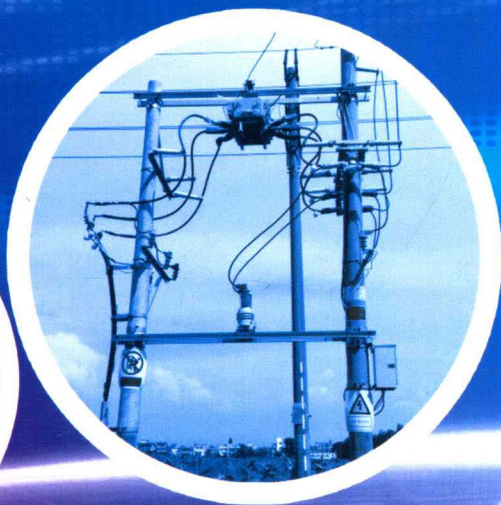


PEIDIAN ZIDONGHUA

YUNWEI JISHU

配电自动化 运维技术

国家电网有限公司运维检修部 组编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

PEIDIAN ZIDONGHUA

YUNWEI JISHU

配电自动化 运维技术

国家电网有限公司运维检修部 组编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

目前国内投运配电自动化系统(DAS)已逾百套,遍及百余座大中及部分县级城市,展现出需求和行业发展良好发展前景。但目前国内配电自动化(DA)总体实用化水平还不高。

本书由国家电网有限公司运维检修部组织专家研究和编写。全书共9章。总结、分享多年来国内配电自动化建设、运维实践经验,进一步传递配电自动化新思想、新应用、新要求,特别在加强信息安全、运行监控以及拓展对配电网设备运维管控实用功能等方面给予了重点阐述。

在编排体例上考虑不同层次和专业读者水平,顾及专业性、技术互补性、技术系统性、可读性,突出配电自动化系统及其相关设备的运维技术特点,面向行业,立足生产、研发、产品供应等企业发展和实际应用,内容翔实。

本书可供配电自动化专业相关研发、制造、运行维护技术人员及管理者学习使用,也可供大专院校相关专业师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

配电自动化运维技术 / 国家电网有限公司运维检修部组编. —北京: 中国电力出版社, 2018.6 (2018.10重印)
ISBN 978-7-5198-2024-4

I. ①配… II. ①国… III. ①配电自动化—电力系统运行②配电自动化—检修 IV. ①TM76

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 090767 号

出版发行: 中国电力出版社

地 址: 北京市东城区北京站西街 19 号 (邮政编码 100005)

网 址: <http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑: 罗翠兰 邓慧都 (010-63412428/2636)

责任校对: 闫秀英

装帧设计: 郝晓燕

责任印制: 石雷

印 刷: 北京天宇星印刷厂

版 次: 2018 年 6 月第一版

印 次: 2018 年 10 月北京第三次印刷

开 本: 787 毫米×1092 毫米 16 开本

印 张: 18.5

字 数: 441 千字

印 数: 4001—6000 册

定 价: 86.00 元



版 权 专 有 侵 权 必 究

本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

《配电自动化运维技术》

编 委 会

主 任 周安春

副主任 张薛鸿 吕 军

主 编 宁 昕

副主编 刘日亮 郑 毅

参 编 张 波 房 牧 邵志敏 孙 勇

徐重酉 冷 华 赵江河 韦 磊

陈宜凯 史常凯 苏毅方 张智远

朱吉然 唐海国 李二霞 王 凯

郑伟彦 周 勳 陈奎阳 刘志宏

韩寅峰 朱道华 周养浩 兰 林

李 杰 曾 天 秦 昊

前 言



国内新一轮配电自动化（DA）建设和应用，已取得较大的进步。目前国内投运配电自动化系统（DAS）已逾百套，遍及百余座大中城市及部分县级城市，展露出需求和行业发展良好发展前景，同时配电自动化已经成为城市配电网智能化领域不可或缺的有力抓手。但是配电自动化系统建设难，运维和应用更难，需要持之以恒地发展，尤其是应用。目前国内配电自动化总体实用化平均水平还不高，影响其实用化的因素很多，包括技术、管理、应用、产品质量等，而配电自动化系统运行维护技术水平是提升实用化水平的关键。

本书由国家电网有限公司运维检修部组织专家编写而成，希望通过总结、分享多年来国内配电自动化建设、运维实践经验，传递配电自动化新思想、新应用、新要求。面向行业，立足生产、研发、产品供应等企业发展和实际应用，切实提高配电自动化工程专业技术水平，使我们能够做到建而有成，用而有效。助推配电自动化规划、设计以及建设，夯实“十三五”配电自动化建设基础。

在编排体例上考虑不同层次和专业环节读者水平，内容编写顾及专业性、技术互补性、技术系统性、可读性，突出运维技术及其管理特点。

本书共9章，包括配电自动化发展与应用、配电自动化与配电网、配电一次设备与二次回路、配电主站、配电终端、配电通信、配电网故障与处理、信息交互及应用、系统验收与运维。

国家电网有限公司运维检修部组织专家对本书进行了审查，编写组根据审查意见进行了多次修改订正。由于时间仓促，技术发展很快，限于编写人员水平，疏漏之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者
2018年2月

目 录

前言

第 1 章 配电自动化发展与应用	1
1.1 配电自动化定义和整体结构	1
1.2 国内外配电自动化基本现状	2
1.3 国内配电自动化建设与主要成果	8
1.4 国内配电自动化新思想与设计框架	12
第 2 章 配电自动化与配电网	14
2.1 配电网基础	15
2.2 配电自动化与配电网规划建设	20
2.3 配电自动化与配电网检修抢修	22
2.4 配电自动化与配电网调度运行	26
2.5 配电网设备新投异动管理	31
第 3 章 配电一次设备与二次回路	33
3.1 配电一次设备	33
3.2 配电二次回路	59
3.3 配电一、二次设备成套化	65
3.4 配电设备与二次回路运维	70
第 4 章 配电主站	77
4.1 配电主站系统硬件平台	77
4.2 配电主站系统基础平台	80
4.3 主要应用软件	86
4.4 配电主站运行维护	102
第 5 章 配电终端	114
5.1 配电终端分类	114
5.2 配电终端功能构造	118
5.3 配电终端参数配置	126
5.4 配电终端运维	140
第 6 章 配电通信	146
6.1 电力通信网结构及承载业务	146

6.2	配电骨干通信网	148
6.3	配电终端通信接入网	148
6.4	配电通信系统运维	158
第7章	配电网故障与处理	180
7.1	配电网故障特征	181
7.2	配电网继电保护	185
7.3	配电网馈线自动化	189
7.4	馈线自动化运维	212
第8章	信息交互及应用	223
8.1	信息交互意义与应用框架	224
8.2	配电网图形与模型	231
8.3	配电网信息交互运维	238
第9章	配电自动化系统验收和运维	259
9.1	系统验收准备	259
9.2	配电自动化系统验收	271
9.3	配电自动化系统运维技术管理	280
	参考文献	287

第 1 章 配电自动化发展与应用

首先以 Q/GDW 382/1382《配电自动化技术导则》为先导，提出配电自动化及其系统的基本定义，明确业务需求的主要目标，突出配电网调控和配电网运维检修、抢修业务多应用主体，了解整体配电自动化系统的框架结构。

介绍国内外配电自动化基本现状和发展趋势，作为后续篇章基础。回顾历史、记取教训、学习典型、了解实情、引导发展。中西方国情不同，开展配电自动化的起点不同，因而形成不同的配电自动化理念和应用模式，各国发展脉络、技术框架和应用现状作为借鉴。

国外配电自动化起始于 20 世纪 50 年代初期，这与调度自动化的发展史基本一致，在工业发达国家已经有四十多年的发展历史。近 20 年来，配电自动化已经成为世界各大电力公司配电网管理不可缺少的重要组成部分和专业发展领域。亚洲、欧洲、美洲都有很好的典型案例国家。其中可以看到各国公司的技术和应用特点，以及各个时期不同技术路线的历史烙印。各国虽建设模式不尽相同，技术也不一定最先进，但满足需求，持续应用并发挥作用，这是共性。本章简要给予介绍，以便思考自身发展路线和建设方案。

1999~2000 年，我国也曾轰轰烈烈开展过配电自动化新技术推广，史称第一次浪潮，积累了丰富的经验，更有深刻的教训。2009 年以来，在智能电网新时代推动下，国家电网公司和南方电网公司“两网”公司重启配电自动化建设和应用航船，几年来“两网”试点和推广城市已逾百座，展示了新的配电自动化成果和业绩，包括建设管理、技术框架、系统功能、信息交互、通信、运维管理等。探索了符合国情的技术路线，强化了实事求是的发展理念。本章介绍相关工程推动以及主要技术路线的制订、执行概貌。

最后概要国家电网公司配电自动化新的总体框架思路，表达业内落实国家“十三五”行动计划、展示技术创新与应用拓展相结合的新思想，包括信息安全与新的应用技术对接等相关内容。

1.1 配电自动化定义和整体结构

在 Q/GDW 382—2009《配电自动化技术导则》（简称《导则》）基础上，2013 年国家电网公司经过修订，重新发布对配电自动化 DA（Distribution Automation）的相关技术规定——Q/GDW 1382—2013《配电自动化技术导则》。Q/GDW 1382—2013 对配电自动化的定义是：配电自动化以一次网架和设备为基础，综合利用计算机、信息及通信等技术，并通过与相关

应用系统的信息集成，实现对配电网的监测、控制和快速故障隔离。

配电自动化系统是实现配电网运行监视和控制的自动化系统，具备监测控制和数据采集 SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)、故障处理、分析应用及与相关应用系统互联等功能，主要由配电自动化系统主站、配电自动化系统（子站）、配电自动化终端和通信网络等部分组成。

配电自动化系统以配电网调控和配电网运维检修为应用主体，整体满足配电运维管理抢修管理和调度监控等功能应用需求，以及与配电网相关的其他业务协同需求，提升配电网精益化管理水平。配电自动化系统整体结构示意图如图 1-1 所示。

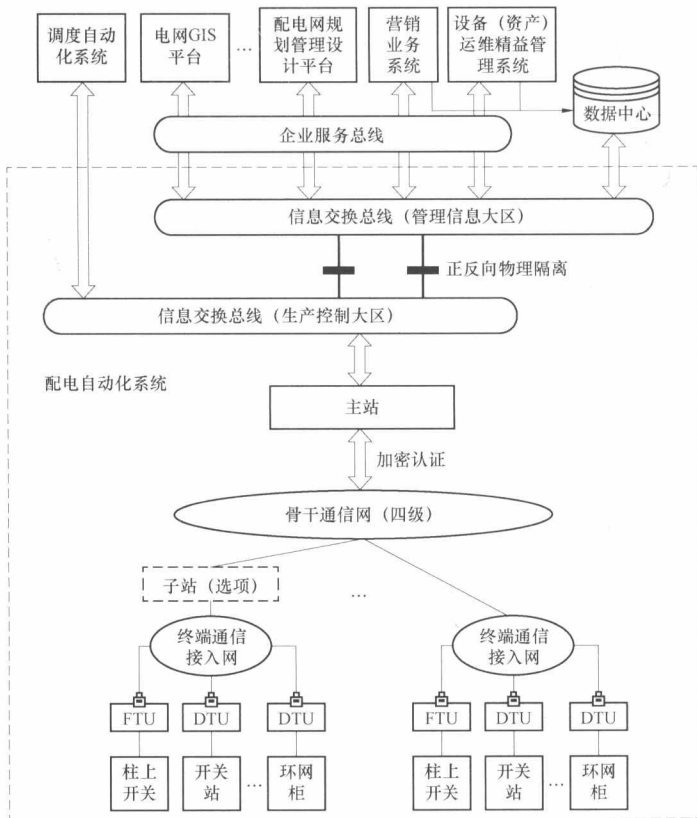


图 1-1 配电自动化系统整体结构示意图

图 1-1 表达了配电自动化系统的一般结构存在形态，与具体系统体系结构内外部以及信息安全的具体措施部署无关，重点关注信息分区隔离、分区分管、信息交互、总线技术、SCADA 以及馈线自动化 FA (Feeder Automation) 可能存在的各种模式，配电自动化系统涉及的各个层级以及各个环节都包含其中，如一次、二次、通信、信息、主站、安全分区及其不同的系统等，而实际系统可能是一套更加完整和多变结构的设计方案。

1.2 国内外配电自动化基本现状

国外配电自动化起始于 20 世纪 50 年代初期，这与调度自动化的发展史一致，在工业发

达国家已经有 40 多年的发展历史。不过与调度自动化发展史不同，国内调度自动化系统——能量管理系统 EMS (Energy Management System) 基本保持与国外同步发展的趋势，70 年代以及后期发力，至 80 年代引进四大电网 EMS，如今完全赶上甚至超越了国外。而国内的配电自动化在 90 年代后期才有了较为广泛的认知和实践，差距显而易见，同时配电自动化的发展又极其依赖管理及多专业业务的共同支撑，因此配电自动化在国内的发展更具有中国特色。

1.2.1 国外基本现状

20 世纪初期，英国、日本、美国等国家开始使用时间顺序送电装置自动隔离故障区间、恢复非故障区段的供电，从而减少故障停电范围，加快查找馈线故障地点。而在此之前配电变电站以及线路开关设备的操作与控制均采用人工方式。20 世纪七八十年代开始应用电子及自动控制技术，开发出智能化自动重合器、自动分段器及故障指示器，实现故障点自动隔离及非故障线路的恢复供电，推动馈线自动化的发展。

20 世纪 80 年代，随着计算机及通信技术的发展，形成了包括远程监控、故障自动隔离及恢复供电、电压调控、负荷管理等实时功能在内地配电自动化技术。1988 年，国际电气和电子工程师协会 IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) 编辑出版了配电自动化教程，标志着配电自动化技术趋于成熟，已发展成为一项独立的电力自动化技术。这一阶段成为系统监控自动化阶段。

20 世纪 90 年代开始，地理信息系统 GIS (Geographic Information System) 技术有了很大发展，开始应用于配电网管理，形成了离线的自动化绘图机设备管理 AM/FM (Automated Mapping/Facilities Management) 系统、停电管理系统 OMS (Outage Management System) 等，并逐步解决了管理的离线信息与实时监控信息的集成，进入了配电网监控与管理综合自动化阶段，有了配电管理系统 DMS (Distribution Management System)。

发展至今，随着智能电网的兴起，配电自动化系统 DAS (Distribution Automation System) 功能与技术内容面临了新的革命性进步，高级配电自动化 ADA (Advanced Distribution Automation) 应运而生，成为配电自动化发展的新方向。ADA 的概念最早由美国 EPRI 在其“智能电网体系”(IntelliGrid ArchiteTAure) 研究报告中提出，其功能与技术特点主要是满足有源(主动)配电网运行监控与管理的需要，充分发挥分布式电源的作用，优化配电网运行；提供丰富的配电网实时仿真分析和运行控制与管理辅助决策工具，具备包括配电网自愈控制、经济运行、电压无功优化在内的各种高级应用功能；支持在智能终端上完成的基于本地测量信息的就地控制应用和基于相关终端之间对等交换实时数据的分布式智能控制应用，为各种配电网自动化及保护与控制应用提供统一的支撑平台，优化自动化系统的结构与性能；采用标准的信息交换模型与通信规约，支撑自动化设备与系统的即插即用，解决自动化“孤岛”问题，实现软硬件资源的高度共享。

近十多年来，配电自动化成为世界各大电力公司配电网管理不可缺少的重要组成部分和专业发展领域。

1.2.1.1 亚洲

东亚的一些国家与地区在配电自动化应用方面走在了世界前列。中国香港中华电力公司、

新加坡与日本的配电网实现了全面自动化，在韩国、中国台湾、泰国，配电自动化也有大面积的应用。

其中，中国香港中华电力公司（China Light & Power, CLP），1996 年开始建设集成型配电自动化系统（DAS），2003 年基本建成，安装各类远程测控终端 RTU（Remote Terminal Units）近 1 万套。其主站系统由 1 个系统控制中心 SCC（System Control Center）、1 个备用控制中心（BCC）和 3 个区域控制室组成，通过企业内部通信网连接。DAS 与能量管理系统（EMS）、用户投诉管理系统 TC&OMS（Trouble Call & Outage Management System）通信，交换变电站和配电网实时监控信息，同时，DAS 每天与用户服务信息系统 CIS（Consumer Information System）通信，读取更新的用户信息。柱上开关监控终端 ORTU（Overhead RTU）采用一点多址 MAS（One Point Multiple Access）无线通信方式。该系统在提高可靠性方面发挥了重要作用，其用户年平均停电时间已由 1994 年的 20min 缩短至 2.7min。CLP 通信网络结构示意图如图 1-2 所示。

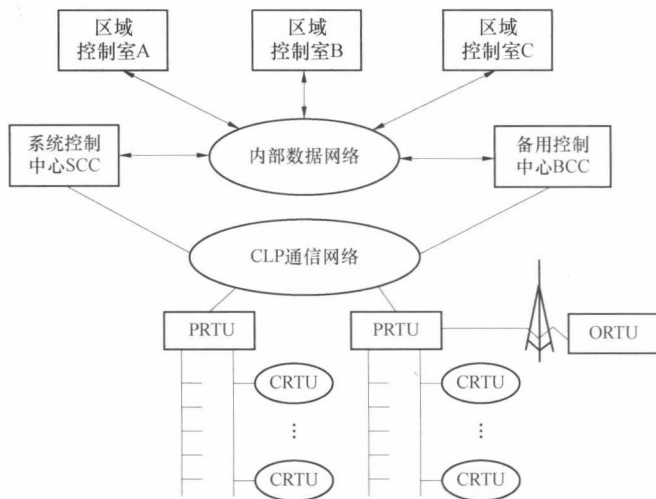


图 1-2 CLP 通信网络结构示意图

中国台湾台电公司拥有近万条中压馈线，1995 年之后陆续开展配电自动化建设，自动化馈线约占 70%。通信系统以光纤为主，部分架空线路采用无线通信或租用电信线路方式。架空开关采用负荷开关，电操/手动机构，电缆环网开关 2 路进线采用负荷开关，出线开关采用断路器。系统在提高可靠性方面发挥了重要作用，其用户年平均停电时间已由 20 世纪初的近 70min 缩短至 20min 以内。

日本东京电力公司（Tokyo Electric Power Co., TEPCO）供电可靠性世界领先，用户年平均停电时间只有几分钟，配电自动化发挥了重要作用。

东京中压配电网每条线路有 6 个分段，3 个与其他电源的联络开关，TEPCO 中压配电网的典型结构示意图如图 1-3 所示。

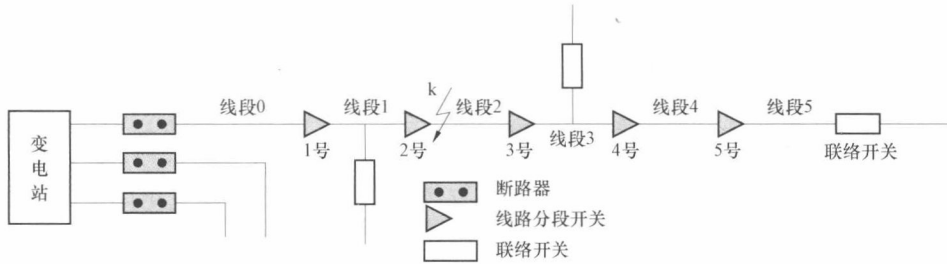


图 1-3 TEPCO 中压配电网的典型结构示意图

图 1-4 进一步说明了 TEPCO 配电网自动化提高线路负载率的途径。线路设计容量是 600A，线路分为 6 个区段，每个区段的额定负荷电流为 85A，正常运行时，线路负载电流为 510A，负载率达到 85%。在线路 2 上 k 点故障时，下游的两个非故障区段的负荷分别由线路 3 与对端线路转带，线路 3 与对端线路负载电流达到 595A，负载率接近 100%。

在实施配电自动化之前，TEPCO 变电站负载率设定为 50%。实施配电自动化之后，由于变电站出线上的负荷可由其他变电站出线转带，因此降低了对其备用容量的要求。同时通过主站的遥控操作，两个非故障区段的负荷由两条相邻线路转带，进一步减少了对线路备用容量的要求。

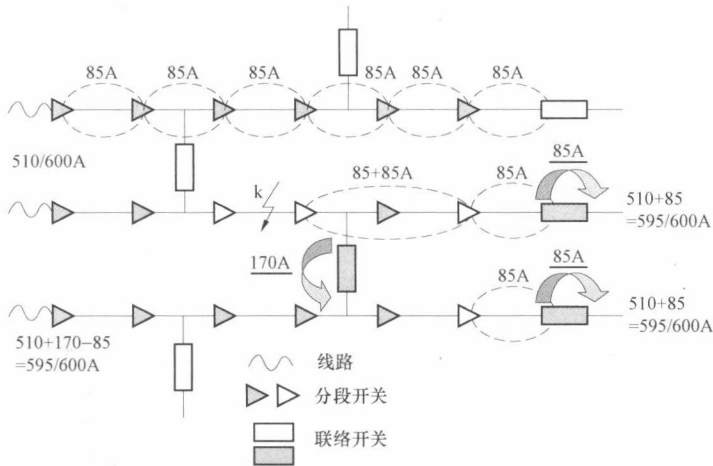


图 1-4 TEPCO 配电网自动化提高线路负载率示意图

1.2.1.2 欧洲

欧洲发达国家的配电自动化应用得比较好，基本实现了配电变电站出线断路器、线路分段开关的远程监控，做到了配电网故障及时检测、处理及修复，且配电 GIS 获得了广泛应用，配电调度、停电投诉处理、故障抢修流程的管理基本都实现了计算机化。

奥地利 EVN 维也纳地区配电网负责区域的高压变电站全部实现了远程监控，部署 12 000 多个馈线终端单元 FTU (Feeder Terminal Unit) 负责中压配电网环网柜与柱上开关的监控，采用集中型配电自动化技术路线；意大利 ENEL 公司全国有 8 万多个中压/低压开闭所实现了远程遥控；法国 20kV 中压配电网全部实现了自动化，法国配电公司 eRDF 运营约占国土面积的 95% 的配电网，供电区域从大城市核心区、大城市郊区与中小城市及农村地区规划电网并运

行管理，配电自动化方案相应差异化配套，城市核心区采用双环网四分段结构，分段开关全部实现遥控，负荷点安装故障指示器，用户平均停电时间小于 15min；英国伦敦电网公司自 1998 年起，建设中压配电网远程控制系统，对供电可靠性指标影响比较大的郊区辐射性线路上实施了自动化，2002 年完成一期工程，系统覆盖所有 861 条中压辐射线路，配电站安装 RTU 5200 多套，惠及约 180 万用户，技术设计是独立控制主站，不能获取变电站保护信息，不过与投运配电自动化之前相比用户平均停电时间已经减少了 33.2%；此外在德国、芬兰、葡萄牙、丹麦等国馈线自动化都有一定的应用。

1.2.1.3 美国

美国长岛地区 LILCO 公司自 1994 年起对 120 条故障易发的配电线路进行自动化改造，成为美国最早建设的 DAS；卡罗兰纳 Progress Energy 供电公司馈线自动化覆盖率在美国是最高的，包括 1000 多条配电线路；南加州 Edison 公司有 3100 多台中压线路开关、7500 台线路无功补偿电容器实现了远方遥控。德州 Oncor 公司、Alabama 电力公司等先后建设了 DAS。

Alabama 电力公司拥有配电线路里程 7.8 万英里，担负 4.55 万平方英里的供电任务，占 Alabama 州南部区域的 2/3，服务 140 万家庭商业和工业用户。Alabama 电力公司 1991 年开始实施配电自动化，现已经覆盖 645 座变电站（占全部变电站的 96.6%），648 个柱上开关，190 个环网柜，818 个线路补偿电容器装置和 82 个应急电源。2009 年底建设综合配电管理系统（IDMS），通过高级读表系统、变电站自动化系统配电自动化系统数据来优化配电网系统运行性能，提高服务质量。包括 SCADA、AM/FM/GIS、停电管理、作业管理、用户投诉处理等诸多子系统，同时还实现馈线自动化（FA）、电压无功控制、培训管理、潮流分布分析、停电分析、停电预警、电力涉笔动态分析等高级应用。多年来在 99% 以上时间内保持了售电价格低于全美平均水平。Alabama IDMS 系统构成示意图如图 1-5 所示。

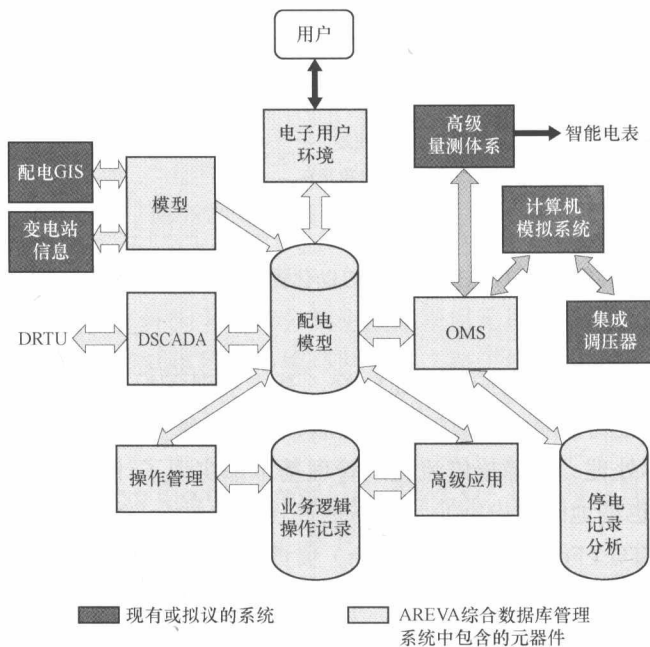


图 1-5 Alabama IDMS 系统构成示意图

1.2.2 国内基本现状

1.2.2.1 起步探索

我国在 20 世纪 90 年代后期开展了配电自动化建设与应用的尝试,先后有 100 多座大小城市不同程度地开展了配电自动化,为今天的发展积累了宝贵的经验。比较有典型意义的项目主要有:

(1) 1996 年,在上海浦东金藤工业区建成基于全电缆线路的馈线自动化系统。这是国内第一套投入实际运行的案例。

(2) 1999 年,在江苏镇江试点以架空和电缆混合线路为主的 DAS,并以此为主要应用实践起草了我国第一个配电自动化功能规范。

(3) 2002~2003 年,世界银行贷款的配电网项目——杭州、宁波配电自动化工程及南京城区配电网调度自动化系统,是当时投资规模最大的配电自动化项目。

(4) 2003 年,青岛配电自动化工程通过国家电力公司验收,并在青岛召开了实用化验收现场会。

1.2.2.2 沉寂与反思

由于认识的偏差、配电网网架和设备基础较差以及技术和管理等方面原因,早期的配电自动化工程投运后很多都没有发挥应有的作用。2004~2009 这几年来内,国内除了个别研究和案例还在零星开展外,原有大多配电自动化工程相继下马或退出运行,应用未常态。个别亮点仅有上海市电力公司牵头研究适合于城市配电网自动化的建设模式项目、中国电力科学研究院牵头研究适合于县城配电网自动化的建设模式项目、全国电力系统管理及信息交换标准化委员会配电网工作组翻译 IEC 61968 标准并完成 DL/T 1080《电力企业应用集成配电管理的系统接口》项目以及四川双流“县级电网调度/配电/集控/GIS 一体化系统”工程项目等,后者曾作为国家电网公司农电典型推广项目之一。

这段时期留下的成果除了试验性、探索性经验外,主要是深刻的反思和教训,宝贵的财富至今受用:

(1) 技术方面,客观上条件还不够成熟、设计理念与实际需求错位。早期配电网架相对今天比较薄弱,辐射状配电网架比较普遍,转供容量不足;研究配电系统自身特点不足,主站系统对馈线故障处理策略单一,配电终端质量普遍不高,恶劣环境下运行缺陷多,影响“三遥”质量;对工程实施难度估计不足,通信支撑技术带宽不足、速率低、误码高,投资占比较大;配电网管理信息化缺乏系统支撑,信息人工维护,效率低难准确,无法实现配电网图模数据信息化的同步高效管理,配电主站系统性能限制处理全景配电网信息化的任务;信息模型与交互规范私有化,信息集成几乎不能实施;配电 GIS 技术尚在起步探索,其实用化程度低等等。

(2) 管理方面,认识不足。配电自动化在管理上涉及多个部门,非联动而不能成。事实上,缺乏行业或企业高一层统一领导以协调各地市因配电网规模和管理机制不同出现的问题;应用主体和定位比较模糊,配电网调度、生产运行和管理的需求没有兼顾。

很多供电公司没有建立配电网调度,也没有生产或配电网运行指挥中心,配电自动化作为新的专业没有一个明确的归属;专业困难认识不足,初期配电自动化建设追求过高的技术

指标，大而全，应用功能设想得太理想，与实际管理模式脱节，使得配电自动化的作用展示得十分有限，缺陷也多；规划建设中对日后实用化考虑不深，整体规划和分步实施计划难以保持一致性，遇阻搁浅案例多多；行业缺少整体规划设计、建设及验收的标准或规范，无序建设；建设的延续性差，试点多，但后劲不足；系统运维缺乏机制保障，重建设而轻维护等。

1.2.2.3 重启与发展

2009 年国家电网公司开始全面建设智能电网，提出了“在考虑现有网架基础和利用现有设备资源基础上，建设满足配电网实时监控与信息交互、支持分布式电源和电动汽车充电站接入与控制，具备与主网和用户良好互动的开放式 DAS，适应坚强智能电网建设与发展”的配电自动化总体要求，并积极开展试点工程建设。标志着我国重启新的配电自动化建设序幕。南方电网公司提出以配电自动化和配用电智能化应用为突破口，研究制订相关方案，全面推进智能电网建设。2009 年先期在深圳、广州两个重点城市进行了配电自动化试点，以集中式配电自动化为主，建成并陆续投运，在建设成果上取得了显著成效。国家电网公司提出了三段式发展目标，技术路线主要采用集中式模式建设，计划宏大。

(1) 第一阶段：2009~2011 年，技术准备阶段。主要目标是初步形成配电自动化技术标准体系，规范配电自动化技术开发、设计、建设和运行；形成针对各种不同需求的配电自动化典型模式系列，完善配电自动化检验和测试方法等。

通过在北京城区、杭州、厦门、银川、上海、成都、宁波等 30 余个供电公司进行试点工程建设，取得了显著成果，初步形成了一套满足推广需求的配电自动化技术标准体系。

(2) 第二阶段：2011 年~2015 年，示范完善阶段。主要目标是基本实现 DAS 主要功能实用化，运行稳定，发挥作用；基于 IEC 61968 标准实现 DAS 与其他信息和管理系统的接口规范化和应用的实用化；确保配电自动化技术具备大面积推广条件。

该阶段承上启下，非常关键，决定了今后配电自动化工作的走向。其任务仍处于实施过程中，困难很大，需要通过不断对一些目标和计划做出相应的调整，确保建设工作能够满足实用化功能需求，管理工作能够细致全面，系统运行维护能够及时有效。该阶段继续领先的城市主要包括厦门、杭州、成都、宁波、南昌等城市及山东省。而且成都案例作为智能电网的“中国实践典范”，影响广泛。

(3) 第三阶段：2016~2020 年，配电自动化新的设计路线的探索和系统研究，并逐步推广阶段，也是国家能源局配电网建设改造“十三五”行动计划的具体实施实践阶段。主要目标是重点开展配电自动化和智能配电各项相关技术的完善工作，积极推进实用化，并在国网公司系统全面推广应用。

1.3 国内配电自动化建设与主要成果

2009 年以来国家电网公司完成了以《导则》为代表的配套标准，在实践中得到较好贯彻，成果显著，最主要是确定了适合我国发展的系统技术路线以及形成了业界良好的发展氛围；2013 年以来继续修订和新增实施配电自动化的技术标准体系及配套标准体系，涉及 20 余个方向，包括配电自动化规划、设计、研造和标准的修编、继续实用化应用和进一步推广建设覆盖建设区域等，成果是积极的，直接促进了 2015 年国家能源局关于配电网建设改造行动计

划的发布，明确了“十三五”配电网的发展方向。

1.3.1 建设规模效果与主要经验

至 2013 年底，国家电网公司已经批复配电自动化项目 65 个（至 2016 年底，已突破 80 座城市），其中 12 座城市的试点区域项目已经通过实用化验收，18 座城市试点区域项目通过工程验收。配电终端覆盖配电网供电面积 2518km²，共改造配电线路 6186 条。第一批试点城市利用 DAS 在所辖区域内共减少停电 16 402.15 时户，所在区域配电网平均配电网故障处理时间由 68.25min 降低至 9.5min（理论统计）。展示了智能电网中配电领域智能化国内发展水平。其中不乏优秀建设和应用的试点工程，值得总结学习，对于站在智能电网的高度研究中国模式，探索配电自动化发展具有新的意义。主要建设经验如下：

（1）企业有组织地统筹建设管理。企业从上到下成立建设组织机构，按照项目管理要求对试点工程进行全过程管理，建设有序、管理规范。

（2）技术框架符合国情。建设或改造的 DAS 改变了单一馈线自动化实现方式，采用智能电网标准的信息架构整合相关信息资源，突显了开放性和互动性的智能电网特征，实现 DAS 与其他相关应用系统的信息共享与应用集成，技术上有力支撑“大运行”“大检修”体系建设。

（3）系统功能定位实用显效。明确主站系统面向配电网运行和管理，是实现配电网调控运维管控一体化的配电主站系统基础平台，并进一步明确配电网调控、抢修与运检应用主体。配电 SCADA、FA 和网络分析应用等功能的实现，改变了配电网调度、配电网运检巡视、抢修手段落后的局面，加快了配电故障响应及处理速度，提高了配电管理工作效率和工作质量。

（4）信息交互实践可行。遵循或参照 IEC 61968 标准构架和接口方式，实现 DAS 与相关系统信息交互，确保主站系统数据标准性和功能开放性。充分利用企业现有数据资源，扩大 DAS 信息覆盖范围，为互动化应用创造条件。

（5）光纤无线多种通信结合优化通道。采用多种通信方式，以光纤和无线作为主要通信手段，中压配电载波作为补充。电力 EPON 技术得到大面积成功应用，以太网交换机通信也在配电网通信方面积累的应用经验，各种通信手段有了相互比较和促进发展的应用环境。技术更加可靠，性能更加优化的通信技术和设备，以及配合建立的综合网管和光缆链路监测系统，为配电网通信系统的可靠运行提供了保障。

（6）配电网运维精益管理支撑。重视配电自动化运维管理，建立健全运维体系，明确岗位职责，完善管理制度，保证 DAS 运行规范化。梳理配电网调度机构调整和业务流程，构建配电网运检支撑新体系，推动配电网调度和运检的集约化和精细化。

总结起来目前国内配电自动化技术发展和应用的主要特征可以表述为：实时数据和非实时数据高度融合、自动化和信息化相互支撑，电网运行和设备管理同时并举，技术提升和管理配套同步发展。

尚需改善的方面主要体现在以下方面：

（1）主站系统智能化与创新性还需进一步提升发展。包括提升系统维护管理的智能化水平，提高运维智能化和系统管控智能化水平。

（2）配电终端可维护性和智能化有待改进。高可靠、智能化、易管理，从而解决成本与

质量之间矛盾，减少现场维护工作量。

(3) 信息交互标准化有待进一步深化。规范化与应用实践相结合，信息共享成为广泛共识。

(4) 通信网络信息安全措施技术人才匮乏，安全措施的执行细则亟待完善。

(5) 分布式电源/电动汽车接入与控制越来越成为配电自动化的重要服务或者新生应用的领域，技术规范，操作规程等配套成为一项较长时期的任务。

(6) 配电自动化涉及的各类技术标准尚不完善甚至空缺较大。通过不断推动行标、国标的建立，形成技术体系，在领域内外各个环节配套推动，实现包括输变配用自动化、信息化、配电一次设备配套等从标准上的相互衔接。

与此同时，南方电网公司中深圳供电局和广州供电局实施规模最大，其他省市也积极开展，配电自动化已经发展成为南方电网配电网新技术应用的制高点。广州供电局从 2008 年开始启动，至 2013 年结束，完成主要城区 A 类、B 类、部分 C 类供电区自动化覆盖率达到 100%。南方电网公司现在也在积极推广配电自动化建设成果，已经将建设范围扩大到中山、佛山、贵阳、南宁、昆明、玉溪、东莞等 15 个城市，从建设开展的城市数量上取得了建设的初步成效，应用的成效正在努力实践与总结。

1.3.2 DAS 运用中尚需改进的问题与分析

自 2013 年以来，国家电网公司对 42 个城市开展了不少于 60 次的离线数据采集与测试统计，对其中 54 家通过实用化验收的供电公司进行统计。整体运行指标和效果基本符合实际情况，比如终端在线率达到在 90% 以上；遥控成功率 95% 以上；遥控使用率 90% 以上，遥信动作正确率 90% 左右。目前配电终端共计接入近 7 万台，终端在线率平均为 94.86%， “三遥” 开关数目前共计 12 万台，开关设备 “三遥” 比例达到 67.8%，2015 年前 7 个月共计产生遥信变位记录 17 万余条等。在提高配电运检现场抢修故障处理、实现远方调控、减少配电网现场操作劳动强度、快速巡视运行状态、提高供电服务质量和工作效率，较大幅度提高配电网操作和配电网运行的安全性、供电可靠性等方面取得了显著成效。在监管配电自动化系统实时运行方面有了较大突破，如国家电网公司在中国电力科学研究院建立了数据抽取平台，对几十家获批建设并验收通过的省、地（市）配电自动化系统进行运行数据的定时抽取和评估，公开运行比对情况，促进缺陷消除和应用的实用化；山东省电力公司构建全省数据评估和监管中心，利用电科院专业机构对供电企业进行技术支撑和业务指导等，为建设和应用提供的一个第三方监管机制，促进应用并掌控系统的运行趋势。存在的主要问题如下：

(1) 主站应用及在线率。主站应用问题集中在功能实用化方面普遍不够智能化，包括运维技术的智能化、方便性，自学习自适应等；应用功能精益化、智能化不足，还不能更贴近配电网调控运行和配电网运维管理新机制、新用户、现代配电网的特殊需要；通过在线监管主站运行以及从主站抽取配电网运行数据分析，仍有若干不相容的信息，涉及系统误发抖动、主站维护、应用操作、系统调试试验等多类信息。

主站在线率总体非常高，但实际运行中个别主站系统出现前置机宕机，以及主站前后台服务通信机制配合出现数据读取的不顺畅，造成主站数据时钟错位，或相关类信息不匹配等。比如时钟不同步，对于同一操作的数据时标不一致，给应用造成疑惑；或因主电源掉电引起