

电力试验技术丛书

丛书主编 文伯瑜 姜龙华

配电自动化系统试验

刘东 编著

234546521.576232123223152

002455026



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

电力试验技术丛书

丛书主编 文伯瑜 姜龙华

配电自动化系统试验

刘东 编著



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内容提要

为了总结多年来我国电力试验的经验,促进我国电力试验水平的提高,中国电力企业联合会电力试验研究分会和中国电力出版社组织编写了《电力试验技术丛书》。本丛书是根据原国家电力公司电安生[1996]430号文《关于电力企业技术监督工作规定》的要求而编写的,具有科学性、实用性、先进性、权威性。

《配电自动化系统试验》是本丛书之一,是一本从系统测试角度全面阐述配电自动化系统理论与实践的专著,本书从配电自动化系统的产品研制、市场认可和供货与接入系统三个阶段,对配电自动化终端、配电自动化主站系统及配电自动化系统联调的测试方法、测试环境、测试内容和具体技术指标进行阐述,并列举实际的测试案例进行分析,最后从现场实际应用的需要设计了较为完整与实用的测试表格。

本书适用于供电企业和生产制造企业从事配电自动化系统工作的技术人员,本书相关的技术与测试方法也可供电网调度自动化系统和变电站自动化监控系统测试参考。对于高等学校相关专业的教师、高年级本科生及研究生深入理解配电自动化原理与技术也有帮助。

图书在版编目(CIP)数据

配电自动化系统试验/刘东编著. —北京:中国电力出版社, 2004

(电力试验技术丛书)

ISBN7-5083-2348-3

I. 配… II. 刘… III. 配电系统: 自动化系统-试验
IV. TM727-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第085987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>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2004年12月第一版 2004年12月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 12印张 265千字

印数0001—4000册 定价21.00元

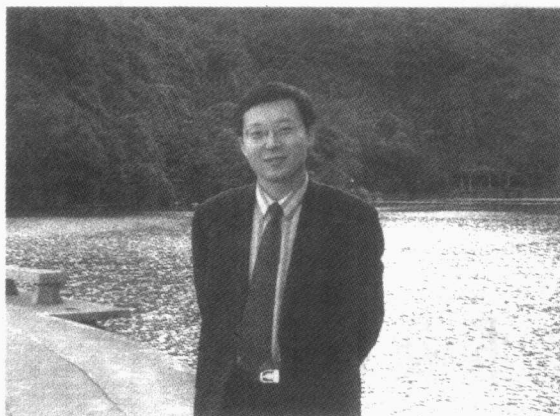
版权专有 翻印必究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

谨以此书献给

为我国电力事业发展而
战斗在电力试验一线同仁





作者简介

刘东，男，1968年出生，电力系统及其自动化专业博士，高级工程师。现就职于上海交通大学电子信息与电气工程学院。现为中国电机工程学会城市供电专业委员会委员、国际电工委员会 IEC TC57WG09 工作组成员、全国电力系统控制及通信标准化技术委员会配网工作组成员、中国电机工程学会电力系统自动化专业委员会配电自动化学科组委员、国际电子及电气工程师协会 IEEE 会员。曾担任烟台东方电子信息产业股份有限公司董事、常务副总工程师、配电自动化事业部总经理兼总工程师，国家高技术产业化示范工程 DF9000 配电自动化及配电管理系统项目的技术负责人，负责 DF9000 系列配电自动化产品的总体设计，作为第一发明人完成有关配电自动化技术的实用新型专利四项和软件著作权一项，获得多项省部级鉴定科技成果及省市级科技奖。参与多个配电自动化行业标准的起草，领导并直接参与了全国 50 多个城市的配电自动化系统的工程设计、工程实施与验收工作。

电力试验技术丛书 编委会

主任 赵 鹏

主 编 文伯瑜

副主编 姜龙华

委 员 (按姓氏笔画为序)

王启全	王海林	冯亚民	史更林	白云庆	白立江
刘韶林	吕 政	巩学海	朱国俊	杨伟光	余维平
张大国	张 方	张怡荣	张俊生	张勇刚	李建勋
李 晨	杨 华	陈 坚	卓伟光	林 韩	苑立国
郑 松	施 冲	赵 伟	赵庆波	赵炳松	徐润生
贾玉堂	康 健	黄迪威	傅 伟	蔡庆宏	潘言敏



序

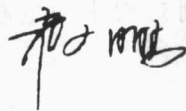
电力试验研究是经济建设尤其是电力工业发展中一项不可或缺的事业。中外电力事业的发展，均离不开电力试验研究人员的智慧和辛勤工作。新中国成立后，尤其是改革开放以来，随着电力工业的发展，我国电力试验研究事业取得了长足的进步，电力试验研究队伍不断扩大，试验研究成果层出不穷，极大地推动了电力工业的快速发展。

目前我国各地区均拥有自己的电力试验研究机构，从事电力试验研究的工程技术人员超过 10000 人。这支队伍的文化层次也从解放初期的以中专、大专毕业生为主，提高到今天的以大学毕业生、硕士生和博士生为主。更重要的是，这是一群热爱自己的事业、勤于钻研、勇于实践的勤奋劳动者。前后几辈人相互学习，长期工作实践，积累了大量试验研究工作经验。这是他们用汗水、心血以至生命换来的、值得用文字记录并传之于后世的宝贵经验。

随着电力体制改革的不断深化，使电力试验研究事业进入了竞争激烈同时又是历史上最好的发展时期。电力试验研究同行们愿意把自己的经验无私地奉献给广大读者，就是为了促进我国电力试验研究事业的进步与飞跃，促进我国电力工业的发展与兴旺，进而促进我国国民经济的增长与繁荣。

本着各取所长、共同提高的初衷，我们经过长时间的准备，编辑出版《电力试验技术丛书》，相信它一定会给读者带来启发、思考和收益。

华北电力科学研究院有限责任公司总经理
中国电力企业联合会电力试验研究分会会长



2003 年 12 月

前 言

我国目前装机总容量为 3.5 亿 kW，居世界第二。随着三峡电站机组的分批投入运行和西电东送工程的推进，到 2010 年全国性的大电网将初步形成。全国性电力系统运行的动态品质、安全稳定和经济性的改善与提高成为电力科技工作者肩负的重要责任。

为了总结多年来我国电力试验的经验，促进我国电力试验水平的提高，中国电力企业联合会电力试验研究分会和中国电力出版社决定组织编写一套《电力试验技术丛书》，以满足国内各电力试验研究院（所）、电厂、供用电企业、电力基建单位及大专院校、科研院所对专业技术书籍的迫切需要。

本系列丛书的内容主要是根据原国家电力公司电安生 [1996] 430 号文《关于电力工业技术监督工作规定》的要求而确定的。该文中规定，“电力技术监督工作应以质量为中心、以标准为依据、以计量为手段，建立质量、标准、计量三位一体的技术监督体系，依靠科学进步，采用和推广成熟、行之有效的新技术、新方法，不断提高技术监督的专业水平”。因此，本套丛书涵盖的内容应包括电能质量、金属、化学、绝缘、热工、电测、环保、继电保护、节能等，并对设备的健康水平及其安全、经济运行方面的重要参数、性能与指标进行监督、审查、调整和评价。本丛书共分 15 册。

丛书具有科学性、实用性、先进性、权威性。作者在写作过程中树立了精品意识和创优信念。

特别感谢中国电力企业联合会电力试验研究分会，全国三十二个试验研究院（所、技术中心）的领导，我们的分册主编主要由这些单位的技术专家担任。

特别感谢中国电机工程学会在组织编写中给予的大力支持。

丛书主 编

文伯瑜

丛书副主编

姜石华

2003 年 12 月 1 日

本书序

配电网是电力系统的重要组成部分，其运营水平直接关乎电力企业的效益，值得广大电力工作者密切关注。作为技术支撑的配电自动化系统，经过科研单位和用户企业的协作努力，目前在国内已逐步趋向成熟，应用水平不断得到提升，相关的标准和规范也在制订与完善中。

作为国内最早涉足配电自动化系统领域的科研人员之一，上海交通大学电子信息与电气工程学院的刘东博士自1997年起就从事配电自动化系统的研发与工程实施，曾负责东方电子DF9000系列产品的总体架构设计，先后领导了多个工程项目，具有丰富经验，并曾参与多项行业标准与规范的制订工作，是国内配电自动化系统方面知名的青年学者之一。

在与刘东博士的工作接触中，我对他严谨、细致的作风及勤勉、务实的态度印象深刻。更为可贵的是，刘东博士善于从系统、全局的角度去看待和思考问题，同时往往又能拥有独特的视点。例如，由于配电自动化系统是现代电子、计算机、通信等技术在配电网中的整合应用，其技术体系复杂，开发与实施工作量大，尤其需要在自产品研制、市场认可、供货和接入系统的产品生命期中进行严格和周密的测试，以保障系统的质量，这一点往往被唯技术论者所忽视，而刘东博士则敏锐地进行了把握。

在本书中，刘东博士对配电自动化系统的试验进行了全面而简明的描述，条分缕析地介绍了该领域工作的主要内容、方法及组织形式，并结合自身工程实施经验提供了大量样本案例，具有比较高的理论与实践水平，可在实现配电自动化系统产品全生命周期及质量管理上为业内人员提供有益参考。

希望今后在配电自动化乃至电力科技进步领域涌现出更多的青年才俊，正如刘东。

中国电机工程学会城市供电专业委员会 主任
上海市电力公司 总工程师

本书前言

近年来,配电网的改造及配电自动化技术的应用已经在全国得到了很大的发展。配电自动化系统的集成是计算机应用技术、空间地理信息系统、现代通信技术、电力系统分析及智能化电器等多学科的综合应用。无论是在系统的研发阶段还是工程实施阶段都需要多个系统的有机互联和多个部门的协调工作。因此,对于配电自动化系统的质量控制一直是困扰着生产厂家和供电企业的一个难题。

作者从1997~2003年期间一直从事配电自动化系统的研发与工程实施,参与了全国各地大量的配电自动化系统工程项目,深深地感受到配电自动化系统工程实施协调的难度,对于系统的质量控制,需要提前从各个层面上对系统进行全过程测试与试验。本书的编写正是对测试工作进行反思与总结之后的一种尝试。

本书将从配电自动化系统的产品研制、市场认可和供货与接入系统三个阶段,对系统的测试方法、测试环境及测试内容和具体技术指标进行分析,并列举实际的测试案例进行分析,最后给出了实用的测试表格设计。本书不仅可以用于供电公司的验收人员进行FAT、SAT试验工作的测试大纲编制参考,也可供生产制造企业对配电自动化系统的产品在生产研制过程的质量控制与测试提供参考,对于高年级本科生及研究生深入理解配电自动化技术也有帮助。本书相关的技术与测试方法同时也适用于电网调度自动化和变电站自动化监控系统的测试。

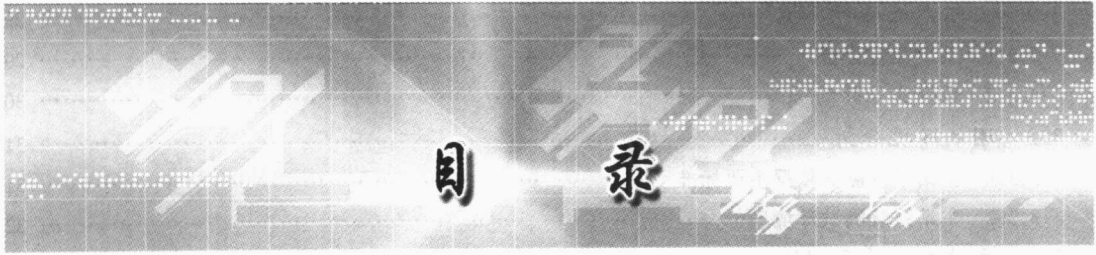
本书主要由刘东编写,同时李振洋参与编写了2.2、2.3节,凌万水、闫浩参与编写了3.4节,慈国兴参与编写了4.3节,闫红漫编写了第5章。另外吴成谱、郭瑞鹏提供了部分材料。

中国电机工程学会城市供电专业委员会主任、上海电力公司曾德君总工程师在百忙中为本书作序,刘健教授审阅了全书,对本书的写作提出了许多宝贵的指导意见,文伯瑜教授对本书的整体结构与具体编写也给予了帮助,东方电子信息产业股份有限公司梁贤久董事长、丁振华总经理对本书的编写给予了大力支持,在此表示诚挚的谢意。

配电自动化系统的测试涉及到多个专业领域,这方面的技术还处在发展阶段,由于作者水平有限,书中难免有疏漏和不足之处,希望读者批评指正。

编著者

2004年5月于上海交通大学



序
前言
本书序
本书前言

1 绪论	1
1.1 配电自动化系统组成	1
1.1.1 业务逻辑分析	2
1.1.2 功能分析	3
1.2 配电自动化系统试验的内容及组织	4
1.2.1 系统试验的内容	5
1.2.2 系统试验的组织	7
2 配电自动化终端装置试验	9
2.1 概述	9
2.2 配电终端装置的功能	9
2.2.1 馈线终端装置 FTU	9
2.2.2 配电子站	10
2.2.3 配电变压器监控终端 TTU	10
2.3 配电终端装置型式试验	11
2.3.1 型式试验依据标准	11
2.3.2 型式试验环境及仪器	12
2.3.3 型式试验内容及方法	14
2.4 配电终端装置出厂例行试验	20
2.4.1 配电终端模块试验	20
2.4.2 配电终端整机试验	23
2.5 配电终端装置现场接口试验	26
2.5.1 与一次设备接口试验	26
2.5.2 与通信设备接口试验	27
3 配电自动化主站测试	29
3.1 概述	29

3.2	主站系统运行环境	29
3.2.1	系统配置分析	29
3.2.2	数据流分析	30
3.3	测试环境分析	31
3.3.1	主站系统测试依据主要标准	31
3.3.2	主站系统测试环境	32
3.4	主站系统单元测试	35
3.4.1	支撑平台	35
3.4.2	SCADA 系统	39
3.4.3	配电应用软件测试	54
3.4.4	GIS 应用软件测试	57
3.5	主站系统集成测试	60
3.5.1	性能指标测试	60
3.5.2	雪崩测试	62
3.5.3	稳定性测试	63
3.5.4	可靠性测试	63
3.5.5	安全性测试	64
3.5.6	可维护性测试	64
4	配电自动化系统测试	66
4.1	概述	66
4.2	主站系统与站端系统的 SCADA 联调测试	66
4.3	通信规约测试	68
4.3.1	测试条件	69
4.3.2	规约功能测试	70
4.3.3	规约性能测试	73
4.4	与其他系统接口	74
4.4.1	接口概述	74
4.4.2	接口的实现及其测试要求	75
4.4.3	接口测试内容及方法	75
4.5	FA 系统测试	78
4.5.1	FA 实现模式	78
4.5.2	FA 系统的实现及其测试要求	79
4.5.3	FA 测试系统构成	79
4.5.4	FA 测试内容及方法	81
4.6	系统验收试验	82
4.6.1	系统验收试验测试内容	82
4.6.2	FAT 测试环境	83
4.6.3	SAT 测试环境	85

4.6.4	上海市区某地区 SCADA/DA 系统 FAT 测试案例	86
4.6.5	镇江市 SCADA/DA 系统 SAT 测试案例	88
5	配电自动化试验表格设计	91
5.1	测试计划及测试分析报告示例	91
5.2	配电自动化终端装置试验表格设计	93
5.2.1	型式试验测试表格	93
5.2.2	出厂例行试验测试表格	101
5.2.3	现场接口实验表格	103
5.3	配电自动化主站系统试验表格设计	105
5.3.1	主站平台试验表格	105
5.3.2	SCADA 系统试验表格	112
5.3.3	配电应用软件试验表格	127
5.3.4	GIS 基本功能测试表格	131
5.3.5	主站系统集成测试	136
5.4	配电自动化系统互联试验表格设计	140
5.4.1	通信规约测试表格	140
5.4.2	系统接口测试表格	145
5.4.3	FA 测试表格	147
5.5	FAT/SAT 系统试验表格设计	150
5.5.1	主站硬件测试表格	150
5.5.2	系统 FAT/SAT 测试	151
附录 1	配电自动化系统功能规范	162
附录 2	配网自动化系统实用化验收导则 (讨论稿)	170
附录 3	配电自动化常用术语汇编	176
参考文献	178



1.1 配电自动化系统组成

电力工业是国民经济发展的基础环节，安全可靠的电能供应直接关系到国民经济各行各业的发展。电力系统是由发电、输电、变电、配电和用电各个环节形成的有机整体，由于电能具有不能大量储存的特点，电力系统运行必须保持发电量和用户负荷的平衡。长期以来，由于电力系统受当时发展条件的限制，配电系统成为电力系统运行的瓶颈。但是，近年来随着国家对城乡电网改造力度的加大，极大地推动了配电网的发展。

电力用户对供电可靠性、电能质量和服务水平的要求不断提高，城乡电网改造为供电企业的配电自动化系统建设打下了较好的基础，配电自动化技术在全国范围的实践也使得这项技术逐步走向成熟，形成了一些行业标准，建设了一批样板工程。

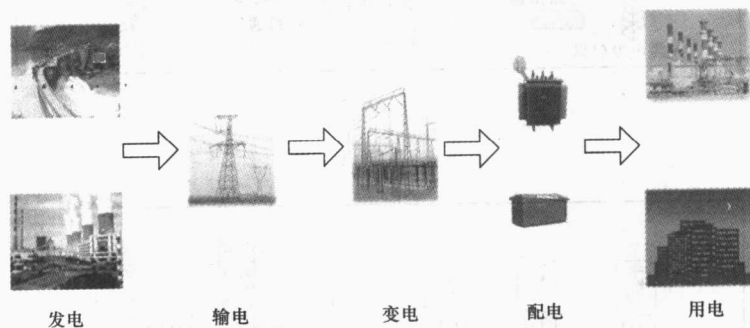


图 1-1 电能转换过程

图 1-1 描述了电能转换过程，首先通过火电厂或水电厂等不同类型的发电厂将机械能或化学能等一次能源转化为二次能源得到电能，在传输电能的过程中，将电能通过升压变电站升压至超高压，由输电系统进行远距离传输，到了城市附近要通过降压变电站降压到中压，进入配电网向城市供电，再将中压降压至生活用电送到千家万户或厂矿企业。

配电自动化的主要研究对象是配电网络及用电环节电能传输的过程。根据 DL/T 814—2002《配电自动化系统功能规范》，配电自动化系统的定义是应用现代电子技术、通信技术、计算机及网络技术，将配电网实时信息、离线信息、用户信息、电网结构参数和

地理信息进行安全集成，构成完整的自动化及管理系统，实现配电网正常运行及事故情况下的监测、保护、控制和配电管理。

配电自动化系统是将实时的配电自动化与配电管理集成为一体的系统。配电自动化系统应与地区电网调度自动化、负荷管理、变电站自动化、用电管理、用户服务和信息管理等系统有机集成，以实现信息源唯一、资源共用、信息共享以及图形数据同步更新。

实施配电自动化系统应坚持统筹兼顾、统一规划，分析现状、优化设计，远近结合、分步实施，充分利用现有设施、改造建设等原则。

1.1.1 业务逻辑分析

配电自动化系统实现对配电网一次设备的有效监控及其优化运行分析，实现配电网故障诊断、隔离及非故障区域恢复供电的业务逻辑，如图 1-2 所示。

从业务逻辑分析来看，配电自动化系统共有四个层次，研究对象是配电网一次系统；终端层由配电自动化的终端设备组成实现与变电站自动化接口构成配电自动化站端系统完

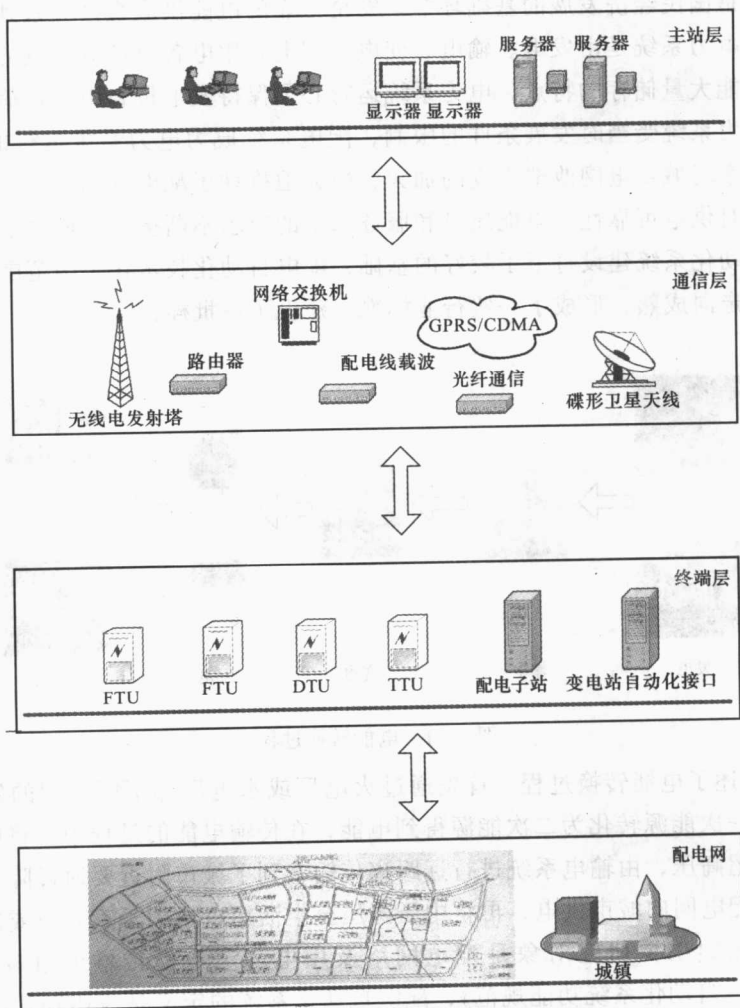


图 1-2 配电自动化系统业务逻辑示意图

成对配电网一次系统的信息采集与控制；配电自动化通信层是站端系统与主站系统互联的桥梁；配电自动化主站系统实现分析决策与管理的功能。

配电自动化系统终端层的馈线终端装置 FTU (Feeder Terminal Unit)、配电变压器监控终端 TTU (Transformer Terminal Unit) 以及配电站/开闭所监控终端 DTU (Distribution Terminal Unit) 分别对柱上开关、配电变压器、配电站、开闭所进行信息采集，并将信息通过各种通信方式上传到配电子站，在配电子站中进行数据处理及通信支持并与变电站自动化系统进行有效集成。配网通信层由光纤、专线电缆、10kV 配电线载波通信以及基于 GPRS 和 CDMA 的无线通信等多种方式构成，配电自动化系统的终端层通过通信层与配电自动化主站进行信息交换。在配电自动化主站中实现控制与决策功能，主要进行 SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) 处理、DA (Distribution Automation) 处理、在线 DMS (Distribution Management System) 应用分析、离线 DMS 应用分析，同时还要实现与供电企业信息管理系统 MIS (Management Information System) 及电能量采集系统 TMR (Tele - Meter Reading) 的接口。

1.1.2 功能分析

《配电自动化系统功能规范》比较全面地阐述了适合中国国情的配电自动化系统的功能，IEC 61968 DMS 接口标准对配电自动化及配电管理系统的接口和建模做了详细规定，该国际标准将在今后的几年内出齐。本书根据这两个标准结合多个国内用户的实际需求，对配电自动化系统的功能简要地用表 1-1 描述。

表 1-1 配电自动化系统主要功能

功能模块	描 述	相关数据资源
监控数据采集业务	主站从厂站接收遥测、遥信数据，主站向厂站发送遥控、遥调数据	上行远动数据、下行远动数据
配电网络实时计算业务	进行配电网的在线网络分析，进行配电网的实时优化计算分析	实时数据、网络拓扑数据、计算信息
FTP 服务	远程维护时内部机器间传递文件等	主站系统程序文件
拨号诊断服务	用于开发商或本系统人员远程维护	主站系统程序文件
移动告警服务	把告警信息发给操作员的 BP 机或手机等移动设备	告警数据
故障处理业务	进行故障定位、隔离及非故障区域恢复供电	上行远动数据、下行远动数据、网络拓扑数据、故障信息、处理策略
配网 DTS 业务	进行调度员培训，对配网的故障预演及事故仿真	实时数据或历史数据、设备信息
SCADA/GIS 图形及拓扑维护业务	将配电网图形在 GIS 系统与 SCADA 系统中保持一致，同步更新	空间数据及 GIS 图形、历史数据、网络更新信息
客户查询业务	客户查询配电管理、用电信息业务	设备管理数据、空间数据及 GIS 图形、网络更新信息、业扩需求信息

续表

功能模块	描述	相关数据资源
运行计划与优化业务	通过对运行方式和运行工况的计算,优化运行方式降低网损	网络拓扑数据、实时数据或历史数据、计划信息、优化计算信息
图资管理	在地理信息系统基础上对配电系统的设备及图形进行管理,在线 DMS 应用和其他 DMS 应用中都是基础功能	设备管理数据、空间数据及 GIS 图形、设备信息、网络拓扑
配电工作管理	对配电业务流程进行管理,对配网设备建设及维护	设备管理数据、空间数据及 GIS 图形、网络扩展信息、管理信息
配网扩展规划	对配网的扩容及线路扩展进行规划	历史数据、设备管理数据、空间数据及 GIS 图形、网络扩展信息
读表及负荷管理	用户抄表及大用户负荷管理	网络拓扑数据、实时数据或历史数据、负控信息
对主站系统外提供的 WEB 服务	经过配电通信网为上级或同级控制中心、部门提供电网接线图的 Web 浏览	电网接线图及其相关数据
上级或同级 EMS 系统与 DMS 之间的系统互联	接收上级或同级 EMS 系统的控制命令,并发送实时数据	配电中心间的交换数据
向供电企业管理系统提供配电数据	向供电企业管理系统提供配电系统的设备及运行等数据	历史数据

1
绪
论

1.2 配电自动化系统试验的内容及组织

由于配电自动化系统具有涉及面广和集成度高等特点,为了保证配电自动化产品在其形成的各个阶段的产品质量,需要在各个阶段进行各种测试,即配电自动化系统试验。通过配电自动化系统试验的有效组织能起到以下作用:为广大电力用户提高应用系统的产品质量;为生产制造厂家缩短应用系统的开发周期,节约应用系统的开发成本,减少现场的服务时间;可以推动配电自动化系统的实用化,促进技术进步,提高应用水平。

本节概述配电自动化系统试验的内容、组织及质量保证的各个阶段。

配电自动化系统的产品生命期可以大致分为产品研制、市场认可及供货与接入系统三个阶段,在每个阶段都有各自不同的测试与运行过程,如图 1-3 所示。

在产品研制阶段,对配电终端产品进行功能验证和型式试验,主站产品在开发的过程中要进行软件单元测试和软件系统集成测试。

在市场认可阶段,进行产品技术鉴定,取得入网许可证。

在供货与接入系统阶段,配电终端产品在生产过程中要进行例行试验,整个系统要进行出厂试验 FAT (Factory Acceptance Test),现场投运前要进行现场试验 SAT (Site Acceptance Test)。

在三个阶段的每一个测试项目都必须有完整的测试计划,要明确初始条件,严格测试