电网调控信息智能分级采集系统的研究与开发

畅广辉[1]，镐俊杰[1]，刘宝江[2]，戴 飞[1]，杨东海[2]，史金伟[3]，段运鑫[2]，孟勇亮[3]

(1.国网河南省电力公司，河南 郑州 450052；2.许继电气股份有限公司，河南 许昌 461000；
3.国电南瑞科技股份有限公司，江苏 南京 210061)

摘要：“调控一体化”模式下，各级电力调度控制中心需要采集、监控的信息量呈现爆炸性的增长，传统的完全依赖人工的调控信息采集模式已经不能适应实际工作需要。提出了一种调控信息智能自动采集交互处理机制，通过对调控信息分级规则和智能分级采集技术的研究，开发了电网调控信息智能分级采集系统。基于电网通用模型描述规范(CIM-E)实现了调控主站和变电站子站模型的映射、关联处理和校验，基于信息编码规范和IEC104扩展协议实现了调控信息的智能自动分级采集和处理。相关成果已在河南电力调度控制中心得到了工程应用，取得了良好的效果。

关键词：调控一体化；智能自动采集交互处理机制；CIM-E；模型校验；IEC104；分级采集

Research and development of intelligent and classified collection system for electric power dispatching and control information

CHANG Guanghui[1], HAO Junjie[1], LIU Baojiang[2], DAI Fei[1], YANG Donghai[2], SHI Jinwei[3],
DUAN Yunxin[2], MENG Yongliang[3]

(1. State Grid Henan Electric Power Company, Zhengzhou 450052, China; 2. XJ Electric Co., Ltd., Xuchang 461000, China;
3. NARI Technology Development Co., Ltd., Nanjing 210061, China)

Abstract: Under the framework of “integration of dispatching and control”, the amount of information needed to be collected and monitored by all electric power dispatching control center shows explosive growth, and traditional mode of dispatching and control information (DCI) collection which relies on artificial can hardly meet the real operational demand. Intelligent automatic collection interactive processing mechanism (IACIPM) is proposed, where an intelligent and classified collection system for electric power DCI is developed, through the study on the regulation of information classification rules and intelligent classified collection technology. The mapping, correlation and verification of power network model between master station and substations is realized based on CIM-E, and the intelligent automatic collection interactive processing for DCI is realized based on information coding standard and IEC104 extended protocol. Related results have been applied in Henan Electric Power Dispatching Control Center, and achieved good effect.

Key words: integration of dispatching and control; IACIPM; CIM-E; model verification; IEC104; classified collection

中图分类号： TM73 文献标识码：A 文章编号： 1674-3415(2015)06-0115-06

0 引言

当前，国家电网的建设正朝着以特高压电网为骨干网架，具有显著信息化、自动化、互动化特征，各级电网协调发展的坚强智能电网方向不断发展[1]。随着电网规模的不断扩大和智能化程度的不断提高，电网的复杂度和运行安全的风险度不断增大，运行控制的效率、安全性和经济性[2]面临严峻的考验。省、地、县三级电网施行电网调度和变电设备监控合一的“调控一体化”运行模式，调控中心除承担电力生产、输送调配等传统任务外，还增设了电网一、二次设备的日常运行监视和远程控制职责，需要采集监控的信息量呈现爆炸性的增长(按单站估算，500 kV、220 kV、110 kV和35 kV变电站信息量分别达到约10 000条、5 000条、3 000条和1 500条的规模)，传统的调控信息采集模式存在着时间紧、工作量大、不规范等特点，已经不能适应“调控一体化”运行模式对信息采集的要求。

本文主要介绍了河南省调在电网调控信息智能自动分级采集方面开展的研究和尝试。基于对IEC 61850 和 IEC 61970 标准模型映射技术的研究，实现调控主站系统(以下简称主站)、变电站监控系统(以下简称子站)模型与调控信息的分级关联映射，通过研究调控信息接入交互处理机制，配套开发主站、子站调控信息智能分级采集软件，实现了调控信息的智能自动分级采集，有效提升了调控信息接入工作的质量和效率，取得了良好的效果。

1 传统的调控信息接入模式

1.1 接入过程

传统的调控信息接入工作需要经历一系列繁琐的过程：子站调试人员根据施工图纸和采集监控信息建立子站数据库，生成全站信息点表，提供给相关各级主站运维人员；主站运维人员根据各自调控责任范围，采用电话、邮件或传真等方式，与子站调试人员就接入信息的范围和顺序进行全面的沟通(经常需要多次反复)，从含有大量信息的子站信息点表中进行人工选点，关联电网和设备模型，并返回所需信息点表给子站；子站调试人员再根据各级调控主站所需的信息点表分别对应配置形成不同的远动信息表(需严格关联模型信息，核对大量的信息内容，以保证调控主站与子站交互信息的一致性和正确性)，并在可靠的远动通信通道建立后，分别与各级调控主站逐条信息开展加量测试或实传试验，直至上述所有工作完成并确认无误，接入工作结束。

1.2 存在的问题和不足

传统的调控信息接入工作不仅繁琐且效率低下，存在着以下问题和不足。

a) 受工期限制，变电站建设周期不断缩短，投运前留给调控信息接入调试的时间非常紧张，依靠人工方式存在着工作量大、效率低、易出错等问题；

b) 因工作技能和责任心的不同，子站调试人员在与不同调控主站进行大量调控信息接入调试的过程中，极易出现信息定义不规范及关联关系错误等情况；

c) 在变电站改扩建或调控信息需求变化时，少量的设备及接线方式调整和信息需求变化，往往都会导致上述工作必须重新逐项开展，从而造成人力和物力的极大浪费；

d) 一般情况下，子站信息会接入多级调控主站，需要针对不同调控主站的需求作出不同的配置，导致上述过程重复进行，造成时间和人力不必要的浪费。

目前，国内在电网调控信息分级规则方面已有部分研究成果(主要体现为企业内部技术规范，鲜有公开的文献和报道可供参考)，在具体的调控信息采集处理机制上尚未有创新的思路和研究成果，上述问题在调控信息接入调试工作中仍然普遍存在。为此，亟需开展调控信息智能分级自动采集新机制及相关技术的研究和开发，以有效解决上述问题，避免信息接入过程技术失误情况的产生，降低调试及运维人员劳动强度，提高劳动生产力水平。

2 主站与子站模型关联和映射

智能变电站和智能调度是智能电网体系的两大关键环节[3]。智能变电站监控系统遵循 IEC 61850 标准，采用变电站配置描述(Substation Configuration Description，SCD)模型，该模型包括一/二次设备[4]，智能电网调度控制系统遵循 IEC 61970 电网物理模型标准。

电网通用模型描述规范(简称 CIM-E)规定了电力系统 CIM 模型的高效描述格式，适用于电力系统大规模数据模型的在线应用与交换。本研究基于 CIM-E 实现了子站与主站之间大规模的模型交换、校验及共享，避免了 CIM/XML 格式交换变电站数据模型的局限和不足，有效解决了变电站系统数据模型(IEC 61850)与主站的大规模在线交换问题。

子站端遵循变电站 IEC 61850 标准，通过 IEC 61850(变电站模型)与实时数据库的映射研究实现 IEC 61850 模型与实时数据库关联；通过智能信息分级分类分类研究对实时数据库数据进行分级分类；实时数据库和信息编码规范的映射研究实现实时数据库和信息编码规范的模型关联；信息编码规范和 CIM-E 规范的模型关联通过 CIM-E 与信息编码规范的映射研究来实现。主站的 IEC 61970 模型通过 IEC 61970(电网模型)与 CIM-E 的映射研究来实现与 CIM-E 规范的模型关联。子站和主站间通过信息编码规范、CIM-E 规范以及 IEC104 规约扩展分级信息传输功能，实现调控信息智能分级采集。模型关联处理过程如图 1 所示。

3 调控信息智能自动分级采集设计

3.1 主要技术思路

以 IEC 61850 和 IEC 61970 标准为基础，将变电站子站设备模型和调控主站电网模型进行统一和关联(设备名称参照《电网设备通用数据模型命名规范》[5]进行信息编码处理)，结合省、地、县各级调控中心的职责及调控信息分级规则(另行制定)，由各级调控主站自动完成子站应采集调控信息的初步筛选，并辅助以人工甄别、确认的方式，将变电站

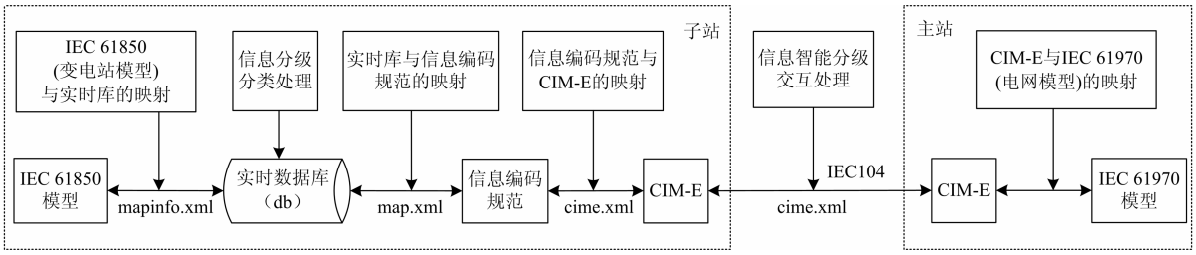

图 1 模型关联处理过程

Fig. 1 Procession of power network model association between master station and substations

子站调控信息按照省、地、县三级调控中心的各自需求，对应形成符合各级调控中心运行需要的远动信息表，实现各级调控中心所需实时数据的正确采集。

电网一次设备模型以调控主站侧建模信息为主，避免调控主站与变电站子站双侧分别维护，调控主站通过校验接收到的变电站子站设备模型文件，保证主站和子站信息交换内容的一致性，并通过校验子站上传的测试数据(子站侧按一定规则赋值的信息)，保证主站采集数据的正确性。

调控信息智能自动分级采集的技术思路示意如图 2。

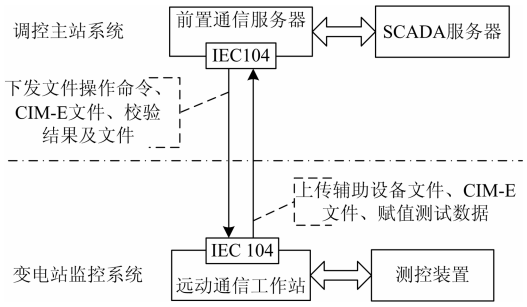

图 2 技术思路示意图

Fig. 2 Schematic of technical ideas

3.2 通信协议选择及扩展

调控主站与变电站子站间的通信协议采用电力系统实时数据通信应用层协议 IEC 104[6-7]。该协议适用于电力系统控制中心之间的实时数据通信，目前已成为各网省调采用的主要通信协议，常用于电网“四遥”信息的交换传输。该协议具有受干扰数据不致丢失、重复传送和序列号确认、方便扩展用户自定义数据类型等特点，运行机制较为健全，能够充分结合网络技术，使得数据传输安全可靠且具有较高的传输效率。

为了实现调控信息的智能自动分级采集，在使用 IEC104 协议时，扩充了类型标示 ASDU 54 和 ASDU 127，分别用于文件操作控制和信息分级文件传输。扩充的基本原则是不改变 IEC104 协议的主要帧结构和通信机制。主要扩展“文件操作控制”对应的 ASDU 帧结构中信息体中的信息元素集，增加了“下发普通文件”、“请求 CIM-E 文件命令”、“发送 CIM-E 文件”、“发送文件校验结果”、“发送校验文件”等内容。

CIM-E 格式文件一般较大，需要多帧传输，为了确保文件可用且正确无误，在 ASDU 对应的帧中增加了“后续位标志”和“起始传输位置(用于确定本帧在文件中位置)”。为了区别常规的数据传输，信息智能分级采集采用 0x7001 作为信息对象地址的起始地址。通信过程示意如图 3。

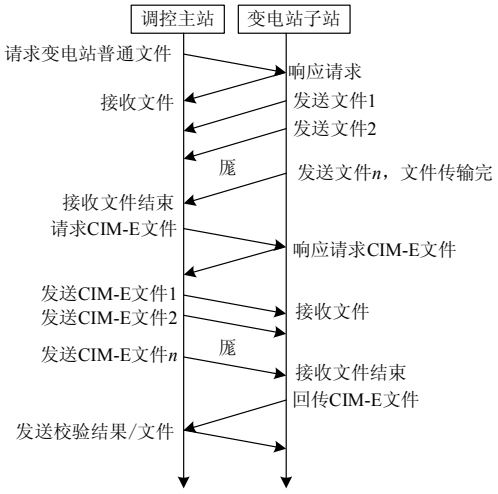

图 3 主站与子站通信过程

Fig. 3 Communication procession between master station and sub-stations

为避免调控信息接入调试过程产生数据跳变等影响，在修改模型相关信息前，将主站与子站间的 104 网络通道设定为调试态，在模型校验结束前，不将任何实时数据(量测数据、状态信息等)作为可信数据送往调控主站 SCADA 系统，以防止因设备模型变更，主站与子站间模型的差异(如系数、极性不一致等)引起的数据短暂跳变；模型校验完成后，修改调试态至正常态，以允许实时数据上送至调控

主站 SCADA。此外，由于信息传输具有方向性，为验证下行通道的可用性，专门为调控信息智能自动分级采集功能增加了遥控测试类型报文，该 ASDU 数据帧结构与正常的遥控命令帧相同，分别用“75”和“76”的类型标识来测试单命令和双命令遥控信息。

3.3 调控信息描述与分级

根据《电网设备通用数据模型命名规范》变电站调控信息可按一次设备(开关、刀闸、机构、量测等)、过程层设备(GOOSE 中断、SMV 中断等)、间隔层设备(保护动作、保护告警、压板、装置告警、通信状态等)、站控层设备系统信息(通信状态、系统故障、系统告警等)进行详细分类。

电网设备全路径命名结构：电网.厂站线/电压.间隔.设备/部件.属性。其中，带下划线的部分为名称项，小数点“.”和正斜线“/”为分隔符。如：“河南.仓颉站/500 kV.塔仓线/仓颉侧.有功”。

调控主站向变电站子站自上而下推行统一的设备命名，屏蔽不同调控主站对变电站子站同一设备描述上的差异，从根本上保证调控信息描述的规范性和一致性，为实现省、地、县三级调控信息智能自动分级采集奠定良好的基础。

依据国家电网公司“大运行”体系对省地县三级调控机构职责范围的界定(见图 4)，为便于调控信息自动分级采集功能的实现，结合不同电压等级变电站设备配置特点，500 kV、220 kV 变电站调度运行职责与设备监控职责不统一以及用户资产变电站不纳入“调控一体化”运行等情况，以“设备/部件.属性”为最小元素形成调度运行必需信息和设备监控必需信息两个最小集合，并以该两个最小集合的并集作为程序自动筛选的初步结果，再辅以人工确认的方式形成省地县三级调控机构采集的最终调控信息集合。

设备监控职责		调度运行职责		
省调	500 kV交流变电站	500 kV交流电网	分调	省调
地调	220 kV变电站	220 kV交流电网	省调	地调
	110 kV变电站	110 kV交流电网	地调	
县调	35 kV变电站	35 kV交流电网	县调	
	10 kV开闭所	10 kV配电网		

图 4 省地县三级调控机构职责范围

Fig. 4 Ranges of dispatching and control responsibility of province, prefecture-level and county

其中，调度运行必需的信息包括交流系统量测数据、开关及刀闸位置信号、全站事故总信号、间隔事故信号、继电保护动作信号、重合闸信号以及稳控装置动作信号等；设备监控必需信息则包括遥控遥调操作、一次设备故障/告警、二次设备(回路)故障/异常、站内交直流电源告警等信号。

3.4 工作流程及具体功能

3.4.1 主站与子站交互流程

调试准备阶段，主站运维人员根据本级调控运行需要完成变电站 CIM 模型，子站调试人员完成变电站全站保护信息的准备；之后，主站召唤获取子站非 CIM-E 模型的设备文件，按照调控信息分级规则并结合人工甄别确认的方式形成本级调度运行和设备监控必需的信息集和有序的 CIM-E 格式厂站设备模型文件，更新前置采集库并将该文件下发给子站；子站依据所接收文件的模型、点号生成对应的调控信息转发库，并对所接收的 CIM-E 文件随机赋值后以镜像文件方式回传至主站，同时通过 104 通道上传与镜像文件一致的赋值数据；最后，主站比较镜像文件模型、数据和 104 通道采集数据，如完全一致，则发送校验成功报文给子站，退出调试状态，主站和子站正式进入 104 通道采集状态，否则，给出错误提示，重复上述过程，直到校验无误。采集交互流程示意如图 5 所示。

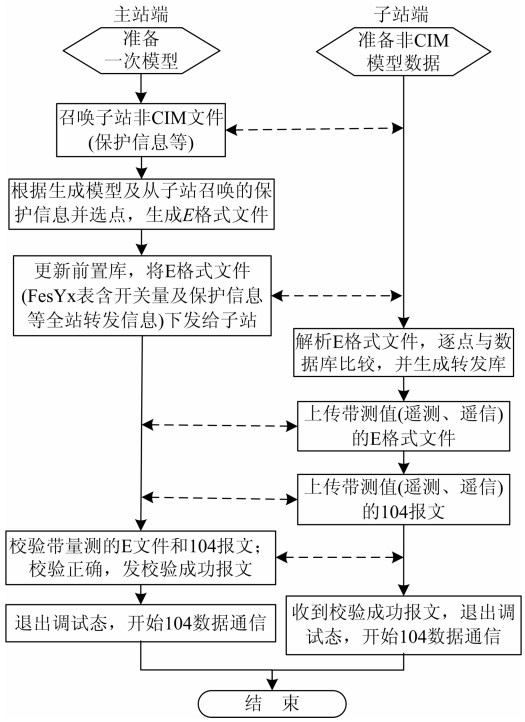

图 5 调控信息智能自动分级采集流程

Fig. 5 Procession of intelligent automatic classified collection for DCI

3.4.2 主站与子站模型校验

在 CIM-E 文件导入过程中，为保证文件有效且遵循电力系统模型交换标准，确保导入模型数据符合电力系统的基本规则，需要在主站 CIM-E 文件导入模块进行严格的模型校验，以便后续应用程序处理更加快捷和方便[8]。参考文献[9]并结合本课题特点，确定校验的内容主要为 CIM-E 文档规范性校验、有效性校验和电力系统规则性校验。

(1) 规范性校验

主要对 CIM-E 文档中头信息描述是否存在且唯一、结束标签是否存在且与起始标签匹配、大小写是否一致、元素中的属性是否重复等进行校验，确保严格满足电网通用模型描述规范的基本要求。

(2) 有效性校验

主要对 CIM-E 文档中类的名称是否标准、属性是否正确归属于相应的类且名称正确、枚举类型中的描述是否规范、关联的对象是否在同一文档中等，确保符合 CIM 模式规范。

(3) 电力系统规则性校验

主要包括维数校验、关联一致性校验、参数完备性校验和动态量测校验等。

模型校验的全部工作在主站端完成，根据校验情况，逐项给出校验结果提示信息。模型校验界面截图如图 6。

图 6 模型校验结果截图

Fig. 6 Screenshot of model validation results

3.4.3 调控信息自动测试验证

传统模式下，当主站和子站完成采集信息内容确认且分别完成前置采集库和远动信息表配置后，还需双方人员配合逐点开展信息传动试验，存在工作强度大且效率低等问题。而在子站与主站联调前，通常子站已完成自身传动试验且所有采集信息已核实无误，原则上，只需通过程序自动完成所有采集信息的测试验证即可保证主站与子站信息的一致性。

具体做法：子站随机对确定的遥测、遥信信息赋值，并主动上传“带测值的 E 文件”和“带测值的 104 报文”，主站接收到子站上传的“带测值的 E 文件”后，完成调控信息模型校验并将量测值存入测试数据库，待接收到子站上传的“带测值的 104 报文”时，主站解析报文数据并自动完成与测试数据库中量测值的比对验证。通过 E 文件和 104 数据报文量测值一致性的自动核对，完成了模型和量测值的双重测试验证，保证了主站与子站实时数据的一致性和正确性，减轻甚至避免了传动试验的压力。

4 结束语

电网调控信息智能分级采集系统的研究与开发，对于解决大规模调控信息接入调试存在的问题，避免信息接入技术失误、降低调试及运维人员劳动强度具有显著的成效。研究建立了适应“调控一体化”运行模式的调控信息分级规则，构建了调控主站与变电站子站调控信息自动采集交互处理机制，基于电网通用模型描述规范(CIM-E)实现了调控主站与变电站子站模型的关联映射处理和校验，基于信息编码规范、IEC104 扩展协议实现了调控信息的智能自动分级处理和采集。相关成果已在河南省调得到了应用，部分成果已经申请专利。

参考文献

[1] 庞清乐, 高厚磊, 杜强, 等. 面向智能配电网的保护与控制方法[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(21): 28-31, 38.
PANG Qingle, GAO Houlei, DU Qiang, et al. Protection and control method for smart distribution grid[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(21): 28-31, 38.

[2] 余贻鑫, 栾文鹏. 智能电网述评[J]. 中国电机工程学报, 2009, 29(34): 1-8.
YU Yixin, LUAN Wenpeng. Smart grid and its implementations[J]. Proceedings of the CSEE, 2009, 29(34): 1-8.

[3] 肖世杰. 构建中国智能电网技术思考[J]. 电力系统自动化, 2009, 33(9): 1-4.
XIAO Shijie. Consideration of technology for constructing Chinese smart grid[J]. Automation of Electric Power Systems, 2009, 33(9): 1-4.

[4] 国家电网公司. 智能变电站技术导则[M]. 北京: 中国

电力出版社, 2009.

[5] DL/T1171-2012 电网设备通用数据模型命名规范[S]. DL/T1171-2012 power grid equipment common model naming specification[S].

[6] DL/T634.5104－2002 远动设备及系统第 5－104 部分传输规约采用标准传输协议子集的 IEC60870－5－101 网络访问[S]. DL/T634.5104－2002 telecontrol equipment and systems part-5-104: transmission protocols-network access for IEC 60870-5-101 using standard transport profiles[S].

[7] 汤震宇, 秦会昌, 胡绍谦, 等. 变电站程序化操作的远动接口实现[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(13): 83-87. TANG Zhenyu, QIN Huichang, HU Shaoqian, et al. Realization of the substation sequence operation telecontrol interface[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(13): 83-87.

[8] 米为民, 辛耀中, 蒋国栋, 等. 电网模型交换标准 CIM/E 和 CIM/XML 的对比分析[J]. 电网技术, 2013, 37(4): 936-941. MI Weimin, XIN Yaozhong, JIANG Guodong, et al. Comparison analysis of grid model exchange standard CIM/E and CIM/XML[J]. Power System Technology, 2013, 37(4): 936-941.

[9] 宋鑫, 曹阳, 黄海峰, 等. 基于电力系统规则的 CIM-XML 模型校验[J]. 电力信息化, 2006, 4(12): 35-37. SONG Xin, CAO Yang, HUANG Haifeng, et al. CIM-XML model checking based on power system rules[J]. Electric Power Information Technology, 2006, 4(12): 35-37.

收稿日期：2014-06-06； 修回日期：2014-07-21

作者简介：

畅广辉(1976-)，男，通信作者，博士，高级工程师，主要研究方向为电力系统调度与控制、人工智能技术在电力系统中的应用、变电站自动化技术等；E-mail: sw612@126.com

镐俊杰(1973-)，男，硕士，高级工程师，主要研究方向为电网调度自动化、电力系统调度与控制等；

刘宝江(1977-)，男，工程师，主要从事电力系统调度及其自动化、变电站自动化系统等研究及开发工作。

(编辑 姜新丽)