电工电子名家畅销书系

图解低压电工上岗跟我学（双色版）

秦钟全　主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

电工电子名家畅销书系

图解低压电工上岗跟我学

（双色版）

秦钟全　主编

机 械 工 业 出 版 社

本书结合了多年电工工作经验和低压电工上岗的基本要求，主要讲述了低压电工常用的实际操作项目。全书以图文并茂的形式，由浅入深地全面讲述了低压电气设备操作安全要求，对于控制接线、仪表操作等项目做了详细的图文解释。

全书共分12章，包括电工基础知识、电工实用电流速算口诀、接地与接零的电气安全、低压绝缘安全用具的检查与使用、电气安全工作的基本要求、电工基本操作技能、常用电工仪表、低压电器的选择与应用、电动机基本控制电路、照明与线路、触电急救方法、电气元器件故障与电路检修方法。

本书从结构特征、安全操作要求、运行管理方面作了比较全面地讲述。本书内容丰富，形式新颖，实用性和操作性强，可供广大电工阅读，也可供低压电工上岗考核参考，同时也可供相关工程技术人员、职业技能培训学校相关专业师生参考。

图书在版编目（CIP）数据

图解低压电工上岗跟我学：双色版/秦钟全主编. —北京：机械工业出版社，2013.10

（电工电子名家畅销书系）

ISBN 978-7-111-44422-0

Ⅰ.①图… Ⅱ.①秦… Ⅲ.①低电压—电工技术—图解 Ⅳ.①TM—64

中国版本图书馆CIP数据核字（2013）第246254号

机械工业出版社（北京市百万庄大街22号 邮政编码100037）

策划编辑：徐明煜 责任编辑：徐明煜 顾 谦 版式设计：常天培

责任校对：刘怡丹 封面设计：路恩中 责任印制：刘 岚

北京中兴印刷有限公司印刷

2014年1月第1版第1次印刷

184mm×260mm·19印张·467千字

标准书号：ISBN 978-7-111-44422-0

定价：49.90元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务 网络服务

社服务中心：（010）88361066 教材网：http://www.cmpedu.com

销售一部：（010）68326294 机工官网：http://www.cmpbook.com

销售二部：（010）88379649 机工官博：http://weibo.com/cmp1952

读者购书热线：（010）88379203 **封面无防伪标均为盗版**

出 版 说 明

我国经济与科技的飞速发展，国家战略性新兴产业的稳步推进，对我国科技的创新发展和人才素质提出了更高的要求。同时，我国目前正处在工业转型升级的重要战略机遇期，推进我国工业转型升级，促进工业化与信息化的深度融合，是我们应对国际金融危机、确保工业经济平稳较快发展的重要组成部分，而这同样对我们的人才素质与数量提出了更高的要求。

目前，人们日常生产生活的电气化、自动化、信息化程度越来越高，电工电子技术正广泛而深入地渗透到经济社会的各个行业，促进了众多的人口就业。但不可否认的客观现实是，很多初入行业的电工电子技术人员，基础知识相对薄弱，实践经验不够丰富，操作技能有待提高。党的十八大报告中明确提出“加强职业技能培训，提升劳动者就业创业能力，增强就业稳定性”。人力资源和社会保障部近期的统计监测却表明，目前我国很多地方的技术工人都处于严重短缺的状态，其中仅制造业高级技工的人才缺口就高达400多万人。

秉承机械工业出版社“服务国家经济社会和科技全面进步”的出版宗旨，60多年来我们在电工电子技术领域积累了大量的优秀作者资源，出版了大量的优秀畅销图书，受到广大读者的一致认可与欢迎。本着“提技能、促就业、惠民生”的出版理念，经过与领域内知名的优秀作者充分研讨，我们打造了“电工电子名家畅销书系”，涉及内容包括电工电子基础知识、电工技能入门与提高、电子技术入门与提高、自动化技术入门与提高、常用仪器仪表的使用以及家电维修实用技能等。

整合了强大的策划团队与作者团队资源，本丛书特色鲜明：①涵盖了电工、电子、家电、自动化入门等细分方向，适合多行业多领域的电工电子技术人员学习；②作者精挑细选，所有作者都是行业名家，编写的都是其最擅长的领域方向图书；③内容注重实用，讲解清晰透彻，表现形式丰富新颖；④以就业为导向，以技能为目标，很多内容都是作者多年亲身实践的看家本领；⑤由资深策划团队精心打磨并集中出版，通过多种方式宣传推广，便于读者及时了解图书信息，方便读者选购。

本丛书的出版得益于业内最顶尖的优秀作者的大力支持，大家经常为了图书的内容、表达等反复深入地沟通，并系统地查阅了大量的最新资料和标准，更新制作了大量的操作现场实景素材，在此也对各位电工电子名家的辛勤的劳动付出和卓有成效的工作表示感谢。同时，我们衷心希望本丛书的出

版，能为广大电工电子技术领域的读者学习知识、开阔视野、提高技能、促进就业，提供切实有益的帮助。

作为电工电子图书出版领域的领跑者，我们深知对社会、对读者的重大责任，所以我们一直在努力。同时，我们衷心欢迎广大读者提出您的宝贵意见和建议，及时与我们联系沟通，以便为大家提供更多高品质的好书，联系信箱为 maryxu1975@163.com。

机械工业出版社

前　言

随着经济建设的蓬勃发展、电器应用程度的日益提高，各行各业从事电工作业的人员也在迅速增加。为了满足广大初学电工人员对低压电工工作的需求，《图解低压电工上岗跟我学（双色版）》应运而生。本书详细讲解了电工应掌握的基础知识、电工安全用具的使用要求、电工基本操作要求，仪器仪表和低压电器的使用，尤其针对电动机的基本控制电路进行了更加详细的步骤拆解介绍，并对电工这一特殊工种强调了电气安全工作的要求、介绍了触电急救的方法。

全书内容贴近实际工作需要，本书以实际工作为主线；在低压电工操作技能要求上，以图文并茂和问答的形式，讲述了低压工作的注意事项和工作内容；做到有难题查看《图解低压电工上岗跟我学（双色版）》，书中详解能帮忙，犹如师傅在身旁。

《图解低压电工上岗跟我学（双色版）》是专门针对低压上岗电工工作人员的入门图书。作为一本实用性很强的电工读物，全书立足于求新、求精和手把手。

求新：以图文并茂的形式，一看就懂。

求精：对低压电工工作进行提炼，选出最迫切、最实用的奉献给学员。

手把手：力求通俗易懂、步步引导，使学员快速掌握。

本书由北京市技术交流中心秦钟全主编，在编写过程中得到了北京市职工技术协会张学信、刘昕玫、白秀丽、王骏、王敏芳、郭佳玲、信玉昊、贾凡、梁建松、秦浩、任永萍、韩妍妍等老师的帮助，他们也参与了部分内容的编写，在此表示由衷感谢！

由于本人知识有限，书中难免有不足之处，敬请专业人员和读者批评指正。

编　者

目　录

出版说明
前言
第一章　电工基础知识 …… 1
第一节　电的四要素 …… 1
一、电压 …… 1
二、电流 …… 2
三、电阻 …… 2
四、绝缘 …… 2
第二节　电压的有关知识 …… 3
一、电压单位 …… 3
二、电压的分类 …… 3
三、了解我们日常常见电气设备的电压值 …… 3
四、电路的连接与电压的关系 …… 4
五、电压偏高的危害 …… 5
六、电压偏低的危害 …… 6
第三节　电流 …… 6
一、电流的形成 …… 6
二、电流的单位与换算 …… 7
三、电流的种类 …… 7
四、电流与电路 …… 7
五、电路的连接与电流关系 …… 8
六、电流的三大效应 …… 8
七、焦耳定律 …… 9
第四节　电阻 …… 9
一、电阻的性质 …… 9
二、电阻的单位与换算 …… 10
三、能够改变电阻大小的因素 …… 10
四、电阻率 …… 10
五、电阻电路的连接与阻值 …… 11
六、欧姆定律 …… 12
第五节　电容 …… 13
一、电容的形成 …… 13
二、电容的单位与符号 …… 13
三、电容的作用 …… 14
四、电容的连接与计算 …… 14
五、容抗 …… 15
第六节　电感 …… 15
一、电感的形成 …… 15
二、电感的特性 …… 16
三、感抗 …… 16
四、电感在电路中的应用 …… 17
第七节　磁的特性 …… 17
一、磁场 …… 17
二、电流与磁场 …… 18
第八节　交流电的知识 …… 19
一、交流电与直流电，交流电与直流电的不同 …… 19
二、交流电的要素 …… 20
三、什么是三相交流电 …… 21
四、三相交流的相序 …… 22
五、三相连接电压、电流的关系 …… 22
六、三相负载的连接 …… 23
七、交流纯电阻电路特征与阻抗 …… 24
八、交流纯电感电路特征与感抗 …… 25
九、交流纯电容电路特征与容抗 …… 26
十、电阻与电容串联电路 …… 27
十一、电阻与电感串联电路 …… 27
十二、电阻、电感与电容串联电路 …… 28
十三、电阻、电感与电容并联电路 …… 29
第九节　电功与电功率 …… 30
一、什么是电功 …… 30
二、什么是电功率 …… 31
三、什么是有功功率 …… 31
四、什么是视在功率 …… 31
五、什么是无功功率 …… 32
六、三相交流电路的功率计算 …… 32
七、如何根据现场情况算出各种功率 …… 33
第十节　利用三角形方法计算各种电量 …… 34
一、阻抗三角形 …… 34
二、功率三角形 …… 35
三、电压三角形 …… 35
四、电流三角形 …… 35
五、功率因数 …… 35
第二章　电工实用电流速算口诀 …… 37
一、10kV/0.4kV 变压器额定电流

计算 …… 37
二、三相电动机额定电流速算 …… 37
三、220V 单相电动机额定电流速算 …… 38
四、三相电阻加热器额定电流速算 …… 38
五、单相电阻加热器额定电流速算 …… 39
六、380V 电焊机额定电流速算 …… 39
七、220V 电焊机额定电流速算 …… 39
八、220V 荧光灯额定电流速算 …… 40
九、220V 白炽灯额定电流速算 …… 40
十、0.4kV 电力电容器额定电流速算 … 40
第三章　接地与接零的电气安全 …… 42
一、接地基本概念 …… 42
二、保护接地的作用 …… 43
三、保护接地的应用范围 …… 45
四、保护接零的作用 …… 45
五、保护接零的安全要求 …… 47
六、重复接地的作用及要求 …… 47
七、工作接地的作用 …… 48
八、接地体的选择 …… 49
九、接地体的安装要求 …… 49
十、接地线的要求 …… 50
十一、接地线的安装 …… 50
十二、接地装置的连接 …… 51
十三、接地电阻值的要求 …… 52
十四、接地装置的安全运行要求 …… 52
十五、接地装置的巡视检查内容 …… 53
十六、接地装置的维修 …… 53
十七、避雷与防雷 …… 53
第四章　低压绝缘安全用具的检查与使用 …… 58
第一节　低压电工的安全用具 …… 58
一、绝缘鞋 …… 58
二、螺丝刀 …… 58
三、电工钳 …… 59
四、剥线钳 …… 59
五、电工刀 …… 60
六、低压试电笔 …… 60
七、低压试电笔的使用技巧 …… 61
第二节　检修安全用具 …… 62
一、临时接地线的使用要求 …… 62
二、挂、拆临时接地线的要求 …… 62
三、挂、拆接地线操作必须使用操作票 …… 63
四、挂接地线时，先接接地端，后接导线端 …… 63
五、标示牌的使用 …… 64
六、标示牌用法及悬挂的有关规定 …… 65
七、室外停电检修设备与室内停电检修设备时使用临时遮栏的要求 …… 66
八、安全灯的使用 …… 67
九、脚扣的使用 …… 68
十、安全带的使用 …… 68
十一、安全帽的正确使用 …… 69
第五章　电气安全工作的基本要求 …… 70
一、低压线路检修工作的安全要求 …… 70
二、低压配电基本安装规程的安全要求 …… 74
三、暂设电源的安全要求 …… 79
四、电气火灾的防范安全要求 …… 82
五、电气安全工作基本要求 …… 88
六、安全管理制度样本 …… 90
第六章　电工基本操作技能 …… 94
一、导线绝缘层的剥削 …… 94
二、导线的连接方法 …… 94
三、导线与接线端的连接 …… 97
四、线头绝缘层包扎 …… 100
五、常用的绳扣 …… 102
六、导线的固定 …… 103
七、变配电室硬母线的安装 …… 104
第七章　常用电工仪表 …… 107
第一节　电工仪表知识 …… 107
一、常用电工仪表的测量机构分类与应用 …… 107
二、电工仪表的准确度 …… 108
三、电工仪表安装的一般要求 …… 108
第二节　如何用好万用表 …… 108
一、指针式万用表的使用注意事项 … 109
二、数字万用表的使用注意事项 …… 110
三、用万用表测量单个电阻阻值的方法 …… 111
四、用万用表测量线圈电阻及判断好坏 …… 112
五、用万用表电阻挡测量导线是否断芯 …… 113
六、用万用表判断直流电压的极性和电压测量 …… 113
七、直流电流的测量 …… 113
八、交流电压的测量 …… 114
九、用万用表判断电容器的好坏 …… 115
十、用万用表判断三相笼型电动机

定子绕组的首尾端 …… 115
十一、用万用表判断三相异步电动机的转速 …… 117
十二、单相电容移相电动机绕组的判断 …… 117
十三、用简便的方法确定单相有功电能表的内部接线 …… 118
第三节 钳形电流表的使用 …… 118
一、钳形电流表测量前的准备工作 … 118
二、钳形电流表测量中应注意的安全问题 …… 119
三、钳形电流表的实际应用 …… 119
第四节 绝缘电阻表的使用 …… 121
一、正确选用绝缘电阻表 …… 121
二、绝缘电阻表使用前的检查 …… 121
三、正确使用绝缘电阻表 …… 122
四、绝缘电阻表的实际应用 …… 123
第五节 接地电阻测量仪的应用 …… 127
一、接地电阻测量仪测量前的检查 … 127
二、测量时应注意的事项 …… 127
三、接地装置的测量周期 …… 128
第六节 交流电流表的使用 …… 128
一、直入式交流电流表接线 …… 129
二、配电流互感器测量交流大电流 … 129
第七节 交流电压表的使用 …… 132
第八节 电能表 …… 136
一、电能表实际接线 …… 136
二、电能表应用注意事项 …… 140
第九节 温度测量仪表 …… 142
一、半导体点温计 …… 142
二、红外线测温仪 …… 143
三、电接点温度计 …… 143
第十节 功率因数表的接线 …… 144
第八章 低压电器的选择与应用 …… 146
第一节 开关电器 …… 146
一、刀开关 …… 146
二、DZ 系列断路器的应用 …… 148
三、框架式低压断路器的应用 …… 149
四、交流接触器的应用 …… 151
五、倒顺开关 …… 153
第二节 主令电器 …… 154
一、控制按钮 …… 154
二、万能转换开关 …… 155
三、组合开关 …… 155
第三节 控制电器 …… 156
一、时间继电器 …… 156
二、信号灯（指示灯） …… 157
三、中间继电器 …… 158
四、限位开关 …… 159
五、温度继电器 …… 160
六、电接点温度计 …… 160
七、压力继电器 …… 161
八、速度继电器 …… 161
九、干簧继电器 …… 162
十、固体继电器 …… 162
第四节 保护电器 …… 163
一、低压熔断器 …… 163
二、热继电器 …… 164
三、电涌保护器 …… 166
四、电动机保护器 …… 167
第五节 漏电保护器 …… 168
一、TT 供电系统中漏电保护器的接法 …… 169
二、在 TN-C 供电系统中漏电保护器的接法 …… 169
三、在 TN-S 供电系统中漏电保护器的接法 …… 170
四、必须安装漏电保护器的设备和场所 …… 170
五、使用漏电保护器时应主要注意的事项 …… 171
六、漏电保护器的安装要求 …… 172
七、漏电保护器极数的选用 …… 173
八、漏电保护器动作参数的选择 …… 173
第六节 起动器 …… 174
一、磁力起动器 …… 174
二、QJ3 型自耦减压起动器 …… 175
三、成套自耦减压起动器 …… 176
四、频敏变阻起动器 …… 177
第七节 并联电容器与电流互感器 …… 178
一、并联电容器 …… 178
二、电流互感器 …… 180
第八节 常用的低压执行器件 …… 182
一、电动机 …… 182
二、电磁制动器 …… 184
三、电磁阀 …… 185
第九章 电动机基本控制电路 …… 187
第一节 电动机的起动方式 …… 187
一、笼型异步电动机起动方式的比较 …… 187

二、电动机全压直接起动 …… 187
三、电动机自耦减压起动 …… 187
四、电动机Y—△起动 …… 188
五、电动机软起动器起动 …… 188
六、电动机起动变频器起动 …… 188
第二节 电动机接线示意图中的图形含义 …… 189
第三节 基本控制电路 …… 190
一、点动控制 …… 190
二、自锁电路 …… 191
三、两地控制电路 …… 191
四、双信号“与”控制电路（也称多条件控制） …… 191
五、按钮互锁电路 …… 192
六、利用接触器辅助触点的互锁电路 …… 193
七、顺序起动控制电路图 …… 193
八、利用限位开关控制的自动循环电路 …… 194
九、按时间控制的自动循环电路 …… 194
十、终止运行的保护电路 …… 195
第四节 电动机单方向运行电路 …… 196
一、电动机单方向运行电路 …… 196
二、电动机两地控制单方向运行电路 …… 197
三、电动机单方向运行带点动的控制电路（一式） …… 198
四、电动机单方向运行带点动的控制电路（二式） …… 200
五、电动机多条件起动控制电路 …… 201
六、电动机多保护起动控制电路 …… 202
第五节 电动机正、反转控制电路 …… 203
一、三相笼型异步电动机正、反向点动控制电路 …… 203
二、电动机正、反转运行控制电路 …… 205
三、电动机可逆带限位控制电路 …… 207
四、电动机自动往返控制电路 …… 208
第六节 顺序控制电路 …… 210
一、两台电动机顺序起动控制电路 …… 211
二、两台电动机顺序停止控制电路 …… 211
三、两台电动机顺序起动、顺序停止电路 …… 213
四、先发出开车信号再起动的电动机控制电路 …… 215
五、电动机间歇循环运行电路 …… 217
第七节 有特殊保护要求的电动机电路 …… 218
一、电动机断相保护电路 …… 218
二、继电器断相保护电路 …… 219
三、零序电压断相保护电路 …… 221
四、零序电流断相保护电路 …… 222
第八节 电动机制动控制电路 …… 223
一、电磁抱闸制动 …… 223
二、电动机电容制动电路 …… 224
三、三相笼型异步电动机反接制动电路 …… 226
四、笼型电动机半波整流能耗制动控制电路 …… 228
五、电动机全波能耗制动控制电路 …… 229
六、三相笼型电动机定子短接制动电路 …… 231
第九节 电动机减压起动电路 …… 231
一、笼型三相异步电动机Y—△减压起动手动控制电路（一式） …… 232
二、笼型三相异步电动机Y—△减压起动手动控制电路（二式） …… 235
三、笼型异步电动机Y—△减压起动电路（自动一式） …… 236
四、笼型异步电动机Y—△减压起动电路（自动二式） …… 238
五、笼型电动机自耦减压起动手动控制电路 …… 239
六、电动机自耦减压起动（自动控制电路） …… 243
第十节 单相交流电动机的控制 …… 244
一、分相起动式电动机 …… 245
二、罩极式单相交流电动机 …… 245
三、单相串励电动机 …… 246
四、电容起动式电动机 …… 246
五、单相电动机的接线 …… 246
六、几种单相电动机的接线 …… 247
七、单相电动机电容的选择 …… 249
第十章 照明与线路 …… 250
一、照明供电系统 …… 250
二、照明电力的分配 …… 250
三、照明支路的安装要求 …… 251
四、常用的照明光源 …… 251
五、灯具的选择要求 …… 251
六、照明线路用熔断器、熔丝或断路器热脱扣器电流的整定 …… 252

七、灯具的固定要求 …… 253
八、灯具控制开关的安装要求 …… 254
九、照明灯具的悬挂高度 …… 254
十、灯具控制 …… 255
十一、插座的安装要求 …… 256
十二、照明线路的检修 …… 257
十三、室内布线 …… 259
十四、电缆的安装 …… 261
十五、电缆检查周期 …… 262
十六、电缆敷设安全的要求 …… 263
十七、架空线路安全距离的要求 …… 265
十八、同杆架设线路横担之间的最小垂直距离要求 …… 266
十九、架空线路相序的排列 …… 267
二十、导线的安全要求 …… 268
第十一章 触电急救方法 …… 272
一、迅速脱离电源 …… 272
二、状态简单诊断 …… 273
三、触电后的处理方法 …… 274
四、口对口人工呼吸法 …… 275
五、口对口人工呼吸时应注意的事项 …… 276
六、心脏挤压法 …… 276
七、心脏挤压法实施时的注意事项 … 277
八、触电急救中应注意的问题 …… 277
九、电流对人体的危害程度与哪些主要因素有关 …… 278
十、人体的电阻值与安全电压 …… 279
第十二章 电器元器件故障与电路检修方法 …… 281
第一节 元器件故障的处理 …… 281
一、刀开关常见故障 …… 281
二、转换开关常见故障 …… 282
三、熔断器常见故障 …… 282
四、断路器常见故障 …… 282
五、速度继电器常见故障 …… 283
六、按钮常见故障 …… 283
七、限位开关常见故障 …… 284
八、交流接触器常见故障 …… 284
九、时间继电器（气囊式）常见故障 …… 285
十、热继电器常见故障 …… 285
第二节 检修电气控制系统的一般方法 …… 286
一、电气控制电路故障检修的一般步骤 …… 286
二、检查电气故障时的常用方法 …… 288

第一章 电工基础知识

第一节 电的四要素

我们可以把电的流动比作水的流动，它们的本质的确是非常相似的，因此我们在这里按照这种想法去进行分析。

一、电压

电压，也称作电动势或电势差、电位差，电压是指电路中任意两点 A、B 之间的电势的差。这个概念与水位高低所造成的“水压”相似。如图 1-1 和图 1-2 所示，水的流动是因为有水压或者是有位置差，水才由高水位向低水位流动。在电路中由于有电压或者有电位差，电流就会从高电位流向低电位，两点之间就像有一种力量的存在，这种力量就是电压，电压是产生电流不可缺少的条件。

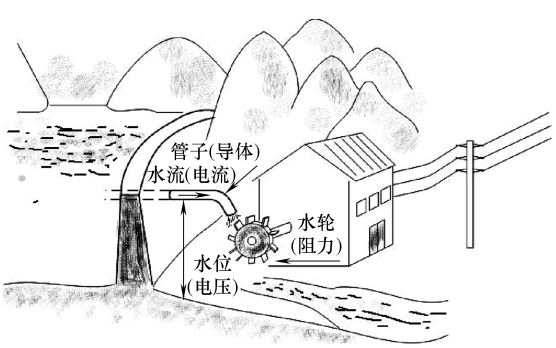


图 1-1 大坝

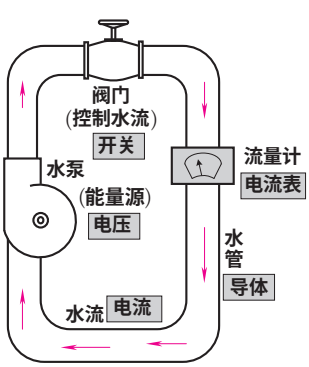


图 1-2 水泵

这里需要指出的是，“电压”和“电动势”一般只用于实际电路当中，“电势差”和“电位差”则普遍应用于分析一切电的现象当中。在实际电路中，电压推动电流从高电位流向低电位而做功；“电势差”和“电位差”是表明电位有高低之差并不肯定有通路可以产生电流而做功。这就如同图 1-3 所示的水塔中的水和水滴一样，都是一样的

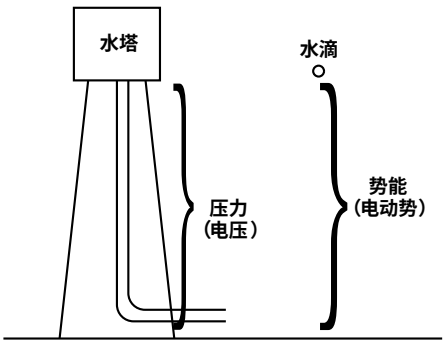


图 1-3　电压与电动势

高度，但水塔中的水可以通过管道流动而做功，而水滴却不能。

二、电流

大家都知道什么是“水流 ”，就是水的流动。如果水是静止的，只能叫做水，不能叫水流；只有当水在不平的地方（势差）时，它才会流动，这时候就叫做水流，并且总是从高处往低处流动的。电流和这个非常相似，金属导线里面有大量的自由电子（就像湖泊里面有大量的水滴一样），但这时候还只是叫电子，只有当它们因为某种原因共同运动时，才会被称作“电流”。当然它们只能在导线里面流动，不能“流”到导线外面来。

三、电阻

在水流动的中途装有阀门，它是为了控制水的流动，又如管子的拐弯影响水的流动，这些都对水产生了阻力改变了水的流量，与它同样作用的现象在电工学中我们称为“电阻”。

电流在导线里面的流动应该是很流畅的，但当它进入到某些电子器件的时候，流动就不会那么顺畅，会受到阻力，我们把这种电子元件叫做电阻元件。

四、绝缘

如同水流流动的水管一样，在电路中也有用于电流流动的“通道”，我们把这个通道称为“导体”。若导体是裸露的，当它与其他的导体接触时，电流就会脱离原来的通道流到别处去 ，为了防止这种情况的发生，要把导体用其他材料包裹起来以防止电流流到别处，这就叫做“绝缘”。

第二节　电压的有关知识

一、电压单位

电压以伏特（V）为单位，简称伏，常用的单位还有千伏（kV）、毫伏（mV）、微伏（μV）等。它们之间的换算关系如下：

$$1\text{kV} = 1000\text{V} \qquad 1\text{V} = 1000\text{mV} \qquad 1\text{mV} = 1000\mu\text{V}$$

二、电压的分类

电压可分为直流电压和交流电压；高电压、低电压和安全电压。

交流电也称“交变电流”，简称“交流”，一般指大小和方向随时间作周期性变化的电压或电流。它最基本的形式是正弦电流。我国交流电供电的标准频率规定为 50Hz（赫兹），日本、欧美等国家和地区为 60Hz。直流电是指方向一定而大小不变的电流，我们使用的手电筒和拖拉机、汽车上的电池提供的都是直流电。

高、低压的区别是以电气设备的对地的电压值为依据的：对地电压高于 250V 的为高压；对地电压小于 250V 的为低压。

安全电压指人体较长时间接触而不致发生触电危险的电压。按照国家标准 GB/T 3805—2008《特低电压（ELV）限值》，安全电压规定了是为防止触电事故而采用的、由特定电源供电的电压系列。根据使用环境我国对工频安全电压规定了五个等级，即 42V、36V、24V、12V 以及 6V。

三、了解我们日常常见电气设备的电压值

电视信号在天线上感应的电压：约 0.1mV。

维持人体生物电流的电压：约 1mV。

碱性电池标称电压：1.5V。

电子手表用氧化银电池两极间的电压：1.5V。

一节蓄电池电压：2V。

手持移动电话的电池两极间的电压：3.6V。

干燥情况下对人体安全的电压不高于 36V。

家庭电路的电压：220V（日本和一些欧洲的国家和地区的家用电压为110V）。
动力电路电压：380V。
无轨电车电源的电压直流550～600V。
地铁电压：直流815V。
列车上方电网电压：1500V。
电视机显像管的工作电压：10kV以上。
发生闪电的云层间电压可达10^3kV。
干电池两级间的电压：1.5V。

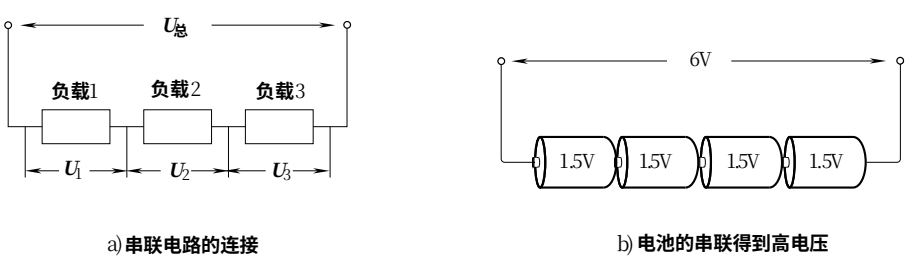
四、电路的连接与电压的关系

由于电路中各种电器设备的连接方法不同，各负载（元件）两端的电压也不一样。

在串联电路中，电路元件（如电阻、电容、电感、电池等）是逐个顺次首尾相连接的，串联电路两端总电压等于各负载（元件）电路两端电压和，如图1-4a所示。电源串联等于电压相加，我们日常使用的手电筒就是电压串联的，四个1.5V的电池串联得到6V的电压手电筒就很亮，如图1-4b所示。

公式：

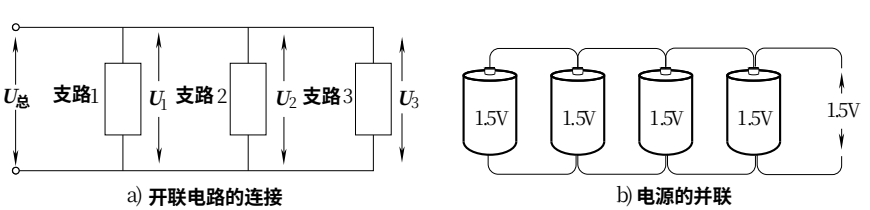
$$U_{总} = U_1 + U_2 + U_3$$



a) 串联电路的连接　　b) 电池的串联得到高电压

图1-4　串联电器电压

在并联电路中，并联就是电路元件首与首、尾与尾相接连起来并与电源的正负极相连，并联电路各支路两端电压相等，且等于电源电压，如图1-5a所示。电源并联时总电压不变但输出能力增倍，如图1-5b所示。



a) 开联电路的连接　　b) 电源的并联

图1-5　并联电路电压

公式：

$$U_{总} = U_1 = U_2 = U_3$$

五、电压偏高的危害



如果电压偏高对于用电设备的使用是不利的，用电设备应当在额定的电压范围内使用。

1. 偏高的工作电压将直接影响灯泡和其他电器的使用寿命

如果普通灯泡的工作电压升高5%，则它的寿命将缩短一半。反过来，若电压降低到额定值的95%，则平均寿命将延长一倍。

偏高的工作电压，将使灯泡和镇流器的耗电明显升高。以高压钠灯的工作情况来看，当工作电压上升至额定电压的1.1倍时，光通量将升至额定值的1.35倍，其功耗将增至额定值的1.3倍。

偏高的工作电压同样对电动机、变压器类的用电设备的使用寿命及工作性能带来诸多不良影响。对于电动机类设备，由于其自身损耗几乎与其工作电压的二次方成正比，偏高的工作电压将使电动机的损耗显著上升，电动机发热严重，长时间工作将直接影响电动机的正常使用寿命，同时还会使电动机的运行噪声增加，整体工作效率下降。

2. 居民用电量大幅增加

电压高于标准值，对于电饭锅、电水壶等短时使用的热功率性电器来说，影响不大，因为电压高造成的功率加大体现为完成任务时间缩短，不会造成用电量加大；但对电视、电脑、洗衣机、电冰箱等以时间为主要计量单位的电器来说，由于这些电器并非始终工作在额定功率，电压升高，会导致其实际功率加大，就意味着用电量大幅增加，这就是很多住户在搬入新小区后感觉用电量增加的主要原因。

3. 设备损坏可能性加大，跳闸次数增多

大多数民用电器（特别是笔记本电脑等高科技产品）的用电最高电压标准是240V，部分宽电压机型耐压强度为250V。电网输送的标准电压为235V，遇到电网电压波动时，电压极易超过240V，特别是在高温、高湿的情况下，容易产生电弧放电，部分不合格电器有可能出现漏电跳闸现象，这也是许多新建小区频繁跳闸的一个主要原因。质量不合格的产品则可能因此被击穿烧毁，严重的甚至引发火灾。电压越高，家用电器漏电的可能性越大。

4. 家用电器失去保修服务

各种家用电器的产品三包政策中都明确规定，因电压过高而导致的产品损坏（一般表现为电容击穿或起火冒烟），不属于保修范围。这就意味着在电压过高的情况下，一旦发生电器损坏，所有损失只能由用户个人承担。

六、电压偏低的危害

1. 烧坏电动机

电压降低超过 10% 时，将使电动机的电流过大，绕组的温度过高，并且转矩大幅下降严重时会使电动机拖不动机械（如卷扬机、水泵等）而停止运转或无法起动，甚至烧坏电动机。

2. 电灯发暗

电压降低 5%，普通电灯的照度降低 18%；电压降低 10%，则照度降低约 35%。

3. 增大线路损耗

在输送一定电能时，电压降低，电流增大，线路损耗也相应增大。以最高负荷为 100 万 kVA 的电力系统为例，每年线路损耗电能增大约为 5000 万 kWh。

4. 送变电设备能力减低

例如电压降低到额定值的 80% 时，变压器和线路输送的有功负荷只有额定容量的 64%。

5. 发电机有功功率降低

当电网电压过低而迫使发电机电压降低 10% ~16% 时，发电机的有功功率和无功功率将减少 10% ~15%。若发电机无功负荷较多，将进一步降低对有功负荷的供电能力。

6. 造成电压崩溃和大面积停电事故

在电网枢纽变电站和受电地区的电压降低到额定电压的 70% 左右时就可能发生电压崩溃事故。即送电线路负荷稍有增加，受电地区电压下降，进一步造成线路负荷增加。如此形成恶性循环，只能甩去大量负荷保证电压稳定，这就造成大面积停电事故。

第三节　电　　流

一、电流的形成

电流，是指电荷的定向移动。电源的电动势形成了电压，由此产生了电场力，在电场力的作用下，处于电场内的电荷发生定向移动，就形成了电流。通俗地说电流是