



国家示范（骨干）高职院校  
重点建设专业优质核心课程系列教材

主 编 黄雨鑫 戴明雪

# 工厂变配电设备

## 安装与调试



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

国家示范（骨干）高职院校重点建设专业优质核心课程系列教材

# 工厂变配电设备安装与调试

主 编 黄雨鑫 戴明雪



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

## 内 容 提 要

本书是一本“教学做”一体化教材，其特点是将工厂变配电设备与安装、调试技能相结合，理论教学与实践教学相结合，教学项目与生产任务相结合。

本书针对高职学生的教学要求，根据学生的学习特点，注重理论联系实践，强调学生实践技能培养。全书共分 5 个项目，10 个任务，简化了理论教学，注重工程实践、安装工艺的讲解，对高职教学具有指导性，可操作性强。

本书适用于高职高专电气自动化技术、机电一体化技术、电力系统自动化技术等专业学生的教材，也可用作相关行业技术人员的参考书。

## 图书在版编目（C I P）数据

工厂变配电设备安装与调试 / 黄雨鑫, 戴明雪主编  
— 北京 : 中国水利水电出版社, 2014. 3  
国家示范（骨干）高职院校重点建设专业优质核心课程系列教材  
ISBN 978-7-5170-1765-3

I. ①工… II. ①黄… ②戴… III. ①工厂—变电所—配电系统—设备安装—高等职业教育—教材②工厂—变电所—配电系统—调试方法—高等职业教育—教材 IV. ①TM63

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第038525号

策划编辑：石永峰      责任编辑：陈 洁      封面设计：李 佳

|      |                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 书 名  | 国家示范（骨干）高职院校重点建设专业优质核心课程系列教材<br>工厂变配电设备安装与调试                                                                                                                                                                                                             |
| 作 者  | 主 编 黄雨鑫 戴明雪                                                                                                                                                                                                                                              |
| 出版发行 | 中国水利水电出版社<br>(北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038)<br>网址: <a href="http://www.waterpub.com.cn">www.waterpub.com.cn</a><br>E-mail: <a href="mailto:mchannel@263.net">mchannel@263.net</a> (万水)<br><a href="mailto:sales@waterpub.com.cn">sales@waterpub.com.cn</a> |
| 经 售  | 电话: (010) 68367658 (发行部)、82562819 (万水)<br>北京科水图书销售中心 (零售)<br>电话: (010) 88383994、63202643、68545874<br>全国各地新华书店和相关出版物销售网点                                                                                                                                  |
| 排 版  | 北京万水电子信息有限公司                                                                                                                                                                                                                                             |
| 印 刷  | 北京蓝空印刷厂                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 规 格  | 184mm×260mm 16 开本 10.75 印张 280 千字                                                                                                                                                                                                                        |
| 版 次  | 2014 年 3 月第 1 版 2014 年 3 月第 1 次印刷                                                                                                                                                                                                                        |
| 印 数  | 0001—2000 册                                                                                                                                                                                                                                              |
| 定 价  | 24.00 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

# 前 言

本书依据高职教育对课程教学的要求,强调基于工作过程的教学理念,将理论知识、实践技能和职业素质有机地结合起来,将工厂变配电设备与安装、调试技能相结合,理论教学与实践教学相结合,教学项目与生产任务相结合,力求做到理论知识合理精炼,偏重培养学生实际动手能力,综合运用知识能力,解决实际问题的能力。

本书充分体现了“淡化理论、够用为度、培养技能、重在应用”的编书原则,淡化了工厂变配电系统的设计计算,将重点由系统的计算转移为电力系统的常见问题与实际安装和操作上,从用户的角度出发,真正体现知识的实用性、可操作性。在知识点分布上,力求覆盖工厂供配电系统的全部重点内容,同时结合行业工厂供配电系统运行与管理的实际标准,增强实践性较强的新技术内容。

本书适用于高职院校电气自动化技术专业、机电一体化技术专业等工厂供电类相关课程使用。本书结合多年教学中的实践经验,借鉴高等职业教育改革的新成果,因此在教材编写理念的导向、教材内容的开发、教材结构的确立、教材内容的筛选,以及教材素材的选择上都具有自身的特色和先进性。

本书共有 5 个项目,内容包括高压开关柜的安装与调试、低压配电柜的安装与调试、变压器的安装与调试、配电线路的运行与维护、变电所的组建。为配合教学的需要,本书最后还附有 10kV 及以下变电所设计规范、安全作业常识,便于学生更准确地理解有关专业知识和设计规范。

本书由黄雨鑫、戴明雪主编。具体分工为:黄雨鑫编写项目 1、2、3,戴明雪编写项目 4、5。全书由黄雨鑫整理定稿。在编写过程中,借鉴了一些兄弟院校教材的部分内容,在此表示由衷的感谢。

限于编者水平有限,本书中难免有不足之处,衷心希望广大读者给予批评指正。

编 者  
2014 年 1 月

# 项目一

## 高压开关柜的安装与调试



### 学习目标

1. 掌握高压断路器的安装及运行维护的方法。
2. 掌握高压隔离开关的安装及运行维护的方法。
3. 掌握高压负荷开关的安装及运行维护的方法。
4. 掌握高压设备的安装与运行维护。

### 任务一 高压电气元件的选择

#### 1.1.1 任务要求

- (1) 认识电弧及其危害。
- (2) 了解电弧的灭弧方法。
- (3) 认识高压断路器、高压隔离开关、高压熔断器、电流互感器、电压互感器。
- (4) 了解高压断路器、高压隔离开关、高压熔断器、电流互感器、电压互感器的结构、工作原理和适用范围。

#### 1.1.2 相关知识

变配电所中承担输送和分配电能任务的电路，称为一次电路，或称主电路、主接线。一次电路中的电气设备，称为一次设备或一次元件，即高压电气元件。

##### 1.1.2.1 电弧的认识

##### 1. 电弧的产生与分类

电弧是一种气体放电现象，电流通过某些绝缘介质（例如空气）所产生的瞬间火花。

当用开关电器断开电流时，如果电路电压不低于 10~20 伏，电流不小于 80~100mA，电器的触头间便会产生电弧。因此，在了解开关电器的结构和工作情况之前，首先应清楚电弧是如何产生。

# 目 录

## 前言

|                   |    |                                                                                               |     |
|-------------------|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 项目一 高压开关柜的安装与调试   | 1  | 3.2.2 相关知识                                                                                    | 98  |
| 任务一 高压电气元件的选择     | 1  | 3.2.3 任务分析与实施                                                                                 | 99  |
| 1.1.1 任务要求        | 1  | 项目四 配电线路的运行与维护                                                                                | 109 |
| 1.1.2 相关知识        | 1  | 任务一 架空线路的选择                                                                                   | 109 |
| 1.1.3 任务分析与实施     | 16 | 4.1.1 任务要求                                                                                    | 109 |
| 任务二 高压开关柜的安装与调试   | 24 | 4.1.2 相关知识                                                                                    | 109 |
| 1.2.1 任务要求        | 24 | 4.1.3 任务分析与实施                                                                                 | 117 |
| 1.2.2 相关知识        | 24 | 任务二 电力电缆线路的安装                                                                                 | 118 |
| 1.2.3 任务分析与实施     | 27 | 4.2.1 任务要求                                                                                    | 118 |
| 项目二 低压配电柜的安装与调试   | 35 | 4.2.2 相关知识                                                                                    | 118 |
| 任务一 低压配电元件的选择     | 35 | 4.2.3 任务分析与实施                                                                                 | 121 |
| 2.1.1 任务要求        | 35 | 项目五 变电所的组建                                                                                    | 124 |
| 2.1.2 相关知识        | 35 | 任务一 变配电所所址的选择及总体布置                                                                            | 124 |
| 2.1.3 任务分析与实施     | 56 | 5.1.1 任务要求                                                                                    | 124 |
| 任务二 GGD 型配电柜安装与调试 | 58 | 5.1.2 相关知识                                                                                    | 124 |
| 2.2.1 任务要求        | 58 | 5.1.3 任务分析与实施                                                                                 | 132 |
| 2.2.2 相关知识        | 58 | 任务二 变配电所的运行                                                                                   | 135 |
| 2.2.3 任务分析与实施     | 59 | 5.2.1 任务要求                                                                                    | 135 |
| 项目三 变压器的安装与调试     | 73 | 5.2.2 相关知识                                                                                    | 135 |
| 任务一 变压器的选择        | 73 | 5.2.3 任务分析与实施                                                                                 | 142 |
| 3.1.1 任务要求        | 73 | 附录一 10kV 及以下变电所设计规范 (code for<br>design of 10kV & under electric substation)<br>GB 50053—1994 | 147 |
| 3.1.2 相关知识        | 73 | 附录二 安全作业常识                                                                                    | 157 |
| 3.1.3 任务分析与实施     | 97 | 参考文献                                                                                          | 166 |
| 任务二 电力变压器的安装与调试   | 98 |                                                                                               |     |
| 3.2.1 任务要求        | 98 |                                                                                               |     |

# 项目一

## 高压开关柜的安装与调试



### 学习目标

1. 掌握高压断路器的安装及运行维护的方法。
2. 掌握高压隔离开关的安装及运行维护的方法。
3. 掌握高压负荷开关的安装及运行维护的方法。
4. 掌握高压设备的安装与运行维护。

### 任务一 高压电气元件的选择

#### 1.1.1 任务要求

- (1) 认识电弧及其危害。
- (2) 了解电弧的灭弧方法。
- (3) 认识高压断路器、高压隔离开关、高压熔断器、电流互感器、电压互感器。
- (4) 了解高压断路器、高压隔离开关、高压熔断器、电流互感器、电压互感器的结构、工作原理和适用范围。

#### 1.1.2 相关知识

变配电所中承担输送和分配电能任务的电路，称为一次电路，或称主电路、主接线。一次电路中的电气设备，称为一次设备或一次元件，即高压电气元件。

##### 1.1.2.1 电弧的认识

##### 1. 电弧的产生与分类

电弧是一种气体放电现象，电流通过某些绝缘介质（例如空气）所产生的瞬间火花。

当用开关电器断开电流时，如果电路电压不低于 10~20 伏，电流不小于 80~100mA，电器的触头间便会产生电弧。因此，在了解开关电器的结构和工作情况之前，首先应清楚电弧是如何产生。

电弧的形成是触头间中性质子（分子和原子）被游离的过程。开关触头分离时，触头间距离很小，电场强度很高。当电场强度超过  $3 \times 10^6 \text{V/m}$  时，阴极表面的电子就会被电场力拉出而形成触头空间的自由电子。这种游离方式称为强电场发射。从阴极表面发射出来的自由电子和触头间原有的少数电子，在电场力的作用下向阳极作加速运动，途中不断地和中性质点相碰撞。只要电子的运动速度足够高，电子的动能足够大，就可能从中性质子中打出电子，形成自由电子和正离子。这种现象称为碰撞游离。新形成的自由电子也向阳极作加速运动，同样地会与中性质点碰撞而发生游离。碰撞游离连续进行的结果是触头间充满了电子和正离子，具有很大的电导；在外加电压下，介质被击穿而产生电弧，电路再次被导通。触头间电弧燃烧的间隙称为弧隙。电弧形成后，弧隙间的高温使阴极表面的电子获得足够的能量而向外发射，形成热电场发射。同时在高温的作用下，气体中性质点的不规则热运动速度增加。当具有足够动能的中性质点相互碰撞时，将被游离而形成电子和正离子，这种现象称为热游离。随着触头分开的距离增大，触头间的电场强度逐渐减小，这时电弧的燃烧主要是依靠热游离维持的。

## 2. 电弧的分类

- (1) 按电流种类可分为：交流电弧、直流电弧和脉冲电弧。
- (2) 按电弧的状态可分为：自由电弧和压缩电弧（如等离子弧）。
- (3) 按电极材料可分为：熔化极电弧和不熔化极电弧。

## 3. 电弧的危害和灭弧方法

### (1) 电弧的危害。

电弧产生的能量可高达  $8 \sim 60 \text{MW}$ ，它主要与电弧的燃烧时间以及短路电流的平方值成正比，其他因素则包括柜体几何尺寸以及所使用的材料等。电弧燃烧持续时间超过  $100 \text{ms}$ ，所释放的能量开始急剧增加，大约  $150 \text{ms}$  左右电缆开始燃烧， $200 \text{ms}$  左右铜排燃烧，到了  $250 \text{ms}$  左右钢材开始燃烧。造成严重的电气损坏，严重时可导致开关柜燃烧。

电弧故障是一种不可预测的偶发事故。发生电弧故障所产生的总能量，可能大于一场严重火灾产生的能量的三、四倍，并且它是在一个非常短的时间内高度集中释放的能量，因而可能对附近工作人员造成致命的危害。主要体现在以下几个方面：

①电击致死。当工作者直接接触电，可能造成触电身亡或严重灼伤。事实上，即使具有防火性的防护衣也不能够使工作者免于触电身亡的危险。

②衣服燃烧造成的严重灼伤。工人未必要被电弧接触到才会受伤。电弧产生的辐射热可以在很短的时间内熔化工具、使日常衣物起火燃烧，如棉衣及聚酯衣服在没有火焰的情况下也会起火燃烧。此种衣服一旦被点燃，便会继续燃烧从而对穿着者造成致命的伤害。

③衣服爆裂造成严重灼伤。电弧所产生的爆炸或震荡力会使日常衣服绷裂开，而使工作人员的身体直接暴露于高热、火焰或熔融的金属当中（如熔化的金属工具及设备）。

④合成纤维内衣滴熔造成严重灼伤。即使在外衣没有燃烧的情况之下，电弧所产生的高热足以熔化由合成纤维材料制成的内衣，由于内衣紧贴皮肤，而给穿着者造成非常严重的、甚至是致命的伤害。

⑤续发性火焰引起严重伤害。电弧的高热足以引起续发性火灾，并引起更多的爆炸，例如，电弧可以使变压器燃烧或使附近建筑物爆炸。

⑥此外，巨大而集中的辐射能量从开关设备中向外爆发，所产生的压力波可能损坏人的听力；高强度的闪光损坏人的视力；超高温的电弧火球可能严重烧伤工作人员的身体；压力波也可能使某

些松脱的材料（比如损坏设备的碎片、工具和其他物件等）抛出对人造成伤害，还有电弧燃烧所产生的有毒气体（一氧化碳、铝及铜蒸汽等）对人的呼吸系统也造成伤害。

## （2）灭弧的方法。

灭弧的基本方法就是加强去游离，提高弧隙介质强度的恢复过程或改变电路参数降低弧隙电压的恢复过程，目前开关电器的主要灭弧方法有：

### ①利用介质灭弧。

弧隙的去游离在很大程度上，取决于电弧周围灭弧介质的特性。六氟化硫气体是很好的灭弧介质，其电负性很强，能迅速吸附电子而形成稳定的负离子，有利于复合去游离，其灭弧能力比空气约强 100 倍；真空也是很好的灭弧介质，因真空中的中性质点很少，不易于发生碰撞游离，且真空有利于扩散去游离，其灭弧能力比空气约强 15 倍。

### ②利用气体或油吹动电弧。

吹弧使弧隙带电质点扩散和冷却复合。在利用各种灭弧室结构形式，使气体或油产生巨大的压力并有力地吹向弧隙。吹弧方式主要有纵吹与横吹两种。纵吹是吹动方向与电弧平行，它促使电弧变细；横吹是吹动方向与电弧垂直，它把电弧拉长并切断。

### ③采用特殊的金属材料作灭弧触头。

采用熔点高、导热系数和热容量大的耐高温金属作触头材料，可减少热电子发射和电弧中的金属蒸汽，得到抑制游离的作用；同时采用的触头材料还要求有较高的抗电弧、抗熔焊能力。常用触头材料有铜钨合金、银钨合金等。

### ④电磁吹弧。

电弧在电磁力作用下产生运动的现象，叫电磁吹弧。由于电弧在周围介质中运动，它起着与气吹的同样效果，从而达到熄弧的目的。这种灭弧的方法在低压开关电器中应用得更为广泛。

### ⑤使电弧在固体介质的狭缝中运动。

此种灭弧的方式又叫狭缝灭弧。由于电弧在介质的狭缝中运动，一方面受到冷却，加强了去游离作用；另一方面电弧被拉长，弧径被压小，弧电阻增大，促使电弧熄灭。

### ⑥将长弧分隔成短弧。

当电弧经过与其垂直的一排金属栅片时，长电弧被分割成若干段短弧；而短电弧的电压降主要降落在阴、阳极区内，如果栅片的数目足够多，使各段维持电弧燃烧所需的最低电压降的总和大于外加电压时，电弧就自行熄灭。另外，在交流电流过零后，由于近阴极效应，每段弧隙介质强度骤增到 150~250V，采用多段弧隙串联，可获得较高的介质强度，使电弧在过零熄灭后不再重燃。

### ⑦采用多断口灭弧。

高压断路器每相由两个或多个断口串联，使得每一断口承受的电压降低，相当于触头分断速度成倍地提高，使电弧迅速拉长，对灭弧有利。

### ⑧提高断路器触头的分离速度。

提高了拉长电弧的速度，有利于电弧冷却复合和扩散。

## 1.1.2.2 高压断路器的选择

### 1. 高压断路器的功能

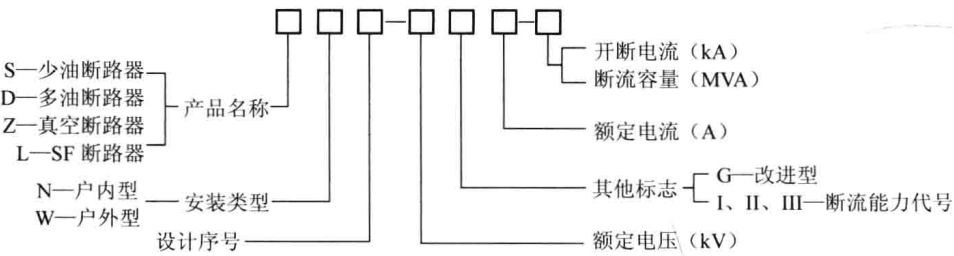
在电路正常的情况下用以接通或切断负荷电流；在电路发生故障时，用以切断短路电流或自动重合闸。断路器的灭弧装置具有很强的灭弧能力，现在常用的高压断路器有高压少油断路器、高压真空断路器、高压六氟化硫断路器及高压空气开关等。

高压断路器又称为高压开关，是高压供配电系统中最重要的电器之一。

2. 高压断路器的类型及型号

高压断路器根据采用的灭弧介质的不同，分为少油断路器、空气断路器、SF<sub>6</sub>断路器和真空断路器等。多油断路器已不用，目前应用最多是真空断路器和 SF<sub>6</sub> 断路器，真空断路器一般用在 35kV 及以下的系统中，SF<sub>6</sub> 断路器一般用在 110kV 及以上系统中，目前 35kV 的 GIS 装置也采用 SF<sub>6</sub> 断路器。

高压断路器的型号及含义如下：

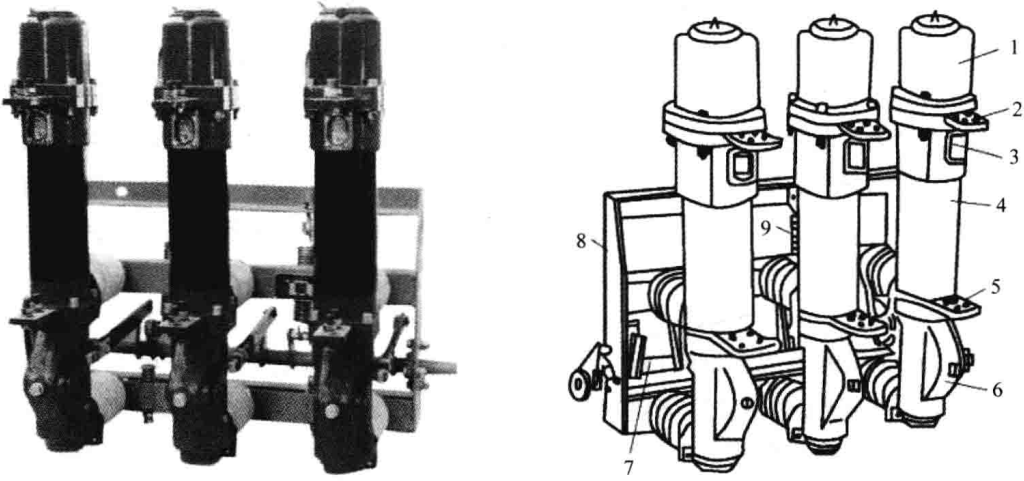


3. 少油断路器

少油断路器中的油仅作灭弧介质使用，不作为主要绝缘介质，而载流部分是依靠空气、陶瓷材料或有机绝缘材料来绝缘的，因而油量很少。

目前化工中应用的少油断路器已经很少了，不少已经改造为真空断路器，下面以工厂中仍在用的 SN10-10 型的少油断路为例介绍少油断路器的结构、开断过程和灭弧原理。

如图 1-1 所示，SN10-10 系列少油断路器由框架、油箱及传动部分组成。框架上装有分闸限位器、合闸缓冲、分闸弹簧及 6 只支持绝缘子。传动部分有断路器主轴、绝缘拉杆等。油箱固定在支持绝缘子上。

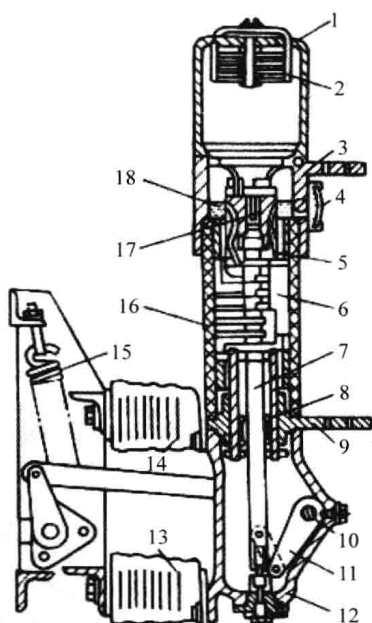


(a) SN10-10 型少油断路实物图 (b) SN10-10 型少油断路结构图  
1—铝帽；2—上接线端；3—油标；4—绝缘箱（内装灭弧室及触头）；  
5—下接线端；6—基座；7—主轴；8—框架；9—分闸弹簧

图 1-1 SN10-10 型少油断路的外形结构

断路器的灭弧室设计为纵横吹和机械油吹联合作用灭弧，在短时间内可有效地灭大、中、小电

流。SN10-10 I 型、II 型及 SN10-10 III/1250-40 型为单筒结构，SN10-10/III/2000-40 型和 SN10-10/3000/40 型附加一副筒成为双筒结构，由于副筒不产生电弧，故其触头不用耐弧合金，亦不装灭弧室。SN10-10 少油断路器的一相剖面图如图 1-2 所示。



1—铅帽；2—油气分离器；3—上接线端子；4—油标；5—静触头；6—灭弧室；7—动触头；8—中间滚动触头；9—下接线端子；10—转轴；11—拐臂；12—基座；13—下支柱瓷瓶；14—上支柱瓷瓶；15—断路器簧；16—绝缘筒；17—逆止阀；18—绝缘油

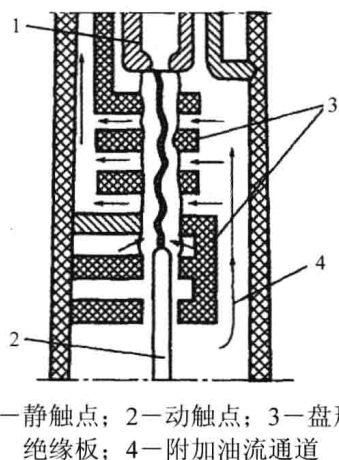
图 1-2 SN10-10 少油断路器的一相剖面图

上述导电回路是上接线端子→静触头→导电杆→滚动中间触头→下接线端子。

分闸时，在分闸弹簧的作用下，主轴转动，经四连杆机构传到断路器各相的转轴，将导电杆向下拉，动、静触对分开。触头间产生的电弧在灭弧室中熄灭。电弧分解的气体和油蒸气上升到空气室处膨胀，经过双层离心旋转式油气分离器冷却、分离，气体从顶部排气孔排出。导电杆分闸终了时，油缓冲器活塞插入导电杆下部钢管中进行分闸缓冲。

合闸时动作相反，导电杆向上运动，在接近合闸位置时，合闸缓冲弹簧被压缩，进行合闸缓冲。

SN10-10 少油断路器的灭弧室采用了横吹、纵吹及机械油吹三种作用，如图 1-3 所示。这种灭弧室的特点是：①采用逆流原理，使动力触头端部的电弧弧根不断与新鲜油相接触，有效地冷却电弧，增加熄弧能力；②开断大电流时，在电弧高温作用下，油被分解为气体，产生高压，当导电杆向下移动时，依次打开第一、第二、第三横吹弧道，油气混和物强烈吹动电弧，从而使电弧熄灭；③开断小电流时，电弧能量小，但由于动触头向下运动，使下面的一部分油通过灭弧室的附加油道而横向射入电弧。这样在两个纵吹油囊的纵吹作用之外，实际上又加了机械油吹作用，因此能使小电流电弧很快熄灭。



1—静触点；2—动触点；3—盘形绝缘板；4—附加油流通道

图 1-3 SN10-10 少油断路器灭弧室

目前少油断路器已逐渐被真空断路器取代,只是在一些小企业和老的工厂中使用,新建的工厂在中压系统中基本上都采用真空断路器,在超高压系统上,大部分采用六氟化硫断路器。少油断路器同真空断路器及六氟化硫断路器相比较,检修工作量大。

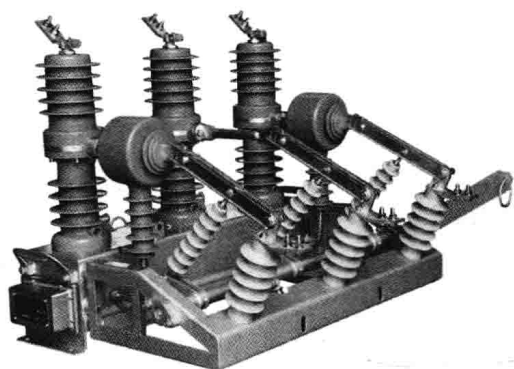
#### 4. 真空断路器

真空断路器是把触头安置在一个真空容器中,依靠真空作灭弧和绝缘介质。当容器内的真空度达到  $10^{-5}\text{mmHg}$  时,具有较高的绝缘强度 ( $E=10\sim 45\text{kV/mm}$ )。

所有真空断路器,不论是何种结构,断路器本体中均装设有分闸拉力弹簧。合闸过程中操动机构既要提供驱动开关运动的功,又要同时将分闸弹簧贮能。当需要分闸时,操动机构只需完成脱扣解锁任务,由分闸弹簧释能完成分闸运动。

真空断路器的类型可从不同角度来划分,一般情况下主要从以下两个方面划分:

(1) 按使用场所可分为户内式和户外式,如图 1-4 所示,分别用 ZN 和 ZW 来表示。



(a) ZW32 型户外真空断路器



(b) ZN41 型户内真空断路器

图 1-4 真空断路器

(2) 按断路器主体与操动机构的相关位置可分为整体式和分体式。整体式真空断路器操动机构与开关本体安装在同一骨架上,体积小、重量轻、安装调整方便、机械性能稳定。分体式真空断路器操动机构与开关本体分别装于开关柜的不同位置上,断路器的各项机械特性参数必须安装在开关柜上调整试验才有实际意义,这种安装方式主要受我国少油断路器的安装方式的影响,比较适合于少油开关柜的无油化改造,优点是巡视和检修方便,缺点是安装调整稍麻烦,机械特性的稳定性和可靠性稍逊。

##### ① 真空断路器的传动与合、分闸操作。

真空断路器的传动链一般由机构传动连杆、拐臂、主轴、绝缘推杆、三角拐臂和触头弹簧装置等构成。设计时应尽量简化传动环节以提高传动的效率。

真空断路器的合、分闸操作过程:

合闸时,操动机构合闸线圈得电→合闸铁芯动作→机构及传动连杆动作→开关主轴转动→绝缘推杆前推→三角拐臂转动→下压触头弹簧装置→灭弧室动导电杆向下运动使触头接触→触头弹簧压缩至接触行程终点。与此同时,机构的辅助开关切断合闸接触器线圈电源,分闸弹簧拉长贮能,电磁机构的扣板由半轴扣住保持在合闸位置,合闸结束。

分闸时,机构中的分闸线圈得电→分闸铁芯动作→扣板与半轴脱扣→断路器在触头弹簧和分闸

弹簧的作用下迅速分断→机构的辅助开关切断分闸线圈电源→机构复原,并由分闸弹簧保持在分闸位置。

真空断路器在开断电流时,两触头间就要产生电弧,电弧的温度很高,能使触头材料蒸发,在两触头间形成很多金属蒸气。由于触头周围是“真空”的,只有很少气体分子,所以金属蒸气很快就跑向围在触头周围的屏蔽罩上,以致在电流过零后极短的时间内(几微秒)触头间隙就恢复了原有的高“真空”状态。因此真空断路器的灭弧能力要比少油断路器优越得多。

故真空断路器具有如下特点:

- a. 在真空中熄弧,电弧和炽热气体不外露,不飞溅到其他物体上;
- b. 由于真空中耐压强度高,触头之间距离大大缩短,相对的动作行程也短得多,动导杆的惯性小,适用于频繁操作;
- c. 由于真空断路器的结构特点使其具有熄弧时间短、弧压低、电弧能量小、触头损耗小、开断次数多等特点;
- d. 操作机构小且重量轻,控制功率小,没有火灾和爆炸危险,故安全可靠;
- e. 触头密封在真空中,不会因受潮气、灰尘及有害气体等影响而降低其技术性能;
- f. 真空断路器在遮断短路电流时,待故障排除后,无需检修真空断路器即可投入运行。

但是,真空断路器由于熄弧速度太快,容易产生操作过电压,直接威胁到电气设备的安全运行。必须采取相应的对策抑制真空断路器的操作过电压。抑制真空断路器的操作过电压问题,一是真空断路器的设计选型,应首选技术装备先进,检测手段完善的生产企业,选用的产品具有低的截流值,以减少操作中产生截流过电压;二是必须同步设计操作过电压吸收装置,我国目前广泛采用的过电压吸收装置可分为两类,即 RC(电阻、电容器组合式)和氧化锌压敏电阻两种形式。

氧化锌压敏电阻具有抑制过电压能力强、残压低、对浪涌响应快、伏安特性对称等特性,在任何波形的正负极性浪涌电压均能充分吸收,并具有通流容量大、放电后无续流等优点,且其体积小便于安装而得到广泛地用于抑制真空断路器的操作过电压。

## ②真空断路器的运行维护。

### a. 定期测量断路器的超行程。

真空断路器的超行程与少油断路器的超行程的概念有所不同,少油断路器的超行程为动触头插入静触头的深度,而真空断路器的超行程为分合闸绝缘拉杆一端触头弹簧被压缩的距离,这个距离要保持在要求的范围内,触头间有足够的压力,就可以保证触头接触良好。真空断路器的超行程一般为 4mm,触头允许磨损厚度一般为 2~3mm。真空断路器在分合负载电流或故障电流过程中,触头不断磨损,从而超行程不断减少,因此,必须定期对断路器的超行程进行测量,对不符合要求的要及时调整,以保证触头间有足够的第二压力,以保证其接触良好。一般真空断路器每开断 2000 次或开断短路电流两次及新投入运行 3 个月,应进行一次超行程测量。

### b. 定期检测灭弧室的真空度。

真空断路器灭弧室的真空度直接影响到断路器的开断能力。一般灭弧室真空度应每开断 2000 次或每年进行一次检测。检测方法为在真空断路器动静触头在正常开距下(13mm),两触头间以不大于 12kV/s 的速率升加工频电压至 42kV,稳定一分钟应无异常现象。

### c. 灭弧室更换条件。

对使用寿命已到或有异常现象的灭弧室必须更换,其更换的条件一般为:真空断路器的触头磨损已达到或超出规定值;灭弧室真空度已达不到标准的要求值;其机械操作寿命已达到规定值,真

空断路器灭弧室的更换,应严格执行制造厂的具体技术标准和相关的技术要求。

### 1.1.2.3 高压隔离开关的选择

#### 1. 高压隔离开关的功能

高压隔离开关主要用于隔断高压电源,以保证其他设备和线路的安全检修。

在电路正常工作时,作为负荷电流的通路;检修电气设备时,在没有负荷电流情况下打开隔离开关,用以隔离电源电压,并造成明显的断路点。隔离开关没有灭弧装置,不能在其额定电流下开合电路,只能与高压断路器或高压熔断器配合使用。

在 6~10kV 网络中,符合下列情况可用隔离开关操作:开合电压互感器及避雷器回路;开合励磁电流不超过 2A 的空载变压器;开合电容电流不超过 5A 的空载线路;开合电压为 10kV 及以下,电流为 15A 以下的线路;开合电压为 10kV 及以下,均衡电流为 70A 及以下的环路。

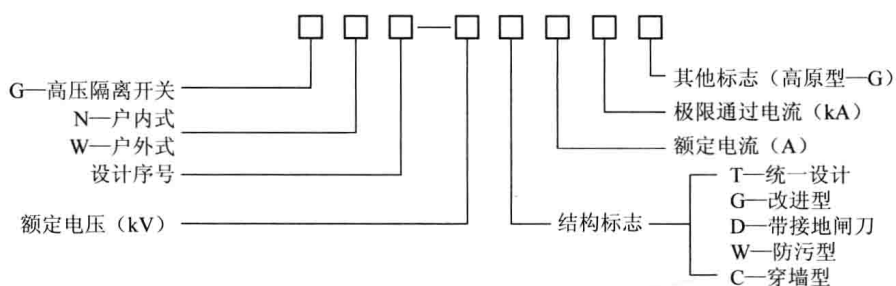
#### 2. 高压隔离开关的类型及型号

隔离开关按其装置种类可分为户内式和户外式,按级数可分为单极和三极,如图 1-5 所示。



图 1-5 高压隔离开关

高压隔离开关的型号及含义如下:



例如: GN8-10/600 表示 10kV 户内式,设计序号为 8,额定电流为 600A 的隔离开关。

### 1.1.2.4 高压负荷开关的选择

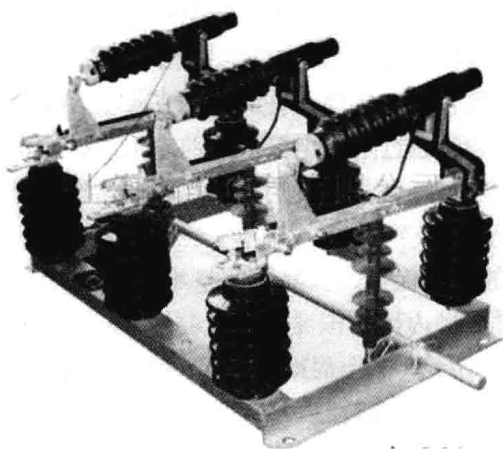
#### 1. 高压负荷开关的功能

高压负荷开关,主要用于 10kV 配电系统接通和分断正常的负荷电流。

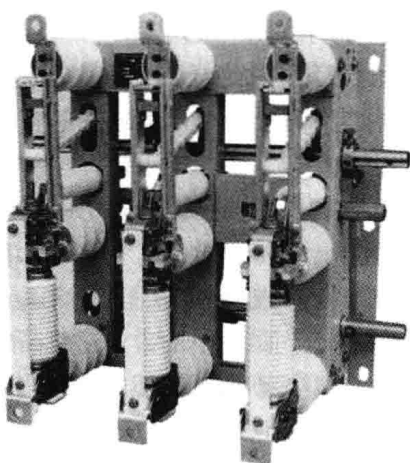
在电路正常的情况下用以接通或切断负荷电流。负荷开关具有简单的灭弧装置,灭弧能力较小,只能在其额定电压和额定电流下开合电路,不能用以切断短路电流。负荷开关与熔断器配合代替断路器,只能用于不重要的供电网络。

#### 2. 高压负荷开关的类型及型号

高压负荷开关分为户内式和户外式两类,如图 1-6 所示。



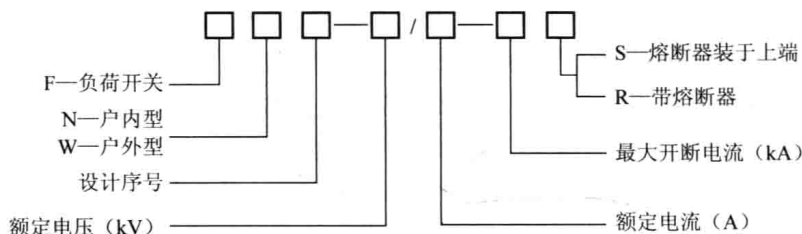
(a) 户内式



(b) 户外式

图 1-6 高压负荷开关

高压负荷开关的型号及含义如下:



例如: FN3-10RT 表示 10kV 户内式, 设计序号为 3, 带有熔断器和热脱扣器的高压负荷开关。

#### 1.1.2.5 高压熔断器的选择

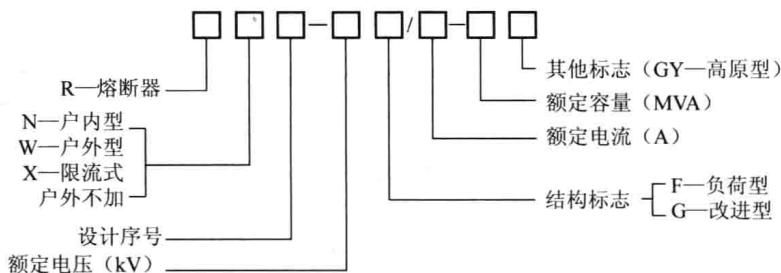
##### 1. 高压熔断器的功能

高压熔断器主要作为电气设备长期过载和短路的保护元件。电路过载或短路时, 将熔断体熔断, 切断故障电路。在正常情况下, 不允许操作高压熔断器接通或切断负荷电流。

##### 2. 高压熔断器的类型及型号

目前国内生产的高压熔断器, 用于户内的有 RN1、RN2 系列, 用于户外的有 RW4 系列等。

高压熔断器的型号及含义如下:



例如: RW4-10/100 表示户外式、设计序号为 4, 额定电压为 10kV, 额定电流为 100A 的高压熔断器。

##### (1) RN1、RN2 型高压熔断器。

RN1 型充石英砂户内高压熔断器用于电力线路的过载及短路保护, 有较大的开断能力, 故亦

可用于保护电力系统分出的支路,如城市的供电线路、工矿企业、农业变电站的馈电线路。RN1型熔断器是由上下支柱绝缘子、触座、熔丝管和底板等四部分组成,支柱绝缘子安装在底板上,触座固定在支柱绝缘子上,熔丝管放在触座中固定,熔丝管管内熔丝缠在有棱的芯子上,然后充填石英砂,两端铜帽用端盖压紧,用锡焊牢,以保护密封。当通过过载电流或短路电流时,熔丝立即熔断,同时产生电弧,石英砂就立即把电弧熄灭。在熔丝熔断时,弹簧的拉线也同时熔断,并从弹管内弹出,这就指示熔断器完成了任务。如图 1-7 所示。

RN2 型户内高压限流熔断器,用于电压互感器的短路保护,其断流容量为  $100\text{MV}\cdot\text{A}$ 。在短路时以限制线路电流到最小值的方式进行瞬时开断,1 分钟内熔断电流应在  $0.6\sim 1.8\text{A}$  范围内。

RN1、RN2 型熔断器其灭弧能力很强,能在短路后不到半个周期(即短路电流未达冲击值前)就能完全熄灭电弧,切断电路。这种熔断器属于“限流”型熔断器。

## (2) RW4 型跌落式熔断器。

高压跌落式熔断器集短路保护、过载及隔离电路的功能为一体,广泛用于输配电线路及设备上,在功率较小和对保护性能要求不高的地方,它可以与隔离开关配合使用,代替自动空气开关;与负荷开关配合使用,代替价格高昂的断路器。熔断器结构简单,保护可靠,但如果使用不当,将会导致误动或不动作,造成不可避免的经济损失。因此,有必要正确地认识和使用熔断器。

户外高压跌落式熔断器的特点是:气体喷射式,熔丝熔断时产生的大量气体迅速通过熔管下部排出,同时迅速跌落,形成明显的分断间隙。当线路出现短路或过载将熔丝熔断,熔丝更换后可以多次使用。户外高压跌落式熔断器从小电流至额定电流亦可靠动作。如图 1-8 所示。

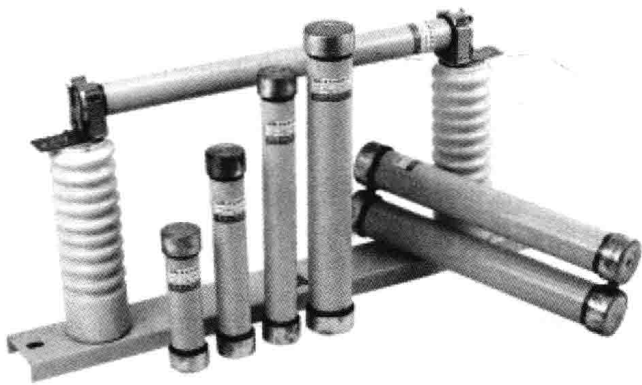


图 1-7 RN1 型高压熔断器



图 1-8 户外高压跌落式熔断器

熔断器运行时串联在电力线路中,在正常工作时,带纽扣的熔丝装在熔丝管的上触头,被装有压片的释压帽压紧,熔丝尾线通过熔丝管拉出,将弹出板扭反压进喷头,与下触头连接,在弹出板扭力的作用下熔丝一直处于拉紧状态,并锁紧活动关节。在熔断器处在合闸位置时,由于上静触头向下和弹片的向外推力,使整个熔断器的接触更为可靠。

当电力系统发生故障时,故障电流将熔丝迅速熔断,在熔管内产生电弧,熔丝管在电弧的作用下产生大量的气体,当气体超过给定的压力值时,释压片即随纽扣头打开,减轻了熔丝管内的压力,在电流过零时产生强烈的去游离作用,使电弧熄灭。而当气体未超过给定的压力值时,释压片不动作,电流过零时产生的强烈去游离气体从下喷嘴喷出,弹出板迅速将熔丝尾线拉出,使电弧熄灭。熔丝熔断后,活动关节释放,熔丝管在上静触头下弹片的压力下,加上本身自重的作用迅速跌落,

将电路切断,形成明显的分断间隙。

跌落式熔断器要经过几个周波才能灭弧,所以没有限流作用,属于“非限流”型熔断器。

### 1.1.2.6 互感器的选择

电流互感器与电压互感器统称为互感器,互感器是一种特殊变压器。它是一次电路与二次电路之间的联络元件,用以分别向测量仪表、继电器的电流线圈和电压线圈供电。

#### 1. 互感器的作用

(1) 将一次回路的高电压和大电流变为二次回路标准的低电压和小电流,使测量仪表和保护装置标准化、小型化,并使其结构轻巧、价格便宜,并便于屏内安装。

(2) 隔离高压电路。互感器一次侧和二次侧没有电的联系,只有磁的联系,使二次设备与高压部分隔离,且互感器二次侧均接地,从而保证了设备和人身的安全。

(3) 对二次设备进行维护、调试以及调整试验时,可以不中断一次系统的运行,而只需要改变二次接线即可。

(4) 当电路中发生短路时,测量仪表和继电器的电流线圈不会直接受到大电流的损坏。

#### 2. 电流互感器

##### (1) 电流互感器的类型及型号。

电流互感器是将一次侧的大电流,按比例变为适合通过仪表或继电器使用的,额定电流为 5A 或 1A 的变换设备。

①按安装地点可分为户内式和户外式。20kV 以下制成户内式;35kV 及以上多制成户外式。

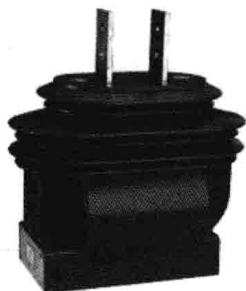
②按安装方式可分为穿墙式、支持式和装入式。穿墙式装在墙壁或金属结构的孔中,可节约穿墙套管;支持式则安装在平面或支柱上;装入式是套在 35kV 及以上变压器或多油断路器油箱内的套管上,故也称为套管式。

③按绝缘可分为干式、浇注式、油浸式等。干式用绝缘胶浸渍,适用于低压户内的电流互感器;浇注式利用环氧树脂作绝缘,多用于 35kV 及以下的电流互感器;油浸式多为户外型。

④按一次绕组匝数可分为单匝式和多匝式。

⑤新型电流互感器按高、低压部分的耦合方式,可分为无线电电磁波耦合、电容耦合和光电耦合式,其中光电式电流互感器性能更佳。新型电流互感器的特点是高低压间没有直接的电磁联系,使绝缘结构大为简化;测量过程中不需要消耗很大能量;没有饱和现象,测量范围宽,暂态响应快,准确度高;重量轻、成本低。

电流互感器的外形如图 1-9 所示。



(a) 户外型电流互感器



(b) 户内型电流互感器

图 1-9 电流互感器