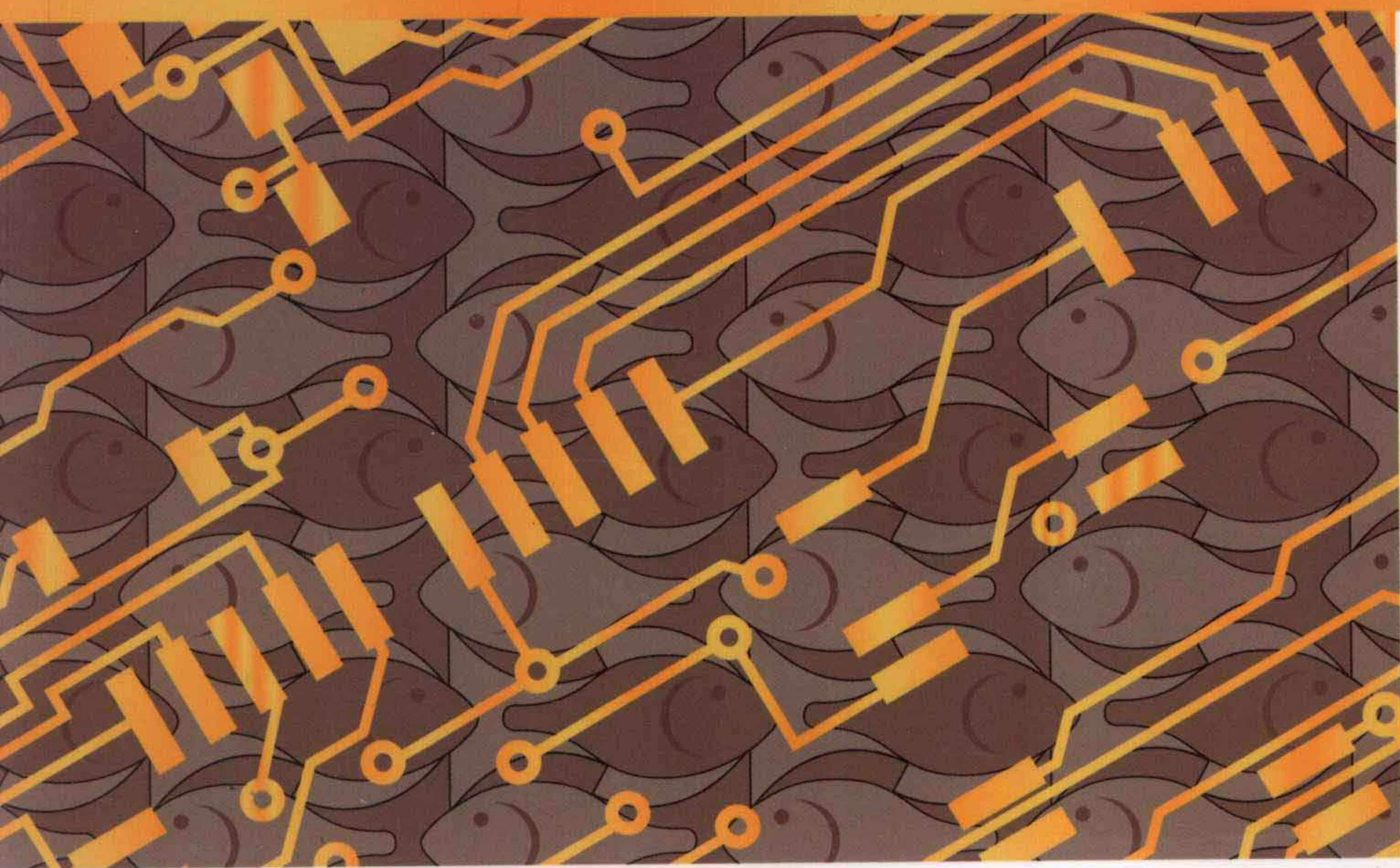




技能型人才培养丛书

维修电工



张校珩 等编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

技能型人才培养丛书

维修电工

张校珩 等编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书从实用角度出发,系统地讲解维修电工的基本知识和常用电气设备的维修技巧,书中的部分章节内容为首次亮相图书市场。

全书内容包括维修电工安全知识、常用工具和仪表、变压器和电焊机、电动机、典型电动机控制电路、机械设备电气控制电路分析与维修、加热设备电路分析与维修、焊接设备分析与维修、可编程序控制器(PLC)的应用、变频器的应用,以及关于电子设备及电气设备的实际组装维修过程和 PLC 改造机床技术的实战训练场。附录 A 介绍了常用的标准电工设备图形和文字符号等内容。

本书内容翔实、知识面广、注重实际应用、图文并茂,并附有实际操作知识和维修技巧。

本书可供工矿企事业单位技术人员、技工、电气工人、维修电工及电工技术初学者学习使用,也可作为大中专院校、中高等职业技术学院的教材或教学参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

维修电工 / 张校珩等编著. —北京:电子工业出版社, 2012. 10
(技能型人才培养丛书)
ISBN 978 - 7 - 121 - 15541 - 3

I. ①维… II. ①张… III. ①电工 - 维修 - 基本知识 IV. ①TM07

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 264924 号

策划编辑:王敬栋

责任编辑:李蕊

印刷:北京市李史山胶印厂

装订:北京市李史山胶印厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开本:787 × 1092 1/16 印张:21 字数:537.6 千字

印次:2012 年 10 月第 1 次印刷

印数:4 000 册 定价:45.00 元

凡所购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前言

随着电子技术的飞跃发展，传统的低压电器不能再完成的工厂设备控制的任务，现在可以由电力电子元器件来实现，甚至可以用 PLC 编程来实现某些复杂的控制任务。作为一名维修电工必须要提高自己的工作能力，尽快掌握这部分新技术，为此作者特编写本书。

全书共分 11 章：第 1 章讲解维修电工安全知识；第 2 章为常用工具和仪表；第 3 章为变压器和电焊机；第 4 章为电动机，主要介绍电动机原理、常见故障及处理方法；第 5 章为典型电动机控制电路，主要有三相异步电动机控制电路、绕线转子异步电动机控制电路、直流电动机控制电路、单相电动机控制电路等；第 6 章为机械设备电气控制电路分析与维修，包括电气原理图识图方法、电气设备安装图与多种电气设备接线图分析；第 7 章为加热设备电路分析与维修，包括中频炉、中频电源、高频感应加热、热合机、薄膜表面处理机分析与维修；第 8 章为焊接设备分析与维修；第 9 章为可编程序控制器（PLC）的应用；第 10 章为变频器的应用；第 11 章是实战训练场，主要讲解电子设备及电气设备的实际组装维修过程和 PLC 改造机床技术。本书还包括附录 A，介绍常用的标准电工设备图形和文字符号。

本书由张校珩等编著。参加本书编写的还有曹祥、张久成、刘玉娟、韩建平、刘春良、杨建东、张校铭等。

本书可供工矿企事业单位技术人员、技工、电气工人、维修电工及电工技术初学者学习使用，也可作为大中专院校、中高等职业技术学院的教材或教学参考书。

由于编者水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请广大读者与同行不吝指教。

编者

目 录

第 1 章	维修电工安全知识	1
1.1	维修电工安全技术操作规程及基本安全用电措施	1
1.1.1	维修电工安全技术操作规程	1
1.1.2	基本安全用电措施	2
1.1.3	接地与接零	4
1.2	电气设备的防火措施和灭火要求	7
1.2.1	常用电气设备的防火措施	7
1.2.2	电气火灾的扑救方法	7
1.3	触电与救护	8
1.3.1	触电的概念	8
1.3.2	触电的急救方法	10
第 2 章	常用工具和仪表	12
2.1	维修电工常用工具	12
2.1.1	验电笔	12
2.1.2	螺钉旋具	12
2.1.3	钢丝钳	13
2.1.4	剥线钳及卡簧钳	13
2.1.5	手电钻及钻头	14
2.1.6	电烙铁	14
2.1.7	各种扳手	14
2.1.8	电工刀	15
2.1.9	手动压接钳	15
2.1.10	游标卡尺	15
2.2	维修电工常用仪表的使用和维护	16
2.2.1	万用表	16
2.2.2	绝缘电阻表	24
2.2.3	钳形表	26
2.2.4	转速表	27

2.3	电工常用材料	28
2.3.1	常用导电材料	28
2.3.2	电热材料	29
2.3.3	保护材料	29
2.3.4	常用绝缘材料	29
2.3.5	常用磁性材料	30
第3章	变压器和电焊机	31
3.1	变压器基础	31
3.1.1	变压器的分类和用途	31
3.1.2	单相及三相变压器	31
3.2	电焊机	32
3.2.1	电焊机构造	32
3.2.2	工作原理	33
3.3	变压器常见故障与处理	34
3.3.1	变压器的维护检查	34
3.3.2	变压器的拆装检修	34
3.3.3	变压器的耐压试验	35
第4章	电动机	36
4.1	三相电动机	36
4.1.1	三相电动机的构造	36
4.1.2	三相电动机的铭牌	38
4.1.3	三相电动机的工作原理	40
4.1.4	异步电动机的常见故障及处理方法	42
4.2	直流电动机	44
4.2.1	直流电动机的结构	44
4.2.2	直流电动机的分类及型号	45
4.2.3	直流电动机的铭牌	46
4.2.4	直流电动机的工作原理	46
4.2.5	直流电动机的接线	49
4.2.6	单相串励式直流电动机的常见故障及处理方法	51
第5章	典型电动机控制电路	54
5.1	三相电动机控制电路	54
5.1.1	三相电动机的单向启动控制	54
5.1.2	三相电动机的正、反转控制	55
5.1.3	三相电动机的位置控制	58

5.1.4	三相电动机的 Y— Δ 降压启动控制	59
5.1.5	三相电动机的制动控制电路	61
5.1.6	联锁或互锁电路	66
5.1.7	多点控制电路	67
5.1.8	电动机的调速控制	68
5.1.9	电动机的保护	70
5.2	绕线转子异步电动机控制电路	72
5.2.1	绕线转子异步电动机的自动控制电路	72
5.2.2	绕线转子异步电动机的正、反转及调速控制电路	73
5.3	直流电动机控制电路	74
5.3.1	串励直流电动机的控制电路	74
5.3.2	并励直流电动机的控制电路	75
5.3.3	直流电动机的保护电路	76
5.3.4	直流电动机自动调速系统	77
5.3.5	400W 开环直流电动机调速器	87
5.3.6	小功率闭环直流调速器	90
5.4	单相电动机控制电路	94
5.4.1	单相电动机的 5 种运行方式	94
5.4.2	单相异步电动机正、反转控制电路	98
5.4.3	单相异步电动机的调速控制电路	102
第 6 章	机械设备电气控制电路分析与维修	106
6.1	电气原理图识图方法	106
6.1.1	电气原理图	106
6.1.2	电气设备安装图与电气设备接线图	107
6.1.3	分析机床电气控制系统时要注意的问题	110
6.2	X62W 型万能铣床电气控制电路	110
6.2.1	主电路	110
6.2.2	控制电路	110
6.3	Z3040 型摇臂钻床电气控制电路	113
6.3.1	主电路	113
6.3.2	控制电路	114
6.4	T68 型卧式镗床电气控制电路	116
6.4.1	主电路	116
6.4.2	控制电路	116
6.5	M7120 型平面磨床电气控制电路	119
6.5.1	主电路	119
6.5.2	控制电路	119

6.6	CA6140 型卧式车床电气控制电路	122
6.6.1	主电路	122
6.6.2	控制电路	124
6.7	龙门刨床电气控制电路	126
6.7.1	主电路	126
6.7.2	控制电路	131
6.8	Y3180 型滚齿机电气控制电路	141
6.8.1	主电路	141
6.8.2	控制电路	143
6.9	组合机床电气控制电路	145
6.9.1	主电路	145
6.9.2	控制电路	147
6.10	电气设备故障检修	149
6.10.1	电气设备故障检修方法	149
6.10.2	检修实例	159
第7章	加热设备电路分析与维修	164
7.1	宝马3吨中频炉中频电源	164
7.1.1	主电路原理	164
7.1.2	整流触发部分	165
7.1.3	调节器与保护部分	172
7.1.4	逆变控制部分	174
7.2	KGPS 型中频炉控制电路	177
7.2.1	电路工作原理	177
7.2.2	调试	185
7.3	KGPS-100/1-4 型中频电源	187
7.3.1	电路分析	187
7.3.2	常见故障分析	200
7.4	GP100-C3A 型高频炉	202
7.4.1	电路原理	202
7.4.2	高频感应加热设备常见故障分析	209
7.5	GP100kW/60kW 高频电源	210
7.5.1	主电路原理	210
7.5.2	继电控制部分与控制板原理	212
7.6	J-107B 型热合机	215
7.6.1	电路简介	215
7.6.2	电路分析	215
7.7	SDCS16-6-40 型薄膜表面处理机	218

7.7.1 简介	218
7.7.2 电路分析	220
第 8 章 焊接设备分析与维修	222
8.1 ZX5 系列直流焊机	222
8.1.1 概述	222
8.1.2 电路原理	222
8.2 清水系列焊机	226
8.2.1 简介	226
8.2.2 电路原理	228
8.3 其他逆变焊接电源	233
8.3.1 CPV-500 焊接电源	233
8.3.2 NB-350/500 IGBT 焊接电源	233
8.3.3 WSME350-500 焊接电源	233
8.3.4 APC 等离子切割电源	242
8.4 S0432NT 型点焊机	242
8.4.1 概述	242
8.4.2 电路工作原理	244
8.4.3 故障现象与排除	253
第 9 章 可编程序控制器 (PLC) 的应用	256
9.1 可编程序控制器简介	256
9.1.1 可编程序控制器的产生及特性	256
9.1.2 PLC 的应用领域与种类	260
9.2 机床电气中的 PLC 程序图识读	261
9.2.1 PLC 的编程语言	262
9.2.2 基本编程指令	264
9.3 常用控制电路的 PLC 程序举例	271
9.3.1 三相电动机启、停控制	271
9.3.2 三相电动机正、反转控制	272
9.3.3 三相电动机 Y— Δ 启动控制	273
第 10 章 变频器的应用	275
10.1 通用变频器的基本结构原理	275
10.1.1 通用变频器的基本结构	275
10.1.2 通用变频器的控制原理及类型	276
10.2 变频器的电路应用	279
10.2.1 变频器的基本控制功能与电路	279

10.2.2	起重机械专用变频器电路分析	282
10.2.3	车床变频调速系统电路分析	284
10.2.4	龙门刨床控制电路分析	286
10.2.5	风机变频调速电路分析	289
10.2.6	一控多电路分析	290
10.3	变频器的维护与保养	291
10.3.1	通用变频器的维护与保养	291
10.3.2	通用变频器的基本检测和测量方法	296
第 11 章	实战训练场	301
11.1	电气控制电路的原理与安装	301
11.1.1	接触器联锁正、反转控制电路	301
11.1.2	操作步骤	302
11.1.3	常见故障分析及排除方法	305
11.2	电子电路安装与维修	306
11.2.1	串联型稳压电源电子电路的安装与调试	306
11.2.2	晶体管放大电路的安装与调试	309
11.2.3	NE555 时基电路及应用	311
11.2.4	时间继电器电子电路的安装与调试	314
11.3	用 PLC 改造机床电器	317
11.3.1	摇臂钻床的 PLC 改造	317
11.3.2	万能铣床的 PLC 改造程序	321
附录 A	部分常用的标准电工设备图形和文字符号	325

第1章 维修电工安全知识

1.1 维修电工安全技术操作规程及基本安全用电措施

1.1.1 维修电工安全技术操作规程

安全文明生产是每个职工不能忽视的重要内容。违反安全操作规程，会造成人身事故和设备事故，不仅对国家和企业造成经济损失，而且也直接关系到个人的生命安全。

维修电工安全技术操作规程一般包括以下内容。

1. 工作前的检查和准备工作

- ① 上班前必须按规定穿戴好工作服、工作帽、工作鞋。女同志应戴工作帽，披肩发、长辫必须罩入工作帽内。手和脖子不准佩戴金属饰品，防止操作时触电。
- ② 在安装或维修电气设备前，要清扫工作场地和工作台面，防止灰尘等杂物侵入电气设备内造成故障。
- ③ 上班前不准饮酒，工作时应集中精力，不准做与本职工作无关的事。
- ④ 必须检查工具、测量仪表和防护用具是否完好。

2. 文明操作和安全技术

- ① 检修电气设备时，应先切断电源，并用试电笔（低压验电器）测试是否带电。在确定不带电后，才能进行检查修理。
- ② 在断开电源开关检修电气设备时，应在电源开关处挂上“有人工作，严禁合闸”的标牌。
- ③ 电气设备拆除送修后，对可能来电的线头应用绝缘胶布包好，线头必须短路接地。
- ④ 严禁非电气作业人员装修电气设备和电路。
- ⑤ 严禁在工作场地，特别是易燃、易爆物品的生产场所吸烟及明火作业，防止火灾发生。
- ⑥ 使用起重设备吊运电动机、变压器时，要仔细检查被吊重物是否牢固，并有专人指挥，不准歪拉斜吊。吊物下或旁边严禁站人。
- ⑦ 在检修电气设备内部故障时，应选用36V的安全电压灯泡作为照明。
- ⑧ 电动机通电试验前，应先检查绝缘是否良好、机壳是否接地。通电试验时，应注意观察转向，听声音，测温度。工作人员要避开联轴节旋转方向，非操作人员不许靠近电动

机和试验设备，防止高压触电。

⑨ 拆卸和装配电气设备时，操作要平稳，用力应均匀，不要强拉硬敲，防止损坏电气设备各部分。

⑩ 在烘干电动机和变压器绕组时，不许在烘房或烘箱周围存放易燃、易爆物品，不准在烘箱附近用易燃溶剂清洗零件或喷刷漆。定子、转子绕组浸漆后烘干时，应按工艺规程进行。必须在漆滴尽后放入烘箱内的铁网架上，严禁与电阻丝直接接触，严禁超量、超载。烘烤时要有专人值班，随时注意温度变化，并做好记录。

⑪ 在过滤变压器油时，应先检查好滤油机并接好地线，滤油现场严禁烟火。

3. 下班前的结束工作

① 下班前清理好现场，擦净仪器和工具上的涂油和灰尘，放入规定位置或归还工具室。

② 下班前要断开电源总开关，防止电气设备起火造成事故。

③ 修理后的电气设备应放在干燥、干净的工作场地，并摆放整齐。

④ 做好检修电气设备后的故障记录，积累修理经验。

1.1.2 基本安全用电措施

为防止发生触电事故，必须采取一些基本安全措施加以防范。

1. 对配电电路的安全措施要求

① 应有能切断本车间（库房）全部电气设备电源的总开关。

② 每台机床均应有电源开关，不用时应处于断开位置。

③ 电气设备金属外壳的保护接地线应良好。

④ 220V 灯头的离地高度一般应不低于 2m，危险场所应不低于 2.5m，否则应采用 36V 以下的安全电压。

⑤ 220V 灯线的相线必须经开关装设。用螺口灯头时，相线应拉在灯头中心弹簧的端头上。检查时，用 220V 试电笔测量螺口，氖管不发光为正确。

⑥ 安装单相 220V 三眼插座及插头的接线要正确，插座板上的插座必须分别标明其使用电源电压，防止插错造成事故。

⑦ 开关的接线应牢固，胶盖闸刀开关和铁壳开关必须在进线部位装有插式熔断器，铁壳开关的外壳必须有可靠的保护接地线。

⑧ 对易燃、易爆场所的电气设施必须采用密闭式和防爆型。

2. 对变配电设备的安全措施要求

① 对配电装置应严格按照规程安装，并在加入运行前应进行下列检查。

a. 所有瓷瓶无裂纹，母线清洁无杂物，接触良好。测定母线绝缘电阻，每 4kV 不低于 1MΩ，门窗上防鼠网栏要完好。

b. 油开关的油面应有标准位置，各接线螺钉应紧固，电力操作回路熔断器符合规定

值,合拉闸试验合格。

c. 互感器的母线,二次电路及接地线应连接牢固。测定绝缘电阻时,一次侧每1kV不低于 $1\text{M}\Omega$,二次侧应接地良好。

d. 避雷器的瓷管应清洁、无裂纹,接线及接地完好。

e. 电力电缆头应无漏油,外表清洁,接地线接触良好。室内电缆外部涂漆良好,钢铠不生锈,不断裂。

f. 电力电容器的外壳应无膨胀漏电,绝缘良好,熔丝完整。

② 在正常运行中,应严格执行规定,遵守操作规程。发现异常情况,及时检查,迅速处理。

③ 应配备消防设施,符合安全要求。

3. 对车间电气设备的安全要求

① 每台机床应有单独的电气控制装置,以便随时切断本机电源。

② 各电气设施的罩壳和电动机的风叶罩壳等应保持完好。电气设备金属外壳应有保护接地线。

③ 各电气设备的溶体应选择适当。

④ 机床工作灯或局部照明灯的电压不得高于36V。

⑤ 开关板上和电气柜内不准悬挂和储放杂物,电气控制柜的底部应有底板,以免金属进入产生事故。

4. 临时线安全规程

① 临时线应有严格的审批制度,一般应经过动力部门和安装部门审批。临时线最长使用期限为7天,使用完毕应立即拆除。

② 电源开关、插座等若装在户外,应有防雨的箱子保护,电器应安装牢固,防护罩壳应齐全、完好。

③ 装置临时线的一般安全要求如下:

a. 装置临时线须用绝缘良好的橡皮线,要采取悬空架设和沿墙敷设,禁止在树上或脚手架上挂线。

b. 全部临时线装置必须有一个总开关控制,第一分路须装熔断器。

c. 所有电气设备、金属外壳须有良好接地线。

d. 临时线放在地面上的部分,应加以可靠保护,如果用胶皮线橡胶套电缆,则应在过路处设硬质的套管保护,管口要安装护圈,以防割破电线。

本书不可能罗列所有电工安全作业的要点,要获得安全保障,必须认真学习和遵守有关规程。

为了保障人身、设备及社会财产的安全,国家有关部门(主要是原水利电力部)按照安全技术的要求,颁发了一系列的规程、规范和制度。这些规定为电气安装规程、电气装置检修规程、电气设备运行规程、安全操作规程及各种制度等。除此以外,各单位所在地区的电力部门也都有明确的规定,因此必须严格遵守,严禁违章作业。

1.1.3 接地与接零

保护接地和保护接零是防止因设备意外带电而造成触电事故的重要和主要措施，也是电气安全技术措施的重点。

1. 保护接地

保护接地适用于 1000V 以上的电气设备及电源中线不直接接地的 1000V 以下的电气设备。保护接地是将电气设备的金属外壳及金属支撑物件通过良导体与大地之间（即接地装置）良好连接而成的。接地装置的制作有其特定的规程。

采用了保护接地措施后，即使偶然触及漏电的电气设备也能避免触电，因为这时金属外壳已与大地可靠连接，且对地电阻很小，相对于人体电阻要小很多。当人触及电气设备时，人体电阻与接地电阻是并联的，漏电电流几乎全部经接地体流入大地，从而保证了人身安全。

(1) 接地装置的分类

在三相四线供电系统中，变压器中性点直接进行接地时，称为工作接地，对办公楼、厂房车间的电源进线，往往要求重复接地。此外，有些电气设备还必须进行保护接地。这几种接地，都要通过接地装置进行，接地装置包括接地体与接地线。

① 接地体。接地体是将导体埋入大地中而成，接地体的材料通常采用钢管、圆钢、角钢和扁钢等，有垂直安装和水平安装两种。

垂直埋入地下的接地体，它的直径对接地电阻的影响很小，但是为了满足机械强度的要求，一般采用直径 50mm 以上，长 2.5m 的厚壁钢管，或长为 2.5m 左右，50mm × 50mm 的等边角钢。接地体的接地电阻值与接地体埋入土壤的深度有关，也与土层的化学、物理性质有关。埋入的深度大，则接地体的接地电阻小。接地体垂直敷设时，垂直打入地下的深度不应小于 2m，一般为 2.5 ~ 3m。接地体应不少于两根，相互间的距离一般为接地体长度的 1 ~ 3 倍，角钢或钢管之间的距离不应小于 3m。距离过近会产生屏蔽作用，影响接地电阻的下降。

水平敷设的接地体可采用圆钢或扁钢，埋设深度不应小于 0.6m。在有强烈腐蚀性的土壤中接地体应镀锌或镀铜，但不能涂漆。

② 接地线。接地体通常焊上镀锌扁钢作为引线。在出线处焊上螺栓以便导线连接。引出线高出地面时，必须加塑料管等做穿管保护，保护管高度不应小于 2m。接地线可用绝缘导线（铜或铝芯）或裸导线（包括圆钢、扁钢），所用的接地导线不得有折断现象，明敷的接地裸干线应涂黑色漆。三芯、四芯塑料护套线中的黑色线按规定做接地用。

接地线的截面积由电源容量来决定，通常其载流能力不应小于相线允许载流量的二分之一。接地线的最小截面，绝缘铜线为 1.5mm²，裸铜线为 4.0mm²，而绝缘铝线为 2.5mm²，裸铝线为 6.0mm²，这是为了保持接地线具有一定的机械强度。

用做接地线的裸铝导体，严禁埋入大地。如果用电设备保护接地时，其接地装置的埋设深度及要求与上述相同。

注意，各地电力部门对接地装置都有专门的规程，这里仅说明一些基本概念。

③ 接地线与接地体的连接要求：牢固可靠、接触良好，应露在明处便于检查。设备的接地线不准和其他设备的接地线串联，应当用并联方法连接。

(2) 接地装置的技术要求

接地装置的技术要求是接地电阻，原则上接地电阻越小越好，考虑到经济合理，接地电阻以不超过规定的数值为准。

对于地理位置特殊、工作性质重要、数量多和价格高时的情况，接地电阻应越小越好。例如，避雷针和避雷线单独使用时的接地电阻应小于 10Ω ，而配电变压器低压侧中性点接地电阻应为 $0.5 \sim 10\Omega$ ，一般不大于 4Ω 。保护接地的接地电阻应小于 4Ω ，重复接地的电阻应小于 10Ω ，几个设备共用一个接地装置，接地电阻应以要求最高的为准。

(3) 接地装置的检查与维修

① 定期检查。

工作接地的接地电阻每隔半年或一年检查一次，保护接地电阻每隔一年或两年检查一次。接地电阻增大时，不可勉强使用，应及时修复。

接地装置的每个连接点，尤其是螺钉压接的连接点应每隔半年或一年检查一次，发现松动，随即拧紧。采用电焊连接的连接点也应定期检查是否完好。

要定期检查接地体和接地体连接干线有无严重锈蚀，若有严重锈蚀，应及时修复或更换，不可勉强使用。

② 常见故障排除方法。

连接点松散或脱落：容易出现松脱情况的地方有移动电气设备的接地支线与金属外壳（或插销）间的连接处；工作时震动的设备的接地线连接处。松动或脱落处应及时拧紧或重新接好。

遗漏接地或接错位置：在设备维修或更新后重新安装时，因疏忽而把接地线线头漏接或接错位置，发现有接错位置或漏接时应及时纠正。

接地线局部电阻增大：一般由于连接点或跨接过渡线存在轻度松散，或者连接点的接触面存在氧化层或存在污垢，引起电阻增大。应重新拧紧螺钉或清除氧化层及污垢。

接地体的接地电阻增大：通常是由于接地体严重锈蚀或接地体与接地干线之间的接触不良引起的。应重新更换接地体或重新把连接处接好。

2. 保护接零

保护接零适用于三相四线制、中线直接接地的供电系统。保护接零是将电气设备和金属外壳及金属支承物件用导体电网的中性线（零线）相连接而成。采用保护接零后，若电气设备的某相绝缘损坏时，电流经接零线构成回路而形成短路电流。短路电流立即将该相熔体熔断或使其他保护元器件动作而切断电源，从而消除了触电的危险。

电源的中性点接地，负载设备的外露可导电部分通过保护线连接到此接地点的低压配电系统，统称为 TN 系统。第一个大写英文“T”表示电源中性点直接接地，第二个大写英文“N”表示电气设备金属外壳接零。依据零线 N 和保护线 PE 不同的安排方式，TN 系统可分为以下三种形式。

(1) TN-C 系统

这种系统的零线 N 和保护线 PE 合为一根保护零线 PEN，所有设备的外露可导电部分均与 PEN 线连接，如图 1-1 所示。

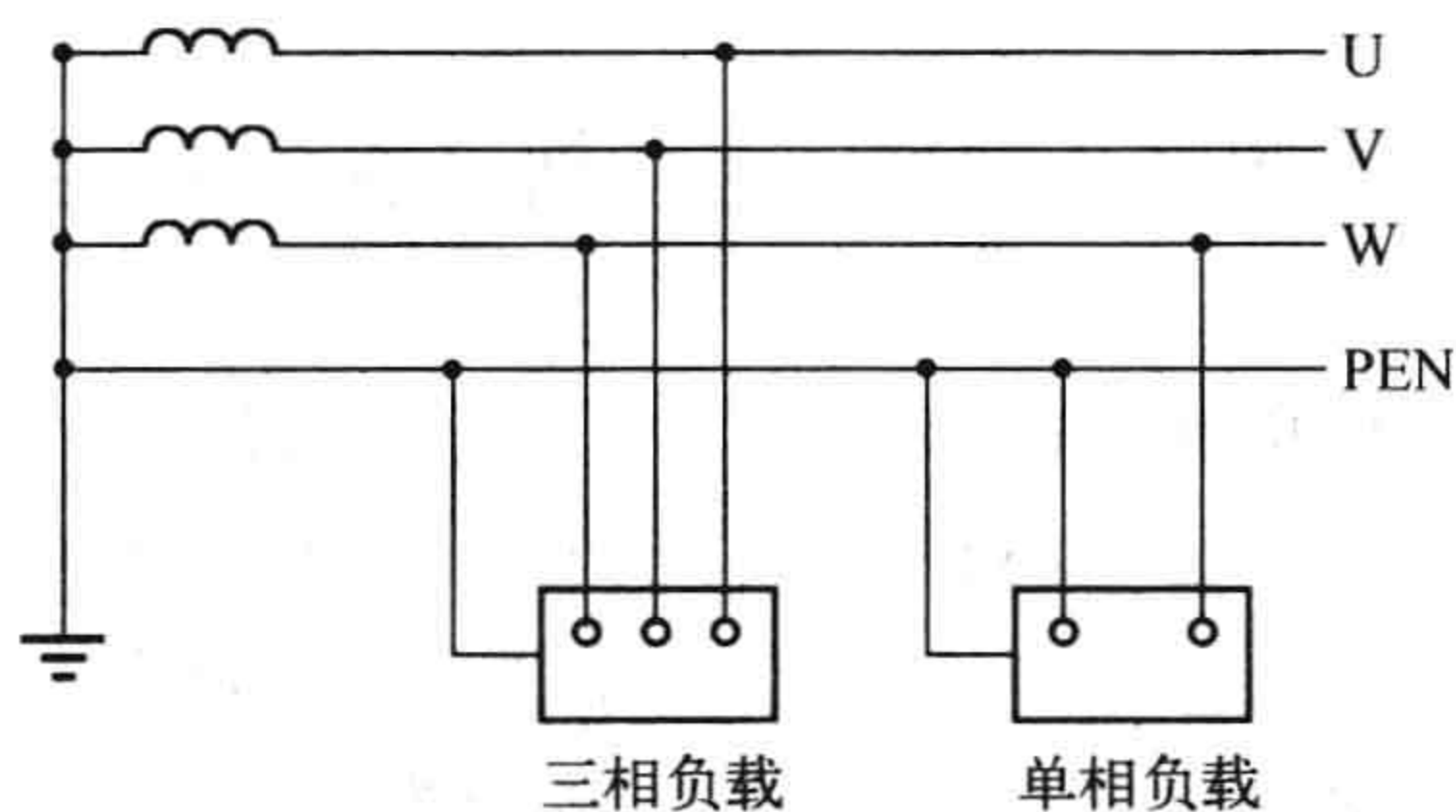


图 1-1 TN-C 低压配电系统

TN-C 系统目前应用最为普遍。

优点：投资较省，节约导线。在一般情况下，只要开关保护装置和 PEN 线截面选择适当，就能够满足供电可靠性和用电安全性。在这种系统中，当三相负载不平衡或只有单相负载时，PEN 线中有电流通过。

缺点：当 PEN 线断线时，在断线点 P 以后的设备外壳上，由于负载中性点偏移，可能出现危险电压。更严重的是，若断线点后某一

设备发生碰壳故障，开关保护装置不会动作，使断线点后所有采用保护接零的设备外壳上都将长时间带有相电压，如图 1-2 所示。

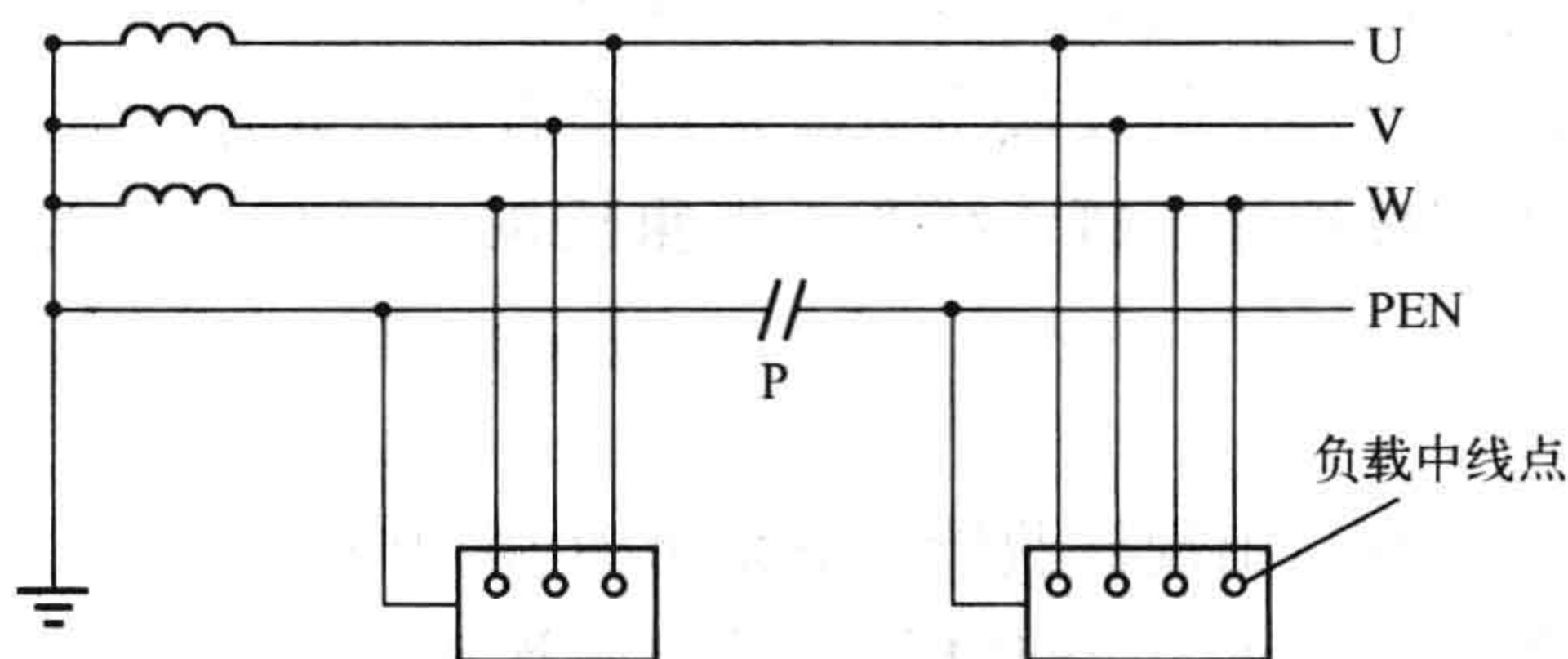


图 1-2 断线点后面所有接零设备外壳上将出现危险电压

(2) TN-S 系统

TN-S 系统的 N 线和 PE 线是分开设置的。所有设备的外壳只与公共的 PE 线相连接，如图 1-3 所示。

在 TN-S 系统中，N 线的作用仅仅是用来通过单相负载的电流和三相不平衡电流，故称为工作零线。对人体触电起保护作用的是 PE 线，故称为保护零线。

显然，由于 N 线与 PE 线作用不同，功能不同，所以自电源中性点之后，N 线与 PE 线之间及对地之间均需加以绝缘。

优点：一旦 N 线断开，只影响用电设备的正常工作，不会使断线点后面设备的外壳上出现危险电压；即使负载电流在零线上产生较大的电位差，与 PE 线相连的设备外壳上仍能保持零电位，不会出现危险电压；由于 PE 线在正常情况下没有电流通过，因此在用电设备之间不会产生电磁干扰，故适用于对数据处理、精密检测装置的供电。

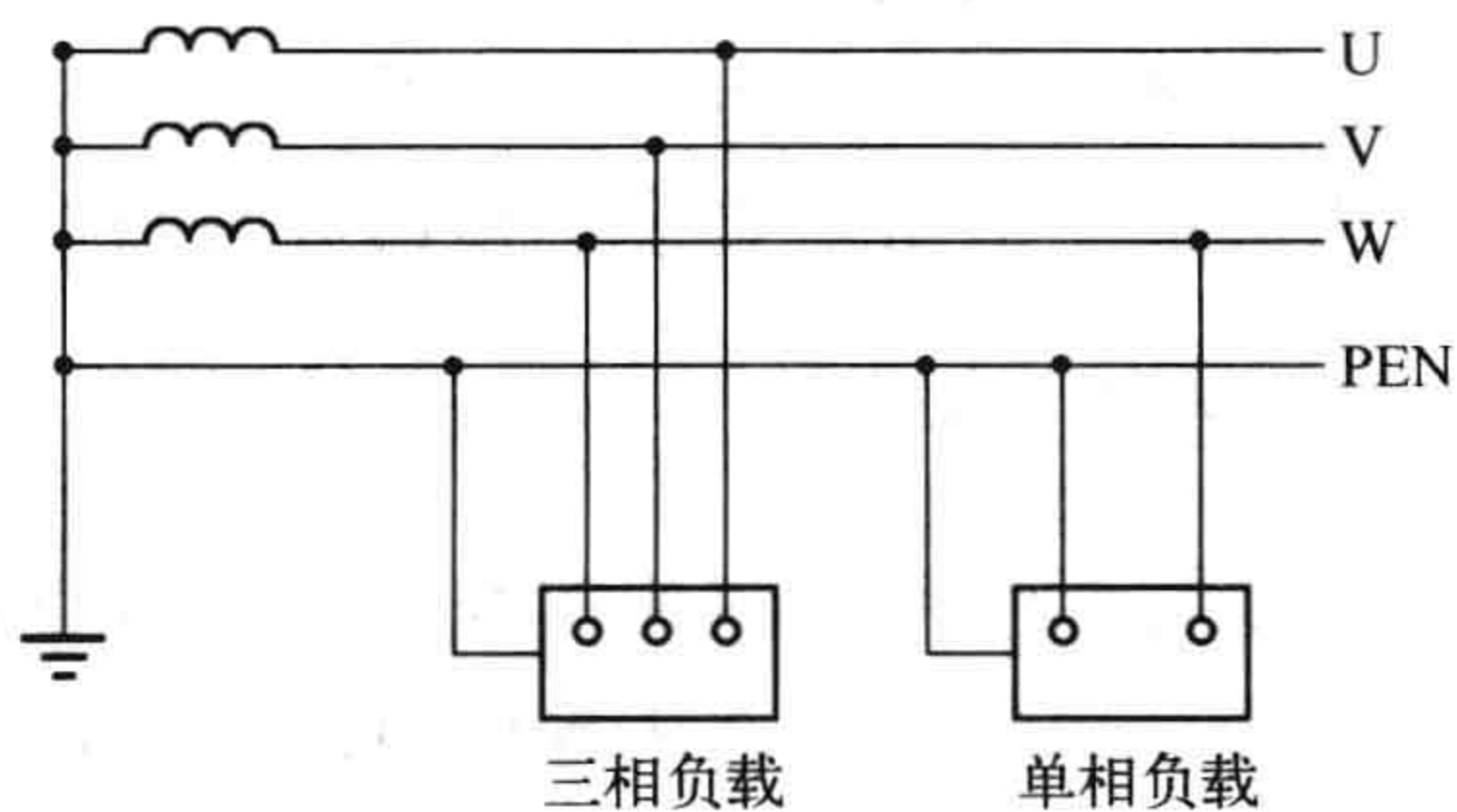


图 1-3 TN-S 低压配电系统

缺点：消耗导电材料多，投资大。

(3) TN-C-S 系统

TN-C-S 系统指配电系统的前面是 TN-C 系统，后面则是 TN-S 系统，兼有两者的优点，保护性能介于两者之间，常用于配电系统末端环境条件较差或有数据处理设备的场所，如图 1-4 所示。

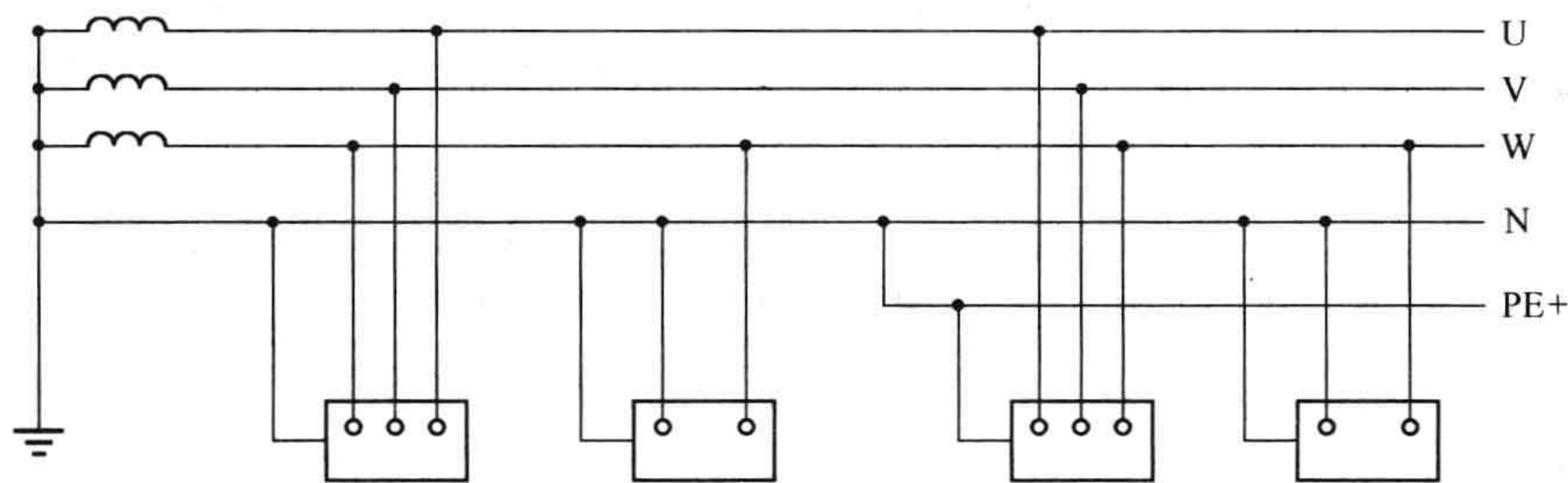


图 1-4 TN-C-S 低压配电系统

1.2 电气设备的防火措施和灭火要求

因为输电线漏电、过载接头松动或短路等因素导致过热而引起火灾；因用电设备存在缺陷、过载或短路等因素也可造成电气火灾。电气火灾对社会及人民的生命财产也会造成严重危害。如果是有爆炸可能的场所，则危害更大。另外，在电火灾的情况下，也往往带来触电事故。

1.2.1 常用电气设备的防火措施

(1) 引起电气设备发生火灾的原因

电气装置引起火灾的原因很多，如绝缘强度降低、导线严重过载、安装质量不良、设备造型不符合防火要求、设备过热、短路、机械损伤及使用不当等都可能酿成火灾。

(2) 防火的措施

- ① 选用的电气装置应具有合格的绝缘强度。
- ② 经常监视实际用电负荷大小，不使设备过热，限制导线载流量，不得长期超载使用。
- ③ 按照安装标准，装设各类电气装置，严格质量要求。
- ④ 合理使用电气装置，防止由于机械损伤、绝缘破坏等造成短路。
- ⑤ 电线或其他导体的接触点必须牢固，接触要良好，以防止过热氧化。铜、铝导线连接时，还应防止电化腐蚀。
- ⑥ 在生产工艺过程中产生有害静电时，要采取相应措施予以消除。

1.2.2 电气火灾的扑救方法

电气火灾的危险性很大，除了要做好预防工作外，还必须做好灭火的准备，万一发生