

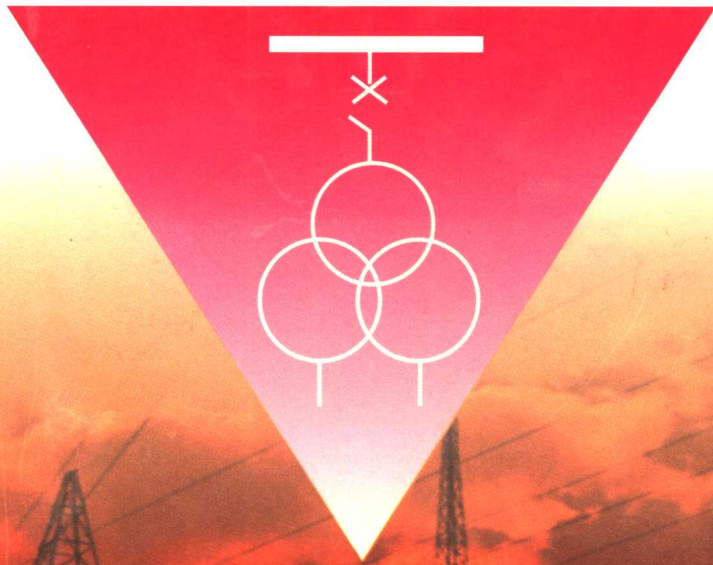
全国统一编写

# 进网作业 电工培训教材

第二版

低压分册

中华人民共和国电力工业部



辽宁科学技术出版社

# 进网作业电工培训教材

第二版

低压分册

中华人民共和国电力部工业部

辽宁科学技术出版社

· 沈 阳 ·

**图书在版编目 (CIP) 数据**

进网作业电工培训教材 低压分册/中华人民共和国电力  
工业部. 第二版. —沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1998. 7  
ISBN 7-5381-2501-9

I. 进… II. 中… III. ①电工技术-技术培训-教材②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 (97) 第 01309 号

辽宁科学技术出版社出版  
(沈阳市和平区北一马路 108 号 邮政编码 110001)  
沈阳市第二印刷厂印刷 辽宁省新华书店发行

---

开本: 787×1092 1/16 字数: 710 千字 印张: 31  
1998 年 7 月第 1 版 1998 年 7 月第 1 次印刷

---

责任编辑: 枫 岚 版式设计: 于 浪  
封面设计: 邹君文 责任校对: 王 莉

---

印数: 1—10,000 定价: 36.00 元

## 编 委 会

主 任	魏光耀			
副主任	杨洪义	顾嘉栗		
委 员	原固均	徐纪法	王 林	郑德广
	王群英	贾京生	尹积军	将凤铎
	张庭斌	刘学勇	叶采藩	王书保
	张国庭	陈孝颖	余德文	刘建安
	李德生	林长龙	徐先起	苟良培
	于崇伟	韩文光	王佑民	李淑梅
	钟椒文	左国民	张忠东	包齐明
	方耀明	段素芳	马凤兰	

## 编 写 组

组 长	唐师论			
副组长	闫万隆	刘玉新		
成 员	冯惠斌	李崇贺	李陆生	陈 璞
	唐师论	韩肖宁	曹 璘	徐 伟
	许建国			

## 内 容 提 要

《进网作业电工培训教材》第二版分为低压和高压两部分，本书为低压分册。其内容包括：电工基础知识、电力系统基本知识、低压电力网、配电变压器、低压电器及成套装置、低压电机、电工仪表与测量、电工基本操作工艺、电工作业安全技术、用电管理等。最后附有常用的线路等级、标准和操作票实例。本书的特点通俗易懂、简明实用，重点突出实地操作技能等内容。本书供全国工矿企业和乡镇用户从事电气安装、试验、检修、运行等作业的工人、技术人员与生产管理人员学习和培训使用。

# 前 言

由原能源部电力司会同农电司组织编写的《进网作业电工培训教材》(上、下册),自1992年12月出版发行以来,普遍受到电力部门和广大电工的欢迎。它为统一各地进网作业电工培训水准,提高和控制教学质量,促进进网作业电工技术水平提高,适应供用电事业的发展起到了很好的作用。普遍认为这是一套知识内容系统完整,针对性强,适用面广,即可适用于培训,又可用于自学的好教材。但是,也存在着对不同层次进网作业电工培训时,教学内容选用较难的问题。

1993年,电力管理体制进行了改革,撤销了能源部,成立了电力工业部。电力工业部主管进网作业电工管理的安全监察及生产协调司,考虑培训不同层次进网作业电工的实际需要,并为各地聘请培训教师提供方便,决定根据我国工矿企业和农村电工分为低压电工、高压电工和特殊电工三大类实际情况,重新修订《进网作业电工培训教材》。先委托山西省电力工业局和全国电力工人技术教育研究所摄制《进网作业电工培训录像教材》。1995年2月全国统一使用的《低压进网作业电工培训录像教材》已正式出版发行。在此基础上,结合第一版《进网作业电工培训教材》多年使用的经验,又组织山西省电力工业局及电力工人技术研究所完成了第二版《进网作业电工培训教材》低压分册的编写任务。本教材既是原《进网作业电工培训教材》的修订版,同时又是《低压进网作业电工培训录像教材》的配套文字教材。可以配套使用,也可单独使用。

本教材在编撰时,一是严格遵循《进网作业电工考核培训大纲》的要求;二是与第一版《进网作业电工培训教材》中低压电工应知应会的内容相一致,并补充了操作技能和实践知识;三是聘请了有丰富教学经验和熟练操作技能的教师和工程技术人员负责修改编写;四是本教材内容不但与《低压进网作业电工培训录像教材》相一致,而且考虑电工自学的需要,在内容较录像教材作了适当的延伸与扩展。本教材在编撰时,分两步进行。首先按《低压进网作业电工录像教材》的需要,重新编排教材的章节内容与学时,做到知识系统完整,内容简明扼要,符合低压电工培训的需要。录像教材图像和文字内容,由电力部安全监察及生产协调司组织全国19个省(市)电力部门的专家进行了评审后确定。第二步在完成《低压进网作业电工录像教材》的基础上,再对教材的内容进行整理补充,形成了目前本教材的内容。

我们认为,第二版《进网作业电工培训教材》低压分册不论在章节的编排上,还是在知识内容量的大小和技术难易程度的控制上都比第一版《进网作业电工培训教材》有所提高,适用性更好,针对性更强。这样更有利于各地培训工作的开展,更有利于培训质量的提高。

1995年4月17日,国务院李鹏总理签发了中华人民共和国国务院令第196号,发布了《电力供应与使用条例》,并已于1996年9月1日起施行。《电力供应与使用条例》第

三十七条规定：“在用户受送电装置上作业的电工，必须经电力管理部门考核合格，取得电力管理部门颁发的《电工进网作业许可证》，方可上岗作业。”从此，对进网作业电工的培训考核将纳入依法管理的轨道。今天，我们修改再版《进网作业电工培训教材》，将为各地电力部门搞好电工的培训，提高培训质量，依法加强对进网作业电工的管理提供了强有力的支持。

本书完稿之后，又经东北大学耿毅教授统稿和审定。同时本书的编写得到全国各省、市电力部门的大力支持，在此一并表示感谢。

本书编撰如有不妥之处，恳请批评指正。

**电力工业部综合管理司**

1997年12月

# 目 录

<b>第 1 章 电工基础知识</b> .....	1
<b>1.1 直流电路</b> .....	1
1.1.1 电路及电路的组成 .....	1
1.1.2 电路中的基本物理量 .....	2
1.1.3 电阻 .....	5
1.1.4 欧姆定律 .....	6
1.1.5 基尔霍夫定律 .....	8
1.1.6 电路的连接 .....	10
1.1.7 电能和电功率 .....	16
<b>1.2 电磁和电磁感应</b> .....	17
1.2.1 磁的基本知识 .....	17
1.2.2 通电导体周围的磁场 .....	20
1.2.3 磁场对通电导体的作用力 .....	22
1.2.4 磁路的基本知识 .....	24
1.2.5 电磁感应 .....	26
<b>1.3 单相交流电路</b> .....	32
1.3.1 正弦交流电的基本知识 .....	32
1.3.2 正弦交流电的表示方法 .....	37
1.3.3 交流电路中的基尔霍夫定律 .....	40
1.3.4 电阻元件正弦交流电路 .....	41
1.3.5 电感元件正弦交流电路 .....	43
1.3.6 电容元件正弦交流电路 .....	46
1.3.7 常见的几种简单交流电路 .....	50
1.3.8 交流电路的功率 .....	55
<b>1.4 三相交流电路</b> .....	57
1.4.1 三相交流电路基本知识 .....	57
1.4.2 三相电源的联接 .....	58
1.4.3 三相负载的联接 .....	60
1.4.4 对称三相交流电路 .....	62
1.4.5 三相不对称交流电路 .....	66
1.4.6 中线的作用 .....	71



1.4.7 三相交流电路的功率	71
-----------------	----

## 第2章 电力系统基本知识 74

2.1 电力系统简介	74
2.2 发电厂发电过程	76
2.3 电能生产的特点和基本要求	79
2.3.1 电能生产的特点	79
2.3.2 电能生产的基本要求	79
2.4 电力系统的负荷	80
2.4.1 有功负荷与无功负荷	80
2.4.2 负荷分类	81
2.5 电能质量	81
2.5.1 频率质量及低频率运行的危害	81
2.5.2 电压质量不合格的危害	82
2.6 电力系统调度	83
2.6.1 调压的任务	83
2.6.2 调度方式	83
2.7 电力系统故障及不正常运行状态	84
2.7.1 电力系统故障	84
2.7.2 电力系统不正常运行状态	84

## 第3章 低压电力网 85

3.1 低压电力网的基本知识	85
3.1.1 交流电高电压与低电压的划分标准	85
3.1.2 低压电力网的供电方式	85
3.1.3 低压电力网中性点的运行方式	86
3.1.4 低压电力网的基本要求	87
3.1.5 低压电力网的保护	89
3.2 低压架空电力线路	92
3.2.1 低压架空电力线路的基本结构	92
3.2.2 低压架空电力线路的杆型	93
3.2.3 低压架空电力线路设计基本知识	94
3.2.4 低压架空电力线路的施工	100
3.2.5 低压架空电力线路的运行和检修	105
3.2.6 低压架空电力线路常见故障和预防措施	107
3.2.7 低压架空接户线	107
3.2.8 低压进户线	110
3.3 低压电缆和地埋电力线路	111

3.3.1	低压电缆电力线路 .....	111
3.3.2	低压地埋电力线路 .....	113
3.4	<b>低压配电室(箱)和低压无功补偿</b> .....	118
3.4.1	低压配电室(箱) .....	118
3.4.2	低压电力网的无功补偿 .....	123
3.5	<b>室内配线</b> .....	128
3.5.1	室内配线的基本要求 .....	128
3.5.2	室内配线方式 .....	129
3.5.3	室内配线常见故障 .....	135
	<b>第4章 配电变压器</b> .....	137
4.1	<b>变压器的工作原理</b> .....	137
4.2	<b>三相变压器</b> .....	138
4.2.1	三相变压器的磁路 .....	138
4.2.2	三相变压器的联接组别 .....	138
4.3	<b>技术数据</b> .....	139
4.4	<b>配电变压器的结构</b> .....	141
4.4.1	油浸式变压器 .....	141
4.4.2	干式变压器 .....	144
4.5	<b>配电变压器的选择和安装</b> .....	145
4.5.1	容量和型号的选择 .....	145
4.5.2	安装地点的选择 .....	145
4.5.3	配电变压器的安装方式 .....	145
4.5.4	配电变压器的安装要求 .....	146
4.6	<b>配电变压器的保护装置</b> .....	147
4.6.1	熔丝保护 .....	147
4.6.2	防雷保护 .....	147
4.7	<b>配电变压器的运行</b> .....	148
4.7.1	变压器的允许运行方式 .....	148
4.7.2	变压器的运行和维护 .....	149
4.7.3	配电变压器常见故障及处理方法 .....	150
4.7.4	变压器的并联运行 .....	151
4.8	<b>常用特种变压器</b> .....	152
4.8.1	自耦变压器 .....	152
4.8.2	电焊变压器 .....	152
4.9	<b>配电变压器的检修</b> .....	153
4.9.1	变压器的小修 .....	153
4.9.2	变压器的大修 .....	154

4.9.3	配电变压器吊心及吊心后的检查 .....	156
4.9.4	分接开关检修 .....	161
4.9.5	气体继电器及其他附件检修 .....	162
4.9.6	变压器的干燥 .....	163
4.9.7	配电变压器大修后的检查验收 .....	165
<b>第5章 低压电器及成套装置 .....</b>		<b>167</b>
5.1	<b>刀开关 .....</b>	<b>167</b>
5.1.1	刀开关的用途和结构 .....	167
5.1.2	常用的刀开关 .....	168
5.1.3	胶盖瓷底闸刀开关和铁壳开关的选用 .....	171
5.1.4	刀开关的安装和运行维护 .....	171
5.2	<b>组合开关 .....</b>	<b>172</b>
5.2.1	组合开关的用途与结构 .....	172
5.2.2	常用的组合开关 .....	172
5.2.3	组合开关的选用 .....	173
5.2.4	组合开关一般常见的故障 .....	173
5.3	<b>自动开关 .....</b>	<b>173</b>
5.3.1	用途和结构 .....	173
5.3.2	自动开关的工作原理 .....	175
5.3.3	常用的自动开关 .....	176
5.3.4	自动开关安装和运行维护 .....	177
5.4	<b>低压熔断器 .....</b>	<b>178</b>
5.4.1	低压熔断器的用途和保护特性 .....	178
5.4.2	常用的熔断器 .....	179
5.4.3	熔断器的选用、安装和维护注意事项 .....	183
5.5	<b>主令电器 .....</b>	<b>184</b>
5.5.1	控制按钮 .....	184
5.5.2	行程开关 .....	185
5.5.3	万能转换开关 .....	186
5.5.4	主令控制器 .....	187
5.6	<b>接触器 .....</b>	<b>188</b>
5.6.1	接触器的用途 .....	188
5.6.2	接触器的结构和工作原理 .....	188
5.6.3	常用的接触器 .....	188
5.6.4	接触器的选用 .....	190
5.6.5	接触器的运行与检修 .....	191
5.7	<b>控制继电器 .....</b>	<b>191</b>

5.7.1	控制继电器的用途 .....	191
5.7.2	常用的控制继电器 .....	192
5.8	<b>启动器</b> .....	195
5.8.1	启动器的用途 .....	195
5.8.2	常用的启动器 .....	195
5.8.3	启动器的选用 .....	198
5.8.4	启动器的安装、运行与维护 .....	199
5.9	<b>电阻器</b> .....	201
5.9.1	电阻器的用途 .....	201
5.9.2	电阻器的选用 .....	201
5.9.3	电阻器的安装、使用与检修 .....	201
5.10	<b>变阻器</b> .....	202
5.10.1	BC1 系列瓷盘式变阻器 .....	202
5.10.2	BX7、BX8 系列滑线变阻器 .....	203
5.11	<b>电磁铁</b> .....	204
5.11.1	电磁铁的用途 .....	204
5.11.2	常用的电磁铁 .....	204
5.11.3	电磁铁安装、使用与检修 .....	208
5.12	<b>控制器</b> .....	209
5.12.1	控制器的用途 .....	209
5.12.2	常用的控制器 .....	210
5.12.3	凸轮控制器的选用、安装与维护 .....	211
5.12.4	常见故障和处理方法 .....	212
5.13	<b>调整器</b> .....	213
5.13.1	用途与分类 .....	213
5.13.2	碳阻式调整器 .....	213
5.14	<b>并联电容器</b> .....	214
5.14.1	并联电容器的用途 .....	214
5.14.2	电容器熔丝的选择计算 .....	215
5.14.3	电容器的放电装置 .....	217
5.14.4	电容器的运行与维护 .....	218
5.15	<b>低压成套电器设备</b> .....	219
5.15.1	常用的低压成套电器设备 .....	219
5.15.2	低压成套电气设备的维护 .....	221
5.16	<b>其他电器</b> .....	222
5.16.1	电热器具 .....	222
5.16.2	日用专用电器 .....	223

<b>第 6 章 低压电机</b> .....	225
<b>6.1 三相异步电动机</b> .....	225
6.1.1 异步电动机的基本结构 .....	225
6.1.2 异步电动机的铭牌 .....	228
6.1.3 异步电动机的工作原理 .....	235
6.1.4 异步电动机的转矩 .....	237
6.1.5 异步电动机的启动 .....	240
6.1.6 异步电动机的调速 .....	244
6.1.7 电动机的制动 .....	246
6.1.8 异步电动机的选择 .....	250
6.1.9 国产小型异步电动机简介 .....	252
6.1.10 异步电动机的安装和保护 .....	256
6.1.11 异步电动机的拆卸与装配 .....	258
6.1.12 异步电动机的维护 .....	260
6.1.13 异步电动机常见故障排除方法 .....	262
<b>6.2 三相异步电动机的绕组和局部修理</b> .....	264
6.2.1 绕组的术语和基本参数 .....	265
6.2.2 三相绕组的排列 .....	266
6.2.3 异步电动机绕组的局部修理 .....	270
<b>6.3 单相异步电动机</b> .....	272
6.3.1 单相电动机的工作原理 .....	272
6.3.2 单相电动机的启动方法 .....	273
<b>6.4 直流电动机</b> .....	274
6.4.1 直流电动机的基本原理 .....	274
6.4.2 直流电动机的基本结构 .....	275
6.4.3 直流电动机的励磁方式和分类 .....	277
6.4.4 直流电动机的铭牌数据和出线端标志 .....	279
6.4.5 国产直流电动机简介 .....	280
6.4.6 并励直流电动机的调速 .....	280
6.4.7 直流电动机的维护 .....	283
<b>6.5 同步电动机</b> .....	284
6.5.1 同步电动机的结构 .....	284
6.5.2 同步电动机的原理 .....	285
6.5.3 同步电动机的铭牌数据 .....	285
6.5.4 同步电动机的启动方法 .....	286

<b>第 7 章 电工仪表与测量</b> .....	288
7.1 电工仪表的基本知识 .....	288
7.1.1 电测量指示仪表 .....	288
7.1.2 常用电工仪表的工作原理 .....	290
7.1.3 数字式仪表 .....	295
7.1.4 仪表的误差和准确度 .....	296
7.1.5 常用电工仪表的型号和图形符号 .....	299
7.1.6 常用电工仪表的选择 .....	301
7.2 电流、电压的测量 .....	302
7.2.1 电流、电压的测量方法 .....	302
7.2.2 直流电流、电压的测量 .....	304
7.2.3 交流电流、电压的测量 .....	306
7.3 电功率的测量 .....	309
7.3.1 电动系功率表 .....	309
7.3.2 三相有功功率的测量 .....	312
7.3.3 三相无功功率的测量 .....	314
7.4 电能的测量 .....	315
7.4.1 感应系电能表 .....	316
7.4.2 单相电路中电能的测量 .....	317
7.4.3 三相电路中电能的测量 .....	319
7.4.4 三相无功电能表 .....	320
7.4.5 电能表的读数 .....	321
7.4.6 分时计量电能表 .....	322
7.5 电阻的测量 .....	323
7.5.1 中值电阻的测量 .....	323
7.5.2 小电阻的测量 .....	327
7.5.3 绝缘电阻的测量 .....	329
7.5.4 接地电阻的测量 .....	331
<b>第 8 章 电工基本操作工艺</b> .....	333
8.1 电工常用工具 .....	333
8.1.1 通用工具 .....	333
8.1.2 线路安装工具 .....	334
8.1.3 导线连接工具 .....	336
8.1.4 户外线路施工工具 .....	337
8.2 常用电工材料 .....	339
8.2.1 常用绝缘材料 .....	339

8.2.2	常用导电材料 .....	343
8.2.3	常用辅助性安装材料 .....	345
8.3	<b>导线线头连接工艺</b> .....	345
8.3.1	导线线头绝缘层的剖削方法 .....	346
8.3.2	铜心导线线头的连接工艺 .....	346
8.3.3	铝心导线线头的连接工艺 .....	351
8.3.4	线头与接线桩的连接工艺 .....	352
8.3.5	导线绝缘层的恢复 .....	353
8.4	<b>线路施工的基本操作工艺</b> .....	353
8.4.1	导线穿越孔的搪打 .....	353
8.4.2	膨胀螺栓的安装 .....	353
8.4.3	导线在绝缘子上的固定方法 .....	354
8.4.4	几种常用的绳结 .....	357
<b>第9章 电工作业安全技术</b> .....		359
9.1	<b>低压触电</b> .....	359
9.1.1	电流对人体的作用 .....	359
9.1.2	影响触电伤害程度的因素 .....	360
9.1.3	人体允许电流和安全电压 .....	365
9.1.4	常见的触电形式 .....	366
9.1.5	低压触电事故的规律 .....	370
9.1.6	低压触电的原因 .....	371
9.2	<b>保护接地和保护接零</b> .....	373
9.2.1	接地的作用 .....	373
9.2.2	保护接地 .....	373
9.2.3	保护接零 .....	376
9.2.4	接地装置和接零装置 .....	379
9.2.5	特殊设备的接地和接零 .....	383
9.2.6	低压配电系统保护接地型式 .....	385
9.3	<b>漏电保护器</b> .....	387
9.3.1	安装漏电保护器的意义 .....	387
9.3.2	电流动作型漏电保护器的结构和工作原理 .....	388
9.3.3	漏电保护器的应用 .....	395
9.3.4	漏电保护器的安装 .....	397
9.3.5	漏电保护器的运行管理 .....	406
9.4	<b>电气防火和防爆</b> .....	406
9.4.1	着火燃烧的条件 .....	406
9.4.2	常用的灭火器 .....	406

9.4.3	造成低压电气火灾与爆炸的主要原因 .....	410
9.4.4	低压电气防火防爆措施 .....	411
9.5	<b>电气安全用具</b> .....	414
9.5.1	绝缘安全用具 .....	415
9.5.2	低压验电器 .....	417
9.5.3	携带型接地线 .....	418
9.5.4	标示牌 .....	418
9.5.5	高空作业安全用具 .....	419
9.5.6	其他安全用具 .....	422
9.6	<b>防止误操作和误触电</b> .....	423
9.6.1	防止误操作 .....	423
9.6.2	防止误触电 .....	426
9.7	<b>防止双电源及自发电用户倒送电的措施</b> .....	428
9.7.1	双电源及自发电用户的特点 .....	428
9.7.2	防止双电源及自发电用户倒送电的组织措施 .....	428
9.7.3	防止双电源及自发电用户倒送电的技术措施 .....	429
9.8	<b>保证安全的组织措施</b> .....	433
9.8.1	工作票制度 .....	433
9.8.2	工作许可制度 .....	436
9.8.3	工作监护制度 .....	436
9.8.4	工作间断、转移制度 .....	437
9.8.5	工作终结和恢复送电制度 .....	437
9.9	<b>保证安全的技术措施</b> .....	438
9.9.1	停电 .....	438
9.9.2	验电 .....	439
9.9.3	挂接地线 .....	440
9.9.4	悬挂标示牌和装设遮栏 .....	443
9.10	<b>现场触电急救</b> .....	445
9.10.1	现场触电急救的意义 .....	445
9.10.2	脱离电源 .....	446
9.10.3	判定 .....	447
9.10.4	对症救护 .....	447
9.10.5	现场心肺复苏 .....	448
9.10.6	现场触电急救严禁注射强心剂 .....	455
<b>第 10 章 用电管理</b> .....		456
10.1	<b>供用电双方的权利和义务</b> .....	456
10.1.1	供电单位的主要权利和义务 .....	456



10.1.2	用户的主要权利和义务	457
10.2	用户申请新装、增容和变更用电	458
10.2.1	用户申请新装和增容	458
10.2.2	变更用电	459
10.3	电价与电费	460
10.3.1	制定电价的原则	460
10.3.2	电价的分类	460
10.3.3	电费和交纳电费方式	461
10.4	违章用电和窃电	462
10.4.1	违章用电	462
10.4.2	窃电	462
10.5	计划用电、节约用电、安全用电和电工管理	463
10.5.1	计划用电	463
10.5.2	节约用电	466
10.5.3	安全用电和电工管理	468
附录一	额定电压 1kV 及以下架空绝缘电线 (SD237—87) 标准	470
附录二	弱电线路等级	471
附录三	公路等级	471
附录四	典型气象区	471
附录五	额定电压 450/750V 及以下农用直埋铝心塑料绝缘塑料护套电线 (JB2171—85) 标准	472
附录六	低压操作票	473
附录七	发电厂 (变电所) 第二种工作票	474
附录八	电力线路第一种工作票	474
附录九	电力线路第二种工作票	475
附录十	低压工作票	476
附录十一	低压安全措施票	477