

图解学技能从入门到精通丛书

自动化综合技能

从入门到精通

CONG RUMEN
DAO JINGTONG

(图解版)

韩雪涛 主 编
吴 瑛 韩广兴 副主编



从入门到精通丛书

自动化综合技能 从入门到精通

(图解版)

韩雪涛 主 编
吴 瑛 韩广兴 副主编



机械工业出版社

本书以市场就业为导向,采用完全图解的表现方式,系统全面地介绍了自动化控制技术相关岗位从业的专业知识与实用技能。本书充分考虑自动化类工作岗位的需求和从业特点,将自动化控制技术综合技能划分成15个项目模块,每章即为一个模块。第1章,电气控制电路基础;第2章,电气控制关系;第3章,供配电系统中的电气控制;第4章,直流电动机的电气控制;第5章,单相交流电动机的电气控制;第6章,三相交流电动机的电气控制;第7章,传感器与微处理器电路;第8章,机电设备的自动化控制;第9章,变频控制与变频器;第10章,变频电路的控制特点与应用;第11章,PLC与PLC控制技术;第12章,PLC的控制特点与应用;第13章,PLC的编程语言;第14章,西门子PLC的编程控制;第15章,三菱PLC的编程控制。各个项目模块的知识技能严格遵循国家职业资格标准和行业规范,注重模块之间的衔接,确保自动化技能培训的系统、专业和规范。本书收集整理了大量自动化控制技术所应用的专业知识、电路数据及设计案例,并将其直接移植到图书中,为读者今后实际工作积累经验,真正实现从入门到精通的技能飞跃。本书既可作为专业技能认证的培训教材,也可作为各职业技术学院的实训教材,适合从事和希望从事电工电子及自动化领域相关工作的技术人员和业余爱好者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

自动化综合技能从入门到精通:图解版/韩雪涛主编. —北京:机械工业出版社,2017.8

(图解学技能从入门到精通丛书)

ISBN 978-7-111-57769-0

I. ①自… II. ①韩… III. ①自动控制—图解 IV. ①TP273—64

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第200817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:林 楨

责任校对:肖 琳 封面设计:路恩中

责任印制:李 飞

北京机工印刷厂印刷

2017年10月第1版第1次印刷

184mm×260mm·24印张·587千字

标准书号:ISBN 978-7-111-57769-0

定价:79.00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

服务咨询热线:010-88361066

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-68326294

机工官博:weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网:www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网:www.cmpedu.com

本书编委会

主 编：韩雪涛

副主编：吴 瑛 韩广兴

编 委：张丽梅 宋明芳 朱 勇 吴 玮
唐秀鸯 周文静 韩雪冬 张湘萍
吴惠英 高瑞征 周 洋 吴鹏飞

丛 书 前 言

目前,我国在现代电工行业 and 现代家电维修服务领域对人才的需求非常强烈。家装电工、水电工、新型电子产品维修及自动化控制和电工电子综合技能应用等领域,有广阔的就业空间。而且,伴随着科技的进步和城镇现代化发展步伐的加速,这些新型岗位的从业人员也逐年增加。

经过大量的市场调研我们发现,虽然人才市场需求强烈,但是这些新型岗位都具有明显的技术特色,需要从业人员具备专业知识和操作技能,然而社会在专业化技能培训方面却存在严重的脱节,尤其是相关的培训教材难以适应岗位就业的需要,难以在短时间内向学习者传授专业完善的知识技能。

针对上述情况,特别根据这些市场需求强烈的热门岗位,我们策划编写了“图解学技能从入门到精通丛书”。丛书将岗位就业作为划分标准,共包括10本图书,分别为《家装电工技能从入门到精通(图解版)》《装修水电工技能从入门到精通(图解版)》《制冷维修综合技能从入门到精通(图解版)》《中央空调安装与维修从入门到精通(图解版)》《智能手机维修从入门到精通(图解版)》《电动自行车维修从入门到精通(图解版)》《办公电器维修技能从入门到精通(图解版)》《电子技术综合技能从入门到精通(图解版)》《自动化综合技能从入门到精通(图解版)》《电工综合技能从入门到精通(图解版)》。

本套丛书重点以岗位就业为目标,所针对的读者对象为广大电工电子初级与中级学习者,主要目的是帮助学习者完成从初级入门到专业技能的进阶,进而完成技能的提升飞跃,能够使读者完善知识体系,增进实操技能,增长工作经验,力求打造大众岗位就业实用技能培训的“金牌图书”。需要特别提醒广大读者注意的是,为了尽量与广大读者的从业习惯一致,所以本书在部分专业术语和图形符号方面,并没有严格按照国家标准进行生硬的统一改动,而是尽量采用行业内的通用术语。整体来看,本套丛书特色非常鲜明:

1. 确立明确的市场定位

本套丛书首先对读者的岗位需求进行了充分调研,在知识构架上将传统教学模式与岗位就业培训相结合,以国家职业资格为标准,以上岗就业为目的,通过全图解的模式讲解电工电子从业中的各项专业知识和专项使用技能,最终目的是让读者明确行业规范、明确从业目标、明确岗位需求,全面掌握上岗就业所需的专业知识和技能,能够独立应对实际工作。

为达到编写初衷,丛书在内容安排上充分考虑当前社会上的岗位需求,对实际工作中的实用案例进行技能拆分,让读者能够充分感受到实际工作所需的知识点和技能点,然后有针对性地学习掌握相关的知识技能。

2. 开创新颖的编排方式

丛书在内容编排上引入项目模块的概念,通过任务驱动完成知识的学习和技能的掌握。

在系统架构上,丛书大胆创新,以国家职业资格标准作为指导,明确以技能培训为主的教学原则,注重技能的提升、操作的规范。丛书的知识讲解以实用且够用为原则,依托项目案例引领,使读者能够有针对性地自主完成技能的学习和锻炼,真正具备岗位从业所需的技能。

为提升学习效果,丛书增设“图解演示”“提示说明”和“相关资料”等模块设计,增加版式设计的元素,使阅读更加轻松。

3. 引入全图全解的表达方式

本套图书大胆尝试全图全解的表达方式,充分考虑行业读者的学习习惯和岗位特点,将专业知识技能运用大量图表进行演示,尽量保证读者能够快速、主动、清晰地了解知识技能,力求让读者能一看就懂、一学就会。

4. 耳目一新的视觉感受

丛书采用双色版式印刷,可以清晰准确地展现信号分析、重点指示、要点提示等表达效果。同时,两种颜色的互换补充也能够使图书更加美观,增强可读性。

丛书由具备丰富的电工电子类图书全彩设计经验的资深美编人员完成版式设计和内容编排,力求让读者体会到看图学技能的乐趣。

5. 全方位立体化的学习体验

丛书的编写得到了数码维修工程师鉴定指导中心的大力支持,为读者在学习过程中和以后的技能进阶方面提供全方位立体化的配套服务。读者可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。网站提供有技术论坛和最新行业信息,以及大量的视频教学资源 and 图样手册等学习资料。读者可随时了解最新的数码维修工程师考核培训信息,把握电子电气领域的业界动态,实现远程在线视频学习,下载所需要的图样手册等学习资料。此外,读者还可通过网站的技术交流平台进行技术与咨询。

通过学习与实践,读者还可参加相关资质的国家职业资格或工程师资格认证考试,以求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

作者

目 录

本书编委会 丛书前言

第1章 电气控制电路基础	1
★ 1.1 直流电与直流电路	1
1.1.1 直流电	1
1.1.2 直流电路	1
★ 1.2 交流电与交流电路	3
1.2.1 交流电	3
1.2.2 交流电路	6
★ 1.3 常用电气设备和供电线路	10
1.3.1 家用电器与供电线路	10
1.3.2 大型机电与供电方式	12
第2章 电气控制关系	15
★ 2.1 开关的控制关系	15
2.1.1 电源开关的控制关系	15
2.1.2 按钮开关的控制关系	16
★ 2.2 继电器的控制关系	20
2.2.1 继电器常开触点的控制关系	20
2.2.2 继电器常闭触点的控制关系	20
2.2.3 继电器转换触点的控制关系	21
★ 2.3 接触器的控制关系	24
2.3.1 交流接触器的控制关系	24
2.3.2 直流接触器的控制关系	25
★ 2.4 传感器的控制关系	28
2.4.1 温度传感器的控制关系	28
2.4.2 湿度传感器的控制关系	30
2.4.3 光电传感器的控制关系	31
2.4.4 磁电传感器的控制关系	33
2.4.5 气敏传感器的控制关系	35
2.4.6 振动传感器的控制关系	36
★ 2.5 保护器的控制关系	38
2.5.1 熔断器的控制关系	38

2.5.2 漏电保护器的控制关系	38
2.5.3 温度继电器的控制关系	41
2.5.4 过热保护继电器的控制关系	43
第3章 供配电系统中的电气控制	46
★ 3.1 低压供配电系统的电气控制	46
3.1.1 低压供电系统的电气控制	46
3.1.2 低压配电开关设备的电气控制	48
3.1.3 低压配电柜供配电线路的 电气控制	50
3.1.4 锅炉房低压供电系统的电气控制 是如何实现的	53
★ 3.2 高压供配电系统的电气控制	54
3.2.1 高压供电系统的电气控制	54
3.2.2 楼宇变电所高压供电系统的 电气控制	57
3.2.3 企业 10kV 配电柜高压供电系统的 电气控制	60
3.2.4 工厂配电高压供电系统的 电气控制	61
第4章 直流电动机的电气控制	65
★ 4.1 直流电动机的控制电路	65
4.1.1 直流电动机控制电路的特点	65
4.1.2 直流电动机控制电路的 控制过程	66
★ 4.2 直流电动机的控制方式	70
4.2.1 直流电动机的调速控制	70
4.2.2 直流电动机的减压起动控制	71
4.2.3 直流电动机的正反转连续控制	75
4.2.4 直流电动机的能耗制动控制	78
第5章 单相交流电动机的电气控制	83
★ 5.1 单相交流电动机电路的控制电路	83

5.1.1 单相交流电动机控制电路的 驱动方式	83	8.1.3 供水电路的自动化控制	160
5.1.2 单相交流电动机控制 电路的特点	86	8.1.4 升降机的自动化控制	162
5.1.3 单相交流电动机控制电路的 控制过程	87	★ 8.2 农机设备的自动化控制	166
★ 5.2 单相交流电动机的控制方式	91	8.2.1 农机电气控制电路的特点	166
5.2.1 单相交流电动机的限位控制	91	8.2.2 农机电气控制电路的控制过程 ...	168
5.2.2 单相交流电动机的电动控制	93	8.2.3 禽蛋孵化设备的自动化控制	169
第 6 章 三相交流电动机的 电气控制	98	8.2.4 养殖设备的自动化控制	171
★ 6.1 三相交流电动机的控制电路	98	8.2.5 排灌设备的自动化控制	175
6.1.1 三相交流电动机控制 电路的特点	98	第 9 章 变频控制与变频器	179
6.1.2 三相交流电动机控制电路的 控制过程	100	★ 9.1 定频控制与变频控制	179
★ 6.2 三相交流电动机的控制方式	102	9.1.1 定频控制	179
6.2.1 三相交流电动机的定时 起停控制	102	9.1.2 变频控制	180
6.2.2 三相交流电动机的Y-Δ 减压起动控制	105	★ 9.2 变频器	184
6.2.3 三相交流电动机的点动/连续 控制	109	9.2.1 变频器的结构	184
6.2.4 三相交流电动机的正反转控制 ...	112	9.2.2 变频器的种类	193
第 7 章 传感器与微处理器电路	115	9.2.3 变频器的功能	198
★ 7.1 传感器控制电路	115	第 10 章 变频电路的控制 特点与应用	206
7.1.1 温度检测控制电路	115	★ 10.1 变频电路中的晶闸管	206
7.1.2 湿度检测控制电路	120	10.1.1 单向晶闸管 (SCR)	206
7.1.3 气体检测控制电路	125	10.1.2 双向晶闸管 (TRIAC)	209
7.1.4 磁场检测控制电路	126	10.1.3 门极关断晶闸管 (GTO)	211
7.1.5 光电检测控制电路	128	10.1.4 MOS 控制晶闸管 (MCT)	212
★ 7.2 微处理器及相关电路	134	★ 10.2 变频电路中的场效应晶体管	213
7.2.1 典型微处理器的基本结构	134	10.2.1 结型场效应晶体管 (BJT)	213
7.2.2 微处理器的外部电路	137	10.2.2 绝缘栅型场效应 晶体管 (MOS)	215
7.2.3 定时电路	145	★ 10.3 变频电路中的其他功率器件	217
7.2.4 延迟电路	151	10.3.1 绝缘栅双极型晶体管 (IGBT) ...	217
第 8 章 机电设备的自动化控制	156	10.3.2 耐高压绝缘栅双极型 晶体管 (HVIGBT)	219
★ 8.1 工业电气设备的自动化控制	156	10.3.3 功率模块	219
8.1.1 工业电气控制电路的特点	156	★ 10.4 制冷设备的变频控制	221
8.1.2 工业电气控制电路的控制过程 ...	158	10.4.1 制冷设备中的变频电路	221
		10.4.2 制冷设备中的变频控制过程	227
		★ 10.5 电动机设备中的变频控制	234
		10.5.1 电动机设备中的变频电路	234
		10.5.2 电动机设备中的变频控制过程 ...	237
		第 11 章 PLC 与 PLC 控制技术	245
		★ 11.1 PLC 的种类和结构特点	245

11.1.1 PLC 的种类特点	245	13.1.2 PLC 梯形图的构成	299
11.1.2 PLC 的结构特点	254	13.1.3 PLC 梯形图中的基本电路形式 ...	304
★ 11.2 PLC 的技术特点与应用	257	★ 13.2 PLC 语句表	309
11.2.1 PLC 的技术特点	257	13.2.1 PLC 语句表的特点	309
11.2.2 PLC 的技术应用	263	13.2.2 PLC 语句表的构成	311
第12章 PLC 的控制特点与应用	267	第14章 西门子 PLC 的编程控制	313
★ 12.1 PLC 控制的控制特点	267	★ 14.1 西门子 PLC 梯形图的编程方法	313
12.1.1 传统电动机控制与 PLC 电动机控制	267	14.1.1 西门子 PLC 梯形图的编程规则 ...	313
12.1.2 工业设备中的 PLC 控制特点 ...	270	14.1.2 西门子 PLC 梯形图的编程训练 ...	328
★ 12.2 PLC 控制技术的应用	273	★ 14.2 西门子 PLC 语句表的编程方法	334
12.2.1 运料小车往返运行的 PLC 控制系统	273	14.2.1 西门子 PLC 语句表的编程规则 ...	335
12.2.2 水塔给水的 PLC 控制系统	278	14.2.2 西门子 PLC 语句表的编程训练 ...	344
12.2.3 汽车自动清洗的 PLC 控制系统 ...	282	第15章 三菱 PLC 的编程控制	349
12.2.4 工控机床的 PLC 控制系统	287	★ 15.1 三菱 PLC 梯形图的编程方法	349
第13章 PLC 的编程语言	295	15.1.1 三菱 PLC 梯形图的编程规则 ...	349
★ 13.1 PLC 编程语言	295	15.1.2 三菱 PLC 梯形图的编程训练 ...	359
13.1.1 PLC 梯形图的特点	295	★ 15.2 三菱 PLC 语句表的编程方法	364
		15.2.1 三菱 PLC 语句表的编程规则 ...	364
		15.2.2 三菱 PLC 语句表的编程训练 ...	375

电气控制电路基础



1.1 直流电与直流电路



1.1.1 直流电

直流电（Direct Current，DC）是指电流流向单一，其方向不随时间做周期性变化，即电流的方向固定不变，是由正极流向负极，但电流的大小可能不固定。



图解演示

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



图解演示

一般将可提供直流电的装置称为直流电源，它是一种能在电路中形成并保持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。

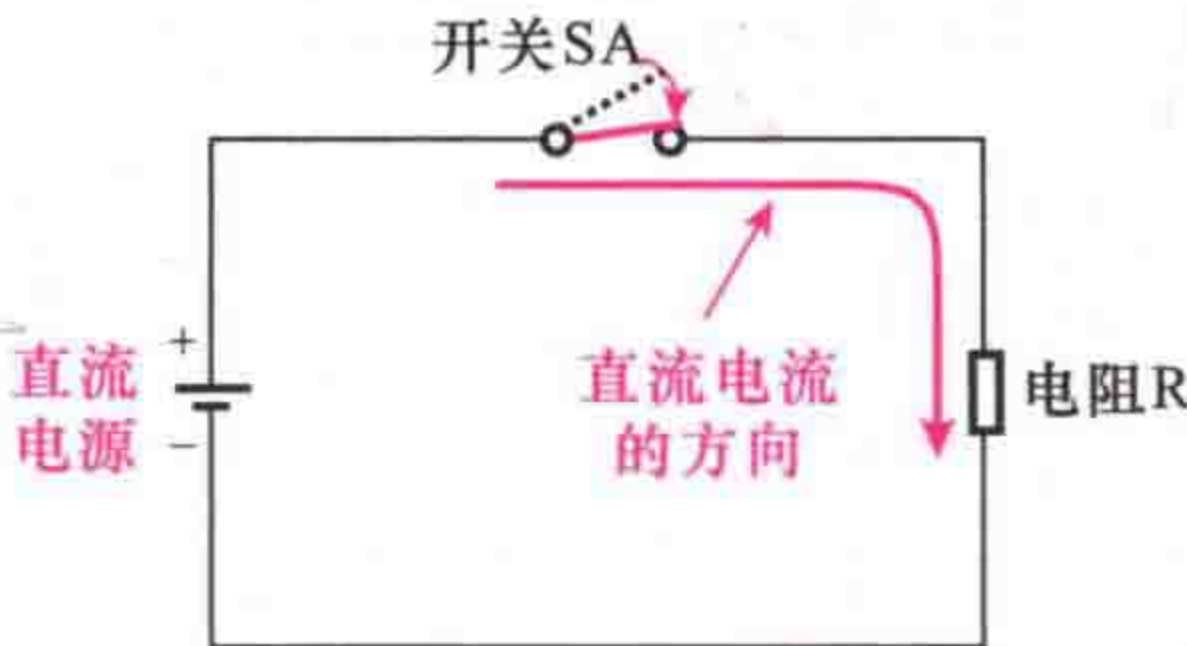


图 1-2 直流的形成



1.1.2 直流电路

有直流电通过的电路称为直流电路，该电路是指电流流向单一的电路，即电流方向不随时间产生变化，它是最基本也是最简单的电路。



在生活和生产中由电池供电的电器，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。

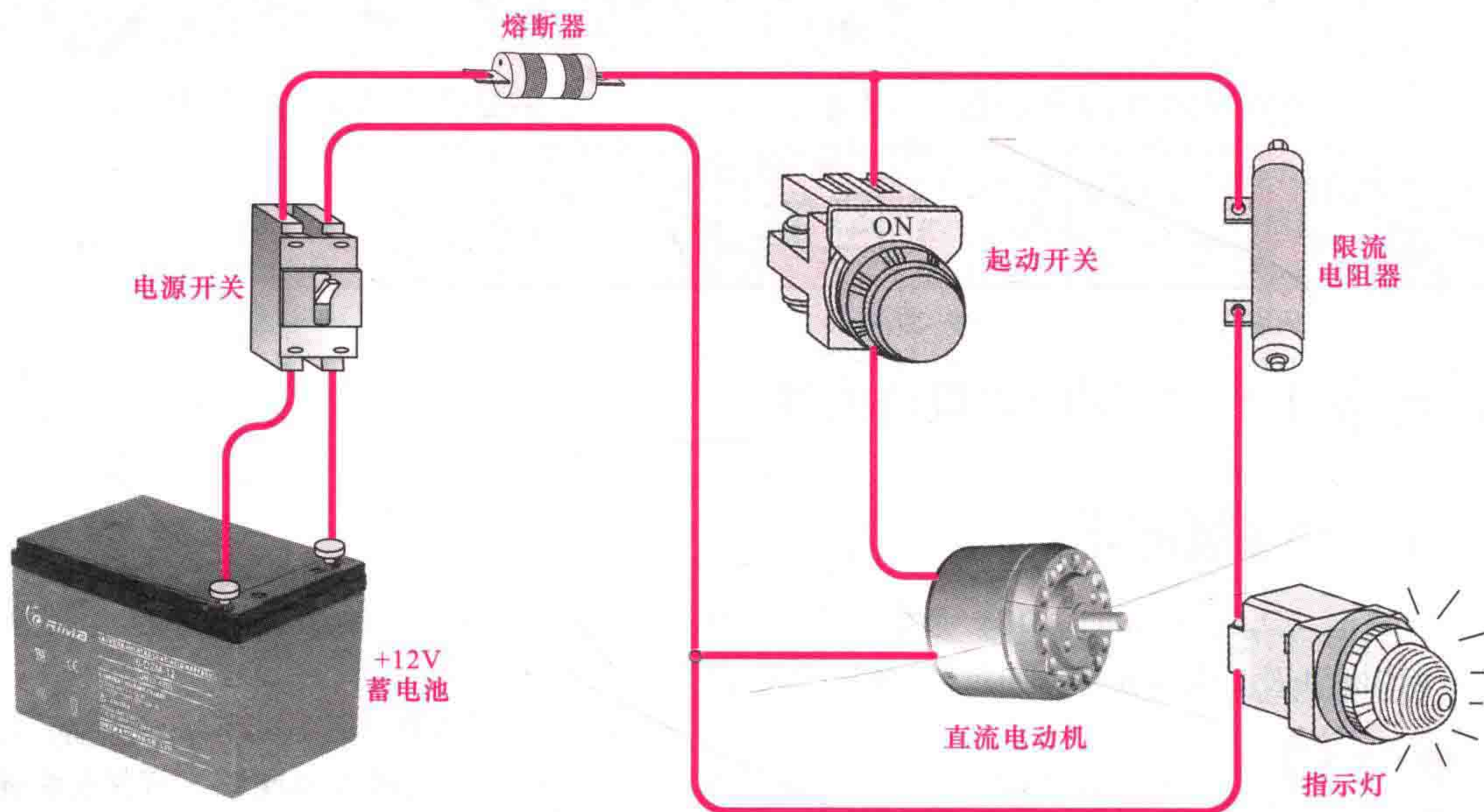


图 1-3 直流电动机驱动电路



家庭或企事业单位的供电都是采用交流 220V、50Hz 的电源，而在机器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。

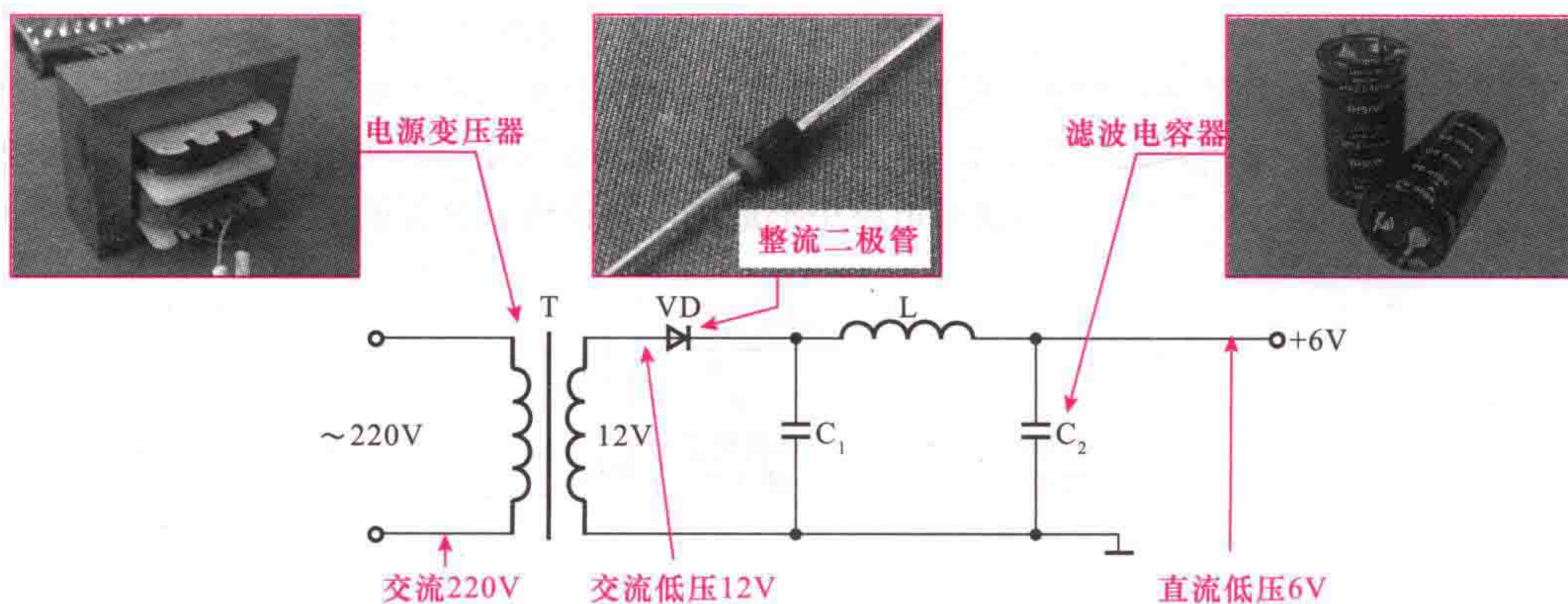


图 1-4 直流电源电路



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、收音机等的小充电器，都需要从市电交流 220V 的电源中获得能量，充

电器将交流 220V 变为所需的直流电压进行充电。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又称为适配器。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。

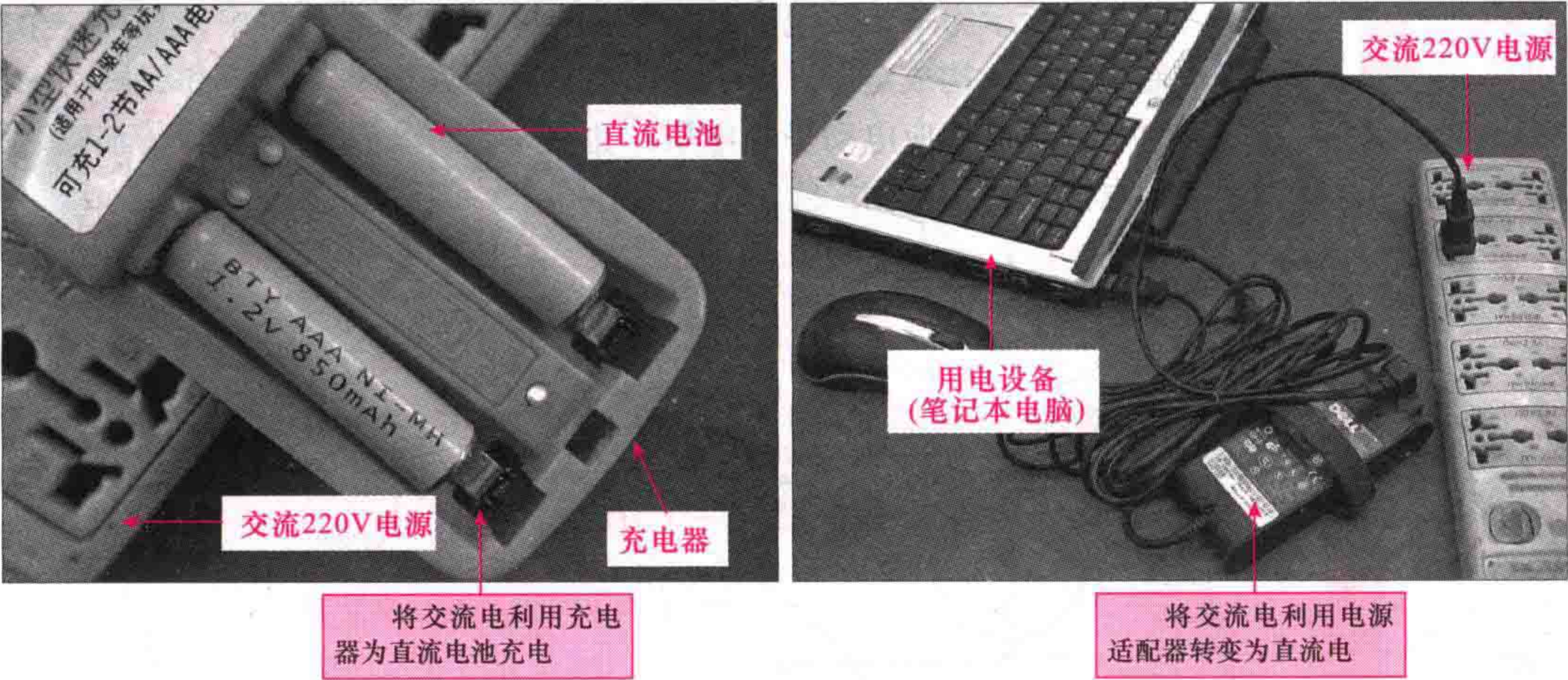


图 1-5 利用 220V 交流供电的设备

1.2 交流电与交流电路

1.2.1 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做周期性的变化。我们在日常生活中所有的电气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交流 220V、50Hz 的市电作为供电电源。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。

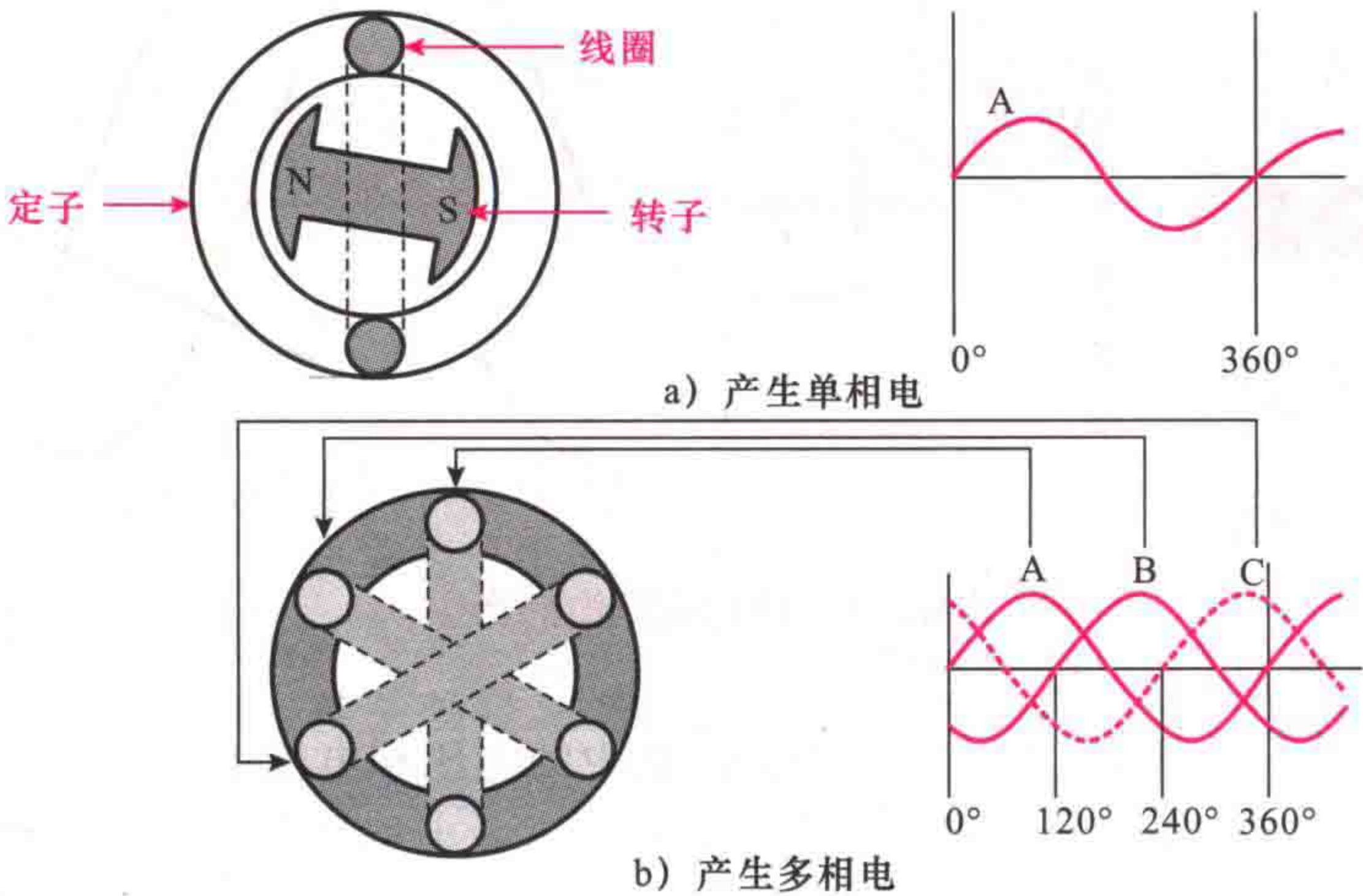


图 1-6 单相交流电压和多相交流电压的产生

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。



图解演示

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。

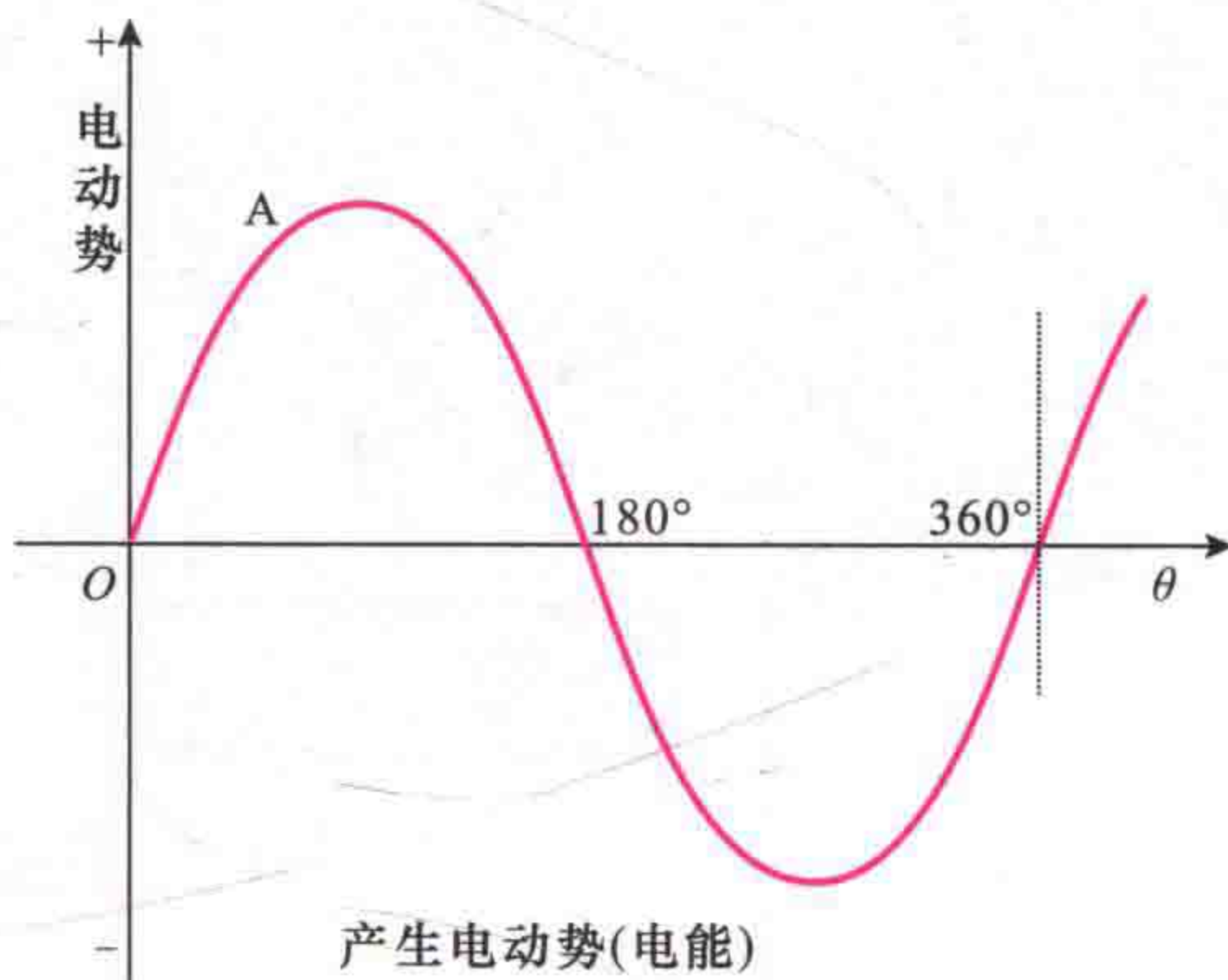
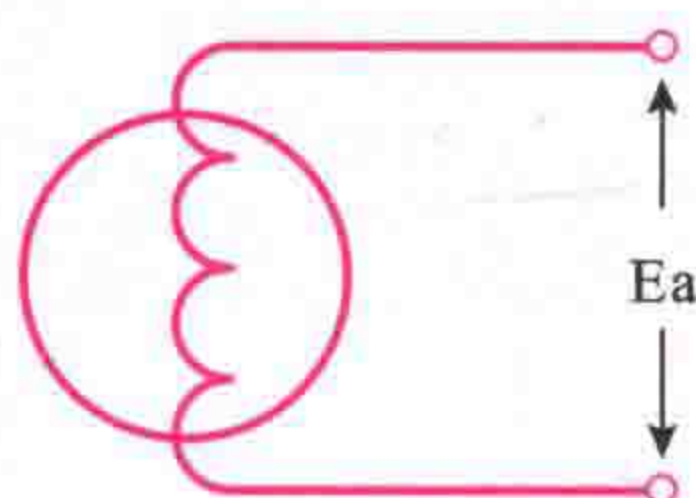
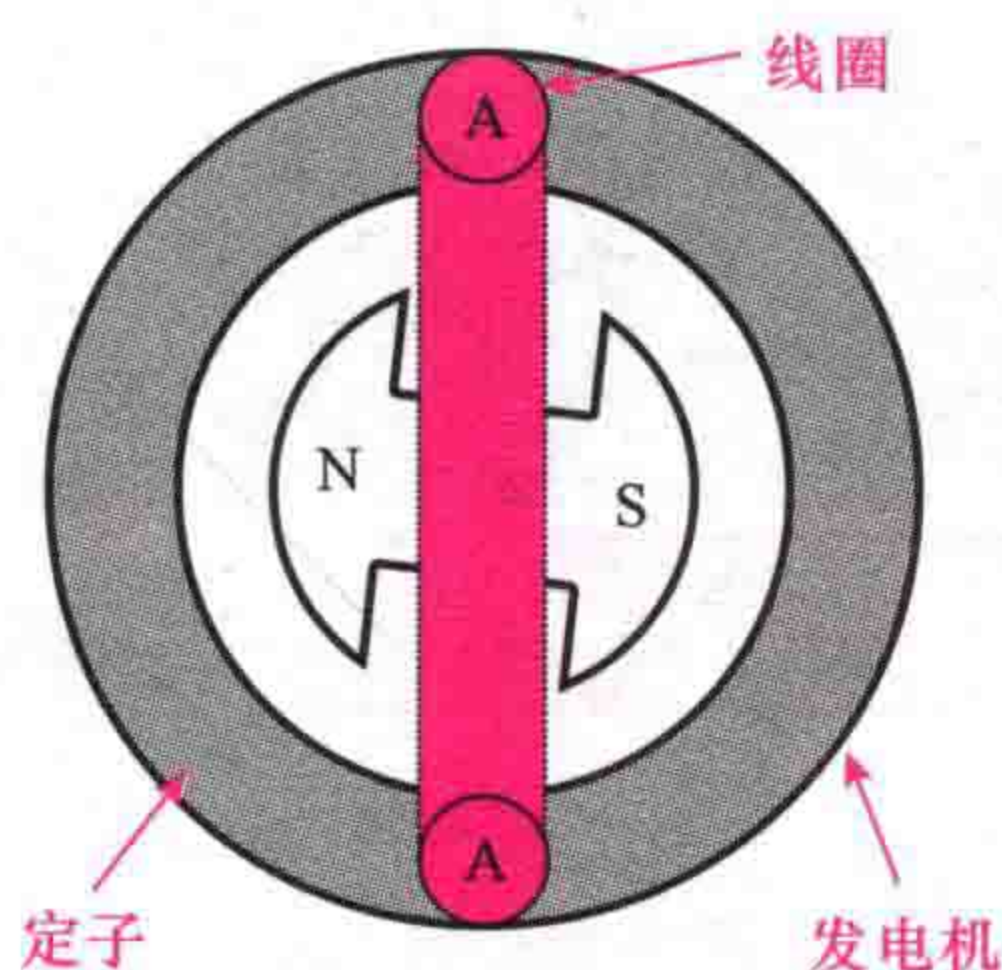


图 1-7 单相交流电的产生

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



图解演示

在发电机内设有两组定子线圈互相垂直的分布在转子外围。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，这种方式多在自动化设备中使用。

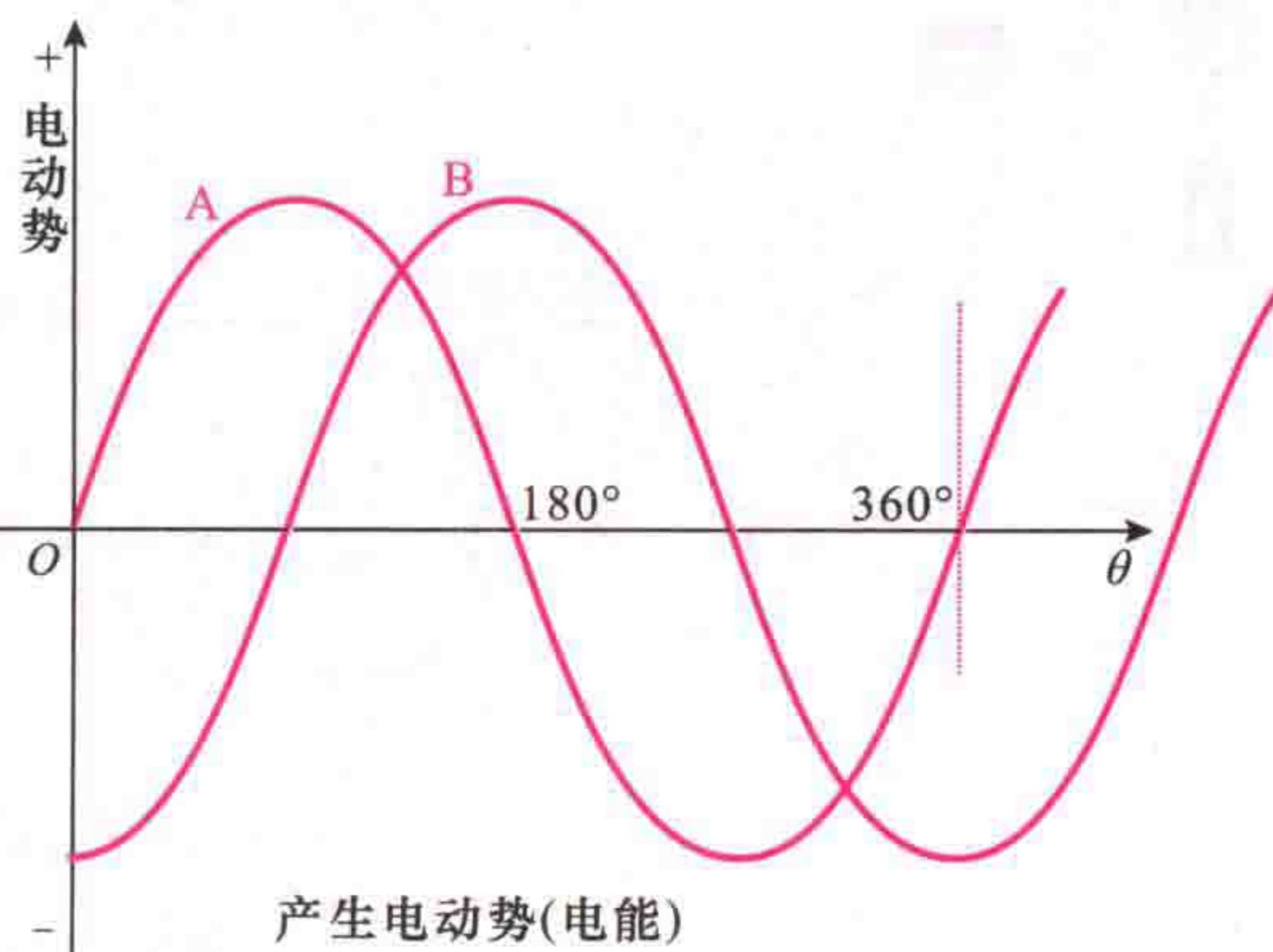
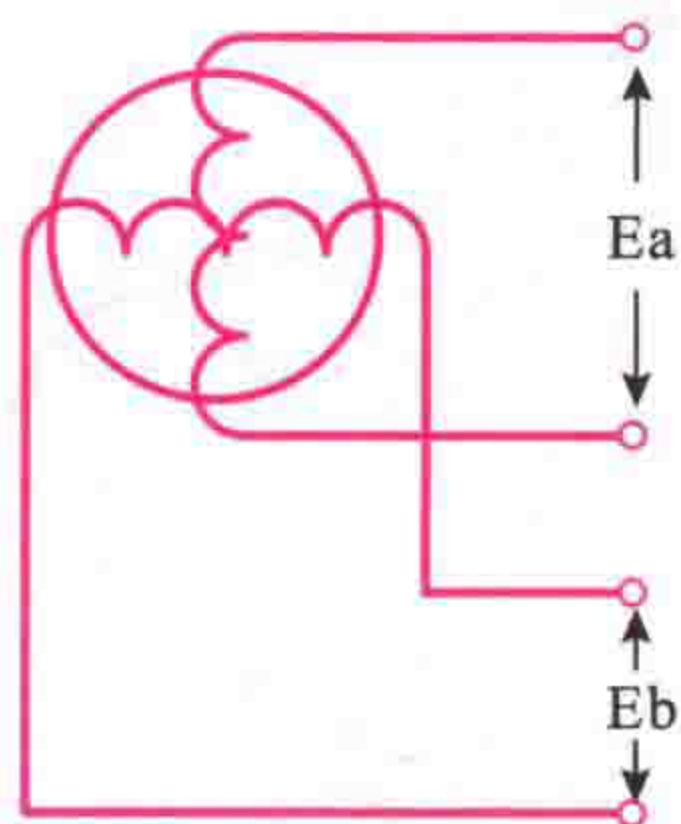
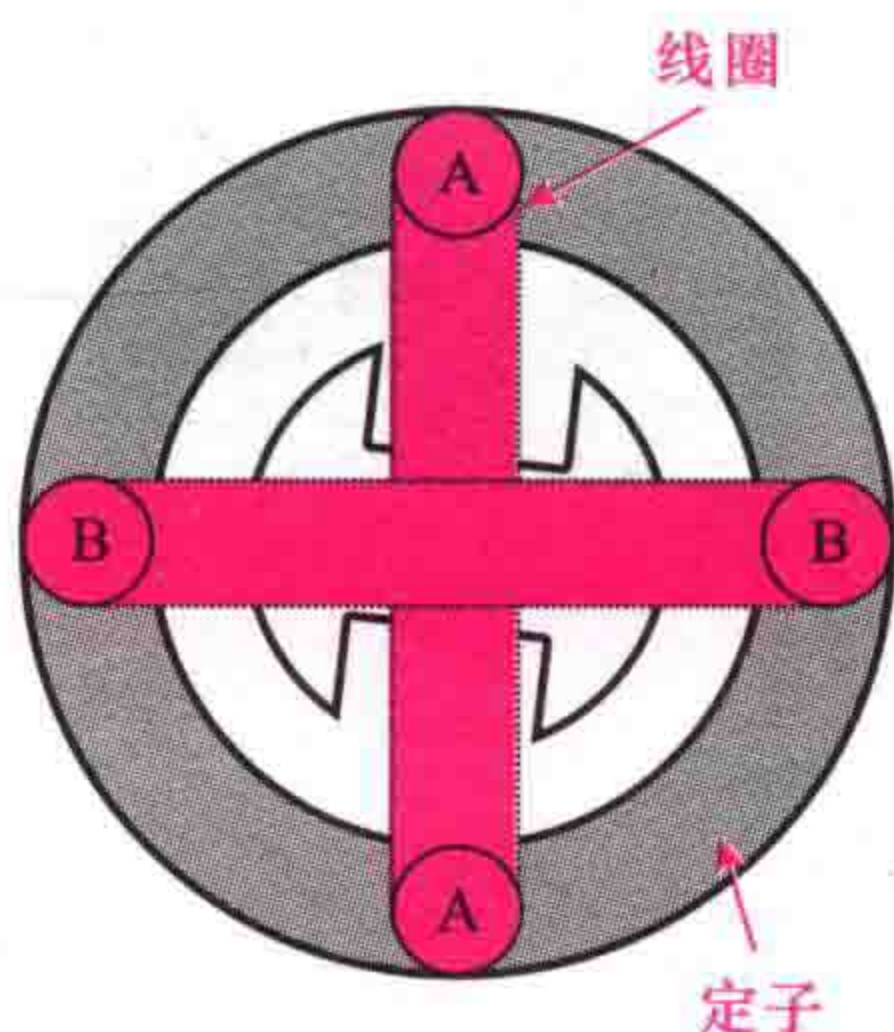


图 1-8 两相交流电的产生

(2) 三相交流电



图解演示

通常，把三相电源的线路中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。

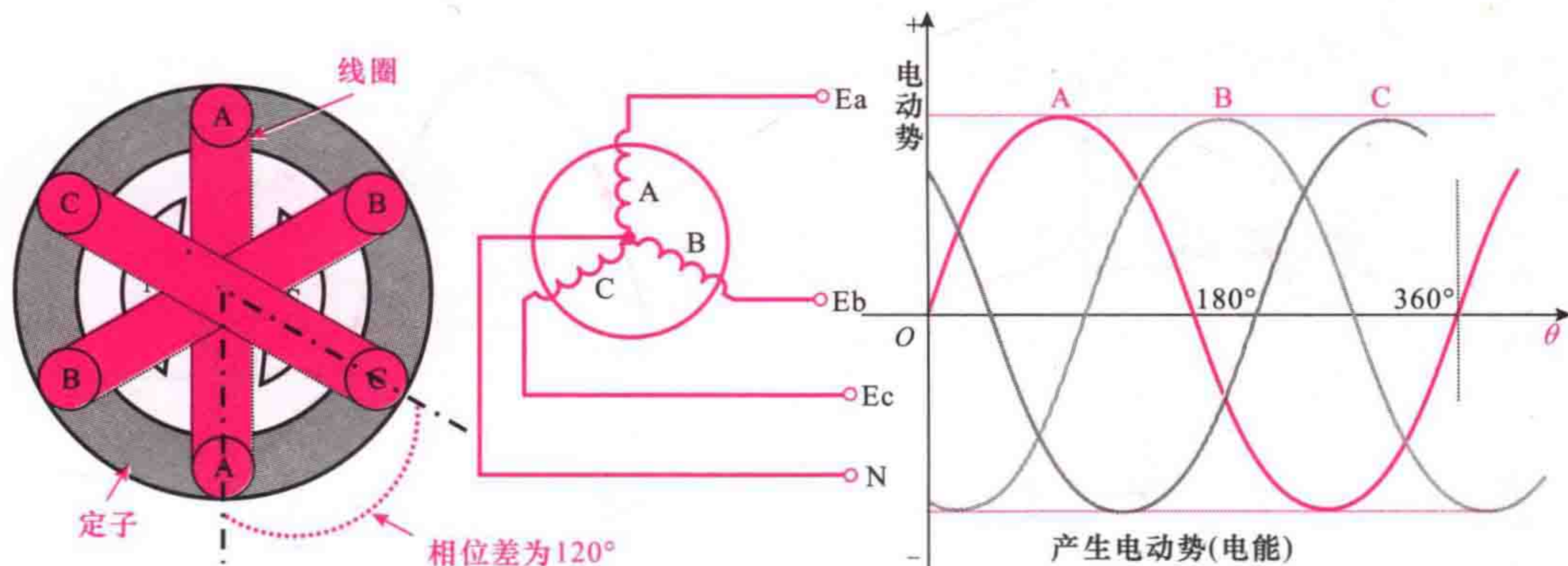


图 1-9 三相交流电的产生

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。



相关资料 三相交流电路中，相线与零线之间的电压为 220V，而相线与相线之间的电压为 380V，如图 1-10 所示。

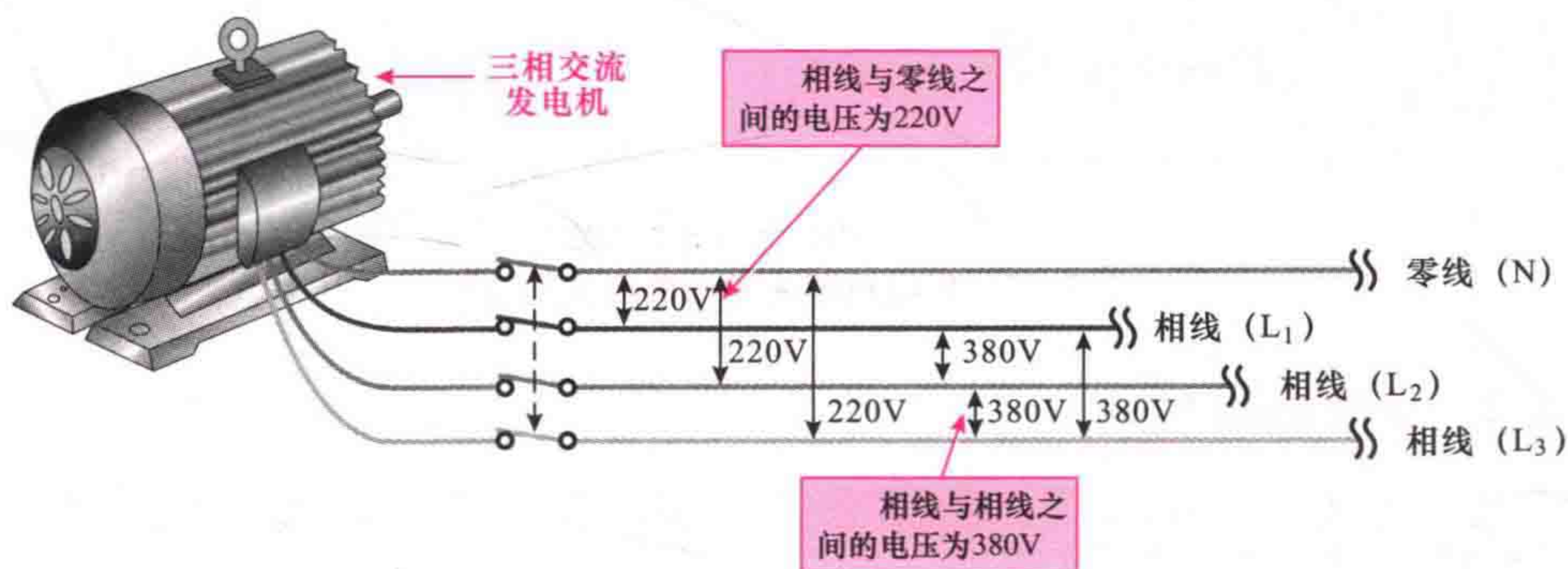
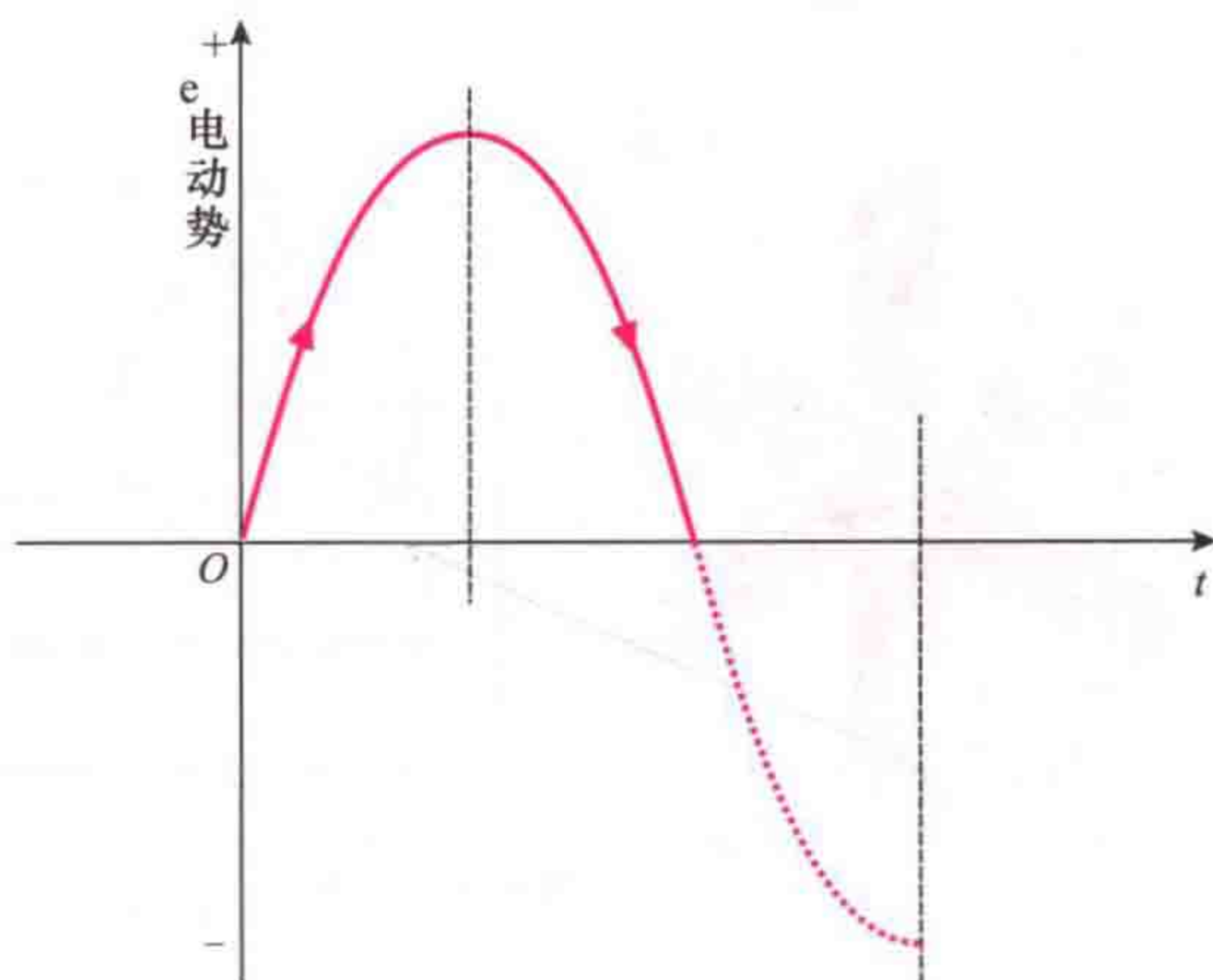
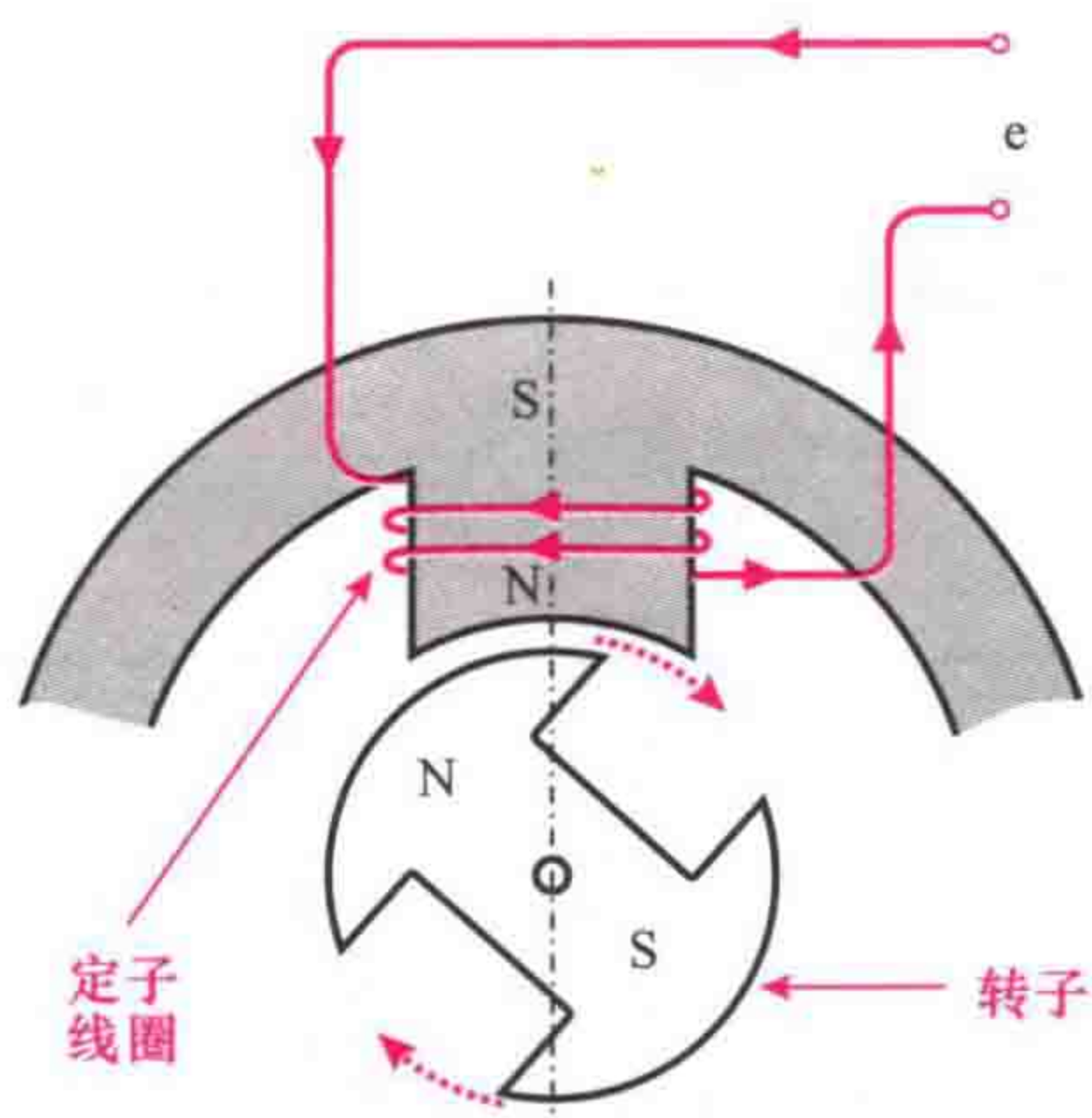


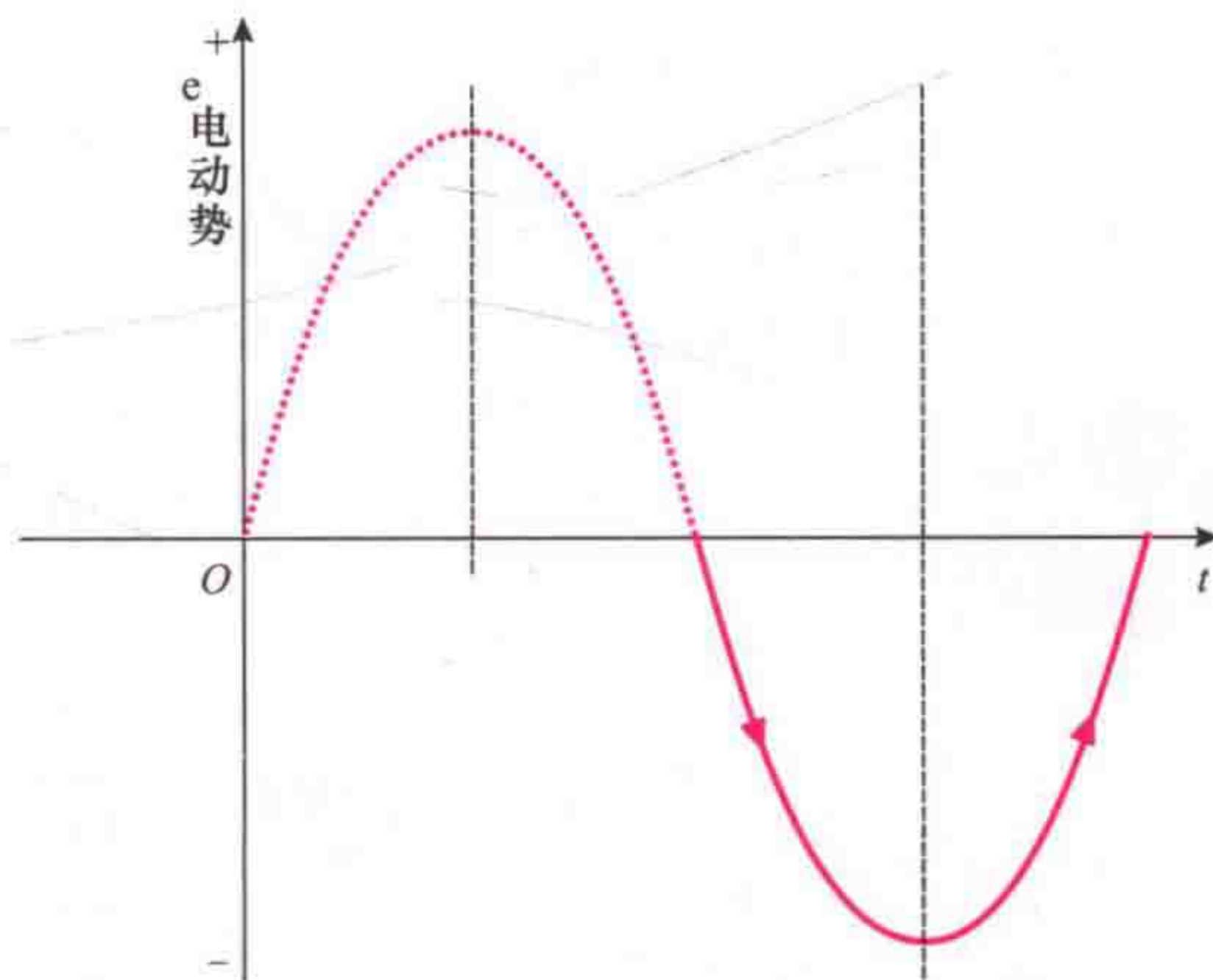
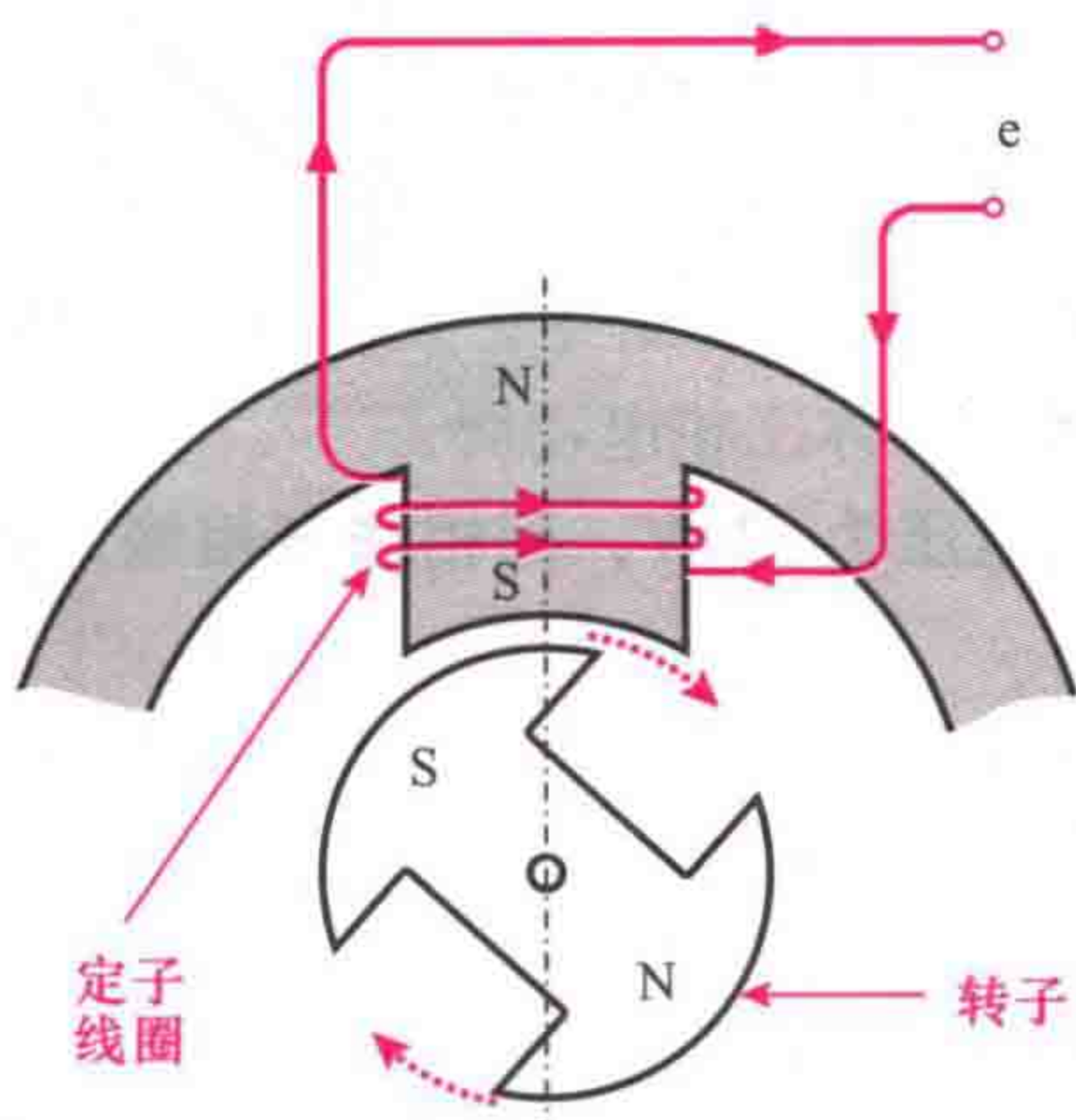
图 1-10 三相交流电路电压的测量

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作是一个永磁体，如图 1-11a 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 1-11b 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则为正弦波。



a) 转子磁极N转向定子线圈时



b) 转子磁极S转向定子线圈时

图 1-11 发电机感应电动势产生的过程

1.2.2 交流电路

我们将交流电通过的电路称为交流电路。交流电路普遍用于人们的日常生活和生产中，下面就分别介绍一下单相交流 and 三相交流。

1. 单相交流电路

单相交流电路的供电方式主要有单相两线式、单相三线式供电方式，一般的家庭用电都是单相交流电路。

(1) 单相两线式

图 1-12 所示为单相两线式照明配电线路图，从三相三线高压输电线上取其中的两线送入柱上高压变压器输入端。例如，高压 6600V 电压经过柱上变压器变压后，其次级向家庭照明线路提供 220V 电压。变压器初级与次级之间隔离，输出端相线与零线之间的电压为 220V。

(2) 单相三线式



图 1-13 所示为单相三线式配电线路图。单相三线式供电电路中的一条线路作为地线应与大地相接。此时，地线与相线之间的电压为 220V，零线 N（中性线）与相线（L）之间电压为 220V。由于不同接地点存在一定的

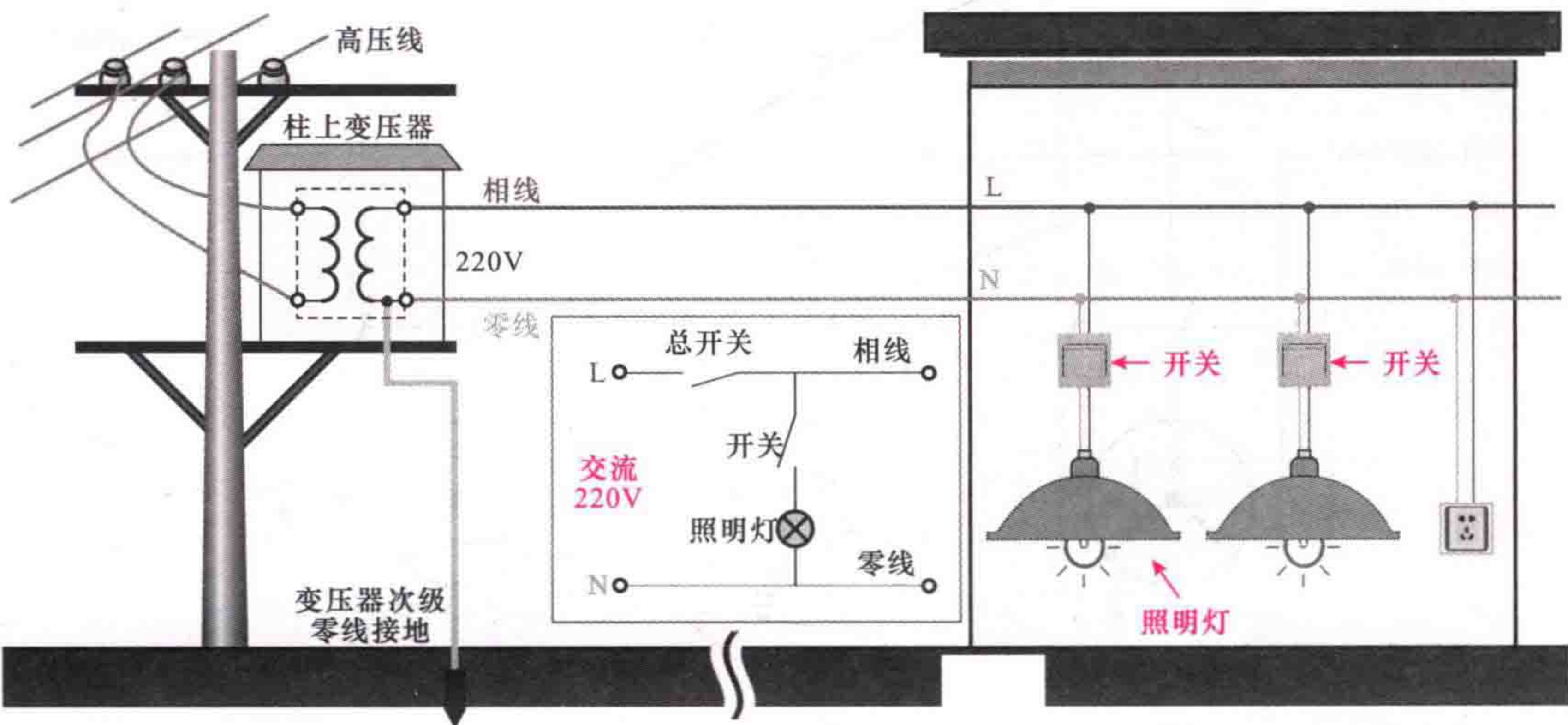


图 1-12 单相两线式照明配电线路图

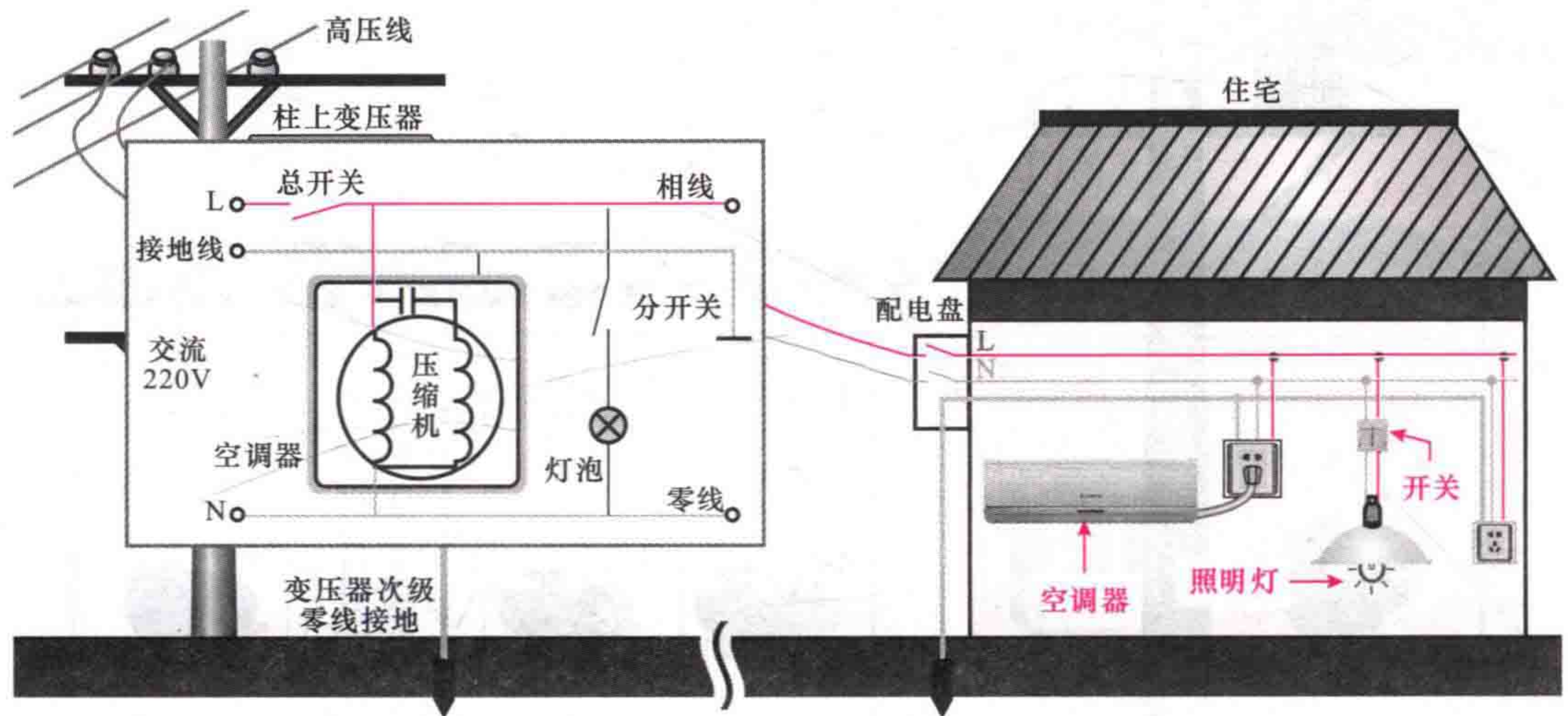


图 1-13 单相三线式配电线路图

电位差，因而零线与地线之间可能有一定的电压。

2. 三相交流电路

三相交流电路的供电方式主要有三相三线式、三相四线式和三相五线式三种供电方法，一般的工厂中的电器设备常采用三相交流电路。

(1) 三相三线式

图 1-14 所示为典型三相三线式交流电动机供电配电线路图。高压（6600V 或 10 000V）经柱上变压器变压后，由变压器引出三根相线，送入工厂中，为工厂中的电气设备供电，每根相线之间的电压为 380V，因此工厂中额定电压为 380V 的电气设备可直接接在相线上。



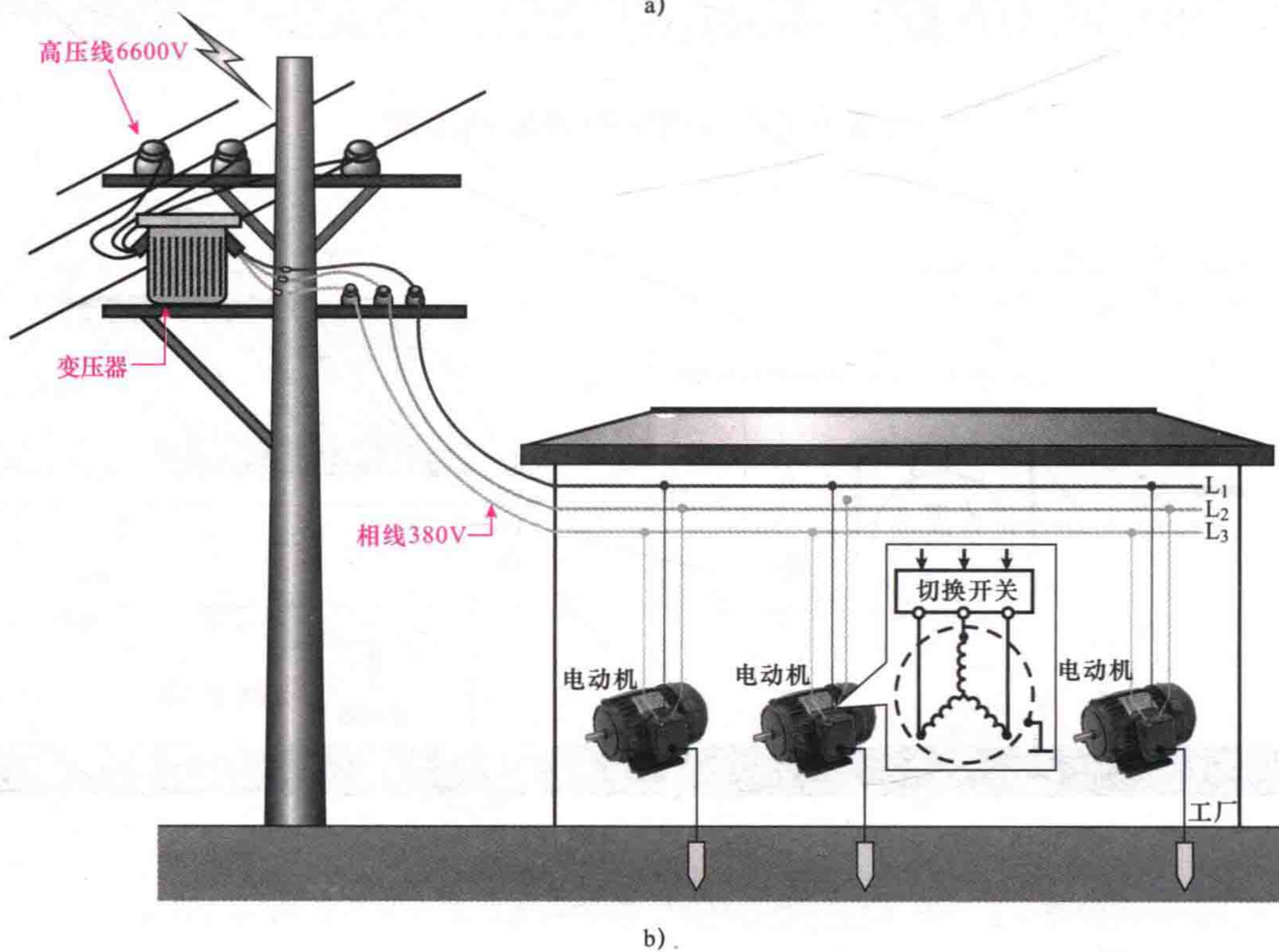
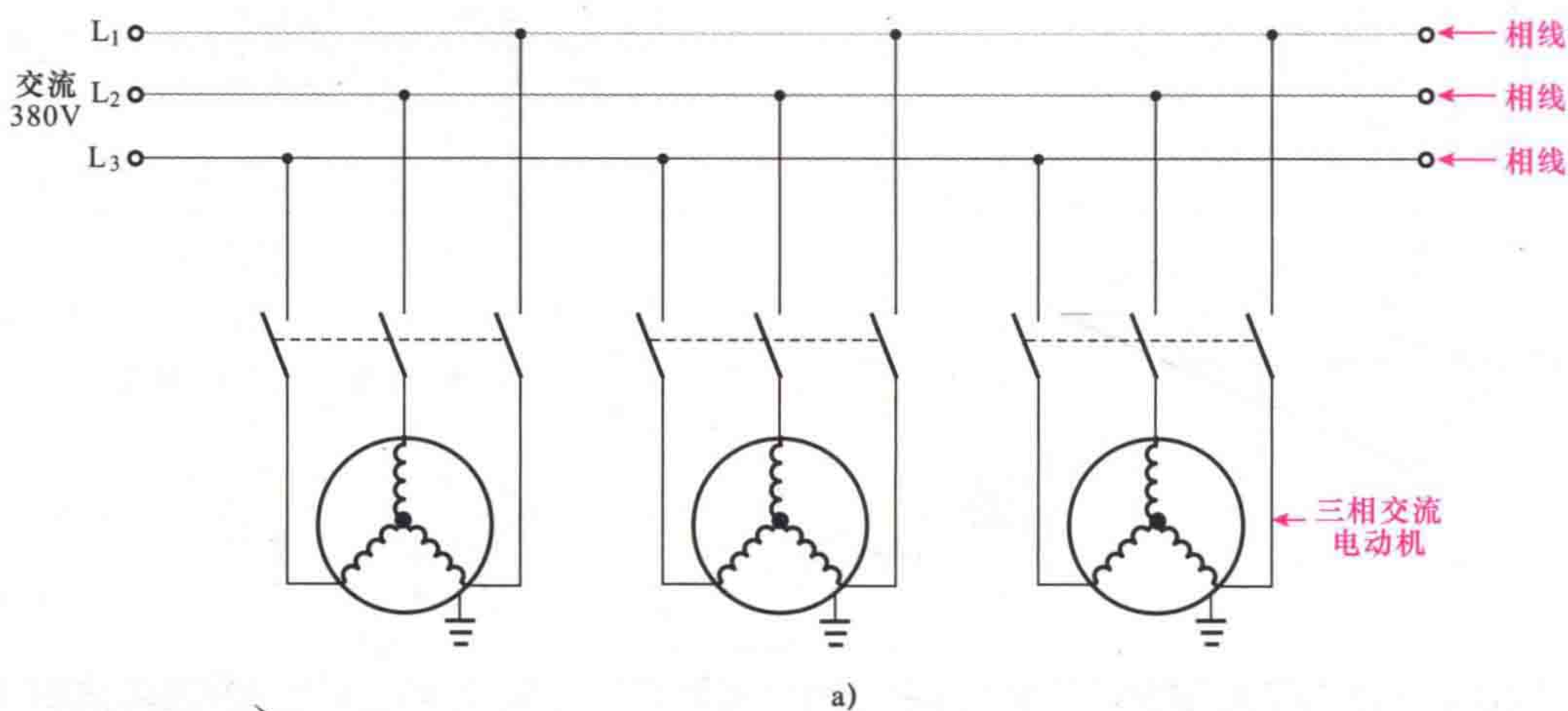


图 1-14 典型三相三线式交流电动机供电配电线路图

(2) 三相四线式



图 1-15 所示为典型三相四线式供电方式的交流电路示意图。三相四线式供电方式与三相三线式供电方法不同的是从配电系统多引出一条零线。接上零线的电气设备在工作时，电流经过电气设备做功，没有做功的电流就经零线回到电厂，对电气设备起到了保护的作用，这种供配电方式常用于 380/220V 低压动力与照明混合配电。