

DIQUPEIDIAN ZIDONGHUA
ZUIJIASHIJIANMOSHI

地区配电自动化 最佳实践模式

黄汉棠 等编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

DIKUPEIDIAN ZIDONGHUA
ZUIJIASHIJIJIANMOSHI

地区配电自动化 最佳实践模式

主 编
编写人员

黄汉棠
郑建平
赵文博
卢小海

方丽华
李国号
沈浩东

张喜平
包达志
杜红卫



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书系统地论述了配电自动化系统的基本原理、设计理念和建设模式。本书共9章,全面阐述了配电主站、子站/配电终端和通信建设的基本原理与原则,并结合广东中山配电自动化工程案例探索了配电自动化建设最佳模式,最后对配电自动化技术未来的发展趋势进行了展望。本书的出版有助于推进我国配电自动化建设的实用化进程,对智能配电网建设具有一定的指导意义。

本书可供供电企业从事配电自动化的技术人员、研究人员以及设计人员阅读,也可供高等院校的师生作参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

地区配电自动化最佳实践模式/黄汉棠等编著. —北京:
中国电力出版社, 2011. 3

ISBN 978 - 7 - 5123 - 1479 - 5

I. ①地… II. ①黄… III. ①配电自动化 - 最佳化
IV. ①TM76

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 037582 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2011 年 4 月第一版 2011 年 4 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 12.75 印张 286 千字

印数 0001—3000 册 定价 30.00 元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

序

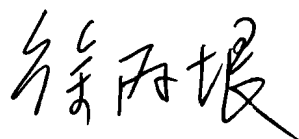
配电自动化（DA）能够改变配电网“盲管”现象、提高供电质量与运行效率，是智能电网建设的关键支撑内容。国际上对 DA 的研究与应用开始于 20 世纪 80 年代中期，经过近 30 年的发展，DA 技术日趋成熟，在发达国家获得了广泛应用。目前，新加坡、中国香港、日本、法国、意大利等国家与地区基本实现了 DA 的全覆盖，在韩国、英国、西班牙、美国等国家也有大规模的应用。

我国在 20 世纪 90 年代中期正式开始 DA 项目试点工作。1998 年国家启动城乡电网改造，DA 获得了较大范围内的工程化实施，到 2003 年底，我国有 100 多个地级城市建起了 DA 系统。但是，由于规划、技术和管理上的诸多原因，相当一部分早期建设的 DA 系统运行不正常，没有发挥出应有的作用。因此，大家对前段时间的 DA 热进行反思，对 DA 持比较慎重的态度。近年来，随着我国社会与经济的快速发展，客户对供电质量要求的不断提高，DA 又引起了人们的重视，而智能电网的兴起，更是极大地助推了 DA 的发展。南方电网公司 2008 年启动了广州、深圳两个城市的 DA 试点工作，目前正在着手南宁、东莞等 13 个主要城市的 DA 建设工作。国家电网公司 2009 年启动了北京、杭州、厦门、银川 4 个城市的 DA 试点项目，2010 年起另有 20 多个城市实施 DA。新一轮的 DA 建设热潮又在全国各地兴起。然而，DA 涉及成千上万配电设备，系统的建设是一项庞大、复杂的工程。目前，业界对其必要性与建设模式还没有完全达成共识，一些具体的技术问题还缺少经济可行的解决方案。因此，十分有必要认真总结过去 DA 建设的经验教训，加强技术交流与研讨，以少走弯路，推动我国 DA 建设的健康发展。

《地区配电自动化最佳实践模式》一书的编写与出版可谓恰逢其时。本书作者长期从事 DA 的研究、工程应用以及运行管理工作，对 DA 有着深刻的体会与理解。他们在分析国内外 DA 建设与应用情况的基础上，把现代 DA 技术与我国供电企业实际需求相结合，总结归纳出了多种 DA 建设模式；根据广东中山供电局十几年 DA 工程的经验，提出了最佳的建设模式。本书内容新颖、实践性强，弥补了已有配电自动化书籍因出版时间较早而内容陈旧或因侧重于知识性介绍与实际结合不够的不足，对从事 DA 技术研发、规划设计与工程应用的人员很有参考价值。

本人在北京参加“十一届四次人代会”期间，接到中山供电局通信运维部张喜平副主任的电话，希望我能为他们的这本新书写个序。由于担心写不出高度，一时有些犹豫，可是盛情难却，又考虑到可以借机会谈一下自己的体会，最后还是欣然接受了。2009年冬天，曾去中山供电局做过DA技术的交流，给我留下了深刻的印象。中山供电局自2000年开展DA试点工作，多年来，坚持不懈、扎扎实实地开展工作，在使本局DA系统实用化的同时，也为我们提供了一个难得的成功案例。感谢他们和国电南瑞的技术人员在繁忙的工作之余编写这样一本书，与大家分享他们的研究成果与工程经验。

目前，我国城市客户年均停电时间在9小时左右，还远落后于几十分钟甚至是几分钟的国际先进水平。据统计，客户遭受的停电时间90%以上是由中低压电网的原因引起的。不断提高配电网技术装备水平，是使我国供电可靠性赶超世界先进水平，适应社会经济快速发展的必然选择。为此，国家电网公司、南方电网公司都已把加大配电网投资，提高供电可靠性，作为“十二五”电网发展规划的重点内容，因此，DA大有用武之地。本人自20世纪90年代初从事DA研究与应用工作，对DA事业有着很深的感情。回顾我国DA发展的历程，感慨万千：既有为她的广阔前景而鼓舞，为她的成功应用而欢欣；也有为她得不到重视而困惑，为她遇到挫折而沮丧。我想从事DA工作的同仁，都有类似的感受。正是“千磨万击还坚劲”，20多年来，DA技术及其应用水平还是在曲折中不断地完善、提高，呈现了旺盛的生命力。面对当前DA发展的好势头，我们应抓住机遇，真抓实干，积极稳妥地推进DA建设，使我国DA应用水平上一个新台阶。在这里，谈一下对DA未来的展望与期盼，抒发一下发展DA的愿望，与编者和广大DA工作者共勉。



山东理工大学电气电子学院

2010年3月5日于北京

前言

配电网作为输配电系统的最后一个环节，其自动化的实现程度与供用电的质量、可靠性密切相关。国外的配电自动化经过近 30 年的发展，已成为电网现代化管理中不可缺少的组成部分，是提升客户服务质量和提高企业经济效益的主要手段。我国从 20 世纪 90 年代中期开展了配电自动化工作以来，多数早期建设的配电自动化系统没有发挥应有的作用。我国早期建设的配电自动化作用之所以不明显，是因为一是在实用化和经济效益方面的建设理念注重不够，缺乏整体的规划和分步实施方案；二是相关技术和产品不够成熟，设备可靠性差，关键技术问题没能得到很好的解决；三是配电一次网架建设和改造跟不上，配电网结构存在缺陷；四是运行维护管理不到位，缺乏相关管理规定。

近年来，随着计算机、通信技术的迅速发展和对配电自动化的深入理解，通过相关生产厂家和应用单位的不懈努力，我国的配电自动化技术以及相关一次电气设备的制造技术日益成熟。南方电网公司从 2008 年、国家电网公司从 2009 年开始，在多个城市进行了配电自动化建设试点，掀起了新一轮配电自动化建设与投资热潮。配电自动技术逐渐向多样化、集成化、智能化的方向发展，使得配电网在供电可靠性、供电质量和设备利用效率等方面的优势逐渐体现出来。如今在大力发展智能电网的背景下，作为智能电网的重要基础之一，配电自动化的发展越来越受到重视。

智能电网战略目标的提出给配电自动化注入了新的内涵，也给配电自动化带来了新的生机，为配电自动化的发展指明了方向。配电自动化在今后相当长的一段时期，一方面要解决实际应用中需要改进和完善的技术问题；另一方面要面对智能电网对配电自动化技术的新需求和新挑战，积极研究智能配电技术。

基于上述分析，本书从配电自动化建设和实践角度，对工程案例进行分析，努力解决配电自动化工程实践中的认识、技术和管理问题，并找出有规律性的经验，以指导今后的实践。

全书共分为 9 章，由黄汉棠担任主编。各章编写人员及编写分工如下：第 1 章、第 4 章由黄汉棠编写；第 2 章由郑建平编写；第 3 章由方丽华编写；第 5 章由李国号、沈浩东编写；第 6 章由赵文博、卢小海编写；第 7 章由张喜平、包达志编写；第 8 章由方丽华、

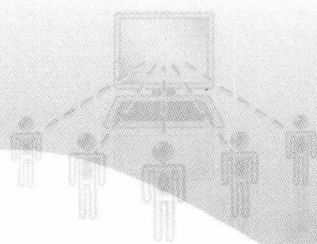
张喜平编写；第9章由郑建平、杜红卫编写。

在本书编写过程中，广东电网公司中山供电局、国电南瑞科技股份有限公司等单位给予了大力支持。本书在编写过程中还参考了有关技术书籍、国家标准、运行规程、技术说明书等，在此，对以上单位及有关作者表示衷心的感谢。

由于时间仓促及编者水平有限，书中疏漏和不足之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

2011 年 1 月



目 录

序 前言

1 概述	1
1.1 配电网及其特点	1
1.1.1 配电网构成及含义	1
1.1.2 配电网典型接线	2
1.1.3 配电设备	3
1.2 配电自动化	5
1.2.1 配电自动化体系结构	5
1.2.2 配电自动化的意义	6
1.3 配电自动化发展及现状	7
1.3.1 国内、外配电自动化发展历程	7
1.3.2 国内配电自动化建设难点分析	10
1.3.3 配电自动化技术现状	12
2 配电自动化总体设计	14
2.1 总体设计思想	14
2.1.1 配电自动化发展趋势	14
2.1.2 配电自动化发展目标	14
2.1.3 配电自动化的五种建设模式	15
2.1.4 配电自动化系统设计思想	19
2.2 设计目标	20
2.2.1 配电主站设计	20
2.2.2 配电子站及终端设计	21
2.2.3 配电通信设计	23

3	配电自动化主站	26
3.1	设计原则	26
3.1.1	标准性	26
3.1.2	可靠性	26
3.1.3	可用性	26
3.1.4	安全性	26
3.1.5	扩展性	27
3.1.6	先进性	27
3.2	系统结构	27
3.2.1	硬件结构	28
3.2.2	软件结构	29
3.3	功能设计	32
3.3.1	支撑平台功能	32
3.3.2	模型管理	33
3.3.3	配电数据采集	33
3.3.4	配网运行监控	37
3.3.5	WEB 发布	40
3.3.6	配电网分析应用功能	40
3.3.7	与其他系统的信息交互	46
4	信息交换技术	49
4.1	IEC 61968	49
4.2	信息交互总线总体结构	50
4.3	信息交换总线功能	53
4.3.1	信息交换模型管理	53
4.3.2	信息交互日志与数据库	53
4.3.3	实时与准实时数据传输	53
4.3.4	支持大容量消息	53
4.3.5	稳定性与可靠性	53
4.3.6	发布/订阅机制	53
4.3.7	支持多总线需求	54
4.3.8	接入系统管理	54
4.3.9	支持数据集成模式	54
4.3.10	事件通知服务	54
4.3.11	数据同步管理	54
4.3.12	总线安全机制	54
4.3.13	数据采集功能	54

4.3.14	基于浏览器的管理界面	54
4.3.15	历史数据提取功能	55
5	配电子站/终端	56
5.1	配置基本原则	56
5.1.1	配电子站配置基本原则	56
5.1.2	配电终端配置基本原则	57
5.2	数据采集原则	58
5.2.1	数据输入要求	58
5.2.2	数据采集类型	60
5.3	终端功能需求	62
5.3.1	馈线监控终端 FTU	63
5.3.2	配电变压器监测终端 TTU	64
5.3.3	开关站监控终端 DTU	65
5.4	终端建设与改造	65
5.4.1	配电终端的基本结构	65
5.4.2	配电终端设计要求	67
5.4.3	子站/终端技术指标	68
6	馈线自动化和故障指示	70
6.1	馈线自动化	70
6.1.1	基于重合器—分段器的就地型馈线自动化	70
6.1.2	基于 FTU 的馈线自动化	77
6.1.3	就地型与集中型馈线自动化的比较	78
6.1.4	基本原则	79
6.1.5	建设方案	79
6.2	故障指示器	83
6.2.1	短路故障指示器	83
6.2.2	接地及短路故障指示器	84
6.2.3	面板型故障指示器	85
6.2.4	高压线路故障指示器	85
6.2.5	有信号源故障检测系统	86
6.2.6	电力线路智能监测系统	86
6.2.7	建设方案	86
7	配电通信建设	88
7.1	配电自动化对通信系统的要求	88
7.1.1	抗电磁干扰能力强	88

7.1.2	经济性	88
7.1.3	通信速率	88
7.1.4	双向通信能力及可扩展性	89
7.1.5	建立备用通信通道	89
7.1.6	确保在电网停电或故障时不影响通信运行	89
7.1.7	通信设备便于操作与维护	89
7.1.8	防过电压和防雷措施	90
7.1.9	配电自动化系统新业务对通信系统的要求	91
7.2	配网通信产品与技术现状及发展趋势	92
7.2.1	工业以太网交换机	92
7.2.2	以太无源光网络 EPON	92
7.2.3	配电线载波通信	93
7.3	工业以太网配电通信系统典型设计	95
7.3.1	工业以太网技术原理	95
7.3.2	工业以太网配电通信网组网典型设计	95
7.4	EPON 配网通信系统典型设计	98
7.4.1	EPON 线路设计原理与方法	98
7.4.2	EPON 主要技术指标及检测方法	100
7.4.3	EPON 通信组网典型设计	103
7.5	中压配电线载波组网通信典型设计	105
7.5.1	中压配电线网络结构的接线模式	105
7.5.2	电力电缆屏蔽层载波组网通信的耦合方式	105
7.5.3	载波信号耦合和高频网桥技术	107
7.5.4	环式接线模式的载波组网的典型设计	107
7.5.5	“手拉手”环网接线模式的载波组网通信的典型设计	108
7.5.6	辐射供电接线模式的载波组网通信的典型设计	109
7.6	无线专网及其在电力系统中的应用	109
7.6.1	Wi-Fi 技术	109
7.6.2	无线传感网络技术	113
7.6.3	无线传感器网络在电力系统中的应用	117
7.7	无线公网通信技术在配电通信网中的应用分析	120
7.7.1	技术特点	120
7.7.2	技术关键	121
7.7.3	应用模式	123
7.7.4	适用场合	125
7.8	配网通信综合网管系统	125
7.8.1	配网通信综合网管系统的背景及目的	125
7.8.2	综合网管系统的功能模块及软件架构	126

7.8.3 综合网管系统的典型设计	128
-------------------------	-----

8 最佳实践案例——中山供电局配电自动化建设

8.1 概述	130
8.1.1 行政区划及用电情况	130
8.1.2 配电自动化建设历程	131
8.1.3 配网自动化建设新成果及大事记	132
8.2 系统结构及特点	132
8.2.1 OPEN3200 系统结构	132
8.2.2 配网通信结构	133
8.2.3 配电自动化系统特点	133
8.3 系统功能	134
8.3.1 OPEN3200 系统主要功能介绍	134
8.3.2 馈线自动化和故障定位功能介绍	137
8.3.3 配网自动化建设创新点	138
8.4 应用特色	139
8.4.1 因地制宜,多种方式实现配网自动化	139
8.4.2 完善一次网架	140
8.4.3 馈线自动化和故障定位的应用	140
8.4.4 工业级以太网交换机的应用	140
8.4.5 制定 101 平衡式规约实施细则	140
8.4.6 在线模型拼接和数据转发技术的使用	141
8.4.7 红黑图机制的应用	144
8.4.8 解合环操作功能的应用	147
8.4.9 无控件 WEB 应用	150
8.4.10 在线统计功能	152
8.5 运行情况及效益体现	153
8.5.1 运行情况	153
8.5.2 效益体现	154
8.6 技术展望	156

9 配电自动化新技术

9.1 配电自动化热点分析	157
9.1.1 配电自动化标准体系研究	157
9.1.2 大规模复杂智能配电系统建模与信息融合	158
9.1.3 智能配电系统应用集成与互操作研究	158
9.1.4 配网不良数据辨识及非健全信息条件下故障处理的研究	158
9.1.5 配电网高可靠供电关键技术研究	159

9.1.6	智能配电网供电模式优化技术	159
9.1.7	配电网高效经济运行技术研究	159
9.1.8	配电终端新型备用电源和取电技术研究	159
9.1.9	配电网单相接地定位技术的研究	160
9.1.10	分布式电源和储能系统接入与协调控制关键技术研究	160
9.1.11	多能源互补配电网能量优化关键技术研究	160
9.1.12	智能用电与互动化关键技术研究	161
9.2	智能电网与配电自动化	161
9.2.1	智能电网的发展	161
9.2.2	智能配电网的特征	162
9.2.3	智能电网的作用及意义	163
9.2.4	智能配电网与配电自动化	163
9.3	高级配电自动化	164
9.3.1	高级配电自动化主要技术内容	165
9.3.2	高级配电自动化主要功能	166
9.4	分布式电源/储能/微网接入	166
9.4.1	分布式发电技术	166
9.4.2	分布式发电与并网技术	168
9.4.3	微电网技术	173
9.5	电动汽车充放电技术	177
9.5.1	电动汽车充放电技术研究现状	178
9.5.2	电动汽车充放电设备及管理系统	179
9.5.3	电动汽车充放电设施运行对电网的影响分析	182

附录	中英文名词对照表	183
----	----------------	-----

参考文献		189
------	-------	-----

概 述

1.1 配电网及其特点

1.1.1 配电网构成及含义

电力网根据在电力系统中的作用分为输电网和配电网。输电网是通过高压、超高压输电线将发电厂与变电站、变电站与变电站连接起来，完成电能传输的电力网络，又称为电力网中的主网架。配电网是从输电网或地区发电厂接收电能，通过配电设施就地或逐级分配给客户的电力网。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客户供电的网络，称为配电网。配电网是电力系统向客户供电的最后一个环节，它由配电网架空配电线路、电缆配电线路、变电站、开闭所及降压变压器等构成。

电力系统结构如图 1-1 所示。

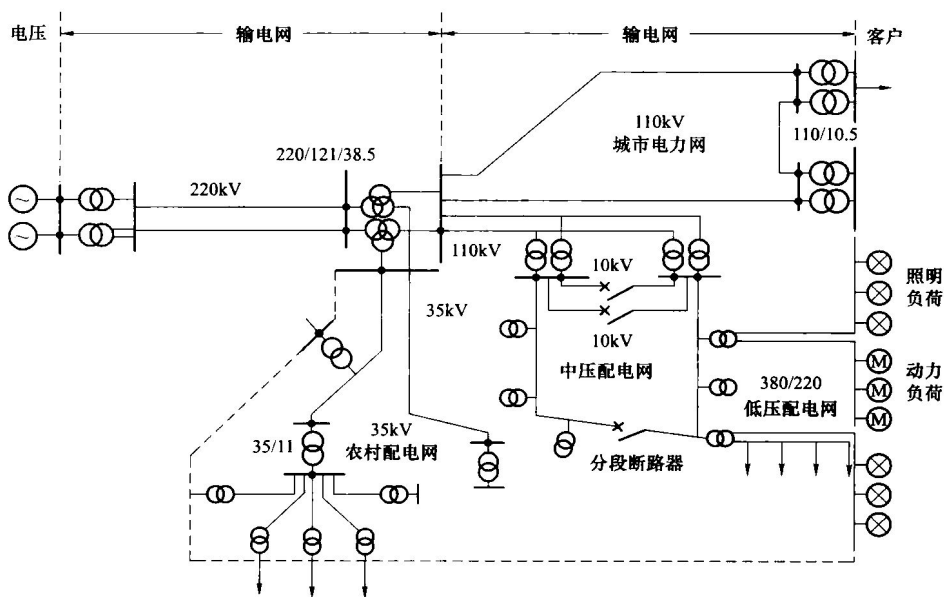


图 1-1 电力系统结构

配电网按照电压等级可分为高压配电网（35 ~ 110kV）、中压配电网（6 ~ 10kV）、低压配电网（220 ~ 380V）；按照地域服务对象可分为城市配电网和农村配电网；按照配电

线路类型可分为架空配电网和电缆配电网。

配电网主要供给一个地区的用电，相对于输电网络来说，它的电压等级和供电范围均要小一些。它在结构上的最大特点是作为电力网的末端直接和客户相连，敏锐地反映客户在安全、优质、经济等方面的要求。配电网的特点一般有：深入城市中心和居民密集点；传输功率和距离一般不大；供电容量、客户性质、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。

1.1.2 配电网典型接线

配电网架包括电源、网架、线路开关设备等。其中，网架方式包括电缆、架空线路及电缆与架空线混合线路等；开关设备包括重合器、分段器、断路器、负荷开关、环网柜等。配电网架的接线方式对配电自动化系统的技术方案有较大的影响。

1.1.2.1 架空网典型接线图

架空线路一般环网布置开环运行，采用柱上负荷开关将线路多分段、适度联络，如图 1-2（三分段、三联络）所示。不具备多联络条件时，可采用线路末端联络方式，如图 1-3 所示。

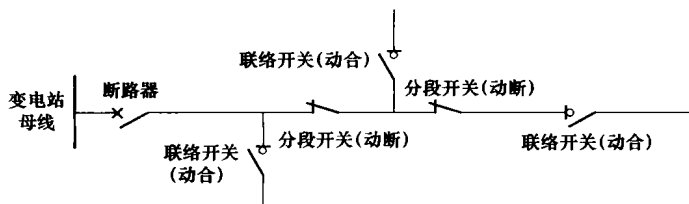


图 1-2 架空单侧电源三分段、三联络

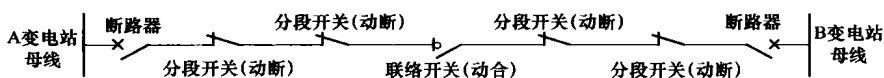


图 1-3 20、10kV 架空双侧电源多分段、单联络

1.1.2.2 电缆网典型接线图

一、双射接线方式

自一座变电站或开关站的不同中压母线引出双回线路，或自同一供电区域的不同变电站引出双回线路，形成双射接线方式，如图 1-4 所示。有条件、必要时，可过渡到双环

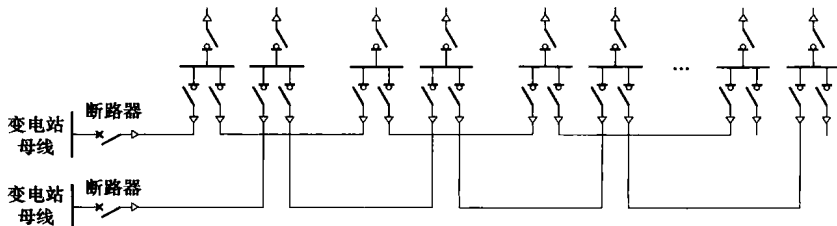


图 1-4 电缆单侧电源双射式

网接线方式。高负荷密度地区可自不同 20kV 母线引出两回或三回线路，形成双射线和三射线接线方式。

二、单环网接线方式

自同一供电区域两座变电站的中压母线（或一座变电站的不同中压母线）或两座开关站的中压母线（或一座开关站的不同中压母线）馈出单回线路构成单环网接线方式，且开环运行，如图 1-5 所示。

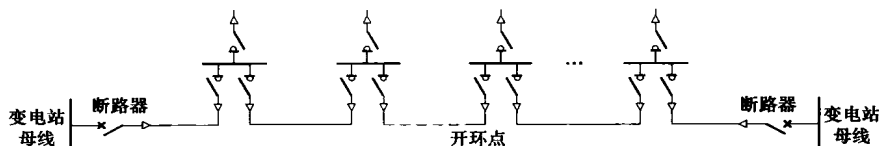


图 1-5 电缆双侧电源单环式

三、双环网接线方式

自同一供电区域的两座变电站（或两座开关站）的不同中压母线各引出一回线路，构成双环网接线方式，如图 1-6 所示。

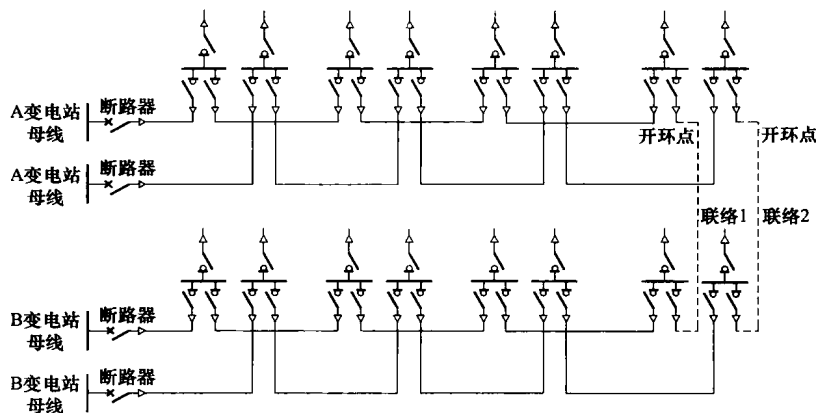


图 1-6 电缆双侧电源双环式

四、对射线接线方式

自不同方向电源的两座变电站（或开关站）的中压母线馈出单回线路组成对射线接线方式，一般由改造形成，如图 1-7 所示。

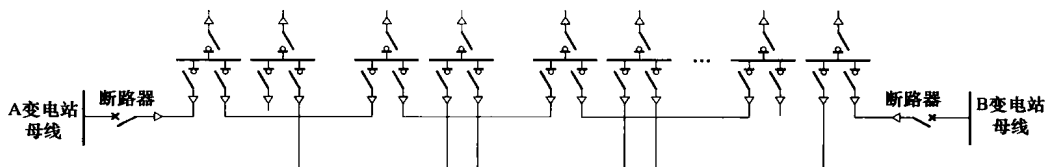


图 1-7 电缆双侧电源对射式（双射）

1.1.3 配电设备

配电网的主要配电设施包括柱上断路器、中压开关站、环网柜、配电变压器、箱式

变压器等。由于各地使用习惯和命名方式不同，配电设施的命名还有其他表达方式。

1.1.3.1 柱上断路器

为提高供电可靠性，需要对配电网供电线路进行分段。当发生故障或需要隔离故障时，通过断路器实现故障区域隔离、非故障区域恢复供电。通常将装在电线杆上的断路器称作柱上断路器，如图 1-8 所示。

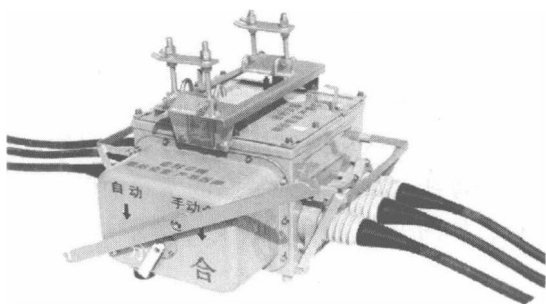


图 1-8 柱上断路器

1.1.3.2 中压开关站

为解决变电站进出线间隔有限或进出线走廊受限的问题，在区域中起到对电源的支撑作用，对功率进行再分配的配电设施称为中压开关站。其特征是电源进线侧和出线侧的电压相同。中压开关站一般有两进线、多条出线，如图 1-9 所示。

1.1.3.3 环网柜

为提高供电可靠性，使客户可以从两个方向获得电源，通常将供电网连接成环形，这种供电方式称为环网供电。在工矿企业、住宅小区、港口和高层建筑等交流 10kV 配电系统中，因负荷容量不大，其高压回路通常采用负荷开关或真空接触器控制，并配有高压熔断器。由于该系统通常采用环网供电，故所使用的高压开关柜一般习惯上称为环网柜，如图 1-10 所示。



图 1-9 中压开关站

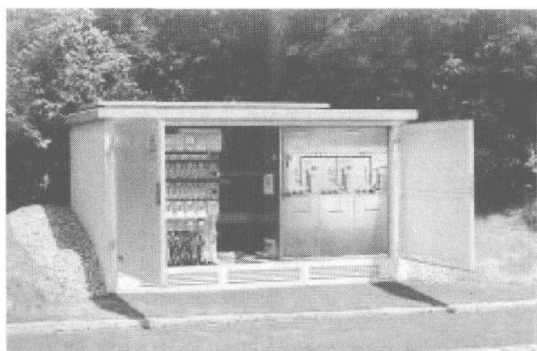


图 1-10 环网柜

1.1.3.4 配电变压器

配电变压器是一种静止的电气设备，是用来将某一数值的交流电压变成频率相同的另一种或几种数值不同电压的设备，如图 1-11 所示。它通常装在电杆上或配电所中，一般将电压从 6~10kV 降至 400V 左右向客户供电。

1.1.3.5 箱式变压器

箱式变压器将传统变压器集中设计在箱式壳体内，具有体积小、质量轻、低噪声、低损耗、高可靠性等优点，广泛应用于住宅小区、商业中心、机场、厂矿、企业、医院、学校等场所，如图 1-12 所示。