

简单轻松学技能丛书

其实学习知识可以很简单
其实练习技能可以很轻松

韩雪涛 主编

韩广兴 吴瑛 副主编

简单轻松

学

电气控制与PLC应用



愉快的学习历程 轻松的学习体验



细致的图解演示 精彩的案例指导



轻松的语言表达 直白的情境对话



真实的场景再现 丰富的图解效果



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

简单轻松学技能丛书

简单轻松学

电气控制与PLC应用

韩雪涛 主 编

韩广兴 吴 瑛 副主编



机械工业出版社

本书从初学者的学习目的出发,将电气控制与 PLC 应用技能的行业标准和从业要求融入到图书的架构体系中。同时,本书注重知识的循序渐进,注重情景课堂式的口语化和可读性,并在整个编写架构上做了全新的调整,以适应读者的学习习惯和学习特点,将电气控制与 PLC 应用这项技能划分成如下 13 个教学模块:第 1 章,学一些电气控制的基础知识;第 2 章,认识一下电气控制中的元器件;第 3 章,需要搞清楚电动机;第 4 章,轻松搞定电气控制中的控制关系;第 5 章,通过案例搞清楚直流电动机的控制电路;第 6 章,通过案例搞清楚单相交流电动机的控制电路;第 7 章,通过案例搞清楚三相交流电动机的控制电路;第 8 章,通过案例搞清楚低压供电系统的电气控制;第 9 章,通过案例搞清楚高压供电系统的电气控制;第 10 章,通过案例搞清楚工业电气设备的电气控制;第 11 章,通过案例搞清楚农业电气设备的电气控制电路;第 12 章,充满神秘的 PLC;第 13 章,通过案例搞清楚 PLC 的更多应用。

本书可作为电工电子专业技能培训的辅导教材,以及各职业技术学院电工电子专业的实训教材,也适合从事电工电子行业生产、调试、维修的技术人员和业余爱好者阅读。

图书在版编目 (CIP) 数据

简单轻松学电气控制与 PLC 应用/韩雪涛主编. —北京:机械工业出版社, 2014. 1

(简单轻松学技能丛书)

ISBN 978-7-111-45258-4

I. ①简… II. ①韩… III. ①电气控制-基本知识②plc 技术-基本知识
IV. ①TM571. 2②TM571. 6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 310635 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:张俊红 责任编辑:赵玲丽 版式设计:霍永明

责任校对:陈立辉 封面设计:路恩中 责任印制:李 洋

三河市宏达印刷有限公司印刷

2014 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·19.5 印张·530 千字

0001—4000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-45258-4

定价:49.80 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



前言

近几年，随着电工电子技术的发展，电工电子市场空前繁荣，各种新型、智能的家用电子产品不断融入到人们的学习、生产和生活中。产品的丰富无疑带动了整个电工电子产品的生产制造、调试维修等行业的发展，具备专业电工电子维修技能的专业技术人员越来越受到市场的青睐和社会的认可，越来越多的人希望从事电工电子维修的相关工作。

在电工电子产品的安装、调试、维修的各个领域，电气控制与 PLC 应用技能是非常重要的一项实用操作技能。随着社会现代化和智能化进程的加剧，该项技能被越来越多的学习者所重视，越来越多的人希望掌握电气控制与 PLC 应用的技能，并凭借该技能实现就业或为自己的职业生涯提供更多的机会和选择。

因此，纵观整个电子电工图书市场，与电气控制与 PLC 应用技能有关的图书是近些年各个出版机构关注的重点，同时也被越来越多的读者所关注；加之该项技能与社会岗位需求紧密相关，技术的更新、行业竞争的加剧，都对电气控制与 PLC 应用技能的学习提出了更多的要求。电气控制与 PLC 应用类的图书每年都有很多新的品种推出，对于我们而言，从 2005 年至今，有关电气控制与 PLC 应用方面的选题也就从不曾间断，这充分说明了这项技能的受众群体巨大。同时，这项技能作为一项非常重要的基础技能，会随着整个产业链条的发展而发展，随着市场的更新而更新。

我们作为专业的技能培训鉴定和咨询机构，每天都会接到很多读者的来信和来电。他们在对我们出版的有关电气控制与 PLC 应用内容的图书表示认可的同时，也对我们提出了更多的希望和要求，并提出了很多针对实际工作现状的图书改进方案。我们对这些意见进行归纳汇总，并结合当前市场的培训就业特点，精心组织编写了这套《简单轻松学技能丛书》，希望通过机械工业出版社出版这套重点图书的契机，再创精品。

本书根据目前的国家考核标准和岗位需求，将电气控制与 PLC 应用的技能进行重组，完全从初学者的角度出发，将学习技能作为核心内容、将岗位需求作为目标导向，将近一段时间收集整理的包含电气控制与 PLC 应用技能的案例和资料进行筛选整理，充分发挥图解的优势，为本书增添更多新的素材和实用内容。

为确保本书的知识内容能够直接指导实际工作和就业，本书在内容的选取上从实际岗位需求的角度出发，将国家职业技能鉴定和数码维修工程师的考核认证标准融入到本书的各个知识点和技能点中，所有的知识技能在满足实际工作需要的同时，也完全符合国家职业技能和数码维修工程师相关专业的考核规范。读者通过学习不仅可以掌握电工电子的专业知识技能，同时还可以申报相应的国家工程师资格或国家职业资格认证，以争取获得国家统一的专业技术资格证书，真正实现知识技能与人生职业规划的巧妙融合。

本书在编写内容和编写形式上做了较大的调整和突破，强调技能学习的实用性、便捷性和时



效性。在内容的选取方面,本书也下了很大的功夫,结合国家职业资格认证、数码维修工程师考核认证的专业考核规范,对电工电子行业需要的相关技能进行整理,并将其融入到实际的应用案例中,力求让读者能够学到有用的东西,能够学以致用。另外,本书在表现形式方面也更加多样,将“图解”、“图表”、“图注”等多种表现形式融入到知识技能的讲解中,使之更加生动形象。

此外,本书在语言表达上做了大胆的突破和尝试:从目录开始,章节的标题就采用更加直接、更加口语化的表述方式,让读者一看就能明白所要表达的内容是什么;书中的文字表述也是力求更加口语化,更加简洁明确。在此基础上,与书中众多模块的配合,本书营造出一种情景课堂的学习氛围,充分调动读者的学习兴趣,确保在最短时间内完成知识技能的飞速提升,使读者学习兴趣和学习效果都大大提升。同时在语言文字和图形符号方面,本书尽量与广大读者的行业用语习惯贴近,而非机械地向有关标准看齐,这点请广大读者注意。

本书由韩雪涛任主编,韩广兴、吴瑛任副主编,参与编写的人员还有张丽梅、宋永欣、梁明、宋明芳、孙涛、马楠、韩菲、张湘萍、吴鹏飞、韩雪冬、吴玮、高瑞征、吴惠英、周文静、王新霞、孙承满、周洋、马敬宇等。

另外,本书得到了数码维修工程师鉴定指导中心的大力支持。为了更好地满足广大读者的需求,以达到最佳的学习效果,本书读者除可获得免费的专业技术咨询外,每本图书都附赠价值50积分的数码维修工程师远程培训基金(培训基金以“学习卡”的形式提供),读者可凭借此卡登录数码维修工程师的官方网站(www.chinadse.org)获得超值技术服务。网站提供有最新的行业信息,大量的视频教学资源、图纸手册等学习资料,以及技术论坛等。读者凭借学习卡可随时了解最新的数码维修工程师考核培训信息;知晓电工电子领域的业界动态;实现远程在线视频学习;下载需要的图纸、技术手册等学习资料。此外,读者还可通过网站的技术交流平台进行技术交流与咨询。

读者通过学习与实践后,还可报名参加相关资质的国家职业资格或工程师资格认证,通过考核后可获得相应等级的国家职业资格或数码维修工程师资格证书。如果读者在学习和考核认证方面有什么问题,可通过以下方式与我们联系。

数码维修工程师鉴定指导中心

网址: <http://www.chinadse.org>

联系电话: 022-83718162/83715667/13114807267

E-mail: chinadse@163.com

地址: 天津市南开区榕苑路4号天发科技园8-1-401

邮编: 300384

编者

2014年春



前言

第1章 学一些电气控制的基础知识	1
1.1 认识直流电	1
1.1.1 什么是直流电	1
1.1.2 什么是直流电路	2
1.2 认识交流电	4
1.2.1 什么是交流电	4
1.2.2 什么是交流电路	8
1.3 认识常用电气设备和供电线路	12
1.3.1 有意思的家用电器及其供电线路	12
1.3.2 有意思的大型电器及其供电方式	14
第2章 认识一下电气控制中的元器件	17
2.1 认识开关	17
2.1.1 什么是开关	17
2.1.2 常见的开关有哪些	17
2.2 认识继电器	24
2.2.1 通用继电器的功能	24
2.2.2 控制继电器的功能	27
2.2.3 保护继电器的功能	30
2.3 认识接触器	34
2.3.1 交流接触器的功能	34
2.3.2 直流接触器的功能	36
2.4 认识传感器	38
2.4.1 光电传感器的功能	39
2.4.2 温度传感器的功能	43
2.4.3 湿度传感器的功能	44
2.4.4 霍尔(磁电)传感器的功能特点	45
2.5 认识保护器	46



2.5.1 熔断器的功能	46
2.5.2 断路器的功能	51
2.6 认识变压器	55
2.6.1 电源变压器的功能	56
2.6.2 中频变压器的功能	56
2.6.3 音频变压器的功能	56
2.6.4 脉冲变压器的功能	57
2.6.5 电力变压器的功能	58
第3章 需要搞清楚的电动机	62
3.1 什么是直流电动机	62
3.1.1 直流电动机有什么用	63
3.1.2 直流电动机怎么工作	66
3.2 什么是单相交流电动机	68
3.2.1 单相交流电动机有什么用	71
3.2.2 单相交流电动机怎么工作	72
3.3 什么是三相交流电动机	76
3.3.1 三相交流电动机有什么用	78
3.3.2 三相交流电动机怎么工作	79
第4章 轻松搞定电气控制中的控制关系	85
4.1 开关的控制关系	85
4.1.1 电源开关的控制关系	85
4.1.2 按钮开关的控制关系	86
4.2 继电器的控制关系	89
4.2.1 继电器常开触点的控制关系	90
4.2.2 继电器常闭触点的控制关系	90
4.2.3 继电器转换触点的控制关系	92
4.3 接触器的控制关系	95
4.3.1 交流接触器的控制关系	95
4.3.2 直流接触器的控制关系	99
4.4 传感器的控制关系	100
4.4.1 温度传感器的控制关系	100
4.4.2 湿度传感器的控制关系	102
4.4.3 光电传感器的控制关系	103
4.4.4 磁电传感器的控制关系	103
4.4.5 气敏传感器的控制关系	107
4.4.6 振动传感器的控制关系	109
4.5 保护器的控制关系	110
4.5.1 熔断器的控制关系	110



4.5.2	漏电保护器的控制关系	112
4.5.3	温度继电器的控制关系	113
4.5.4	过热保护继电器的控制关系	115
4.5.5	避雷器的控制关系	116
第5章	通过案例搞清楚直流电动机的控制电路	120
5.1	了解一下直流电动机的控制过程	120
5.1.1	看看直流电动机的控制电路中有哪些器件	120
5.1.2	怎样做到对直流电动机的控制	120
5.2	这些直流电动机的控制效果是如何实现的	125
5.2.1	减压起动的直流电动机控制是如何实现的	125
5.2.2	直流电动机正反转连续控制是如何实现的	128
5.2.3	直流电动机调速控制是如何实现的	132
5.2.4	直流电动机能耗制动控制是如何实现的	134
第6章	通过案例搞清楚单相交流电动机的控制电路	141
6.1	了解一下单相交流电动机的控制过程	141
6.1.1	看看单相交流电动机有哪些驱动方式	141
6.1.2	看看单相交流电动机的控制电路中有哪些器件	145
6.1.3	怎样做到对单相交流电动机的控制	146
6.2	这些单相交流电动机的控制效果是如何实现的	150
6.2.1	采用点动开关对单相交流电动机进行的正反转控制是如何实现的	150
6.2.2	采用限位开关对单相交流电动机进行的控制是如何实现的	151
6.2.3	采用旋转开关对单相交流电动机进行的正反转控制是如何实现的	158
第7章	通过案例搞清楚三相交流电动机的控制电路	161
7.1	了解一下三相交流电动机的控制过程	161
7.1.1	看看三相交流电动机控制电路中有哪些部件	161
7.1.2	怎样做到对三相交流电动机的控制	161
7.2	这些三相交流电动机的控制效果是如何实现的	166
7.2.1	Y- Δ 减压起动的三相交流电动机控制是如何实现的	166
7.2.2	采用旋转开关对三相交流电动机进行的点动、连续控制是如何实现的	169
7.2.3	三相交流电动机的正反转控制是如何实现的	172
7.2.4	三相交流电动机定时起动、停机的控制是如何实现的	175
第8章	通过案例搞清楚低压供电系统的电气控制	180
8.1	了解一下低压供电系统的电气控制过程	180
8.1.1	看看低压供电系统的电气控制电路中有哪些器件	180
8.1.2	怎样做到对低压供电系统的电气控制	180
8.2	这些低压供电系统的电气控制效果是如何实现的	183



8.2.1	低压配电开关设备的电气控制是如何实现的	183
8.2.2	低压配电柜供电线路的电气控制是如何实现的	184
8.2.3	锅炉房低压供电系统的电气控制是如何实现的	188
第9章	通过案例搞清楚高压供电系统的电气控制	191
9.1	了解一下高压供电系统的电气控制过程	191
9.1.1	看看高压供电系统的电气控制电路中有哪些器件	191
9.1.2	怎样做到对高压供电系统的电气控制	194
9.2	这些高压供电系统的电气控制效果是如何实现的	196
9.2.1	楼宇变电所高压供电系统的电气控制效果是如何实现的	196
9.2.2	企业 10kV 配电柜高压供电系统的电气控制是如何实现的	198
9.2.3	工厂配电高压供电系统的电气控制是如何实现的	199
第10章	通过案例搞清楚工业电气设备的电气控制	203
10.1	了解一下工业电气设备的电气控制过程	203
10.1.1	看看工业电气设备的电气控制电路中有哪些器件	203
10.1.2	怎样做到对工业电气设备的电气控制	203
10.2	这些工业电气设备的电气控制效果是如何实现的	209
10.2.1	带有继电器的电动机供电控制电路是如何实现的	209
10.2.2	货物升降机的自动运行控制电路是如何实现的	211
10.2.3	B690 型液压牛头刨床控制电路中电气设备的控制是如何实现的	215
10.2.4	Y7131 型齿轮磨床控制电路中电气设备是如何实现的	219
第11章	通过案例搞清楚农业电气设备的电气控制	226
11.1	了解一下农业电气设备的电气控制过程	226
11.1.1	看看农业电气设备的电气控制电路中有哪些器件	226
11.1.2	怎样做到对农业电气设备的电气控制	226
11.2	这些农业电气设备的电气控制效果是如何实现的	230
11.2.1	禽蛋孵化恒温箱控制电路中电气设备的电气控制是如何实现的	230
11.2.2	稻谷加工机电气控制电路中电气设备的电气控制是如何实现的	233
11.2.3	禽类养殖孵化室湿度控制电路中电气设备的电气控制是如何实现的	235
11.2.4	养鱼池间歇增氧控制电路中电气设备的电气控制是如何实现的	238
11.2.5	农田排灌自动控制电路中电气设备的电气控制是如何实现的	240
第12章	充满神秘的 PLC	246
12.1	什么是 PLC	246
12.1.1	PLC, 好奇怪的名字	246
12.1.2	PLC 里有什么	247
12.1.3	PLC 是如何工作的	248
12.2	PLC 有什么用	256



12.2.1 我们周围的 PLC	256
12.2.2 看看 PLC 的产品	261
第13章 通过案例搞清楚 PLC 的更多应用	272
13.1 应用 PLC 如何实现三相交流电动机的连续控制	272
13.1.1 先看看应用 PLC 的三相交流电动机连续控制电路	272
13.1.2 搞清楚 PLC 是如何做到对三相交流电动机进行连续控制的	274
13.2 应用 PLC 如何实现三相交流电动机的减压起动控制	275
13.2.1 先看看应用 PLC 的三相交流电动机减压起动控制电路	276
13.2.2 搞清楚 PLC 是如何做到对三相交流电动机进行减压起动控制的	277
13.3 C620—1 型卧式车床的 PLC 控制是如何实现的	279
13.3.1 先看看 C620—1 型卧式车床的结构	279
13.3.2 搞清楚 PLC 是如何做到对 C620—1 型卧式车床进行连续控制的	280
13.4 电动葫芦的 PLC 控制是如何实现的	283
13.4.1 先看看应用 PLC 控制的电动葫芦	283
13.4.2 搞清楚 PLC 是如何做到对电动葫芦进行控制的	286
13.5 自动门的 PLC 控制是如何实现的	289
13.5.1 先看看应用 PLC 控制的自动门	290
13.5.2 搞清楚 PLC 是如何做到对自动门进行控制的	292
13.6 蓄水池的 PLC 控制是如何实现的	295
13.6.1 先看看应用 PLC 控制的蓄水池	296
13.6.2 搞清楚 PLC 是如何做到对蓄水池进行控制的	298

学一些电气控制的基础知识



现在我们开始进入第1章的学习，这一章我们要学习一下电气控制的基础知识。在电工领域，电气控制与PLC应用可谓是门新兴的专业科目，随着电气智能化程度的逐步提高，电气控制与PLC应用技术越来越受到关注，对于初学者来说，在学习电气控制与PLC应用之初，一定要对电气控制的基础电路知识有所了解，要清楚什么是直流，什么是交流，明白直流电路与交流电路的特点与区别，知晓电气设备的常用供电方式。这样，方可进入更高阶段的学习和训练。

总之，基础非常重要。下面，我们会通过很多精彩的图示和案例进行讲解，大家要认真学习噢！

1.1 认识直流电



我们先对直流电的相关知识进行学习，在学习之前，我们先对直流电进行认识，学习一下什么是直流电。

1.1.1 什么是直流电



直流电（direct current, DC）是指电流流向单一，其方向和时间不作周期性变化的电流，即电流的时间方向固定不变，是由正极流向负极，但电流的大小可能不固定。

直流电可以分为脉动直流和恒定直流两种，如图1-1所示，脉动直流中直流电流大小不稳定；而恒定电流中的直流电流大小能够一直保持恒定不变。



图 1-1 脉动直流和恒定直流

一般将可提供直流电的装置称为直流电源，它是一种形成并保持电路中恒定直流的供电装置，例如干电池、蓄电池、直流发电机等直流电源，直流电源有正、负两级，当直流电源为电路供电时，直流电源能够使电路两端之间保持恒定的电位差，从而在外电路中形成由电源正极到负极的电流，如图1-2所示。

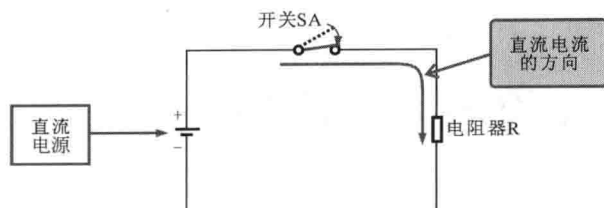


图 1-2 直流的形成

1.1.2 什么是直流电路



由直流电通过的电路称为直流电路，该电路是指电流流向恒定的电路，即电流方向与大小不随时间产生变化，它是最基本也是最简单的电路。

在生活和生产中采用电池供电的电器，都采用直流供电方式，如低压小功率照明灯、直流电动机等。还有许多电器是利用交流—直流变换器，将交流变成直流再为电器产品供电。图 1-3 所示为直流电动机驱动电路，它采用的直流电源供电，这是一个典型的直流电路。

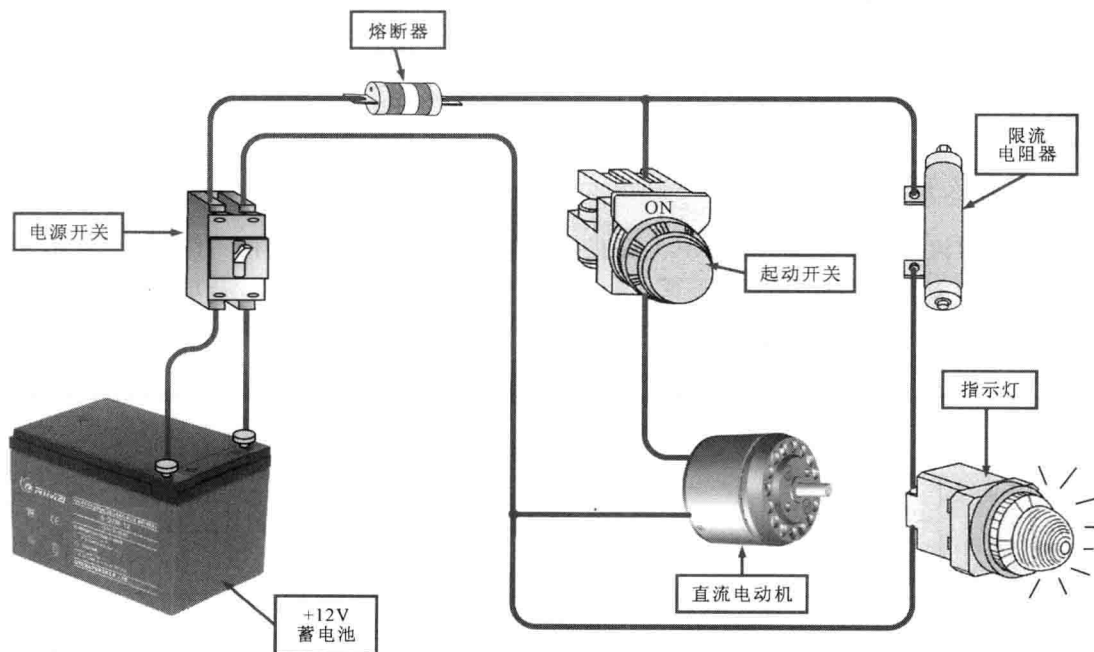


图 1-3 直流电动机驱动电路

家庭或企事业单位的供电都是采用交流 220V、50Hz 的电源，而在电子设备内部各电路单元及其元件则往往需要多种直流电压，因而需要一些电路将交流 220V 电压变为直流电压，供电路各部分使用，如图 1-4 所示，交流 220V 电压经变压器 T，先变成交流低压（12V）；再经整流二极管 VD 整流后变成脉动直流；脉动直流经 LC 滤波后变成稳定的直流电压。

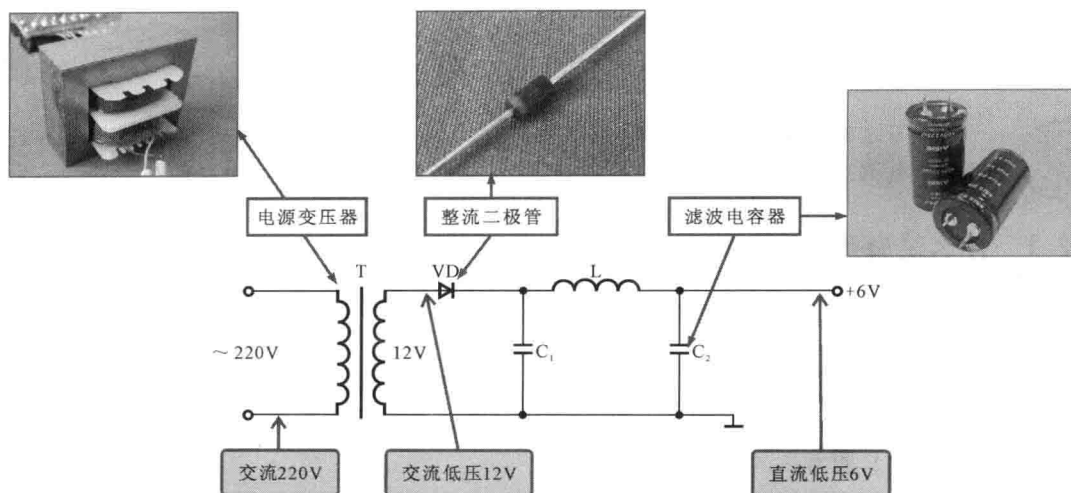


图 1-4 直流电源电路



【资料】

一些电器如电动车、手机、收音机、随身听等，是借助充电器给电池充电后获取电池的直流电压。值得一提的是，不论是电动车的大充电器，还是手机、收音机等的小型充电器，都需要从市电交流 220V 的电源中获得能量，利用充电器将交流 220V 变为所需的直流电进行充电的。还有一些电子产品将直流电源作为附件，制成一个独立的电路单元，称为电源适配器（简称适配器）。如笔记本电脑、摄录一体机等，通过电源适配器与 220V 相连，适配器将 220V 交流电转变为直流电后为用电设备提供所需要的电压，如图 1-5 所示。

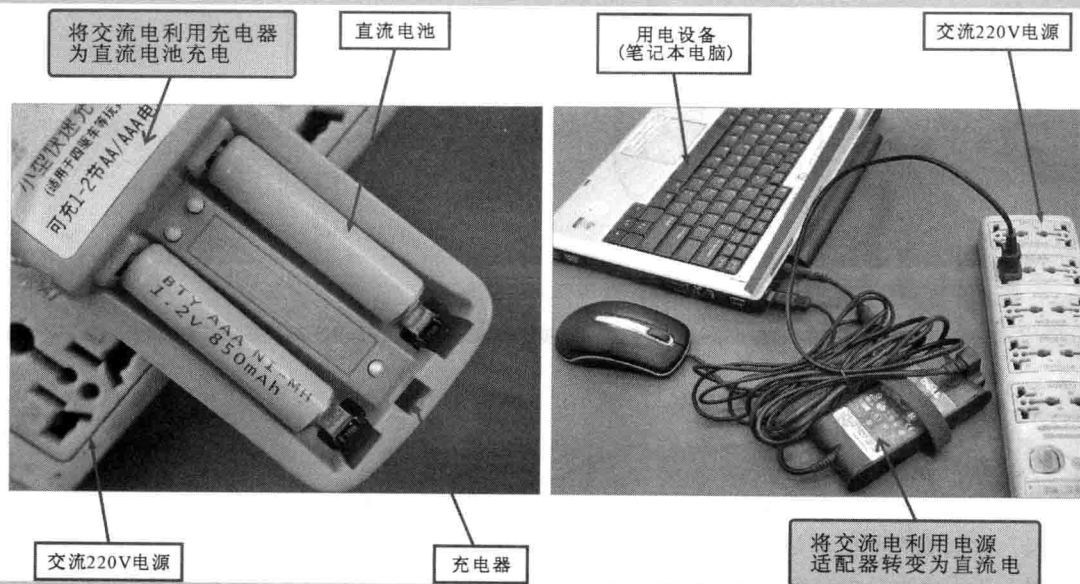


图 1-5 利用 220V 交流供电的设备



1.2 认识交流电



在学习之前，我们先对交流电的概念进行认识，学习一下什么是交流电，然后进一步对交流电路进行学习。

1.2.1 什么是交流电



交流电（alternating current，AC）一般是指电流的大小和方向会随时间作周期性变化的电流。

人们在日常生活中所有的电器产品都需要有供电电源才能正常工作，大多数的电器设备都是由市电交流 220V、50Hz 作为供电电源。这是我国公共用电的统一标准，交流 220V 电压是指相线（即火线）对零线的电压。

交流电是由交流发电机产生的，交流发电机可以产生单相和多相交流电压，如图 1-6 所示。

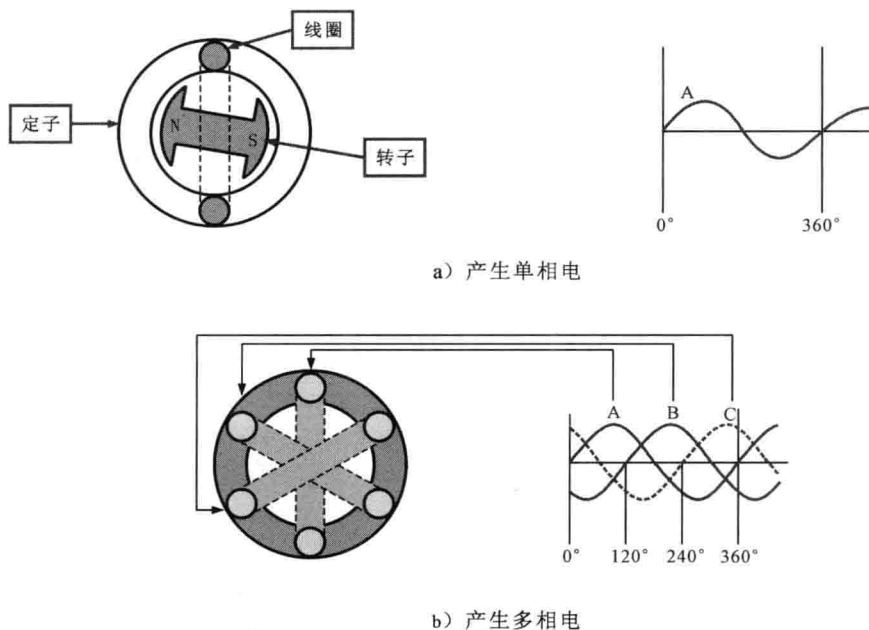


图 1-6 单相交流电压和多相交流电压的产生

1. 单相交流电

单相交流电是以一个交变电动势作为电源的电力系统，在单相交流电路中，只具有单一的交流电压，其电流和电压都是按一定的频率随时间变化的。

图 1-7 所示为单相交流电的产生。在单相交流发电机中，只有一个线圈绕制在铁心上构成定子，转子是永磁体，当其内部的定子和线圈为一组时，它所产生的感应电动势（电压）也为一组，由两条线进行传输，这种电源就是单相电源，这种配电方式称为单相二线制。

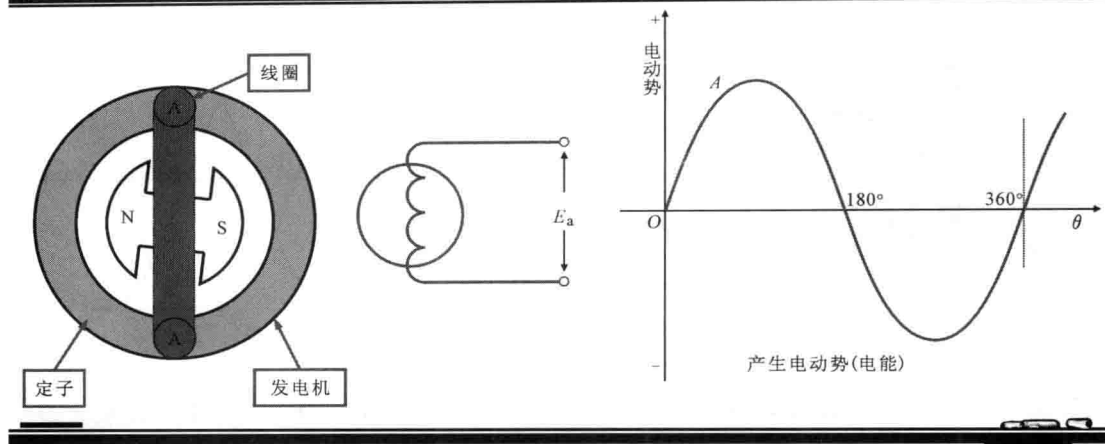


图 1-7 单相交流电的产生

2. 多相交流电

多相交流电根据相线的不同,还可以分为二相交流电和三相交流电。

(1) 二相交流电

在发电机内设有两组定子线圈,它们互相垂直地分布在转子外围,如图 1-8 所示。转子旋转时两组定子线圈产生两组感应电动势,这两组电动势之间有 90° 的相位差。这种电源为两相电源,多在自动化设备中使用。

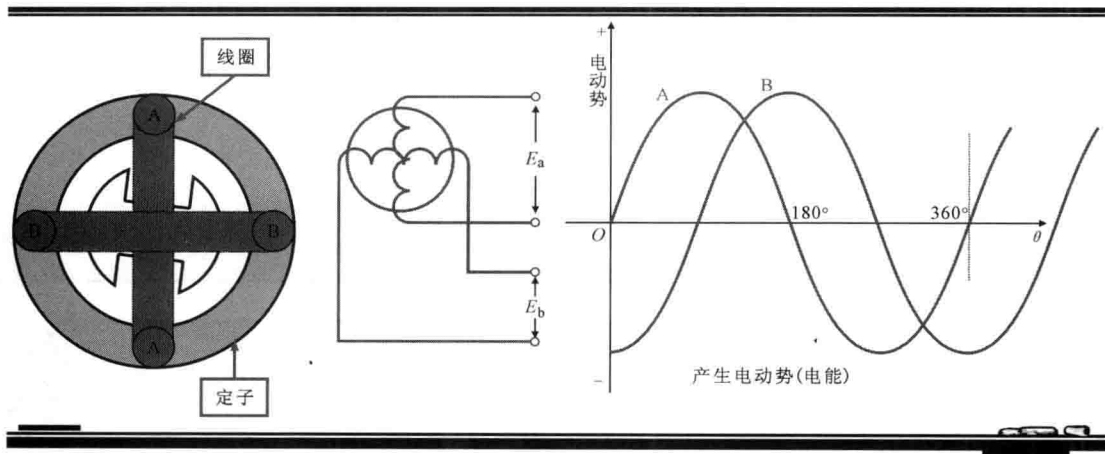


图 1-8 二相交流电的产生

(2) 三相交流电

通常,把三相电源的线路中产生的电压和电流统称三相交流电,这种电源由三条线来传输,三线之间的电压大小相等(380V)、频率相同(50Hz)、相位差为 120° ,如图 1-9 所示。

三相交流电是由三相交流发电机产生的。在定子槽内放置着三个结构相同的定子绕组 A、B、C,这些绕组在空间互隔 120° 。转子旋转时,其磁场在空间按正弦规律变化,当转子由水轮机或汽轮机带动以角速度 ω 等速地顺时针方向旋转时,在三个定子绕组中,就产生频率相同、幅值相等、相位上互差 120° 的三个正弦电动势,这样就形成了对称三相电动势。

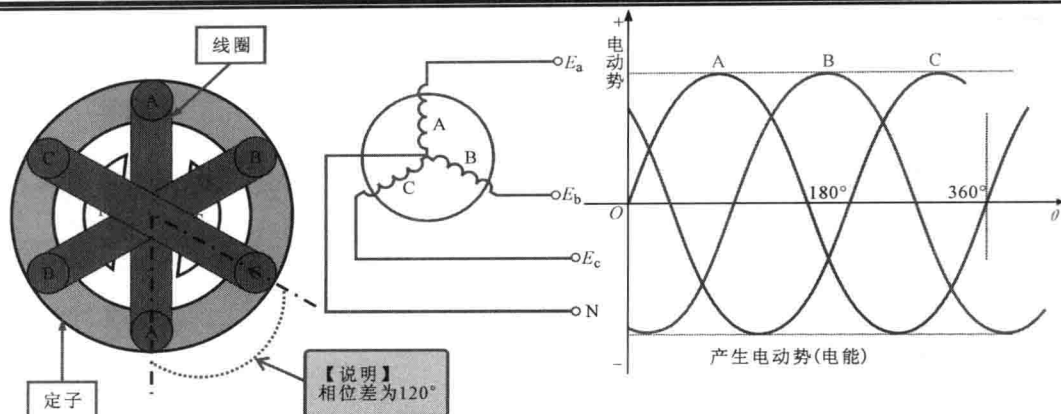


图 1-9 三相交流发电机



【资料】

三相交流电路中，相线（火线）与零线（中性线）之间的电压为 220V，而相线之间的电压为 380V，如图 1-10 所示。

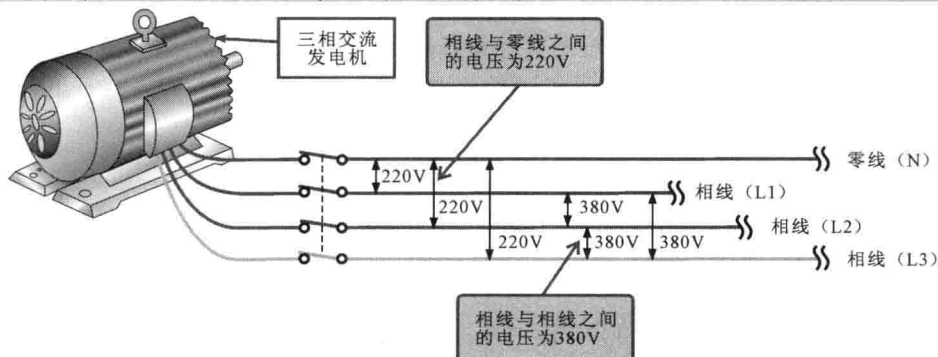


图 1-10 三相交流电路电压的测量

提问

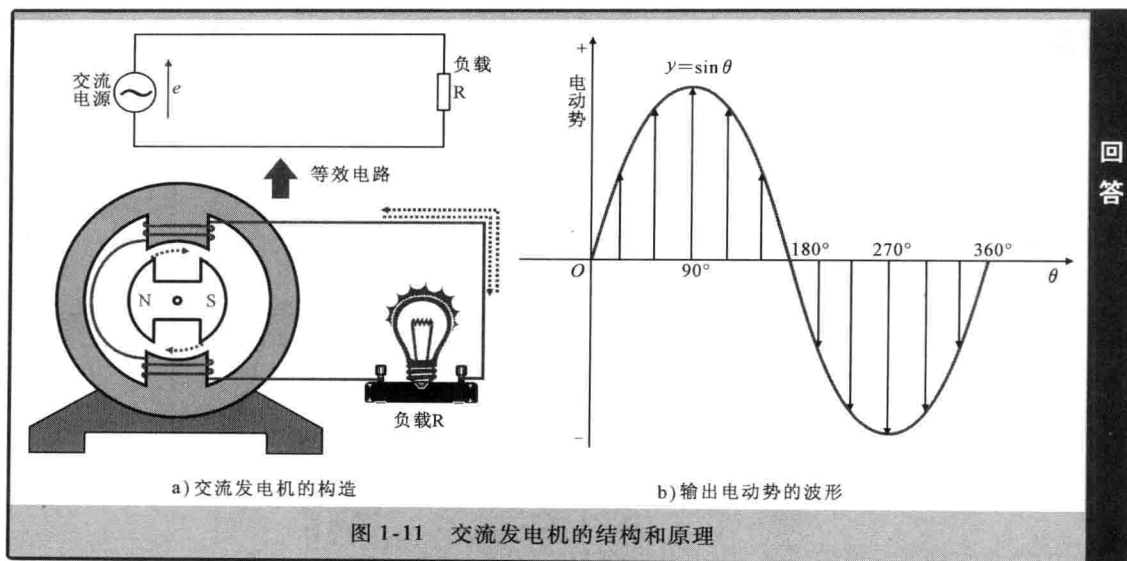
为什么交流发电机就可以输出交流电呢？它是怎么做到的？



回答



交流发电机的基本结构如图 1-11 所示，转子是由永磁体构成的。当水轮机或汽轮机带动发电机转子旋转时，转子磁极旋转，会对定子线圈辐射磁场，磁力线切割定子线圈，定子线圈中便会产生感应电动势，转子磁极转动一周就会使定子线圈产生相应的电动势（电压）。由于感应电动势的强弱与感应磁场的强度成正比，感应电动势的极性也与感应磁场的极性相对应。定子线圈所受到的感应磁场是正反向交替周期性变化的。转子磁极匀速转动时，感应磁场是按正弦规律变化的，发电机输出的电动势则为正弦波形。



【资料】

发电机是根据电磁感应原理产生电动势的。当线圈受到变化磁场的作用时，即线圈切割磁力线时，便会产生感应磁场。感应磁场的方向与作用磁场方向相反。发电机的转子可以被看做是一个永磁体。如图 1-12a 所示，当 N 极旋转并接近定子线圈时，会使定子线圈产生感应磁场，方向为 N/S，线圈产生的感应电动势为一个逐渐增强的曲线，当转子磁极转过线圈继续旋转时，感应磁场则逐渐减小。

当转子磁极继续旋转时，转子磁极 S 开始接近定子线圈，磁场的磁极发生了变化，如图 1-12b 所示，定子线圈所产生的感应电动势极性也翻转 180°，感应电动势输出为反向变化的曲线。转子旋转一周，感应电动势又会重复变化一次。由于转子旋转的速度是均匀恒定的，因此输出电动势的波形为正弦波。

