



21世纪高等院校规划教材

电工技术

(第二版)

主 编 李中发 罗瑞琼
副主编 姜 燕 邓 晓 邹津海 朱彦卿



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

21 世纪高等院校规划教材

电工技术

(第二版)

主 编 李中发 罗瑞琼

副主编 姜 燕 邓 晓 邹津海 朱彦卿



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书系统地介绍了电工技术的基本概念、基本理论、基本方法及其在实际中的应用,主要内容包括电路的基本概念和定律、电路的基本分析方法、单相正弦电路分析、三相电路与安全用电、非正弦周期电流电路分析、一阶动态电路分析、磁路与变压器、电动机、控制电机、继电器接触器控制、可编程控制器、电工测量。

本书集电工技术和应用于一体,按理论联系实际、循序渐进、便于教与学的原则编写,特别注重对新技术的介绍。全书叙述简明,概念清楚;知识结构合理,重点突出;内容深入浅出,通俗易懂;例题、习题丰富,图文并茂;各章均有学习要求、概述和小结;书后附有习题参考答案和附录。

本书可作为各类理工科高等学校非电类专业本科学生学习电工技术课程的教材或参考书,也可供有关工程技术人员参考。

本书为授课教师和读者免费提供 PowerPoint 电子教案,教师可以根据教学需要任意修改,读者可以从中国水利水电出版社网站以及万水书苑下载,网址为:
<http://www.waterpub.com.cn/softdown/>或 <http://www.wsbookshow.com>。

图书在版编目(CIP)数据

电工技术 / 李中发, 罗瑞琼主编. -- 2版. -- 北京:
中国水利水电出版社, 2014.8
21世纪高等院校规划教材
ISBN 978-7-5170-2271-8

I. ①电… II. ①李… ②罗… III. ①电工技术—高等学校—教材 IV. ①TM

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第155641号

策划编辑: 雷顺加 责任编辑: 宋俊娥 封面设计: 李 佳

书 名	21 世纪高等院校规划教材 电工技术(第二版)
作 者	主 编 李中发 罗瑞琼 副主编 姜 燕 邓 晓 邹津海 朱彦卿
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn
经 售	电话: (010) 68367658 (发行部)、82562819 (万水) 北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京蓝空印刷厂
规 格	170mm×227mm 16 开本 24.75 印张 460 千字
版 次	2005 年 4 月第 1 版 2005 年 4 月第 1 次印刷 2014 年 8 月第 2 版 2014 年 8 月第 1 次印刷
印 数	0001—4000 册
定 价	38.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

第二版前言

《电工技术》一书自 2005 年出版以来，经各高等院校教学使用近 10 年，深受师生们的好评与欢迎。广大师生们普遍反映，本教材内容丰富实用，编写思路紧扣教学要求，基本概念讲述清楚，对问题的讨论注重物理概念的阐述，分析清晰透彻，举例具有典型性且有工程实际观点，每章前有学习要求，后有归纳小结，例题、习题配置齐全，方便自学，易于教学。

编者在本书第一版的基础上，根据多年的教学经验和对课程改革的实践尝试，听取众多使用本教材师生提出的宝贵意见和建议，结合目前电工技术的发展和应用情况，教学上的灵活性以及因材施教的需要，对教材进行了适当的修订。修订后的教材，更加切合理工科高等院校非电类专业的教学层次及教学特点，概念更加清晰、简明，读者更易于掌握电工技术的规律，提高应用能力。

本书的修订是在中国水利水电出版社的指导下完成的。主要修订人员分工如下：张晚英（第 1 章），江亚群（第 2 章）、李中发（第 3 章和第 6 章）、邓晓（第 4 章）、姜燕（第 5 章）、罗瑞琼（第 7 章和第 8 章）、方厚辉（第 9 章）、彭敏放（第 10 章）、朱彦卿（第 11 章）、邹津海（第 12 章），参加本书修订工作的还有陈洪云、向阳、谭阳红、黄清秀等。本书由李中发（湖南大学）、罗瑞琼（中南大学）担任主编，负责全书的组织、修改和定稿工作；姜燕、邓晓、邹津海、朱彦卿担任副主编。

由于编者水平有限，书中疏漏和错误之处在所难免，恳请广大读者提出宝贵意见，以便修改。

编者
2014 年 5 月

第一版前言

电工技术课程是理工科高等学校非电类专业一门重要的技术基础课程。目前,电工技术应用十分广泛,发展极为迅速,并且日益渗透到其他学科领域,在我国社会主义现代化建设中占有极其重要的地位。电工技术课程的作用与任务是:使学生通过本课程的学习,获得电工技术必要的基本理论、基本知识和基本技能,了解电工技术的应用和我国电工事业发展的概况,为学习后续相关课程以及从事与本专业相关的工程技术工作和科学研究打下一定基础。

《电工技术》与《电子技术》(李中发主编,中国水利水电出版社出版)同为电工学的系列教材,在章节安排和内容取舍上都作了仔细分工与协调。在本书编写过程中,作者根据自己多年的教学经验以及对课程改革的实践尝试,从时代发展、技术进步、知识结构、课程体系上进行总体考虑,融先进性、科学性、完整性、实用性为一体,力图实现以下目标:

- (1) 内容简明精炼,深入浅出,通俗易懂,图文并茂。
- (2) 例题、习题丰富,各章均有学习要求、概述和小结,书后附有习题答案和附录。
- (3) 基本概念清楚,重点突出,难点不难,便于教与学。
- (4) 结构合理,系统性强,使学生建立完整有序的知识体系,为后续课程和实际应用打下良好的基础。
- (5) 理论教学与实践教学紧密结合,注重学生的智力开发和能力培养。
- (6) 力求反映新技术、新动向,以适应电工技术发展和变化的需要。

本书理论教学学时数约为 60 学时,实践教学学时数约为 20 学时,各校在教学时可根据专业实际情况适当取舍。理论教学参考学时:电路的基本概念和定律 5 学时、电路的基本分析方法 5 学时、单相正弦电路分析 10 学时、三相电路与安全用电 3 学时、非正弦周期电流电路分析 3 学时、一阶动态电路分析 5 学时、磁路与变压器 5 学时、电动机 6 学时、控制电机 2 学时、继电器接触器控制 6 学时、可编程控制器 6 学时、电工测量 4 学时。

本书在中国水利水电出版社指导下编写完成。参加本书编写工作的有:张晚英(第 1 章)、江亚群(第 2 章)、李中发(第 3 章和第 6 章)、邓晓(第 4 章)、徐毅(第 5 章)、方厚辉(第 7 章和第 9 章)、谢胜曙(第 8 章)、彭敏放(第 10 章)、梁先宇(第 11 章)、邹津海(第 12 章),杨华、陈玉英、李珊珊、陈南放等参加了习题

选编、书稿录入和图表制作等工作。全书由李中发担任主编，负责全书的组织、修改和定稿工作；方厚辉、谢胜曙、梁先宇担任副主编。

由于时间仓促及编者水平有限，书中疏漏与错误之处在所难免，恳请广大读者提出宝贵意见，以便修改。作者的 E-mail 地址为 li_zhongfa@163.net。

编 者

2005 年 1 月

目 录

第二版前言

第一版前言

第1章 电路的基本概念和定律	1
1.1 电路及电路模型	1
1.1.1 电路及其功能	2
1.1.2 电路的组成	2
1.1.3 电路模型	2
1.2 电路的基本物理量	3
1.2.1 电流	3
1.2.2 电压、电位及电动势	5
1.2.3 电功率	7
1.3 电路元件的伏安关系	9
1.3.1 无源元件	9
1.3.2 有源元件	12
1.3.3 实际电源的两种模型	13
1.4 电气设备的额定值与电路的工作状态	15
1.4.1 电气设备的额定值	15
1.4.2 电路的工作状态	16
1.5 基尔霍夫定律	19
1.5.1 基尔霍夫电流定律	20
1.5.2 基尔霍夫电压定律	21
1.6 电位的概念及计算	25
1.6.1 电位的概念	25
1.6.2 电位的计算	26
本章小结	29
习题一	29
第2章 电路的基本分析方法	34
2.1 简单电阻电路分析	34
2.1.1 电阻的串联	34
2.1.2 电阻的并联	36

2.2 复杂电阻电路分析	39
2.2.1 支路电流法	39
2.2.2 节点电压法	42
2.3 电压源与电流源的等效变换	45
2.3.1 电路等效变换的概念	45
2.3.2 电压源与电流源的等效变换	46
2.4 电路定理	50
2.4.1 叠加定理	50
2.4.2 等效电源定理	52
2.5 含受控源电阻电路的分析	56
2.5.1 受控源	56
2.5.2 含受控源电阻电路的分析	58
2.6 非线性电阻电路的分析	61
2.6.1 非线性电阻	61
2.6.2 非线性电阻电路的分析	63
本章小结	64
习题二	66
第3章 单相正弦电路分析	74
3.1 正弦交流电的基本概念	75
3.1.1 正弦量的三要素	75
3.1.2 相位差	78
3.1.3 有效值	79
3.2 正弦交流电的相量表示法	82
3.2.1 复数及其运算	83
3.2.2 正弦量的相量表示法	86
3.3 KCL、KVL 及元件伏安关系的相量形式	89
3.3.1 相量运算规则	89
3.3.2 元件伏安关系的相量形式	90
3.3.3 KCL、KVL 的相量形式	96
3.4 简单正弦电路的分析	99
3.4.1 阻抗	100
3.4.2 RLC 串联电路	101
3.4.3 RLC 并联电路	104
3.4.4 阻抗的串联及并联	106
3.5 正弦电路的功率	108

3.5.1	瞬时功率	109
3.5.2	平均功率	111
3.5.3	无功功率和视在功率	112
3.5.4	功率因数的提高	114
3.6	交流电路的频率特性	116
3.6.1	RC 电路的频率特性	117
3.6.2	电路中的谐振	119
	本章小结	126
	习题三	127
第 4 章	三相正弦电路分析	134
4.1	三相正弦交流电源	134
4.1.1	三相交流电的产生	134
4.1.2	三相电源的连接	136
4.2	三相电路中负载的连接	138
4.2.1	三相电路中负载的连接方式与原则	138
4.2.2	负载的星形连接	139
4.2.3	负载的三角形连接	142
4.3	安全用电	144
4.3.1	触电方式及其防护	145
4.3.2	接地与接零	147
4.3.3	静电防护和电气防火防爆	149
	本章小结	150
	习题四	151
第 5 章	非正弦周期电流电路分析	153
5.1	非正弦周期信号的谐波分析	153
5.1.1	非正弦周期信号的产生	153
5.1.2	非正弦周期信号的分解	155
5.1.3	非正弦周期信号的频谱	157
5.2	非正弦周期信号的有效值、平均值和平均功率	158
5.2.1	非正弦周期信号的有效值	158
5.2.2	非正弦周期信号的平均值	159
5.2.3	非正弦周期信号的平均功率	160
5.3	非正弦周期电流电路的计算	161
5.3.1	非正弦周期电流电路的计算方法	161
5.3.2	非正弦周期电流电路计算举例	162

本章小结	166
习题五	166
第 6 章 一阶动态电路分析	169
6.1 换路定理	170
6.1.1 电路中产生过渡过程的原因	170
6.1.2 换路定理	171
6.2 一阶动态电路的分析方法	174
6.2.1 一阶动态电路的经典分析法	175
6.2.2 一阶动态电路的三要素分析法	182
6.3 零输入响应和零状态响应	187
6.3.1 一阶电路响应的分解	187
6.3.2 一阶电路的零输入响应	191
6.3.3 一阶电路的零状态响应	196
6.4 微分电路与积分电路	199
6.4.1 微分电路	200
6.4.2 积分电路	202
本章小结	203
习题六	204
第 7 章 磁路与变压器	209
7.1 磁路	209
7.1.1 磁场的基本物理量	210
7.1.2 磁路的基本定律	211
7.1.3 磁性材料的磁性能	213
7.2 交流铁心线圈电路	218
7.2.1 交流铁心线圈的电磁关系	218
7.2.2 交流铁心线圈的功率损耗	219
7.3 单相变压器	222
7.3.1 变压器的基本结构	223
7.3.2 变压器的工作原理	224
7.3.3 变压器的工作特性	229
7.3.4 变压器绕组的同极性端及其测定	231
7.4 三相变压器	232
7.4.1 三相变压器的结构	233
7.4.2 变压器的额定值	234
7.5 特殊变压器	236

7.5.1 自耦变压器	237
7.5.2 仪用互感器	237
7.5.3 电焊变压器	239
本章小结	239
习题 7	240
第 8 章 电动机	244
8.1 三相异步电动机的结构及转动原理	245
8.1.1 三相异步电动机的结构	245
8.1.2 旋转磁场的产生	247
8.1.3 三相异步电动机的转动原理	249
8.2 三相异步电动机的电磁转矩和机械特性	251
8.2.1 三相异步电动机的电路分析	251
8.2.2 三相异步电动机的电磁转矩	253
8.2.3 三相异步电动机的机械特性	254
8.3 三相异步电动机的运行与控制	257
8.3.1 三相异步电动机的起动	257
8.3.2 三相异步电动机的调速	261
8.3.3 三相异步电动机的反转	262
8.3.4 三相异步电动机的制动	262
8.4 三相异步电动机的选择与使用	264
8.4.1 三相异步电动机的铭牌	264
8.4.2 三相异步电动机的选择	268
8.4.3 电动机的安装原则和接地装置	269
8.5 单相异步电动机	270
8.5.1 单相异步电动机的工作原理与特性	270
8.5.2 单相异步电动机的起动	272
8.6 直流电动机	274
8.6.1 直流电动机的结构及分类	274
8.6.2 直流电动机的工作原理和机械特性	277
8.6.3 直流电动机的运行与控制	279
本章小结	281
习题 8	283
第 9 章 控制电机	286
9.1 伺服电动机	286
9.1.1 交流伺服电动机	287

9.1.2 直流伺服电动机	289
9.2 测速发电机	291
9.2.1 交流异步测速发电机	291
9.2.2 直流测速发电机	293
9.3 步进电动机	294
9.3.1 步进电动机的结构	294
9.3.2 步进电动机的工作原理	295
9.3.3 步进电动机的步距角和转速	297
本章小结	299
习题 9	299
第 10 章 继电器接触器控制	301
10.1 常用控制电器	301
10.1.1 开关电器	302
10.1.2 熔断器	304
10.1.3 主令电器	305
10.1.4 交流接触器	306
10.1.5 继电器	307
10.2 三相异步电动机的基本控制电路	310
10.2.1 点动控制	311
10.2.2 直接起动控制	312
10.2.3 正反转控制	313
10.2.4 多地控制	315
10.2.5 顺序控制	315
10.3 三相异步电动机的基本控制原则	316
10.3.1 行程控制与行程控制原则	316
10.3.2 时间控制与时间控制原则	318
10.3.3 速度控制与速度控制原则	319
本章小结	320
习题 10	320
第 11 章 可编程控制器	323
11.1 PLC 的结构及工作原理	323
11.1.1 PLC 的结构	323
11.1.2 PLC 的工作原理	325
11.1.3 PLC 的工作方式	327
11.2 PLC 的编程语言和指令系统	328

11.2.1 PLC 的梯形图	328
11.2.2 PLC 的编程元件	330
11.2.3 PLC 的指令	333
11.3 PLC 梯形图的设计方法	339
11.3.1 梯形图的经验设计法	339
11.3.2 梯形图的顺序控制设计法	341
11.4 PLC 应用实例	344
11.4.1 电动机正、反转 Y- Δ 降压起动控制	345
11.4.2 计数器工作电路控制	346
11.4.3 机械手工作过程控制	347
本章小结	350
习题十一	350
第 12 章 电工测量	353
12.1 电工仪表的类型、误差和准确度	353
12.1.1 电工仪表的分类	353
12.1.2 电工仪表的误差和准确度	355
12.2 指针式仪表的结构及工作原理	357
12.2.1 磁电式仪表	357
12.2.2 电磁式仪表	358
12.2.3 电动式仪表	359
12.3 电流、电压、功率和电能的测量	360
12.3.1 电流的测量	360
12.3.2 电压的测量	361
12.3.3 功率的测量	361
12.3.4 电能的测量	363
12.4 电阻的测量	364
12.4.1 万用表	365
12.4.2 兆欧表	368
本章小结	369
习题十二	370
附录 A 部分习题参考答案	371
附录 B 电阻器标称阻值系列	382
附录 C 电阻器阻值的色环标志法	383
参考文献	384

第1章 电路的基本概念和定律



本章学习要求

- 理解电路模型及理想电路元件的伏安关系，了解实际电源的两种模型。
- 理解电压、电流的概念及参考方向的意义，电功率的概念及其计算。
- 了解电器设备额定值的意义和电路负载、开路和短路状态的特点。
- 理解并能熟练应用基尔霍夫电压定律和电流定律。
- 理解电位的概念，会分析计算电路中各点的电位。

电工技术是研究电能在各个技术领域中应用的一门科学技术。电工技术的发展是和电能的应用紧密联系的。电自被发现并应用以来，对人类社会的发展产生了极其广泛而深刻的影响。目前，电工技术应用十分广泛，并且已经渗透到国民经济、国防和日常生活等领域。电能之所以得到这样广泛的应用，是因为与其他能源相比，电能具有便于转换、便于输送、便于控制等诸多优点。

电路理论是分析和研究各种电路中电流、电压分配和变化规律的科学，是电工技术和电子技术的基础。为了便于研究，常常把实际电路抽象成理想元件组成的电路模型。在电路模型中，存在两种基本关系：一种是各理想元件本身电流、电压的关系，简称伏安关系，它与元件本身的性质有关；另一种是电路中各电流、电压之间的关系，它与电路的结构有关。这两种基本关系是决定电路中电流、电压情况的两种因素，也称为两种约束。学习本章时要注意理解和掌握这两种约束，以便为学习电路的各种分析方法奠定基础。

本章将介绍电路的作用及组成、电路的基本物理量及其参考方向、电路基本元件的伏安关系、电气设备的额定值和电路的工作状态、基尔霍夫电压定律和电流定律、电路中电位的概念及其计算，这些基本概念和基本定律是电路分析的重要基础。

1.1 电路及电路模型

实际电工设备种类繁多，实际电路的几何尺寸也相差甚大，为了分析研究的

需要和方便，常采用模型化的方法，将实际的电工设备用理想化的电路元件代替，从而构成了与实际电路相对应的电路模型。

1.1.1 电路及其功能

电路是为了某种需要而将某些电工设备或元件按一定方式组合起来所构成的电流通路。

电路的结构形式和所能完成的任务是多种多样的。按工作任务划分，电路的主要功能有两类。

电路的第一类功能是进行能量的转换、传输和分配，如电力系统电路，可将发电机发出的电能经过输电线传输到各个用电设备，再经用电设备转换成热能、光能、机械能等。

电路的第二类功能是实现信号的传递和处理等。输入信号称为激励（或信号源），输出信号称为响应，如扩音机电路，先由话筒把语言或音乐（通常称为信息）转换为相应的电压和电流，即电信号，通过放大和转换（称为信号的处理）后传递到扬声器，把电信号还原为语言或音乐。

1.1.2 电路的组成

不论电路结构的复杂程度如何，其组成都包括电源、负载和中间环节 3 个基本部分。

电源是提供电能的设备，如干电池、蓄电池、发电机等，其作用是将其他形式的能量转换为电能。此外，还有将某种形式的电能转换成另一种形式的电能的装置，通常也称为电源，如直流稳压电源就是将交流电转换为直流电，并在一定范围内保持输出电压稳定。

负载是取用电能的设备，如电灯、电炉、电动机等，其作用是将电能转换为其他形式的能量，如电灯把电能转换成光能和热能，电动机将电能转换成机械能等。

中间环节在电路中起传递、分配和控制电能的作用，最简单的中间环节是开关和连接导线，一般还有保护和测量装置。更为复杂的中间环节是各种电路元件组成的网络系统，电源接在它的输入端，负载接在它的输出端。

1.1.3 电路模型

实际电路都是由一些起不同作用的实际电路元件组成的，如发电机、变压器、电动机、电池、晶体管以及各种电阻器和电容器等。实际电路元件的电磁关系比较复杂，最简单的例子如白炽灯，白炽灯除了具有消耗电能的性质（电阻性）外，

当有电流通过时还会产生磁场,说明白炽灯还具有电感性,但电感非常微小,可以忽略不计,所以,可认为白炽灯是一个电阻元件。

为了便于对电路进行分析计算,常常将实际元件理想化(也称模型化),即在一定条件下突出元件主要的电磁性质,忽略次要因素,用一个足以表征其主要特性的理想元件近似表示。由理想电路元件组成的电路称为电路模型。理想电路元件(此后理想两字略去)主要有电阻元件、电感元件、电容元件、理想电压源、理想电流源等。前3种元件不产生能量,称为无源元件,后两种元件是电路中提供能量的元件,称为有源元件,这些元件分别由相应的参数来表征。

如图1.1所示为手电筒电路,其电路模型如图1.2所示。干电池是电源元件,参数为电动势 E 和内电阻 R_0 ;灯泡是电阻元件,参数为电阻 R ;筒体是连接干电池和灯泡的中间环节(包括开关),其电阻忽略不计,认为是一个无电阻的理想元件。

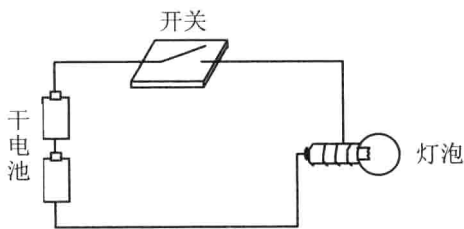


图 1.1 手电筒电路

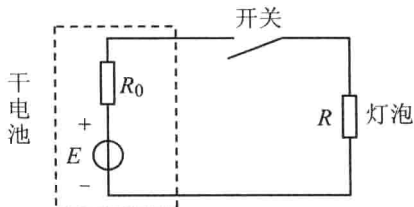


图 1.2 手电筒的电路模型

今后所分析的都是电路模型,简称电路。电路中的各种元件用规定的图形符号表示。

元件有线性和非线性之分,线性元件的参数是常数,与所施加的电压和电流无关。非线性元件的参数不是常数,随着电压或电流变动。

1.2 电路的基本物理量

研究电路的基本规律,首先要掌握电路中的电流、电压和功率等基本物理量。

1.2.1 电流

电流是由电荷有规则的定向运动形成的。电流是一种物理现象,又是一个表示电流强弱的物理量,在数值上等于单位时间内通过某一导体横截面的电量。

在如图1.3所示的导体内,设在时间 dt 内,通过导体横截面 S 的电量为 dq ,则导体中的电流为:

$$i = \frac{dq}{dt}$$

如果电流不随时间变化, 即 $\frac{dq}{dt} = \text{常数}$, 则这种电流称为恒定电流, 简称直流。

直流电流用大写字母 I 表示, 所以上式可改写为:

$$I = \frac{q}{t}$$

如果电流的大小和方向都随时间变化, 则称为交变电流, 简称交流。交流电流用小写字母 i 表示。

在国际单位制中, 电流的单位是安培, 简称安 (A)。计量微小电流时, 常以毫安 (mA) 或微安 (μA) 为单位, 它们之间的关系为:

$$1\text{A} = 10^3\text{mA} = 10^6\mu\text{A}$$

电流的实际方向是客观存在的。在简单的电路中, 电流的实际方向容易判断, 但在复杂电路中, 电流的实际方向往往事先难以判断。如图 1.4 所示, 假设要求在桥式电路中电阻 R 上的电流 I_x , 首先就很难判断出 I_x 的实际方向。为此, 在计算之前首先任意选定某一方向作为电流的参考方向, 并将参考方向用带方向的箭头标于电路图中, 如图 1.4 所示, 假设 I_x 的参考方向从 a 流向 b。若求得 $I_x > 0$, 则说明电流的实际方向与其参考方向一致, 即 I_x 的实际方向从 a 流向 b; 若求得 $I_x < 0$, 则说明电流实际方向与其参考方向相反, 即 I_x 的实际方向从 b 流向 a。

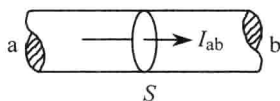


图 1.3 导体中的电流

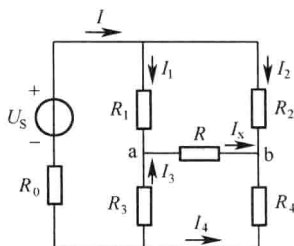


图 1.4 桥式电路

参考方向的选择完全是任意的, 它并不影响电流的实际方向, 例如在图 1.4 中, 当假设电流 I_x 的参考方向由 a 流向 b 时, 有 $I_x > 0$; 当电流 I_x 的电流方向由 b 流向 a 时, 必有 $I_x < 0$ 。以上说明电流的实际方向并不会因为参考方向的不同而改变。同时必须指出, 当开始分析一个电路时, 虽然参考方向的选取是任意的, 但一经选定, 在分析的过程中便不再改变。另外, 在没有假设参考方向的前提下, 直接计算出的电流值的正、负号没有意义。

电流的参考方向除了用箭头表示外, 还可用双下标的变量表示。如图 1.3 中