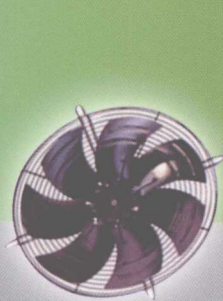


ZHILENG SHEBEI
W E I X I U G O N G

制冷设备维修工

魏 龙 主编 刘其和 副主编

(中级)



化学工业出版社

W E I X I U G O N G

制冷设备维修工

魏 龙 主编 刘其和 副主编 (中级)

.....



化学工业出版社

· 北 京 ·

元 00.35 价

本书是以中华人民共和国劳动和社会保障部制定的《制冷设备维修工》国家职业技能鉴定规范和鉴定要素细目表为基本依据编写而成的,为中级制冷设备维修工的培训教材。本书从强化培养操作技能、掌握制冷设备维修工实用技术的角度出发,详细介绍了中级制冷设备维修工必须掌握的知识和技能,内容包括:基础知识、蒸气压缩式制冷原理、制冷压缩机与设备、制冷与空调装置、检修工艺、冷藏冷冻装置的维修技能、空调装置的维修技能。本教材在强调实用性、典型性的前提下,充分重视内容的先进性,尽可能地反映与本职业关联的新材料、新技术、新工艺、新设备、新方法。

本书可作为教育、劳动社会保障系统,以及其他培训机构或社会力量办学和企业所举办的职业技能培训班的教材,也可作为职业技术学校的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

制冷设备维修工(中级)/魏龙主编. —北京:化学工业出版社, 2007. 11
ISBN 978-7-122-01413-9

I. 制… II. 魏… III. 制冷-设备-维修 IV. TB657

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 165492 号

责任编辑:辛 田 李玉晖
责任校对:宋 夏

装帧设计:韩 飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷:大厂聚鑫印刷有限责任公司

装 订:三河市延风装订厂

720mm×1000mm 1/16 印张 19½ 字数 338 千字 2008 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 32.00 元

版权所有 违者必究

前 言

随着社会的不断进步,国民经济的快速发展,人民生活水平的不断提高,制冷与空调技术显示出越来越重要的作用,已广泛应用于工业、农业、商业、国防、医药卫生、建筑工程、生物工程、宇宙开发及人民生活等各个领域。美国机械工程师学会将空调制冷技术列为 20 世纪 20 项最重大工程技术成就之一。

20 世纪 90 年代初期,我国制冷空调业各类生产企业只有 217 家,工业年产值 65 亿元人民币;到 1999 年全行业有一定规模的企业有近 600 家,工业年产值 487.9 亿元人民币;到 2005 年全行业的年产值已接近 2300 亿元人民币,出口额在 50 亿美元以上。近十多年来,我国制冷空调行业一直保持着平均 30% 以上的年增长率,已发展成为世界第二大冷冻空调设备的消费市场和第一大生产国。据相关资料分析,在经历了一段较长时间的高速增长后,在未来的几年内,许多企业面临着新一轮的经营体制转变和产品结构调整等问题,因此行业的年增长率会较过去的高峰时期有所回落,但仍会保持在 15% 左右(仍将高于全国工业增长平均速度)。而经过必要的调整之后,中国的制冷空调行业必将迎来新的发展机遇,向着世界制冷空调制造业的强国迈进。

我国制冷与空调行业的发展有两个显著特点:一是社会需求持续增长;二是新技术、新设备的应用和更新不断加快。与此同时,随着制冷与空调设备的大量使用,维护和维修工作量也大大增加,但由于相关技术培训的滞后性,在制冷与空调设备维护和维修技术力量方面,无论是人员数量还是人员的技术素质上都与其需求相差甚远。

为满足社会需求,我们以中华人民共和国劳动和社会保障部制定的《制冷设备维修工》国家职业技能鉴定规范和鉴定要素细目表为基本依据编写了本书,作为中级制冷设备维修工的培训教材。本书从强化培养操作技能,掌握制冷设备维修工实用技术的角度出发,详细介绍了中级制冷设备维修工必须掌握的知识和技能,内容包括:基础知识、蒸气压缩式制冷原理、制冷压缩机与设备、制冷与空调装置、检修工艺、冷藏冷冻装置的维修技

能、空调装置的维修技能。书中每章后附有复习题，全书最后附有应知部分模拟试卷和操作技能模拟试卷，用于检验、巩固所学知识 with 技能。

本书在编写中不刻意强调知识的系统性、理论性和完整性，而是根据制冷设备维修工职业的工作特点，从掌握实用操作技能，以能力培养为根本出发点，基本知识及理论部分以必需和够用为原则，注重知识与技能的联系。

本书在强调实用性、典型性，注重实际操作技能的同时，充分重视内容的先进性，尽可能地反映与本职业关联的新标准、新材料、新技术、新工艺、新设备、新方法的应用和发展。

本书可适用于教育、劳动社会保障系统，以及其他培训机构或社会力量办学所举办的各种类型的培训教学，也适用于各级各类职业技术学校举办的中短期培训教学，以及企业内部的培训教学。本书对从事制冷维修工作的工程技术人员掌握先进知识与技术也有很好的参考价值。

本书是江苏省高等教育教学改革研究课题“高职制冷专业实践教学体系与实践教学基地建设的研究”成果之一，得到了江苏省教育厅的大力支持。

本书由魏龙担任主编，刘其和为副主编。编写分工如下：第1章刘其和，第2章滕文锐，第3章常新中，第4、5、6、7章及附录魏龙。全书由孙见君教授主审。本书在编写过程中，得到了房桂芳、蒋李斌、黄建、冯飞、曾焕平、王湘仁、李强等的大力帮助，在此一并表示感谢。

因编者水平所限，书中不足之处在所难免，敬请同行和读者予以批评指正。

编者

2007年10月

目 录

第1章 基础知识	1
1.1 电工基础知识	1
1.1.1 直流电路	1
1.1.2 三相交流电路	6
1.1.3 变压器	8
1.1.4 常用低压电器	10
1.1.5 三相异步电动机及其基本控制电路	18
1.2 电子技术基础	24
1.2.1 基本交流放大电路	24
1.2.2 串联型稳压电源	27
1.2.3 正弦振荡器	28
1.2.4 门电路的基本知识	31
1.3 热工基础知识	35
1.3.1 热力学第一定律的应用	35
1.3.2 传热学基础知识	37
1.4 制冷系统管道图	44
复习题	46
第2章 蒸气压缩式制冷原理	47
2.1 制冷剂的替代	47
2.1.1 制冷剂对环境的影响	47
2.1.2 国际环保行动的日程安排	48
2.1.3 CFCs 制冷剂的替代	49
2.2 实际的单级蒸气压缩式制冷循环	50
2.2.1 液体过冷、吸气过热及回热循环	50
2.2.2 实际循环在压焓图上的表示	54
2.2.3 实际循环的性能指标	54
2.3 多级蒸气压缩式制冷循环	56

2.3.1 采用多级压缩的原因	57
2.3.2 双级蒸气压缩式制冷循环	58
2.4 复叠式制冷循环	61
2.4.1 采用复叠式制冷循环的原因	61
2.4.2 复叠式制冷循环	62
2.4.3 复叠式制冷循环应用中的一些问题	62
复习题	63
第3章 制冷压缩机与设备	64
3.1 活塞式制冷压缩机	64
3.1.1 活塞式制冷压缩机的分类	64
3.1.2 活塞式制冷压缩机的热力性能	66
3.1.3 活塞式制冷压缩机的主要零部件	74
3.2 螺杆式制冷压缩机的基本结构和工作原理	85
3.2.1 基本结构	86
3.2.2 工作原理	87
3.2.3 优缺点	88
3.3 离心式制冷压缩机的基本结构和工作原理	89
3.4 冷凝器	90
3.4.1 冷凝器的传热方式和影响因素	91
3.4.2 水冷冷凝器	93
3.4.3 风冷冷凝器	99
3.4.4 水和空气联合冷却式冷凝器	100
3.5 蒸发器	102
3.5.1 蒸发器的传热方式及影响因素	102
3.5.2 冷却液体载冷剂的蒸发器	103
3.5.3 冷却空气的蒸发器	108
3.6 节流与控制元件	112
3.6.1 节流元件	112
3.6.2 控制元件	116
3.7 制冷辅助设备	129
3.7.1 储液器	129
3.7.2 油分离器	130
3.7.3 分液器	131
3.7.4 视液镜	131

复习题.....	132
第4章 制冷与空调装置	134
4.1 商业用冷柜	134
4.1.1 商业用冷柜的分类、基本形式和参数	134
4.1.2 冷藏、冷冻柜	136
4.1.3 陈列柜	141
4.2 小型冷库	146
4.2.1 冷库的基本组成和类型	146
4.2.2 小型冷库的制冷系统	151
4.2.3 小型冷库的基本控制电路	152
4.3 房间空调器	155
4.3.1 挂壁式空调器	155
4.3.2 柜式空调器	157
4.3.3 一拖二空调器	159
4.3.4 空调器的微电脑控制原理	161
4.4 户用中央空调	167
4.4.1 户用中央空调的功能与特点	167
4.4.2 户用中央空调系统类型	168
4.4.3 户用中央空调机组的主要配件及特点	171
4.4.4 户用中央空调除霜与控制系统	176
复习题.....	183
第5章 检修工艺	185
5.1 小型开启式制冷系统检修工艺	185
5.1.1 制冷系统的压力检漏	185
5.1.2 制冷系统的抽真空	186
5.1.3 充灌制冷剂	187
5.1.4 热力膨胀阀的流量调整	188
5.1.5 制冷剂的回收	189
5.1.6 充注冷冻机油	190
5.1.7 排放系统中的空气	191
5.1.8 除污与除垢操作	192
5.2 中小型活塞式制冷压缩机的检修	193
5.2.1 检修计划与检修内容	193
5.2.2 检修前的准备工作	195

5.2.3	开启式压缩机的检修	196
5.2.4	半封闭式压缩机的检修	208
5.3	制冷设备的检修	209
5.3.1	热交换器的检修	209
5.3.2	油分离器的检修	210
5.3.3	管路及阀件的检修	210
5.3.4	干燥过滤器的检修	211
5.4	控制系统主要元件的检修	212
5.4.1	热继电器的检修	212
5.4.2	交流接触器的检修	212
5.4.3	电磁阀的检修	213
5.4.4	温度控制器的检修	214
5.4.5	压力控制器的检修	214
	复习题	215
第6章	冷藏冷冻装置的维修技能	216
6.1	商业用冷柜的维修技能	216
6.1.1	冷藏、冷冻柜常见故障的分析与排除	216
6.1.2	冷藏、冷冻柜的调试	223
6.1.3	陈列柜的常见故障及排除方法	224
6.2	小型冷库的维修技能	226
6.2.1	小型冷库的维护管理	226
6.2.2	小型冷库常见故障的分析与排除	227
	复习题	229
第7章	空调装置的维修技能	230
7.1	房间空调器的维修技能	230
7.1.1	房间空调器的故障检查和分析方法	230
7.1.2	电气控制系统故障分析与排除	232
7.1.3	制冷系统故障分析与排除	244
7.1.4	通风系统故障分析与检修	255
7.1.5	空调器维修后的检查	258
7.1.6	空调器故障分析速查表	259
7.1.7	空调器的自诊断和故障显示	265
7.2	户用中央空调的维修技能	267
7.2.1	风管式空调系统常见故障分析与排除	267

7.2.2 冷热水空调系统常见故障分析与排除	271
7.2.3 制冷剂空调系统常见故障分析与排除	275
7.2.4 户用中央空调检修后的性能检测	283
复习题	284
附录 模拟试卷	286
参考文献	298

第 1 章

基础知识

1.1 电工基础知识

1.1.1 直流电路

(1) 基尔霍夫定律

在实际工作中，我们遇到的电路是复杂的。为了介绍基尔霍夫定律，有必要介绍支路、节点和回路等概念。图 1-1 所示为一个具有 5 个元件相互连接成的电路。

支路：电路中含有电路元件的每一个分支称为支路。一条支路流过同一个电流，称为支路电流。在图 1-1 所示的电路中共有三条支路，分别为 dab 、 $dc b$ 和 bd ，支路电流分别用 I_1 、 I_2 和 I_3 表示。在支路 dab 和 $dc b$ 中含有电源，称为有源支路；而 bd 支路中只有电阻，没有电源，称为无源支路。

节点：指三条或三条以上支路的汇交点。在图 1-1 中共有两个节点（节点 b 和节点 d ）。

回路：电路中任一闭合路径称为回路。在图 1-1 所示电路中共有三条回路，分别为 $dabd$ 、 $dc b d$ 和 $abcda$ 。

基尔霍夫定律是复杂电路的基本定律，它包括电流定律和电压定律。

① 基尔霍夫电流定律 (KCL) 基尔霍夫电流定律又称节点电流定律，其内容是：在电路中，任何时刻，流入某一节点的电流之和等于流出该节点的电流之和。如果我们规定，流入节点的电流为正，流出节点的电流为负，则基尔霍夫电流定律可表述为：任一时刻，流向节点的电流代数和为零。

例如，以图 1-1 所示电路为例，节点 b 各电流之间的关系为：

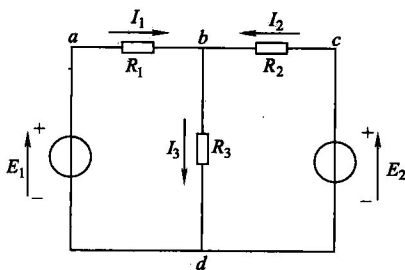


图 1-1 支路、节点和回路

$$I_1 + I_2 = I_3 \quad \text{或} \quad I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

节点 d 各电流之间的关系为:

$$I_3 = I_1 + I_2 \quad \text{或} \quad I_3 - I_1 - I_2 = 0$$

基尔霍夫电流定律的依据是电流的连续性。如果流入节点的电流不等于流出节点的电流,则在电路中任意一点(包括节点)必然有电荷堆积,这就破坏了电流的连续性。

利用基尔霍夫电流定律列写节点电流方程时,必须首先确定每条支路电流的方向。如果某一支路电流方向未知时,可任意设定其方向,若计算结果为正,说明假设方向与实际方向相同。

基尔霍夫电流定律通常应用于节点,也可以把它推广应用于包围部分电

路的任一假设的闭合面。例如,图 1-2 所示的闭合面包围的是一个三角形电路,它有三个节点。应用电流定律可列出:

$$I_A = I_{AB} + I_{CA}$$

$$I_B = I_{BC} - I_{AB}$$

$$I_C = -I_{CA} - I_{BC}$$

上列三式相加,可得:

$$I_A + I_B + I_C = 0$$

可见,任一瞬时流向任一闭合面的电

流的代数总和等于零。

② 基尔霍夫电压定律 (KVL) 基尔霍夫电压定律又称回路电压定律,其内容是:任一时刻任一闭合回路中,沿同一方向各段电压代数总和等于零。在应用该定律时,必须事先确定各部分电压的正负号。通常规定,当各部分电压参考方向与回路绕行方向一致时取正号,反之取负号。

图 1-3 所示的电路图中,各段电压的参考方向已在图中标出,根据基尔霍夫电压定律,从 A 点开始,可列出:

$$U_{AB} + U_{BC} + U_{CD} - U_{AD} = 0$$

按照图 1-3 中所示电流的参考方向,利用欧姆定律可将上式改写为:

$$(I_1 R_1) + (I_2 R_2) + (E_3 - I_3 R_3) - (E_4 + I_4 R_4) = 0$$

整理得:

$$E_4 - E_3 = I_1 R_1 + I_2 R_2 - I_3 R_3 - I_4 R_4$$

从上式可以看出,基尔霍夫电压定律

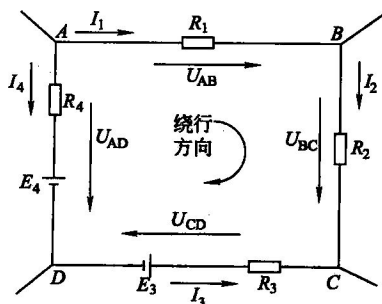


图 1-3 基尔霍夫电压定律

也可以这样表述：在任一回路内循环一周，回路中各电阻上的电压降的代数和等于各电动势的代数和。应当注意的是，当流过电阻的电流的参考方向与绕行方向一致时，电阻上的电压 IR 取正号，反之，取负号；当电动势的参考方向与绕行方向一致时， E 取正号，反之，取负号。

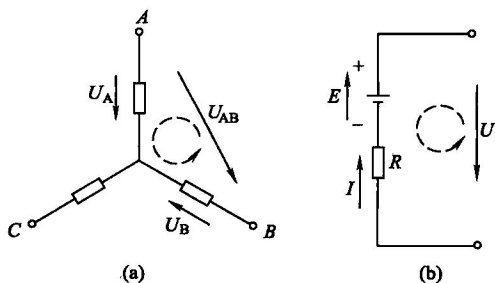


图 1-4 基尔霍夫电压定律推广

基尔霍夫电压定律不仅应用于闭合回路，也可以把它推广应用于回路的部分电路。对于如图 1-4 (a) 所示的电路，可列出：

$$U_A - U_B - U_{AB} = 0$$

或

$$U_{AB} = U_A - U_B$$

对于如图 1-4 (b) 所示的电路，可列出：

$$-E = -U - IR$$

或

$$U = E - IR$$

(2) 电压源和电流源

电路要工作，就离不开电源。一个实际工作的电源可以用两种不同的电路模型来表示，一种是用电压的形式来表示，称为电压源；另一种是用电流的形式来表示，称为电流源。

① 电压源 任何一个电源都含有电动势 E 和电源内阻 R_0 ，在分析计算时往往把它们分开，组成由电动势 E 和 R_0 串联的等效电路，即电压源。图 1-5 (a) 中， U 是电源端电压， I 为负载电流， R_L 为负载电阻。根据基尔霍夫电压定律，可以得出：

$$U = E - IR_0 \quad (1-1)$$

当 E 、 R_0 确定之后，输出电流 I 和输出电压 U 的关系如图 1-5 (a) 中直线 1 所示。随电流增大，电源内阻 R_0 上电压降增大，输出电压下降，当负载电阻为零时输出电压下降到零，电流为最大值 E/R_0 。当内阻 $R_0 = 0$ 时，无论负载电流如何变化，电源的端电压永远等于电动势 E ，这样的电压源叫恒压源，其输出特性为平行于 I 轴的直线，见直线 2。当电压源满足 $R_0 \ll R_L$ 时，可近似视为恒压源。

② 电流源 电流源可以用图 1-5 (b) 中的虚线框内电路表示，其中 I_s 为理想电流源，箭头表示电流方向， R_s 是电流源并联内阻， I 、 U 为输出电流和输出电压， R_L 为负载电阻。电流源的输出特性如直线 1，是一条向下

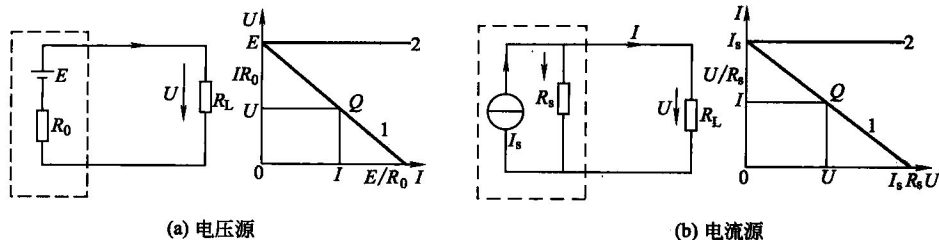


图 1-5 电压源、电流源及其输出特性

倾斜的直线。因为电流源内部有分流电阻，且随输出电压增大，内阻分流越大。当负载电阻 $R_L = \infty$ 时，电流全部流入 R_s ，此时电源端电压为 $I_s R_s$ 。当 $R_s = \infty$ 时，没有内部分流，输出电流等于 I_s ，称为恒流源，其输出特性为一条平行于 U 轴的直线。当电流源内阻满足 $R_s \gg R_L$ 时，即可视为恒流源。

③ 电压源与电流源的等效变换 用电压源和电流源分别向相同阻值的两个电阻供电，若两个电阻上的电压降相同，则称这两个电源是等效的，它们的参数 (E 、 R_0 、 I_s 、 R_s) 之间的变换关系是

$$E = I_s R_s, \quad R_0 = R_s \quad (1-2)$$

含有串联内阻 R_0 的电压源与并联内阻 R_s 的电流源的等效变换只对电源外电路有效，至于电源内部是不能等效的；进行等效变换时，电流源的电流方向与电压源的正极对应。理想电压源 ($R_0 = 0$) 与理想电流源 ($R_s = \infty$) 之间是不能作等效变换的。

(3) 叠加原理

叠加原理指出，由线性元件和多个电源组成的电路，任何一条支路中的电流（或电压）等于各个电源单独作用时在此支路中所产生的电流（或电压）的代数和。

应用叠加原理，可以把一个多电源线性电路分别简化成若干单电源作用的电路。简化电路的原则是：电路只保留一个电源，剩余其他电源的电动势 E 用短路代替，电流源 I_s 去掉后以开路代替，两种电源的内阻仍需保留在电路的原位置。下面以图 1-6 (a) 所示电路来说明叠加原理。

利用叠加原理求解 I_3 时，先令 E_2 不起作用，得到电路图 1-6 (b)，很容易求出 I_3' 。

$$I_3' = \frac{E_1}{R_1 + (R_2 // R_3)} \times \frac{R_2}{R_2 + R_3} = \frac{R_2}{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3} E_1$$

再令 E_1 不起作用，得到电路图 1-6 (c)，求解得 I_3'' 。

$$I_3'' = \frac{E_2}{R_2 + (R_1 // R_3)} \times \frac{R_1}{R_1 + R_3} = \frac{R_1}{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_1 R_3} E_2$$

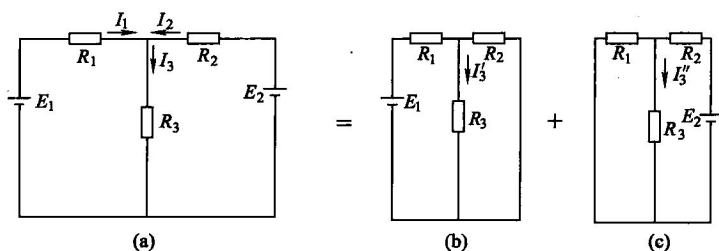


图 1-6 叠加原理

将 I_3' 与 I_3'' 相加求得 I_3 ，与用其他方法求出的结果完全一致。

利用叠加原理时要注意原电路的电流参考方向与简化后同一支路的电流参考方向是否一致，相同时取正，不相同取负。叠加原理只能求解电路中的电流、电压，不能用来求解功率。

(4) 戴维南定理

任何一个复杂电路，如果只需要研究一个支路的电流或电压，而不需要求解其他支路的电流时，最简单的求解方法就是利用戴维南定理来进行计算。可先把待求支路划出，再把这个支路以外的所有电路看作是一个有源二端网络，如图 1-7 所示。

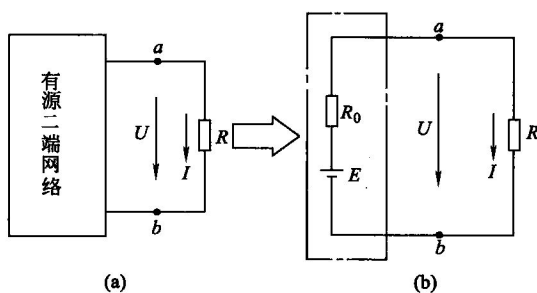


图 1-7 戴维南定理

电路也称为网络，任何具有两个引出端的部分电路都可称为二端网络。若网络中有电源存在称为有源二端网络，没有电源的二端网络则称为无源网络。

戴维南定理的内容是：任何一个有源线性二端网络都可用一个等效的电压源来表示。等效电压源的电动势 E 等于待求支路断开时有源线性二端网络的开路电压 U ；等效电压源的内阻 R_0 等于待求支路断开时从两端向有源线性二端网络看进去的电阻（此时网络内的所有电动势做短路处理，所有恒流源做断路处理）。

1.1.2 三相交流电路

所谓三相交流电路,是指由三个单相交流电路组成的电路系统,组成三相电路的每一单相电路称为一相。目前电能的生产、输送和分配,几乎全部采用三相制。

(1) 三相负载连接电路

三相交流电是由三相交流发电机将机械能转化为电能而产生的,发电机内部有三组绕组分别设为 U_1U_2 , V_1V_2 , W_1W_2 , 其中 U_1 , V_1 , W_1 为它们的始端, U_2 , V_2 , W_2 是末端, 对应绕组 U_1U_2 , V_1V_2 和 W_1W_2 的三个感应电压称为 U_1 相电压、 V_1 相电压、 W_1 相电压, 每相之间相位角差 120° 。

在实际三相电路中,根据三相负载所需电压不同,三相负载有两种连接方式:星形(Y)和三角形(Δ)连接。把三组绕组末端连接在一起成公共端(作星形连接),同时公共端与三个始端一起向外引出四条输电线的称为三相四线制,如图 1-8 所示;只从三个始端引出输电线的称为三相三线制,如图 1-9 所示。

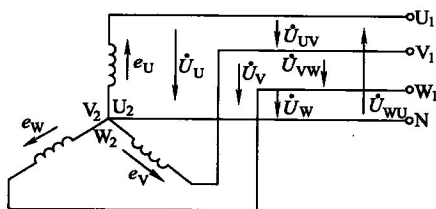


图 1-8 三相四线制

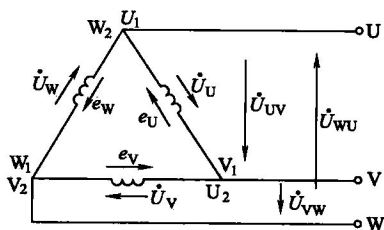


图 1-9 三相三线制

从公共端引出的导线称为中线或零线,俗称地线。从始端引出的三条输电线称为端线或相线,俗称火线。三相四线制中存在两种电压:每条端线与中线之间电压也就是每相绕组两端的电压称为相电压, $U_p = 220V$;任意两条端线之间的电压称为线电压, $U_L = 380V$ 。从大小来看,线电压是相电压的 $\sqrt{3}$ 倍, $U_L = \sqrt{3}U_p$;从相位来看,每个线电压超前组成它的两个相电压中超前相的相电压 30° 。三相三线制中只存在线电压。

当把三组绕组依次首尾相接时,形成一个闭合回路,然后从三个连接点引出三根输电线,这种方式只能提供三相三线制电源,并且任意两条输电线之间的电压就是相应各绕组两端的相电压,因此线电压就是相电压, $U_L = U_p = 380V$ 。由于对称三相电压的向量和为 0,因此,不接负载时三相绕组

组成的闭合回路中不会有电流。

① 三相负载的星形连接 三相负载连接时,将三相负载的末端接成一个公共端与电源的中线连接,三条始端分别接到电源的三条端线上,这种接法就是三相负载的星形连接,如图 1-10 所示。

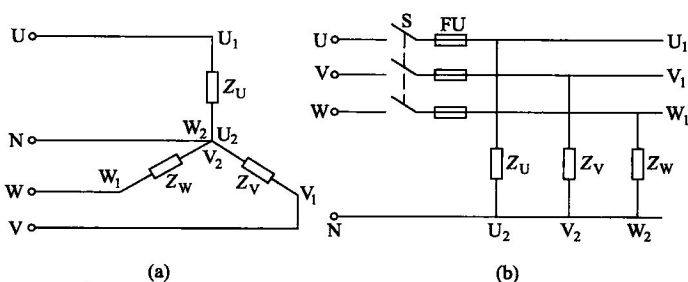


图 1-10 三相负载的星形连接

在这种接法下,每相负载上的电压就是电源相应的各相电压,而流过负载的电流叫相电流,流过三条端线的电流叫线电流,相电流同线电流相等。当各相负载完全相同时,根据对称原则以及节点电流,可知中线电流为 0,因此,此时可以省去中线的连接线。当各相负载不完全相同时,由于流入的电流不相同,因此中线电流不等于 0,为保证各相负载均能正常工作,中线不能省去。这种连接方法适用于三相负载所能承受的相电压为 220V 的情况。

② 三相负载的三角形连接 当负载额定电压等于三相电源的线电压时,三相负载应当使用三角形连接。将三相负载依次首尾相连接,然后将三个连接点分别接到相电源的三条端线上去,这种接法叫三相负载的三角形连接,如图 1-11 所示。

这种接法只能采用三相三线制供电,同时每相负载所能承受的相电压可

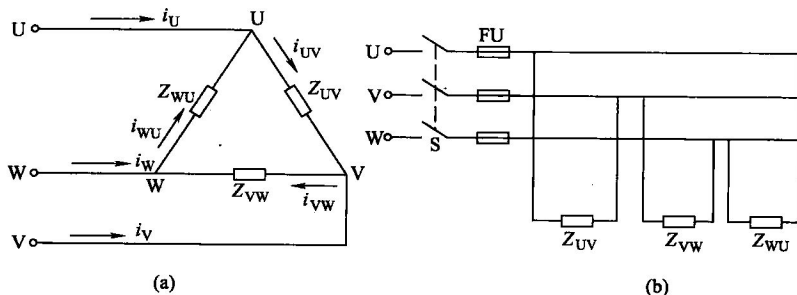


图 1-11 三相负载的三角形连接