幅值相等、相邻相位差为 120° 的交流电组成的电路系统。

三相三线制 指不引出中性线（零线）的星形或三角形接法的交流电，它只有三条相线（火线）。

三相四线制 指引出中性线的星形接法的三相交流电。

相电压 指三相交流电的相线（火线）与中线（零线）之间的电压。

相电流 指发电机或负载每相的电流。

线电压 指相（火）线与相（火）线之间的电压。

线电流 指通过相（火）线上的电流。

中性线 指自中性点引出的导线，又称零线。

保护接地 指将电气设备的金属外壳与接地体连接。

保护接零 指将电气设备的金属外壳与供电变压器中性线（零线）相连接。

工作接地 指能使电路或电气设备正常运行的接地，如变压器低压侧中性点的接地。

重复接地 指在三相四线制中性点接地的低压电力系统中，零线的一处或多处通过接地装置与大地连接。

二、电工基本公式

（一）直流电路基本计算公式

表 1-1 直流电路基本计算公式

名 称	公 式	备 注
电阻	$R = \rho \frac{l}{s} = \frac{1}{\sigma} \frac{l}{s}$	l 为导体的长度 (m) s 为导体的截面积 (m^2) ρ 为导体的电阻率 ($\Omega \cdot \text{m}$) σ 为导体的电导率 ($\Omega \cdot \text{m})^{-1}$ R 为导体的电阻 (Ω)

续表

名 称	公 式	备 注
电阻	$r_2 = r_1 [1 + \alpha (t_2 - t_1)]$	t_1 、 t_2 为导体的两个温度 (°C) α 为导体电阻的温度系数 r_1 为温度为 t_1 时导体的电阻 (Ω) r_2 为温度为 t_2 时导体的电阻 (Ω)
	$R = \frac{U}{I}$	U 为电阻两端的电压 (V) I 为流过电阻的电流 (A) R 为电阻 (Ω)
电导	$G = \frac{1}{R}$	G 为电导 (S) R 为电阻 (Ω)
电流	$I = \frac{Q}{t}$	Q 为电量 (C) t 为时间 (s) I 为电流 (A)
电动势	$\epsilon = \frac{W_n}{q}$ $U = W/Q$ $U = IR$	ϵ 为电动势 (V) W_n 为非静电力所做的功 (J) q 为非静电力所移动的电荷量 (C) Q 为电量 (C) U 为电压 (V) W 为电力所做的功 (J) I 为电流 (A) R 为电阻 (Ω)
部分电路 欧姆定律	$R = \frac{U}{I}$	U 为电阻两端的电压 (V) I 为流过电阻的电流 (A) R 为电阻 (Ω)
全电路欧 姆定律	$I = \frac{E}{R + r}$	E 为电源电动势 (V) R 为负载电阻 (Ω) r 为电源内阻 (Ω) I 为电流 (A)
电功率	$P = \frac{W}{t} = U \cdot I = I^2 R = \frac{U^2}{R}$	P 为电功率 (W) W 为电功 (J 或 kW·h) t 为时间 (s 或 h)
电功	$W = UI t = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t = P \cdot t$	U 为电压 (V) I 为电流 (A) R 为电阻 (Ω)