



普通高等教育电机与电器创新型规划教材

成套电器技术

第2版

黄绍平 编著

ELECTRIC EQUIPMENT TECHNOLOGY



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育电机与电器创新型规划教材

成套电器技术

第2版

黄绍平 编著



机械工业出版社

成套电器是指以开关设备为主体的成套配电装置，又称为成套开关设备，主要有低压成套开关设备、高压开关柜、预装式变电站、SF₆气体封闭式组合电器（GIS）等类别，广泛应用于电力系统各个环节。

本书在第1版基础上，结合近年来的新技术、新材料、新工艺、新产品、新应用和新的国家标准规范，进行了较大幅度的修订。

本书系统地介绍了高低压开关柜、预装式变电站、GIS等成套开关设备的原理、结构、性能、设计、制造、试验、运行等方面的问题。

本书具有较强的工程应用性，既可作为本科院校、高职高专院校电气及相关专业的教材，也可作为成套电器设计、制造、安装和电力运行工作者的技术培训和参考用书。

图书在版编目（CIP）数据

成套电器技术/黄绍平编著. —2版. —北京：机械工业出版社，2017.2
普通高等教育电机与电器创新型规划教材
ISBN 978-7-111-56001-2

I. ①成… II. ①黄… III. ①成套电器-高等学校-教材 IV. ①TM59

中国版本图书馆CIP数据核字（2017）第023873号

机械工业出版社（北京市百万庄大街22号 邮政编码100037）

策划编辑：王雅新 责任编辑：王雅新 路乙达 刘丽敏

责任校对：张 征 封面设计：张 静

责任印制：李 飞

北京铭成印刷有限公司印刷

2017年9月第2版第1次印刷

184mm×260mm·15印张·365千字

标准书号：ISBN 978-7-111-56001-2

定价：36.00元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线：010-88379833

读者购书热线：010-88379649

封面无防伪标均为盗版

网络服务

机工官网：www.cmpbook.com

机工官博：weibo.com/cmp1952

教育服务网：www.cmpedu.com

金书网：www.golden-book.com

前 言

成套电器是指以开关设备为主体的成套配电装置，又称为成套开关设备，它是电力系统各个电压等级中广泛使用的重要配电设备。成套开关设备主要类别包括低压成套开关设备、高压开关柜、SF₆气体封闭式组合电器（GIS）和预装式变电站等。成套开关设备的使用量大面广，从低压、高压到超高压系统，从发电厂、变电站、新能源发电系统到各类终端电力用户，无一不使用成套开关设备。

然而，长期以来，国内极少有公开出版系统介绍成套电器技术的书籍，这给成套电器的设计、制造、运行、试验以及高等院校的专业教学和企业的技术培训带来不便。广大成套电器生产企业和用户只有依靠一些技术标准规范和一些零散的技术与产品资料来指导成套电器的设计、制造、运行维护、试验和进行技术培训。

有鉴于此，机械工业出版社于2005年出版发行了编者在校内用讲义基础上编写的《成套电器技术》。该书出版10年以来，为高等院校尤其是高职高专院校电气及相关专业的教学、行业企业人员培训带来了很大帮助，也受到成套电器制造行业工程技术人员的好评。

近10年来，成套电器制造技术发展迅速，譬如微机综合保护测控装置、多功能电力仪表代替了传统的二次设备，固体绝缘技术应用越来越广泛等。同时，成套电器应用领域不断拓展，譬如配电系统中预装式变电站代替了原先的土建式变电站，预装式变电站等成套电器的应用拓展到风力发电、太阳能光伏发电等领域。

本书在第1版基础上，结合近年来的新技术、新材料、新工艺、新产品、新应用和新规范，进行了较大幅度的修订。

本书共六章，系统地介绍了低压成套开关设备、高压开关柜、SF₆气体封闭式组合电器（GIS）和预装式变电站4大类成套电器的设计、制造、运行维护和试验的各种技术问题。重点介绍了高低压开关柜与预装式变电站的原理、结构、性能、设计、制造、试验和运行等方面的问题，同时对SF₆气体封闭式组合电器（GIS）的原理、结构、性能等进行了介绍。

本书有两个明显特点：

（1）突出基本原理。本书从电力系统的要求和成套电器的应用出发，阐述各类成套电器的原理、结构和设计、制造以及试验检测方法。

（2）突出工程应用。本书将专业理论知识与行业企业技术、具体产品、实际工程有机结合，很多内容的编写素材也来源于行业企业的技术与产品资料。

本书既可作为本科院校、高职高专院校电气类及相关专业的教材，也可作为成套电器设计、制造、安装和电力运行工作者的技术培训和参考用书。

本书在编写和修订过程中，参考了公开出版或发表的书籍和文章，同时引用了行业企业的内部技术资料和产品资料，在此深表谢意。由于编者水平有限，错误及不当之处在所难免，恳切希望读者批评指正，并不吝赐教。欢迎读者直接与编者联系：hsp@hnie.edu.cn。

编 者

目 录

前言			
第一章 概论	1		
第一节 电力系统与配电装置简述	1		
第二节 开关电器的作用、类型和主要性能参数	3		
第三节 成套电器的类别与应用	7		
第四节 成套电器的基本技术要求	12		
第二章 低压成套开关设备	17		
第一节 低压成套开关设备的类型	17		
第二节 低压成套开关设备的结构	19		
第三节 模数、尺寸与空间	22		
第四节 低压成套开关设备的技术要求	27		
第五节 低压抽出式开关柜结构设计	32		
第六节 低压成套开关设备的电击防护设计	41		
第七节 低压开关柜的主回路	45		
第八节 低压一次电器元件的选择	48		
第九节 低压开关柜的辅助电路	56		
第十节 低压成套开关设备的试验	61		
第十一节 几种低压开关柜的技术特点	65		
第三章 高压开关柜	75		
第一节 高压开关柜的类型	75		
第二节 高压开关柜的基本结构	80		
第三节 高压开关柜设计的基本技术要求	84		
第四节 高压开关柜的手车	89		
第五节 高压开关柜的“五防”设计	95		
第六节 高压开关柜的主电路	104		
第七节 高压一次电器元件的选择	116		
第八节 高压开关柜的辅助回路	122		
第九节 通用型高压开关柜的技术特点	125		
第十节 环网柜	132		
第十一节 F-C 回路柜	137		
第十二节 充气柜	139		
第十三节 高压开关柜的试验	141		
第四章 二次回路	146		
第一节 二次回路的基本知识	146		
第二节 断路器控制与信号回路的基本要求及基本组成	151		
第三节 常用的断路器控制与信号回路	158		
第四节 二次回路的保护和元件与导线的选择	165		
第五节 二次回路工艺	168		
第六节 高压开关柜二次回路设计举例	170		
第七节 微机保护测控装置	172		
第八节 多功能电力仪表	174		
第九节 智能型开关柜	174		
第五章 高、低压开关柜的制造与运行	178		
第一节 影响开关柜安全可靠运行的主要因素	178		
第二节 开关柜的绝缘配合	180		
第三节 开关柜中的电接触	185		
第四节 母线的选择与搭接处理	189		
第五节 开关柜的内部故障电弧	194		
第六节 开关柜柜体与绝缘件制造工艺	201		
第七节 开关柜的质检	203		
第八节 高压开关柜的诊断技术	207		
第六章 预装式变电站和 GIS	212		
第一节 预装式变电站的类别与特点	212		
第二节 美式预装式变电站	213		
第三节 欧式预装式变电站	216		
第四节 预装式变电站在风电场中的应用	221		
第五节 GIS 的基本结构	225		
第六节 GIS 的组成元件与技术特点	230		
参考文献	234		

第一章 概 论

第一节 电力系统与配电装置简述

一、电力系统的组成

电力系统是由发电厂、电力网和电力用户组成的一个发电、输电、变电、配电和用电的整体，其组成如图 1-1 所示。

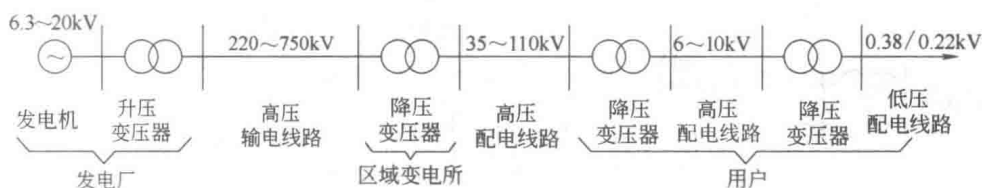


图 1-1 电力系统的组成

发电厂：传统的发电厂有火电厂、水电厂（站）和核电厂（站）。目前，规模化的新能源发电主要有风力发电和太阳能光伏发电，它们通过升压并入电力系统。

电力用户：中小型电力用户供电电源电压一般为 10kV；大型电力用户供电电源电压为 35~110kV，需经过两级降压。

电力网：发电厂与电力用户之间的部分是电力网（简称电网），它是由变电所（站）及其所连接的各电压等级电力线路组成的。电网分为输电网和配电网，输电网是区域电网，负责电力远距离输送，电压等级有 220kV、330kV、500kV、750kV；配电网负责电力的分配，也称之为地方电网，电压等级有 10kV、35kV、66kV、110kV。

变电所（站）：变电所（站）负责电能接收、电压变换和电能分配。在配电网中还有一种只负责电能接收和分配、不变换电压的场所，称为配电所，也叫开闭所。

为了电力供应的安全、可靠和经济，往往将大量的发电厂、电力用户和各电压等级的电网连接成为大型电力系统，如图 1-2 所示。

电力系统的电气部分按功能可分为一次系统和二次系统。一次系统负责电能的输送与分配，是高电压、大电流的电路，又叫一次电路、一次接线、主接线、主电路等，它是由各种一次设备连接而成的电路。对一次系统进行控制、保护、测量和指示的电路叫二次电路。如图 1-3 所示是一个 10kV 配电所的主接线图。

二、配电装置的类别

配电装置是能够控制、接收和分配电能的电气装置的总称。电力系统中除发电机、电力变压器、输配电线路、用电设备之外的所有电气设备及其辅件统称为配电装置。

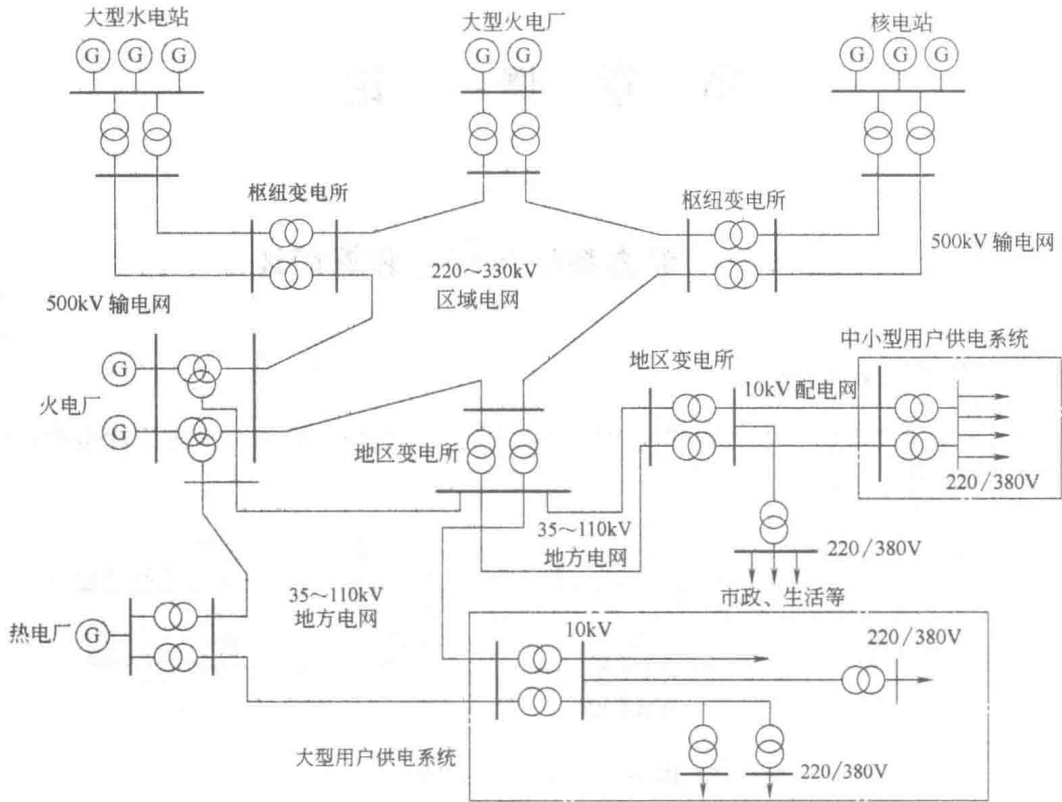


图 1-2 大型电力系统

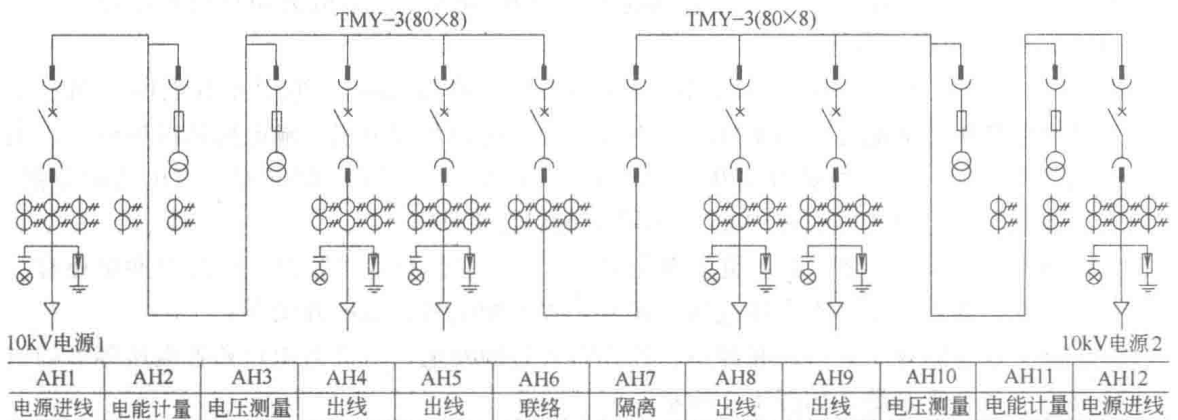


图 1-3 10kV 配电所的主接线图

1. 按功能分类

- 1) 开关设备：又叫开关电器，是承担电路接通与断开任务的电气设备。
- 2) 保护设备：包括过电流保护用的熔断器和过电压保护用的防雷设备等。
- 3) 变换设备：包括将高电压变换为低电压的电压互感器和将大电流变换为小电流的电流互感器。
- 4) 补偿设备：进行无功功率补偿的电力电容器。

- 5) 限流设备：用于限制短路电流的电抗器。
- 6) 母线装置：用于接收和分配电能的导体，又叫汇流排、母排。
- 7) 二次设备：包括各种控制装置、测量表计、继电保护装置、信号装置等。

2. 按电压等级分类

- 1) 低压配电装置：1kV 以下。
- 2) 高压配电装置：3~220kV，其中电压等级为 3~66kV 的也叫中压配电装置。
- 3) 超高压配电装置：330~750kV。
- 4) 特高压配电装置：1000kV 和直流 ± 800 kV。

3. 按安装地点分类

分为屋内配电装置和屋外配电装置。

4. 按组装方式分类

分为装配式和成套式两类。装配式配电装置是需要在现场组装的电气元件；成套配电装置是由制造厂预先按电气主接线的要求，将电气回路所需的电气元件组装起来的一个整体。

第二节 开关电器的作用、类型和主要性能参数

一、开关电器的作用

开关电器是一种重要的输配电设备，它是电力系统（包括发电、输电、变电、供电、配电、用电等环节）以及电力拖动系统中的控制和保护设备，凡是电能生产、传输、变换、供应、分配和使用的场所都要使用开关电器。

开关电器的主要功能是接通和断开电路，也就是对电路进行“开”和“关”。具体来说，开关电器具有以下几种主要的作用：

(1) 控制 根据电网或其他电能电路运行需要，把某部分设备或线路投入或退出运行，即在正常负荷电流条件下，接通或断开电路，这种作用称为控制。这就要求开关电器具有一定的通断能力，可以带负荷操作，能够可靠地熄灭通断负荷电流时所产生的电弧。

断路器、负荷开关、接触器等开关电器具有控制作用。

(2) 保护 当电力线路或电气设备发生故障时将故障部分从电网快速切除，保证电网中的无故障部分正常运行，这种作用称为保护。电网短路时所产生的故障电流数值很大（可达到正常负荷电流的几倍、十几倍甚至几十倍），危害非常严重，必须迅速切除。这要求开关电器既能快速动作，又具有足够的通断能力。

具有保护作用的开关电器包括断路器、熔断器等。

(3) 隔离 退出运行或需要进行检修的电力线路或设备在从电网中切除（断开电源）后，还必须可靠地与电源隔离开来，使之与电源形成一个明显的断口，防止在误操作和过电压情况下接通电源，以保证设备和检修人员的安全，这种作用称为隔离。具有这一作用的开关电器只在无负荷电流或小电流的情况下接通或断开电路，因此无需专门的灭弧装置。但要求它在断开时触头间有足够的距离和可靠的绝缘，以保证在恶劣的气候和环境条件下也能可靠地起隔离作用，并保证在过电压及相间闪络的情况下不致引起绝缘的击穿。

具有隔离作用的开关电器包括高压隔离开关和低压刀开关等。

(4) 接地 电力线路和电力设备在检修之前,除断开电源和隔离电源外,还要把三相短接接地,其作用一是对地泄放掉电力线路和电力设备上的残余电荷;二是使电力线路和电力设备与地保持零电位,防止突然来电时造成人身安全事故。可采用挂接临时接地线的方法,但更方便的方法是采用接地开关。

接地开关既有独立结构形式的,也有与隔离开关合二为一的结构形式,称之为隔离接地开关(如旋转式隔离开关);还有一类是三工位(接通、隔离、接地)负荷开关。

二、开关电器的类型

开关电器的用途广泛,职能多样,品种繁多,工作原理各异。大致可按以下方法来分类:

1. 按电压等级分为高压开关电器和低压开关电器

3kV及以上电网中使用的开关电器称为高压开关电器,3kV以下电网(实际上是660V及以下电网)中使用的开关电器称为低压开关电器。电力、电器行业中也把3~66kV电网中使用的开关电器称为中压开关电器,而把110kV及以上电网中使用的开关电器称为高压开关电器。

高压开关电器的种类包括断路器、隔离开关、负荷开关、接地开关、熔断器、接触器、重合器、分段器、开关柜、SF₆封闭式组合电器(GIS)、负荷开关-限流式熔断器组合电器、紧凑型组合式开关设备等。

重合器和分段器是具有故障识别和恢复供电功能的开关电器。其中,重合器是具有多次重合功能和自具功能的断路器。“自具”功能包括两个方面:一方面指它自带控制和操作电源(如高效锂电池);另一方面指它的操作不受外界继电控制,而由微处理器按事先编好的程序指令重合器动作。分段器是一种具有自具功能的负荷隔离开关,并具有记忆和识别功能,能在重合器开断的情况下,隔离永久性故障线段,恢复供电。因此,重合器和分段器往往配合使用。

顺便提一下,接触网(电气化铁路供电系统)也要使用高压开关电器。我国交流接触网牵引供电系统采用国际上通用的单相50Hz、25kV交流供电制式,沿铁路平均每隔50km左右设置一个牵引变电站,铁路线上架设27.5kV接触网。机车上的受电弓从接触网取得电力,在机车上经降压整流后,供给直流电动机,驱动电机车。牵引变电站和接触网需要110kV、55kV、27.5kV的开关设备。由于接触网-电力车-铁轨构成单相回路,所以需要单相27.5kV的开关。这种开关不同于普通电力开关,其特点是操作频繁,开、合短路电流次数多,工作电流波动大。

低压电器大体上可分为配电电器和控制电器,配电电器主要有断路器、刀开关、熔断器、刀熔开关、负荷开关等;控制电器有接触器、继电器等。

2. 按安装场所分为户内式和户外式

户内式开关设备的特点是:需要特殊建筑的房屋,土建工程量大,投资多;但占地面积小,设备运行和维护条件较好。户外开关设备安装在露天场所,其的特点是:不需要特殊建筑的房屋,土建工程量小,投资少;但受天气条件和周围空气污秽程度的影响较大,运行维护条件差,占地面积大。

3. 按组装方式分为装配式和成套式

开关电器在使用中还需要与其他一次电器设备以及各种二次回路相配合才能完成其职能。相应地,开关电器按组装方式可分为装配式和成套式两大类。装配式开关电器即电器元件,它在现场与其他一次电器设备以及二次回路组装在一起使用。成套式开关设备是由制造厂装配完成的,即制造厂根据用户一次接线(主接线)的要求,将各种一次电器元件、二次回路以及连接件、绝缘支持件和辅助件等固定连接后安装在外壳内而构成的成套配电装置。

三、开关电器的主要性能参数

1. 额定电压

开关电器在规定的正常使用和性能条件下,能够连续运行的最高电压称为额定电压。

我国电网的额定电压(系统标称电压)等级有 0.22/0.38kV、0.38/0.66kV、1kV (1.14kV)、3kV、6kV、10kV (20kV)、35kV、66kV、110kV、220kV、330kV、500kV、750kV 等。由于电网有电压降落,且电力系统有调压要求,所以考虑到电气设备的绝缘性能和与系统最高电压有关的其他性能,开关电器的额定电压规定为系统最高电压。

按国标 GB/T 11022 的规定,对于额定电压在 220kV 及以下系统中的开关电器,其额定电压为系统额定电压的 1.15~1.2 倍,有 3.6kV、7.2kV、12kV (24kV)、40.5kV、72.5kV、126kV、252kV 这些等级;对于额定电压在 330kV 及以上系统中的开关电器,其额定电压为系统额定电压的 1.1 倍,有 363kV、550kV 等等级。

2. 额定绝缘水平

开关电器工作时还将承受高于额定电压的各种过电压作用,包括工频过电压、操作过电压和雷电冲击过电压。这就要求开关电器在各种过电压的作用下,不会导致绝缘损坏。标志这方面性能的参数有 1min 工频耐受电压(有效值)、操作冲击耐受电压和雷电冲击耐受电压。开关电器的绝缘分为相间绝缘、相对地绝缘和开关断口绝缘,具体数值可参照国标 GB/T 11022 的规定。

3. 额定电流

额定电流是指在规定的正常使用和性能条件下,开关电器主回路能够长期承载的电流有效值,即开关电器允许长期通过的最大工作电流。在这种情况下,电器各部分的温度不会超过允许值,以保证电器的工作可靠。

4. 额定短时耐受电流

额定短时耐受电流即额定热稳定电流,是指在规定的使用 and 性能条件下,在确定的短时间内,开关在闭合位置所能承载的规定电流有效值。

5. 额定峰值耐受电流

额定峰值耐受电流即额定动稳定电流,是指在规定的使用 and 性能条件下,开关在闭合位置所能耐受的额定短时耐受电流第一个大半波的峰值电流。

6. 额定短路开断电流

额定短路开断电流是指开关电器在规定的条件下能保证正常开断的最大短路电流。

7. 额定短路关合电流

额定短路关合电流是指在额定电压以及规定使用 and 性能条件下,开关能保证正常关合的

最大短路峰值电流。

这一参数表征了断路器关合短路故障的能力。如果电力系统中的电力设备或电力线路在未投入运行前就已存在绝缘故障，甚至处于短路状态（即所谓的“预伏故障”），那么当断路器关合有预伏故障的电路时，会在关合过程中出现短路电流，对断路器的关合造成很大阻力（这是由于短路电流产生的电动力造成的），有时甚至会出现触头合不到底的情况，此时在触头间形成持续电弧，造成断路器严重损坏甚至爆炸。为避免出现上述情况，断路器应具有足够的关合短路故障的能力。

8. 自动重合闸性能

架空输电线路的短路故障大多数是雷害、鸟害等临时性故障。因此，为了提高供电的可靠性，并增加电力系统的稳定性，线路保护多采用快速自动重合操作的方式，即输电线路发生短路故障时，根据继电保护发出的信号，断路器开断短路故障；然后经很短时间又再自动关合。断路器重合后，如故障并未消除，断路器必须再次开断短路故障。此后，在有的情况下，由运行人员在断路器第二次开断短路故障后经过一定时间（例如 180s）再令断路器关合电路，称为“强送电”。强送电后，故障如仍未消除，断路器还需第三次开断短路故障。上述操作顺序称为快速自动重合闸断路器的额定操作顺序，可写为

$$0-t-CO-t'-CO$$

其中 0——分闸操作；

CO——断路器合闸后无任何有意延时就立即进行分闸操作；

t ——无电流时间，是指自动重合操作中，断路器开断时从所有相中电弧均已熄灭起到随后重新关合时任意一相中开始通过电流时的时间间隔。对于快速自动重合闸的断路器，取 $t=0.3s$ ；

t' ——强送电时间，一般取 180s。

除电气性能参数外，还包括操作性能（如分合闸速度、允许合分次数、电寿命、机械寿命等）和与自然环境有关的性能，而且不同类型的开关电器有其特殊性，在此不一一列举。表 1-1 是国产 VS1（ZN63A-12）型真空断路器的主要性能参数。

表 1-1 VS1（ZN63A-12）型真空断路器技术数据

项 目	数 据
额定电压/kV	12
额定频率/Hz	50
I_{min} 工频耐受电压/断口(有效值)/kV	42/48
额定雷电冲击电压/断口(峰值)/kV	75/85
额定电流/A	630,1250,1600,2000,2500,3150
额定短路开断电流/kA	20/25,31.5,40
额定短路关合电流(峰值)/kA	50/63,80,100
额定短路持续时间/s	4
额定操作顺序	0-t-CO-t'-CO
触头开距/mm	11±1
超行程/mm	3.1±0.3

(续)

项 目	数 据
三相分、合闸不同期性/ms	≤ 2
合闸触头弹跳时间/ms	≤ 2
平均分闸速度/ $m \cdot s^{-1}$	0.9~1.2
平均合闸速度/ $m \cdot s^{-1}$	0.5~0.8
合闸时间/ms	45~70
分闸时间/ms	25~50
燃弧时间/ms	≤ 15
开断时间/ms	≤ 65
开断次数	30, 50, 100
机械寿命	20000

第三节 成套电器的类别与应用

成套电器也叫成套开关设备，它是以开关设备为主体的成套配电装置，即制造厂家根据用户对一次接线的要求，将各种一次电器元件以及控制、测量、保护等装置组装在一起而构成的成套配电装置。

一、成套电器的类别

成套电器主要有低压成套开关设备、高压开关柜、 SF_6 封闭式组合电器（GIS）和预装式变电站4大类，覆盖了电力系统各个电压等级。首先初步认识一下这些成套电器。

1. 低压成套开关设备

由一个或多个低压开关电器和相应的控制、保护、测量、信号、调节装置，以及所有内部的电气、机械的相互连接和结构部件组成的成套配电装置，称为低压成套开关设备。图1-4是几面低压开关柜组合在一起的外观图，图1-5是固定式低压开关柜的一种一次接线方案（出线柜）。

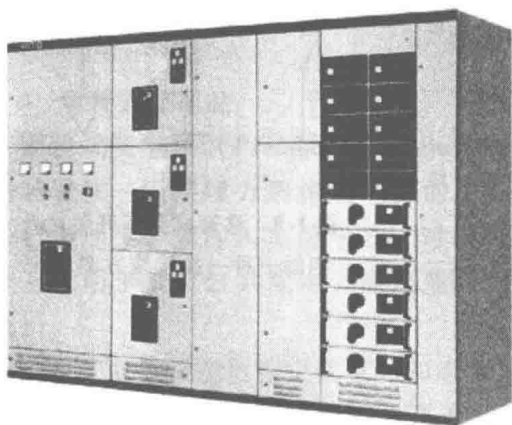


图 1-4 低压开关柜外观图

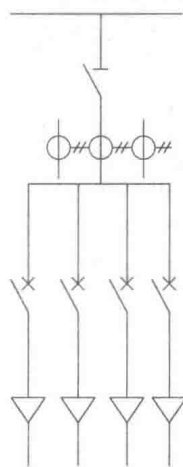


图 1-5 固定式低压开关柜的一种一次接线方案

2. 高压开关柜

按电力行业标准 DL/T 404—1997 的定义, 高压开关柜 (High-voltage Switchgear Panel) 是指由高压断路器、负荷开关、接触器、高压熔断器、隔离开关、接地开关、互感器及站用电变压器, 以及控制、测量、保护、调节装置、内部连接件、辅件、外壳和支持件等组成的成套配电装置。

高压开关柜适用于 3~35kV 电网。图 1-6 是移开式高压开关柜外观图。图 1-7 是移开式高压开关柜内部结构示意图, 它分为 4 个隔室, 分别是母线室 (A)、断路器室 (B)、电缆室 (C)、继电仪表室 (D)。图 1-8 是移开式高压开关柜的一种一次接线方案。

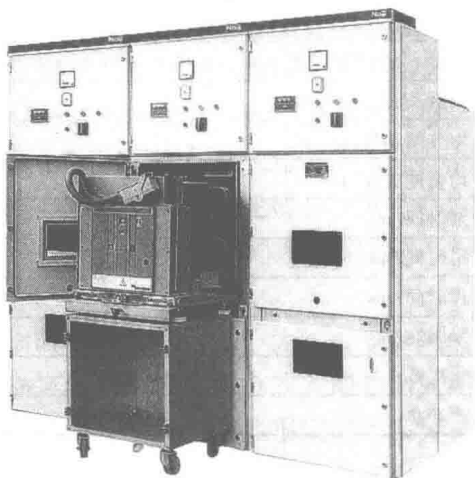


图 1-6 移开式高压开关柜外观图

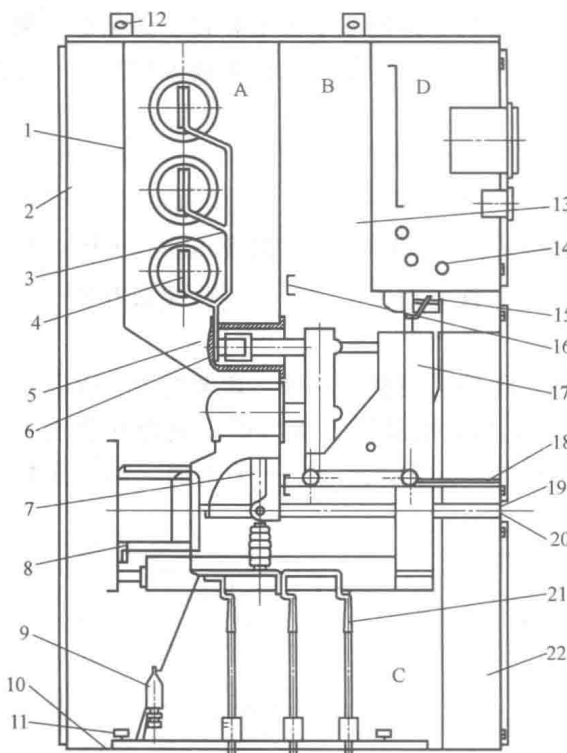


图 1-7 移开式高压开关柜内部结构示意图

1—装卸式隔板 2—外壳 3—分支母线 4—主母线 5—隔离触头装置 6—一次触头盒 7—接地开关 8—电流互感器 9—氧化锌避雷器 10—底板 11—主接地母线 12—吊耳 13—压力释放通道 14—端子排 15—插拔式二次插件 16—活门 17—断路器手车 18—手车推进机构 19—装卸式水平模板 20—接地开关操作机构 21—电缆密封终端 22—控制线槽

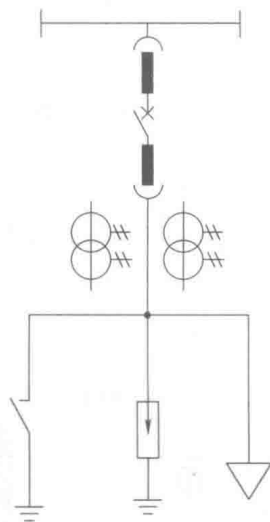


图 1-8 移开式高压开关柜的一种一次接线方案

3. SF₆封闭式组合电器 (GIS)

72.5kV 及以上电压等级的 SF₆ 气体绝缘金属封闭开关设备 (Gas Insulated Switchgear, GIS) 又称为封闭式组合电器, 它一般用于户内, 也可户外使用。

GIS 多采用圆筒式结构, 所有电器元件, 如断路器、互感器、隔离开关、接地开关和避雷器都放置在接地的金属材料 (钢、铝等) 制成的圆筒形外壳中, 内部充有 0.3~0.5MPa (表压) SF₆ 气体。GIS 相应的国家标准是 GB 7674 《72.5kV 及以上气体绝缘金属封闭开关设备》。图 1-9 是 GIS 设备实物图。图 1-10 是 550kV GIS 设备 (出线间隔) 结构示意图。图 1-11 是 550kV GIS 设备 (出线间隔) 的一次接线图。



图 1-9 GIS 设备实物图

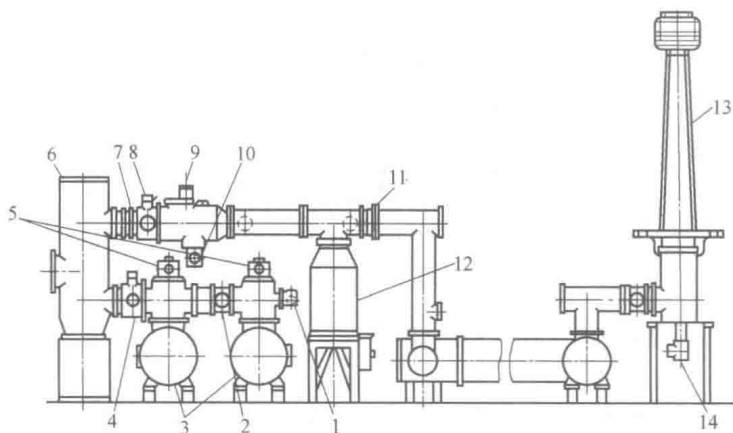


图 1-10 550kV GIS 设备 (出线间隔) 结构示意图

1—操作用接地开关 2—接合装置 3—主母线 4—电流互感器 5—主母线隔离开关 6—断路器 7—伸缩接头 8—电流互感器 9—线路侧隔离开关 10—操作用接地开关 11—伸缩接头 12—避雷器 13—气体套管 14—线路侧隔离开关

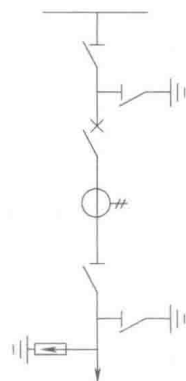


图 1-11 550kV GIS 设备 (出线间隔) 的一次接线图

4. 预装式变电站

预装式变电站 (Prefabricated Substations) 是一种将高压开关设备、配电变压器和低压配电装置按一定接线方案排成一体的工厂预制的紧凑式配电设备。它具有成套性强、体积小、占地少、能深入负荷中心、对环境适应性强、安装方便、运行安全可靠等一系列优点, 适用于城市公共配电、高层建筑、住宅小区、公园、油田、工矿企业及施工现场等场所。

预装式变电站包括箱式变电站和组合式变压器两类, 相应的国家标准为 GB/T 17467—1998 《高压/低压预装式变电站》。图 1-12 是箱式变电站的外观图, 整个箱体分为高压配电室、变压器室和低压配电室 3 个部分。图 1-13 是箱式变电站的一次接线图。

二、成套电器的应用

各种类型的成套电器从使用场所的实际出发,考虑了性能参数的合理配合及电器元件的合理布置,因此具有占地面积少,空间体积小,安装、使用与维护方便,运行安全可靠等优点。

成套电器是在制造厂装配完成的,到了现场后只需简单的安装固定,与进出线相连后即能投入使用,因此大大缩短了变电站的建设工期。

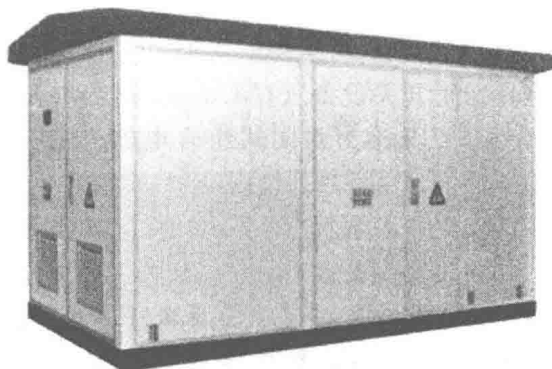


图 1-12 箱式变电站外观图

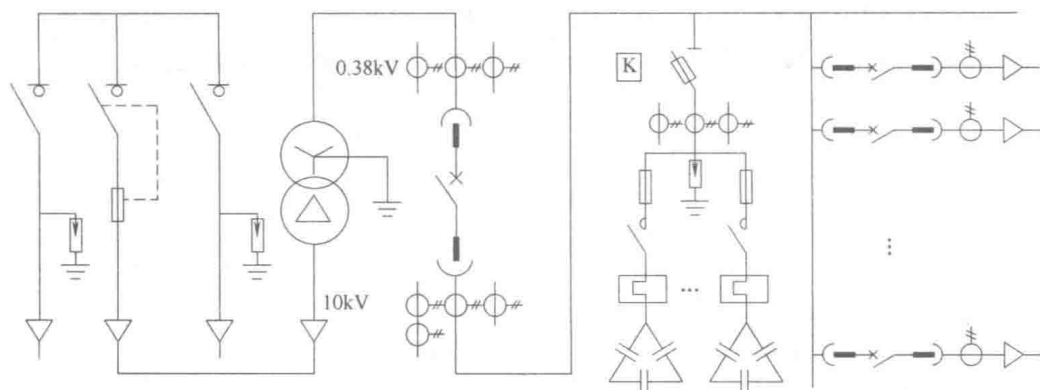


图 1-13 箱式变电站的一次接线图

移开式高压开关柜和抽出式低压开关柜具有很高的互换性,当断路器等主要电器元件发生故障或需要检修时,可随时拉出,再推入同类备用小车或抽屉单元,即可恢复供电,提高了供电的可靠性。

预装式变电站和 GIS 大大缩小了变电站的占地面积。例如 110kV GIS 的占地面积只有土建式变电站的 10%, 220kV GIS 的占地面积只有土建式变电站的 5%。

成套电器广泛用于发电厂、变电站、工矿企业、高层建筑以及各种用电场所,作为接收和分配电能以及对电路进行控制、保护和监视之用。几乎在各种电压等级的系统中都用到成套电器。

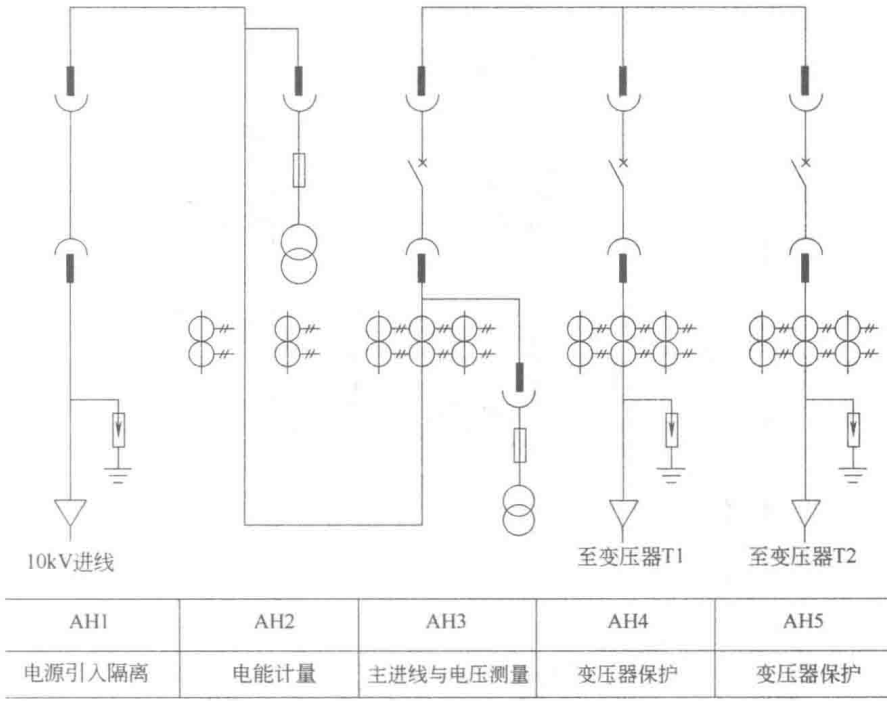
1) 在低压配电系统中,变配电站低压配电装置采用低压开关柜,生产车间、建筑物等用电集中的场所采用动力配电柜和配电箱。

2) 6~35kV 变配电站中采用高压开关柜。

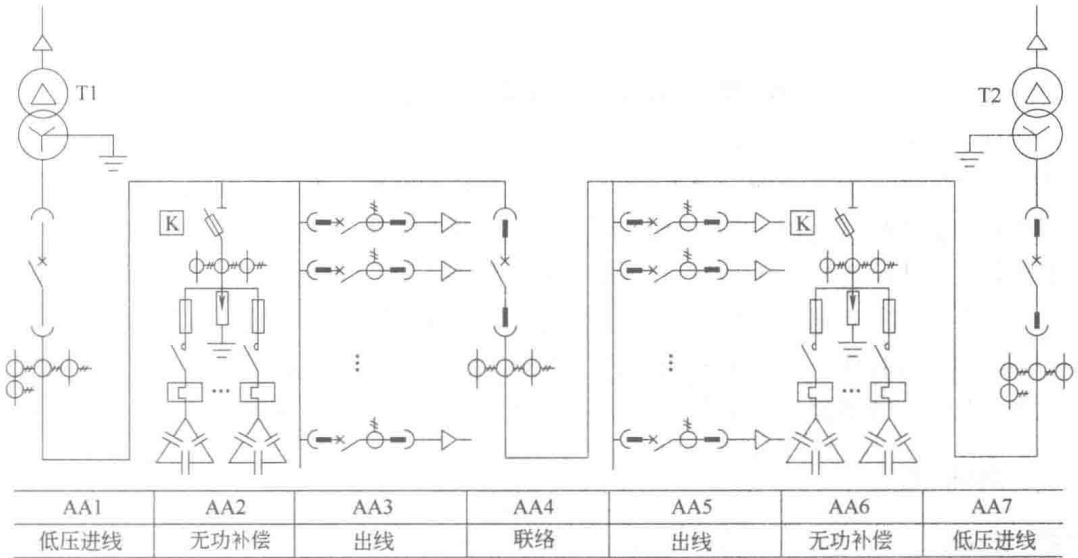
3) 66~500kV 系统中越来越多地采用 GIS。

4) 用户供电系统广泛采用预装式变电站。

图 1-14 是高低压开关柜在 10kV 变电站中的应用,包括 10kV 侧和 380/220V 侧。图 1-15 是 35kV 变电站电气主接线图,其配电装置使用各种一次线路方案的 JYN1-35 和 JYN2-10 型高压开关柜。



a)



b)

图 1-14 高低压开关柜在 10kV 变电站中的应用

a) 10kV 侧 b) 380/220V 侧

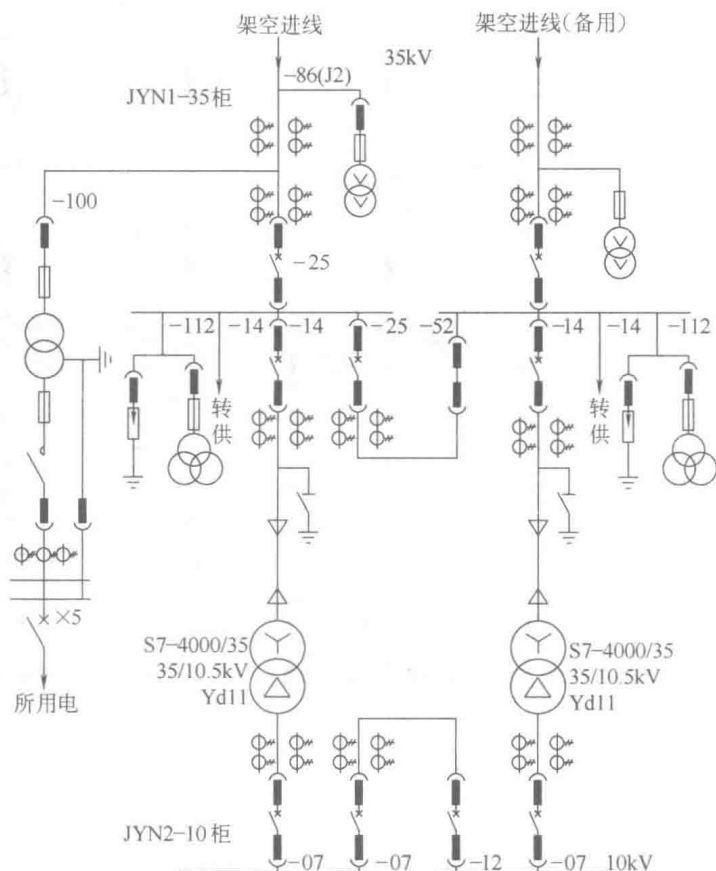


图 1-15 35kV 变电站电气主接线图

第四节 成套电器的基本技术要求

根据运行可靠、维护方便、技术先进、经济合理的原则，要求成套电器具有良好的电气性能、绝缘性能和机械性能，并且动作灵敏，工作可靠性高。既能满足正常运行条件下的长期发热要求，又能承受短路电流所产生的机械应力和高温的作用，即能满足动稳定和热稳定的要求。此外，应能保证设备操作、维护和检修的方便，以及保证操作人员的人身安全。

成套电器是由各种电器元件构成的，但其技术特点和要求与电器元件在诸多方面是不同的，有其特殊性。本节就成套电器的基本技术要求进行概括性的阐述。

一、标准化

成套电器设计、制造以及用户订货的基本技术依据就是相应的技术标准。各种类别的成套电器均有其相应的国际标准（如 IEC 标准）、国家标准（GB）以及行业标准。成套电器的行业标准包括电力行业标准（DL）和机械行业标准（JB）。

1. 低压成套开关设备的有关标准

- (1) GB 7251—2013 《低压成套开关设备和控制设备》（等效于 IEC 439）
- (2) IEC 439: 1992 《低压成套开关设备和控制设备》