

(2006年版)

电工

进网作业许可考试 参考教材

低压类理论部分

国家电力监管委员会

电力业务资质管理中心编写组 编



中国财政经济出版社

低压类理论部分

电工进网作业许可考试 参考教材

(2006年版)

国家电力监管委员会
电力业务资质管理中心编写组 编

中国财政经济出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

电工进网作业许可考试参考教材. 低压类理论部分/国家电力监管委员会电力业务资质管理中心编写组编. —北京: 中国财政经济出版社, 2006. 4

ISBN 7 - 5005 - 9014 - 8

I. 电… II. 国… III. 低电压 - 电工技术 - 技术培训 - 教材
IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 030167 号

中国财政经济出版社出版

URL: <http://www.cfeph.cn>

E-mail: cfeph@cfeph.cn

(版权所有 翻印必究)

社址: 北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮政编码: 100036

发行处电话: 88190406 财经书店电话: 64033436

北京牛山世兴印刷厂印刷 各地新华书店经销

880 × 1230 毫米 32 开 10 印张 253 000 字

2006 年 7 月第 1 版 2006 年 7 月北京第 1 次印刷

印数: 1—50 000 定价: 25.00 元

ISBN 7 - 5005 - 9014 - 8/TM·0013

(图书出现印装问题, 本社负责调换)

国家电力监管委员会 电力业务资质管理中心编写组

组 长：张燕敏

副 组 长：张洪波 吕清平 陈淑芳 王元丰
杨传箭 于和平 刘丽松 陈建中

编写组成员（按姓氏笔划为序）：

马国泉 王洪焘 孙方汉 许 刚
李国国 陈淑芳 汪祥兵 武 风
林旭宜 张德奎 张 磊 张 荣
赵启明 高志安 鲁爱斌 廖自强

前 言

根据国家电力监管委员会《电工进网作业许可证管理办法》(电监会15号令)的有关规定,电工进网作业许可实行全国统一考试制度,也就是实行全国统一大纲、统一命题、统一组织。并由国家电力监管委员会负责统一组织考试,审定考试科目、考试大纲和合格标准,对考试进行检查、监督和指导。

电工进网作业许可证分为低压、高压、特种三个类别,考试包括笔试、实际操作考试两部分。为了切实做好电工进网许可考试工作,便于考生掌握有关内容,国家电力监管委员会电力业务资质管理中心按照《电工进网作业许可考试大纲》要求,组织编写了《电工进网作业许可考试参考教材》(以下简称《参考教材》)。教材共分为6个部分:低压类理论部分、低压类实操部分、高压类理论部分、高压类实操部分、特种类理论部分、特种类实操部分,并且各部分独立成册。

《参考教材》的内容主要针对进网作业电工的岗位需求,密切联系电力生产实际,注重科学实用,并以安全主线贯穿始终,力争具有针对性、实用性、先进性和科学性。在各章节的文字表述方面,力求层次清楚,简明易懂。该教材紧扣电工进网作业许可考试大纲,不仅能够有效地满足广大考生考试的需求,而且对考生做好考前学习与辅导提供重要参考。

在本教材编写过程中,北京交通大学及电力系统的相关专家(见编写组成员名单)参与了编写工作,杨传箭、于和平同志参与

了具体业务组织，陈淑芳同志作为具体业务负责人进行了全书统稿工作。同时，我们邀请了部分专家参与了审查工作，赵积善、乔新国、全玉生、黄伟、宗士杰、张忠德、杨宗煌、王英彬等同志在参与审查中，提出了宝贵的修改意见，乔新国同志进行了修改统稿。教材编写过程中，得到了编写人员单位的支持与帮助。在此，一并表示衷心的感谢。

在本教材编写过程中参考了有关书籍和资料，在此谨向作者及编者表示衷心的感谢。

由于时间紧迫，不妥之处在所难免，恳请批评指正。

国家电力监管委员会电力业务资质管理中心

2006年6月

目 录

第一章 电工基础知识	(1)
第一节 直流电路及基本物理量	(1)
一、直流电路	(1)
二、电流	(3)
三、电阻与电导	(4)
四、电动势与电压	(7)
五、欧姆定律	(8)
六、电功率和电能	(9)
七、电阻的串联、并联和混联	(11)
第二节 磁场及电磁感应	(17)
一、磁场	(17)
二、磁导率与磁场强度	(20)
三、磁场对载流导体的作用与左手定则	(21)
四、磁路及磁路欧姆定律	(22)
五、电磁感应	(23)
六、自感与互感现象	(24)
第三节 正弦交流电路	(26)
一、交流电的基本概念及参数	(26)
二、单相交流电路	(31)
第四节 三相交流电路	(42)
一、对称三相交流电路	(42)

二、三相电源的供电方式	(44)
三、三相负载的接线方式	(46)
四、三相负载功率计算	(48)
五、三相不对称电路	(48)
复习题	(50)
第二章 电力系统基本知识	(52)
第一节 电力系统、电力网构成	(52)
一、大型电力系统优点	(54)
二、电力生产特点	(54)
第二节 电力负荷	(56)
一、电力网负荷组成	(56)
二、按发生时间不同的负荷分类	(56)
第三节 供电质量	(58)
一、电能质量	(58)
二、供电可靠性	(62)
第四节 电力系统接地	(63)
一、接地保护型式	(63)
二、接地保护系统接线型式	(65)
复习题	(68)
第三章 电机	(69)
第一节 直流电机	(69)
一、直流电机的基本结构	(69)
二、直流电机的基本工作原理	(73)
三、直流电机的励磁方式	(77)
四、直流电动机的起动	(78)
五、改变直流电动机转向的方法	(79)
六、直流电动机调速	(79)
七、直流电动机的维护	(80)

第二节 异步电动机	(83)
第三节 中小型异步电动机分类和基本结构	(85)
一、异步电动机的分类	(85)
二、异步电动机的基本结构	(86)
三、异步电动机绕组	(89)
四、异步电动机主要系列及铭牌	(94)
五、异步电动机起动	(96)
六、异步电动机调速	(102)
七、异步电动机制动	(103)
八、异步电动机选择	(105)
九、异步电动机的使用与维护	(107)
复习题	(112)
第四章 低压电器及成套装置	(113)
第一节 低压电器概述	(113)
一、低压电器分类	(113)
二、低压电器型号表示方法	(114)
三、低压电器主要技术指标	(114)
四、开关电器中的电弧	(115)
第二节 低压配电电器	(116)
一、低压隔离开关	(116)
二、低压组合开关	(122)
三、低压熔断器	(124)
四、低压断路器	(133)
五、剩余电流动作保护装置	(141)
第三节 低压控制电器	(146)
一、交流接触器	(146)
二、电磁起动器	(150)
三、主令电器	(155)

四、万能转换开关	(159)
第四节 低压成套配电装置	(161)
一、低压配电装置分类	(161)
二、常用低压成套配电装置	(162)
三、低压成套配电装置运行维护	(167)
第五节 其他低压电器	(169)
一、电力电容器	(169)
二、避雷器	(175)
第六节 电气照明	(177)
一、电光源种类与特性	(177)
二、电气照明	(183)
复习题	(188)
第五章 低压电力线路	(190)
第一节 低压架空配电线路	(190)
一、低压架空配电线路概述	(190)
二、接户线及进户线	(201)
三、低压架空线路的运行维护	(203)
第二节 低压电力电缆线路	(206)
一、低压电力电缆线路概述	(206)
二、低压电缆型号及种类	(206)
三、低压电缆选择及允许载流量	(210)
四、低压电缆线路敷设	(212)
五、地埋线	(215)
六、低压电缆线路运行维护	(219)
七、低压配电线路常见故障及处理方法	(222)
第三节 室内布线	(223)
一、室内布线一般要求	(225)
二、室内导线敷设间距要求	(225)

三、室内配电技术	(227)
第四节 导线截面选择	(230)
一、按发热条件选择导线截面	(230)
二、按允许电压损失条件来选择导线截面	(231)
三、按经济电流密度选择导线截面	(234)
复习题	(235)
第六章 电气安全技术	(236)
第一节 电击	(236)
一、电击概述	(236)
二、人体电击方式	(240)
第二节 防止电击事故的措施	(244)
一、低压电击事故原因	(244)
二、防止人身电击的技术措施	(245)
第三节 电气安全用具	(250)
一、低压验电器	(251)
二、绝缘手套、绝缘靴(鞋)	(252)
三、绝缘垫和绝缘毯	(253)
四、绝缘站台	(254)
五、一般防护安全用具	(254)
第四节 电气工作安全管理	(259)
一、电气工作安全组织措施	(259)
二、电气工作安全技术措施	(266)
三、防止电气误操作安全措施	(271)
四、防止误电击措施	(275)
五、防止双电源及自发电用户倒送电措施	(279)
第五节 电气防火	(288)
一、电气火灾	(288)
二、电气装置的防火措施	(291)

三、扑灭电气火灾	(296)
复习题	(301)
附 录	(303)
附录 1 低压第一种工作票（停电作业）	(303)
附录 2 低压第二种工作票（不停电作业）	(305)
附录 3 低压操作票	(307)
参考文献	(308)

第一章 电工基础知识

本章介绍电工理论基本知识，这些知识是学习专业课程所必需的基础。主要内容包括：直流电路及基本物理量，磁场及电磁感应，正弦交流电路，三相交流电路。

第一节 直流电路及基本物理量

一、直流电路

电路是由电气设备和电器元件按一定方式组成的，它为电流的流通提供了路径。根据电路中电流的性质不同，电路可分为直流电路和交流电路。电路中，电流的大小及方向都不随时间变化的电路，称直流电路；电流的大小及方向随时间变化的电路，称交流电路。

电路的种类很多，不论结构简单还是复杂，电路都包含以下三个基本组成部分：

1. 电 源

电路中，供给电路能源的装置称为电源，如蓄电池、发电机等。电源可以将非电能转换成电能。

2. 负 载

电路中，使用电能的设备或元器件称为负载，也叫负荷，如电灯

泡、电炉等。负载可以将电能转换为光能、热能等其他形式的能量。

3. 中间环节

电路中连接电源和负载的部分称为中间环节，最简单的中间环节是开关和导线。导线也叫电线，是电源与负载之间的连接线，它把电流由电源引出来，通过负载再送回电源，构成电流的完整回路。图 1-1 就是一个简单电路的示意图。

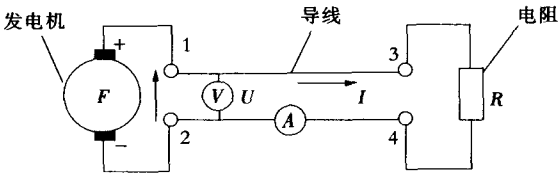


图 1-1 简单电路示意图

电路由外电路和内电路两部分组成：

外电路：图 1-1 中，由电源引出端 1 经导线、负载、仪表等中间环节，至返回端 2 的电路叫外电路。

内电路：电源本身电流的通路为内电路，在图 1-1 中，指电源引出端 1 和 2 间，由发电机组成的电路。

电流在外电路被认为是从电源的正极流向负极，而在电源内部则相反，是由电源负极流向正极。在电源和外电路形成闭合回路后，电流才能产生。如果电路断开，如图 1-2 中导线 1 和 2 点间断开了，电流就不能流通了，此时称电路为断路或开路状态。

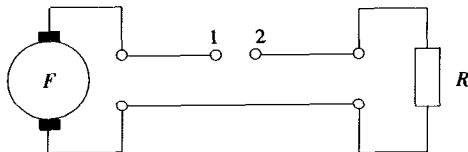


图 1-2 电路断路示意图

二、电 流

金属导体内的自由电子或电解液内的正负离子，通常都处在不规则的运动状态，因此在任一瞬间通过导体任一截面的电量能相互抵消，即导体内没有电流流过。

当导体内的自由电子受到电场力的作用后，电子就以一定方向移动。在这种情况下，导体的任何截面（在任一瞬间），将有一定的电量通过，也就是说导体内有电流流动。

1. 直流电流

如果通过导体横截面上电流的方向和大小不随时间变化而变化，这种电流叫稳恒电流，或叫直流电流，简称直流，用符号 I 表示，如图 1-3 所示。习惯上把正电荷运动的方向规定为电流的实际方向，即在导体中，电流的实际方向与电子移动的方向是相反的，如图 1-4 所示。

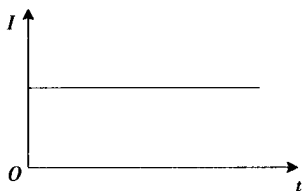


图 1-3 直流电流

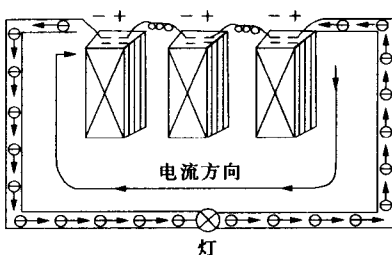


图 1-4 导体中电子移动的方向
和电流方向示意图

2. 电流强度

衡量电流大小、强弱的物理量称为电流强度，简称电流。对直流电流，在单位时间内通过导体横截面的电量是恒定不变的，则电流强度为

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-1)$$

式中, I 为电流强度; Q 表示电量, 单位为库仑 (C); t 表示时间, 单位为秒 (s)。

电流的单位为安培, 用符号 A 表示。在测量微小电流时, 取 $1A$ 的 $1/1000$ 为单位, 称为毫安 (mA); 或取 $1A$ 的 $1/1000000$ 为单位, 称为微安 (μA)。

3. 电流密度

流过导体单位截面积的电流叫电流密度, 用符号 j 表示, 电流密度的单位是安/毫米² (A/mm^2)。所取的截面积应与导体中电流方向相垂直, 导体截面积的单位为毫米² (mm^2)。

假定电流在导体截面积上分布是均匀的, 则

$$j = \frac{I}{S} \quad (1-2)$$

式中, j 为电流密度 (A/mm^2), I 为导体中的电流 (A), S 表示与导体中电流相垂直的横截面积 (mm^2)。

[例 1-1] 在横截面积为 $2.5mm^2$ 的导线中, 流过的电流为 $10A$, 求电流密度。

解: 电流密度
$$j = \frac{I}{S} = \frac{10}{2.5} = 4 \text{ (A/mm}^2\text{)}$$

三、电阻与电导

1. 电 阻

在金属导体中, 自由电子在电场力作用下作定向运动时, 与晶格中的离子发生碰撞, 使自由电子运动受到阻力, 即导体对电流有一定的阻力。导体对电流呈现的阻碍作用称为电阻, 用参数 R 表示, 电阻符号如图 1-5 所示。电阻的单位是欧姆 (Ω), 较大的电阻单位有千欧 ($k\Omega$)、兆欧 ($M\Omega$)。它们之间的换算关系为:

$1\text{k}\Omega = 10^3 \Omega$; $1\text{M}\Omega = 10^6 \Omega$ 。

同一物质对电流的阻力，主要决定于导体的长度和横截面积。截面积相同时，则导体越长，电阻越大；长度相同时，则截面积越大，电阻越小。所以电阻与导线长度 L 成正比，而与导线截面积 S 成反比。用公式表示为

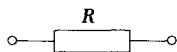


图 1-5 电阻符号

$$R = \rho \frac{L}{S} \quad (1-3)$$

式中， ρ 为电阻率（或电阻系数），电阻率的单位是欧姆·米（ $\Omega \cdot \text{m}$ ）。各种导电材料的电阻率 ρ 是不同的，常用的材料中，电阻率最小的是银，其次是铜和铝。

2. 电 导

电阻的倒数称为电导，导体的电阻越大，电导越小。电导是表示材料导电能力的参数，用符号 G 表示。电阻的单位为欧姆时，电导的单位是（ $1/\Omega$ ），称为西门子，用符号 S 表示。即

$$G = \frac{1}{R} \quad (1-4)$$

【例 1-2】如有一导线的电阻是 100Ω ，求该导线的电导。

解： $G = \frac{1}{R} = 0.01 \text{ (S)}$

【例 1-3】在某设备中，需绕一个 2Ω 的电阻，现采用长度为 20m 的铜线绕制，已知铜线的电阻率为 $0.42 (\Omega \cdot \text{m})$ ，试计算所用铜线的横截面积。

解：铜线的横截面积 $S = \rho \frac{L}{R} = 0.42 \times \frac{20}{2} = 4.2 \text{ (mm}^2\text{)}$

3. 电阻与温度的关系

导体的电阻随温度而变化，变化的原因有两个：

一是当导体的温度升高时，导体内自由电子在定向运动过程中与晶格点阵的碰撞次数增多，而平均速度降低，即电阻增大而电流