

# 高铁供电自动化集成系统应用及研究

包素丽，范三龙，孙金华，张 林

(国电南自轨道交通公司，江苏 南京 210000)

**摘 要：**高铁供电自动化集成系统完成高铁建设项目中牵引供电、通信、信号、电力“四电集成”项目内容，该集成系统内容涵盖了高铁牵引变电站自动化系统、电力变配电站自动化系统、安防系统、电能质量分析及故障录波系统、自耦变压器保护测控系统、接触网开关控制等系统功能，提供了实现高铁供电自动化集成系统的完整解决方案。

**关键词：**高铁；四电集成；电能质量检测；环境安全监控；RTU

## 0 引言

十一五以来，我们国家迎来了客运专线、高速铁路和城市轨道交通的建设高峰。根据《铁路中长期规划》，到2020年我国将建成16000km高速铁路，其中“十一五”期间建成7000km。大规模的高速铁路建设，为电力牵引供电、电力供电、通信、信号系统（简称四电系统）提供了难得的发展机遇。同时，也对四电系统中各个系统的发展，各个系统间的协调，与列车、土建、外部系统的匹配，及其安全可靠性的提出了更高的要求。如何将四电系统及其相关的系统集约在一起，克服短板效应，实现整体最优、满足高速铁路对四电系统的要求，是四电系统首先要解决的问题。

高速铁路供电自动化集成多学科、多领域的先进技术于一体，是一个既相互独立又密切相关且与外部系统有着复杂联系的巨型系统。通过系统集成与创新，将各个自动化系统有机地结合起来，实现综合监控管理；提供各系统间业务关联和触发联动，提高对事件的应急处理能力和快速反应，并充分实现资源共享，降低工程造价。因此，高铁供电自动化集成是我国高速铁路建设的必然产物，它为四电系统建设提供了相应的技术、管理平台。

高铁供电自动化集成系统完成高铁建设项目中“四电集成”项目内容，该集成系统内容涵盖了高铁牵引变电站自动化系统、电力变配电站自动化系统、安防系统、电能质量分析及故障录波系统、自耦变压器保护测控功能、接触网开关控制等软件产品，其中牵引变电所自动化系统采用了自主研发的高配置性能优越的 NDT650+ 高速铁路和轨道交通供电

自动化系统；电力变配电所采用自主创新并且技术含量很高的 PS6000U 系列保护装置。

该集成系统在总结多年来变电站自动化技术的成功经验，特别是近年来基于网络化结构下的分层分布式系统的实践，使“四电集成”系统的结构和性能发生了重大的变化。在强化分层分布概念的基础上，本系统不但强化间隔层设备及功能配置的合理分布，同时也强调变电站层功能及配置的可组态、可移动性，通过采用高起点、大资源的硬件平台及多种运行维护分析工具，强化供电自动化设备运行信息的透明化程度，消除了不明原因的事故，进一步提高产品设计的技术水平，从而实现了以往离散子系统无法实现的一整套快速响应系统。

## 1 方案实施

高铁供电自动化集成系统完成高铁建设项目中牵引供电、通信、信号、电力“四电集成”项目内容，其中牵引变电所自动化系统采用了自主研发的高配置性能优越的 NDT650+ 高速铁路和轨道交通供电自动化系统；电力变配电所采用自主创新并且技术含量很高的 PS6000U 系列电力自动化系统。本集成系统主要技术内容有：

### 1.1 NDT650+ 高速铁路和轨道交通供电自动化系统

NDT650+ 高速铁路和轨道交通供电自动化系统是国电南自集在 SCADA 系统、综合自动化等方面的多年研究开发经验，充分考虑当前高速铁路、轨道交通综合自动化监控系统的用户需求，总结和借鉴以往监控系统产品优点而开发的综合自动化系统，本系统包括装置及软件有：监控系统软件、微机通信管理装置、微机故障测距装置、微机备自投

装置、电能质量分析及故障录波装置、微机单相变压器保护测控、馈线保护测控、自耦变保护测控等,完成多种保护、控制及其它自动化功能。系统中的部分保护测控装置基于公司的 EDP 02 通用保护测控平台,平台主 CPU 采用高性能的 MCU 芯片为主处理器,主频达到 400M,配以大容量存储器和

RAM,大大提高了 CPU 处理性能。平台采用前沿的软硬件技术,可用性高,性能优越,维护方便,新项目从基础软硬件、产品平台开发和应用集成技术三个方面全面提升系列产品的功能和性能。系统构成如图 1 所示。

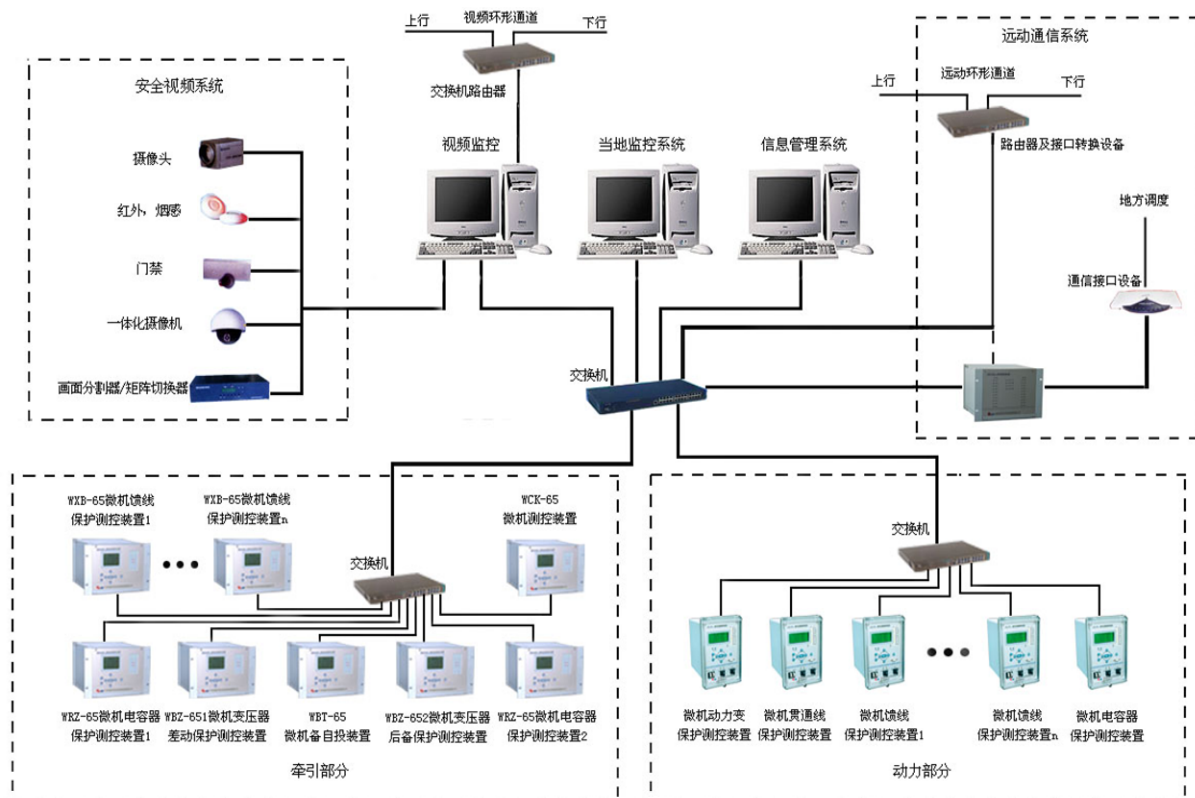


图 1 牵引供电自动化系统

主要子系统介绍:

(1) 微机故障测系统: 适用于采用并联自耦变压器(AT)供电方式的电气化铁道牵引变电所、AT 所、开闭所及分区所,实现接触网各种类型故障的定位、类型判别和方向判别的功能。本障测系统测距原理的选择旨在保证能够适用于单复线 AT 的故障测距,且测距原理简单可靠。当线路沿线通信通道具备的情况下,在 AT 自耦变未解列的情况下出现 T-R, F-R 故障时,采用“AT 中性点吸上电流比原理”; T-F 故障或者 AT 自耦变解列时,采用“线性电抗法”进行测距。如此可以确保线路出现不同类型故障时,微机故障测系统都能采用相应的原理来测距。如果沿线通道不具备,可以考虑采用“上下行电流比”原理来做为后备的测距原理。

(2) 单相变压器的单相变压器保护系统: 功能涵盖了单相变压器差动、后备、非电量等相关保护

功能,简洁完整,不仅适用于常规 V/V 接线单相变压器保护模式而且适用于高速铁路牵引所 AT 供电方式下单相变压器接线模式。是一种简单、方便、适用性强单相变压器保护方案。

(3) 适用于 AT 运行模式的自耦变压器保护测控系统: 实现了 AT 变压器差动速断保护、差动保护、电流速断保护、过电流保护、外壳过电流保护、失压保护、失灵保护、AT 自投功能、一次自动重合闸、故障再现等。

(4) 电能质量分析及故障录波系统: 装置采用保护测控通用硬件平台装置,实现模拟量、开关量数据的采集,通过分析数据判断是否启动故障录波,具有交流量、开入量、遥控多种启动方式;装置交流采样频率为 6400Hz,具有谐波分析、不平衡度分析等电能质量分析功能。装置可配置后台机实现大容量历史数据存储、图形显示、故障录波分析和报

告输出等功能，后台机可用一体化工控机、笔记本电脑或台式电脑，可组屏也可以放在控制台上，装置和后台机之间的通信由以太网接口实现。

(5) 监控系统软件：监控系统软件是基于嵌入式操作系统的综合自动化应用平台，适用于铁路、轨道交通的供电实时监控。监控系统不仅具备基本的监控和数据采集（SCADA）功能<sup>[1]</sup>，还包括微机保护设备的信息采集及分析功能。监控系统软件采用通信、监控合一设计，运行于嵌入式系统中。采用了嵌入式数据库替代常规的商用数据库，精简、优化了原有监控系统软件，提高运行效率，使其能够适应嵌入式环境的有限资源。同时优化了双机冗余功能，配置简单易用。

## 1.2 PS 6000U 电力配电自动化系统

本系统提供完备的产品系列、各功能及子系统间优化的协作机制、灵活的系统配置方案，完成电力变配电所各种保护测控功能，系统中采用的新技术：

- 1) 嵌入式实时多任务系统；
- 2) 以太网及 TCP/IP 技术；
- 3) 嵌入式 WEB Sever 技术；
- 4) 组件对象模型（CORBA）的系统构架；
- 5) 系统功能及组件的“即插即用”技术；
- 6) 过程的全息再现技术；
- 7) 智能调校的高精度量测技术；
- 8) 多 CPU 共享 AD 的高精度模数转换技术；
- 9) 背插式结构的电磁兼容方案；
- 10) 基于能量原理的方向元件(线路保护)。

## 1.3 通信子系统

整个远动通道由多个调度中心（或维管段）、多个变配电所，以及处于其间的 MSTP 传输网络构成<sup>[2]</sup>。

变电所（或调度中心）的设备配置必须严格遵循以下原则：

(1) 内外网分离：缩小网络规模，避免产生 IP 冲突，减少广播风暴。对变电所或调度中心来说，外网设备数量一般远小于内网设备数量，如果把内网和外网联通，则一下子会把整个网络规模扩大数倍，不可避免的产生地址冲突、广播风暴等问题。

(2) 主备网分离：避免环路的产生。如果厂家为了节省设备成本，将主备网连接在一台交换机上，则不仅把网络规模一下扩大了一倍，从整个 MSTP

网络来看，还会产生不正常的以太网环路，严重时导致网络瘫痪。

整个远动通道由多个调度中心（或维管段）、多个变配电所，以及处于其间的 MSTP 传输网络构成。如图 2 所示。

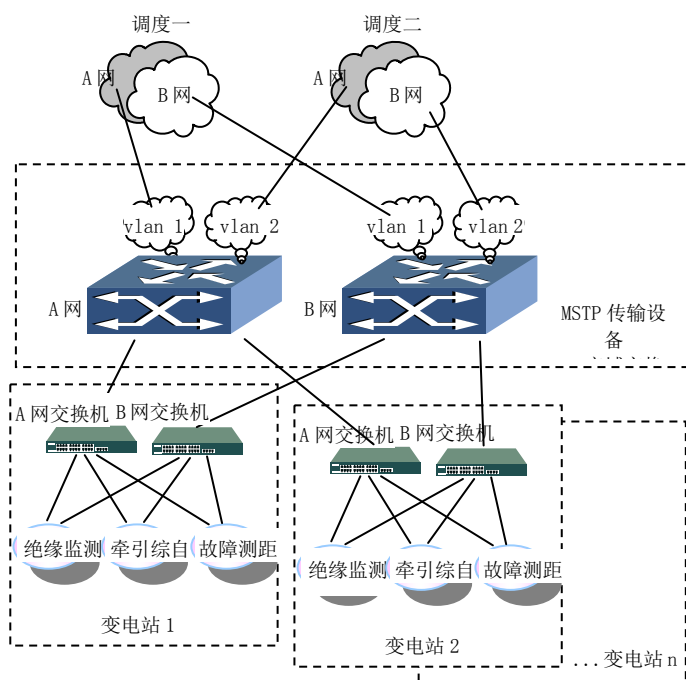


图 2 MSTP 远动通道

## 1.4 网络型测控终端系统（RTU）应用

网络型测控终端装置（RTU）适用于：电力系统各级变电站中实时数据采集和监控；各级发电厂中实时数据采集和监控；铁路电气自动化系统中实时数据采集和监控；其它工业控制领域中动力网的实时数据采集和监控。系统特点：

1) 采用无破坏优先级仲裁的 CAN 网络作为内部通讯网，采用多主非平衡方式运行，各 I/O 节点均可主动发起信息传输，以此来保证开关变位等重要信息传输的实时性。内部网络在接口及总线上可配置成主从热备份方式工作以提高可靠性。

2) 内部网络通讯协议上进行分层，在传输层提供不面向连接的数据报服务以提高效率，在必要时在应用层上对部分信息采用确认和重传机制以保证可靠性。

3) 中心节点作为服务器对系统的所有数据以及全网唯一的时间系统进行管理，所有 I/O 模块可以向服务器传输和请求数据。

4) 服务器可双机备份式工作，平时备用服务器

被动的从网上取得数据以维护自己的实时库,在主服务器发生故障时备用服务器将自动接替工作。

5) 为了实现网络环境下复杂的管理并方便编程,所有节点将配备实时多任务操作系统软件,所有网络接口软件将进行标准化的统一编制。

### 1.5 环境安全监控系统

防灾监控系统是架构于通信传输系统之上的一套集灾害信息采集、分析、处理和指导、辅助安全行车的平台,主要是对危及铁路运输安全的自然灾害及异物侵限等突发危害进行监测,并提供经处理后的灾害预警信息、限速信息或停运信息等,为运营调度中心运行计划调整、下达行车管制、抢险救援、维修提供依据,以保证列车安全正点、高效、舒适。

1) 防灾安全监控系统采用统一的处理平台,由调度所设备、监控数据处理设备、监控单元、现场各监测设备及通信网络设备构成。

2) 在各现场监测点设置风、雨以及异物侵限现场监测设备

3) 在邻近现场监测设备的 GSM-R 基站、车站等的机房内设置现场监控单元,根据所接入的现场监测传感器种类的不同,分别配置风、雨以及异物侵限监测的监控单元主机

4) 在工务段机房设置监控数据处理设备,在路局工务处设置工务终端

5) 在调度所设置调度所设备,在调度所行调台设置防灾监控终端

6) 各监控单元与综合工区、调度所间通过传输网络设备构成传输网络,在局界处的传输网络冗余覆盖至临界基站

7) 防灾监控系统在完成异物侵限功能的现场监控单元处通过继电接口直接与列控系统连接。

## 2 本方案的有益效果

高铁供电自动化集成系统已经成功应用于京沪高铁项目建设中,该系统的成功应用,使得公司轨道交通产业以卓越而又领先的综合实力脱颖而出,公司的自主产品经受住了中国高铁高标准的考验,为京沪高铁创造世界奇迹提供了强有力的技术支撑和动力保障,公司自动化专业集成系统水平日臻成熟,在京沪、沪宁、宁杭等高铁工程、杭甬客运专线工程、盘营客专四电集成工程、哈大客运专线“四电”系统集成总承包工程、新建合蚌客专及合肥枢

纽电力与牵引供电系统集成施工总承包工程中,都有着国电南自轨道交通公司产品的卓越贡献!

高铁供电自动化集成系统是公司轨道交通专业目前的主导产品,随着高铁建设和城市轨道交通建设的发展,随着公司的销售业绩不断提高,本拥有良好的市场前景。

## 3 结论

高铁供电自动化集成系统集成多学科、多领域的先进技术于一体,是一个既相互独立又密切相关且与外部系统有着复杂联系的巨型系统。本集成系统为高速铁路四电系统建设形成一个标准先进、统一,系统开放、共享,调试手段先进、有效的技术平台提供方法和动力。本集成系统的应用,对快速扩充铁路运输能力,快速提升技术装备水平具有重大现实意义,对促进国家轨道交通专业结构优化升级,对振兴民族自动化项目集成产业,保证国民经济又快又好发展具有极其深远的现实和历史意义。我国的高速铁路正在迎来大发展,市场前景广阔。

### 参考文献:

- [1] 于海生.微型计算机控制技术[M].北京:清华大学出版社,1999.
- [2] 王子渊.浅谈 MSTP 对高速铁路数据业务的承载方式[J].铁道勘测与设计,2010(1):95-98,104

### 作者简介:

包素丽(1976—),女,河南漯河人,工程师,从事铁路供电变电站自动化方面的工作, Email: baosuli126@163.com;

范三龙(1971—),男,河南焦作人,工程师,从事铁路供电变电站自动化方面的工作;

孙金华(1975—),女,江西人,工程师,从事铁路供电变电站自动化方面的工作。

张林(1976—),男,辽宁人,工程师,从事铁路供电变电站自动化方面的工作。