

**机械工人** 内容权威 针对一线  
工作手册系列 一册在手 工作无忧

JIXIEGONGREN  
GONGZUO SHOUCE XILIE

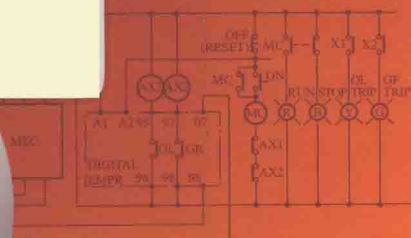
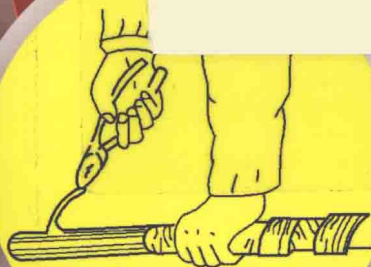
DIANGONG  
GONGZUO SHOUCE

# 电工

〔工作手册〕

第二版

■ 王洪明 吴江 主编



化学工业出版社



机械工人

JIXIEGONGREN  
GONGZUO SHOUCHE JILIE

工作手册系列

内容权威 针对一线

一册在手 工作无忧

DIANGONG  
GONGZUO SHOUCHE

# 电工

## 工作手册

—— 第二版 ——

■ 王洪明 吴江 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

## 图书在版编目(CIP)数据

电工工作手册/王洪明, 吴江主编. —2版. —北京: 化学工业出版社, 2012.5

(机械工人工作手册系列)

ISBN 978-7-122-13818-7

I. 电… II. ①王…②吴… III. 电工技术-技术手册  
IV. TM-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 046947 号

---

责任编辑: 周 红

文字编辑: 薛 维

责任校对: 吴 静

装帧设计: 韩 飞

---

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 三河市延风印装厂

850mm×1168mm 1/32 印张 23 $\frac{3}{4}$  字数 641 千字

2013 年 1 月北京第 2 版第 1 次印刷

---

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

---

定 价: 68.00 元

版权所有 违者必究

## 第二版前言

随着现代科学技术和工业经济的飞速发展，各类电力设施、电气设备、电工仪表不断更新换代，新技术、新工艺、新标准、新材料正在被广泛应用。为了进一步满足广大电气工程技术人员、操作人员和管理人员在实际工作中的需要，我们组织具有丰富实践经验的工程技术人员对《电工工作手册》进行了再版工作。

本手册是为广大电气操作人员和电气工程技术人员在实际工作中查阅常用图表、技术资料、规格数据和对电气故障的查找及排除而编写的。本手册最主要的特点是实用性强，特别适用于生产一线的电气操作人员和电气工程技术人员，既有查阅功能又有电气维护经验应用之功能，对从事电力电气设备安装、运行、维护、检修的电气操作人员具有具体的、现实的指导作用。

在第二版的编写过程中，增加了电气设备、电气仪表维护、电气照明、防雷与接地、变频调速器、滚动轴承等知识。编者力求使内容简明实用，尽量做到图表化、数据化、条理化，方便查阅与应用，并采用了全新的国家标准和法定计量单位，内容较为丰富，数据准确可靠。

本手册第二版主要由王洪明编写，参加编写的还有吴江、乔长君、李本胜、李宏、刘鹏、王鹏等，全书由刘勃安、吴江审核。

由于编者水平有限，加之时间仓促，手册中难免有不足之处，请读者提出宝贵意见。

编者

# 目录

## 第1章 电工基础知识

1

1.1 常用名词定义 .....	1
1.2 罗马数字 .....	5
1.3 常用计算公式及基本定律 .....	5
1.3.1 基本直流电路计算公式 .....	5
1.3.2 基尔霍夫定律 .....	7
1.3.3 戴维南定律、叠加定理及电流源与电压源的等效变换 .....	7
1.3.4 电阻 Y- $\Delta$ 等效变换 .....	8
1.3.5 电磁感应定律 .....	10
1.3.6 电磁吸力计算公式 .....	10
1.3.7 基本交流电路计算公式 .....	11
1.3.8 三相异步电动机计算公式 .....	14
1.3.9 直流电动机计算公式 .....	14
1.3.10 电力变压器计算公式 .....	15
1.4 电工常用法定计量单位 .....	15
1.4.1 国际单位制的基本单位 .....	15
1.4.2 国际单位制的辅助单位 .....	16
1.4.3 国际单位制具有专门名称的导出单位 .....	16
1.4.4 可与国际单位制基本单位并用的我国法定计量单位 .....	17
1.4.5 电工常用法定计量单位 .....	17
1.5 常用电气图形符号和文字符号 .....	19
1.6 电气线路识图 .....	30
1.6.1 电气连接 .....	30
1.6.2 连线 .....	31
1.6.3 电气设备与线路标注方法及使用 .....	32
1.6.4 电气照明平面布置图识读 .....	36

## 第2章 常用电工材料

40

2.1	导电材料	40
2.1.1	导电材料的用途、特点及参数	40
2.1.2	铜和铜合金	41
2.1.3	铝和铝合金	41
2.1.4	常用电线、电缆	43
2.1.5	电碳制品	46
2.2	常用电工绝缘材料	46
2.2.1	绝缘材料按化学性质分类及用途	46
2.2.2	浸渍纤维材料	47
2.2.3	绝缘纤维制品	50
2.2.4	云母及云母制品	53
2.2.5	电工用塑料薄膜、复合制品及粘带	56
2.2.6	绝缘漆、胶和熔敷粉末	58
2.2.7	六氟化硫(SF <sub>6</sub> )气体	63
2.3	电工常用磁性材料和电热材料	64
2.3.1	磁性材料	64
2.3.2	电热合金	69
2.3.3	电伴热	73
2.4	常用电气安装材料	78
2.4.1	电线管	78
2.4.2	有缝钢管	79
2.4.3	聚氯乙烯硬管及半硬管	80
2.4.4	包塑金属软管及金属软管接头	80
2.4.5	电力金具	80
2.4.6	铜铝过渡排和铝压接管	93
2.4.7	接线端子	93
2.5	其他电工材料	95

### 第3章 常用电工测量仪表

97

3.1	概述	97
3.2	电工测量仪表的分类	97
3.2.1	按仪表测量机构的结构和工作原理分类	97
3.2.2	按使用方式分类	100
3.2.3	按仪表的测量对象分类	100
3.2.4	按仪表所测的电种类分类	100
3.2.5	按仪表的使用条件分类	100
3.2.6	按仪表外壳防护性能分类	100

3.2.7	按仪表防御外界磁场或电场的性能分类	100
3.2.8	按仪表准确度等级分类	101
3.3	电流表的基本电路及电流的测量	101
3.3.1	电流表的基本电路	101
3.3.2	电流表的选择	101
3.3.3	电流的测量	102
3.4	电压表的基本电路及电压的测量	102
3.4.1	电压表的基本电路	102
3.4.2	电压的测量	102
3.4.3	数字电压表	103
3.5	电压表和电流表常见故障及处理方法	104
3.6	功率表的基本电路及功率的测量	104
3.6.1	功率表电路图	104
3.6.2	功率的测量	104
3.6.3	功率表的使用方法	106
3.7	电能表及电能的测量	106
3.7.1	电能表的结构原理	106
3.7.2	电能的测量	107
3.7.3	电能表的使用方法	107
3.8	万用表的原理与使用	112
3.8.1	万用表的结构与原理	112
3.8.2	万用表的使用方法	113
3.8.3	万用表的简单调修	114
3.9	钳形电流表	117
3.9.1	钳形电流表的结构	117
3.9.2	钳形电流表的使用及注意事项	118
3.10	兆欧表	118
3.10.1	兆欧表的结构	118
3.10.2	兆欧表的使用	118
3.10.3	兆欧表的校验方法	119
3.11	交、直流电桥	120
3.11.1	直流电桥	120
3.11.2	交流电桥	122
3.11.3	电桥的简单维护	123
3.12	频率表	124
3.12.1	频率表的结构	124
3.12.2	频率表的工作原理	124

3.12.3	频率表的使用 .....	125
3.13	相位表 .....	125
3.13.1	相位表的结构 .....	125
3.13.2	相位表的工作原理 .....	125
3.13.3	相位表的使用 .....	126
3.14	电工测量仪表符号 .....	127

## 第4章 常用电动工具基本知识及故障判断

131

4.1	电动工具的用途和分类 .....	131
4.1.1	用途 .....	131
4.1.2	分类 .....	131
4.2	电动工具的基本结构 .....	136
4.3	电动工具的基本要求 .....	139
4.4	电动工具用开关 .....	140
4.5	电动工具用电源线 .....	141
4.6	电钻的使用与故障判断 .....	142
4.7	冲击钻的使用及故障判断 .....	148
4.7.1	冲击电钻的结构 .....	148
4.7.2	冲击电钻的使用 .....	149
4.7.3	冲击电钻故障判断与处理方法 .....	149
4.8	交直流两用串激电动机 .....	150
4.8.1	基本结构 .....	150
4.8.2	单相串激电动机的故障检查程序 .....	150
4.8.3	单相串励电动机的故障判断与处理方法 .....	150

## 第5章 异步电动机

153

5.1	三相异步电动机种类、用途 .....	153
5.1.1	三相异步电动机种类 .....	153
5.1.2	三相异步电动机的型号 .....	153
5.1.3	三相异步电动机的用途 .....	154
5.2	运行与维护 .....	160
5.2.1	三相异步电动机的完好标准 .....	160
5.2.2	电动机的维护 .....	162
5.2.3	预防检修 .....	163
5.3	电机绝缘结构 .....	164
5.3.1	低压电机绝缘结构 .....	164
5.3.2	高压电机绝缘结构 .....	169



5.4	故障处理	176
5.4.1	常见故障及处理方法	176
5.4.2	三相异步电机故障查找	179
5.4.3	故障处理	181
5.5	散嵌绕组重绕	183
5.5.1	记录数据	183
5.5.2	拆除绕组	183
5.5.3	展开图的画法	184
5.5.4	端面布线接线图的画法	187
5.5.5	圆形简化接线图的画法	189
5.5.6	圆形接线草图的画法	190
5.5.7	绕制线圈	191
5.5.8	绕组的嵌线	193
5.5.9	接线	195
5.5.10	焊接	195
5.5.11	浸漆与干燥	197
5.6	三相电动机分片成型绕组绝缘修复	199
5.6.1	绕组的拆除	199
5.6.2	绝缘恢复	201
5.6.3	嵌线与接线	201
5.7	插入线棒式绕组重绕	202
5.7.1	线圈拆除	202
5.7.2	恢复绝缘	203
5.7.3	嵌线	203
5.7.4	焊接、绑扎无纬带、浸漆	205
5.8	高压成型绕组重绕	206
5.8.1	绕组的拆除	206
5.8.2	绕制线圈	208
5.8.3	嵌线与接线	210
5.8.4	浸漆与干燥	212
5.9	机械检修	213
5.9.1	电机拆装	213
5.9.2	联轴器轴中心线的调整	213
5.9.3	转轴的修复	216
5.9.4	铁芯松动的处理	219
5.9.5	转子静平衡的校验	221
5.9.6	滚动轴承相关知识	222

5.10	特殊用途异步电动机	231
5.10.1	井用充水式潜水电动机	231
5.10.2	井用充油式潜水电动机	235
5.10.3	交流换向器电动机	239
5.10.4	防爆异步电动机	244
5.10.5	自制动三相异步电动机	249
5.10.6	单相异步电动机	255

## 第6章 直流电机

264

6.1	直流电机综述	264
6.1.1	分类	264
6.1.2	用途	264
6.1.3	直流电动机出线标志	265
6.1.4	换向	265
6.2	直流电机绝缘结构	265
6.2.1	电枢绝缘结构	265
6.2.2	定子绝缘结构	269
6.3	故障处理	275
6.3.1	换向故障查找与处理方法	275
6.3.2	直流电动机常见故障及处理方法	276
6.3.3	预防检修	279
6.3.4	换向故障查找	280
6.3.5	换向故障处理	283
6.3.6	绕组故障处理	287
6.4	电枢绕组重绕	289
6.4.1	绕组的拆除	289
6.4.2	接线图的画法	289
6.4.3	绕制线圈	291
6.4.4	绕组的嵌线	294
6.4.5	焊接与绑扎	296
6.4.6	浸漆与干燥	296
6.5	定子线圈绕制	297
6.5.1	扁导线多匝串励线圈的绕制	297
6.5.2	单层边励磁线圈的绕制	298
6.5.3	换向极线圈绝缘绕制	298

## 第7章 变压器

300

7.1	电力变压器 .....	300
7.1.1	变压器的分类、结构 .....	300
7.1.2	电力变压器的连接组别 .....	302
7.2	预防检修 .....	303
7.2.1	完好标准 .....	303
7.2.2	检查巡护 .....	304
7.2.3	预防检修 .....	305
7.3	电力变压器故障及处理方法 .....	306
7.4	电力变压器修理 .....	309
7.4.1	小型控制变压器的线圈重绕 .....	309
7.4.2	配电变压器不换线大修 .....	309
7.4.3	66kV 主变压器不换线大修 .....	311
7.5	变压器的干燥 .....	319
7.5.1	变压器铜损耗真空干燥 .....	319
7.5.2	变压器绕组短路干燥 .....	321
7.5.3	变压器绕组零序电流干燥 .....	322
7.5.4	变压器绕组热风干燥 .....	323
7.5.5	变压器绕组热油喷雾干燥 .....	324
7.6	特殊用途变压器 .....	324
7.6.1	自耦变压器 .....	324
7.6.2	控制变压器 .....	325
7.6.3	电流互感器 .....	326
7.6.4	电压互感器 .....	326
7.7	变压器试验 .....	327
7.7.1	变压器的试验周期 .....	327
7.7.2	变压器的试验项目 .....	335

## **第 8 章 高压电器运行与维护及故障判断**

**337**

8.1	油断路器运行与维护 .....	337
8.1.1	油断路器的运行 .....	337
8.1.2	油断路器的巡视 .....	337
8.1.3	油断路器使用时注意事项 .....	338
8.1.4	合闸送电前的检查 .....	338
8.1.5	送电操作步骤 .....	339
8.1.6	停电操作步骤 .....	339
8.1.7	操作时注意事项 .....	339
8.2	六氟化硫断路器运行与维护 .....	340

8.3	真空断路器的运行及维护	340
8.3.1	真空断路器投运前的检查	340
8.3.2	真空断路器装配及调整的要领	341
8.3.3	真空断路器的运行与维护	342
8.4	负荷开关的使用与维护	342
8.4.1	负荷开关的使用	342
8.4.2	负荷开关的维护	343
8.5	隔离开关的使用与维护	343
8.5.1	隔离开关的正常操作	343
8.5.2	能用隔离开关操作的项目	343
8.5.3	隔离开关检修与调整	344
8.6	避雷器的运行与维护	345
8.6.1	阀型避雷器的运行	345
8.6.2	阀型避雷器的维修	346
8.6.3	阀型避雷器常见故障分析与处理	347
8.6.4	管型避雷器运行中巡视检查	348
8.6.5	管型避雷器常见故障分析与处理	349
8.7	油断路器故障判断	349
8.7.1	油断路器操作机构合不上闸	349
8.7.2	油断路器的操作机构不能分闸	349
8.7.3	油断路器渗漏油	350
8.7.4	油断路器的动作不灵活,动静触头超行程太大或三相合闸不一致	351
8.7.5	油断路器的导电部分接地	351
8.7.6	分、合闸速度不符合要求	351
8.7.7	操作机构在电压偏低时不能分、合闸	351
8.7.8	操作机构的分、合闸线圈烧坏	351
8.8	SF <sub>6</sub> 开关故障判断与处理方法	353
8.8.1	对已投入运行的开关本体进行检修	353
8.8.2	自行进行检修	353
8.8.3	SF <sub>6</sub> 开关故障判断程序	353
8.8.4	检修时的基本安全措施	353
8.8.5	环境管理	353
8.8.6	水分控制	355
8.8.7	SF <sub>6</sub> 气体的检漏方法	355
8.8.8	密封结构	356
8.8.9	解体检查与检修	357

8.9	真空断路器技术标准及检查项目 .....	364
8.9.1	真空断路器调整后应达到的技术标准 .....	364
8.9.2	真空断路器检查项目 .....	364
8.10	操动机构故障判断及处理方法 .....	365
8.10.1	操动机构分类 .....	365
8.10.2	断路器常用操动机构的类型、特点及使用场合 .....	365
8.10.3	CD10 型电磁操动机构的故障判断 .....	366
8.10.4	弹簧、操动机构故障与处理方法 .....	367
8.10.5	液压操动机构的故障判断与消除方法 .....	369
8.11	隔离开关故障判断 .....	371
8.11.1	隔离开关技术数据 .....	371
8.11.2	隔离开关故障判断 .....	371
8.12	跌落式熔断器故障判断 .....	375
8.12.1	熔体不能迅速跌落 .....	375
8.12.2	跌落式熔断器的熔体管烧坏 .....	375
8.12.3	熔体管误跌落及熔体误熔断 .....	375
8.12.4	RW 系列熔断器技术数据 .....	376
8.13	负荷开关故障判断 .....	377
8.13.1	负荷开关的主要技术数据 .....	377
8.13.2	负荷开关调整 .....	379
8.14	10kV 高压开关柜的大修 .....	379
8.14.1	大修工艺 .....	379
8.14.2	大修后的调试 .....	381
8.15	高压断路器的检修 .....	381
8.15.1	事故跳闸后的解体检查 .....	381
8.15.2	检修项目 .....	382
8.15.3	检修方法 .....	383
8.15.4	真空断路器的检修 .....	386
8.15.5	断路器检修后的质量标准 .....	388

## 第 9 章 低压电器的使用与维修

389

9.1	概述 .....	389
9.1.1	低压电器的定义和用途 .....	389
9.1.2	低压电器的分类 .....	389
9.1.3	低压电器的名称及代号 .....	391
9.1.4	低压电器的常用使用类别及代号 .....	393
9.1.5	低压电器的污染等级、安装类别和外壳防护等级 .....	394

9.1.6	低压电器的正确选用 .....	395
9.1.7	低压电器的主要技术性能要求 .....	396
9.1.8	低压电器的结构要求 .....	397
9.2	刀开关、隔离器、熔断器组合电器 .....	397
9.2.1	概述 .....	397
9.2.2	刀开关和隔离器 .....	398
9.2.3	开启式负荷开关 .....	402
9.2.4	封闭式负荷开关 .....	404
9.2.5	熔断器式刀开关 .....	405
9.2.6	熔断器式隔离器和隔离开关熔断器组 .....	409
9.2.7	组合开关 .....	410
9.2.8	刀开关和组合开关的常见故障及排除方法 .....	416
9.3	断路器 .....	417
9.3.1	概述 .....	417
9.3.2	万能式断路器 .....	419
9.3.3	塑料外壳式断路器 .....	426
9.3.4	限流式断路器 .....	434
9.4	接触器 .....	439
9.4.1	概述 .....	439
9.4.2	常用接触器简介 .....	439
9.4.3	接触器的选择、使用、维修 .....	453
9.5	继电器 .....	456
9.5.1	概述 .....	456
9.5.2	电磁式电流、电压和中间继电器 .....	457
9.5.3	时间继电器 .....	464
9.5.4	热继电器 .....	469
9.6	电动机综合保护器 .....	477
9.6.1	概述 .....	477
9.6.2	大多数电动机综合保护器具备的主要功能 .....	477
9.6.3	安装方式及接线方式 .....	478
9.6.4	保护器选型原则 .....	478
9.6.5	主要技术指标 .....	478
9.6.6	电机综合保护器接线方法 .....	479
9.7	主令电器 .....	481
9.7.1	概述 .....	481
9.7.2	按钮 .....	481
9.7.3	行程开关 .....	483

9.7.4	接近开关	484
9.7.5	万能转换开关	485
9.7.6	主令控制器	486
9.8	低压电器的维护和检修	487
9.8.1	触头系统的维护和修理	488
9.8.2	电磁系统的故障及维修	490
9.8.3	常用电器的故障及维修	491

## 第 10 章 三相异步电动机控制线路故障判断

494

10.1	电动机控制线路故障判断的要求	494
10.1.1	细读电气原理图	494
10.1.2	熟悉安装接线图	494
10.1.3	电气元件的检查	494
10.1.4	接线的检查与维修	495
10.1.5	线路的检查	495
10.1.6	试车	495
10.2	三相异步电动机单向启动控制线路故障判断	496
10.2.1	读电动机单向启动控制线路图	496
10.2.2	操作线路	496
10.2.3	熟悉安装接线图	497
10.2.4	检查线路	497
10.2.5	试车	498
10.3	三相异步电动机正反向启动控制线路故障判断	498
10.3.1	三相异步电动机正反向启动控制线路	498
10.3.2	辅助触点联锁控制线路	502
10.3.3	三相异步电动机正反向启动控制线路（双重联锁线路）	504
10.4	三相异步电动机限位控制线路故障判断	507
10.4.1	电动限位控制线路	508
10.4.2	操作线路	508
10.4.3	熟悉安装接线图	509
10.4.4	线路的检查和测量	509
10.4.5	试车	509
10.5	三相异步电动机自动往返循环运动控制线路故障判断	511
10.5.1	自动往返循环运动控制线路	511
10.5.2	操作线路	512
10.5.3	熟悉安装接线图	512
10.5.4	检查线路	512

10.5.5	试车	513
10.6	三相异步电动机星形-三角形启动控制线路故障判断	514
10.6.1	按钮转换 Y- $\Delta$ 启动控制线路	514
10.6.2	自动 Y- $\Delta$ 启动控制线路(时间继电器转换)	518

## 第 11 章 低压配电线路

521

11.1	电缆线路的安装	521
11.1.1	电缆的结构、型号及选择	521
11.1.2	电缆的敷设	534
11.1.3	电缆的连接	539
11.2	室内线路的安装	548
11.2.1	室内线路的安装要求和工序	548
11.2.2	瓷夹板线路的安装	550
11.2.3	绝缘子(瓷瓶)线路的安装	554
11.2.4	护套线线路的安装	557
11.2.5	电线管线路的安装	560
11.2.6	钢索线路的安装	569

## 第 12 章 电气安全

573

12.1	电气安全基本知识	573
12.1.1	电击伤的种类	573
12.1.2	电流对人体伤害的程度及其因素	573
12.1.3	安全电流和安全电压	576
12.1.4	触电形式及原因	578
12.1.5	触电事故	581
12.1.6	触电救护	583
12.2	电气安全基本规定	587
12.2.1	安全距离	587
12.2.2	配电装置安全距离	596
12.2.3	通道及围栏安全距离	598
12.2.4	其他安全距离	599
12.2.5	安全色和安全标志	601
12.2.6	电线电缆的识别标志	605
12.2.7	电线布线色标的规定	606
12.2.8	指示灯的颜色	607
12.2.9	按钮的颜色和相对位置	608
12.2.10	灯光按钮	609



12.2.11	电动机线端标志和旋转方向	610
12.2.12	电器接线端子的识别与标志	611
12.2.13	外壳防护等级	613
12.2.14	配电装置母线颜色标志	615
12.3	安全用电装置	616
12.3.1	漏电保护装置	616
12.3.2	静电保护装置	623
12.3.3	电磁场防护	627
12.4	安全作业	629
12.5	电气防火和防爆	640
12.5.1	造成电气火灾的主要原因	640
12.5.2	防火和防爆措施	641
12.5.3	扑灭电气火灾的常识	647
12.5.4	灭火安全注意事项	649
12.5.5	电气防火和防爆措施	650
12.5.6	静电的危险及预防	651

## 第 13 章 电气照明

652

13.1	电气照明的种类、方式和线路一般要求	652
13.1.1	照明种类	652
13.1.2	照明方式	653
13.1.3	供电方式	653
13.1.4	照明线路的一般要求	653
13.2	照明装置的巡视与检查	654
13.3	电气照明故障诊断	656
13.3.1	照明线路常见故障及处理	656
13.3.2	照明灯具故障诊断	659
13.3.3	其他类型照明灯的使用	667
13.4	灯具分类	669
13.5	灯具的选用	672
13.6	照明控制	674
13.6.1	照明控制方式	674
13.6.2	照明控制的基本硬件	676
13.7	照明灯具的接线和安装	678
13.7.1	灯具的选择和接线	678
13.7.2	灯具安装	679
13.8	开关和插座的安装要求	689