



国家示范性高职高专规划教材·机械基础系列

电工电子技能训练

荆瑞红 周 皓 主编

- 国家最新标准，符合设计规范
- 突出机械现代设计的新方法
- 内容简洁、实用，侧重应用
- 配备有电子教案和习题解答



清华大学出版社
<http://www.tup.tsinghua.edu.cn>



北京交通大学出版社
<http://press.bjtu.edu.cn>

国家示范性高职高专规划教材·机械基础系列

电工电子技能训练

荆瑞红	周 皓	主 编
	潘云忠	副主编
鹿 霖	陆 雯	参 编
周 军	肖志勇	

清华大学出版社
北京交通大学出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书基于德国双元制特色,强调了电学方面的实践动手能力和安全用电知识,通过项目讲内容,结合内容练项目。通过预备知识、技能实务操作等形式涵盖了电工、电子、电机、电气绝大部分的实践操作知识。使读者既能较好地掌握重点知识,又能锻炼电学方面的技能操作。

本书可作为机电类、电气类专业高职高专学生的教材和从事电相关工作人员的参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术训练/荆瑞红,周皓主编. —北京:清华大学出版社;北京交通大学出版社,2011.7

(国家示范性高职高专规划教材·机械基础系列)

ISBN 978-7-5121-0604-8

I. ①电… II. ①荆… ②周… III. ①电工技术-高等职业教育-教学参考资料 ②电子技术-高等职业教育-教学参考资料 IV. ①TM ②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 119376 号

责任编辑:韩素华

出版发行:清华大学出版社 邮编:100084 电话:010-62776969

北京交通大学出版社 邮编:100044 电话:010-51686414

印刷者:北京市德美印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印张:17.5 字数:431千字

版 次:2011年7月第1版 2011年7月第1次印刷

书 号:ISBN 978-7-5121-0604-8/TM·34

印 数:1~3 000册 定价:28.00元

本书如有质量问题,请向北京交通大学出版社质监组反映。对您的意见和批评,我们表示欢迎和感谢。

投诉电话:010-51686043, 51686008; 传真:010-62225406; E-mail:press@bjtu.edu.cn。

前 言

基于驻健雄职业技术学院德国专家的培训和德国双元制教材内容及对 07、08 两届中德学生进行调查的分析,根据德国 AHK 电方面的考试大纲和对学生能力方面的要求,将原电工电子和电气控制两个课程进行了整合,以工作任务为导向,以项目为载体对课程进行了改革,尝试编写了本书。

本书按照高等职业学校的培养目标和人才规格,对工科非电类专业的知识结构及企业相关专业对本课程的知识需求做了深入的调研,以健雄职业技术学院中德合作人才培养模式为基础,结合机电一体化技术专业的培养要求,借鉴德国双元制教育的先进经验,将理论与实践、知识与技能、任务与驱动有机地融为一体。

在编写过程中,根据高职高专培养应用型人才的要求,紧密结合德国双元制培养模式,充分考虑适用范围、内容深度、应用性及能力培养等方面。在实际项目引入之后,结合项目任务,导入基本知识和技能,由浅入深,由简单到复杂地解决给定的任务。

全书分为上下两篇,上篇为电路、电子部分;下篇为电机、电气部分。上篇电路部分是本书的理论基础,着重对电路的基本概念及电路基本参数的测量做了深入的分析,内容包括直流电路参数测量、交流电路参数测量;电子部分着重对放大电路的分析与参数测量、逻辑电路的分析、设计,内容包括半导体器件的应用、门电路和组合逻辑电路、触发器和时序逻辑电路等。下篇电机与电气部分着重对常见低压电气电路的设计与故障检测,内容包括变压器、常见电工工具和电工仪表的使用、室内电气布线和电气照明、三相异步电动机的拆装、低压电气的控制与接线、机床电气的检修。每个项目均有“预备知识”和“技能实务操作”。

本书由荆瑞红、周皓担任主编,潘云忠担任副主编。

潘云忠编写项目 1、项目 2,荆瑞红编写项目 3~项目 7,周皓负责项目 8~项目 12。另外,参与编写的还有苏州工业职业技术学院教师鹿霖、苏州园区职业技术学院教师陆雯、南京理工大学泰州科技学院教师周军、黑龙江农业经济职业学院教师肖志勇。全书由荆瑞红负责统稿。

本书在初期审核过程中得到了健雄职业技术学院张宏杰副主任的指导,以及健雄职业技术学院中德培训中心常驻顾问、德国工商会上海代表处专家 Dittrich 的帮助和审核,在此表示感谢。本书得到南京理工大学夏翔教授及汤金生副教授主审,他们提出了许多宝贵的意见,在此表示衷心的感谢。在本书编写过程中参考了大量的文献,在此对其作者一并表示感谢。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中不妥之处在所难免,恳切希望广大读者批评指正,以便不断改进和提高。

编 者
2011 年 5 月

目 录

上篇 电路、电子篇

项目1 直流电路的参数测量	(2)
预备知识	(2)
1.1 电路	(3)
1.2 电流及其测量	(3)
1.2.1 电流	(3)
1.2.2 电流的测量	(4)
1.3 电位、电压及其测量	(4)
1.3.1 电位	(4)
1.3.2 电压	(5)
1.3.3 电动势	(5)
1.3.4 电压的测量	(5)
1.4 电阻及阻值的测量	(6)
1.4.1 电阻元件	(6)
1.4.2 阻值的识别	(6)
1.4.3 阻值的测量	(7)
1.5 电能、电功率及其测量	(8)
1.5.1 电能及电功率	(8)
1.5.2 电功率的测量	(9)
1.6 电路的基本定律	(9)
1.6.1 欧姆定律	(9)
1.6.2 基尔霍夫定律	(10)
技能实务操作	(12)
1.7 直流电路参数的测量	(12)
1.7.1 技能操作目的	(12)
1.7.2 技能操作要求	(12)
1.7.3 材料清单	(13)
1.7.4 注意事项	(13)
1.8 钢珠分拣系统中直流电路的参数测量	(13)
1.8.1 技能操作目的	(13)
1.8.2 技能操作要求	(13)
1.8.3 材料清单	(16)

思考题	(16)
项目2 交流电路的参数测量	(18)
预备知识	(18)
2.1 正弦交流电基本知识	(18)
2.1.1 正弦交流电三要素	(19)
2.1.2 正弦交流电的相量表示法	(21)
2.1.3 单一参数元件的正弦交流电路	(22)
2.2 RLC 电路分析	(27)
2.2.1 RLC 串联的正弦交流电路分析	(27)
2.2.2 RLC 并联交流电路的分析与计算	(31)
2.2.3 功率因数的提高	(32)
2.3 三相交流电	(33)
2.3.1 三相交流电的产生与连接	(33)
2.3.2 负载的星形(Y)连接	(35)
2.3.3 负载的三角形(Δ)连接	(37)
2.3.4 三相电路的功率	(38)
技能实务操作	(39)
2.4 基本的 RLC 电路参数测量	(39)
2.4.1 技能操作目的	(39)
2.4.2 技能要求与内容	(39)
2.4.3 技能操作器材	(39)
2.4.4 注意事项	(40)
思考题	(40)
项目3 安全用电	(41)
预备知识	(41)
3.1 电的伤害	(41)
3.1.1 电流对人体的伤害	(42)
3.1.2 影响电流大小的因素	(42)
3.1.3 电伤	(43)
3.2 触电的方式	(43)
3.2.1 双线触电	(43)
3.2.2 单线触电	(44)
3.2.3 跨步电压触电	(44)
3.3 触电预防	(45)
3.3.1 TN 系统	(45)
3.3.2 TT 系统	(46)
3.3.3 IT 系统	(46)
3.4 触电急救	(47)
3.5 电气火灾	(48)

3.5.1 电气火灾的原因	(49)
3.5.2 电气火灾的预防	(49)
3.5.3 如何灭火	(50)
技能实务操作	(50)
3.6 常见安全符号的解读与应用	(50)
3.6.1 技能操作目的	(50)
3.6.2 技能操作要求与内容	(50)
3.6.3 材料清单	(52)
3.6.4 注意事项	(52)
3.7 急救演习	(52)
3.7.1 技能操作目的	(52)
3.7.2 技能操作要求与内容	(52)
3.7.3 材料清单	(53)
思考题	(53)
项目4 半导体器件的应用	(54)
预备知识	(54)
4.1 半导体二极管	(55)
4.1.1 PN结	(55)
4.1.2 二极管的结构及型号	(57)
4.1.3 二极管的伏安特性	(58)
4.1.4 常见的二极管	(58)
4.1.5 二极管的识别与检测	(61)
4.1.6 二极管的应用(整流电路)	(63)
4.2 晶体三极管	(64)
4.2.1 三极管的分类	(65)
4.2.2 三极管的结构	(66)
4.2.3 三极管的特性曲线	(67)
4.2.4 三极管的参数	(68)
4.2.5 三极管的检测	(69)
4.3 放大电路	(69)
4.3.1 放大电路的组成	(70)
4.3.2 常见的几种放大电路	(70)
4.4 放大电路的分析	(71)
4.4.1 基本放大电路的分析	(71)
4.4.2 偏置放大电路的分析	(73)
4.4.3 射极输出器的分析	(74)
技能实务操作	(75)
4.5 射极输出器的参数测量及其应用	(75)
4.5.1 技能操作目的	(75)

4.5.2 技能操作要求与内容	(76)
4.5.3 材料清单	(77)
思考题	(78)
项目5 门电路和组合逻辑电路	(80)
预备知识	(80)
5.1 数制与码制	(81)
5.1.1 数制	(81)
5.1.2 码制	(82)
5.2 逻辑门电路	(82)
5.2.1 基本的逻辑门电路	(82)
5.2.2 复合逻辑门电路	(85)
5.2.3 逻辑函数的表示及代数化简	(86)
5.2.4 逻辑函数的卡诺图化简	(88)
5.3 组合逻辑电路分析与设计	(90)
5.3.1 组合逻辑电路的分析	(90)
5.3.2 组合逻辑电路的设计	(91)
5.4 常见的典型组合逻辑电路	(92)
5.4.1 编码器	(92)
5.4.2 译码器	(93)
5.4.3 数据选择器	(95)
5.4.4 加法器	(97)
技能实务操作	(99)
5.5 门电路的应用	(99)
5.6 组合逻辑电路的 LOGO! 编程	(100)
5.6.1 技能操作目的	(100)
5.6.2 技能操作要求及内容	(100)
5.6.3 设备清单	(103)
思考题	(103)
项目6 触发器和时序逻辑电路	(104)
预备知识	(104)
6.1 触发器	(104)
6.1.1 RS 触发器	(105)
6.1.2 JK 触发器	(108)
6.1.3 D 触发器	(109)
6.2 计数器	(110)
6.2.1 二进制计数器	(110)
6.2.2 十进制计数器	(112)
6.3 寄存器	(112)
6.3.1 基本寄存器	(113)

6.3.2 移位寄存器	(114)
技能实务操作	(115)
6.4 触发器的功能测试	(115)
6.4.1 技能操作目的	(115)
6.4.2 技能操作要求与内容	(115)
6.4.3 材料清单	(117)
6.4.4 注意事项	(117)
6.5 智力竞赛抢答装置	(117)
6.5.1 技能操作目的	(117)
6.5.2 技能操作要求	(118)
6.5.3 材料清单	(119)
6.6 彩灯循环的 LOGO! 控制	(120)
思考题	(121)

下篇 电机、电气篇

项目7 调压器	(126)
预备知识	(126)
7.1 磁路	(126)
7.1.1 磁场的基本物理量	(126)
7.1.2 物质的磁性能	(128)
7.1.3 磁路的基本定律	(129)
7.2 变压器的工作原理	(129)
技能实务操作	(130)
7.3 调压器的使用	(130)
思考题	(132)
项目8 常见电工工具和电工仪表的使用	(133)
预备知识	(133)
8.1 电工常用基本工具	(133)
8.1.1 验电器	(133)
8.1.2 钢丝钳	(136)
8.1.3 其他电工用钳	(137)
8.1.4 电工刀	(138)
8.1.5 螺钉旋具	(138)
8.1.6 扳手	(139)
8.2 常用安装工具	(140)
8.2.1 冲击电钻	(140)
8.2.2 电锤	(141)
8.2.3 射钉枪	(142)
8.3 焊接工具	(142)

8.3.1 电烙铁	(142)
8.3.2 喷灯	(144)
8.4 常见电工仪表的使用	(144)
8.4.1 钳形电流表	(144)
8.4.2 绝缘电阻表	(145)
技能实务操作	(147)
8.5 验电工具的使用	(147)
8.6 导线绝缘层的剖削	(148)
8.6.1 技能操作目的	(148)
8.6.2 技能操作要求	(148)
8.6.3 材料清单	(150)
8.6.4 注意事项	(150)
思考题	(150)
项目9 室内电气布线和电气照明	(152)
预备知识	(152)
9.1 导线和熔断器的选择	(152)
9.1.1 导线的选择	(152)
9.1.2 熔断器的选择	(153)
9.2 室内线路配线	(156)
9.2.1 绝缘子配线	(156)
9.2.2 塑料护套线配线	(158)
9.2.3 线管配线	(159)
9.3 配电板的安装	(160)
9.3.1 单相电能表	(160)
9.3.2 负荷开关	(161)
9.3.3 配电板的安装	(162)
9.4 常用照明附件和白炽灯的安装	(163)
9.4.1 常用照明附件	(163)
9.4.2 常用照明附件的安装	(165)
9.4.3 白炽灯照明线路的安装	(167)
9.4.4 荧光灯照明线路	(167)
技能实务操作	(170)
9.5 室内照明电路安装	(170)
9.6 配电板安装及配线练习	(172)
9.6.1 技能操作目的	(172)
9.6.2 技能操作要求	(172)
9.6.3 材料清单	(174)
思考题	(175)

项目 10 三相异步电动机的拆装	(176)
预备知识	(176)
10.1 三相异步电动机	(176)
10.1.1 三相异步电动机的结构与工作原理	(177)
10.1.2 三相异步电机的转矩特性与机械特性	(184)
10.2 伺服电机	(186)
10.3 步进电机	(187)
技能实务操作	(189)
10.4 三相异步电动机的拆装	(189)
思考题	(190)
项目 11 低压电器的控制与接线	(192)
预备知识	(192)
11.1 常见低压电器	(193)
11.1.1 刀开关	(193)
11.1.2 组合开关	(194)
11.1.3 熔断器	(195)
11.1.4 主令电器	(196)
11.1.5 接触器	(199)
11.1.6 继电器	(202)
11.2 电气控制图的识读	(207)
11.3 电动机的基本控制线路	(208)
11.3.1 三相笼型电动机直接启动控制	(208)
11.3.2 顺序连锁控制线路	(210)
11.3.3 电动机的互锁控制线路	(211)
11.3.4 多地控制线路	(212)
11.3.5 时间原则的控制线路	(212)
11.3.6 三相异步电动机电气制动控制	(214)
11.4 一般电气故障的检修步骤与方法	(217)
11.4.1 电气故障检修的一般步骤	(217)
11.4.2 电气故障检修技巧	(217)
11.4.3 电气故障检修的一般方法	(218)
技能实务操作	(219)
11.5 异步电动机的单向连续运行电气控制柜的装配	(219)
11.5.1 技能操作目的	(219)
11.5.2 技能操作要求	(220)
11.5.3 材料清单	(222)
11.6 三相异步电动机的正、反转控制	(222)
11.7 工作台的自动往复控制电路的设计	(224)
11.8 笼型异步电动机 $\text{Y}-\Delta$ 降压启动控制	(226)

11.9 皮带传输机的电气控制设计	(227)
11.10 生产设备的多地控制设计	(229)
思考题	(231)
项目 12 机床电气的检修	(235)
预备知识	(236)
12.1 CA6140 型车床的电气控制线路	(236)
12.2 X62W 卧式万能铣床的电气控制线路	(239)
12.2.1 X62W 卧式万能铣床的主要结构与运动形式	(239)
12.2.2 电气线路分析	(240)
12.2.3 万能铣床电气线路常见故障的检查与排除	(244)
12.3 M7130 卧轴矩台平面磨床的电气控制线路	(245)
12.3.1 磨床的主要结构及运动形式	(245)
12.3.2 电气线路分析	(246)
12.3.3 磨床常见电气故障的排除	(249)
12.4 Z35 摇臂钻床的电气控制线路	(250)
12.4.1 摇臂钻床的主要结构和运动形式	(250)
12.4.2 Z35 摇臂钻床电气线路分析	(250)
12.4.3 Z35 摇臂钻床常见的电气故障的排除	(254)
技能实务操作	(255)
12.5 CA6140 车床电气控制线路安装与模拟故障排除	(255)
思考题	(257)
附录 A 二极管、三极管的命名	(260)
A.1 我国半导体器件的命名	(260)
A.2 日本半导体分立器件型号命名方法	(261)
A.3 美国半导体分立器件型号命名法	(261)
附录 B LOGO! 提供的功能块	(262)
附录 C 检测报告样本	(265)
参考文献	(267)

上 篇

电路、电子篇

项目 1 直流电路的参数测量

【教学目标】

- (1) 理解电路的基本概念，学会简化电路模型。
- (2) 掌握电路的基本物理量并对其进行测量。
- (3) 掌握电路的分析方法并运用于实践。
- (4) 通过分析电路实现电路相关参数的测量。

【核心项目】

测量图 1-0 所示的钢珠分拣系统的直流参数。

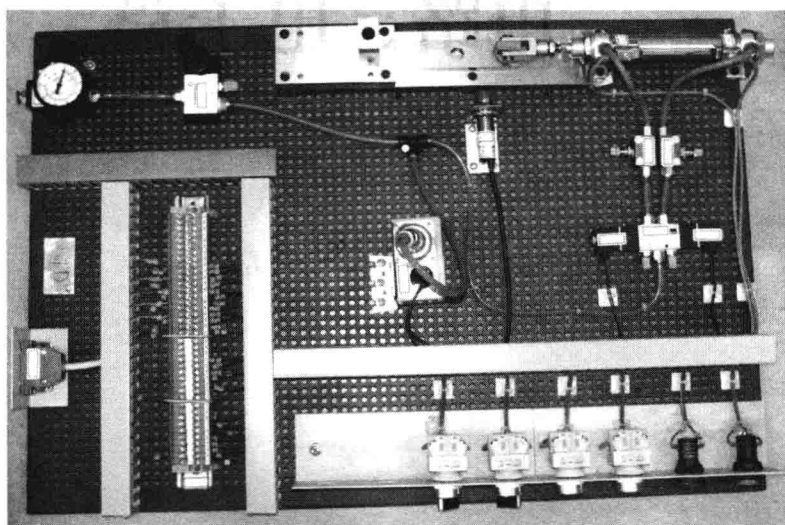


图 1-0 钢珠分拣系统

【任务】

- (1) 测量各输入点与 L 点（指控制软件 LOGO! 上节点 L+）之间的电压。
- (2) 测量输出点与 M 点（指控制软件 LOGO! 上节点 M）之间的电压。

预备知识

本项目知识点主要包括电路的组成和功能，电压、电位、电流及电功率等电路基本物理量，基尔霍夫定律等。

1.1 电 路

图1-1所示为实际电路和电路模型。

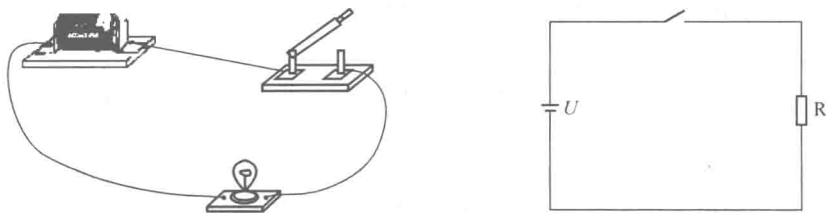


图1-1 实际电路和电路模型

电路是电流通过的路径。实际的电路是由某些电工设备或元件按照一定的方式组合起来构成的,用来实现电能的传输、分配和转换(强电)及电信号的传输、处理和存储(弱电)等功能。通常由电源、负载、中间环节三部分组成。

(1) 电源:供给电能的设备。如干电池、蓄电池、发电机等。

(2) 负载:使用电能的设备,将电能转换为其他能量(光能、机械能、热能等)。如电灯、扬声器等。

(3) 中间环节:将电源和负载连接起来,构成电流的通路,传输电能。如铝导线、铜导线等。

此外,电路中也可以有低压电器,用来控制电路的通断、保护电源与负载不受损坏。如开关、熔丝等。

由理想电路元件所组成的电路,称为电路模型。

组成电路模型的理想元件主要有电阻元件、电感元件、电容元件及电源元件等。这些理想元件分为无源元件和有源元件。无源元件包括电阻元件(消耗电能)、电感元件(存储磁场能量)、电容元件(存储电场能量),如图1-2所示;有源元件包括理想电压源、理想电流源,如图1-3所示。



图1-2 电阻、电感、电容元件图

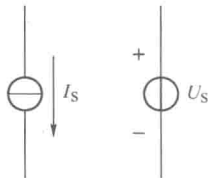


图1-3 理想电流源、理想电压源图

1.2 电流及其测量

1.2.1 电流

电流即电荷有规则的定向运动。电流的大小用电流强度(简称电流)来表示,在数值上等于单位时间内通过导体横截面积的电量。直流电流用大写字母 I 表示,交流电流用小写

字母 i 表示。

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1-1)$$

式中: dq ——时间 dt 内通过导体横截面积的电荷量。

i ——电流的瞬时值。

电流的单位是安培 (简称安), 用字母 A 表示。常用的单位还有千安 (kA)、毫安 (mA)、微安 (μA)。

物理学中规定正电荷的运动方向为电流的方向。电流的参考方向与电压参考方向相关。在分析、计算时, 如果电流方向未知或不断变化, 可以任意假定一个方向作为电流的参考方向。如果计算得到的电流为正值, 说明电流的实际方向与参考方向一致, 否则相反。

1.2.2 电流的测量

电流的测量有很多方法, 具体如下。

(1) 电路中电流的测量可以使用安培表、毫安表和微安表, 在表盘上分别有相应的 A、mA、 μA 标示符。

(2) 用万用表的电流挡来测量电流, 测量电流时, 应将万用表串联在电路中。

测量电流时应注意以下两点。

(1) 测量电流时, 测量表应串联在电路中。当测量直流电流时, 应让测量电流从电流表的正极流入, 从电流表的负极流出, 反接有可能损坏电流表。

(2) 测量前应估算电流的大小, 以选择量程。当被测电流无法估算时, 应从最大量程开始测量。

1.3 电位、电压及其测量

1.3.1 电位

电位即在电路中某一点的位置。只有选定了参考点, 并规定参考点的电位为零, 则某点电位才有唯一确定的数值。电位是相对的。

原则上, 参考点可以任意选择。电力工程中规定大地为电位参考点, 在电子电路中常取机壳或公共地线的电位为零, 称之为“地”, 在电路图中用符号 “ $\perp$ ” 表示。

【思考】以图 1-4 所示电路中的 b 点为参考点, 试求 a, c, d 点的电位。

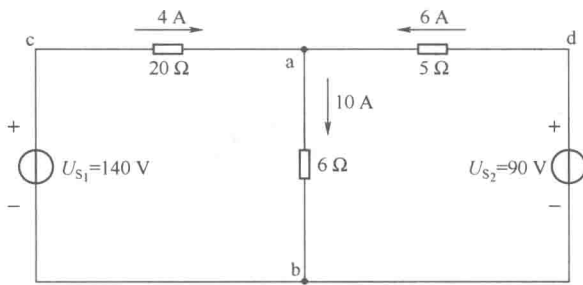


图 1-4 思考题图

1.3.2 电压

电压又称电势差,是电路中产生电流的根本原因。电路中 a, b 两点间的电压,在数值上等于将单位正电荷从电路中 a 点移至 b 点电场力所做的功,用 U_{ab} 表示,即

$$u_{ab} = \frac{dW_{ab}}{dQ} \quad (1-2)$$

电压的实际方向为电场力使正电荷移动的方向,即高电位指向低电位的方向。

大小和方向都不随时间变化的电压称为恒定电压,简称直流电压,用大写字母 U 表示。大小和方向随时间而变化的交流电压用小写字母 u 表示。

电压的单位是伏特 (V),常用的单位还有千伏 (kV)、毫伏 (mV)、微伏 (μV) 等。

电压的方向:同电流一样,在进行电路分析时,可以为电压预先设定一个参考方向。当电压方向与参考方向相同时,电压为正值,反之为负值。

电压的参考方向用“+”、“-”极性表示,或使用双下标表示: U_{ab} 表示 a、b 两点的电压参考方向由 a 指向 b,如图 1-5 所示。



图 1-5 电压的参考方向表示方法

一个元件或一段电路上,电流与电压的参考方向一致时称为关联参考方向,反之为非关联参考方向,如图 1-6 所示。

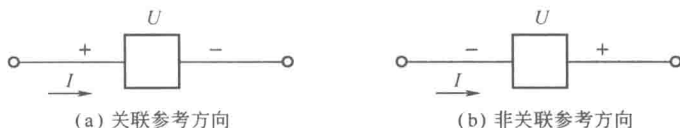


图 1-6 电压电流的关联参考方向与非关联参考方向

1.3.3 电动势

电动势是表征电源特征的物理量,体现了电源将其他形式的能转化为电能的本领。电动势的大小等于电源力把单位正电荷从电源的负极经过电源内部移到电源正极所做的功。常用符号 E (有时也可用 ε) 表示,单位是伏 (V)。

$$E_{ba} = \frac{W_{ba}}{q} \quad (1-3)$$

电动势的方向是在电源内部,低电位点指向高电位点的方向。

对于一个电源来说,电动势的正方向是:在电源内部从电源的负极指向电源正极。

1.3.4 电压的测量

测量电压的方法很多,可以用伏特表进行测量,也可以用万用表的电压挡进行测量。在测量电压时,应注意以下几点。