

DOI: 10.7667/PSPC151416

基于标准中间过程文件的 SCD 版本比对的优化研究

邓洁清¹, 车勇², 单强², 戴锋¹, 林松¹, 刘孝刚¹, 李鹏³, 刘战朋³

(1. 江苏省电力公司检修分公司, 江苏 南京 211102; 2. 新疆电力公司, 新疆 乌鲁木齐 830013;
3. 南京五采智电电力科技有限公司, 江苏 南京 211106)

摘要: 智能变电站的建设中, 链路参数、虚端子的修改等原因形成不同阶段的 SCD 文件版本。对基于 SCL 的比对方法和可视化方法进行了优化, 比对方法提出基于中间文件方式, 可视化方法提出了四层人性化展示方式。通过提取 SCD 文件的关键配置信息, 形成各 IED 的标准中间过程文件。从 IED、CRC、链路、链路参数及虚回路四个层次, 以可视化方式自顶向下逐层实现 SCD 文件的版本比对, 降低了可视化比对过程中对内存和 CPU 主频的要求, 提高可视化的解析和展示效率, 方便了运维人员对 SCD 版本的可视化管理。

关键词: 智能变电站; SCD 文件; 中间过程文件; 版本比对

Optimal research of SCD version comparison based on the standard middle process files

DENG Jieqing¹, CHE Yong², SHAN Qiang², DAI Feng¹, LIN Song¹, LIU Xiaogang¹, LI Peng³, LIU Zhanpeng³

(1. Jiangsu Electric Power Company Repair Branch, Nanjing 211102, China; 2. Xinjiang Electric Power Company, Urumqi 830013, China; 3. Five-C Smart Power Grid Technology Co., Ltd., Nanjing 211106, China)

Abstract: In the smart substation construction, SCD file will form different stage versions when communication parameters and virtual terminal are modified. This paper optimizes the comparison method and visualization method based on SCL. It proposes the comparison method based on standard middle process file and visualization method with four layers of humanized display. Through the extraction of different SCD files with key configuration information, from four level with IED, CRC, link, link parameters and virtual circuit. It implements the SCD file versions comparison layer by layer from top to down in a visual manner. It reduces the requirement on memory and CPU main frequency in the process of visualization comparison, improves the analysis and display efficiency of visualization, and provides convenience for operation and maintenance staff to carry out visualization management for the SCD file versions.

Key words: smart substation; SCD file; intermediate process files; version comparison

0 引言

相较传统变电站, 智能变电站的二次设计很大一部分图纸变成了由系统配置描述(SCD)文件映射的虚端子连接, 该文件配置正确性对智能变电站的安全运行至关重要, 对智能变电站的安全运维起到了十分关键的作用。SCD 文件代替了大量的二次回路图纸设计, 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、链路参数、控制块参数、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 文件信息内容反复地进行修改验证, 从而会形成较多版本的

SCD 文件, 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的差异。

SCD 版本比对可采用字符型比对和可视化比对。字符型比对是通过专业比对工具如 Beyond Compare 对所有字符依次逐个比对, 缺点在于不能直观地表达 SCD 文件版本的差异, 需要对比人员清楚地了解 SCL 语法和 SCD 文件的结构, 不便于面向运维人员进行推广; 相比之下, 通过解析 SCD 文件以可视化的方式展示 SCD 文件的差异, 更加方便直观^[1-2]。但是可视化解析也存在解析效率慢、消耗内存大的问题, 本文将在常规的可视化比对的基础上进一步优化, 提出一种 SCD 比对效率更高的方法。

1 SCD 版本比对优化方法

常见的 SCD 文件解析有文档对象模型 (Document Object Mode, DOM)方式解析和 XML 的简单 API 模型 (Simple API for XML, SAX)方式解析, 相比于 DOM 方式, SAX 解析过程效率更高, 但是两种方式都需要一次性解析 SCD 文件所有元素信息, 并长期占用内存进行保存, 以便实时获取各类数据。

SCD 根据变电站规模文件大小可能达到几百兆字节, 当进行 SCD 比对时, 需要根据比对 IED 提取相应单装置的各类信息, 若所有信息完全从 SCD 文件即实时内存中提取, 不仅展示的速度有限, 还要耗费大量的 CPU 资源和内存。

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、本侧输出链路参数、本侧 GOOSE 或者 SV 控制块, 对侧输出虚端子、对侧输入链路参数、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), 基于中间过程文件进行 SCD 比对时, 由于中间文件小就可以通过较小的 CPU 和内容开销达到较好的展示效果, 而不需要像常规解析时大量信息元素长期占用内存, 因此基于此中间过程文件展示 IED 的虚回路可视化, 将大大提高可视化展示速度, 降低内存和 CPU 主频的要求。

目前《智能变电站二次回路工程文件格式规范》^[3]标准给出了标准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。论文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, 并以可视化展示方式直接比对 XML 文件, 可以快速便捷展示各个 SCD 版本的差异, 为智能变电站 SCD 文件的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^[4-5]。

实施流程如下: 首先从需要获取两个 SCD 版本文件中提取装置本次和对侧的重要信息, 形成标准中间过程文件(XML), 然后对 XML 文件进行三个层次的比对, 即从 CRC、链路、链路参数和虚回路三个层次, 以可视化的方式展示 SCD 版本差异的对比结果。见图 1。

图中, 以可视化的方式展示 CRC 比较、链路比较、链路参数和虚回路比较三个层次的比较结果, 确保 SCD 版本比较的有效性和直观性。

1) 基于标准中间过程文件 CRC 校验码的第一层次比对: 循环冗余校验码 (cyclic redundancy

check, CRC)是应用广泛的校验码, 常用于文件的完整性校验。通过提取出所有与装置虚回路相关的信息合并生成标准中间过程文件, 并生成唯一的 CRC 校验码; 对所有 IED 的 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 比较的结果用于第二层次链路比较时差异 IED 的选择。

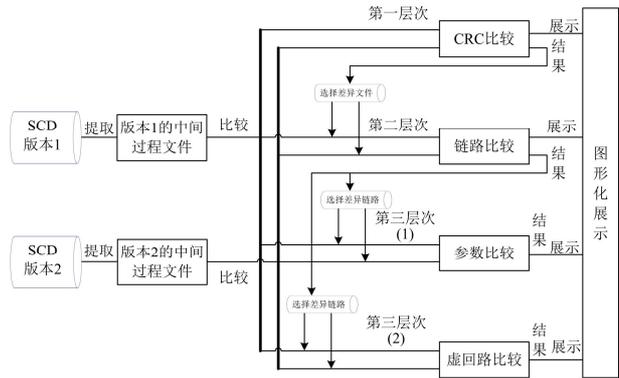


图 1 SCD 版本的比对流程

Fig. 1 Process of SCD version comparison

2) 基于装置链路信息的第二层次比对: 通过对第一层次比较中发生变化的 IED 进行链路信息对比, 获取有差异的链路, 差异链路主要包括链路增加、链路减少和链路变化, 针对链路变化进行第三层次的比对。

3) 基于链路参数和虚回路的第三层次比对: 通过对第二层次比较中有变化信息的链路进行链路参数和虚回路对比: 链路参数包括 MAC、Appid、GOID、GOCBRef、VLANID 等的对比, 获取通信信息的变化情况; 虚回路的对比主要包括虚回路连线增加、减少和变化, 获取虚端子连线信息的变化情况。

2 SCD 标准中间过程文件的提取

依照标准中间过程文件的格式对 SCD 文件进行提取, 主要围绕两个方面提取, 一个方面是 GOOSE 相关的订阅信息和发布信息, 一个是 SV 相关的订阅信息和发布信息, 形成描述各虚端子连接信息的标准中间过程文件^[6-7]。

SCD 标准中间过程文件的提取如图 2。

其中, 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 GSEControl 元素、ConnectedAP 元素以及 DataSet 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 GSEControl 元素、ConnectedAP 元素以及 DataSet 元素+对侧接收引用; SV 订阅信息的组

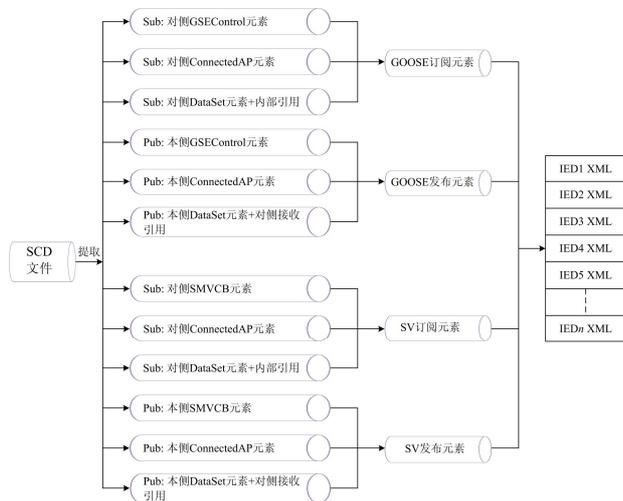


图 2 标准中间过程文件的提取

Fig. 2 Extraction of the standard middle process files

成元素包括对侧 SV 控制块的相关 SMVCB 元素、ConnectedAP 元素以及 DataSet 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 SMVCB 元素、ConnectedAP 元素以及 DataSet 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以及 SCD 版本 2 的中间过程文件集合,这就为分别为面向 IED 列表的虚回路比对奠定了基础。

此外,标准中间过程文件的格式也规定了 CRC 的计算方法^[3]。用于计算 CRC 校验码的序列中不应有中文字符,剔除工程文件中 desc 元素、元素间及属性间的空格、换行符、回车符、列表符后转换成 ASCII 码序列,计算四字节 CRC-32 校验码,计算的四字节 CRC-32 校验码不满四字节的,高字节补 0x0。CRC 参数如下。

- CRC 比特数 Width: 32;
- 生成项 Poly: 04C11DB7;
- 初始化值 Init: FFFFFFFF;
- 待测数据是否颠倒 RefIn: True;
- 计算值是否颠倒 RefOut: True;
- 输出数据异或项 XorOut: FFFFFFFF;
- 字串“123456789abcdef”的校验结果 Check: A2B4FD62。

为每个 IED 的工程文件计算 CRC 校验码,用于单装置工程文件管理;按 IED 命名升序合成所有 IED 工程文件 CRC 校验码生成全站工程文件 CRC 码,用于全站工程文件管理。可用单独的文件保存 CRC 码,便于后续的比对开展。

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、链路参数和虚回路三个层次的比较,完整获取 SCD 版本的比对结论。

3.1 CRC 比对^[8-9]

第一层次,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,用于第二层次中间过程文件的链路比较,如图 3 所示。

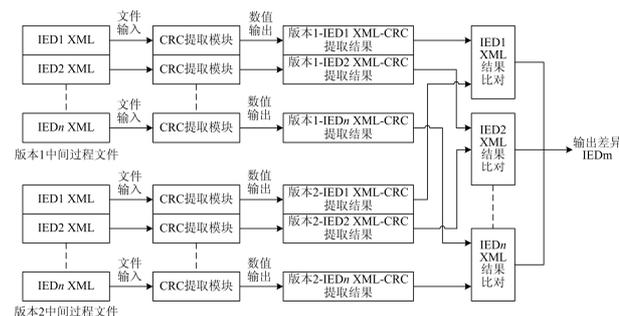


图 3 标准中间过程文件的 CRC 比较

Fig. 3 CRC comparison of the standard middle process files

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

3.2 链路比对

第二层次,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,根据第一层次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,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,用于第三层次中间过程文件的参数比较,如图 4 所示。

链路对比包括如下方面:新增链路、减少链路和链路数据变化。通过以单个 IED 装置为视角,以可视化方式展示 IED 装置与外装置的链路关系,并通过可视化的符号标注两个版本装置的链路的变化信息。链路数据变化包括链路参数变化和虚回路的

连接信息变化。

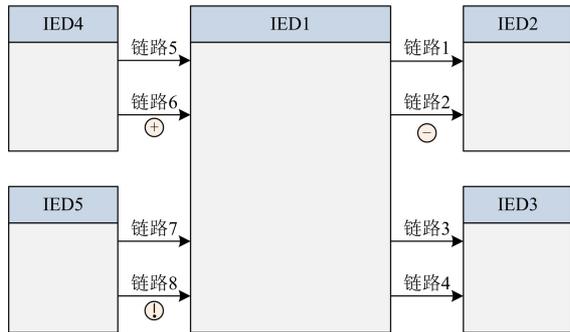


图 4 标准中间过程文件的链路比较

Fig. 4 Link comparison of the standard middle process files

图 4 中：(1) 在对应链路图形上以“+”符号标识该链路为新增链路；(2) 在对应链路图形上以“-”符号标识该链路为减少链路；(3) 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 链路参数和虚回路比对

第三层次比对包括两个方面：一个是链路参数比对，一个是虚回路的比对。

(1) 链路参数比对

基于标准中间过程文件的参数比对。SCD 版本 1 和 SCD 版本 2 的中间过程文件逐个输入参数比对模块。根据第二层次比对输出发生变化的 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，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。如图 5 所示。

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，以可视化方式展示两个版本 IED 装置参数的变化，并通过可视化的符号标注两个版本装置的链路参数的变化信息。

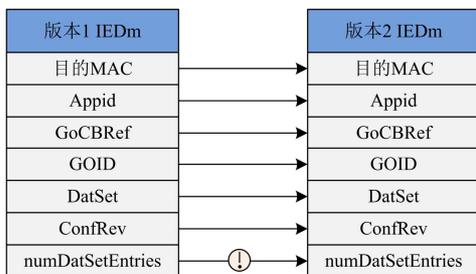


图 5 标准中间过程文件的参数比较

Fig. 5 Parameters comparison of the standard middle process files

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。

(2) 虚回路比对

基于标准中间过程文件的虚回路比对。SCD 版本 1 和 SCD 版本 2 的中间过程文件逐个输入虚回路比对模块，根据第三层次比对输出发生变化的 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。

虚回路对比包括如下方面：新增虚回路、减少虚回路和虚回路变化。通过以单个 IED 装置为视角，以可视化方式展示 IED 装置与外装置的虚回路端子的关系，并通过可视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：(1) 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；(2) 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；(3) 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。

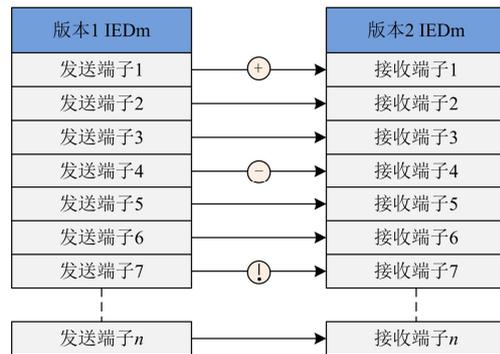


图 6 标准中间过程文件的虚回路比对

Fig. 6 Virtual circuit comparison the standard middle process files

4 结论

论文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、链路参数及虚回路三个层次，以可视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^[10-11]。

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，最大限度地保证虚回路配置信息的安全性、完整性、一致性，改变依靠人力来保证虚回路配置正确性的低效而脆弱的现状，从而保障和提升智能变电站安全运行水平，缩短系统投运时间、减轻系统投运压力，降低智能变电站全寿命周期内的维护成本。

参考文献

[1] 王同文, 谢民, 孙月琴, 等. 智能变电站继电保护系统

- 可靠性分析[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(6): 58-65.
- WANG Tongwen, XIE Min, SUN Yueqin, et al. Analysis of reliability for relay protection systems in smart substation[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(6): 58-65.
- [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.
- YE Xiang, LIU Hui, ZHOU Yongzhong. Implementation of graph and model integration software for smart substation[J]. Jiangsu Electrical Engineering, 2014, 33(3): 41-44.
- [3] 国家电网公司. 智能变电站二次回路工程文件格式规范(送审稿)[S].
- [4] 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.
- WANG Song, XUAN Xiaohua, LU Chengyu. Version management method of smart substation configuration file[J]. Automation of Electric Power Systems, 2013, 37(17): 95-98.
- [5] 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): 1328-1398.
- GAO Lei, SHI Hui, YANG Yi, et al. Research and implementation of configuration description file management system for smart substation[J]. Power System Technology, 2014, 38(12): 1328-1398.
- [6] 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.
- WANG Jilin, HUANG Xiaoyu. Research on information extraction in intelligent substations and its implementation[J]. Electric Power ICT, 2014, 12(1): 17-21.
- [7] 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.
- GAO Lei. Research and implementation of comparison tool for IEC 61850 SCL configuration file[J]. Automation of Electric Power Systems, 2013, 37(20): 88-91, 96.
- [8] 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.
- GUO Jiansheng, WU Wenxuan, WANG Yunmao, et al. Parse for SCD file of smart substations based on TinyXML[J]. Electric Power and Electrical Engineering, 2011, 31(3): 7-10.
- [9] 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.
- YI Yang, HU Sukai, ZHOU Yu, et al. Research of smart substation SCD file check based on two-dimensional check code[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(2): 113-118.
- [10] 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.
- LIU Xifeng, HAN Zhenfeng, LI Ying. Application research of relationship between GOOSE message and SCD files[J]. Power System Protection and Control, 2013, 41(24): 95-100.
- [11] 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.
- CHEN Pan, LIN Chuanwei, TANG Hui Fang, et al. A method for virtual terminals automatic connection based on key-character matching[J]. Power System Protection and Control, 2013, 41(18): 132-137.

收稿日期: 2015-08-12; 修回日期: 2015-10-20

作者简介:

邓洁清(1977-), 男, 硕士研究生, 高级工程师, 研究方向为智能电网运维技术研究;

车勇(1965-), 男, 硕士研究生, 高级工程师, 研究方向为电力工程建设管理与技术;

单强(1971-), 男, 硕士研究生, 高级工程师, 研究方向为电力工程建设管理与技术。

(编辑 周金梅)