

# 变电站远程维护系统体系结构研究

侯贺军<sup>1</sup>, 钱清泉<sup>2</sup>

(1. 湖北汽车工业学院, 湖北 十堰 442002; 2 西南交通大学电气工程学院, 四川 成都 610031)

**摘要:** 从变电站自动化系统及其管理模式的发展对维护的需求出发, 对变电站远程维护系统的总体框架模型、逻辑结构模型、功能结构模型、信息模型、系统的网络体系和系统的软件体系结构进行了详细研究。建立的系统体系结构既满足了变电站自动化系统发展对维护的需求, 又兼容现有的变电站自动化系统及维护体制, 可以为变电站自动化系统提供安全、高效、快捷的维护保障结构。

**关键词:** 变电站自动化; 网络; 远程维护; 体系结构

**中图分类号:** TM76      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1003-4897(2005)14-0074-05

## 0 引言

随着变电站自动化与信息化的发展, 变电站从有人值班向无人值班、无人值守过渡。为适应变电站管理模式的发展趋势, 变电站自动化正在向具有更多功能的综合自动化方向发展。根据国际大电网会议 W G34 03工作组在研究变电站的数据流时的分析, 变电站自动化需完成的功能大概有 63种<sup>[1]</sup>。实现这些功能的变电站自动化系统, 由于系统复杂性的增加, 可靠性将降低。

其次, 在变电站自动化系统中, 各个子系统之间、系统和 IED 设备之间的通信网络是整个系统的关键环节之一, 而现有变电站系统没有这方面的维护功能, 无人值守变电站一旦发生通信故障, 无法及时准确找出故障原因并加以排除。

第三, 随着我国西电东送和区域电网的全国联网, 电力系统跨区域、跨厂、网的情况将会出现<sup>[2]</sup>, 变电站将呈现宽地域、多维护点分布, 这些分布特点对变电站的维护技术和维护机制提出了更高的要求。

随着近年来电力通信网的迅速发展, 智能化水平不断提高, 功能日益强大, 电力通信网的业务已扩展到高速、数字化、大容量的用户业务。同时, 综合计算机技术、网络技术和计算机通信技术等先进信息技术的远程维护技术也得到了飞速发展。基于变电站远程维护需求的驱动和相关技术的发展作为保障, 应用基于电力通信网的远程维护技术, 实现变电站远程维护系统, 解决变电站系统由于复杂性、可靠性、广域分布等带来的维护问题, 实现维护的安全、高效和快捷成为可能。

本文就是根据变电站维护发展需求, 同时综合

考虑我国变电站系统发展的现状和趋势, 在参考国内外各方面先进诊断、维护应用的基础上, 充分利用远程维护技术, 研究和建立了变电站远程维护系统的基本体系结构<sup>[3~11]</sup>。

## 1 系统体系结构

### 1.1 系统的总体结构

针对变电站发展带来的问题, 变电站远程维护系统应充分发挥现有变电站远程监控资源优势, 在此基础上利用信息技术建立合理的系统体系结构, 既与现有系统兼容、协调, 又实现维护的有效性、敏捷性和经济性。因此, 变电站远程维护系统 (Substation Remote Maintenance System, SRMS) 和远动系统共用电力数据网, 远动系统为 SRMS 提供丰富的远动信息, 远程维护系统可以看作是远动系统的功能扩展。

图 1 所示的结构正是考虑了上述情况, 并以信息技术为纽带, 将广域分布的变电站系统有机地连为一体, 形成资源共享、相互协作、相互支持的变电站远程维护系统<sup>[12,13]</sup>。

按以上体系结构设计的变电站远程维护系统主要有以下特点:

1) 维护体制。既结合了现行的变电站维护体制的主要层次, 又符合以电力数据网为平台的网络化的变电站管理模式和远程维护体制。

2) 广域系统。广域分布是远程系统的基本特征, 建立远程系统的目的就是为地理上分布广泛的变电站提供有效的远程维护支持。

3) 组织结构。远程维护系统由变电站维护人员、维护服务器和远程维护中心组成, 与无人值守变电站的分层管理、分级控制的体制是一致的。

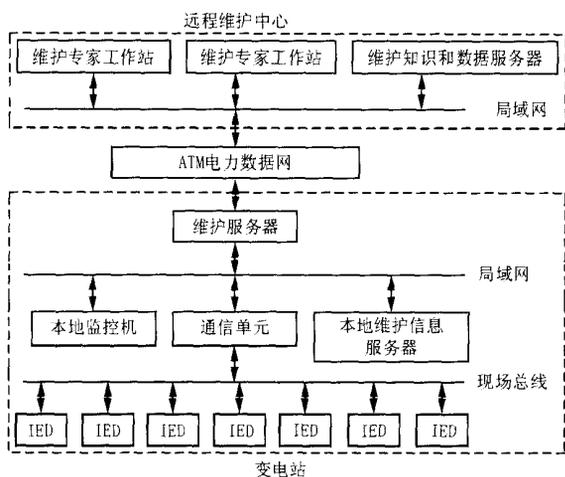


图 1 远程维护系统的总体方案

Fig 1 Whole framework of substation remote maintenance system

4) 实现功能。维护服务中心的功能主要是维护数据分析、专家会诊、系统软故障的远程维护等；现场维护人员的主要任务就是与远程维护中心通过信息交互，快速、有效地对变电站系统的硬件进行维修或更换。

## 1.2 系统的逻辑结构

图 1 所示的系统的总体方案在物理结构上奠定了系统内的维护资源共享、互相支持协作的基础。而系统逻辑结构的建立将使系统的维护资源更加有机地结合起来，保证系统整个诊断、维护流程的顺畅运行。

下面将从知识管理、数据库管理、诊断维护三方面出发，建立一个知识资源共享、系统诊断维护等信息交互的系统逻辑结构，增强系统的诊断维护能力，具体结构如图 2 所示。结构中主要组成部分介绍如下：

1) 核心诊断资源：维护专家、知识库、维护历史数据库、系统状态信息数据库、监控图像数据库。

2) 接口层：与维护人员的接口、系统状态信息接口、维护服务信息输出接口等。

3) 支持环境层：ATM 网络、数据库。

知识库是远程维护的核心知识源，它包括维护知识库和故障诊断知识库两个子库。维护知识库存放的是变电站整个自动化系统的设计、制造、安装、调试等资料和数据；故障诊断知识库存储的是不断积累起来的诊断维护知识，随着维护服务的不断增加，该知识库将为用户提供更加强大的智能诊断服务能力。维护历史数据库中存放变电站系统的维护

历史记录。系统状态信息数据库存放的是确定的一段时间内被监控的设备或系统的状态信息。监控图像数据库顾名思义就是为追溯异常、故障状态而保存在数据库中的图像资料。

远程维护专家工作站的核心资源是维护专家、维护知识库、系统状态信息数据库、监控图像数据库和维护历史数据库。这些数据库协同工作，不但为专家的维护工作提供系统设计、制造、历史维护的经验和数据，而且为专家提供系统异常、故障时的状态信息和图像信息。

现场维护人员通过接口层（维护服务器提供），访问维护历史数据库、系统状态信息数据库、监控图像数据库，并通过信息交互得到远程维护专家的技术支持，使现场维护人员能够快速、高效的解决系统的硬件故障。

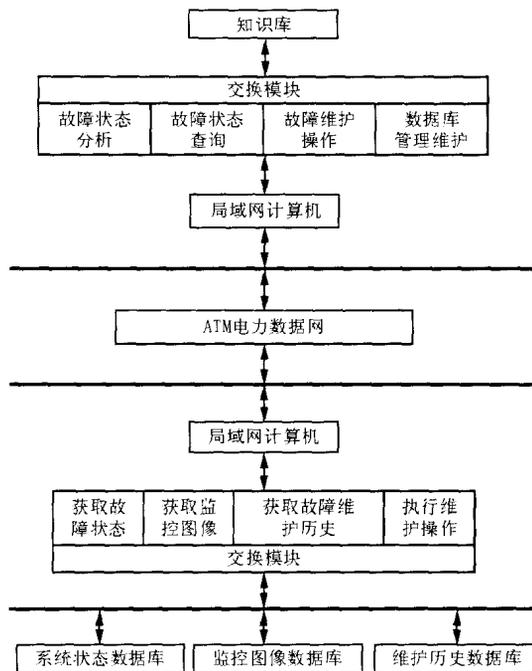


图 2 远程维护系统逻辑结构

Fig 2 Logic framework of substation remote maintenance system

系统的几个重要的模块是：数据交换模块、系统状态信息模块、维护模块、系统调度模块。图 3 显示了变电站远程维护模块的逻辑关系。

数据交换模块：变电站当地监控系统根据相应的规则，检查 IED 的运行参数，对于符合事故或预警定义的状态则报警。系统通过数据交互模块读取故障、预警信息和维护所需的信息；

系统状态信息模块：它通过远程操作定时扫描变电站的站控层主机系统，获取被维护主机的系

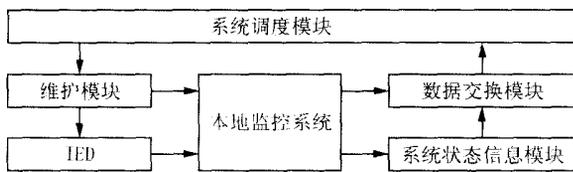


图 3 远程维护系统功能模块的逻辑关系

Fig 3 Logic relation of substation remote maintenance function modules

统和网络的配置和信息,以及应用程序、进程和计算机性能的信息,亦可获取设备信息。这些为维护模块对站控层主机的维护提供了可靠的信息;

**维护模块:**根据数据交互模块和系统信息模块提供的预警和故障数据和信息,通过程序下载,远程测试,远程操纵及系统配置等功能,对系统的故障进行远程维护;

**系统调度模块:**接受来自远程监控工作站的异常、报警信息,并提交给维护、诊断中心的维护专家。维护专家访问数据库,获取所需的各种信息并作出判断:如果是软故障,维护专家实施远程维护;如果是硬件故障,通知现场维护人员进行排除,并通过维护信息交互,对现场维护人员进行远程支持。另外,模块还负责远程维护系统使用的授权,避免远程维护系统受到非法用户的使用。

## 2 系统功能结构

根据系统的逻辑结构,对变电站维护系统的功能进行了设计,系统的功能模型如图 4 所示。

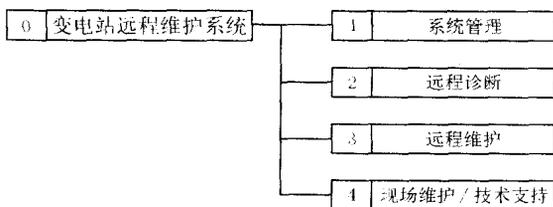


图 4 变电站远程维护系统功能模型

Fig 4 Function model of substation remote maintenance system

### 1) 系统管理功能结构

**安全管理:**对系统的资源和系统的用户进行安全管理,包括系统使用者的授权、口令保护、登录管理、注册管理等;

**知识库建设:**知识库为维护专家提供变电站系统设计、制造、安装、调试的资料数据和诊断维护的经验、知识,是实现智能诊断的基础;

**知识获取、更新功能:**获取复杂、特殊的异常或

故障诊断维护时的新经验、新知识,并更新知识库;  
**电子手册管理:**不断利用新知识更新已有的电子手册。

**历史数据管理:**建立系统维护历史数据库,该历史数据库中存储的是系统维护的记录;

**运行档案维护:**对系统维护历史库中的面向变电站系统建立的运行档案进行维护,它包括维修档案,设备硬件和部件更换档案等。

2) 远程诊断功能结构(远程诊断功能主要由维护专家通过对故障相关信息分析来完成)

**信息分析及处理:**对获取的维护所需信息进行分析,为接下来的诊断提供可能出现故障的特征信息;

**诊断功能:**利用维护中心的各种诊断手段对系统故障、预警状态进行诊断,得出系统当前可能出现的故障或故障区域,提出诊断维护策略;

**运行趋势分析:**根据当前系统信息,判断今后系统运行可能出现的问题,为系统的维护提供有效的使用及维护指导。

### 3) 远程维护功能结构

**软故障维护:**如果诊断故障是软故障,就通过远程操作进行系统的远程维护;

**远程技术支持:**如果诊断故障是硬件故障,就通知现场维护人员进行硬件维护。维护专家通过音频、视频等信息交互手段实现远程技术支持;

**维护实例管理:**对成功的维护实例,包括故障原因、状态、维护方法及相关的技术支持等存入知识数据库。

4) 现场维护/技术支持:现场维护人员通过音频、视频等信息交互手段得到维护专家远程技术支持。

## 3 系统信息模型

变电站远程维护系统的信息模型如图 5 所示。系统信息模型反映了系统的主要功能之间的信息关系。系统通过有效组织,调动系统内的诊断与维护资源为系统的维护提供支持。系统的资源调度、维护管理等为系统远程维护中心的主要功能。系统资源调度根据维护请求,调度维护专家、信息交互、实时维护、远程技术支持、现场维护等资源为变电站远程维护提供服务。数据管理功能将当前所有正在进行的诊断维护活动信息写入维护历史数据库,成功的维护结果由知识管理功能整理为新的知识,写入故障诊断知识子库。现场维护人员通过与维护专家交流和查询数据库,完成变电站系统硬件维护工作。

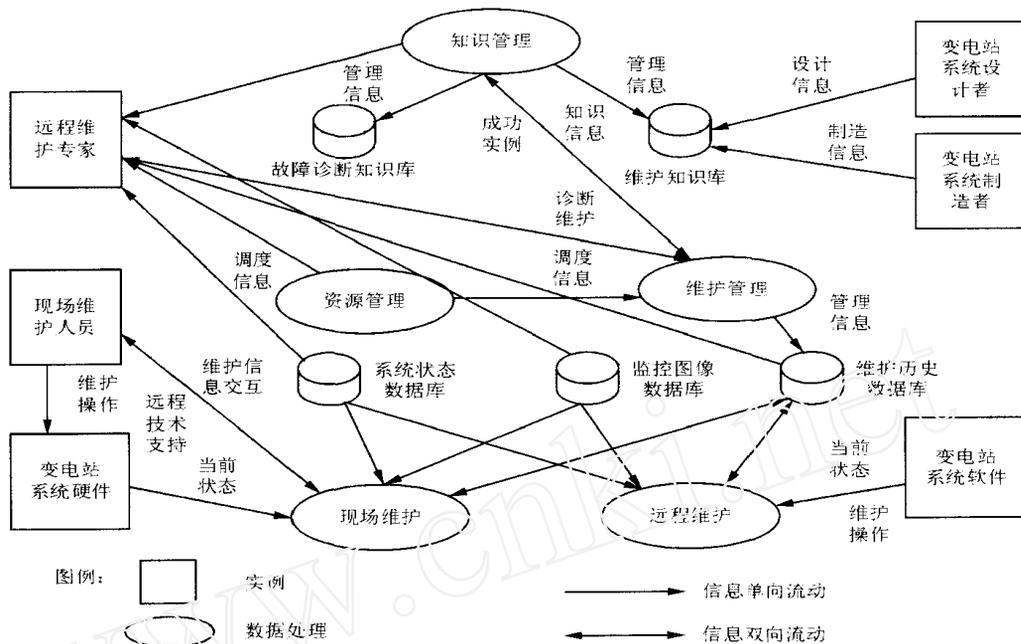


图 5 系统的信息模型

Fig 5 Information model of substation remote maintenance system

#### 4 结束语

通过对变电站远程维护系统的总体框架、逻辑结构、功能结构、信息模型的研究,建立了一个既满足了变电站自动化系统发展对维护的需求,又兼容现有的变电站自动化系统及维护体制的变电站远程维护系统体系结构,为实现维护的有效性、敏捷性和经济性提供了结构平台。目前,基于此体系结构的变电站远程维护原型系统已通过维护试验,验证了系统体系结构的设计思想。

#### 参考文献:

- [1] 黄益庄. 变电站综合自动化技术 [M]. 北京:中国电力出版社, 2000.  
HUANG Yi-zhuang The Substation Integration-automation Technology [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2000.
- [2] 基于 Internet 的远程维护系统的研究 (硕士学位论文) [D]. 武汉:武汉理工大学, 2003.  
Research of Remote Maintenance System Based on Internet, Thesis[D]. Wuhan: Wuhan University of Technology, 2003.
- [3] 张天宏. 民航发动机远程故障诊断技术研究 (博士学位论文) [D]. 南京:南京航空航天大学, 2000.  
ZHANG Tian-hong Research of the Jet Engine Remote Diagnose Technology, Doctoral Dissertation [D]. Nanjing: Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2002.
- [4] 张友声. 远程控制编程技术 [M]. 北京:电子工业出版社, 2002.  
ZHANG You-sheng Remote Control Programming Technology[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2002.
- [5] 高卓, 罗毅, 涂光瑜. 基于分布式对象技术的变电站远程维护系统 [J]. 电力系统自动化, 2002, 26 (16): 66-70.  
GAO Zhuo, LUO Yi, TU Guang-yu Substation Remote Maintenance System Based on Distributed Object Technology[J]. Automation of Electric Power Systems, 2002, 26 (16): 66-70.
- [6] 张荣涛, 孙宇, 等. 远程分布式故障诊断技术的研究 [J]. 工业仪表与自动化装置, 2001, (1): 62-65.  
ZHANG Rong-tao, SUN Yu, et al Research of Remote Distributed Diagnose Technology [J]. Industrial Instrumentation & Automation Industry, 2001, (1): 62-65.
- [7] 张荣涛. 复杂装备远程智能检测、诊断与维护系统的研究 (博士学位论文) [D]. 南京:南京理工大学, 2002.  
ZHANG Rong-tao Research of Complex Equipment Remote Examine, Diagnose and Maintenance, Doctoral Dis-

- sertation[D]. Nanjing: Nanjing University of Science & Technology, 2002
- [8] 张荣涛,孙宇,等. 远程分布式智能故障诊断系统的结构研究[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2000, (9): 48-50
- ZHANG Rong-tao, SUN Yu, et al. Research of the Architecture of Remote Distributed Diagnose System[J]. Modular Machine Tool & Automatic Manufacturing Technique, 2000, (9): 48-50
- [9] ZHANG Rong-tao, SUN Yu. Research and Development of Remote Distributed Fault Platform Technology[A]. ICME2000 Proceedings of the International Conference on Mechanical Engineer Shanghai(China): 2000. 20-22
- [10] 张荣涛,孙宇,等. 网络化制造模式下的装备维护与故障诊断研究[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2001 (8): 13-16
- ZHANG Rong-tao, SUN Yu, et al. Research of Equipment Diagnose and Maintenance Based on Network[J]. Modular Machine Tool & Automatic Manufacturing Technique, 2001, (8): 13-16
- [11] 钱清泉. 铁道电气化微机监控技术[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2000
- QIAN Qing-quan. SCADA Technology in Railway[M]. Beijing: China Railway Press, 2000
- [12] 盛寿麟. 电力系统远程监控原理[M]. 北京: 中国电力出版社, 1998. 11.
- SHENG Shou-lin. Theory of the Remote Surveillance and Control of Electric System[M]. Beijing: China Electric Power Press, 1998
- [13] 湖南省电机工程学会. 无人值班变电站的运行、维护[M]. 北京: 中国电力出版社, 2000
- Hunan Electromotor Engineer Institute. Run and Maintenance of Self-service Substations[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2000

收稿日期: 2004-11-10; 修回日期: 2004-12-13

作者简介:

侯贸军 (1973 - ),男,讲师,硕士,研究方向为智能监控技术; E-mail: houmaojun12@sohu.com

钱清泉 (1936 - ),男,院士,研究方向为智能监控技术、变电站综合自动化。

### Research of the architecture of substation remote maintenance system

HOU Mao-jun<sup>1</sup>, QIAN Qing-quan<sup>2</sup>

(1. Hubei Automotive Industry Institute, Shiyan 442002, China; 2. Electric Engineer College, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

**Abstract:** From the need of substation automation system and the development of its administration mode, the whole framework, logic framework, function framework, system information mode, soft architecture and network architecture of substation remote maintenance are studied in detail. The architecture not only meets the need of substation automated system maintenance, but also is compatible with substation maintenance system at present. It provides safety and efficiency service for substation maintenance.

**Key words:** substation system automation; network; remote maintenance; system architecture

(上接第 70 页 continued from page 70)

王星华 (1972 - ),男,讲师,从事电力系统继电保护整定计算理论及相关软件技术研究;

段献忠 (1966 - ),男,教授,博士生导师,从事电力稳定、FACTS、信息化电力系统、电力市场等领域的研究。

### Analysis of graphic functions applications in advanced software of power system

HU Dan, WANG Xing-hua, DUAN Xian-zhong

(College of Electric and Electronic Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** This paper summarizes the applications of graphic functions in advanced software of power system, and introduces some design methods. By analyzing characteristics in the different graphic applications, it puts forward function analysis, project application features and study of the key functional design. Furthermore, the development trend of graphic applications is discussed.

**Key words:** application of graphics; power system; topology structure; graphic component