

村镇供水行业专业技术人员技能培训丛书

供水机电运行与维护2

供水泵站电气设备及其使用

主编 庄中霞 副主编 苏晨茜



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

村镇供水行业专业技术人员技能培训丛书

供水机电运行与维护2

供水泵站电气设备及其使用

主编 庄中霞 副主编 苏晨茜



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是“村镇供水行业专业技术人员技能培训丛书”中的《供水机电运行与维护》系列第2分册,详尽介绍了供水泵站电气设备及其使用。全书共分6章,包括电工基础理论,泵站电气主接线和配电装置,泵站电力变压器的作用、原理与结构,三相交流异步电动机结构与工作原理及使用,常用开关电器和保护电器基本结构和工作原理,安全用电等内容。

本书采用图文并茂的编写形式,内容既简洁又不失完整性,深入浅出,通俗易懂,非常适合村镇供水从业人员岗位学习参考,亦可作为职业资格考核鉴定的培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

供水机电运行与维护. 2, 供水泵站电气设备及其使用 / 庄中霞主编. — 北京: 中国水利水电出版社, 2015.9

(村镇供水行业专业技术人员技能培训丛书)

ISBN 978-7-5170-3706-4

I. ①供… II. ①庄… III. ①给水排水泵—电气设备—运行②给水排水泵—电气设备—维修 IV. ①TV734
②TH38

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第239212号

书 名	村镇供水行业专业技术人员技能培训丛书 供水机电运行与维护 2 供水泵站电气设备及其使用
作 者	主编 庄中霞 副主编 苏晨茜
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: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	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	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	三河市鑫鑫马印装有限公司
规 格	140mm×203mm 32开本 4.125印张 111千字
版 次	2015年9月第1版 2015年9月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	15.00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

《村镇供水行业专业技术人员技能培训丛书》

编写委员会

主任：刘 敏

副主任：江 涓 胡振才

编委会成员：黄其忠 凌 刚 邱国强 曾志军
陈燕国 贾建业 张芳枝 夏宏生
赵奎霞 兰 冰 朱官平 尹六寓
庄中霞 危加阳 张竹仙 钟 雯
滕云志 曾 文

项目责任人：张 云 谭 渊

培训丛书主编：夏宏生

《供水水质检测》主编：夏宏生

《供水水质净化》主编：赵奎霞

《供水管道工》主编：尹六寓

《供水机电运行与维护》主编：庄中霞

《供水站综合管理员》主编：危加阳

序

近年来，各级政府和行业主管部门投入了大量人力、物力和财力建设农村饮水安全工程，而提高农村供水从业人员的专业技术和管理水平，是使上述工程发挥投资效益、可持续发展的关键措施。目前，各地乃至全国都在开展相关的培训工作，旨在以此方式提高基层供水单位的运行及管理的专业化水平。

与城市集中式供水相比，农村集中式供水是一项新型的、方兴未艾的事业，急需大量的、各层次的懂技术、会管理的专业人才，而基层人员又是重要的基础和保证。本丛书的编者们结合工程实践、提炼技术关键、总结管理经验，认真分析基层供水行业技术和管理人员的基础知识和认知能力，依据农村供水行业各工种岗位应知应会的要求，编写了这套由浅入深、图文并茂、通俗易懂、操作指导性强的系列丛书，以方便农村供水从业人员在日常工作中学习、查阅和操作。该丛书按照工种岗位职业资格标准编写，体现出了职业性、实用性、通俗性和前瞻性，可作为相关部门和企业定岗考核的重要参考依据，也可供各地行业主管部门作为培训的参考资料。

本丛书的出版是对我国现有农村供水行业读物的

一个新的补充和有益尝试，我从事农村饮水安全事业多年，能看到这样的读物出版，甚为欣慰，故以此为序。

A handwritten signature in black ink, appearing to be '李震' (Li Zhen), written in a cursive style.

2013年5月

前 言

我国村镇集中式供水与城市供水相比是一项新兴的事业，开展村镇供水行业技术人员的培训是提高村镇供水从业人员技术和管理能力、推进在村镇供水行业中有步骤开展职业资格证制度的一项重要基础性工作。在总结广东省村镇供水行业技术人员培训工作和对现有村镇供水培训教材调研的基础上，编写一套针对性强，方便学习、查阅和指导日常操作的培训丛书是十分必要和迫切的。在广东省水利厅的大力支持下，组织有关专家编写了本套“村镇供水行业专业技术人员技能培训丛书”，以满足村镇供水从业人员技能培训和职业技能鉴定的需要。丛书以工种岗位职业资格标准为大纲，体现职业性、实用性、通俗性和前瞻性。

本丛书共包括《供水水质检测》《供水水质净化》《供水管道工》《供水机电运行与维护》《供水站综合管理员》等5个系列，每个系列又包括1~3本分册。丛书内容简明扼要、深入浅出、图文并茂、通俗易懂，具有易读、易记和易查的特点，非常适合村镇供水行业从业人员阅读和学习。丛书可作为培训考证的学习用书，也可作为从业人员岗位学习的参考书。

本丛书的出版是对现有村镇供水行业培训教材的一

个新的补充和尝试，如能得到广大读者的喜爱和同行的认可，将使我们备感欣慰、倍受鼓舞。

村镇供水从其管理和运行模式的角度来看是供水行业的一种新类型，因此编写本套丛书是一种尝试和挑战。在编写过程中，在邀请供水行业专家参与编写的基础上，还特别邀请了村镇供水的技术负责人与技术骨干担任丛书评审人员。由于对村镇供水行业从业人员认知能力的把握还需要不断提高，书中难免还有很多不足之处，恳请同行和读者提出宝贵意见，使培训丛书在使用中不断提高和日臻完善。

丛书编委会

2013年5月

目 录

序

前言

第1章 电工基础理论	1
1.1 直流电路	1
1.2 交流电路	7
1.3 电力系统基本概念	16
1.4 泵站常用电工仪表与测量	18
第2章 泵站电气主接线和变配电装置	26
2.1 变配电系统	26
2.2 电气主接线	35
2.3 配电装置	43
第3章 泵站电力变压器的作用、原理与结构	49
3.1 变压器的基本工作原理和类型	49
3.2 变压器的基本结构	51
3.3 变压器的铭牌	57
3.4 特殊变压器	58
3.5 三相变压器	60
第4章 三相交流异步电动机结构与工作原理及使用	64
4.1 三相交流异步电动机的结构与转动原理	64
4.2 三相交流异步电动机的铭牌和技术数据	72
4.3 如何选择和使用三相交流异步电动机	75

第 5 章 常用开关电器和保护电器的基本结构和工作原理	86
5.1 常用高压开关电器和保护电器的基本结构和工作原理	86
5.2 常用低压开关电器和保护电器的基本结构和工作原理	90
第 6 章 安全用电	99
6.1 人体触电方式、危害和预防措施	99
6.2 保证安全的组织措施	103
6.3 安全用电的技术措施	107
6.4 电气火灾及其扑救	113
6.5 触电急救	116

第1章 电工基础理论

1.1 直流电路

1.1.1 电路的组成及基本概念

(1) 电路组成与电路模型。电流流经的途径叫做电路。电路主要由电源、中间环节、负载等电气设备或元件组成。

电路的主要作用首先是将电能进行传输、分配和转换，其次是能实现信号的传递和处理。例如，利用电灯可以将电能转换成光能提供照明；电话机可以将接收到的信号进行处理，转换成声音。图 1.1.1 所示为一简单的实际照明电路。

电路中的电源主要提供电能。电能可以由其他形式的能量转换而来，也可以由交流电转换成为直流电。

中间环节主要由导线、控制设备等组成，起到传输、分配及控制电能的作用。

负载，也称用电器，是取用电能的装置。如节能灯将电能转换成光能，供人们照明用；电炉可以将电能转换成为热能。

为了便于对电路进行分析和计算，人们将实际电路中的元件进行简化，忽略其次要因素，将它们视为理想电路元件，并用规定的图形和符号表示，建立了电路模型。图 1.1.1 的电路模型如图 1.1.2 所示。

(2) 电路的基本物理量。

1) 电流。电流是由电荷定向运动形成的。为了表达电流的强弱，规定了电流强度这一物理量。电流强度是指在电场的作用下，单位时间内通过导体某一横截面的电量。电流符号以字母“ I ”表示，国际单位为安培，用“A”表示。

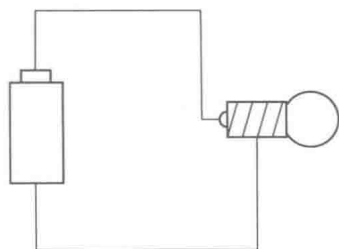


图 1.1.1 简单的实际照明电路

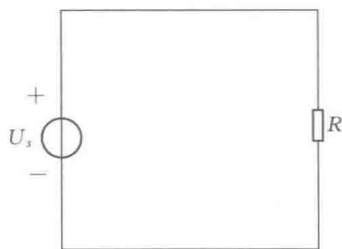


图 1.1.2 图 1.1.1 的电路模型

电流的参考方向可以人为选定。在分析、计算过程中，若电流的实际方向和参考方向一致，则电流的值为正；若电流的实际方向和参考方向相反，则电流的值为负。在假定了电路中电流的参考方向后，就可以根据电流强度的正负值来判断电流的实际方向，如图 1.1.3 所示。



图 1.1.3 电流的参考方向与实际方向

(a) 实际方向与参考方向一致；(b) 实际方向与参考方向相反

2) 电压。在电场力作用下单位正电荷从 a 端移到 b 端所做的功，以字母“ U ”表示，国际单位为伏特，用“ V ”表示。

习惯上，人们把电位下降的方向规定为电压的方向，可以用“+、-”表示，也可以用箭头表示。在复杂电路中，某元件的电压实际方向难以确定，可引用电压的参考方向这个概念来帮助分析电路。电压的参考方向是为了分析和计算方便而假定的电路中某元件或者某段电路的电压方向。若在计算结果中，电压的值为正，则参考电压方向与实际电压方向一致；若电压的值为负，则参考电压方向与实际电压方向相反。在图 1.1.4 (a) 所示的电压参考方向下，计算得到的电压结果 $U > 0$ ；在图 1.1.4 (b)

所示的电压参考方向下，计算得到的电压结果 $U < 0$ 。



图 1.1.4 电压的参考方向与实际方向

(a) 实际方向与参考方向一致；(b) 实际方向与参考方向相反

3) 电动势。非电场力把单位正电荷在电源内部由低电位点 b 端移到高电位点 a 端所做的功，称为电动势，用 E 表示。电动势的实际方向是电源内部从低电位指向高电位，单位与电压相同，用“伏特 (V)”表示。

4) 电位。在电场力作用下单位正电荷从 a 端移到参考点所做的功，用 V 表示。国际单位为伏特，用“V”表示。

5) 电功率和电能。单位时间所做的电功，以字母“ P ”表示，国际单位为瓦特，用“W”表示。电能国际单位为焦耳 (J)，常用单位千瓦时 (kWh)，俗称“度”。

1.1.2 电路的基本定律

(1) 电阻元件和欧姆定律。在实际电路中，负载元件的种类很多，电阻元件是比较常见的一种。通常情况下，白炽灯、扬声器、电炉丝等负载元件都可以等效为电阻元件。为了电路工作需要，还专门制作了不同型号、规格的电阻元件，称为电阻器，简称为电阻。

一般所说的电阻元件，其阻值为定值。这类电阻也称为线性电阻。

在国际单位制中，电阻值的单位为欧姆 (Ω)，常用的单位还有千欧 ($k\Omega$)、兆欧 ($M\Omega$)。

对线性电阻而言，通过电阻的电流与电阻两端的电压成正比，这就是欧姆定律，如图 1.1.5 所示。它是分析电路的基本定律之一。欧姆定律可以用下式表示：

$$R = \frac{U}{I}$$

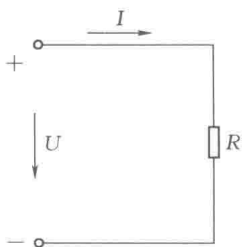


图 1.1.5 电路的欧姆定律

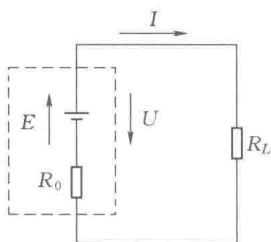


图 1.1.6 简单的闭合电路

图 1.1.6 所示是简单的闭合电路， R_L 为负载电阻， R_0 为电源内阻，若略去导线电阻不计，则此段电路用欧姆定律表示：

$$I = \frac{E}{R_L + R_0}$$

$$\text{端电压 } U = E - IR_0$$

公式的意义是：电路中流过的电流，其大小与电动势成正比，而与电路的全部电阻成反比。电源的电动势和内电阻一般被认为是不变的，所以，改变外电路电阻，就可以改变回路中的电流大小。

(2) 电路的几种状态。电路在工作时有三种工作状态，分别是通路、开路、短路。

1) 通路（有载工作状态）。如图 1.1.7 所示，当开关闭合，使电源与负载接成闭合回路，电路便处于通路状态。在实际电路中，负载都是并联的，用 R 代表等效负载电阻。

当电气设备的电流等于额定电流时称为电流满载工作状态；当电气设备的电流小于额定电流时，称为轻载工作状态；当电气设备的电流大于额定电流时，称为电流过载工作状态。

2) 开路（断路空载状态）。在图 1.1.7 所示电路中，当开关处于打开状态时，外电路与电源断开，电路工作在开路状态，也称为空载状态。电路处于开路状态时，电路中的电流 I 为 0，电源的端电压 U 等于电源电动势 U_s ，负载 R 的端电压 U_0 为 0，此时，外电路元件的功率 P 也为 0。

3) 短路。所谓短路，就是电源未经负载而直接由导线接通

成闭合回路，如图 1.1.8 所示。

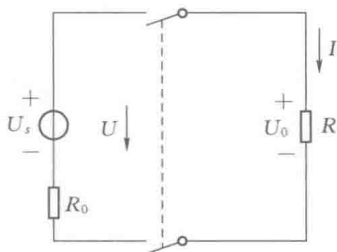


图 1.1.7 电路的开路状态

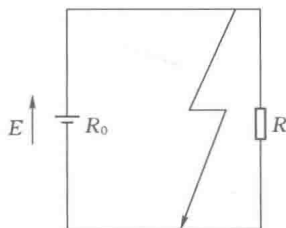


图 1.1.8 短路的示意图

图中折线是指明短路点的符号。短路的特征是

$$R=0, U=0$$

$$I_S = \frac{E}{R_0} \quad (\text{短路电流})$$

【例 1.1.1】 短路的危害与预防措施是什么？

答：因为电源内阻 R_0 一般都很小，所以短路电流 I_S 总是很大。如果电源短路事故未迅速排除，很大的短路电流将会烧毁电源、导线及电气设备，所以，电源短路是一种严重事故，应严加防止。

为了防止发生短路事故而损坏电源，常在电路中串接熔断器。熔断器中装有熔丝。熔丝是由低熔点的铅锡合金丝或铅锡合金片做成的。一旦短路，串联在电路中的熔丝将因发热而熔断，从而保护电源免于烧坏。

(3) 电阻串联与并联。电阻的串联：由若干个电阻顺序地连接成一条无分支的电路，称为电阻的串联。

电阻串联电路有以下性质：

1) n 个电阻串联，则各电阻中电流处处相等，并等于电路的总电流。

2) 串联电路两端的总电压 U 等于各电阻的电压之和。

3) n 个电阻串联，其等效电阻 R 等于各电阻之和。

利用电阻的串联可以起到分压作用。

电阻的并联：两个或者两个以上电阻接在相同的两点之间，其两端电压相同，这种连接方式叫做电阻的并联。

电阻并联电路有以下特点：

- 1) n 个电阻并联，电路的总电流 I 等于各电阻上的电流之和。
- 2) n 个电阻并联，电路两端的总电压 U 等于各电阻两端电压。
- 3) n 个电阻并联，电路的等效电阻 R 的倒数等于各电阻倒数之和。

利用电阻的并联可以起到分流作用。

在实际电路中，电阻的连接方式并不是只有简单的串联或者并联，如图 1.1.9 所示，电路中既有电阻的串联，也有电阻的并联。

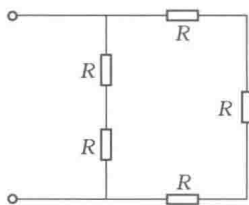


图 1.1.9 电阻的连接

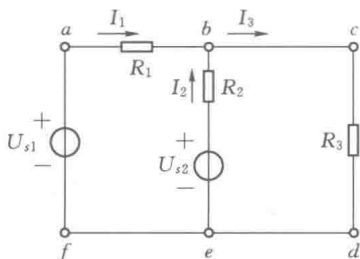


图 1.1.10 基尔霍夫定律

(4) 基尔霍夫定律。分析与计算电路的基本定律，除了欧姆定律以外，还有基尔霍夫定律。基尔霍夫定律分为电流定律和电压定律。

电路中通以相同的电流且没有分支的一段电路，称为支路。支路中通过的电流称为支路电流。图 1.1.10 的电路中共有 $b-a-f-e$ 、 $b-e$ 、 $b-c-d-e$ 三条支路。

电路中三条或者三条以上的支路的连接点称为节点。图 1.1.10 电路中有 b 、 e 两个节点。

电路中任意一条或者多条支路组成的闭合的电路称为回路。如图 1.1.10 中的 $a-b-e-f-a$ 回路、 $b-c-d-e-b$ 回路、 $a-b-c-d-e-f-a$ 回路。

1) 基尔霍夫电流定律。用来确定连接在同一节点的各支路的电流间关系。由于电流的连续性, 电路中任何一个节点都不能堆积电荷。因此, 在任意一瞬间, 流入节点的电流和流出节点的电流是相等的。这就是基尔霍夫电流定律 (KCL)。

对于节点 b , 可得下式

$$I_1 + I_2 = I_3$$

也可以写成

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

即

$$\sum I = 0$$

就是在任意时刻, 一个节点上电流的代数和等于零。规定了电流的参考方向, 即流入节点的电流取正号, 流出节点的电流取负号。由于这个参考方向的规定, 有时计算出来的电流是负值, 这是由于规定的电流参考方向和电流实际方向不一致造成的。

2) 基尔霍夫电压定律。基尔霍夫定律的另一个内容是针对回路电压的。对于电路中的任意一条回路, 如果从回路中的任一点出发沿回路绕行一圈, 则回路中的电位升之和等于电位降之和, 这个定律称为基尔霍夫电压定律 (KVL)。

$$\sum U = 0$$

1.2 交流电路

由于正弦交流电具有易于发电、变电、配电、用电等优点, 因而应用广泛。部分需要直流电的场所也可将交流电方便地变成直流电。

1.2.1 单相交流电

(1) 正弦交流电三要素。随着时间按正弦规律变化的电动势、电压和电流统称为正弦交流电, 简称交流电, 其波形如图 1.2.1 所示。交流电的交变情况可由最大值、频率、初相三个参数确定, 这三个参数称为正弦交流电的三要素。

正弦交流电的数学表达式为