

# 智能电网调度控制系统多通道信息比对技术分析及应用

彭志强, 张小易

(江苏省电力公司电力科学研究院, 江苏 南京 211103)

**摘 要:** 为提高智能电网调度控制系统前置通信的可靠性与数据通道的冗余度, 采用主备通道进行信息采集传输, EMS 前置机在同一时间段内接收的值、接收的频度不尽相同。提出了一种电力调度自动化系统主备通道信息智能比对方法, 通过网络监听方式获取主厂站信息交互通信报文, 利用智能比对算法对遥信、遥测、SOE、遥控、遥调等通信规约参数进行比对, 根据比对结果及时输出告警事件。调度自动化系统主备通道信息智能比对技术是实现主厂站通道通信质量检测的有效手段, 通过该技术可及时发现通道的异常, 大大提高智能电网调度控制系统运行效率, 保证基础数据的正确性。

**关键词:** 调度自动化; 主备通道; 信息比对; 远动规约; 总控装置; 智能电网

## 0 引言

为提高调度自动化系统前置通信的可靠性与数据通道的冗余度, 各级电力调度系统与各个厂站通信普遍采用双通道或多通道互为备用的冗余配置方式。在广泛采用双通道冗余配置下, 主备通道同时在线进行实时通信(即互为热备用), 主站采用值班通道上传的数据, 并通过值班通道下发对时、遥控等命令。当值班通道出现故障或异常时, 系统可以自动切换到备用通道, 以保证系统的正常运行。

在实际运行中, 目前主流的配置为双总控双平面调度数据网, 如图 1 所示。同时主备通道可能采用相同类型的通道不同规约, 也有可能采用不同类型的通道及不同的规约。如主通道采用电力调度数据网, 备用通道采用专线通道或传统模拟通道, 电力远动规约有 IEC60870-5-101、IEC60870-5-104、IEC60870-6/TASE.2、DL/T 476 等。根据现场运行情况调度自动化系统存在着主备通道传输值不一致现象, 由于运行中缺乏有效的技术手段对主备通道数据不一致缺陷及时发现, 会给调度自动化系统安全运行带来隐患, 如主备通道切换时导致遥测数据跳变、遥信变位等现象, 严重影响调控生产业务的安全运行。这些问题主要表现在主备通道数据的不一致, 在通道切换过程中会导致一些数据异常现象。基于以上带给调度自动化安全运行的风险, 亟需对主备通道信息进行智能比对, 当数据不一致时给出告警。同时随着智能电网调度技术支持系统的推广应用, 基础数据的有效性和可靠性对于电网的

安全运行, 保证 EMS 中的 SCADA 功能及高级应用的有效运行变得至关重要。本文提出的主备通道应用数据智能比对技术将大大提高通道数据的可用性, 及时发现通道数据的异常, 使得备用通道的热备用状态真正处于随时可用的状态, 最终为提高电力调度自动化系统的安全稳定运行提供有力保证。

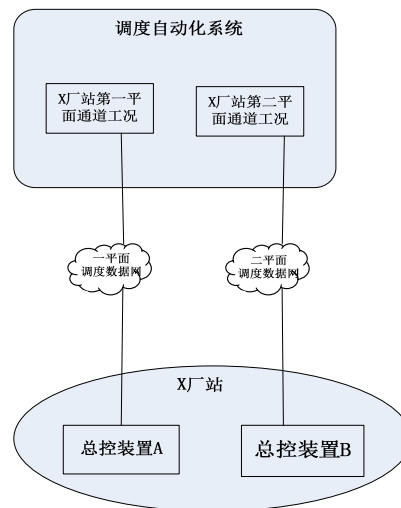


图 1 双总控双平面调度数据网配置示意图

## 1 智能比对技术分析

调度自动化系统主备通道智能比对技术需要对两个或多个通道传输的应用数据进行比对, 通过智能比对算法自动查找出运行中出现的差异信息, 及时发现通道的异常。主备通道由于运行情况不同, 比对工作无法简单地比较主备通道的数值, 需要应用相应的算法来解决该问题。智能对比技术理论基础是基于主备通道传输的是同一数据源的数据, 对

应的数值和时间曲线虽不是完全相同，但它们之间存在着某种关联关系。

### 1.1 影响因素分析

主备通道的数据源都来自于间隔层的测控装置，即数据源相同，但由于可能经过不同的总控装置，不同的传输规约，不同的通信路由以及不同的调度自动化主站前置机，这些因素将有可能导致主备通道的值不一致，以下从可能影响的各因素来归纳分析：

1) 远动规约不同，发送的方式及频率将不相同，通信规约表示层不同，因此有可能遥测值精度就不同，如以 IEC 104 规约为例，有短浮点数、归一化值、标度化值等不同的数据类型，造成遥测最终的数据精度不一致，则上传至主站遥测最后的值会不同，对于同一数据值，如采用短浮点时该值为 1.098，采用归一化数据时由于度量误差该值为 1.10。如 CDT 协议，遥测基本按周期更新，IEC104/IEC101 通常采用变化更新和定期背景数据扫描（总召唤）；

2) 不同的总控装置，由于目前变电站典型配置为双总控互为热备用，在运行过程中，两台装置有可能处于不完全同步状态，将导致上送至主站的的数据不尽相相同；

3) 远动规约运行参数设置不同，如死区值的大小设置不同，导致发送的值会存在不同；

4) 通道质量不同，在实际运行过程中通信报文存在误码，将会导致上送至主站的值不一致。

### 1.2 解决方案

根据实际运行，捕获主备通道报文进行分析，

如图 2 示例为主备通道同一遥测点在 20:55:05.595—20:59:28.661 时间段内值的历史曲线图，采样周期为 1s，由图 2 可看出对于主备通道的同一遥测点存在同一时间点数值的差异，若需要对厂站所有信息点做比对，单纯的曲线拟合方式比对将无法满足主备通信信息比对要求。

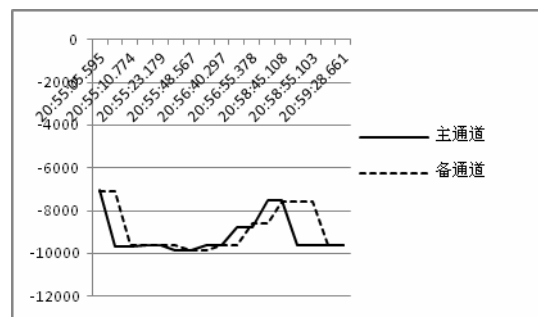


图 2 主备通道数据统计分析示意图

根据调度自动化实际运行情况，主备通道信息比对将在允许偏差时间范围内，设定数值偏差值，对主备通道信息自动一一比对，并输出比对结果。具体实施方案如图 3 智能对比技术实现方案架构示意图所示，主备通道智能比对系统利用镜像口被动监听方式，获取主厂站之间信息交互过程的通信报文，通过规约分析处理，将比对参数项分离，并作为自动比对器的输入，通过自动比对算法，将比对结果以异常信息告警方式输出。

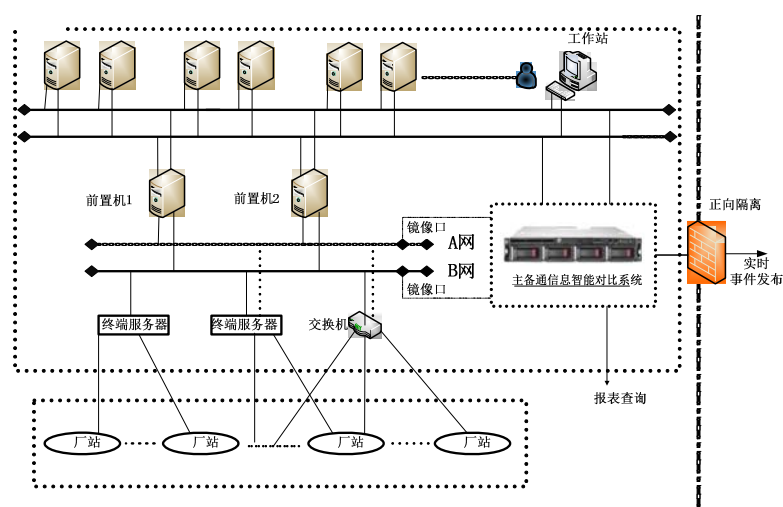


图 3 智能对比技术实现方案架构示意图

## 2 智能比对参数项分析

基于上述论述分析,同一时刻各应用数据的值将有可能不一致,本技术方法通过分析上送时刻或下发时刻的通信报文,通过规约解析,提取出对比参数项,以其作为智能对比器的输入,为后续比对算法提供数据源,以下将分别对遥信、SOE、遥测、遥控、遥调等应用数据进行分析。

### 2.1 遥信比对

遥信状态比对参数包括以下几点: a.信息体点号; b.突发时间值(有些规约存在); c.遥信状态值; d.遥信质量码。

其中信息体点号作为关键字索引,用于主备通信信息比对关联,即同一信息体点号代表同一遥信状态量。遥信状态比对规则:对于同一次遥信变位,突发时间允许有少量偏差,遥信状态和质量码应该保持完全一致。

### 2.2 SOE 比对

SOE 事件比对参数包括以下几点: a.信息体点号; b.SOE 发生时标; c.遥信状态值。

信息体点号作为关键字索引,用于主备通信信息比对关联,SOE 事件因为是事件信息,理论上同一数据源的所有通道的数据应当严格一致,各通道的 SOE 曲线应当重合。即信息体点号、SOE 发生时标及遥信状态值应该完全匹配,保持一致。

### 2.3 遥测比对

遥测比对参数包括以下几点: a.信息体点号; b.遥测数值; c.遥测质量码。

信息体点号作为关键字索引,用于主备通信信息比对关联,遥测比对要求:除遥测值精度允许少量偏差之外,其他要素要求完全匹配。

### 2.4 遥控比对

遥控比对参数包括以下几点: a.信息体点号; b.信息体名称; c.对象地址; d.命令操作时间; e.控制操作方式(控分/控合); f.持续时间(短脉冲持续时间/长脉冲持续时间/持续输出等); g.S/E 值设定(选择/执行)。

由于调控主站只能选择一个通道下发控制命令,故对主站的每一次遥控操作过程的进行全记录并保存,当主备通道都有过遥控操作时,可进行信息比对,或当一个通道遥控失败,切换另一通道进行遥控操作,对前后过程遥控报文进行比对。遥控比对要求除命令操作时间不一致,其他比对参数应

该完全一致。

### 2.5 遥调比对

遥调比对参数包括以下几点: a) 信息体点号; b) 信息体名称; c) 对象地址; d) 命令操作时间; e) 设定值; f) 数据类型(归一化值/标度化值/短浮点数)。

遥调与遥控信息比对类似,调控主站只能选择一个通道下发控调命令,故对主站的每一次遥调操作过程的进行全记录并保存,当主备通道都有过遥调操作时,可进行信息比对,或当一个通道遥调失败,切换另一通道进行遥调操作,对前后过程遥调报文进行比对。遥调比对要求除命令操作时间不一致,其他比对参数应该完全一致。

## 3 主备通道信息智能比对技术实现

调度自动化系统主备通道信息智能比对技术实现方案如图 3 智能对比技术方案架构示意图。技术实现如下:通过网络镜像口监听的方式在设定的同一时间段内获取主备通道信息;实时对获取的主备通道信息进行规约分析,形成关于主备通道的事件并在数据库中保存所述主备通道的事件;对所述主备通道的事件进行自动比对,生成比对结果;如果比对结果异常则触发生告警事件,在数据库中保存告警事件,并实时显示告警事件,比对流程原理如图 4 所示。

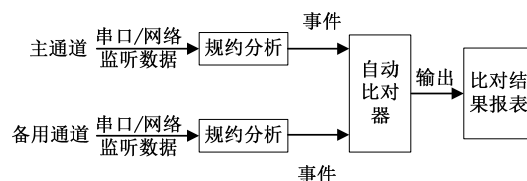


图 4 比对流程原理图

### 3.1 数据获取及处理流程图

本技术实现采用串口监听/网络监听方式在设定的同一时间段对主、备通道数据进行采集,将获取的报文进行规约分析,输出分析结果(包括遥测、遥信、SOE、遥控、遥调等)作为自动比对器的输入,对主备通道数据自动比对,产生报警事件并输出比对结果报表。

其中串口监听通过在串口服务器设置镜像口获取报文,网络监听通过带镜像口的网络交换机获取报文。两种监听方式都可通过主备通道信息智能比对系统被动式获取数据,通过监听方式不会对调度

自动化系统正常运行产生任何影响。

### 3.2 规约分析

主备通道信息智能比对系统支持多种规约分析，包括：IEC60870-5-101、IEC60870-5-102、IEC60870-5-103、IEC60870-5-104、部颁 CDT、南瑞 DISA、SC1801、 $\mu$ 4F、DNP3.0、DL476 等电力远动规约。

通过实时对原始通道报文进行规约解析，提取出遥信变位、遥测、SOE、遥控、遥调等比对参数并进行入库，比对参数作为自动比对器的输入。

### 3.3 自动比对器实现技术

自动比对器捕获多通道运行信息，算法的实现需要考虑运行高效和及时告警等多方面需求。计算的参数主要有：时间窗口，即数据不同步时允许的最大时间偏差，用于过滤不同通道传输的短时不同步；数值偏差，即允许的不同通道数值最大偏差，此值用相对值，用于消除数据来源度量、表示等原因的误差。

为了提高主备信息比对的效率，技术实现中提供了三种事件触发模式，分别为周期性触发、数据刷新触发、人工触发方式。周期性触发可在设定的时间周期内自动对主备通道信息进行比对，此触发模式可覆盖全数据。数据刷新触发是在有数据刷新时，启动信息比对，此触发模式可减少自动比对器计算次数。人工触发是用于人工手动触发信息比对。三种触发方式可根据实际运行情况进行配置。

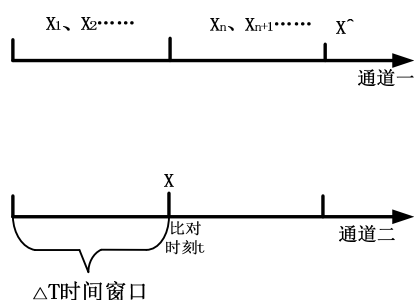


图 5 信息比对原理时间窗口示意图

信息比对原理如图 5 所示：上下两个坐标表示主备通道的数据值， $X$  是通道二对比时刻  $t$  的数据值， $X_1, X_2, \dots$  是滞后对比时刻  $t$  一个时间窗口  $\Delta T$  内的值， $X_n, X_{n+1}, \dots$  是超前对比时刻  $t$  一个时间窗口  $\Delta T$  内的值， $X'$  是超前一个时间窗口的最新值。当  $X$  与  $X_1, X_2, \dots, X_n, X_{n+1}, \dots, X'$  均不匹配时判定  $X$  为异常数据，与任一匹配时判定为正常数据。

在程序实现时，对于同一信息点主备通道各需要保存前后一个时间窗口内数据及最新数据点，比对信息设计的数据结构定义如下：

```
struct DataPoint
{
    TimeStamp tm;
    Value val;
    Status st;
};
```

其中  $tm$  为数据时间戳， $val$  为数据值， $st$  表示数据对比状态，初始状态为待检查，对比通过为正常，对比失败为异常。比对信息结构体数据定义双向队列 `std::deque<DataPoint> _DataProfile`，`deque` 双向队列是一种双向开口的连续线性空间，可以高效的在头尾两端插入和删除元素。如图 6 主备通道信息比对程序框图所示，根据事件触发模式启动程序入口，选取比对通道数据，判断比对数据与另一通道前后一个时间窗口数据及最新数据值即定义的双向队列 `_DataProfile` 里的数据是否匹配，若匹配则标记为选取比对的数据正常，反之标记为异常数据并在数据队列清空该数据，剔除该异常数据参与下次比对过程。

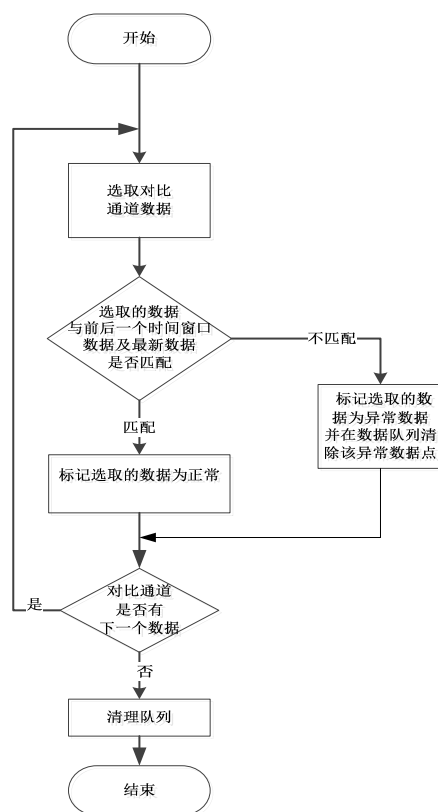


图 6 主备通道信息比对程序框图

3.4 告警事件输出

将主备通道记录的事件作为自动比对器的输入，通过自动比对器对遥信、SOE、遥测、遥控、遥调等比对参数项进行自动比对，对于信息异常或通道异常，将触发告警。所有告警事件会存储在数据库，另外所有告警事件主动推送。保存的事件可通过报表定制输出比对结果报表，供调度自动化运行维护人员及时处理缺陷和全面掌握调控信息交互运行情况。比对报表如表 1 所示：

表 1 比对报表结果

变电站 名称	点号	名称	主通道		备通道		告警事件
			类型	值	类型	值	

4 结论

本文详细分析并实现了电力调度自动化系统主备通道信息智能比对方法。该方法解决了因规约不同、数据通道不同、总控装置不同等因素导致的主备通道信息不一致问题，提高了电力调度自动化系统主备通道运行效率，保证了智能电网调度技术支持系统基础数据的可靠性。本文所述的电力调度自动化系统主备通道信息智能比对方法可应用于各级电力调度自动化系统中，具有很强的实用价值。

参考文献：

[1] DL/T 634.5104-2002：远动设备及系统 第 5 部分：传输规约 第 104 篇：采用标准传输文件集的 IEC60870-5-101 网络访问[S].

[2] 高明，袁玲.电力调度系统信息化的几个问题[J].电力系统保护与控制,2011.39(14):138-143.

GAO Ming,Yuan Ling. Study on several problems of power dispatching system information construction[J]. Power System Protection and Control, 2011.39(14):138-143.

[3] 刘洋，卢建刚.电网调度自动化实时信息分析与评估系统的研究[J].电力系统保护与控制,2010.38(8):38-42.

LIU Yang,LU Jian-gang. Research of real-time information analysis and assessment system for power network dispatching automation [J]. Power System Protection and Control , 2010.38(8):38-42.

[4] 翟明玉，高原，杨志宏,等.调度自动化系统双网卡热备冗余机制的设计与实现[J].电力系统自动化，2012，36(8)：87-91.

ZHAI Mingyu,GAO Yuan,YANG Zhihong.Design and Implementation of a Dual Network Interface Gard Hot-standby Redundancy Mechanism for Powrer Grid Dispatching Automation System[J]. Automation of Electric Power Systems ,2012,36(8):87-91.

[5] 王旭.智能电网调度自动化通信方式的研究[J].电子技术与软件工程，2013，23：46-47.

WANG Xu.Research on smart grid dispatching automation communication mode[J]. Electronic technology&software engineering,2013，23：46-47.

[6] 万书鹏，雷宝龙，翟明玉.调度与变电站一体化系统链路状态监测与 TCP 通信方案[J].电力系统自动化，2014，38(1)：92-96.

WAN Shupeng,LEI baolong,ZHAI Mingyu.A Scheme for Link Monitoring and TCP Communication in Dispatch and Substation Integrated System [J].Automation of Electric Power Systems , 2014，38(1)：92-96.

作者简介：

彭志强(1986-)，男，硕士，工程师，从事电网调度自动化及智能变电站技术研究工作，E-mail：peng\_zhiqiang@163.com；

张小易(1978-)，男，硕士，高级工程师，从事电网调度自动化及智能变电站技术研究工作，E-mail：15105168897@163.com。