

智能变电站中一种基于标准中间过程文件的SCD版本比对方法

在智能变电站的建设、调试、运维、检修、改造和扩建过程中需要针对SCD文件信息内容反复地进行修改验证，从而会形成较多的SCD版本。提出一种基于标准中间过程文件的SCD版本比对方法，通过提取不同版本SCD文件的关键配置信息，从CRC、链路、参数和虚回路4个层面，以图形化方式自顶向下逐步实现SCD文件的比较，实现了SCD文件版本的精细化管理，提高了智能变电站的运维能力。

苏麟¹ 姜悦¹ 许志勇² 曹卫国³ 黄河^{2/1} / 1.江苏省电力设计院
2.国网江苏省电力公司 3.南京五采智电电力科技有限公司

0 引言

随着智能变电站相关技术的日益完善，智能变电站逐步进入大规模实用阶段。在智能变电站中，过程层网络连接一次设备和间隔层设备，完成间隔层设备与一次设备之间、其他间隔层设备之间的实时信息交换，其用数字传输技术（光纤以太网）替代了常规变电站中沿用多年的二次电缆，为实现数据共享和设备的互操作性提供了必要的技术基础，这一重大变革将对未来变电站中二次设备的形态，设备调试流程，变电站检修和运行规范等各个方面都将产生深刻的影响^[1]。

相较传统变电站，智能变电站的二次设计很大一部分图样变成了由系统配置描述（SCD）文件映射的虚端子连接，该文件配置的正确性对智能变电站的安全运行至关重要。SCD文件代替了

大量的二次回路图样设计，SCD文件包含了所有设备的运行信息，包括站内各IED的数据信息、数据类型、通信参数、控制块参数和装置间的回路关系，尤其是跳合闸、采样等关键的连接关系。在变电站的建设、调试、运维、检修、改造和扩建过程中需要针对SCD文件信息内容反复进行修改验证，从而会形成较多的SCD版本，工程管理中需要了解SCD的变化信息，更希望能通过方便快捷的比较方式直观获得各个版本变化差异。

SCD文件通过SCL语言描述文本文件，无法直观体现虚回路配置信息，通过比对的方式非常抽象，并不利于SCD版本的管理，因此以图形化方式展示SCD文件各个版本的差异^[2]。然而由于SCD文件包含全站IED的数据信息、数据类型、通信参数和控制块参数等，文件大小可能达到几百兆字节，若单个IED的虚端子图形化信息完全从SCD文件中提取，不仅展示的速度有限，还要耗费大量的CPU资源和内存资源。但是如果将单个IED的本侧输出虚端子、本侧输入虚端子、虚端子连接关系、本侧通信参数、本侧GOOSE和SV控制块，对侧输出虚端子、对侧输入虚端子、对侧通信参数、对侧GOOSE或者SV控制块等关键信息提取到一个独立的XML文件（称此XML文件为中间过程文件），基于此中间过程文件展示IED的虚回路图形化，将大大提高图形化展示速度，降低内存和CPU主频的要求。

目前，GDW1396—2012给出了XML



苏麟/高级工程师

关键词/Keywords

智能变电站 ·
SCD文件 ·
中间过程文件 ·
版本比对 ·

国家电网公司科技项目（SXYN-FM-FBB3-04）。

中间过程文件的格式定义，这就为实现基于标准中间过程文件的SCD版本对比提供了可能。通过提取智能变电站SCD文件中过程层虚端子配置的关键信息到一个独立的XML文件，通过多个层次的比较，并以图形化展示方式直接比对XML文件，可以快速、便捷地展示各个SCD版本的差异，为智能变电站SCD文件的精细化管理提供了便捷、直观的技术手段，提升了智能变电站的运维能力^[3-4]。

1 SCD版本比对的思路

SCD文件在运维调试过程中会出现一些细小的修改，如果只是进行单一内容的比对，很难发现全部的修改信息，容易导致SCD版本管理的混乱，因此对SCD版本的比对需要进行多层次的差异比较。

关于SCD版本比对的思路，首先从需要比对的两个SCD版本文件中提取装置本侧和对侧的重要信息，形成标准中间过程文件（XML）列表，然后对XML列表进行4个层面的比对，即从CRC、链路、参数和虚回路4个层面，以图形化的方式展示SCD版本差异的比对结果。如图1所示。

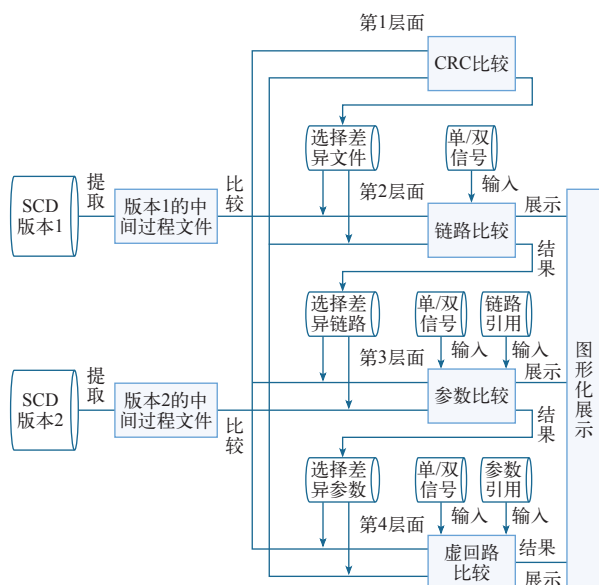


图1 智能变电站SCD版本的比对思路

图1中，以图形化的方式展示链路比较、参数比较和虚回路比较3个层面的比较结果，确保SCD版本比较的有效性和直观性。

1) 基于装置虚回路CRC校验码的第1层比对。通过提取出所有与装置虚回路相关的信息，并根据该信息为各个装置生成唯一的虚回路CRC校验码。对所述虚回路CRC校验码进行对比，比较出各个装置的虚回路配置信息是否发生变化，确定发生变化的装置。CRC比较的结果用于第2层链路比较时差异IED的选择。

2) 基于装置链路信息的第2层比对。通过对第1层比较中发生变化的IED进行链路信息对比，从IED交互角度确定虚回路的变化情况。链路层面比较主要通过输入单/双信号，比较连通链路的有效性。链路比较的结果用于第3层参数比较时差异链路的选择。

3) 基于链路通道参数的第3层比对。通过对第2层比较中有变化信息的链路进行通道信息对比，从IED虚端子交互角度确定虚回路的变化情况。参数层面比较通过输入单/双信号及链路引用，比较参数修改的有效性。参数比较的结果用于第4层虚回路比较时差异参数的选择。

4) 基于虚回路的第4层比较。通过对第3层比较中有变化信息的参数进行虚回路对比，通过输入单/双信号及链路引用，比较虚回路逻辑的有效性，获取虚回路最终比对结果。

2 SCD标准中间过程文件的提取

对SCD文件的提取主要围绕两个方面，一方面是GOOSE相关的订阅信息和发布信息，另一方面是SV相关的订阅信息和发布信息，形成描述各智能终端信息的标准中间过程文件^[5-6]。

提取SCD文件IED的GOOSE发送参数，包括发送控制块信息、物理端口通信配置信息、GOOSE发送数据集信息以及GOOSE发送虚端子的类型和描述等，将上述信息填写到中间配置文件。

提取SCD文件这个IED的GOOSE接收参数，包括对侧IED的发送控制块信息、对侧IED的物理端口通信配置信息、对侧IED的GOOSE发送数据集信息、本侧IED的GOOSE接收Reference信息、GOOSE发送虚端子的类型和描述等，将上述信息填写到中间配置文件。

SCD标准中间过程文件的提取如图2所示。

图2中，SCD文件的GOOSE订阅信息的组成元素包括对侧GOOSE控制块相关的GSE Control元素、Connected AP元素和Data Set元素+内部引用；GOOSE发布信息的组成元素包括本侧GOOSE控制块相关的GSE Control元素、Connected AP元素和Data Set元素+对侧接收引用；SV订阅信息的组成元素包括对侧SV控制块的相关SM VCB元素、Connected AP元素和Data Set元素+内部引用；SV发布信息的组成元素包括本侧SV控制块相关的SM VCB元素、Connected AP元素和Data Set元素+对侧接收引用。

在两个SCD版本文件比较过程中，通过上述方法可以分别得到SCD版本1的中间过程文件集合和SCD版本2的中间过程文件集合，这就为面向IED列表的虚回路比对奠定了基础。

3 SCD版本比对的具体实现

在获取两个SCD版本的中间过程文件集合的基础上，依次进行标准中间过程文件的CRC、链路、参数和虚回路4个层次的比较，完整获取SCD版本的比对结论^[7-14]。

3.1 标准中间过程文件的CRC比对

第1层，基于标准中间过程文件的CRC比对。CRC校验码的对比通过为两个不同版本的SCD文件中每个IED生成标识其虚回路配置信息的CRC校验码，以IED装置名称为匹配关键字，通过图形列表方式，并以颜色标注不同CRC校验码的IED装置，从整体上快速比较出虚回路配置信息发生变化的装置，用于第2层中间过程文件的链路比较，如图3所示。

图3中，SCD版本1的中间过程文件逐个进行

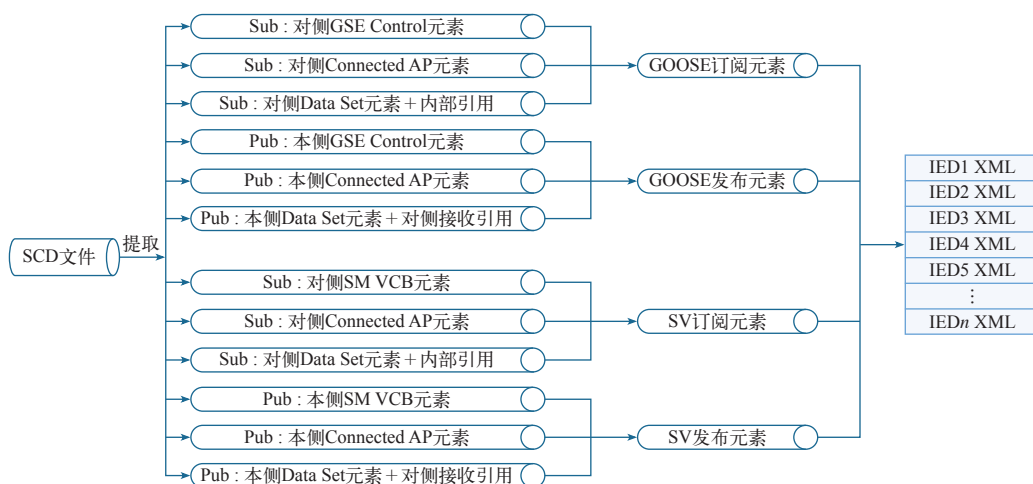


图2 标准中间过程文件的提取

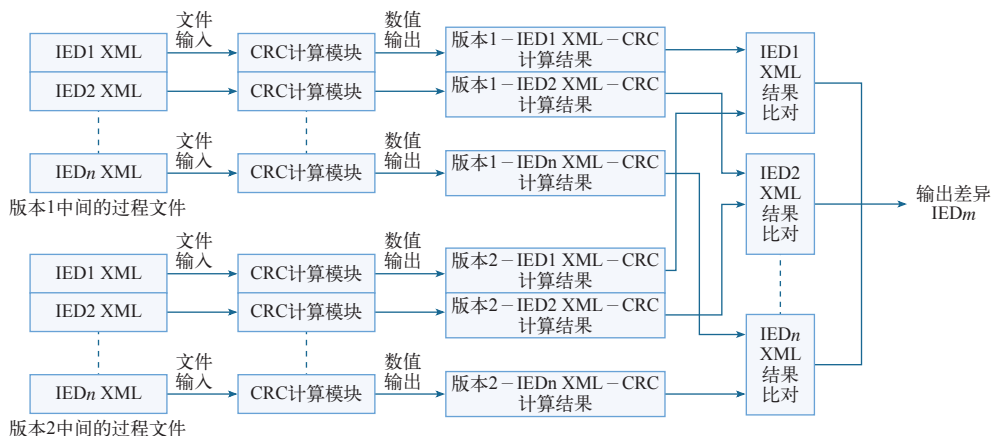


图3 标准中间过程文件的CRC比较

CRC计算,获得版本1的CRC计算结果列表;SCD版本2的中间过程文件逐个进行CRC计算,获得版本2的CRC计算结果列表;对版本1和版本2的CRC计算结果列表按IED因此进行比对,快速定位IED的差异,输出发生变化的IED序号。

3.2 标准中间过程文件的链路比对

第2层,基于标准中间过程文件的链路比对。SCD版本1的中间过程文件逐个输入链路比对模块,参数1为单信号,获得链路图形化信息;SCD版本2的中间过程文件逐个输入链路比对模块,参数1为单信号,获得链路图形化信息。根据第1层比对输出的发生变化的IED序号,选取两个版本中对应的中间过程文件,输入信号,获取IED的链路比对信息,以图形展示的方式快速比较出发生变化的链路,用于第3层中间过程文件的参数比较,如图4所示。

链路对比包括新增链路、减少链路和链路数据变化。以单个IED装置为视角,以图形化方式展示IED装置与外装置的链路关系,并通过图形化的符号标注两个版本装置的链路变化信息。

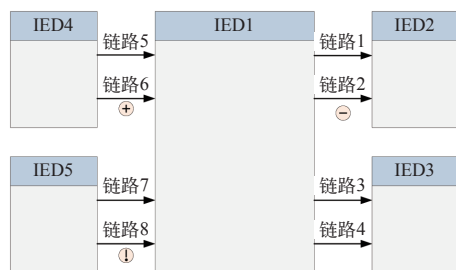


图4 标准中间过程文件的链路比较

图4中,在对应链路图形上以“+”符号标识该链路为新增链路;在对应链路图形上以“-”符号标识该链路为减少链路;在对应链路图形上以“!”符号标识该链路为存在链路数据变化。

3.3 标准中间过程文件的参数比对

第3层,基于标准中间过程文件的参数比对。SCD版本1的中间过程文件逐个输入参数比对模块,参数1为单信号,获得参数图形化信息;SCD版本2的中间过程文件逐个输入参数比对模块,参数1为单信号,获得参数图形化信息。根据第2层

比对输出的发生变化的IED链路序号,两个版本的中间过程文件输入到参数比对模块,参数1为双信号,参数2为空,获得IED链路全部参数比对信息,以图形展示的方式快速比较出发生变化的IED链路参数,用于第4层中间过程文件的虚回路比较。如图5所示。

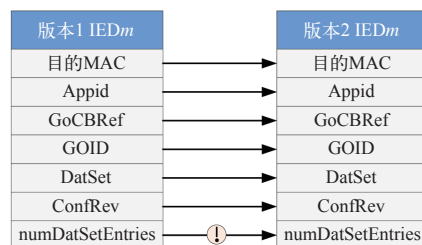


图5 标准中间过程文件的参数比较

链路参数对比主要是链路参数发生变化。通过以单个IED装置为视角,以图形化方式展示两个版本IED装置参数的变化,并通过图形化的符号标注两个版本装置的链路参数的变化信息。

图5中,在对应通道图形上以“!”符号标识该链路参数存在参数变化。

3.4 标准中间过程文件的虚回路比对

第4层,基于标准中间过程文件的虚回路比对。SCD版本1的中间过程文件逐个输入虚回路比对模块,参数1为单信号,获得虚回路图形化信息;SCD版本2的中间过程文件逐个输入虚回路比对模块,参数1为单信号,获得虚回路图形化信息。根据第3层比对输出的发生变化的IED链路参数序号,以图形展示的方式快速比较出发生变化的虚回路。

虚回路比对包括新增虚回路、减少虚回路和虚回路变化。以单个IED装置为视角,以图形化方式展示IED装置与外装置的虚回路端子的关系,并通过图形化的符号标注两个版本装置的虚回路端子的变化信息。

图6中,在对应通道图形上以“+”符号标识该通道为新增的虚回路端子;在对应通道图形上以“-”符号标识该通道为减少的虚回路端子;在对应通道图形上以“!”符号标识该通道为存在虚回路端子的变化。

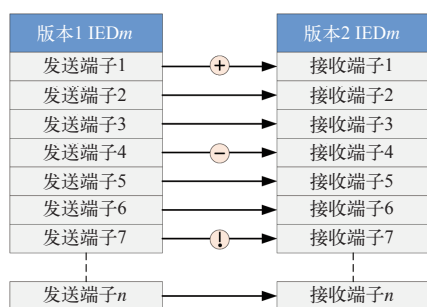


图6 标准中间过程文件的虚回路比对

4 结束语

给出一种基于标准中间过程文件的智能变电站SCD文件可视化比对方法，该方法通过对不同版本SCD中间过程文件的提取，从CRC、链路、参数和虚回路4个层面，以图形化方式自顶向下逐步实现SCD文件的比较，从而获取完整的SCD版本比对信息。

通过将智能变电站虚回路的对比图形可视化，实时监控包括改扩建过程在内造成的SCD文件中虚回路配置信息的变化，最大限度地保证了虚回路配置信息的安全性、完整性和一致性，改变了依靠人力来保证虚回路配置正确性的低效而脆弱的现状，从而保障和提升了智能变电站安全运行水平，缩短了系统投运时间，减轻了系统投运压力，降低了智能变电站全生命周期内的维护成本。

参考文献

[1] 苏麟, 周小勇. 建设数字化变电站必要性和亟待解决的问题 [J]. 江苏电机工程, 2007, 26 (增刊): 14-16.

[2] 叶翔, 刘辉, 周永忠. 智能变电站图模一体化设计软件实现方案 [J]. 江苏电机工程, 2014, 33 (3): 41-44.

[3] 王松, 宣晓华, 陆承宇. 智能变电站配置文件版本管理方法 [J]. 电力系统自动化, 2013, 37

(17): 95-98.

[4] 高磊, 石慧, 杨毅, 等. 智能变电站配置描述文件管控系统的研究与实现 [J]. 电网技术, 2014, 38 (12): 3328-3332.

[5] 王计林, 黄晓雨. 智能变电站信息提取的研究与实现 [J]. 电力通信技术, 2014, 12 (1): 17-21.

[6] 高磊. IEC 61850 SCL配置文件比对工具的研究与实现 [J]. 电力系统自动化, 2013, 37 (20): 88-91, 96.

[7] 秦建松, 傅三川, 俞永军, 等. 智能变电站二次施工图设计的标准化技术 [J]. 浙江电力, 2013 (6): 61-63.

[8] 查晓毅, 陈俊. 面向智能变电站工程的统一配置管理平台 [J]. 中国电机: 技术版, 2012 (12): 29-31.

[9] 郭健生, 吴文宣, 王云茂, 等. 基于TinyXML的智能变电站SCD文件的解析 [J]. 电力与电工, 2011, 31 (3): 7-10.

[10] 伊洋, 胡苏凯, 周宇, 等. 智能变电站SCD文件二维校验码校验方法研究 [J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43 (2): 113-118.

[11] 刘希峰, 韩振峰, 李颖. GOOSE报文与SCD文件间对应关系的应用研究 [J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41 (24): 95-100.

[12] 宋杰, 高亮, 鲍伟, 等. 基于协同测试系统的智能变电站GOOSE 虚端子关联检测研究 [J]. 电力系统保护与控制, 2012, 40 (24): 138-142.

[13] 高亚栋, 朱炳铨, 李慧, 等. 数字化变电站的“虚端子”设计方法应用研究 [J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39 (5): 124-127.

[14] 陈盼, 林传伟, 汤惠芳, 等. 基于关键字匹配的虚端子自动关联方法 [J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41 (18): 132-137.

(收稿日期: 2015-07-10) EA

中国知网 https://www.cnki.net

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告