

DOI: 10.19783/j.cnki.pspc.180854

## 基于相关间隔解耦的SCD文件管控系统设计与开发

王光亮<sup>1</sup>, 陈文<sup>1</sup>, 唐明帅<sup>2</sup>, 谭茜元<sup>1</sup>, 高松峰<sup>2</sup>, 赵新春<sup>2</sup>

(1. 广东电网有限责任公司茂名供电局, 广东 茂名 525000; 2. 北京四方继保自动化股份有限公司, 北京 100085)

**摘要:** 在智能变电站的新建、改扩建和日常运维过程中, 变电站配置描述 SCD(Substation Configuration Description) 文件需要频繁修改, 导致版本管理困难, 为此设计开发了 SCD 文件的管控系统。该系统通过相关间隔的解耦技术, 保证了 SCD 文件修改涉及范围的最小化。通过借助 SVN 管理技术有效管控 SCD 文件版本, 保证了变电站全生命周期内的配置信息正确性和可溯源性。通过可视化技术, 将 SCD 文件内容的修改变动直观展示给用户, 降低了对使用人员的技术要求。多个试点工程的使用表明, 该系统完全满足不同阶段的 SCD 文件版本管控需求, 能够有效提高 SCD 文件升级、修改的安全性和实施效率。

**关键词:** 智能变电站; IEC 61850; SCD 文件; 相关间隔解耦; 管控

### Design and development of SCD file control system based on correlation interval decoupling

WANG Guangliang<sup>1</sup>, CHEN Wen<sup>1</sup>, TANG Mingshuai<sup>2</sup>, TAN Qianyuan<sup>1</sup>, GAO Songfeng<sup>2</sup>, ZHAO Xinchun<sup>2</sup>

(1. Maoming Power Supply Bureau, Guangdong Power Grid Co., Ltd., Maoming 525000, China;

2. Beijing Sifang Automation Co., Ltd., Beijing 100085, China)

**Abstract:** During the process of the intelligent substation construction, reconstruction, expansion and daily operation and maintenance, Substation Configuration Description (SCD) files need to be modified frequently, which makes version management difficult. For this purpose, the control system of SCD file is designed and developed. The system ensures the minimum scope of SCD file modification through the decoupling technology of relevant intervals. By using SVN management technology to control the version of SCD document effectively, the correctness and traceability of the configuration information in the entire life cycle of the substation can be guaranteed. Via visualization technology, the modification of SCD file content is visually displayed to the user, which reduces the technical requirements for using personnel. Several pilot projects indicate that the system fully meets the requirements for SCD file version control in different stages and can effectively improve the security and implementation efficiency of SCD file upgrade and modification.

This work is supported by Science and Technology Project of China Southern Power Grid Company: Key Techniques Research and Application for Intelligent Substation Homologous Maintenance (No. GD-KJXM-20162131).

**Key words:** smart substation; IEC 61850; substation configuration description file; correlation bay decoupling; management and control

## 0 引言

智能变电站二次系统配置须符合 IEC 61850 标准的要求和流程<sup>[1]</sup>。智能变电站的配置描述 SCD (Substation Configuration Description) 文件包含了几乎全部的变电站保护和自动化相关的配置信息。SCD

文件在新建智能变电站的调试、验收环节以及变电站的改扩建和日常运维的各个阶段都存在频繁修改的可能。SCD 文件每次修改后都需要对包含在 SCD 内的全部配置信息进行重新验证<sup>[2-3]</sup>, 这极大增加了智能变电站调试和运维的工作量。

近年来, 针对智能变电站 SCD 文件管控的研究不断深入, 特别是在实用化管控平台开发<sup>[4-5]</sup>、虚回路自动生成和校验<sup>[6-7]</sup>及配置信息可视化<sup>[8]</sup>等方面取得了大量研究成果, 对提升智能变电站的建设水

基金项目: 中国南方电网公司科技项目资助 (GD-KJXM-20162131) “智能变电站同源维护关键技术研究及应用”

平起到重要推动作用。

然而，在工程实践中尚存限制进一步提高 SCD 文件管控水平的突出问题<sup>[9]</sup>，主要包括：第一，现有的 SCD 文件版本管控流程和系统采用的控制方法过于粗放，仅反映 SCD 单一文件的修改过程，不能完整描述变电站二次系统配置修改、升级的细节；第二，变电站的改扩建过程中 SCD 文件的升级影响范围难以准确界定，为保证可靠性，往往增大调试范围，带来调试工作量的不必要增加；第三，新建变电站调试阶段，各角色均可能对 SCD 文件进行修改，为避免 SCD 文件的修改冲突，只能串行工作，不利于提高调试效率。

对 SCD 文件进行解耦是解决上述突出问题的主要思路<sup>[10-11]</sup>，可以达到并行修改、缩小和明确影响范围的目的。文献[12]给出了 SCD 文件的三种解耦方式：按通信访问点解耦、按间隔解耦以及按业务解耦，对 SCD 文件解耦提供了较全面的指导。文献[13]特别给出在变电站改扩建时对 SCD 文件按照间隔解耦的具体方法，但该方法对每一个间隔分别建立间隔配置 BCD(Bay Configuration Description) 文件，导致 BCD 文件数量较多，不便于对 BCD 文件进行管控。

解决前述问题的其他关键技术还包括 SCD 文件的版本管理<sup>[14]</sup>、权限管理<sup>[15]</sup>以及变动比对<sup>[16-17]</sup>等。但是目前在 SCD 文件的版本管理策略和方法上并不统一；在 SCD 文件的变动比对上更多的是基于文本比较，并未充分考虑 SCD 文件的特殊性，未对对比结果进行深度语义描述及可视化展示。

可见，目前 SCD 文件管控技术和系统还不能完全满足智能变电站的建设需求。为此，本文在现有研究成果基础上，设计和开发了基于相关间隔解耦技术的 SCD 文件管控系统。阐述了所开发系统的功能结构和所采用的间隔解耦技术、文件版本管理和可视化展示等关键技术。并对试点工程的应用情况进行了介绍。

### 1 基于相关间隔的 SCD 文件解耦方案

#### 1.1 研究思路

智能变电站的建设规模逐年加大，已投运的大量智能变电站的改扩建需求越来越多。但是，目前对 SCD 文件的管理和修改模式难以满足工程需求。主要表现在：SCD 文件中保存着全站各种类型信息的耦合以及二次虚回路联接关系，扩建工程修改 SCD 文件时难以准确界定由于增加扩建间隔而修改 SCD 文件对原有 SCD 文件的影响范围。

为此，本文首先研究 SCD 文件的间隔解耦技

术，以减少改扩建阶段 SCD 修改带来的改动风险。即采用物理解耦方式，将 SCD 文件物理上拆分为多个文件，再针对拆分后的文件进行配置版本管理。

其次，研究基于间隔解耦的版本管理策略，存储 SCD 文件各个阶段的历史版本，可回溯和获取任一历史版本，并可比较不同版本文件的差异，用可视化方式展示差异。

#### 1.2 SCD 文件解耦方式及流程

出于不同的应用目的，SCD 文件的解耦分为两种方式，分别是物理解耦和逻辑解耦。其中，逻辑解耦只是将 SCD 文件中的配置信息按照一定规则，进行过滤和提取，主要目的是方便视图展示，但是在整个解耦过程中仍保留单一的 SCD 物理文件。而物理解耦是按照预定的原则(通常是依据通信访问点、依据间隔、依据 IED 或者依据业务流程)将单一的 SCD 文件拆分为数个物理文件，每个物理文件仅保护源 SCD 文件的部分配置信息。

可见，由于采用文件实体的拆分和隔离，物理解耦能较好地防范在修改 SCD 文件时对未经授权部分的误改风险。同时，物理解耦结果对应的多个实体文件内仅包含局部的配置信息，为并行修改和与 IED 配置工具协同提供了更大便利。

无论逻辑解耦还是物理解耦，都存在多种解耦方式，按间隔解耦方式可以与改扩建模式紧密对应，符合设计和运维习惯。因此，本文采用按间隔物理解耦的方式对 SCD 文件进行解耦和管控。图 1 为按相关间隔对 SCD 文件解耦的流程。

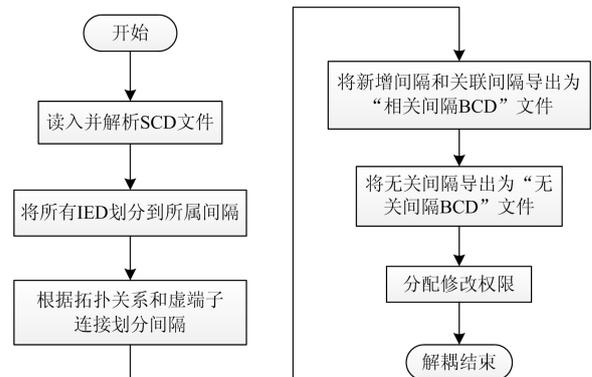


图 1 按相关间隔对 SCD 文件解耦流程

Fig. 1 Flowchart of decoupling SCD file by correlation bays

与文献[12]提出的形成单间隔解耦文件的方案不同，本文方案将 SCD 文件仅解耦为两个 BCD 文件。其中，第一个 BCD 文件包含当前操作所涉及的所有间隔，称为“相关间隔 BCD”文件；第二个 BCD 文件包含所有未涉及的间隔，称“无关间隔 BCD”文件。上述两个 BCD 文件之间完全解耦。

本文解耦方案中, 以实际工作间隔为基础, 形成的相关间隔 BCD 及无关间隔 BCD 可以包含单个间隔或者多个间隔, 简化了 BCD 为文件的一致性管理工作, 更加方便高效。表 1 列出了文献[12]与本文解耦方案的优缺点对比。

表 1 间隔解耦方案的差异比较

Table 1 Differences comparison of interval decoupling schemes

解耦方案	BCD 文件管理	间隔配置修改
文献[12]方案	按变电站实际站间隔划分, 间隔 BCD 文件较多, 文件版本管理繁琐	对于存在关联关系的多个间隔, 进行间隔间配置时, 由于文件是分开的, 需要多次打开、保存多个文件且可能由于人工操作引入失误
本文方案	单次解耦只形成两个间隔 BCD 文件, 易于文件进行版本管理	仅需在相关间隔 BCD 文件中处理即可

### 1.3 SCD 文件解耦的实现

面向间隔的 SCD 物理解耦, 最终目的就是要实现将全站大而全的一个 SCD 文件分解成若干个间隔配置文件, 进行实现 SCD 文件的分间隔配置更改管控。

变电站间隔采用以下划分规则: 主变间隔(含高、中、低三侧及本体)、母线间隔、母联间隔、若干个线路间隔、公共间隔等。每个间隔配置的信息由本间隔内的智能终端、合并单元、保护装置、测控装置等 IED 模型及这些 IED 之间的关联配置信息组成, 如图 2 所示。因此, BCD 文件可视作若干个本间隔内 IED 的 CID 文件集合, 是 SCD 的一个子集。

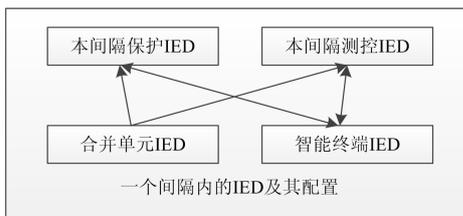


图 2 典型间隔的 IED 组成

Fig. 2 IED in a typical bay

SCD 模型中不同间隔之间存在少数关联配置信息, 主要包括测控五防联闭锁、保护启动失灵等, 这些关联配置信息在 SCD 模型中通过设备之间的 GOOSE 虚端子表达。当增加或修改某一间隔设备配置的模型信息时, 与此间隔关联的其他间隔的配置信息要同步做出相应修改。由于跨间隔配置信息跟一次系统主接线、二次保护配置有关系, 因此可以通过分析 SCD 文件中相关配置得到间隔之间配

置信息的依赖关系。

按间隔对 SCD 文件进行解耦, 主要困难在于如何确定间隔包含的 IED 以及各个间隔之间的关联关系, 而目前集成商在生成 SCD 文件时均没有配置这部分信息。考虑到 SSD 模型包含了一次设备及其连接关系、一次设备与二次设备逻辑节点关联关系的配置信息, 而且按照 IEC61850 标准, SSD 模型最终作为<substation>的内容区段被包含在 SCD 文件中。因此, 解耦过程参考文献[12]的流程, 从 SCD 模型的<substation>节点开始, 遍历所有 IED 配置信息, 自动搜索完成。图 3 是依据 SCD 模型建立的一、二次设备之间的关联关系 UML 图。

以生成相关间隔 BCD 为例, 说明按间隔解耦的实现流程如下。

提取 SCD 文件中的命名空间信息、“Header”节点、“Private”节点、“Substation”写入 BCD 文件; 拷贝 SCD 文件的子网信息至 BCD 文件中, 通过遍历所有访问点, 提取 IEDName 属性, 判断该装置是否包含在当前的间隔 BCD 中, 如果不存在则删除对应的访问点的通信信息; 遍历该间隔 BCD 文件中提取到的装置列表, 从 SCD 文件中提取该装置的 IED 节点, 写入 BCD 文件; 提取 SCD 文件中的“DataTypeTemplates”节点, 并完整写入 BCD 文件中。

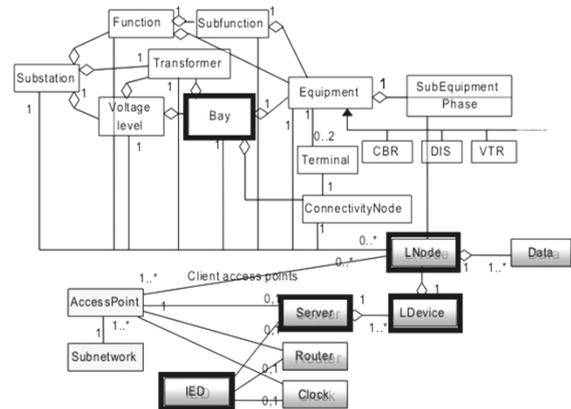


图 3 SCD 模型中一二次设备关联关系的 UML 图

Fig. 3 UML diagram of the relationship between primary and secondary devices in the SCD model

## 2 SCD 与 BCD 文件的管控机制设计

### 2.1 SCD 与 BCD 文件的管控流程

在智能变电站的设计、调试、运检及改扩建等多个环节都存在由于 ICD 模型修改、虚回路变化等导致 SCD 文件修改的可能, 因此 SCD 文件的安全性是智能变电站配置文件管控系统研究的重点。

SCD 文件在设计阶段由设计单位(包括集成商)

负责完成初步设计并提交调试单位现场实施。在改扩建工程实施过程中，由设计院或施工方从版本管理系统中签出 SCD 文件，完成修改调试后再签入管理系统。本文设计的 SCD 文件管控流程及基本功能如图 4 所示。该系统由版本管理服务器配合工具系统组成。版本管理服务器实现权限管理、配置文件版本库、文件解耦、在线校验、可视化比对等功能。工具系统则由系统配置工具、IED 配置工具组成。

以智能变电站改扩建为例说明利用间隔解耦 BCD 文件进行 SCD 文件的修改流程。

(1) 用户提出签出最新 SCD 文件申请，申请提交后进入权限管理模块。权限管理模块用于验证和分配访问版本管理服务器的用户权限。用户权限审批通过后则可以继续访问配置文件版本库，否则提示用户审批不通过结果及原因(图 4 步骤 1、2)。

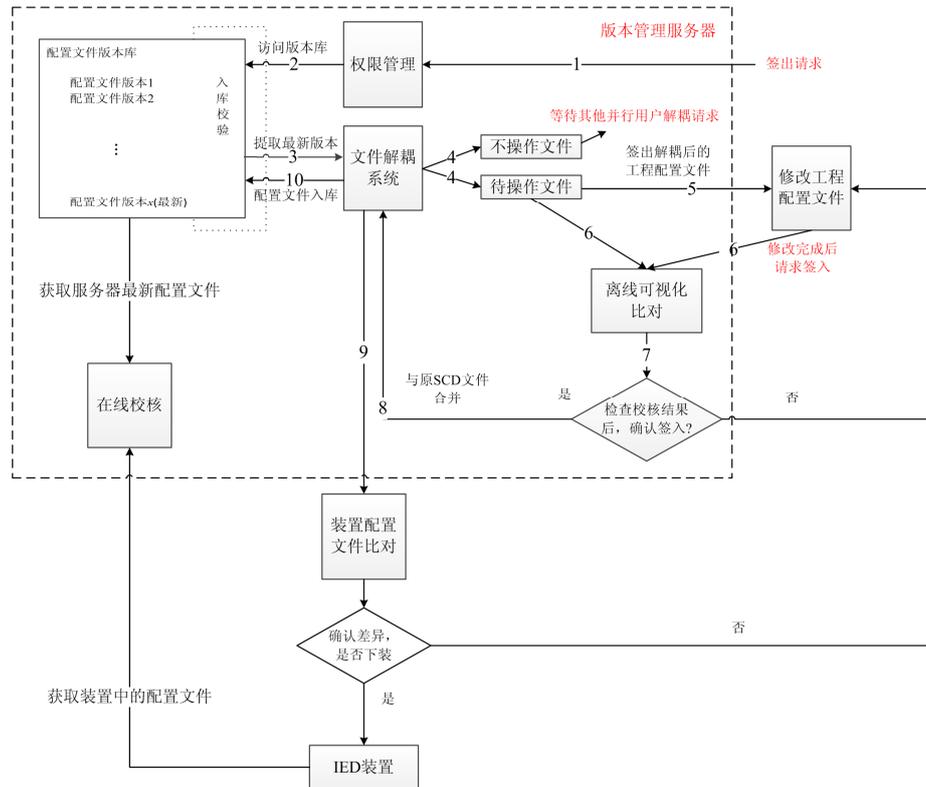


图 4 SCD 文件管控流程

Fig. 4 SCD files management and control process

(2) 配置文件版本库中存储配置文件(SCD 文件及所有 IED 配置文件)各历史版本，并提供浏览、查询、版本追溯等功能。得到用户签出申请后配置文件版本库将库中最新版本 SCD 文件传递给文件解耦系统(图 4 步骤 3)。

(3) 进入文件解耦系统，将 SCD 文件解耦为“相关间隔”BCD 和“无关间隔”BCD 文件。将解耦后的“相关间隔”BCD 文件返回给用户修改，同时“无关间隔”BCD 文件存储于文件解耦系统，并被锁定禁止用户修改(图 4 步骤 4)。

(4) 用户接收到解耦后的相关间隔 BCD 文件后，通过配置工具对该文件进行修改、调试和验证(图 4 步骤 5)。

(5) 相关间隔 BCD 文件调试验证通过后，用户

申请签入修改后的 BCD 文件。版本管理服务器接收到此请求后，提取文件解耦系统中存储的 BCD 文件及解耦前 SCD 与待签入的 BCD 文件进行离线比对并图形化显示差异，提醒用户做出的修改(图 4 步骤 6)。

(6) 用户确认修改内容无误后，将本次解耦产生的“无关间隔”BCD 文件，与用户提交的修改后的“相关间隔”BCD 文件一起送入文件解耦系统进行合并(图 4 步骤 7、8)。

(7) BCD 文件合并后，生成完整的全新 SCD 文件。由工具系统加载全新的 SCD 文件，并导出修改 IED 或新增 IED 的配置文件，系统将给出配置文件的差异比对，用户确认是否下装(图 4 步骤 9)，如果发现存在问题，则选择不下装，则返回图 4 的步骤

5 继续对解耦后的配置文件进行修改。

(8) 待所有 IED 配置均被下装至装置以后, SCD 文件修改完成, 将修改完毕的 SCD 文件及 IED 配置文件上传至配置文件版本库中。进入版本库之前经过入库校验模块的语法、语义校验, 校验通过允许入库并生成新的配置文件版本。其中 SCD 文件及其对应的 IED 配置文件采用统一编配版本号的方式进行管控。配置文件完成版本更新以后, 在线校验模块将根据最新版本的 SCD 文件以及 IED 配置文件对配置信息进行在线校验。

对于同版本 SCD 文件多用户并行处理的说明:

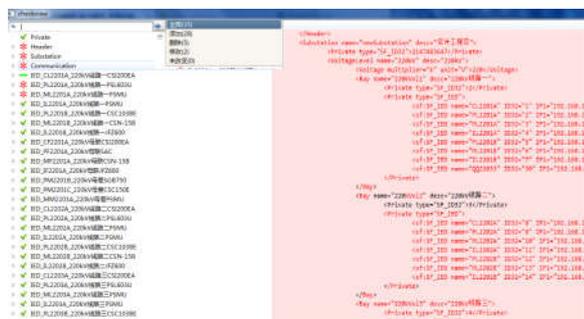
(1) 对于每次文件解耦系统产生的不操作文件(图 4 步骤 5), 可用于其他用户对本变电站的并行处理操作, 也是并行处理的唯一文件源, 因为每次解耦产生的相关间隔 BCD 文件只允许单个用户使用, 并行操作只能在无关间隔文件上解耦裂分。如果多用户发出操作请求, 系统将自动检测请求装置或间隔是否完全在无关间隔文件(未被锁定的文件)中, 如果请求装置或间隔全部在无关间隔中则继续执行签出流程, 否则返回失败信息。

(2) 对于一个用户解耦产生的无关间隔对于其他用户来说可能就是相关间隔, 或其中的一部分是该用户的相关间隔。相关间隔和无关间隔是针对当前用户来说的, 文件本身并无相关间隔和无关间隔属性。

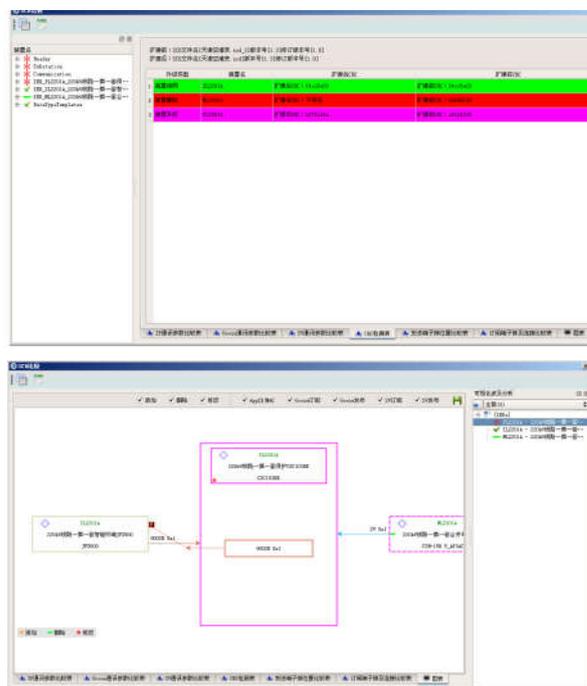
(3) 合并解耦后的文件时, 如果一个间隔文件修改完成后签入文件解耦系统但另外一个间隔正在被其他用户占用, 则系统自动进入等待状态直至另外间隔修改完成并签入系统, 逐级合并修改完成后的间隔文件直至整个 SCD 合并完成。SCD 合并完成后签入版本库中。

## 2.2 文件版本比对可视化技术

由 2.1 节的管控流程可以看出, 整个流程的多个环节需要进行 SCD 或 BCD 文件的对比。目前现有的工具较多的是采用对 SCD 对比结果的文本展示<sup>[18]</sup>, 如图 5(a), 没有进行语义层面的图形化展示。



(a) 文本形式展示



(b) 图形化展示

图 5 SCD 文件对比结果的展示

Fig. 5 Merging BCD files according to the bays

本文开发的系统对 SCD 的差异进行文本展示的同时, 还可以表格和 IED 对外虚端子连接等图形化界面展示, 如图 5(b)所示。图形化展示部分主要包括以下方面: IP 通信参数比较、GOOSE 通信参数比较、SV 通信参数比较、CRC 比较、发送端子排位置比较、订阅端子排位置比较等。

## 2.3 BCD 文件的合并检测

将 SCD 文件解耦为两个 BCD 文件并签出和修改调试完毕后, 需要重新将相关间隔 BCD 与无关间隔 BCD 文件重新合并为 SCD 文件, 然后签入管控系统, 图 6 所示为合并 BCD 文件的流程。

图 6 的合并流程中的关键环节为两个 BCD 文件的合并前的冲突检测, 该环节完成间隔配置信息的完整性检查和冲突检测, 以保证合并操作后生成的 SCD 文件符合 IEC 61850 标准和实际工程要求。

对 BCD 文件合并操作的冲突检测包括以下三个方面。

### (1) Communication 节点检测

Communication 节点的检测流程如图 7 所示。

### (2) IED 节点检测

IED 节点的检测流程如图 8 所示。

### (3) DataTypeTemplates 节点检测

针对 DataTypeTemplates 模板上下级引用的特

殊性，对于下级修改的，上级可能也需要修改。因此，判断顺序为逆序，依次判断：EnumType、DAType、DOType、LNodeType。DataTypeTemplates 节点检测流程如图 9 所示。

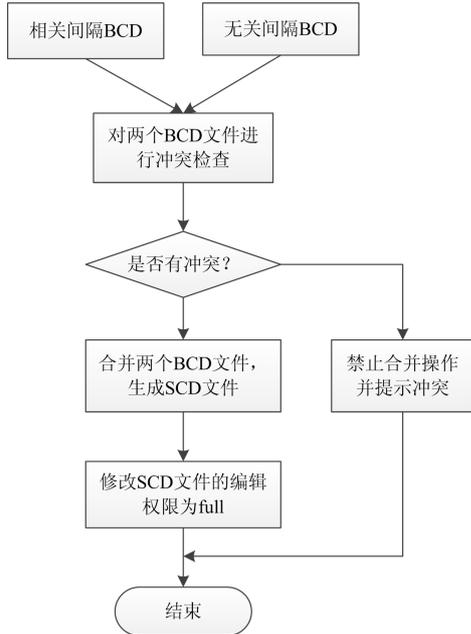


图 6 按间隔合并 BCD 文件流程

Fig. 6 Merging BCD files according to the bays

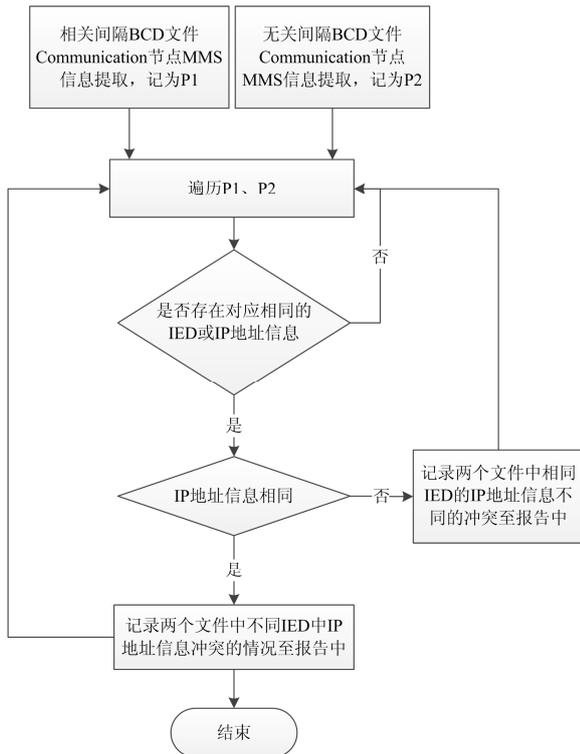


图 7 Communication 节点检测流程

Fig. 7 Communication node detection process

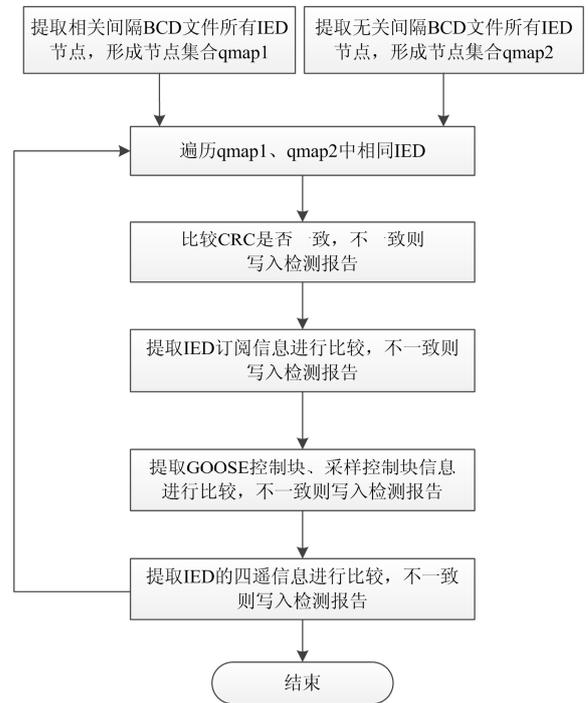


图 8 IED 节点检测流程

Fig. 8 IED node detection process

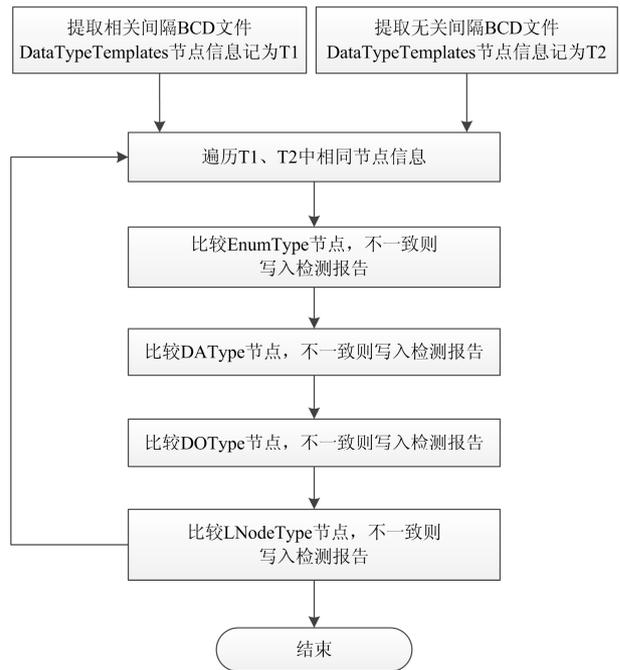


图 9 DataTypeTemplates 节点检测流程

Fig. 9 DataTypeTemplates node detection process

### 3 试点工程实践

本文开发的系统已成功应用于某供电公司 110 kV 广场站变电站、110 kV 文冲口变电站等多个新建和

改扩建的智能变电站工程实践。在试点新建工程中, 通过所开发的 SCD 文件管控系统, 首先对站内设备制造厂商提供的装置 ICD 文件和集成商提交的初始 SCD 文件进行合法性检测, 并依据 SCD 文件进行系统联调。调试过程中采用解耦技术并对 BCD 文件进行管控, 实现了不同间隔并行调试。经过各间隔调试和 BCD 文件的修改、迭代后, 最终提交到管控系统时进行 BCD 文件的合并检测, 检测通过形成最终的 SCD 文件。在改扩建工程中, 施工方从 SCD 文件管控系统中签出的就是解耦后的相关间隔 BCD 文件, 调试通过后直接将 BCD 文件签入 SCD 文件管控系统, 由系统自动完成合并检测和版本管理。

#### 4 结论

为适应智能变电站大规模建设和全生命周期管理的迫切需求<sup>[19-20]</sup>, 提出了一种基于相关间隔解耦技术的智能变电站 SCD 配置文件管控系统设计方案。结合间隔解耦技术与文件版本管理技术, 设计了完整的智能变电站 SCD 配置文件管控流程, 开发了管控系统。采用该管控流程和系统可以完成 SCD 配置文件的全过程管控, 明确展示各阶段 SCD 文件修改带来的影响范围, 降低风险; 通过采用可视化对比技术, 直观展示 SCD 文件的修改变化, 而无需用户深入掌握配置文件结构。

试点工程的应用结果表明, 该管控系统可有效解决目前智能变电站在新建、运行维护和改扩建等环节中 SCD 配置文件管控方面的问题, 提高了 SCD 文件升级、修改的安全性和调试、验收效率, 有效地提升智能变电站技术管理水平。

#### 参考文献

- [1] 高志远, 黄海峰, 徐昊亮, 等. IEC 61850 应用剖析及其发展探讨[J]. 电力系统保护与控制, 2018, 46(1): 162-169.  
GAO Zhiyuan, HUANG Haifeng, XU Haoliang, et al. Discussion on applications of IEC 61850 and its development[J]. Power System Protection and Control, 2018, 46(1): 162-169.
- [2] 徐鹏, 张哲, 丁晓兵, 等. SCD 升级对二次回路影响范围定位的研究[J]. 电力系统保护与控制, 2016, 44(18): 140-144.  
XU Peng, ZHANG Zhe, DING Xiaobing, et al. Research on positioning the influence scope in secondary circuit by upgrading SCD[J]. Power System Protection and Control, 2016, 44(18): 140-144.
- [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.  
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.
- [4] 马杰, 李磊, 黄德斌, 等. 智能变电站二次系统全过程管控平台研究与实践[J]. 电力系统保护与控制, 2013, 41(2): 67-72.  
MA Jie, LI Lei, HUANG Debin, et al. Research and practice on the whole process management platform of the secondary system in smart substation[J]. Power System Protection and Control, 2013, 41(2): 67-72.
- [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): 3328-3332.  
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): 3328-3332.
- [6] 黄志高, 李妍, 李腾, 等. 智能变电站 SCD 文件虚回路自动生成技术的设计和实现[J]. 电力系统保护与控制, 2017, 45(17): 106-111.  
HUANG Zhigao, LI Yan, LI Teng, et al. Design and implementation of automatic generation technology of SCD file virtual circuit in smart substation[J]. Power System Protection and Control, 2017, 45(17): 106-111.
- [7] 刘俊红, 邓兆云, 李泽科, 等. 基于即插即用的智能变电站信息自动校核技术[J]. 电力系统保护与控制, 2018, 46(2): 137-143.  
LIU Junhong, DENG Zhaoyun, LI Zeke, et al. Automatic information verification technology of smart substation based plug and play[J]. Power System Protection and Control, 2018, 46(2): 137-143.
- [8] 熊华强, 万勇, 桂小智, 等. 智能变电站 SCD 文件可视化管理和分析决策系统的设计与实现[J]. 电力自动化设备, 2015, 35(5): 166-171.  
XIONG Huaqiang, WAN Yong, GUI Xiaozhi, et al. Design and implementation of visual management and analytical decision system for smart substation SCD files[J]. Electric Power Automation Equipment, 2015, 35(5): 166-171.
- [9] 王轩, 杨文丽, 汪凤月, 等. 智能变电站中 SCD 管控系统的研究[J]. 电网与清洁能源, 2017, 33(2): 68-74.  
WANG Xuan, YANG Wenli, WANG Fengyue, et al. Research on SCD management and control system in smart substation[J]. Power System and Clean Energy, 2017, 33(2): 68-74.

[10] 梅德冬, 周斌, 黄树帮, 等. 基于 IEC 61850 第二版变电站配置描述的集成配置解耦[J]. 电力系统自动化, 2016, 40(11): 132-136.  
MEI Dedong, ZHOU Bin, HUANG Shubang, et al. Decoupling integrated configuration of substation configuration description based on IEC 61850 edition 2.0[J]. Automation of Electric Power Systems, 2016, 40(11): 132-136.

[11] 邹振宇, 孙中尉, 修黎明, 等. 智能变电站信息模型组态解耦技术研究[J]. 中国电力, 2018, 51(1): 78-82.  
ZOU Zhenyu, SUN Zhongwei, XIU Liming, et al. The research of decoupling technology used to smart substation model configuration[J]. Electric Power, 2018, 51(1): 78-82.

[12] 黄树帮, 倪益民, 张海东, 等. 智能变电站配置描述模型多维度信息断面解耦技术[J]. 电力系统自动化, 2016, 40(22): 15-21.  
HUANG Shubang, NI Yimin, ZHANG Haidong, et al. Multi-dimensional information section decoupling technology of substation configuration description model for smart substations[J]. Automation of Electric Power Systems, 2016, 40(22): 15-21.

[13] 张海东, 黄树帮, 杨青, 等. 面向扩建场景的变电站配置描述模型间隔解耦技术探讨[J]. 电力系统自动化, 2017, 41(10): 129-134.  
ZHANG Haidong, HUANG Shubang, YANG Qing, et al. Discussion on technology of substation configuration description model bay decoupling for expansion project of smart substation[J]. Automation of Electric Power Systems, 2017, 41(10): 129-134.

[14] 孙一民, 刘宏君, 姜健宁, 等. 智能变电站 SCD 文件管控策略完备性分析[J]. 电力系统自动化, 2014, 38(16): 105-109.  
SUN Yimin, LIU Hongjun, JIANG Jianning, et al. Analysis on completeness of substation configuration description file control strategy for smart substation[J]. Automation of Electric Power Systems, 2014, 38(16): 105-109.

[15] 郑文彬, 王瑞彪. 基于控制虚端子修改的智能变电站 SCD 版本权限管理技术[J]. 智能电网, 2015, 3(9): 792-796.  
ZHENG Wenbin, WANG Ruibiao. Authority management technique of SCD version of smart substation based on the control of virtual terminal modification[J]. Smart Grid, 2015, 3(9): 792-796.

[16] 邓洁清, 车勇, 单强, 等. 基于标准中间过程文件的 SCD 版本比对的优化研究[J]. 电力系统保护与控制, 2016, 44(14): 95-99.  
DENG Jieqing, CHE Yong, SHAN Qiang, et al. Optimal research of SCD version comparison based on the standard middle process files[J]. Power System Protection and Control, 2016, 44(14): 95-99.

[17] 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.  
GAO Lei. Research and implementation of comparison tool for IEC61850 SCL configuration file[J]. Automation of Electric Power Systems, 2013, 37(20): 88-91.

[18] 王艳清, 王云维. 监控文本文件内容变化的文本比较算法[J]. 计算机应用, 2010, 30(增刊 1): 133-134.  
WANG Yanqing, WANG Yunwei. Text comparison algorithm for detecting content change in text files[J]. Journal of Computer Applications, 2010, 30(S1): 133-134.

[19] 黄晓莉, 李振杰, 张韬, 等. 新形势下能源发展需求与智能电网建设[J]. 中国电力, 2017, 50(9): 25-30.  
HUANG Xiaoli, LI Zhenjie, ZHANG Tao, et al. Needs for energy development and smart grid construction under the new situation[J]. Electric Power, 2017, 50(9): 25-30.

[20] 贺晓, 李俊, 陈洁羽, 等. 智能变电站配置文件管控系统建设方案研究[J]. 智慧电力, 2017, 45(8): 75-81.  
HE Xiao, LI Jun, CHEN Jieyu, et al. Study on the construction scheme of configuration file management and control system for intelligent substation[J]. Smart Power, 2017, 45(8): 75-81.

收稿日期: 2018-07-11; 修回日期: 2018-09-28

作者简介:

王光亮(1988—), 男, 硕士, 工程师, 研究方向为电力系统及其自动化;

陈文(1988—), 男, 本科, 工程师, 研究方向为电力系统及其自动化;

唐明帅(1988—), 男, 硕士, 工程师, 研究方向为电力系统及其自动化。

(编辑 张爱琴)