

基于地区电网调度系统的调配一体化系统关键技术研究

分析了当前中小型电网地区电网的主网调度系统、配电自动化及抢修调度系统的建设现状,提出了适合中小型地区电网的调配抢一体化系统建设模式。对不同的建设模式进行了分析阐述,最后对调配抢一体化系统建设模式所研究和使用的关键技术进行了描述。地区电网调配抢一体化系统是中小型地区电网调度与抢修调度系统建设的趋势和方向,是快速推进中小型地区电网配电自动化及抢修调度建设的有效方式。它提供了一种稳定、安全、经济的重要手段,提高地区供电服务质量的重要保证。

宋英华 欧阳文 袁伟/国电南瑞科技股份有限公司



宋英华/工程师

关键词/Keywords

主网调度系统·
配电自动化·
抢修调度·
调配抢一体化·

0 引言

近年来,在建设智能电网的大背景下,配电网建设作为智能电网中的一个重要环节被各级电力公司高度重视。自2008年以来,国内部分大中型城市陆续建设了配电自动化主站和配网抢修系统,对提高配电网运行监控水平、提高故障抢修效率和供电可靠性有着积极的作用。但由于中小型地区配电网以辐射供电为主,线路长、支线多,电力负荷密度小、分散面广,设备运行条件恶劣,通信网络的组建难度较大,中、小型城市建设、运维配电自动化的人力、财力压力较大。

如何结合中小型地区电网的特点,利用有限的建设资金和运维队伍,建设能满足自身发展需求的、运行稳定可靠、维护简单且经济实用的自动化系统,是目前中小型地区城市电网自

动化系统建设过程中迫切需要解决问题^[1,2]。

本文结合四川绵阳地区电网调度自动化、配电自动化及抢修调度的发展实际情况,结合当地电网结构,以经济适用、资源复用、信息共享及安全可靠为原则,充分复用已有调度自动化系统先期建设成果,兼顾配网调度、抢修调度的应用需求,提出了一种新型的地区电网调配抢一体化系统建设模式,并对建设模式进行剖析,对其中的关键技术进行研究,着力于推进电网调配抢一体化系统建设及应用功能实用化。

1 调配一体化系统概念

电网调配抢一体化系统是将调度自动化、配电自动化及配网抢修调度在统一开放的软硬件平台上集成,在确保系统稳定运行、安全运行的前提下,在同一套系统中实现在面向主、配两级电网调度和配网抢修调度应用集成。其总体架构框图如图1所示。一体化系统对地区电网管辖范围内的高、中、低压三级电网模型进行网络建模,同时借助与营配信息集成,将低压用户与电网模型有机结合,构建一体化的配用电网络模型,实现设备统一建模、数据统一接入、调度统一监控和运行统一管理。同时针对系统应用功能进行贯穿高中低三级电压的一体化分析。

地区电网调配抢一体化系统建设是中小型地区电网自动化系统建设的趋势和方向,一体化系统建设的关键技术是提升中小型地区电网安全、稳

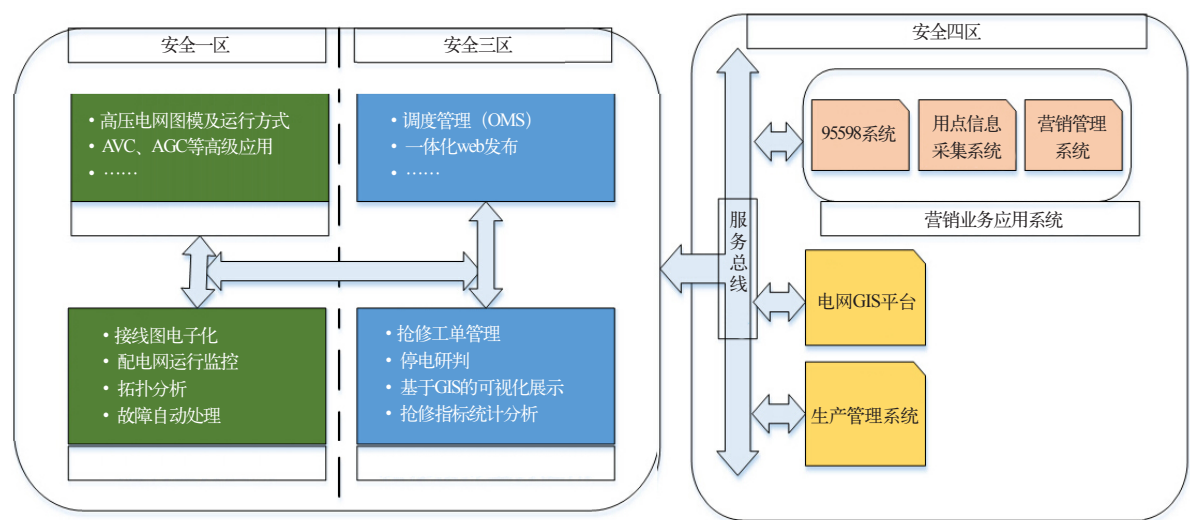


图1 调配抢总体架构框图

定、经济运行的重要手段，促进中小型地区电网的集约化运行和管理。同时，鉴于目前国内地区电网主网调度已基本建有调度自动化系统，调配抢一体化系统从经济适用、资源复用角度出发，应当充分借鉴前期调度自动化的建设成果，兼顾配网调度运行和维护需求，在调度自动化系统上采取各种安全可靠的扩展技术，在已有主网调度控制系统的基础上扩展接线图电子化管理软件，新增配网数据采集、配网SCADA、配电网基础网络分析和馈线自动化处理等一区配电网调度运行功能，以及面向抢修工单管理、故障研判、停电分析及基于GIS的可视化展示等的三区抢修调度等功能。

2 调配一体化系统建设原则

一体化系统的体系架构需从调度部门的电网调度、配网调度和抢修调度三部分应用需求出发，密切跟踪最新技术的发展，具有功能软件整合、资源共享和支持功能不断扩展的特征。其体系架构需要遵循面向服务的理念，采用具有生命力的、成熟有效的计算机和通信技术以及数字化手段，构建安全、可靠、开放的调配抢一体化系统。

调配抢一体化系统建设应与本地区电网建设及发展相适应，按照根据网架结构、设备状况和具体业务需求，合理选择适合的建设模式；根据所在区域经济发展及负荷差异的现状，充分利用

原有自动化系统的设备资源，原则上应该继承使用或经适当改造后使用，建设经济实用的系统。

3 调配一体化建设模式研究

配电自动化主站系统建设应本着经济实用的原则，充分利用现有资源，合理选择建设模式和投资规模，满足配电网调度运行需求^[3-6]。

具体建设方式应依据调度自动化系统地县一体化建设情况选择，有如下三种实现模式。

3.1 独立建设调配一体化系统

调配抢完全一体化的建设模式是基于统一支撑平台、按责任区和权限进行维护和应用、拥有相同人机界面的一体化系统（见图2）。在业务应用上，可以划分为电网调度业务应用、配网调度业务应用及配网抢修调度业务应用；在系统架构上，三部分业务应用分别配置应用服务器、工作站，实现对各自业务应用的独立数据采集、分析、维护和应用；在基础应用方面，由平台提供统一的网络拓扑分析、告警服务、人机界面和工作流等应用；在数据处理和存储方面，则统一由数据库服务器、数据处理服务器来完成，实现各种业务数据的统一处理和存储。

完全一体化的调配抢一体化模式是数据集中处理和存储，按照应用业务来划分责任区和业务权限的一种模式，适合于调配抢一体化系统统一建设、平台统一维护的地区。

该模式适用于调度自动化系统、配电自动化

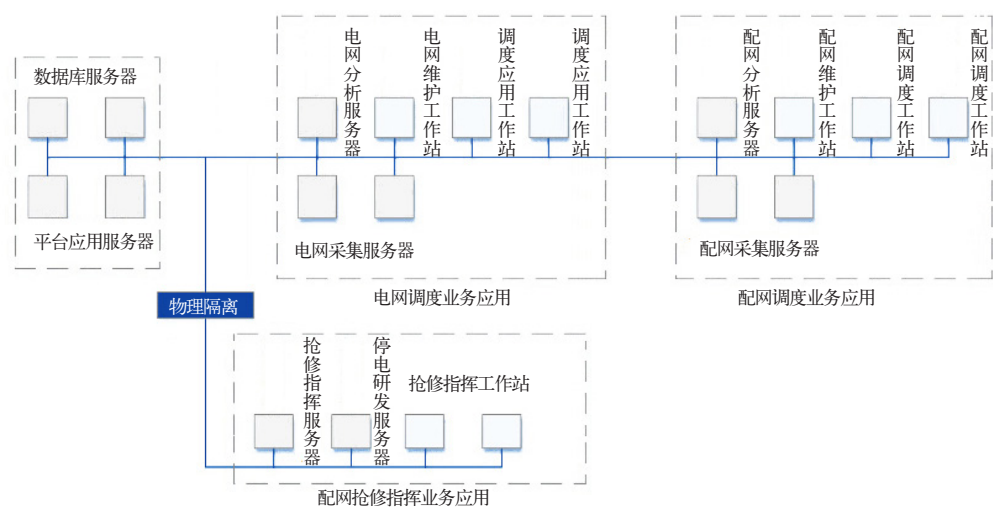


图2 调配抢完全一体化系统结构图

系统及抢修调度系统均未投运或正准备换代的地区，且该地区（包括县域）配电网自动化规划覆盖线路数量在800条及以下，实时信息点50万点及以下。

由于此类建设模式属于全新建设模式，因此建设后的系统具备电网调度全部业务功能；在配网调度方面，具备配电网接线图电子化功能、配电数据接入、配网运行监控、配网自动故障处理及配网拓扑应用等；抢修调度则具有抢修工单管理、停电分析、故障研判及基于GIS的可视化展示等；对外接口具备与95598系统、PMS和电网GIS平台一体化通信。

3.2 基于已有调度系统扩展

配抢一体化模式是配电自动化、抢修指挥业务应用基于统一平台实现，分别位于一三区面向配电网运行控制和抢修指挥，调度自动化系统作为独立系统通过服务总线与配抢一体化系统耦合，实现基础电网数据交换，形成广义调配抢一体化系统（见图3）。在基础应用方面，配抢一体化系统由平台提供统一的网络拓扑分析、告警服务、人机界面及工作流等应用；在系统架构方面，配抢一体化系统拥有统一的数据存储和平台服务，配网运行控制和抢修指挥分别配置应用服务器、工作站，实现对各自业务的分析、维护及应用。

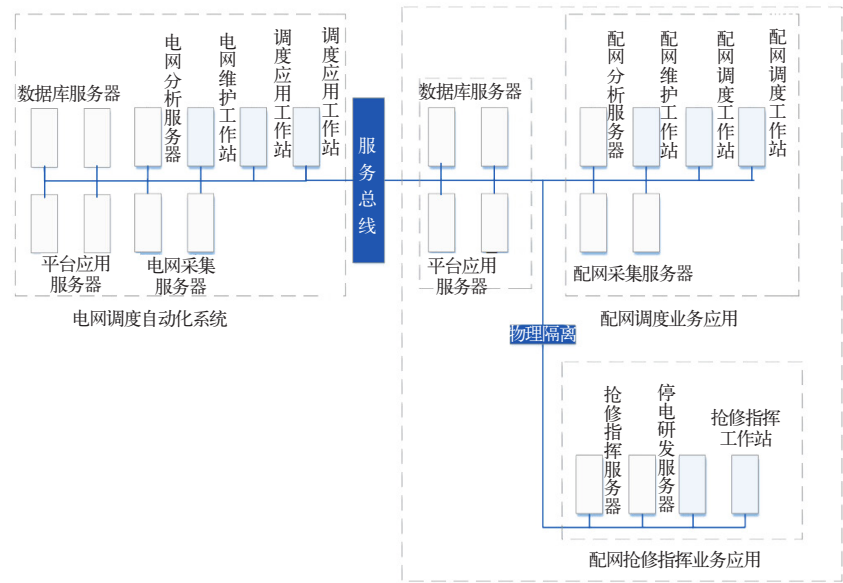


图3 配抢一体化系统结构图

配抢一体化模式是调度自动化相对独立、配电数据集中处理和存储、按照应用业务来划分责任区和业务权限的一种模式，适合于调度自动化系统已投运地区。

配抢一体化系统的建设适于调度自动化系统已投运、有计划建设配电自动化及抢修调度的地区，且地区（包括县域）配电网自动化规划覆盖线路数量在200条以上，实时量测点在10万点及以上。

由于已完成地区调度自动化系统建设，因此此类系统对调度控制功能不作要求，对于配电网调度及抢修调度的功能与一体化系统类似。

3.3 调配一体化

调配一体化模式是调度自动化、配电自动化业务应用基于统一平台实现，具备相同的管辖范围，配网抢修调度作为独立的系统通过服务总线与调配一体化系统耦合，获取自动化系统的实时运行方式及网络分析服务，三者形成广义一体化系统（见图4）。在基础应用方面，调配一体化系统由平台统一提供数据处理服务、网络分析服务、告警服务和人机界面等应用；在系统架构方面，调配一体化系统拥有统一的数据存储和平台服务，配电自动化业务可根据需要配置独立的数据采集服务。

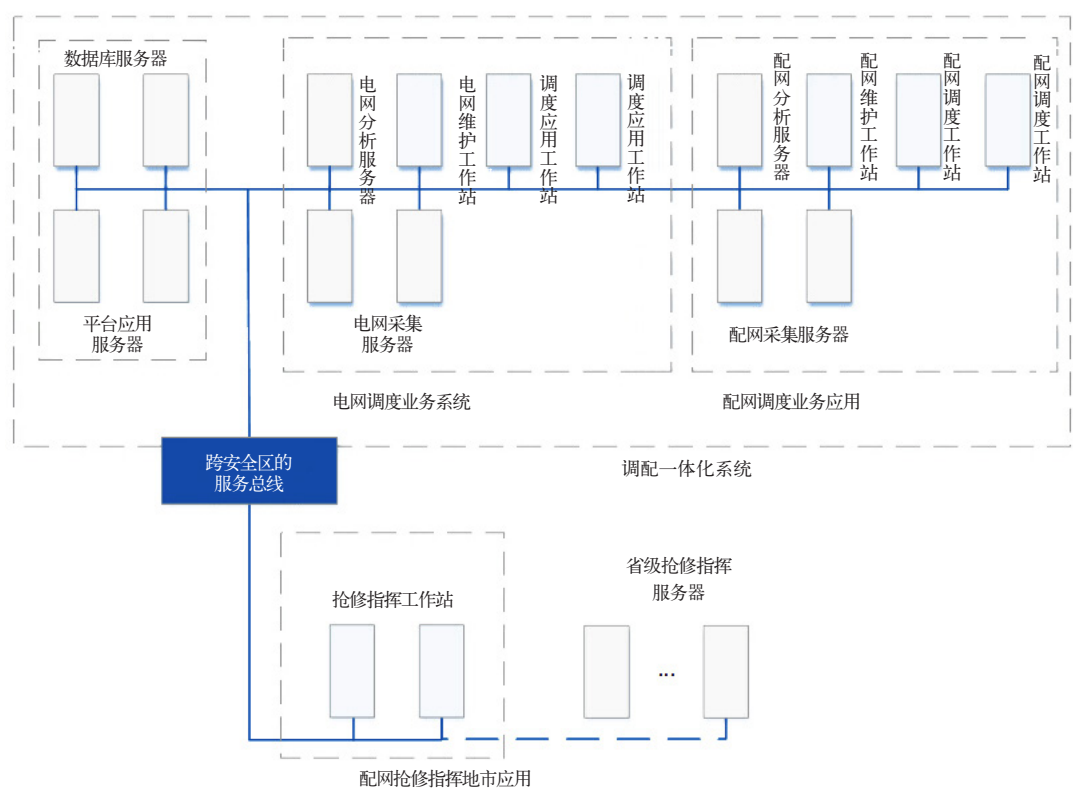


图4 调配一体化系统架构图

调配一体化系统模式是配网抢修调度应用相对独立、调配基于一体化平台的一种模式，适用于配电网规模相对主网规模较小、对配网自动化功能配置要求较低且配网抢修调度由省公司统一建设和统一维护的地区。

由于此类系统的建设是基于已有电网调度自动化系统进行改造的，因此在已有调度自动化系统且有计划建设配电自动化系统的地区适于这种模式，且地区（包括县域）配电网自动化规划覆盖线路数

量在800条及以下，实时信息点50万点及以下。在功能上不再关注于主网调度控制，仅侧重于配电自动化系统的功能建设，包括配电网接线图电子化功能、配电数据接入、配网运行监控、配网自动故障处理及配网拓扑应用等主要功能。同时还当考虑与其他业务系统的信息集成，如抢修调度、PMS及GIS等。

3.4 建设模式的对比

下表列出了三种建设模式的差异，供对比分析。

表1 建设模式差异表

模式	对调度系统需求	系统规模 (线路数)	资金需求	范围功能	建设周期
完全一体化	无	<800	较多	全部功能	较长
配抢一体化	需求	>200且<800	一般	调度功能受限	一般
调配一体化	需求	<800	较少	调度、抢修功能受限	较短

4 调配一体化关键技术研究

地区电网调配抢一体化系统在建设过程中涉及到多项架构方面的关键技术，例如通信消息总线、主配网一体的馈线自动化、全电压模型的拓

扑分析等。本文结合四川绵阳调配一体化系统建设中所研究的几项关键技术进行阐述^[7-10]。

4.1 主配网一体化系统架构技术

一体化系统架构技术涉及硬件架构、软件架构、应用协调和功能展示四部分。

硬件架构方面，主配网一体化调度控制系统由于需要考虑到主网调度控制与配网调度控制两项大功能的硬件设备，因此在硬件构架上具备一定的灵活性：前置服务器和SCADA服务器可同时部署主网和配网前置和SCADA应用。应用可采用交叉部署方式，以实现应用的冗余备用。在没有公网数据终端的情况下，可以不部署公网数据采集前置服务器。一体化系统的硬件架构如图5所示。

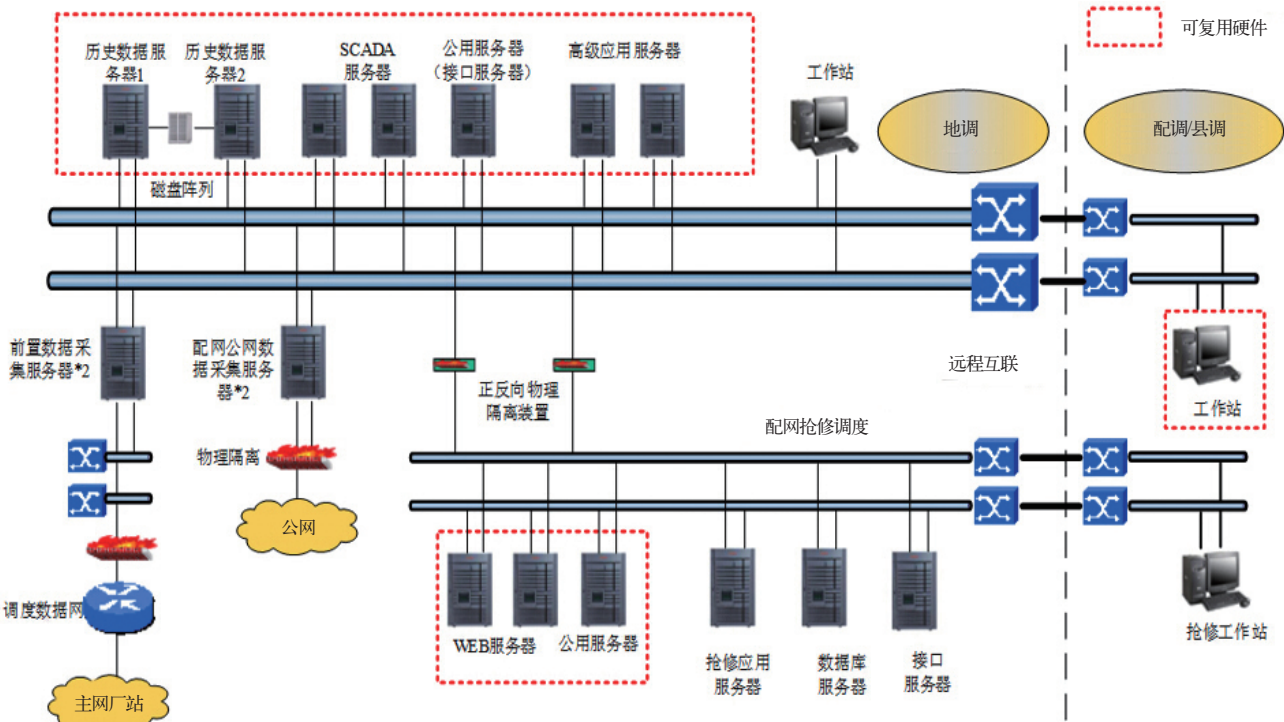


图5 一体化系统硬件架构

因此，在某些特定情况下，如已建成主网调度控制系统的地区，可在不增加任何硬件服务器的情况下，从主网调度控制系统升级至主配网一体化调度控制系统，实现配网调控功能。

软件架构方面，主配网一体化调度控制系统一区采用公共支撑平台，数据库服务、实时库服务及消息服务等公共服务需同时对主网调度及配网调度进行支撑；如是在已有调度系统上进行改造的，则需对支撑平台中涉及配网的程序如告

警、采样等进行配网化改造；扩展配网SCADA应用、馈线自动化处理及配电网高级应用等功能，数据采集采用主网采集与配网采集相分离的分布式采集，并区分公网与专网两种采集方式。三区共用原有的Web发布系统，扩展配网抢修调度应用。一体化系统软件架构如图6所示。

应用协调方面，由于不同调度分别源于IEC 61850、IEC 61968及IEC 61970，因此需要在数据库底层上将主配网相关的设备模型表、触发器

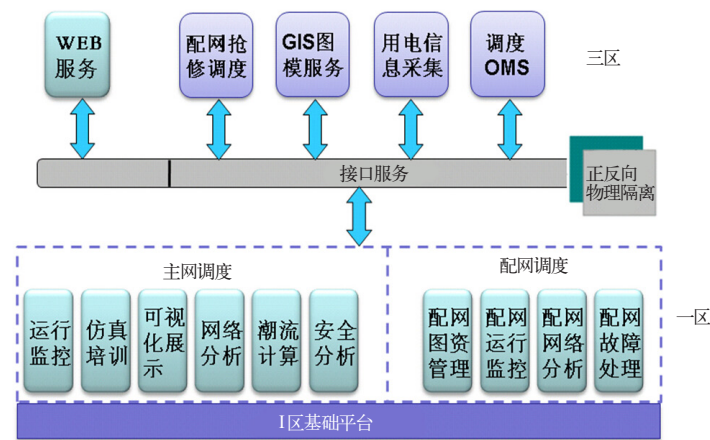


图6 一体化系统软件架构

等分开。其中配网部分分为配网模型类和配网模型所触发的量测类两类。在完成底层表结构的分离后，考虑到主网数据采集与配网数据采集的规约、数量上均有所差异，增加配网前置应用（DFES），使其具备配电设备数据采集功能，针对配数据规模远大于主网数据规模的现状，优化前置处理方式，将数据通道由进程级改造成线程级管理，提高数据接入规模。又由于配电数据处理上较主网数据处理简单，增加配网SCADA应用实现对配网设备监视和控制功能，和主网SCADA应用完全独立。程序处理方式简化处理流程，提高处理速度。消息交互时主配网的消息用不同的消息通道进行传输，仅在需要不同应用的地方进行交叉监听。一体化系统应用架构如图7所示。

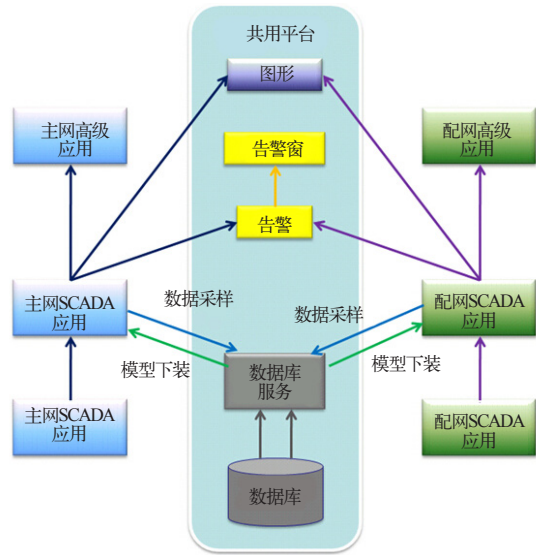


图7 一体化系统应用架构

功能展示方面，主配网应用应当各自建立独立的告警系统，区分不同应用的告警信息处理流程，告警信息分别存储，统一展示、应用。结合系统责任区，对主配网告警信息根据用户角色（地调、配调、县调）分别定制展示策略。采样系统针对配网采样点多，采样规模大的特点，宜采用独立的处理进程，与主网采样分开处理，提高采样效率。图形展示上针对不同的调度系统的业务特点进行区分，主网侧重于厂站图，业务功能从厂站出发，配网调度则强调图模管理、专题图管理和配网馈线自动化等。系统应当具备主配网一体化、地县一体化的系统界面，便于不同身份的用户进行操作。

4.2 主配网一体化分析应用技术

电网分析应用功能完成对电网运行状态的有效分析，主配网一体化系统利用主配网运行数据和其他应用软件提供的结果数据来分析和评估主网及配网运行情况，实现主配网的优化运行。

1) 主配网一体化网络拓扑分析研究。基于主配网一体化系统的网络拓扑分析可以根据高中低压电网连接关系和设备的运行状态进行动态分析，分析结果可以应用于主网监控、配电监控和安全约束等。通过对电气岛分析，分析高中低三级电压电网设备的带电状态，按主配网设备的拓扑连接关系和带电状态划分电气岛。通过电源点追溯，分析高中低三级电压电网设备的供电路径及供电电源，为相关分析应用提供拓扑依据。通过主配网设备挂牌、临时跳

接等操作分析此类操作对高中低三级电压网络拓扑的影响。

2) 主配网一体化拓扑着色研究。主配网一体化拓扑着色可根据主配网开关的实时状态, 确定系统中高中低三级电压模型各种电气设备的带电状态, 分析电源点和各点供电路径, 并将结果在人机界面上用不同的颜色表示出来。同时依据高中低三级电网拓扑分析的结果, 区分展示不同电压等级的电网模型元件的运行状态, 如带电、停电或接地等, 动态显示不同电源点的供电区域, 显示负荷转供的所有路径, 显示不同变电站的供电范围等。可以依据中低压故障分析结果, 对故障区域进行着色显示。

3) 主配网一体化负荷转供分析。主配网一体化负荷转供分析根据不同电压等级目标设备分析其影响负荷, 并将受影响负荷安全转至新电源点, 提出包括转供路径、转供容量在内的负荷转供操作方案。同时可以通过对负荷信息统计, 分析目标设备影响到的负荷及负荷设备基本信息。通过转供路径搜索, 采用拓扑分析的方法, 搜索得到所有合理的负荷转供路径, 结合拓扑分析和潮流计算的结果, 对转供负荷容量以及转供路径的可转供容量进行分析。还可以对双电源供电客户转供结果进行分析。

5 结束语

地区电网调配抢一体化系统建设模式是将电网调度、配网调度和配网抢修调度三者架构统一规划, 软件功能精准定位, 硬件资源高度复用, 构成完整的一体化系统。随着电网规划建设完善, 社会对供电可靠性、供电服务质量要求的增高, 推动了调配抢一体化系统的建设完善及实用化进程。同时伴随着电网调度、配网调度、配网抢修调度及系统集成等分项关键技术研究的日益增多, 其发展日益成熟, 不同模式的调配一体化系统案例越来越多, 电网调配抢一体化系统的应用价值正逐渐显现。目前在全国一些地区, 如四川绵阳、河北廊坊和江苏苏州等一些较为典型的一体化工程案例已经投运或正在实施。地区电网调配抢一体化系统是中小型地区配电网调度与抢修调度建设发展的趋势和方向, 是提升中小型电

网稳定、安全、经济运行的重要手段, 是提高地区供电服务质量的重要保证, 能够有效地促进电网的集约化运行和管理。

参考文献

[1] 刘健, 赵树仁, 张小庆. 中国配电自动化的进展及若干建议[J]. 电力系统自动化, 2012, 36(19): 6-10.

[2] 赵江河, 陈新, 林涛, 等. 基于智能电网的配电自动化建设[J]. 电力系统自动化, 2012, 36(18): 33-36.

[3] 姚建国, 周大平, 沈兵兵, 等. 新一代配电网自动化及管理系统的设计和实现[J]. 电力系统自动化, 2006, 30(8): 89-93.

[4] 蒋锦霞, 庄晓丹, 梅峰. 配网生产抢修指挥平台设计及应用[J]. 电力信息化, 2013, 11(5).

[5] 郭建成, 钱静, 陈光, 等. 智能配电网调度控制系统技术方案 [J]. 电力系统自动化, 2015, 39(1): 206-212.

[6] 陆巍巍, 林庆农. 调配一体化系统建设的研究与分析[J]. 中国电机工程学会电力系统自动化专业委员会, 2012年学术交流会.

[7] 沈兵兵, 吴琳, 王鹏. 配电自动化试点工程技术特点及应用成效分析[J]. 电力系统自动化, 2012, 36(18).

[8] 张大立. 一体化县级电网调配系统的开发与应用[J]. 电力设备, 2008 9(4).

[9] 王兴念, 赵奕, 苏宏勋, 等. 配电自动化系统的实用设计[J]. 电工技术杂志, 2004 (7).

[10] 李胜利, 任军, 黄磊, 等. 城市配网自动化发展分析及其运行管理模式研究[J]. 电工文摘, 2009 (2).

作者简介

宋英华 (1982-), 男, 本科, 工程师, 从事配电自动化系统研究与开发。

欧阳文 (1990-), 男, 本科, 主要研究方向为配电自动化研究和产品研发。

袁伟 (1988-), 男, 本科, 主要研究方向为配电自动化研究和产品研发。

(收稿日期: 2015-12-10) **EA**

(编辑: 杨得润)