

DOI: 10.7667/PSPC162128

## 基于全景模型文件的智能标签的优化研究

陈剑<sup>1</sup>, 张洁华<sup>1</sup>, 李鹏<sup>2</sup>, 曹卫国<sup>2</sup>, 张国辉<sup>2</sup>, 沈凉平<sup>3</sup>, 熊静<sup>3</sup>

(1. 国网江苏省电力公司生产技能培训中心, 江苏 苏州 215000;

2. 南京五采智电电力科技有限公司, 江苏 南京 211106; 3. 湖北大学, 湖北 武汉 430062)

**摘要:** 当前智能变电站中智能标签技术采用扫描光缆上的智能标签可视化展示实回路和虚回路的连接关系, 采用私有数据库作为智能标签可视化应用的数据源。从两个方面做了优化, 在智能标签数据源方面, 采用全景模型文件的数据源, 取代了私有的数据库格式; 在标签生成配置流程方面, 采用轻量级全景模型配置工具, 取代了二次系统设计软件配置物理信息流和SCD文件的模式。全景模型文件包括实回路模型文件和虚回路模型文件, 通过两个模型文件中的物理端口实现“虚实对应”和虚实映射。采用优化后的技术, 有利于二次系统设计软件产物的互换互通, 有利于智能标签数据处理的标准化和统一化, 节省了智能标签的制作时间。

**关键词:** 智能变电站; 智能标签; 实回路模型文件; 虚回路模型文件; 全景模型文件

### Research on optimization of smart labels based on panoramic model files

CHEN Jian<sup>1</sup>, ZHANG Jiehua<sup>1</sup>, LI Peng<sup>2</sup>, CAO Weigu<sup>2</sup>, ZHANG Guohui<sup>2</sup>, SHEN Liangping<sup>3</sup>, XIONG Jing<sup>3</sup>

(1. State Grid Jiangsu Electric Power Company Technician Training Center, Suzhou 215000, China;

2. Five-C Smart Power Grid Technology Co., Ltd., Nanjing 211106, China; 3. Hubei University, Wuhan 430062, China)

**Abstract:** The smart label technology in intelligent substation adopts the smart label on the scanning cable to visualize the connection between the real circuit and the virtual circuit, and adopts the private database as the data source of the intelligent label visualization application. Two aspects are optimized. In the aspect of smart label data source, the data source of the panoramic model file is used instead of the private database format. In the label generation configuration process, the light panorama model configuration tool is used instead of the secondary system design, i.e. the software configures the mode of physical information flow and SCD files. The panoramic model file includes the real loop model file and the virtual loop model file. The physical port in the two model files realizes the "virtual reality correspondence" and the virtual reality mapping. Using optimized technology is conducive to the secondary system design software product exchange interoperability; intelligent tag data processing is conducive to the standardization and uniform, saving the smart tag production time.

**Key words:** smart substation; smart label; real circuit model file; virtual circuit model file; panoramic model file

## 0 引言

相比传统变电站, 智能变电站二次回路原理的设计实现了数字化<sup>[1]</sup>, 其原理设计改为光缆联系图和变电站配置描述SCD(Substation Configuration Description)文件表达。智能标签技术<sup>[2-3]</sup>在变电站中的应用使得SCD中的逻辑回路<sup>[4-5]</sup>信息和物理回路连接关系查找简单快捷, 现有的智能变电站中智能标签技术采用私有数据库作为智能标签可视化<sup>[6-10]</sup>应用的数据源, 私有数据库数据源作为智能标签唯一解析源。现有的智能标签设计软件包括设备对象、

逻辑子网、屏柜连接、线缆管理、信息逻辑和虚拟连接关系, 生成产物过多间接影响到跳合闸、采样等关键的连接关系<sup>[11-12]</sup>的正确性。在智能标签配置过程中创建设备信息不够统一需要反复进行修改, 手动关联信息逻辑和屏柜连线过程中需要翻阅大量的信息流图和光缆联系图来确定每根光纤的用途, ODF的光纤没有被定义而是无序地自动生成, 需要设计师对物理回路和逻辑回路很精通同时也会消耗大量的时间。变电站的运维、检修、改造和扩建过程中需要确保链路信息的准确性, 希望通过准确快捷的配置软件来进行智能标签的配置工作。

本文针对上述问题提出了一种基于全景模型文件的智能标签优化方案, 并通过全景模型文件作为数据源的方式提高数据库的通用性, 轻型全景模型配置工具简化智能标签配置流程。极大提高了智能变电站调试、运检和改扩建的效率及正确性, 准确实现了过程层物理回路和逻辑回路的“虚实对应”<sup>[13-15]</sup>。

## 1 智能标签数据源优化

### 1.1 数据库数据源

现有的智能变电站光缆标签系统分为生成模块软件和解析模块软件两个部分。生成模块运行在 PC 机侧, 生成模块具有二次系统设计功能、标签数据库生成功能和标签打印功能(由第三方打印软件实现), 设计单位使用智能变电站二次系统设计软件功能完成变电站物理连接和虚回路设计工作, 并生成全站设计图纸资料(包括光缆联系图、虚端子图、全站 SCD 文件等), 生成的设计资料均存储在数据库中。一方面使用标签数据生成功能从数据库中获取变电站物理配置信息和虚回路配置信息, 整理成后期打印标签和解析标签所需要的数据格式, 生成标签文件, 包括光缆标签, 尾缆光纤、纤芯标签,

光配口标签 3 个文件; 另一方面把数据库文件转换成手持终端便于加载和识别的 sqlite 标签数据库文件, 在数据库中存储光缆物理回路连接信息和虚回路信息。

相比有些智能变电站光纤光缆仍然沿用电缆号牌或采用常规标签, 仅描述了光缆的起点、终点位置和光缆编号, 所能描述的信息较为单一, 运维人员在消缺、校验、技改或排查故障时, 往往需要交替查阅 SCD 文件和光缆联系图。现有的智能变电站光缆标签系统在变电站中的使用不仅解决了光缆信息数字化存储, 而且解决了智能标签二维码信息“即扫即看”图形化展示物理回路连接信息和虚回路信息。

但是现有的智能变电站光缆标签系统也存在一些小的问题, 标签数据库生成功能把二次系统设计软件功能生成的数据库文件转换成手持终端易于解析的 sqlite 标签数据库文件, sqlite 数据库文件作为手持终端的私有数据源, 不可移植到其他移动终端中, 兼容性和可扩展性较差, 不便于后期的维护和升级, 如表 1 所示。

表 1 数据库文件的兼容性与扩展性对比信息

Table 1 Database file compatibility and scalability comparison information

数据库文件对比信息		sqlite 数据库文件	全景模型数据库文件
兼容性	其他厂家 移动终端设备	不能兼容其他厂家设备	能兼容其他厂家设备
	其他厂家 设计软件	不能与其他厂家设计软件交互	能与其他厂家设计软件交互
扩展性	SCD 文件变动	需要在二次系统设计软件中关联物理回路与逻辑回路	只需要在全景模型软件中再次加载变动后的 SCD 文件
	后期运维消缺 光口变动	需要在二次设计软件中添加设备的物理端口, 在进行物理连线, 手动配置 SCD 文件与物理端口的对应关系	需要在全景模型软件中进行物理端口连线, 软件自动配置 SCD 文件与物理端口的对应关系
	后期运维技改 更换二次设备	需要在二次系统设计软件中进行物理端口连线, 手动配置 SCD 文件与物理端口的对应关系	不需要变动
	后期变电站 改、扩建	需要在二次系统设计软件中添加物理端口、ICD 模型文件和逻辑子网; 构建虚拟连接、信息逻辑和屏柜连接; 整理线缆管理中的 ODF 光口顺序。手动配置 SCD 文件与物理端口的对应关系	需要在全景模型软件中添加设备的物理模型文件, 进行物理端口连线, 导入 SCD 文件自动配置与物理端口的对应关系

### 1.2 全景模型文件数据源

基于全景模型文件的智能标签设计软件分为全景模型文件生成模块和全景模型文件解析模块两个部分: 全景模型文件生成模块安装在 PC 机侧, 独立运行只用来加载实回路模型文件(SCD 文件)和虚回路模型文件(SPCD 文件)自动配置物理端口实现“虚实对应”和虚实映射, 生成全景模型文件数据库和标签文件, 全景模型文件生成模块的设计减少了因为设计师水平等因素造成的物理端口实现

“虚实对应”和虚实映射错乱等问题。全景模型文件的建立基于实回路模型文件和虚回路模型文件两个文件, 虚回路模型文件的建立已有现有的标准和规范, 方便设计师使用; 实回路模型文件的建立目前尚无统一规范, 可以参考借鉴虚回路模型文件的标准和规范。

全景模型文件的构建参考《Q/GDW 1396-2012 工程继电保护应用模型》<sup>[16]</sup>, 智能变电站二次系统全景模型文件的总体思路是: 设备厂商设计师通过

配置工具配置装置物理端口自描述(IPCD)文件,对IED设备中的装置板卡和物理端口进行描述;设计单位将IPCD文件实例化成屏柜模型,再设计屏柜间的光缆连接和装置间的光纤连接,完成全站物理回路配置(SPCD)文件设计;设计单位可同步通过装置能力自描述(ICD)文件完成全站的SCD文件设计。

基于全景模型文件数据源的配置过程是通过将SCD文件和SPCD文件导入全景模型工具来实现智能标签虚实一体化设计,可以通过移动终端设备扫描光缆上的智能标签二维码图示化展示物理回路和逻辑回路对应的信息流,清晰展现物理回路和逻辑回路的对应关系,提升智能变电站智能标签设计效率和准确性,丰富工程现场调试方法,提高施工效率和便利性。全景模型文件数据源相比sqlite数据源具有很好的兼容性和扩展性,如表1所示。

## 2 智能标签生成配置流程优化

### 2.1 现有智能标签设计软件生成配置流程

现有的智能标签配置软件将智能变电站的二次系统建模和设计成果展现分离。采用独立的配置模块,供设计师完成站内二次系统建模,物理模型信息包括站内小室、场地,室内、外屏柜,柜内装置,装置上板卡及端口信息;通过装置间信息逻辑

原理回路和端口连接配置操作,自动识别屏柜连接关系,支持手动修改屏柜转接功能,在此基础上实现站内光缆、尾缆和跳纤的自动分配;应用IEC61850标准,实现ICD文件绑定、虚端子连接配置、地址分配、全站SCD文件的导出和导入功能;提供完善的工程数据库管理、设备模板库管理和移动终端智能标签数据库等功能。设计成果展现以AutoCAD为依托,支持在AutoCAD2007-2013版本上自动绘制站内信息原理图、光缆联系图、虚端子图等图纸信息;以Excel为依托,支持自动生成光缆联系表、虚端子表、光缆清册和智能便签等统计表格信息。

二次系统设计软件生成配置流程,如图1所示,设计单位完成施工图设计后,在工厂联调阶段,调试单位根据设备物理建模,信息逻辑配置和虚端子配置导出的组网图、虚端子图和SCD文件完成调试工作;在现场施工阶段,调试单位使用修改后的上述图纸进行现场联调,施工单位根据屏柜连接配置和光缆连接配置导出的光缆联系图和光缆清册完成现场安装,依据修改后的图纸生成全站光纤智能标签数据库,完成全站智能标签的铺设方便现场做整体传动试验和光纤回路问题查找;在工程竣工阶段,根据施工反馈意见修改图纸,导出全部图纸资料、SCD文件和智能标签数据库文件,供运行和基建部门归档使用。

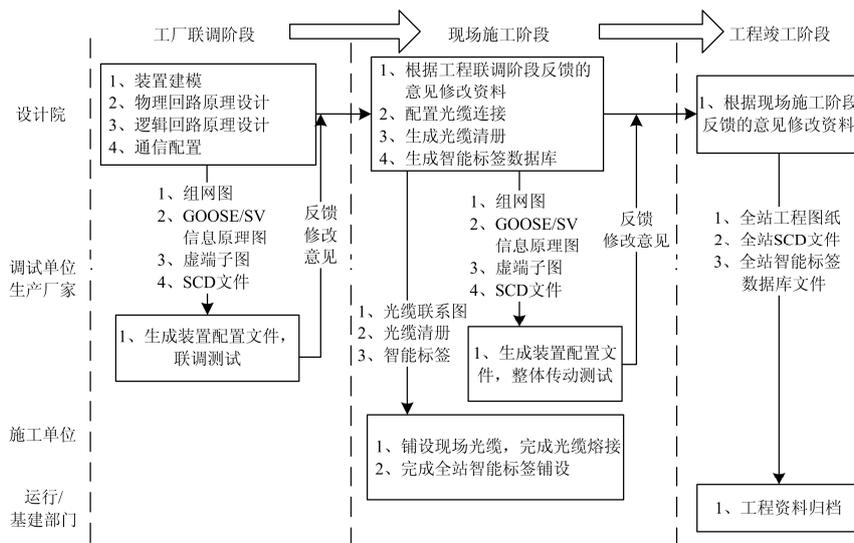


图1 现有智能标签设计软件生成配置流程

Fig. 1 Generation configuration flow of existing smart label design software

现有的二次系统设计软件,具有生成全站工程图纸、全站SCD文件和全站智能标签数据库文件等功能,功能强大应用面比较广。设计师使用二次系统设计软件依据设计院光缆联系图、信息流图和厂

家背板图设计变电站智能标签数据库,但在设计智能标签中创建设备信息不够统一需要反复进行修改、手动关联信息逻辑和屏柜连线过程中需要翻阅大量的信息流图和光缆联系图来确定每根光纤的用

途、ODF 的光纤没有被定义而是无序地自动生成, 此方法需要设计师对物理回路和逻辑回路很精通同时也会消耗大量的时间, 对检修、运维构成隐患。

## 2.2 基于全景模型文件的智能标签配置优化

基于全景模型文件的配置包括了物理回路模型文件和逻辑回路模型文件两个部分, 物理回路模型文件方面, 提出了两个文件, 包括智能装置硬件配置描述文件 IPCD(IED Physical Configuration Description)和变电站物理回路配置文件 SPCD(Substation Physical Configuration Description)。物理回路通过装置硬件配置描述文件和物理回路配置文件的形式, 将装置的背板、端口等配置, 全站的物理回路连接关系进行完整的文件描述; 逻辑回路模型文件方面, 设备厂商通过 IED 配置工具生成 ICD 文件, 设计师收集 ICD 文件后由系统配置工具配置产生 SCD 文件, 通过 SCD 文件即可以展示全站二次设备的通信参数及虚拟连线关系。

### 2.2.1 轻型全景模型整体设计流程

基于轻型全景模型软件的全景模型文件和智能标签生成配置流程, 如图 2 所示。

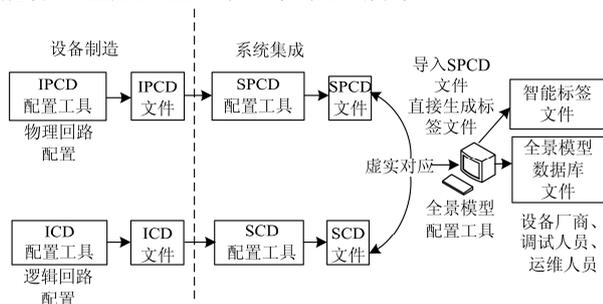


图 2 轻型全景模型软件生成配置流程

Fig. 2 Generation configuration flow of light panorama model software

1) 智能变电站二次系统逻辑回路配置过程, 设计师收集 ICD 文件后由系统配置工具配置产生 SCD 文件;

2) 智能变电站二次系统物理回路配置过程, 设计师收集各设备厂家提供描述物理端口的 IPCD 文件, 并通过全景模型配置工具进行光缆连接后形成描述物理端口和回路的 SPCD 文件;

3) 基于轻型全景模型软件的智能标签配置简化了配置流程, 从现有的二次系统设计软件生成配置流程需要配置物理信息流和 SCD 文件的模式, 演变成只需要配置 SPCD 文件即可生成智能变电站所需要的光纤标签文件, 通过第三方软件打印生成带有 QR Code 的光纤标签, 全景模型文件提供了扫描二维码图形可视化应用的数据源;

4) 在 PC 端安装全景模型文件生成配置软件, 导入 SCD 文件和 SPCD 文件, 解析 SPCD 文件可以获得纤芯和跳纤的物理回路, 解析 SCD 文件可以获得逻辑回路, “虚实对应”映射完成, 生成全景模型数据库文件。

### 2.2.2 轻型全景模型软件设计

#### 1) SPCD 文件生成模块软件架构

SPCD 文件生成软件, 采用跨平台语言 Qt 实现软件平台, 加上物理回路模型文件和变电站物理对象的层级关系, 方便设计师添加、修改和删除操作, 确定无误后输出 SPCD 文件。

#### 2) SPCD 文件生成模块软件实现

如图 3 所示, 为 SPCD 文件生成软件设计结构图。



图 3 SPCD 文件生成软件设计结构图

Fig. 3 Structure diagram of SPCD file generation software design

设计师通过导入 IPCD 文件到 SPCD 文件生成模块中, 设计师根据智能变电站层级构建关系, 在生成模块软件中构建与之对应的小室、屏柜、设备、板卡、端口和光纤, 完成实回路光纤连接配置, 设计师也可以重新对光口进行添加、修改和删除等操作, 所有信息配置完成后生成厂站级的 SPCD 文件。

#### 3) 全景模型文件生成模块软件架构

全景模型文件生成软件, 采用跨平台语言 Qt 实现软件平台, 独立运行只用来加载实回路模型文件(SCD 文件)和虚回路模型文件(SPCD 文件)自动配置物理端口实现“虚实对应”和虚实映射, 生成全景模型文件数据库和生成标签文件。

#### 4) 全景模型文件生成模块软件实现

如图 4 所示, 为全景模型文件生成软件设计结构图。



图 4 全景模型文件生成软件设计结构图

Fig. 4 Structure diagram of panoramic model file generation software design

设计师通过导入 SCD 文件和 SPCD 文件到全景模型生成模块中, 程序根据设定自动识别方式运行: 一方面自动搜索 SCD 文件中的 Inputs 容器中存储所有虚回路的接收连线关系; 另一方面自动搜索 SPCD 文件中设备物理端口拓扑关系, 自动完成物理端口实现“虚实对应”和虚实映射, 生成全景模

型文件数据库和标签文件(只生成标签文件不需要导入 SCD 文件)。

### 2.2.3 智能标签生成技术

基于轻型全景模型软件的智能标签配置简化了配置流程,从现有的二次系统设计软件生成配置流程需要配置物理信息流和 SCD 文件的模式,演变成只需要配置 SPCD 文件即可生成智能变电站所需要的光纤标签文件,通过第三方软件打印生成带有 QR Code 的光纤标签,全景模型文件提供了扫描二维码图形可视化应用的数据源。

基于全景模型生成模块的智能标签整体生成技术流程图,如图 5 所示。

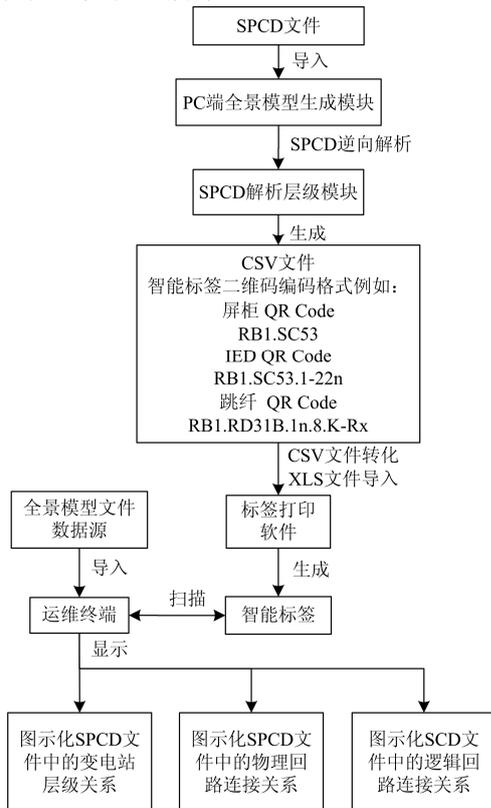


图 5 基于全景模型生成模块的智能标签整体生成技术流程图

Fig. 5 Flow chart of intelligent label generation technology based on panorama model generation module

1) 物理对象建模技术规则。设备厂家提供的 IPCD 文件应包括设备物理端口信息,含端口数量、端口类型和插头类型,物理端口既包括过程层端口,也包括站控层端口和对时端口。全站 SPCD 文件除应该包括 IPCD 文件中的内容外,还应该包括继保小室、屏柜、设备(装置、光配、交换机等)、实回路连线、光缆型号及编号。在 SPCD 的配置中,设计师需要完成变电站设备层级关系的建立,包括创

建继保小室、屏柜和设备;选择各自设备的 IPCD 文件,获取各种设备的各种物理端口;根据实际物理路径,连接不同设备间、不同屏柜间、不同小室间的物理连线;描述各个物理路径的信息方向;所有连接完成后,形成 SPCD 文件。为了方便后续与 SCD 文件更好的兼容,SPCD 文件也将采用 XML 语言进行扩展定义,每个物理对象有自己的元素和属性。

2) 智能标签编码技术规则。编码技术依据变电站物理对象的层级关系进行定义,名称与名称之间采用“.”作为分隔符,例如屏柜标签二维码“RB1.SC53”、IED 标签二维码“RB1.SC53.1-22n”、跳纤标签二维码“RB1.RD31B.1n.8.K-Rx”。

3) 智能标签编码生成技术规则。通过在 PC 端的智能标签软件中导入厂站级的 SPCD 文件,解析 SPCD 文件层级关系、物理端口、实回路、光缆信息,生成智能标签产物 CSV 文件,CSV 文件中含有二维码信息如“RB1.RD31B.1n.8.K-Rx”。

4) 以智能标签编码为入口的可视化技术规则。使用运维终端扫描智能标签,如跳纤标签“RB1.RD31B.1n.8.K-Rx”,获取和定位智能标签入口路径,查询智能标签数据库,以图形化方式展示包括发送侧端口信息、接收侧端口信息以及涵盖一个完整信息流的物理回路。

基于轻型全景模型软件的智能变电站标签的生成配置得到简化,只需要把 SPCD 文件导入全景模型生成软件中,程序会自动解析 SPCD 的层级关系,形成物理设备端口间的拓扑关系,依据自有的标签编码生成技术,生成包括:屏柜标签文件、设备标签文件、光缆标签文件、尾缆标签文件、跳纤标签文件和纤芯标签文件,PC 端安装第三方标签打印软件,打印所需要的智能标签。在运维终端安装全景模型文件解析模块软件,将生成的全景模型文件数据源导入到运维终端全景模型文件解析模块软件中,运维人员通过扫描光纤上的智能标签二维码,运维终端上即可。图示化展示 SPCD 文件中的变电站层级关系、图示化展示 SPCD 文件中的物理回路连接关系、图示化展示 SCD 文件中的逻辑回路连接关系。基于全景模型文件的智能标签生成配置流程有利于: 1) 智能标签生成技术按照物理对象层次定义,层次清晰,易于定位和理解; 2) 智能标签生成技术与物理模型紧密相关,利于后期的数据库查询和实回路展示; 3) 在虚回路变化情况,智能标签编码保持稳定,不需更换。

### 3 工程实例

#### 3.1 江苏省电力公司生产技能培训中心应用

基于全景模型文件的智能标签研究成果在江苏省电力公司生产技能培训中心得到了示范应用。

在设计阶段, 首先配置工程内的物理信息模型, 包括中标设备的型号、板卡和端口信息、组屏信息等, 其次进行虚端子回路配置, 配置工程所需的虚端子回路信息, 最后自动将端口信息与光缆纤芯信息进行“虚实对应”, 上述文件随同其他设计资料一同交付给调试和运维单位。江苏省电力公司生产技能培训中心部分智能标签, 如图 6 所示。



图 6 江苏省电力公司生产技能培训中心部分智能标签

Fig. 6 Part of the smart label of Jiangsu electric power company production skills training center

#### 3.2 江苏省电力公司生产技能培训中心应用效果

引入智能标签“全景模型文件”的方式, 不需要人工方式核对阶段, 直接提供给客户完整的“虚实对应”关系, 并且由软件非人工的方式描述纤芯作用, 完全可以保证零差错率。通过在江苏省电力公司培训中心应用表明, 使用智能标签能够大大地提高过程层光缆的运维效率, 减少光缆维护的差错率。

### 4 结论

本文给出一种基于全景模型文件的智能标签优化方法, 该方法通过对现有智能变电站二次系统设计软件的智能标签生成模块展开分析, 以基于全景模型文件的智能标签生成模块作为比较对象, 获得现有智能标签采用私有数据库作为可视化数据源的弊端, 二次系统设计软件配置物理信息流和 SCD 文件模式的弊端, 从而对智能标签数据源和标签生成配置流程两个方面进行优化。

在智能标签数据源方面, 开发了基于全景模型文件的数据库生成工具, 基于全景模型文件的数据源可以移植到其他厂家的移动终端上, 并证明能进行智能标签二维码扫描工作; 在标签生成配置流程方面, 开发了基于全景模型文件的标签生成配置工具, 简化标签配置流程减少生成产物。通过在江苏省电力公司培训中心实际工程中应用证明, 本文提出的优化方法在保证生成产物互换互通的同时又能保证物理回路与逻辑回路“虚实对应”的正确率, 极大提高了智能变电站调试、运检和改扩建的效率及正确性。

#### 参考文献

- [1] BO Zhiqian, LIN Xiangning, WANG Qingping, et al. Developments of power system protection and control[J]. Protection and Control of Modern Power Systems, 2016, 1(1): 1-8. DOI 10.1186/s41601-016-0012-2.
- [2] 高磊, 刘珂, 袁宇波, 等. 基于二维码的智能变电站光缆标签系统设计和实现[J]. 电力自动化设备, 2015, 35(10): 169-173.  
GAO Lei, LIU Yu, YUAN Yubo, et al. Design and implementation of optical cable system based on QRcode for smart substation[J]. Electric Power Automation Equipment, 2015, 35(10): 169-173.
- [3] 秦国强, 段振坤, 任俊, 等. 一种面向智能变电站过程层光缆的智能标签技术研究[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(21): 143-147.  
QIN Guoqiang, DUAN Zhenkun, REN Jun, et al. Research on a kind of smart tag's technology with smart substation process fiber[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(21): 143-147.
- [4] 邹晓玉, 王浩, 吴晓博. IEC 61850 标准中 SCL 语言的几个实践应用问题探讨[J]. 电力系统自动化, 2006, 30(15): 77-80.  
ZOU Xiaoyu, WANG Hao, WU Xiaobo. Discussion on practical issues of substation configuration language in IEC 61850 standards[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(15): 77-80.
- [5] 曹楠, 王芝茗, 李刚, 等. 智能变电站二次系统动态重构初探[J]. 电力系统自动化, 2014, 21(5): 113-121.  
CAO Nan, WANG Zhiming, LI Gang, et al. Study on dynamic reconfiguration in secondary system of intelligent substation[J]. Automation of Electric Power Systems, 2014, 21(5): 113-121.
- [6] 秦红霞, 武芳瑛, 彭世宽, 等. 智能电网二次设备运维新技术研讨[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(22): 35-40.  
QIN Hongxia, WU Fangying, PENG Shikuan, et al. New

technology research on secondary equipment operation maintenance for smart grid[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(22): 35-40.

[7] 张巧霞, 贾华伟, 叶海明, 等. 智能变电站虚拟二次回路监视方案设计及应用[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(10): 123-128.  
ZHANG Qiaoxia, JIA Huawei, YE Haiming, et al. Design and application of virtual secondary circuit monitoring in smart substation[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(10): 123-128.

[8] 蔡骥然, 郑永康, 周振宁, 等. 智能变电站二次设备状态检测研究综述[J]. 电力系统保护与控制, 2016, 44(6): 148-154.  
CAI Jiran, ZHENG Yongkang, ZHOU Zhenning, et al. A survey of research on secondary device condition monitoring in smart substation[J]. Power System Protection and Control, 2016, 44(6): 148-154.

[9] 陈德辉, 杨志宏, 高翔. 基于 IEC61850 的继电保护功能时序可视化研究与实现[J]. 电力系统保护与控制, 2016, 44(22): 182-186.  
CHEN Dehui, YANG Zhihong, GAO Xiang. Research and implementation on function sequence visualization of relay protection based on IEC61850[J]. Power System Protection and Control, 2016, 44(22): 182-186.

[10] 梅德冬, 樊瑞, 周斌. IEC61850 模型信息的规则表达与校验研究[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(3): 131-136.  
MEI Dedong, FAN Rui, ZHOU Bin. Research on regular expressions and check of IEC61850 model information[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(3): 131-136.

[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.  
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.

[12] 陈盼, 林传伟, 汤惠芳, 等. 基于关键字符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 Huifang, 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.

[13] 智能变电站技术导则: Q/GDW 383—2009[S]. 北京: 国家电网公司, 2009.

[14] 张巧霞, 贾华伟, 叶海明, 等. 智能变电站虚拟二次回路监视设计方案及应用[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(10): 123-128.  
ZHANG Qiaoxia, JIA Huawei, YE Haiming, et al. Design and application of virtual secondary circuit monitoring in smart substation[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(10): 123-128.

[15] 杨毅, 高翔, 朱海兵, 等. 智能变电站 SCD 应用模型实例化研究[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(22): 107-113.  
YANG Yi, GAO Xiang, ZHU Haibing, et al. Case study on SCD application based on demo smart substation[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(22): 107-113.

[16] Communication networks and systems for power utility automation: part 6 configuration description language for communication in electrical substations related to IEDs: IEC 61850—6[S]. Geneva, Switzerland: International Electrotechnical Commission, 2009.

收稿日期: 2016-12-30; 修回日期: 2017-03-06

作者简介:

陈 剑(1972—), 女, 本科, 工程师, 从事电力系统继电保护试验研究工作;

张洁华(1990—), 女, 硕士, 培训师, 从事电力系统继电保护培训工作;

张国辉(1989—), 男, 通信作者, 大专, 工程师, 从事电力系统继电智能变电站智能设备研究工作。Email: zhanggh1989215@163.com

(编辑 姜新丽)