

余虹云 李以然 蒋丽娟 编

10kV 开关站

运行、检修与试验

—— 10kV 开关站运行
检修人员必读



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

10kV 开关站

运行、检修与试验

—— 10kV 开关站
运行检修人员必读

余虹云 李以然 蒋丽娟 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

10kV 内容提要

本书从 10kV 开关站设备与运行、检修与试验、安装与投运、常见故障及危险点预控等方面对 10kV 开关站进行了较全面的介绍。全书共分三篇、9 章内容，分别为配网系统及其自动化；10kV 开关站主要电气设备；10kV 开关站的运行；电气设备绝缘试验方法；10kV 开关站的检修与试验；10kV 开关站的安装；10kV 开关站的竣工验收和投运；10kV 开关站常见故障；10kV 开关站典型事故案例与危险点预控。

本书可作为 10kV 开关站、运行、检修人员的上岗培训教材，也可从事电力行业 10kV 开关站的工作人员学习和阅读，还可供大专院校有关专业的师生参考。

• 图书在版编目 (CIP) 数据

10kV 开关站运行、检修与试验/余虹云, 李以然, 蒋丽娟编. —北京: 中国电力出版社, 2006. 9

(10kV 开关站运行检修人员必读)

ISBN 7-5083-4586-X

I. 1. . . II. ①余... ②李... ③蒋... III. ①配电装置-电力系统运行②配电装置-检修 IV. TM642

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 084886 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2006 年 10 月第一版 2006 年 10 月北京第一次印刷

850 毫米×1168 毫米 32 开本 8.625 印张 228 千字

印数 0001—3000 册 定价 18.00 元

版权专有 翻印必究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

前言

近二十年来，我国国民经济飞速增长，电力工业也得到迅速发展。配电网是电网的重要组成部分，10kV 开关站是配电网中的重要设施，随着 10kV 开关站的大力发展，其在配电网中的地位显得越来越重要。本书从 10kV 开关站的设备与运行、检修与试验、安装与投运、常见故障及危险点预控等方面对 10kV 开关站进行了较为全面的介绍。

全书共分三篇、九章内容，第一章至第三章由蒋丽娟同志执笔，第四章至第六章由余虹云同志执笔，第七章至第九章由李以然同志执笔，全书由余虹云同志统稿、审核。

本书的编写得到了许多专业人员的帮助，在编写过程中得到了钟新华、王秋梅、张国庭、张学东、葛军凯、童钧、李鸿志、王汉杰、沈一平、王万亭等同志的大力支持，在此表示衷心的感谢！

限于编者水平，书中难免有不妥和错误之处，恳请读者批评指正。

编者

2006 年 7 月

目 录

前 言

第一篇 10kV 开关站设备与运行

第一章 配网系统及其自动化	1
第一节 配网系统的基本知识	2
第二节 配网自动化	10
第二章 10kV 开关站主要电气设备	13
第一节 10kV 开关站开关柜	13
第二节 电缆分接箱	56
第三节 高压/低压预装式变电站 (箱式变电站)	60
第三章 10kV 开关站的运行	69
第一节 10kV 开关站运行中应建立的制度	69
第二节 10kV 开关站的巡视和检查	72
第三节 10kV 开关站的操作	75
第四节 10kV 开关站的事故和异常处理	83
第五节 10kV 开关站充 SF ₆ 气体开关设备运行的特殊规定	85
第六节 10kV 开关站设备缺陷管理	86
第七节 10kV 开关站资料和台账管理	87

第二篇 10kV 开关站电气设备检修、试验、安装和投运

第四章 电气设备绝缘试验方法	91
第一节 绝缘电阻的测量	92

第二节	耐压试验	95
第五章	10kV 开关站的检修与试验	102
第一节	10kV 开关站的检修管理	102
第二节	10kV 开关站设备的检修项目	133
第三节	10kV 开关站设备的预防性试验	153
第六章	10kV 开关站的安装	181
第一节	10kV 开关站安装前的准备	181
第二节	10kV 开关柜的安装	182
第三节	10kV 开关柜二次接线的安装	183
第四节	10kV 开关站设备的接地	185
第五节	10kV 开关站电缆的安装	186
第六节	配电变压器的安装	195
第六节	10kV 开关站设备的交接试验和调试	204
第七章	10kV 开关站的竣工验收和投运	215
第一节	10kV 开关站投运前的准备工作	215
第二节	10kV 开关站的竣工验收	218
第三节	10kV 开关站的投运	221
第三篇 10kV 开关站常见故障及危险点预控		
第八章	10kV 开关站常见故障	224
第一节	10kV 真空开关柜的常见故障	224
第二节	10kV 开关柜的其他常见故障	228
第九章	10kV 开关站典型事故案例与危险点预控	230
第一节	10kV 开关柜事故分析及对策	230
第二节	10kV 开关站典型事故案例	233

第三节 10kV 开关站危险点分析和对策	237
附录 A 开关站倒闸操作票	242
附录 B 开关站典型操作票范例	243
附录 C 开关站典型运规范例	245
附录 D 浙江电网 10kV 开关站运行检修规程	256
参考文献	270

10kV开关站设备与运行

第一章 配网系统及其自动化

电力系统是由发电、变电、输电、供电、配电、用电等设备和技术组成的一个将一次能源转换为电能的系统。当前，全球现代化的各行各业和社会经济、人民生活，已经将电能供应视为不可或缺的一个重要基础条件，然而电力系统有其自身特殊性，首先电能与其他能源不同，一般来讲电能是不能大量长期存储的，其生产和消费过程是同一瞬间完成的，也就是说发电、变电、输电、供电、配电各环节和用电是同步进行的。其次现代的电力系统是一个在地域上分布辽阔而在电气上却是联成一体的大系统。如火电厂一般建于靠近集中负荷的城市周边地域或靠近一次能源的煤矿矿口，水力发电厂则建造于远离负荷中心的水力资源丰富的河流上，而核电厂、风力发电厂等则根据环保、地理条件等选择建厂地点。这些发电厂与受端变电站之间由大量长距离、高电压的输电线连接起来。受端变电站通过高压输电线接受来自发电厂的大量电力，经过降压用较低的电压向配电站和用户供电。如此形成一个多层网络结构复杂、地区分布广泛的大系统。图 1-1 所示是电力系统各环节示意图。本章讨论虚线框内有关配电系统及其自动化的基本知识。

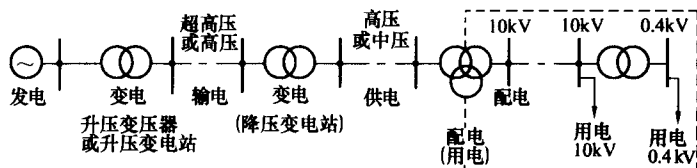


图 1-1 电力系统各环节示意图

第一节 配网系统的基本知识

配电系统是电力系统的一部分。电力系统通过配电网直接向用户供电。通常把电力系统中二次降压变电站低压侧直接或降压后向用户供电的网络，称为配电网（Distribution Network）。它由架空线或电缆配电线路、配电站或柱上降压变压器直接接入用户所构成。从广义上讲 110kV 及以下电压的线路和设备构成的电力网，均可称为配电网。国外一般将低于 1kV 以下的电压称为低压；1~36kV 的电压称为中压；36kV 以上的电压称为高压；300kV 以上的电压称为超高压。本书将低于 1kV 的电压称为低压，在我国则具体指 380V（线电压）、220V（相电压）。35kV 及以下则称为中压，具体指电压为 35、10kV 电压级。110kV 及以上则称为高压。本书所称配网系统主要指 10kV 电压等级的设备和线路构成的电力网。

配电网的特点一般有深入城市、乡村中心和居民密集点及电力客户；传输功率和距离一般不大；供电容量、用户性质、供电质量和可靠性要求千差万别，各不相同。我国配电网还有一个显著特征，就是中性点不接地，在发生单相接地时，仍允许供电一段时间。这一特点使得我国的配电自动化系统不能直接引进国外设备，而必须结合我国配电网的实际情况，逐步加以改进。

一、配网接线

高压和超高压电力网络，实质上就是大型发电厂和高压或超高压变电站之间以高压或超高压输电线采用某种接线方式连接而形成的电力网络。大型发电厂以几回路高压或超高压出线将其发电功率输送至几个高压或超高压变电站，这就是采用了放射形接线。对某一重要的变电站，可能采用双回路输电线，甚至三回路输电线。而电力系统的设计者或运行部门为了保证调度的灵活性或在某一线路事故或检修时的输电可靠性，在变电站之间又架设了联络线，这样就形成了环网。

配电网接线主要是中压（10kV）典型网络的接线。国内城市配电网中 10kV 中压网络实际接线，如图 1-2 所示。图中主干线和分支线上挂有的柱上变压器和高压用户均未表示。

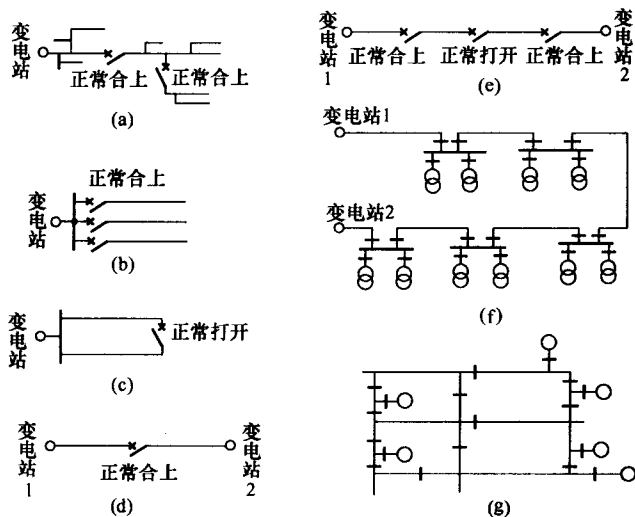


图 1-2 国内城市配电网中 10kV 中压网络接线方式

(a) 树状网络；(b) 放射形网络；(c) 同一变电站二馈线“手拉手”；(d) 不同变电站二馈线“手拉手”；(e) 二馈线“手拉手”加分段开关；(f) 环网柜接线；(g) 网格式接线⁴

图 1-2 (a) 为树状网络，图 1-2 (b) 为放射形网络。图 1-2 (c)、(d) 和 (e) 均为二馈线“手拉手”接线方式，其中图 1-2 (c) 为同一变电站二馈线“手拉手”；图 1-2 (d) 为不同变电站二馈线“手拉手”；图 1-2 (e) 也是不同变电站二馈线“手拉手”，中间加了分段断路器，正常运行时分段断路器分开。图 1-2 (f) 和图 1-2 (g) 分别为环网柜接线和网格式接线，它们都要求正常运行时开环，图中断路器的开合由运行方式来决定。以上所列是目前国内城网中 10kV 中压网络实际接线的一些主要方式。另外，还有一些混合型接线。

(1) 树状和放射形接线。此类接线简单，实用，投资低，建

设周期短。缺点是供电可靠性低，当线路或断路器故障时，将使整条线路停电。树状网络适用于城市中一般负荷的供电和农村用户的供电。为减少事故和检修时的停电范围，可在主干线路上装分段断路器将主干线路分段，以减少事故和检修时的影响范围。或在个别分支线装分支断路器，这样当分支线故障和检修时不会影响主干线和其他分支线。对放射形接线，当线路发生故障或者需要检修时，该线路所带负荷将中断。因此只适用于城市一般用户的供电，可以采用双回路供电来提高供电可靠性。

(2) “手拉手”供电接线。“手拉手”供电方式是近几年我国供电网广泛采用的一种供电方式，实际上是将以往的放射形接线改造成双电源供电，中间以联络断路器将两段线路连接起来，如图 1-2 (c)、(d)、(e) 所示。在正常运行时联络断路器打开，以减少短路电流和可能出现的环流等，当线路失去一端电源时，可以合上联络断路器，从另一端电源对失去电源线路上的柱上变压器和高压用户供电。

(3) 环网柜接线。环网柜接线在城网中逐步被推广。环形接线正常时开环运行，一侧电源或电缆线路故障时自动切换。这类接线在满足同样的供电可靠率基础上，比双回路供电在经济上有较大优势。环网柜接线的线路可以采用电缆线路，也可采用架空线路。环网柜可以有户内式、户外式，环网柜开关设备可选用负荷开关或断路器。

(4) 网格式接线。图 1-2 (g) 为 4×6 网格式接线，此类接线在国内应用很少，目前在加拿大和美国有采用网格式接线。此类接线的优点主要有：断路器配置比传统方式配置的少，可靠性提高；短路电流和载流量要求降低；便于实现模块化结构，可由工厂装配成套设备，节约投资。

二、环网供电的模式

1. 环网供电和环网柜

在不同变电站或同一变电站的不同母线的两回或两回以上馈线，相互间连接形成一个环路进行供电的供电方式，称为环网供

电。一般环网中串接多座配电站（开关站）。环网可以分为单环网络、双环网络、多环网络等，环网中的配电站（开关站）供电容量一般都不很大，所以环网配电站（开关站）的供电单元通常可以采取结构简单、价格适宜而性能又能满足要求的负荷开关和熔断器的组合方式来实现。

按这种环网供电单元（负荷开关和熔断器）组合成的组合柜，称之为环网供电柜，简称环网柜。最基本的环网柜有三个间隔，一进两出。其中一路出线通常至本站的配电变压器或者某个用户的高压电源，而另外一路出线是和其他环网供电单元的连接回路。环网柜在环网的正常运行条件下，能关合、承载和开断负荷电流、环网电流，也能开断环网电缆线路的充电电流；在合闸处于故障的时候，能够承受短路关合电流及在规定时间内承受短路电流，在分闸位置时，能起隔离开关的隔离作用，同时还具有线路侧接地功能，在起到隔离作用的时候，具有承受单断口的高电压试验能力。目前有不少环网柜采用了一种三位置开关，它具有导通、隔离、接地三个工作位置。环网柜在连接至本站配电变压器的间隔内，还串联了一组熔断器。作为对变压器及辅助设备的主要保护，在配电变压器高压侧发生短路故障时，只要任何一个熔断器熔断，就会触发联动机构，使负荷开关的三个极全部分闸，起到三相同同时隔离故障的作用；对于出线和进线的负荷开关就没有必要采取这样的措施。

负荷开关和熔断器的组合，能有效地切除短路故障，保护设备，同时能降低设备投资和维护成本，减少维护的工作量，十分适合在环网中使用。

环网柜在配电自动化方面也扮演了重要的角色，目前不少厂家推出了带电动操动机构和控制、通信单元的产品，其组网的能力大大增强。随着城市电网的发展，电网对环网柜提出了更高的要求。这些要求概括为小型化、模块化、智能化、免维护。

2. 环网供电示例

环网供电如图 1-3 所示。在 10kV 枢纽变电站的分线 2 和 3

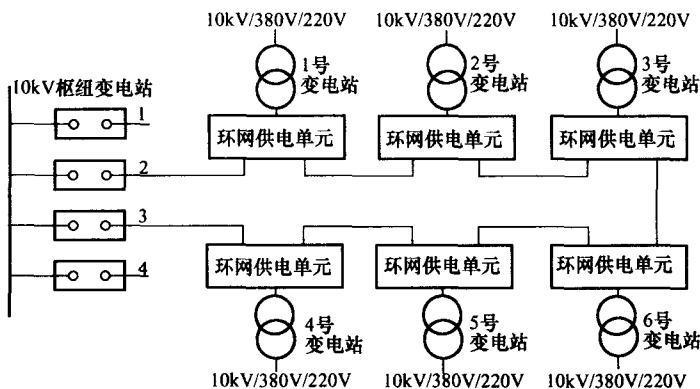


图 1-3 环网供电

两点之间拉出一条环行电缆，环路中有多个配电站给 10kV/380V/220V 变压器馈电。由于一般环网配电站的供电容量不大，其供电单元可采用结构简单、价格低廉、性能可靠的负荷开关加熔断器的方式供电。如图 1-4 所示，通常 1 个环网供电单元至少

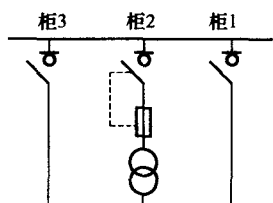


图 1-4 环网供电单元结构

由 3 个间隔组成，将柜 1、柜 2、柜 3 组成基本的环网单元。柜 1、柜 3 装有负荷开关，为环缆进出间隔，柜 2 装有负荷开关—熔断器组合电器，为变压器回路间隔，环缆进出间隔可及时隔离故障线路，变压器

回路间隔可对所接变压器起保护作用，一旦供电线路出现故障时，进出环网间隔可及时切除故障线路，并迅速接通另一正常线路，恢复系统供电。

三、10kV 开关站电气主接线

10kV 开关站根据不同的用途，有多种接线方式，常用的主要有以下三种接线方式：单母线（不分段）、单母线两分段（不带分段断路器）、单母线两分段（带分段断路器）。

1. 单母线（不分段）接线方式

单母线接线方式一般为 1~2 路 10kV 电源进线间隔，若干路出线间隔，个别也有 3 路及以上电源进线间隔的接线方式，在此不作论述。单母线接线方式按照功能不同可分为环网型单母线接线方式和终端型单母线接线方式，如图 1-5 所示。环网型单母线接线有 10kV 电源进线间隔，一进一出构成环网；终端型单母线接线只有一路 10kV 电源进线间隔。

(1) 优点：接线简单清晰、规模小、投资省。

(2) 缺点：不够灵活可靠，母线或终端型接线进线开关故障或检修，均可能造成整个开关站停电。

(3) 适用范围：一般适用于线路分段、环网，或为单电源用户设置的开关站、户外环网柜、高压电缆分接箱及箱式变高压配电装置等。

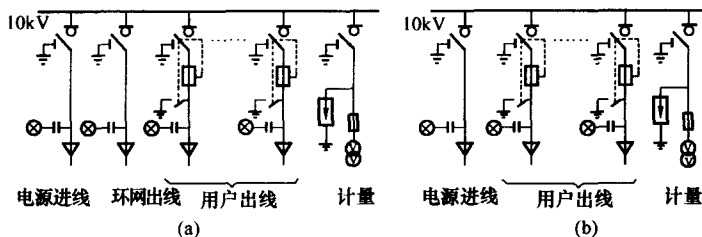


图 1-5 单母线（不分段）接线方式

(a) 环网型；(b) 终端型

注：1. 电源进线侧接地开关用挂锁锁定；

2. 图中负荷开关为三工位 SF₆ 负荷开关。

2. 单母线两分段（不带分段断路器）接线方式

单母线分段（不带分段断路器）接线方式一般有 2~4 路 10kV 电源进线间隔，若干路出线间隔，两段母线之间没有联系，单母线分段（不带分段断路器）接线方式按照功能不同可分为环网型和终端型，如图 1-6 所示。环网型单母线分段（不带分段断路器）接线每段母线上有一进一出 2 路 10kV 电源进线间隔，终端型单母线分段（不带分段断路器）接线每段母线上一般

只有一路 10kV 电源进线间隔（也有多路电源进线间隔的，在此不作论述）。

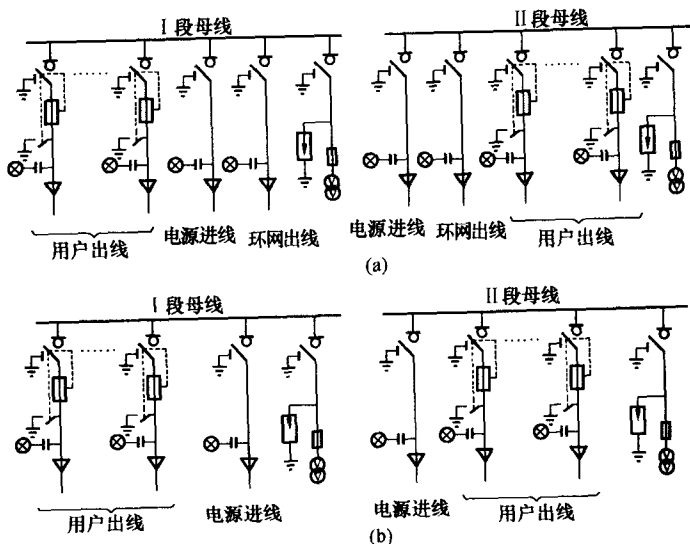


图 1-6 单母线分段（不带分段断路器）接线方式

(a) 环网型；(b) 终端型

注：1. 电源进线侧接地开关用挂锁锁定；

2. 图中负荷开关为三工位 SF₆ 负荷开关。

(1) 优点：

1) 供电可靠性高。对于环网型单母线分段（不带分段断路器）接线每一段母线均可以由两个不同的电源供电，两回电源线路中的任意一回线路故障或检修，均不影响对用户的供电。对终端型单母线分段（不带分段断路器）接线任一进线电源故障或检修时，能保证对重要用户的供电。

2) 调度灵活。能灵活地适应 10kV 配电系统中各种运行方式调度和潮流变化的需要。

(2) 缺点：与开关站相连的外部网架要强，每一段母线必须

要有两个供电电源。

(3) 适用范围：一般适用于为重要用户提供双电源、供电可靠性要求较高的开关站。

3. 单母线两分段（带分段断路器）接线方式

单母线分段（带分段断路器）接线方式一般有 2~4 路 10kV 电源进线间隔，若干路出线间隔，二段母线之间设有联络断路器。单母线分段（带分段断路器）接线方式按照功能不同可分为环网型单母线分段（带分段断路器）接线和终端型单母线分段（带分段断路器）接线，如图 1-7 所示。环网型单母线分段（带分段断路器）接线有 4 路 10kV 电源进线间隔，即每段母线有一进一出 2 回 10kV 电源进线间隔；终端型单母线分段（带分段断路器）接线一般每段母线只有一路 10kV 电源进线间隔（也有多路电源进线间隔的，在此不作论述）。

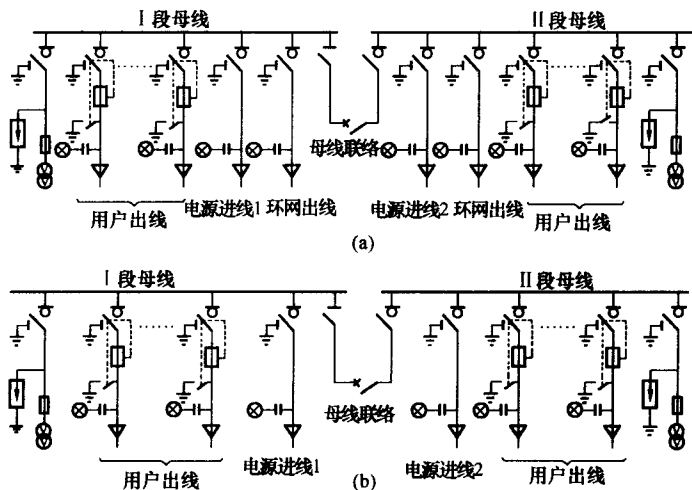


图 1-7 单母线分段（带分段断路器）接线方式

(a) 环网型；(b) 终端型

- 注：1. 电源进线侧接地开关用挂锁锁定；
 2. 图中负荷开关为三工位 SF₆ 负荷开关；
 3. 电源进线 1、电源进线 2 和母线联络只允许 2 台开关同时合闸。

(1) 优点：用断路器把母线分段后，对重要用户可以从不同母线段引出两个回路，提供两个供电电源。当一段母线发生故障或检修时，另一段母线可以正常供电，不致使重要用户停电。

(2) 缺点：

1) 母线联络需占用两个间隔的位置，增加了开关站的投资。

2) 当一段母线的供电电源故障或检修，导入第二段母线供电时，系统运行方式会变得复杂。

(3) 适用范围：一般适用于为重要用户提供双电源、供电可靠性要求比较高的开关站。

第二节 配网自动化

一、配网自动化的概述

由于配电系统是电力系统面向广大用户的一个环节，因此实施配网自动化的目的既要符合供电方（供电部门）的要求，又要满足需方（客户）的利益，其目标可以归纳为：

(1) 提高供电可靠性，使城市供电可靠率达到 99.9%，大中城市中心的供电可靠率达到 99.99%。

(2) 提高电能质量，降低线损，使城市电力网电压合格率不小于 98%，电网频率合格率不小于 99.9%。

(3) 提高供电的经济性。

(4) 提高为用户服务水平和用户的满意程度。

(5) 提高供电企业管理水平和劳动生产率。

国家电力公司在《10kV 配网自动化发展规划要点》中关于配网自动化的定义为：“利用现代通信和计算机技术，对电网在线运行的设备进行远方监视和控制的网络系统。它包括 10kV 馈线自动化、开关站和小区配电所自动化、配电变压器和电容器组等的检测自动化等”。

二、10kV 开关站的配电自动化装置

10kV 开关站是城镇配电网的重要组成部分，随着电网的发