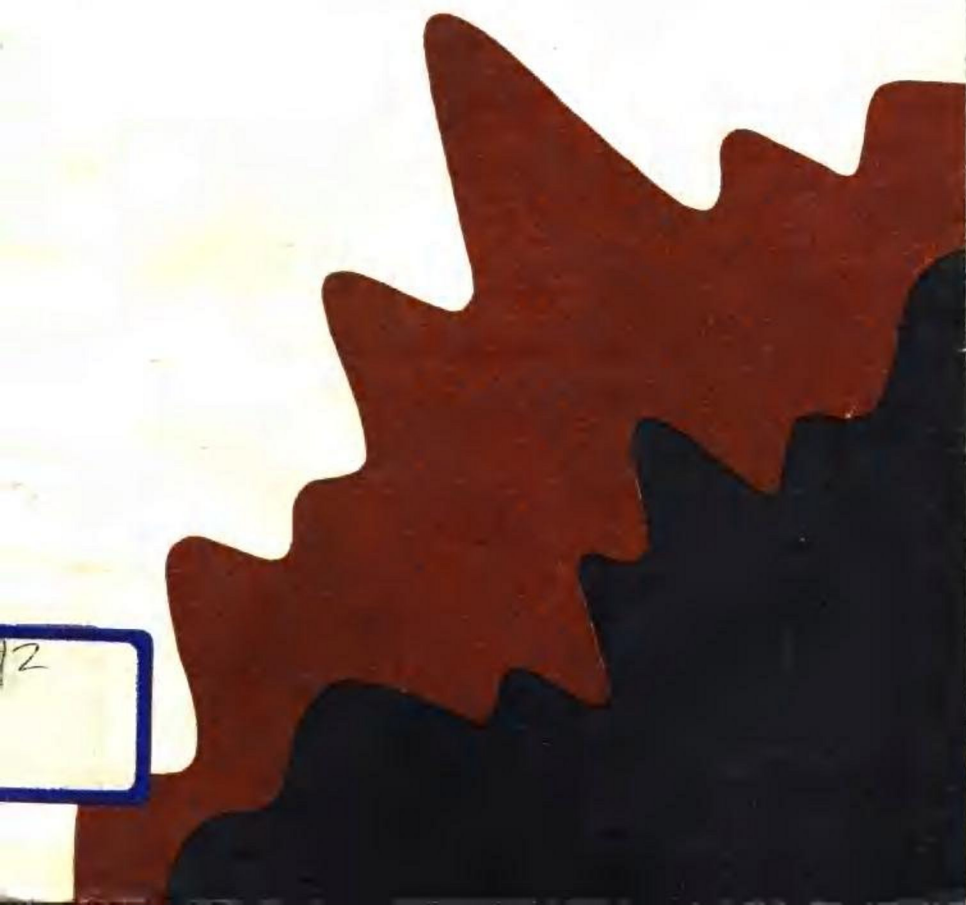


DIANQIHUO DE FENXI JI YUFANG

电起火的分析及预防

徐玉琦 朱晓明 朱诚 编著

纺织工业出版社



内 容 提 要

本书共分十章。在简要介绍工厂供电系统和民用建筑供电系统的基础上,对电火种的分类、形成机理、特征参数、预防措施等进行了较深入的分析。并在第三章到第十章,对防止电气起火、静电起火、雷电起火和火灾现场电气设备的二次作用等进行了分析。书中推导的公式、计算与测定的表格,定性或定量的理论分析,为防火措施提供了理论依据。可供电气技术人员、电气运行人员、消防技术人员学习参考。

责任编辑:郑剑秋

电起火的分析及预防

徐玉琦 朱晓明 朱诚 编著

纺织工业出版社出版

(北京东长安街12号)

纺织工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

787×1092毫米 1/32 印张: 6 20/32 字数: 145千字

1991年2月 第一版第一次印刷

印数: 1—3000 定价: 2.80元

ISBN 7-5064-0584-9/TM·0001

前 言

火灾是失控的燃烧现象。在全国范围内，每年因火灾造成的经济损失数以亿计，人员伤亡也非常严重。防火研究具有重大的经济意义和社会意义。

火灾的发生必须具备以下三个条件：(1) 有火种；(2) 有易燃物质和助燃物质；(3) 火种点燃易燃物质。因此，研究火种的产生机理和预防措施，研究火种点燃易燃物质的条件并防止这些条件的出现，是减少火灾事故的有效措施。

在各种因素形成的火种之中，电荷形成的火种占较高的比率。由电荷形成的火种称为电火种。电火种包含三类情况：第一类是电荷通过电力线路或电气设备形成的火种，称之为电气火种；第二类是静电火种；第三类是雷击时雷云电荷形成的火种，称为雷电火种。

本书在简要介绍供电知识的基础上，较深入地分析了上述三类电火种的形成条件和预防措施；同时，对电火种点燃易燃物的条件和预防方法也进行了较深入的讨论。

将这些分析结论用于工厂供电系统和民用建筑供电系统设计中，将有助于减少火灾和火灾损失。

本书是笔者进行防火研究的成果汇集。在编写方法上，将理论分析与防火措施分开，对防火措施部分，尽量写得通俗易懂。可供电气技术人员、电气运行人员、消防技术人员参考。

本书由洪钟威教授审阅。

在进行研究和测定过程中，曾得到上海纺织工业局所属各厂和中国纺织大学有关同志的大力支持。在此表示衷心感谢！

由于本人水平有限，错误和不足之处，欢迎读者批评指正。

编著者

1989年

目 录

第一章 工业与民用建筑供电系统	(1)
第一节 电力系统.....	(1)
第二节 工厂供电系统及其组成.....	(3)
第三节 工厂供电系统的保安问题.....	(5)
第四节 民用建筑供电系统及其保安问题.....	(10)
第二章 有关电火种的基本知识	(14)
第一节 电火种分类及形成特点.....	(14)
第二节 电火种的起火条件及防火途径.....	(16)
第三节 各类电火种的形成机理及其特征参数.....	(22)
第三章 变压器与电容器形成的电火种及其预防	(44)
第一节 电力变压器故障并形成火种的分析.....	(44)
第二节 防止变压器形成火种的措施.....	(47)
第三节 电容器形成火种的分析及其预防措施.....	(51)
第四章 电力线路形成的电火种及其预防	(65)
第一节 电力线路形成火种的原因.....	(65)
第二节 防止电力线路形成火种的措施.....	(70)
第五章 电动机形成的电火种及其预防	(75)
第一节 电动机引起火灾的分析.....	(75)
第二节 三相异步电动机过热火种的分析.....	(76)
第三节 电动机内部故障形成火种的形式及 预防.....	(96)
第六章 其他电气设备形成的电火种及预防	(98)
第一节 灯具形成火种的分析及其预防措施.....	(98)
第二节 开关类电器形成火种的分析及预防	

	措施·····	(99)
第三节	电热设备和电热器具引起火灾的实例 分析·····	(103)
第七章	接地接零系统形成火种的分析及其预防·····	(105)
第一节	关于接地与接零的基本概念·····	(105)
第二节	保护接地的作用·····	(109)
第三节	中性点接地系统中保护接地的适用 范围分析·····	(110)
第四节	保护接零的作用及其局限性·····	(115)
第五节	在接地保安系统中常见触电事故和 火种基因分析·····	(118)
第八章	电机与配电线路在火灾现场的二次 作用及预防·····	(136)
第一节	旋转电动机在火灾现场的二次作用·····	(136)
第二节	配电线路在火灾现场的二次作用·····	(138)
第三节	漏电保护器的防火功能及其配置方法·····	(141)
第四节	救火时防止火灾现场电气设备二次 作用的措施·····	(152)
第九章	静电起火起爆及其预防·····	(153)
第一节	静电的产生过程·····	(153)
第二节	静电的特点·····	(155)
第三节	静电起火起爆条件·····	(159)
第四节	静电灾害的预防措施·····	(162)
第十章	雷电火种及预防·····	(164)
第一节	雷电火种分类·····	(164)
第二节	直击雷火种的预防及直击雷起火实例 分析·····	(167)

第三节	高电位反击火种及预防措施·····	(175)
第四节	感应雷击起火实例分析·····	(177)
第五节	雷电冲击波的特性及预防措施·····	(178)
第六节	球雷起火及其预防·····	(186)
第七节	防雷检查·····	(187)
附录一	中华人民共和国纺织工业部、中华人民共和国公安部关于颁发《纺织行业消防安全管理规定（试行）》的通知·····	(190)
附录二	纺织行业消防安全管理规定（试行）·····	(191)
附录三	纺织工业部关于颁发试行《关于加强纺织企业电气安全管理的规定》的通知·····	(192)
附录四	关于加强纺织企业电气安全管理的规定·····	(193)
参考文献	·····	(201)

第一章 工业与民用建筑 供电系统

第一节 电力系统

随着电力事业的不断发展，我国工业发达地区的发电厂已按地区联网，组成了区域性电力系统。其中，华东电力网、华北电力网、东北电力网、西北电力网等，都是大型电力系统。许多工厂由电力网供给电能，称为网电。还有些工厂，电能来自本厂的自备发电厂（室），称为自发电。

电力系统的单线图如图1-1所示。此图表示了电力系统中发电、输电、配电的过程。在发电厂中，交流发电机的额定电压有3.15kV、6.3kV、10.5kV、15.75kV等规格，多数发电机的额定电压为10.5kV。欲将各发电厂联网，必须解决两个问题：（1）将各发电机不同的端压，变为相同的电压；（2）用发电机电压进行远程输电，必将引起较大的电压损失和电能损耗，需要升压。因此，各发电厂均用升压变压器将电压升至超高压后再联网。我国的超高压有110kV、220kV、330kV、500kV等。超高压电网直接进入城市人口稠密地区较为危险，330kV及以上的电网均在市郊区域降压站降为35kV及以下的高压后进入市区，也有的城市和企业，用110kV或220kV直接深入负荷中心。

从发电厂到用电设备之间，电能输送的途径如下：

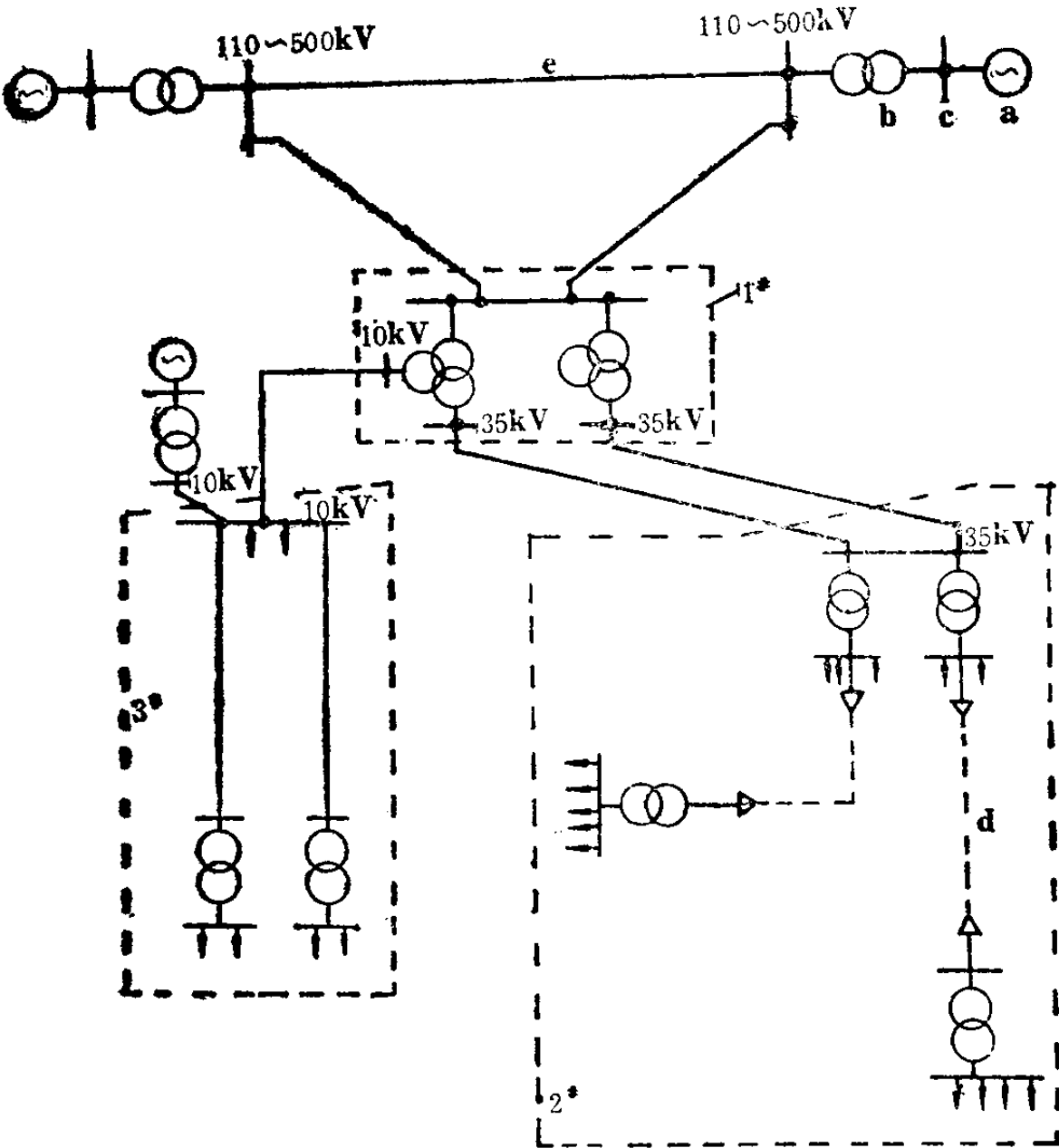


图1-1 电力系统单线图

a—发电机 b—电力变压器 c—母线 d—三相电力电缆 e—三相电力电线（架空线）

发电机 → 近区用户

→ 升压变压器 → 超高压电力网 → 区域降压站 → 工厂总降压变电所（或总配电室） → 车间变电所 → 车间配电装置及用电设备。

图1-1中，2[#]、3[#]框内的部分是工厂供电系统或民用建

筑供电系统。

第二节 工厂供电系统及其组成

一、供电系统

用网电的工厂，多为高压进线，在工厂变电所内将电源电压降为380V/220V。其供电系统有：(1) 经过一次降压将电源电压降为380V/220V的一次变电系统。(2) 经过两次降压才将电源电压降为380V/220V的二次变电系统。

一次降压的工厂供电系统如图1-2所示，二次降 压 的工厂供电系统如图1-3所示。

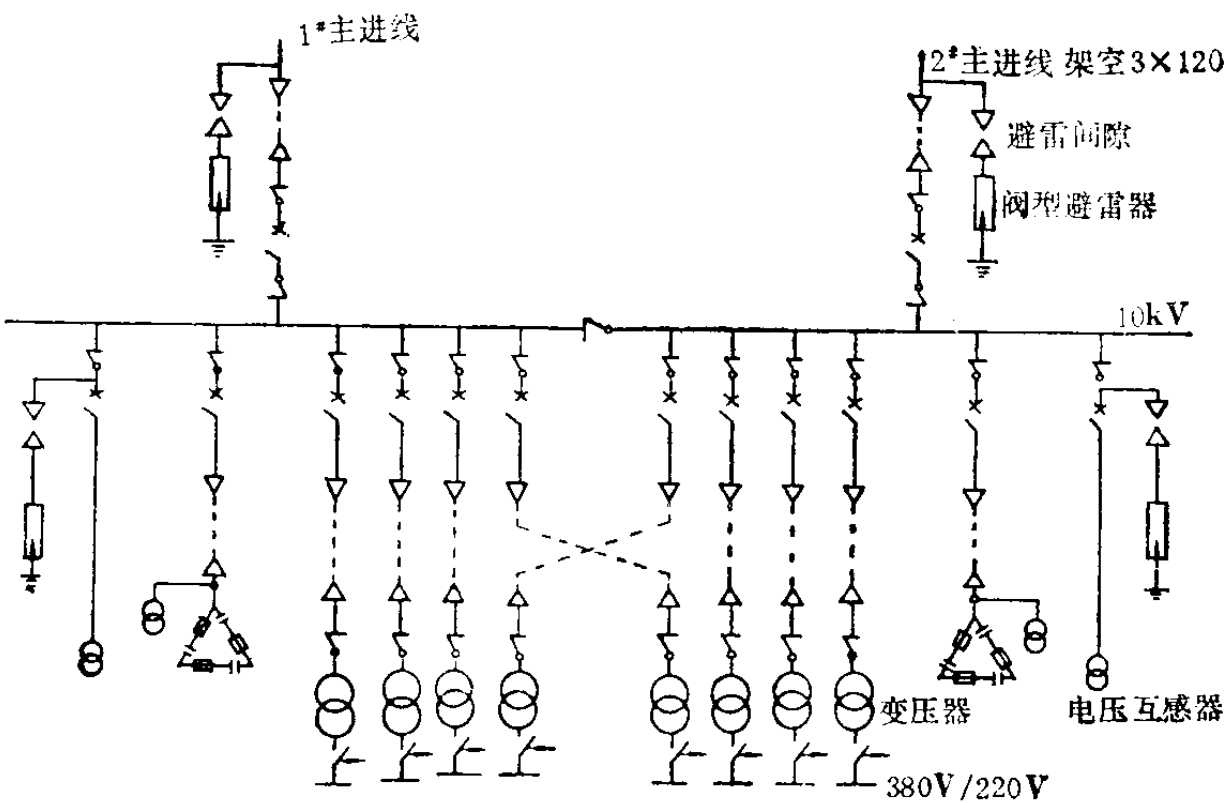


图1-2 一次降压工厂供电系统单线图示例

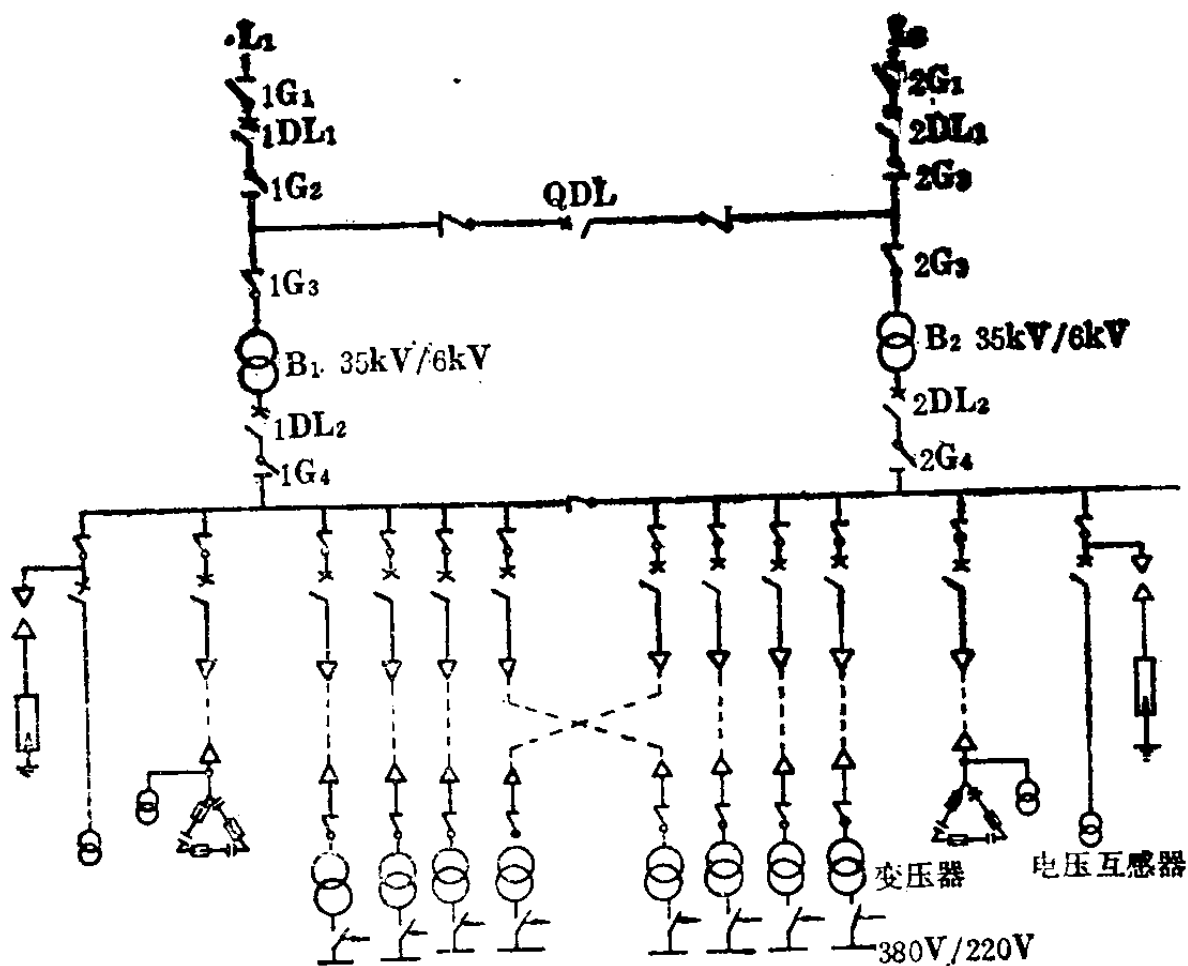


图1-3 二次降压工厂供电系统单线图示例

二、供电系统的组成

由图1-2和图1-3可看出，工厂供电系统主要包括：

1. 电源主进线；
2. 变配电所；
3. 高压电力网；
4. 低压电力网；
5. 车间低压配电设备等。

其中，变配电所是工厂供电系统的核心。变配电所的高压配电室内，装设成套高压开关柜，用以控制和分配全厂高压

电能；变配电所中的变压器室，装设电力变压器，用以将高压电降为低压电；变配电所中的低压配电室，装设低压配电屏，用以控制和分配低压电能；变配电所中的高压电容器室，装设补偿电容，用以进行无功补偿提高功率因数（若采用低压无功补偿，则将电容器装于低压配电室）。除此之外，为了保证不被过电流或过电压致损，必须装设继电保护装置；为了保证工作人员不致造成触电死亡事故，必须装设保护接地或保护接零设施；为了防止雷击造成破坏和人员伤亡事故，必须装设避雷装置；为了计量电量和显示供电系统运行状态，必须装设有关仪器和仪表等。

根据我国目前设计习惯，在一次降压的工厂供电系统中，设高压总配电室，下设车间变电所，在车间变电所内设变压器室和低压配电室。在二次降压（变电）的工厂供电系统中，设总降压变电所，高压配电室也设在总降压变电所处；下设车间变电所，车间变电所内设变压器室和低压配电室。

第三节 工厂供电系统的保安问题

一、工厂供电系统的保安接地

在有电的联系的网络中，发电机或变压器（副边），均为网络电源。电源中性点接地的网络，称为中性点接地网络（或中性点接地系统）；电源中性点不接地的网络，称为中性点不接地网络（或中性点不接地系统）。此外，还有经消弧线圈接地的系统，经阻抗接地的系统等。

用电设备平时无电，而当绝缘击穿时有可能带电的部件（如外壳）与大地连接，称为保护接地。用电设备平时无

电，而当绝缘击穿时有可能带电的部件，与电源零点（与大地连接的中性点称为零点）连接，称为保护接零。在中性点不接地系统中，宜采用保护接地（也称为接地制），在中性点接地系统中，宜采用保护接零（也称为接零制）。

电源中性点接地属工作接地性质，用以防止高压击穿危及低压设备。

保护接地与保护接零均属保安性质，故统称为保安接地。它用以防止触电死亡事故，防止火灾，防止电网非正常因素危及精密电子仪器。

自50年代以来，我国工厂低压配电系统，惯用中性点接地系统，电气设备外壳采用保护接零制。也有些厂矿企业采用中性点不接地系统，电气设备外壳采用保护接地制。此外，离变电所较远的生产车间，多数采用三相四线制架空线（或电缆）配电，在此情况中，中性线兼作保护接零干线。

目前，接地接零设计是以防止触电死亡事故为依据的，防火和电子计算机等有关特殊要求往往被忽视，再加上设计和安装中存在某些问题，由接地问题引起的火灾事故、损坏仪器的事故、触电死亡事故等时有所见。

综合国内外的工厂供电系统，保安接地可分为五种，简述如下：

（一）IT系统

该系统中，电源中性点不接地，电气设备外壳保护接地，如图1-4所示。

该系统相当于我国的中性点不接地系统采用保护接地。优点是：（1）一相绝缘击穿，用电设备仍可正常运行，可靠性高；（2）接地电流小，接地电流火花也小，对防火是有利的。其缺点是：当电气设备一相绝缘击穿时，另外两相对地

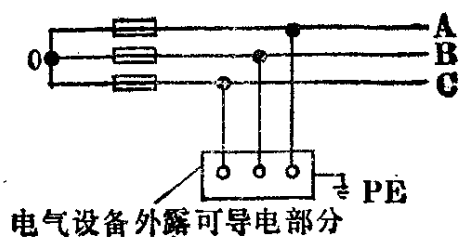


图1-4 IT系统

电压将为线电压，人体触及另外两相时，后果较为严重。

(二) TT系统

在电源中性点接地的供电系统中，将电气设备的外壳直接与接地装置连接，且该接地装置与电源接地装置不连接。相当于我国在中性点接地的供电系统中采用保护接地情况。如图1-5所示。

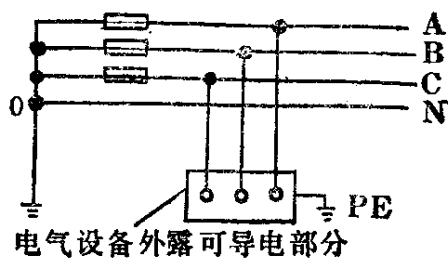


图1-5 TT系统

该系统只适用于用电设备容量不大的场合。若用电设备容量较大，保护装置将不能在允许的时间切断故障电路，甚至永远不能切断故障电路。因此，当一相绝缘击穿时，可能造成触电死亡事故或火灾事故。

(三) TN系统

在电源中性点接地的供电系统中，电气设备外壳与电源中性点（零点）连接，就是TN系统。按其中性线与保护接

零干线的组合方式不同，又可分为三类。

1. TN-S系统 此系统采用三相五线制结线方式 供电，将中性线与保护接零干线分开。如图1-6所示。

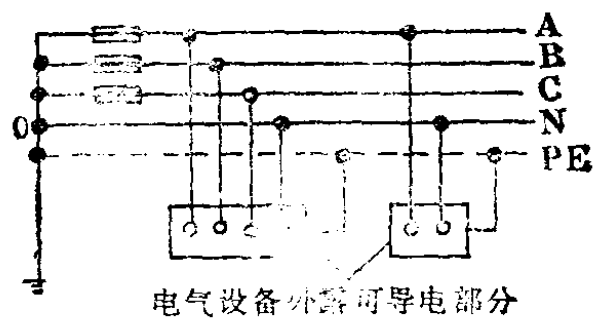


图1-6 TN-S系统

与其他接地系统相比，TN-S系统比较完善。

2. TN-C系统 此系统中电源中性点接地，采用三相四线制结线方式供电，且中性线兼作保护接零干线，如图1-7所示。

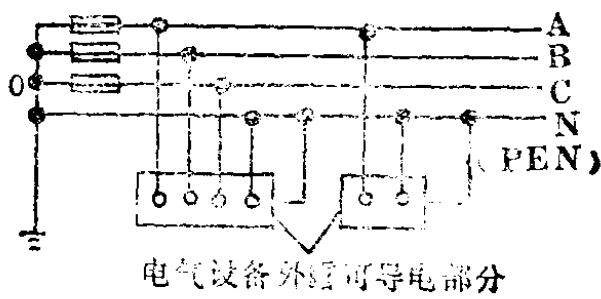


图1-7 TN-C系统

相比之下，TN-C系统的保护性能较差。在正常运行情况下，当单相用电设备投运时，或三相用电设备的三相电流不平衡时，中性线上有电流和电压降。由于此时大地的电位与中性点电位相同，中性线上的零序电压降就是电动机外壳对地电压，它将使工作人员产生麻电感觉。

当一相绕组绝缘击穿时，在电路中将产生过电压或过电

流。如果中性线断线且一相绕组绝缘击穿，则接触电压等于相电压，若此时碰及另外两相，接触电压将等于线电压，对人身安全和防火都是不利的。

3. TN-C-S系统 即在电源中性点接地的供电系统中，一部分设备中性线与保护接零干线共用，另一部分设备保护接零干线与中性线分开。具体方式是对三相不平衡负荷采用三相五线制线路供电，对于三相对称负荷采用三相四线制线路供电。如图1-8所示。

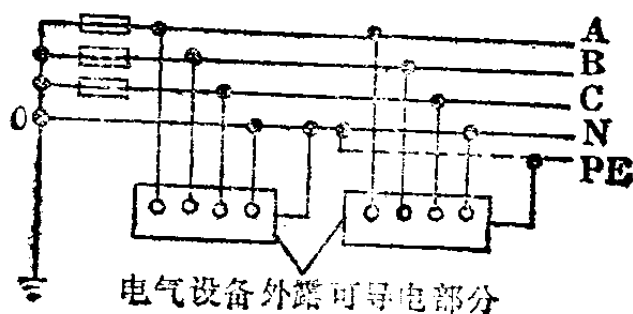


图1-8 TN-C-S系统

上述国内国外接地保安系统，从设计原理上讲是各有其道理的，但都有局限性。如果参数配合不当，或参数无法配合，或系统方案选择不合理等，都将是不安全的，还必须借助于其他保护措施相配合才能提高保护性能。

二、工厂供电系统安全性分析

在工厂供电系统中，容易产生火种并引起火灾的常见情况有以下几种：

1. 带负荷操作隔离开关。隔离开关没有灭弧装置，不允许带负荷操作。但在实际运行中仍有带负荷操作隔离开关的情况，这种误操作定会产生电弧进而造成相间短路。

2. 油断路器断流能力不够，在切断短路电流时，有可能引起爆炸。浙江某纺织厂发生的油开关爆炸事故，就是由于

油开关断流能力小于短路电流所致。

3.老鼠或其他小动物跨越母线（或电路）造成相间短路。

4.避雷器爆炸。当电源线的进线段遭受直接雷击时，当操作过电压过高时，均有可能引起避雷器爆炸。

5.变压器爆炸。当变压器发生匝间短路、相间短路、绝缘套管相间闪烁时，均有可能引起变压器爆炸事故。

6.电容器爆炸。电容器环境温度过高、运行电压过高、绝缘介质击穿等，均可能引起电容器爆炸甚至群爆。国内发生的高压电容器爆炸和低压电容器爆炸事故，均有油液飞溅。

7.闸刀开关、空气自动开关、继电器接触器等操作负荷电流引起相间闪烁。

8.因绝缘击穿引起间歇电弧。当操作过电压过高时，当绝缘老化时，都容易发生绝缘击穿而产生间歇电弧。

9.导线连接点过热。当母线连接接触不良、导线接头松动时，将使接触电阻过大而导致发热。

10.导线及电器长时间过电流。导线及电器长时间过载、短路、漏电等，将使电流过大而发热。

以上情况均有可能形成火种，并进而形成火灾。因此，必须防止发生这些事故。

第四节 民用建筑供电系统 及其保安问题

一、民用建筑供电系统及负荷特点

根据习惯，我国民用建筑供电系统的基本作法是：