

ZHINENG DIANWANG DIAODU KONGZHI XITONG  
YINGYONG JISHU

# 智能电网调度控制系统 应用技术

国网河南省电力公司 组编



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

ZHINENG DIANWANG DIAODU KONGZHI XITONG  
YINGYONG JISHU

# 智能电网调度控制系统 应用技术

国网河南省电力公司 组编



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

## 内 容 提 要

为便于电网调度自动化人员学习和掌握新一代智能电网调度控制系统的应用技能,本书详细讲解了调控自动化系统专业日常操作技巧、操作步骤和作业流程,汇总了电网调度自动化等相关实操技能和应用案例,主要包括智能电网调控自动化主站系统、网络及安全防护系统、智能变电站电力监控系统三部分的内容。

本书可作为电网调度自动化专业人员实际操作的作业指导书、相关设备的技术手册,也可供广大电力系统工作人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

智能电网调度控制系统应用技术 / 国网河南省电力公司组编. —北京: 中国电力出版社, 2018.8  
ISBN 978-7-5198-2182-1

I. ①智… II. ①国… III. ①智能控制-电网-电力系统调度 IV. ①TM76

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 142511 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: 肖 敏 (010-63412363)

责任校对: 黄 蓓 常燕昆

装帧设计: 郝晓燕

责任印制: 邹树群

---

印 刷: 北京雁林吉兆印刷有限公司

版 次: 2018 年 8 月第一版

印 次: 2018 年 8 月北京第一次印刷

开 本: 787 毫米×1092 毫米 16 开本

印 张: 23

字 数: 533 千字

印 数: 0001—2100 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

# 《智能电网调度控制系统应用技术》

## 编委会

主任 戴 飞 杨义波

副主任 单瑞卿 邓启民

委员 阎 东 范 斗 张 理 惠自洪 张玉珠

朱光辉 牛继涛 丁东坡 李建功

主 编 单瑞卿 邓启民

副主编 范 斗 张玉珠 牛继涛 丁东坡 李建功

编 写 (排名不分先后)

王 丹 肖 亮 苗红星 李嘉庆 张小田

吴标琪 张怡迪 杨 飒 刘 慧 张馨丹

李 陆 黄 凯 王跃辉 王 龙



# 前 言

电力生产在国民经济和社会生活中占据重要的地位，智能电网调度控制系统是支撑电网安全、稳定、经济、可靠运行的重要技术手段。随着国家经济的快速发展，电力的需求逐年提高，发电侧新能源快速发展、电网侧特高压交直流混联运行、负荷侧需求快速增长等现实情况，都对电力系统的安全、经济、稳定供电提出了更高的要求。为了达到这一要求，加强国家电网公司调度自动化及网络安全实操技能，进一步提高自动化运维人员对新一代电网调度自动化系统的熟悉与了解，提升电网调度自动化系统智能化、自动化、实用化应用技术水平，结合生产实践和应用需求，编写了本书。

本书主要包括三部分内容，涵盖智能电网调度技术支持系统（主站）、网络安全防护系统（网安）、智能变电站综自系统（厂站）。主站部分主要结合最新智能电网调度控制系统应用版本，涵盖一个基础平台四大类应用，内容涉及电网运行监视、分析、控制、计划编制、评估和调度管理类等电力主站的多套系统、多个应用模块的实际操作与应用，以实例形式讲解故障分析与处置、流程化管理与应用技巧等。网络安全防护部分根据国家电力监控系统最新网络安全防护要求，结合电力系统中网络安全设备在日常运行维护中出现的問題，以实例或模拟实例的形式，介绍网络安全设备的日常运维工作技巧，涵盖电力专用网络设备、纵向加密认证装置、横向单向隔离装置、防火墙等常用设备维护技巧等，同时结合提升各级监控系统安全防护能力，实现主机加固，做好新建厂站网安接入和日常运维工作，提出了有效故障分析和新站接入的处置流程与方法。厂站部分主要结合最新智能变电站综自系统，涵盖智能变电站三层两网结构涉及的后台、远动、测控、智能终端、合并单元等主要设备，包括网络、通信和回路等，指导现场人员的实际操作，规范调试内容范围、调试项目和测试过程，提高现场调试效率以及快速准确排除设备安全隐患。此外，结合现场实际工作，制定智能站自动化专业实操作业指南等。

本书由国网河南省电力公司组织编写，单瑞卿、邓启民担任主编，范斗、张玉珠、牛继涛、丁东坡、李建功担任副主编。参加编写的同志具有丰富的现场实践经验和专业理论基础，其中，第1篇的第1章由国网河南省电力公司单瑞卿编写，第2、3章由国网洛阳供电公司李嘉庆编写，第4、9章由国网焦作供电公司李陆编写，第5章由国网河南省电力公司技能培训中心张玉珠编写，第6章由国网河南省电力公司王丹编写，第7章由国网河南省电力公司范斗编写，第8章由国网郑州供电公司张馨丹编写，第10、11章由国网洛阳供电公司张怡迪编写，第12章由国网郑州供电公司牛继涛编写；第2篇的第13、15章由国网焦作供电公司肖亮编写，第14章由国网焦作供电公司丁东坡编写，第16、17章由国网许昌供电公司杨飒编写，第18章由国网焦作供电公司王龙编写，第19章由国网新乡供电公司张小田编写；第3

篇的第 20 章由国网河南省电力公司技能培训中心王跃辉编写，第 21 章由国网濮阳供电公司李建功编写，第 22 章由国网郑州供电公司黄凯编写，第 23 章由国网信阳供电公司苗红星编写，第 24、27 章由国网新乡供电公司吴标琪编写，第 25 章由国网郑州供电公司刘慧编写，第 26 章由国网河南省电力公司技能培训中心邓启民编写。

本书适用于电网调度自动化现场工作人员，可为其实际操作提供作业指导，亦可作为新进员工的培训教材以及调度自动化系统的技术手册。主站部分可作为智能电网调度技术支持系统的使用手册，结合工程化工作将各类常见操作以及故障情况的操作流程进行了较为详细的说明，适用于智能电网调度技术支持系统的维护人员岗位培训考核，亦可供电网调度自动化维护员在生产、培训、学习时作为参考，同时也可以作为速查手册使用。网络安全防护部分适用于调度数据网路由器和交换机、纵向加密认证装置、正（反）向型横向隔离装置、通用安全装置及电力监视平台的配置、安全加固、故障排查、处理的现场作业和实训课程，通过在仿真设备上的实训操作练习，提高调度自动化运维人员的工作能力，对现场运维工作有一定指导意义。厂站部分适用于 110（66）~750kV 电压等级智能变电站建设、改造工程的调试工作，其中已给出的典型设备及系统可参照补充具体变电站及间隔名称后，形成适用于具体工程的作业指导书及调试报告，适用于 110（66）~750kV 电压等级智能变电站的运行维护与故障检修以及自动化现场运维人员的技能培训教材。

# 目 录

前言

## 第 1 篇 主 站 部 分

1 主站概述	2
2 操作系统	11
3 商用数据库	21
4 基础平台	32
5 稳态监控	42
6 综合智能告警	61
7 电网动态运行监视	73
8 网络分析	83
9 自动电压控制	94
10 自动发电控制	104
11 在线安全稳定分析	112
12 厂站信息接入和主站各模块功能验证	116

## 第 2 篇 网 络 安 全 防 护 部 分

13 调度自动化网络安全防护概述	128
14 调度数据专网	130

15	内网安全监视平台 .....	142
16	纵向加密认证装置 .....	145
17	横向单向隔离装置 .....	159
18	防火墙与 IDS .....	174
19	安全加固 .....	179

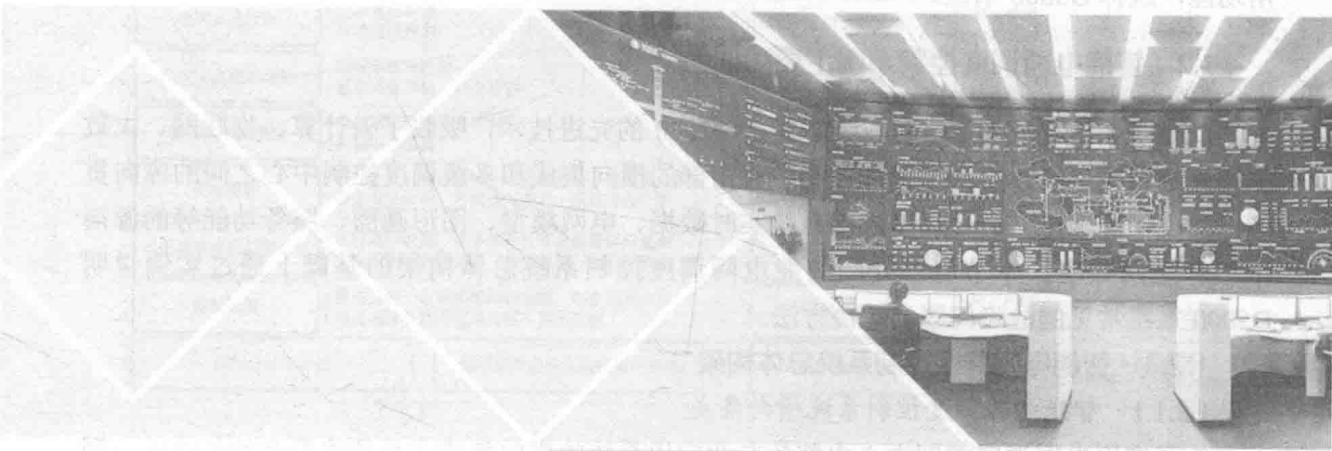
### 第3篇 厂站部分

20	智能站概述 .....	220
21	智能站自动化设备配置 .....	226
22	智能站自动化设备功能检查 .....	249
23	监控后台 .....	271
24	回路分析 .....	283
25	通信协议 .....	304
26	智能站建设、改造工作指导 .....	326
27	智能站“四遥信息”故障 .....	334
附录 A 综合测试练习 .....		351

# 网站建设

## 第1篇

# 主站部分



# 1 主 站 概 述

智能电网调度控制系统是智能电网调度的核心内容，从调控中心应用需求的根本出发，结合计算机、网络、通信、多媒体等最新技术的发展，形成系统体系，实现了电网实时监测从稳态到动态、电网分析从离线到在线、电网控制从局部到全局、电网调度从单独到协同的重要技术进步。

## 1.1 智能电网调度控制系统

智能电网调度控制系统（Smart Grid Dispatching Control System），包括统一的基础平台（D5000 平台），以及平台之上的实时监控与预警、调度计划、安全校核、调度管理四大类应用功能，统称 D5000 系统。

## 1.2 智能电网调度控制系统主要功能

D5000 系统继承了 CC-2000 和 OPEN-3000 的先进技术，吸收了云计算、物联网、大数据等先进科技理念，实现了调度控制中心内部的横向集成和多级调度控制中心之间的纵向贯通；实现了国家电网公司调度控制系统实时数据、电网模型、图形画面、服务功能等的源端维护和全网共享。本节将在介绍智能电网调度控制系统总体构架的基础上通过实例说明 D5000 系统常见的故障问题及解决方法。

### 1.2.1 智能电网调度控制系统总体构架

#### 1.2.1.1 智能电网调度控制系统横向集成

为了实现电网调度控制中心内部各专业应用系统的横向集成，必须将原有的传统的电网调度自动化系统（SCADA/EMS）、水电自动化系统、电能量计量系统、广域相量测量系统（WAMS）、调度计划及检修系统、卫星云图系统、雷电定位系统、动态安全稳定预警系统（DSA）、调度生产管理系统、继电保护故障滤波信息管理系统等十余套各自独立的业务应用系统，安全整合为覆盖整个调度控制中心的一套系统，其底层为横跨三个安全区的一体化支撑平台，上层为位于安全 I 区的实时监控与预警类应用、位于安全 II 区的调度计划类应用及其安全校核类应用、位于安全 III 区的调度生产管理类应用，支持电网稳态、动态、暂态等多种运行信息的全景监视与分析。

#### 1.2.1.2 智能电网调度控制系统纵向贯通

为了实现各级电网调度控制中心之间纵向贯通，特别是为了支撑特高压电网的一体化运行，必须实现国调、分调、省调三级电网调度控制中心的一体化运行；各级调度控制中心安全 I 区的实时监控与预警类应用通过调度数据网络的实时 VPN 子网纵向互联，安全 II 区的调度计划于安全校核类应用通过调度数据网络的非实时 VPN 子网纵向互联，安全 III 区的调度生产管理类应用通过企业综合数据网络的调度 VPN 子网纵向互联，从而实现实时监控与预警、调度计划等各类应用在多级调度机构的广域共享，同时通

过调度数据网双平面实现厂站和调度中心之间、调度中心之间数据采集和交换的可靠运行。

### 1.2.2 总体功能模块

智能电网调度技术支持系统功能分为实时监控与预警、调度计划、安全校核和调度管理四类，突破了传统安全分区的约束，完全按照业务特性，将系统整体框架分为应用类、应用、功能、服务四个层次。应用类是由一组业务需求性质相似或者相近的应用构成，用于完成某一类的业务工作；应用是由一组互相紧密关联的功能模块组成，用于完成某一方面的业务工作；功能是由一个或者多个服务组成，用于完成一个特定业务需求。智能电网调度控制系统包括4个应用类、27项应用和若干功能，如图1-1所示。

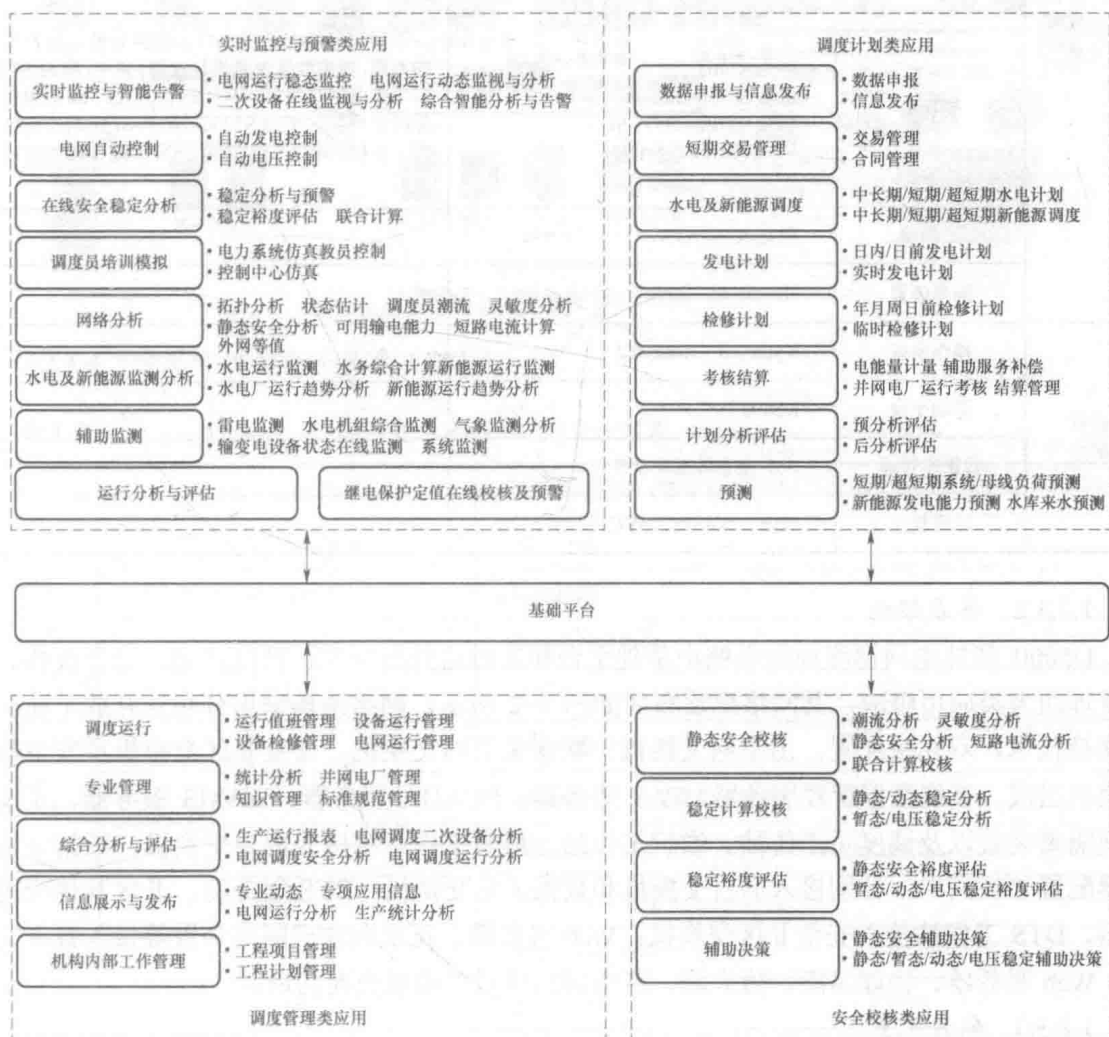


图 1-1 系统功能模块

## 1.2.3 智能电网调度控制系统配置

### 1.2.3.1 设备选型（见表 1-1）

表 1-1 设备选型一览表

	项目名称	典型型号	备注
硬件部分	服务器	华为 Tecal RH2488V2 华为 H58M-03 联想 ThinkServerRQ940	不同型号的服务器，内存、硬盘、网卡、显卡不同，根据不同的业务需求进行选择，其中，华为 Tecal RH2488V2 多用作前置采集、SCADA、历史、PAS、Web 服务器
	数据库	达梦 6.0	
	磁盘阵列	华为 S5600T	
	交换机	华为 S7703 华为 S5700-52C-SI 华为 S5700-24TP-SI 华为 SNS2120 SAN	不同型号的交换机接口、交换容量、包转发率均不同，根据数据流量进行选择，其中，华为 S7703 多用作主网交换机，华为 S5700-52C-SI 多用作采集网交换机，华为 S5700-24TP-SI 多用作安全Ⅲ区交换机，华为 SNS2120 SAN 多用作磁盘阵列交换机
	工作站	曙光 A440-G	
	隔离装置	Hrwall-85-II	
软件部分	操作系统	Kylin 3.0 Rocky4.2	
	基础平台	D5000	
	数据库管理	人大金仓数据库软件	
	应用软件	DSA、WAMS、AVC 等	

### 1.2.3.2 体系架构

D5000 智能电网调度控制系统由基础平台和实时监控与预警、调度计划、安全校核、调度管理四大类应用组成，其网络配置布局如图 1-2 所示，网络结构采用分布式开放千兆局域网交换技术，双冗余配置，由主网交换机、数据采集网交换机、安全Ⅱ区交换机及安全Ⅲ区交换机组成。系统数据管理服务器、PAS 服务器、SCADA 服务器、WAMS 服务器、正反向物理隔离装置以及调度员工作站、维护工作站、报表工作站等接入后台交换机；数据采集服务器配置 4 块网卡，分别接入后台交换机和数据采集交换机；DTS 服务器、Ⅱ区其他应用服务器、DTS 工作站接入安全Ⅱ区交换机；Web 服务器、正反向物理隔离装置等接入Ⅲ区交换机，Web 服务器、物理隔离、防火墙、路由器构成对外信息交换的途径。

### 1.2.3.3 软件配置

安装 D5000 系统平台。在操作系统安装完成之后，还需要进行服务器和工作站的相关配置，如 SCADA 子系统、FES 子系统以及相关配置文件等。

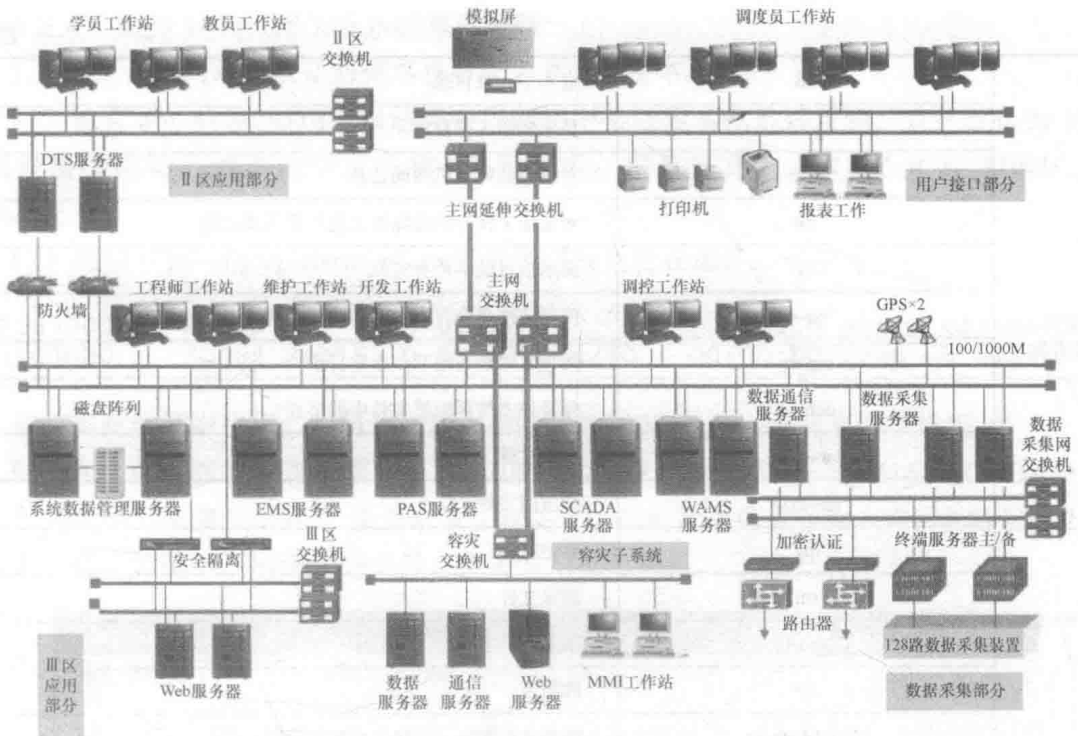


图 1-2 网络配置布局图

## 1.2.3.4 常见终端命令（见表 1-2）

表 1-2 常见终端命令一览表

系统应用类	sys_ctl start fast	快速启动应用（除报表工作站）
	sys_ctl start down	启动应用
	sys_ctl stop	停止应用
	sys_console	启动系统总控台
	reboot	重新启动工作站（在超级用户 suroot 下使用）
通道调试类	ping	ping 网络地址
	ssh	ssh 网络地址远程登录某节点
	tracert	跟踪路由，可查看每一跳的节点路由网络地址
查看服务器、工作站信息类	secproc	查看运行中进程
	ss	查看运行中服务
	df-h	查看磁盘空间
	ps-cf grep	ps-cf grep 进程名，查看某进程是否运行
	ifconfig	查看本节点网卡信息
	search_db	在 data_srv 服务器主机上查看和商用库连接状态
	search_file	查看 I、III 区文件是否堆积

文件应用类	cd	进入下一级目录
	pwd	显示当前工作目录
	man	对命令获得联机帮助信息
	cat	对指定文件在标准输出上进行显示或连接
	ls	显示该目录下所有文件
	cp-p	拷贝文件命令行为: cp-r 文件 1 文件 2
	scp-rp	拷贝文件至其他节点指定目录
	deliver	分发该文件至配置文件中的节点
	tar-zcvf	压缩文件
	tar-zxvf	解压缩文件
	mv	移动文件
	rm	删除文件
	进程启动类	GraphApp
dbi		数据库
GFileManager		图形文件管理(清除图形文件缓存)
Gcurve		曲线浏览器
Gexplorer		图形浏览器
GDesigner		图形编辑器
CaseView		断面管理工具
download_area_manager-db		分区下装工具
iapi		告警客户端
alarm_query		告警查询
query_report		报表查询
query_sample		遥测采样查询
定义类		alarm_define
	sample_define	采样定义
	sca_formula_define	公式定义
	ColorSet	色彩配置定义
	resp_manager	责任区定义
	priv_manager	权限定义
前置类	fes_display	前置通信显示工具
	fes_showreal	前置实时数据显示工具
	fes_sim	前置模拟器
其他	equipimp	保护导入工具
	db_recreate_automeas	前置信息生成工具

## 1.2.4 实例 1-1: D5000 系统常见故障

### 1.2.4.1 系统判断事故分闸但不推图或者事故推图不正确

(1) 检查 dbi 中 SCADA→系统类→厂站表中接线图名称是否正确。系统默认为 110kV 母线设备间隔图, 修改为图形名称+后缀形式, 规范格式为 EN\_ZZ.××\_110kV 某某站.fac.pic.g

(2) 终端下 ps-ef|grep alarm\_client 查看该进程是否在运行。正常如下:

```
329:d5000      25953      1 0 09:12 ?          00:00:00 alarm_client
341:d5000      30654 24315    0 09:13 pts/10      00:00:00 grep -n alarm
```

若仅有画线框中进程, 说明该进程未启动, 终端下 alarm\_client 启动该进程。

(3) 利用前置模拟器进行模拟。以 110kV 紫辰变为例, 该站厂号 316 (SCADA→系统类→厂站表中厂站编号可查), 金岱紫辰 2 开关合位的前置遥信点号为 2 点, 金岱紫辰 2 开关分位为 3 点。如图 1-3 所示填写点号, 点击发送即可模拟。

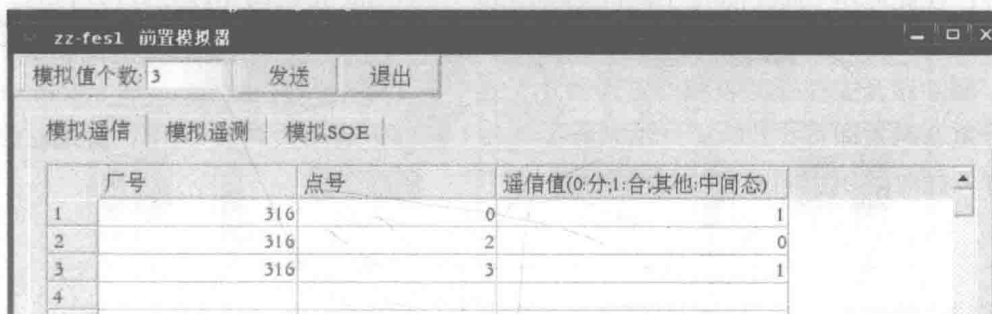


图 1-3 前置模拟器配置图

(4) 终端下 kp alarm\_client; alarm\_client 重新启动该进程。

(5) 终端下 procshut sys base\_srv alarm\_client 彻底退出该进程后, alarm\_client 重新启动该进程。

### 1.2.4.2 遥控下行预置或者执行失败

遥控操作下, 提示本节点禁止遥控、本站禁止遥控、未定义该开关遥控信息等说明是主站问题。现分别给予说明。

(1) 本节点禁止遥控。说明该节点未配置遥控操作权限, 请更换至其他工作站进行传动工作。

(2) 本站禁止遥控。说明该站未勾选允许遥控。FES→设备类→通信厂站表中的“是否允许遥控”选择是。

(3) 未定义该开关遥控信息。说明该开关在 FES→设备类→定义表→下行遥控信息表中未定义该开关遥控数据点号。需在 SCADA→参数类→遥信表中“是否遥控”选是, 触发至下行遥控信息表中并填写该点号。

一般, 除以上问题外其他都是子站问题。确认方法如下:

打开前置通信显示工具 (终端下 fes\_display 或者前置规约报文)。

接收(遥控): 传送原因(占两个字节, 第九、十字节) 07 是正常, 47 说明子站否定确认, 需进行子站检查。

#### 1.2.4.3 无法触发出所需要的遥测量

前置遥测定义表有一串数字并且 db\_recreate\_automeas yc 407 厂站编号命令无法触发出所需要的遥测量

```
// zz-sca1:/home/d5000/zhengzhou % sca_trans_long -id 350436346692642109
record_id: 687875389 column_id: 0 table_id: 1245
area_id: 41 record_id: 9533 column_id: 0 table_id: 1245
dev_id: 350436346692642109
```

(1) 用 sca\_trans\_long -id 标识、查询, 根据 area\_id、table\_id、record\_id 判断区域名、表名、记录名。

(2) 进入达梦数据库。远程登录 zz-sca1/zz-sca2, 命令行 isql d5000/d5000@mdb。

(3) sql(sequence query language, 数据库查询语言), 标准格式 select 域名 from 表名 where 查询条件; 在此应用 select name from measanalog where alg\_id=114561252511973968。其中域名, 表名均可在 [90](#) 下查到, 查询条件为 alg\_id (遥测 ID) = 该串数字

(4) 删除该开关在遥测表和前置遥测定义表中的记录, 并用 db\_recreate\_automeas yc 407 厂站编号重新触发即可 (220kV 厂站须分区下装工具中下装相关表)。其中, 前置遥信定义表遇到同样问题时采用相同的方法可以解决。



### 思考与练习

怎么修改静态路由表的配置?

答案:

在 zz-fes1 上, 超级用户 suroot 登录, vi /etc/rc.local 下编辑, 添加一条路由记录, 以 41.106.2.2 的 IP 举例: route add-net 41.106.2.0 netmask 255.255.255.0 gw 41.11.10.254 添加完成后, wq!保存并重新在超级用户下执行该命令。该条记录即生效。用同样方法在 zz-fes2 上修改。

在 rc.local 配置文件下删除该记录, 并执行 route del-net 41.106.2.0 netmask 255.255.255.0 gw 41.11.10.254 该条记录删除, 可以用 route 命令查看是否写入该条路由。

## 1.3 智能电网调度控制系统展望

结合电网一体化的特征和云技术并行计算、可扩展的特点, 目前提出了“调控云”的新理念, 通过对调控云的建设, 提供高可靠性、弹性的基础资源, 全网统一模型和运行管理数据, 为进一步使用计算机推理、逻辑推理、关联搜索等深度学习算法, 形成知识模型, 使电网调度跨入计算机智能处理奠定基础。

调控云的数据来源于 EMS、TRM、OMS 等各项应用, 具体架构由 SaaS、PaaS、IaaS

三部分构成，其中 SaaS（Software as a Service）软件即服务，由面向调度运行和管理的若干应用软件组成，主要有四类：数据查询与可视化、分析与统计、电网在线分析、智能应用；PaaS（Platform as a Service）平台即服务，包含公共组件，通常有若干组数据、不同类型的 DB、系列管理和服务软件；IaaS（Infrastructure as a Service）基础设施即服务，由若干服务器、网络设备组成资源池，通过云管理这些资源，进而虚拟化，用于承接各类应用软件。

### 1.3.1 实例 1-2：调控云工程案例

调控云系统框架、数据流向、硬件构架分别如图 1-4~图 1-6 所示。

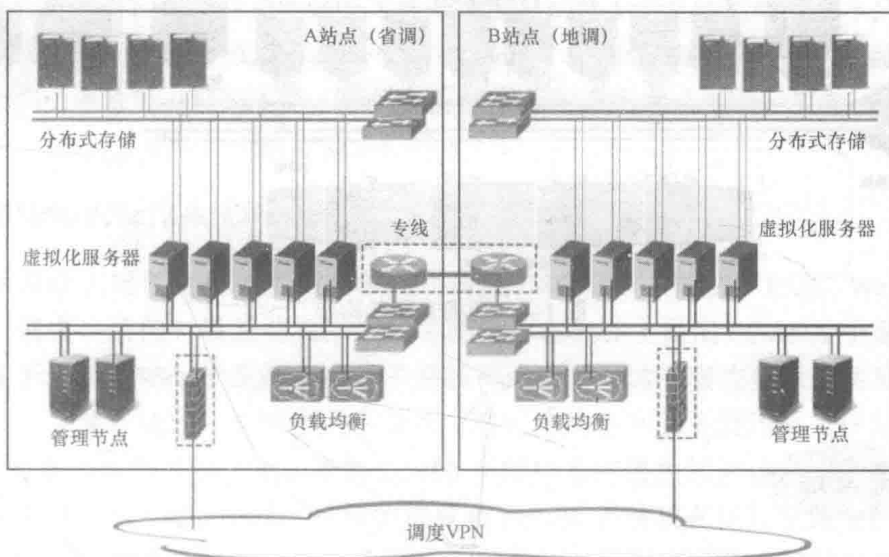


图 1-4 调控云系统框架

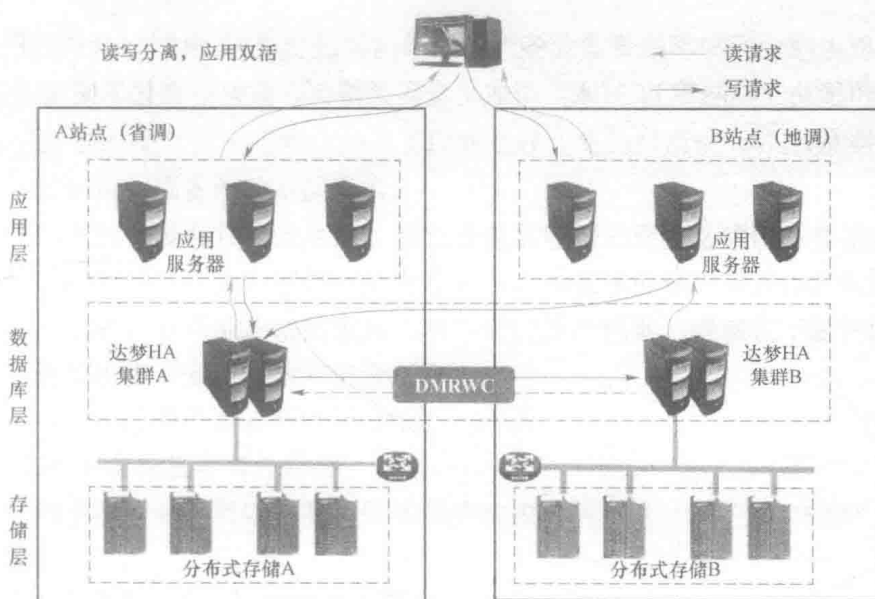


图 1-5 数据流向