

低压电工实用技术

北京供电企业管理协会

主 编 郭仲礼

副主编 于曰浩 吴寿生

机械工业出版社

本书共分十六章。内容包括低压电工实用技术概论；电工基础知识；电工识图；电工材料；低压配电装置；交、直流电机；电工测量仪表；低压架空线路和电力电缆；低压防雷装置；室内、外布线和照明技术；低压电力网的无功补偿；工厂、企业的防静电技术；工厂供电系统的合理化；安全供、用电技术；电气设备的检修；低压电工实际操作技术。

本书内容丰富，图文并茂，通俗易懂，实用性强，可作为设备动力部门广大电气技术管理人员和电工参考，也可作为广大低压电工，包括农村电工、低压值班电工、维修电工以及安装电工的技术培训、岗位培训的教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

低压电工实用技术/郭仲礼主编. -北京: 机械工业出版社, 1998. 6

ISBN 7-111-06118-7

Ⅰ. 低… Ⅱ. 郭… Ⅲ. 低电压-电工-技术 N. TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 01040 号

出版人: 马九荣 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 李振标 版式设计: 冉晓华 责任校对: 姚培新

封面设计: 姚毅 责任印制: 王国光

机械工业出版社京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1998 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

850mm×1168mm¹/₃₂·26.375 印张·690 千字

0 001—5 000 册

定价: 45.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

前 言

近年来，随着我国工、农业的发展和日趋现代化，加快了电力事业的建设速度；随着人民生活水平的提高，人们的精神生活和物质生活都有着更高的要求，这又决定了电力工业必须加速建设，以满足社会现代化的要求。因此，要适应社会的发展，必须相应地普及电工技术，壮大电工队伍，提高电工人员的文化、技术素质，要求电工人员要具有相当程度的文化知识、专业技术理论和熟练的操作技能。为了加强电力系统、电力网的安全、经济、合理地运行，为了满足广大电工的需要并作为《高压电工实用技术》一书的姐妹篇，我们特编写了这本《低压电工实用技术》。

参加编写本书的作者，是编写《高压电工实用技术》一书的大部分作者，他们都是多年来从事于电力工业生产第一线的技术骨干。同时还邀请了多年来从事于理论研究的专家、教授。由于本书的主要读者对象是广大低压电工和电气技术人员，为了适应他们的需要，要求内容充实，通俗易懂，简单明了，实用性强，便于在生产实践中应用，故此，在编写时注重了本书内容的实用性、普遍性。

参加本书编写的作者及分工如下：

郭仲礼第一章、第十章、第十一章；于曰浩第五章、第十六章；吴寿生第十四章；杜广庆第八章的前六小节；侯玉峰第六章；平志刚第七章；杨天民第三章、第十二章；李义山第二章、第四章、第十三章、第十五章；池德星第九章和第八章的后六节。

在编写本书的过程中，把一些电工人员在工作中经常遇到的问题，如电工识图、电工材料等，在编写中都加以介绍。

本书可作为设备动力部门的广大电工和电气技术管理人员工作中的参考书；也可作为广大低压电工（包括农村电工、低压值

班电工、低压运行维修电工以及低压安装电工)的技术培训教材。

本书是由北京供电企业管理协会组织编写的。全书由郭仲礼为主编、于曰浩、吴寿生为副主编。在整个编写过程中,得到了原华北电管局局长张绍贤的热心关怀,得到了北京供电局局长、北京供电企业管理协会会长赵双驹的热心关怀和大力支持,得到了北京供电局郊电办公室领导的协助,得到了北京市地铁总公司科研设计所的全力支持与配合。北京供电企业管理协会的王静也积极参与做了大量的工作。在此向为本书做过贡献的专家、老师们,向支持和协助本书出版的单位和同志们表示衷心的感谢。

由于作者水平所限,书中不当和错误之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编者

目 录

前言

第一章 低压电工实用技术概论	1
第一节 电工人员在工农业生产中的作用	2
一、电能的生产过程及其特点	2
二、应用电能的优越性	6
三、电能在生产和使用过程中的特点	7
四、电工人员的作用	7
第二节 对电工的基本要求及其岗位职责	9
一、对电工的基本要求	9
二、电工的岗位职责	11
第三节 电工的职业道德观念	12
一、电工职业道德观念的重要意义	12
二、电工职业道德的客观作用	13
三、学好电工专业技术,提高电工职业道德	13
四、积极贯彻执行国家和地区颁布的有关电工专业的 规程制度	13
第二章 常用电工基础知识	15
第一节 简单直流电路	15
一、欧姆定律及其应用	15
二、焦耳-楞次定律及其应用	18
三、电阻电路的联结方式	19
四、电容电路的联结方式	23
第二节 复杂直流电路	27
一、星形联结和三角形联结的等效变换	27
二、基尔霍夫定律及其应用	30
第三节 磁与电磁感应	33
一、磁场的基本物理量	33

二、铁磁性材料与磁路	36
三、电磁感应	40
四、自感	43
五、互感	45
六、涡流	45
第四节 单相交流电路	46
一、正弦交流电的基本概念	47
二、正弦交流电的分析方法	51
三、几种典型的单相交流电路	54
第五节 三相交流电路	71
一、对称的三相交流电路	72
二、三相电源的供电方式	72
三、三相负载的接线方式	74
四、三相负载功率计算	76
五、三相不对称电路	77
第三章 电工识图	79
第一节 电工识图的基本知识	79
一、电工图纸中的电气符号	79
二、电工图纸的构成	84
三、电路图的分类	86
四、电工识图的基本要求	88
第二节 工厂车间的动力及照明电气平面布线图	89
第三节 车床电路	94
第四节 电动葫芦起重设备电路	96
第四章 电工材料	99
第一节 绝缘材料	99
一、绝缘材料的用途和分类	99
二、电介质的电性能	99
三、电介质的热性能	105
四、电工绝缘材料产品的分类及型号编制	107
五、常用绝缘材料的电气性能和用途	111
第二节 导电材料	114
一、导电材料的用途和分类	114

二、导电用铜、铝的特点和用途	114
三、架空导线	115
第三节 磁性材料	118
一、磁性材料的特点和应用范围	118
二、硅钢片及其应用	119
第五章 低压配电装置	121
第一节 低压配电系统	121
第二节 低压配电装置	122
一、配电装置的用途	122
二、配电装置的种类	122
三、低压成套配电装置的型号和结构	123
四、配电装置中的电器种类	136
第三节 低压刀开关	136
一、HD、HS 型刀开关	136
二、HR 型刀熔开关	141
三、HH 型封闭式负荷开关	143
四、HK 型开启式负荷开关	145
五、HZ 型组合开关	146
第四节 低压断路器	148
一、概述	148
二、触头和灭弧系统	152
三、操动系统	154
四、保护系统	156
五、常用的低压断路器	159
六、技术数据	160
七、低压断路器的选用	164
八、电流脱扣器的整定	164
九、安装、运行和维修	166
第五节 交流接触器	169
一、概述	169
二、常用型号和技术数据	175
三、交流接触器的选用	176
四、安装、运行和维修	177

第六节 低压熔断器	180
一、概述	180
二、各类熔断器的结构和性能	181
三、熔断器的选用	186
四、熔断器的运行	187
第七节 热继电器	189
一、概述	189
二、原理、结构、性能	190
三、热继电器的选用及其正常工作条件	194
四、热继电器的常见故障	195
第八节 其他低压电器	197
一、控制按钮	197
二、万能转换开关	198
三、行程开关	200
四、接线端子	200
五、信号灯	202
第六章 交、直流电机	203
第一节 概述	203
第二节 三相交流异步电动机的结构	204
一、定子	204
二、气隙	205
三、转子	206
第三节 常用的三相交流异步电动机	208
一、三相交流异步电动机的铭牌	208
二、三相交流异步电动机的主要系列	214
第四节 三相交流异步电动机的工作原理	215
一、旋转磁动势和旋转磁场	215
二、三相交流异步电动机的工作原理	218
三、同步转速、转速和转差率	218
四、转子电动势 E_2 和转子电流 I_2	220
五、电磁转矩	222
第五节 三相交流异步电动机的工作特性和机械特性	223
一、三相交流异步电动机的能量转换	223

二、三相交流异步电动机的工作特性	224
三、三相交流异步电动机的机械特性	225
第六节 三相交流异步电动机的起动	227
一、直接起动	228
二、轻载减压起动	229
三、小容量电动机重载起动	232
四、绕线转子电动机起动	233
第七节 三相交流异步电动机调速	234
一、变极调速	235
二、变频调速	236
三、改变转差率 s 调速	237
第八节 三相交流异步电动机的典型控制电路	239
一、直接起动单向控制电路	239
二、正反转控制电路	240
三、不同电机按顺序工作的控制	243
四、点动与单向起动两用控制电路	243
五、多点控制和多信号控制	245
六、以行程开关作自动停车控制的电路	246
七、自动循环往返控制电路	247
八、带有点动的正反转控制电路和自动循环往返控制电路	248
第九节 三相交流异步电动机的减压起动电路	250
一、自耦减压(补偿器)起动控制电路	250
二、 $Y-\Delta$ (星-三角)起动电路	254
三、绕线转子异步电动机转子串电阻起动的控制电路	257
四、转子回路串联频敏变阻器的起动控制电路	261
第十节 三相交流异步电动机制动控制电路	262
第十一节 三相交流异步电动机控制设备的选择	267
一、组合开关的选择	268
二、低压负荷开关的选择	269
三、低压断路器的选择	269
四、交流接触器的选择	270
第十二节 三相交流异步电动机的保护	270
一、短路保护	270

二、过载保护	274
第十三节 三相交流异步电动机的运行维修	276
一、电动机投入运行前的检查	277
二、运行中电动机的巡视检查	278
三、电动机故障的分析判断方法	282
四、三相异步电动机常见故障及其对策	290
第十四节 单相异步电动机	295
一、单相异步电动机的工作原理	295
二、各种类型的单相异步电动机	298
第十五节 直流电机	304
一、概述	304
二、直流电机的电磁转矩和感应电动势	307
三、直流电动机的基本方程式	307
四、直流电机的结构	308
五、直流电机的铭牌数据	309
六、国产直流电机主要系列	309
七、直流电机的励磁	310
八、直流电动机的运行	311
九、生产机械的负载转矩特性	315
十、直流电动机的起动	317
十一、直流电动机的反转	318
十二、直流电动机的制动	318
十三、直流电动机的调速	320
第十六节 交流弧焊机	321
一、对弧焊电源的要求	321
二、交流弧焊机的结构原理	322
三、交流弧焊机的常见故障	325
四、对交流弧焊机的安全要求	327
第七章 电工测量仪表	328
第一节 电工测量仪表基础知识	328
一、电工测量仪表的作用	328
二、仪表的分类及符号	328
三、仪表误差及准确度等级	329

四、测量技术	332
第二节 常用电工仪表的工作原理	337
一、磁电系仪表的工作原理	337
二、电磁系仪表的工作原理	338
三、电动系仪表的工作原理	338
四、感应系仪表的工作原理	340
五、热偶系仪表的工作原理	341
六、静电系仪表的工作原理	341
第三节 常用安装式电工仪表	342
一、安装式仪表的型号	342
二、常用方形（I型）仪表简介	343
第四节 便携式电工仪表	348
一、万用电表	348
二、钳形电流表	351
三、兆欧表	353
四、接地电阻测试仪	355
五、直流单臂电桥	358
六、直流双臂电桥	360
七、新型 QJ47 型直流单、双臂电桥	362
八、常用其他仪器仪表	365
第五节 电能计量装置	367
一、电流互感器的用途	367
二、电流互感器的构造和工作原理	368
三、电流互感器的型号和技术数据	368
四、电流互感器的极性和测试方法	374
五、电流互感器的接线方式	377
六、电流互感器二次开路的后果、现象和处理方法	379
七、电流互感器二次回路的安装	380
八、电流互感器投入运行前及运行中的巡视检查	381
九、电流互感器的故障分析	382
第六节 电度表的种类和接线	384
一、国产电度表型号的含义	384
二、单相电度表和接线	385

三、三相电度表和接线	387
四、电度计量装置的安装要求	390
五、电能的计量	391
第七节 电工仪表的合理选择	391
一、电工测量仪表选择的一般规定	392
二、正确选择电流互感器	392
三、电流互感器二次侧的电流表、电度表的选择	394
第八章 低压架空线路和电力电缆	395
第一节 概述	395
一、基本概念	395
二、低压架空线路的配电方式	396
三、对低压架空线路的基本要求	397
四、低压架空线路路径的选择	398
五、低压架空线路导线计算负荷的确定	399
六、低压架空线路对导线的要求	400
第二节 低压架空线路的绝缘子、金具和横担	410
一、低压架空线路的绝缘子	410
二、低压架空线路的金具	419
三、低压架空线路的横担	424
第三节 低压架空线路的拉线	429
一、拉线的种类、用途和结构	429
二、拉线最小截面的要求	433
第四节 低压架空线路的电杆	433
一、低压架空线路电杆应具备的条件	433
二、混凝土预应力电杆	433
三、电杆的长度计算	434
四、电杆组立后应符合的条件	435
第五节 低压架空线路的杆型和导线排列	441
一、低压架空线路常用的杆型	441
二、低压架空线路的线间距离	442
第六节 低压线路的运行和检修	444
一、架空线路竣工检查、验收和试送电	444
二、低压架空线路的运行维护	445

三、低压架空线路的检修	446
第七节 低压电力电缆	447
一、概述	447
二、低压电力电缆的种类和结构	448
三、低压电力电缆的品种和适用条件	454
第八节 低压电力电缆的截面选择	456
一、低压电力电缆的载流量和允许温度	456
二、低压电缆的截面选择	457
第九节 低压电力电缆的敷设	462
一、低压电力电缆敷设方式	462
二、电缆敷设前的检查	468
三、电缆线路施工方案的拟定	468
四、低压电缆敷设的准备工作	469
五、低压电缆敷设的一般要求	469
六、低压电缆的直埋要求	471
第十节 低压电缆的终端和接头	473
一、电缆接头的基本要求	473
二、制做电缆接头的一般规定	473
三、电缆终端和中间接头的制作工艺	474
第十一节 低压电力电缆线路运行管理	484
一、电缆线路的技术资料	484
二、低压电力电缆线路运行管理	485
三、低压电缆线路运行监视	486
四、低压电缆线路的维护	489
五、低压电力电缆的试验	490
第十二节 低压电缆线路故障及检修	494
一、低压电缆线路故障类型	494
二、低压电缆线路故障原因	495
三、低压电缆线路故障点的测定及检修	496
第九章 低压防雷装置	501
第一节 概述	501
一、雷电的形成	501
二、雷电的危害	502

三、雷电的活动强度	503
四、低压避雷器	503
第二节 低压线路和配电室的防雷保护	510
一、低压线路的防雷保护	510
二、低压配电室的防雷保护	512
第三节 低压防雷保护装置的运行与检查	514
一、低压阀型避雷器的安装要求	514
二、防雷保护措施的一般规定	515
三、防雷保护装置的巡视与检查	515
第四节 低压防雷保护装置的检修	517
一、避雷针的检修要求	517
二、低压避雷器的检修要求	518
三、接地装置的检修要求	518
第十章 室内、外布线和照明技术	520
第一节 室内、外布线和照明技术的基本知识	520
一、概述	520
二、光源与照明	520
三、照明技术常用的物理量	521
四、物体的光照特性与光源的显色性	522
五、照明灯具的配光曲线	523
六、室内、外布线的基本概念	524
七、接户线、套户线和进户线	524
第二节 对室内、外布线的基本要求	525
一、设计要求	525
二、对室内、外布线导线的要求	527
三、导线的连接	533
第三节 室内、外布线的分类和工艺要求	537
一、直敷配线	537
二、夹板布线	538
三、槽板布线	545
四、瓷瓶布线	547
五、管内布线	551
第四节 常用电光源的分类、特性和选择	556

一、常用电光源的分类	556
二、各种电光源的基本技术特性	560
三、电光源类型的选择	565
第五节 照明灯具的分类及选择	566
一、照明灯具的分类	566
二、照明灯具的选择	568
第六节 室内一般型照明灯具的悬挂高度和布置方案	569
一、照明灯具的悬挂高度	569
二、室内照明灯具的布置方案	570
第七节 白炽灯及荧光灯的安装要求	571
一、白炽灯的结构及安装要求	572
二、常用白炽灯的几种电路	574
三、荧光灯的结构和安装要求	576
四、局部照明灯、移动式手提灯的安装要求	577
第八节 照明负荷的供电系统和导线截面的选择	579
一、照明负荷的供电系统	579
二、导线截面的选择	583
第九节 照明装置的运行与维护	587
一、照明装置的一般运行要求	587
二、照明装置的巡视、检查周期	587
三、照明装置的检查内容	588
四、白炽灯、荧光灯常见故障的判断和处理	589
第十一章 低压电力网的无功补偿	591
第一节 并联电容器无功补偿的工作原理和主要技术数据	591
一、并联电容器无功补偿的工作原理	591
二、低压并联电容器的技术数据	592
第二节 低压电力网的补偿方式	594
一、个别补偿	594
二、分散补偿	595
三、集中补偿	595
第三节 电容器电流和补偿容量的计算	597
一、并联电容器电流的计算	597
二、并联电容器补偿容量的计算	598

三、并联补偿计算的应用举例	600
第四节 低压并联电容器组的保护、放电装置及其接线方式	603
一、低压并联电容器组的保护装置	603
二、低压并联电容器组的放电装置	604
三、低压并联电容器组的接线方式	605
第五节 并联电容器的安装和低压电力网中的无功补偿装置	606
一、并联电容器的安装	606
二、低压电力网中的无功补偿装置	607
第六节 并联电容器的运行和检修	610
一、并联电容器的运行	610
二、并联电容器组的检查	611
三、并联电容器运行中的异常现象	612
四、并联电容器的故障处理	613
第十二章 工厂、企业的防静电技术	615
第一节 静电的产生	615
一、摩擦带电	615
二、剥离、分离、冲撞带电	616
三、感应带电	616
第二节 静电的危害	616
一、人体带静电与静电电击	616
二、静电放电时可能引起的爆炸或火灾	617
三、静电的产生有时会妨碍生产	618
第三节 防静电的措施	619
一、控制、减少静电的产生	619
二、接地	620
三、加导电覆盖层	622
四、采用导电性地面或防静电活动地板	622
五、增湿	622
六、抗静电剂	623
七、静电消除器	623
八、防止人体带电	628
九、静电屏蔽	631
第四节 静电测量	631

一、静电电压(电位)的测量	631
二、静电电量的测量	634
三、电场强度的测量	635
四、介质绝缘电阻的测量	636
五、人体对地电阻的测量	638
六、人体对地电容的测量	639
第五节 抗静电材料	640
一、静电材料的分类和抗静电制品	640
二、抗静电纤维和抗静电织物	641
三、抗静电橡胶及其制品	641
四、抗静电塑料及其制品	641
五、防静电活动地板	642
六、防静电剂、防静电胶粘剂、防静电涂料	642
第六节 静电安全管理	642
一、静电安全管理的基本事项	642
二、生产场所作业操作的静电安全管理	643
三、防静电的安全教育与培训	643
四、国家标准防静电胶底鞋、导电胶底鞋安全技术 条件(GB4385—84)	644
五、防静电工作鞋的静电测量	644
六、国家标准防静电工作服(GB12014—89)	645
七、防静电工作服的静电测量	645
八、中国石油化工总公司易燃、可燃液体静电安全规定	646
九、中国石油化工总公司化学纤维生产中静电安全规定	647
第十三章 工厂供电系统的合理化	649
第一节 工厂供电电压的管理	649
一、电压偏移的原因及对用电设备的影响	649
二、工厂内部电压的调整	650
第二节 线损的管理	651
一、工厂线损的构成	651
二、线路损耗的计算	652
三、降低工厂线损的主要措施	653
第三节 负荷率的管理	654