

# 一种面向智能变电站过程层光缆的智能标签技术研究

秦国强<sup>1</sup>, 段振坤<sup>1</sup>, 任俊<sup>1</sup>, 金言<sup>1</sup>, 林文亮<sup>1</sup>, 曹卫国<sup>2</sup>

(1. 国网冀北电力有限公司张家口供电公司, 河北 张家口 075000;

2. 南京五采智电电力科技有限公司, 江苏 南京 211100)

**摘要:** 智能变电站使用了更多的光缆, 但采用人工方式核查光缆和虚回路的对应关系效率不高且容易出错。分析了光缆信息的“虚实对应”原理, 提出了一种基于二维码方式的智能标签技术, 并对智能标签的编码、生成和解析进行了研究。通过智能标签的“即扫即看”, 可实现光缆连接信息的“虚实对应”展示, 从而降低了光缆维护的差错率, 方便了现场的调试、检修。该技术在江苏镇江 220 kV 华山智能变电站进行了应用。结果表明, 该技术可极大提高智能变电站调试、检修和改扩建的效率及正确性。

**关键词:** 智能变电站; 过程层光缆; 智能标签; 虚实对应

## Research on a kind of smart tag's technology with smart substation process layer fiber

QIN Guoqiang<sup>1</sup>, DUAN Zhenkun<sup>1</sup>, REN Jun<sup>1</sup>, JIN Yan<sup>1</sup>, LIN Wenliang<sup>1</sup>, CAO Weigu<sup>2</sup>

(1. Zhangjiakou Power Supply Company, State Grid Jibei Electric Power Company Limited, Zhangjiakou 075000, China;

2. Five-C Smart Power Grid Technology Co., Ltd., Nanjing 211100, China)

**Abstract:** Smart substation uses more optical cables, but an artificial way to check corresponding relation between optical cable (actual circuit) and virtual terminator circuit are inefficient and error-prone. This paper analyzes principle of corresponding relation between virtual terminator circuit and actual circuit, proposes a smart tag's technology based on the two-dimension code, and studies the coding, generating and parsing. Through scanning the smart tag, it can display the corresponding relation between virtual terminator circuit and actual circuit, thus, reduces the error rate of optical cable maintenance, and facilitates the debugging and maintenance on the spot. The technology has been applied in 220 kV Huashan smart substation of Zhenjiang, Jiangsu province. Results show that the technology can greatly improve the efficiency and correctness of the smart substation's debugging, maintenance and reconstruction.

**Key words:** smart substation; process layer fiber; smart tag; virtual and actual corresponding relation

中图分类号: TM76

文章编号: 1674-3415(2015)21-0143-05

## 0 引言

智能变电站与常规变电站相比具有信号数字化、传输网络化的技术优势, 采用光信号进行数据传输, 光纤替代了 80% 以上的传统电缆。传统变电站一般通过电缆号头来确定回路信息, 通过纸质图纸表达回路原理, 便于施工、调试、运行、维护单位作业。智能变电站的光纤没有号头, 取而代之的是光纤标签, 回路原理的设计逐渐由常规纸质图纸向光缆联系图和全站 SCD 文件表达方式转变<sup>[1]</sup>。

智能变电站中光缆标签的格式和内容目前国家电网公司暂无统一的规定, 标签上通常按照常规变电站电缆号头的习惯表达了光缆的起点、终点位

置和光缆编号, 但这种表达方式各地区也并不统一, 另一方面直接通过标签信息去图纸中查找原理信号回路也不够直观, 一般只能对应找到光缆联系图中的相关信息, 原理回路细节还需要通过各类工具软件在 SCD 文件和虚端子图中查找, 不利于施工单位施工、对调试和运行单位也带来困扰, 不利于智能变电站的统一建设<sup>[2-5]</sup>。

论文针对目前智能变电站过程层光缆标签无法展示所传输的虚端子信息, 不便于现场调试、检修的弊端, 结合施工、调试、运行环节的应用需求, 参照前期部分地区研究的智能变电站光缆标签标识设计的原则, 首先在二次系统施工图设计中统一规范光缆标签的回路编号、光缆去向和信息内容, 在

此基础上应用先进的数字编码技术，研究智能变电站过程层光缆智能标签的编码、生成及解析方法，实现过程层光缆标签信息的“即扫即看”，而且可批量查找一根纤芯内的所有虚端子信号，可极大提高智能变电站调试、检修和改扩建的效率及正确性，准确实现过程层物理回路与逻辑回路的“虚实对应”。

### 1 光缆连接信息的虚实对应实现思路

智能变电站过程层中的光缆是保证整个站内二次系统可靠运行的重要环节，与常规变电站的电缆一样，光缆应该有格式统一、内容明确、表达清晰、易于施工的标签系统，为工程的调试和运行服务。智能变电站过程层光缆连接信息分为物理连接关系和虚端子连接关系<sup>[6-10]</sup>。

对于物理连接关系，在实际安装过程中，光缆尾缆的铺设以设计院提供的光缆清册为依据，各类装置、交换机、光纤配线架的端口连接以光缆联系图为依据，完成光缆尾缆的物理安装和连接工作，为清晰地表达光缆尾缆的去向，需要在光缆尾缆上挂吊牌，表示光缆尾缆的起点和终点以及编号，而对于装置、交换机、光纤配线架端口上的纤芯通常由厂家粘贴标签，表示纤芯端口的对应关系。

对于虚端子连接关系，在智能变电站调试过程中，装置间的回路原理是否正确，验证依据依赖全站虚端子表和 SCD 文件，虚端子表可以由人工阅读，了解每个装置间的信号逻辑，SCD 文件便于各类调试软件和仪器解析，通过调试测试仪，验证每一个 SCD 文件中定义好的信号逻辑，保证装置的动作正确。

目前智能变电站中光缆物理连接关系和虚端子连接关系是分开表达的<sup>[11]</sup>。在实际的工程调试阶段，当需要通过物理信息查找虚端子信息或者通过虚端子信息查找所经过的物理信息时，工作则完全由调试人员通过在多个文件中对照查找完成，操作繁琐，工作量也较大。

在《Q/GDW 11396-2012 IEC61850 工程继电保护应用模型》规定了 GOOSE、SV 接收访问点物理端口关联<sup>[12]</sup>：即采用在“ExtRef”元素“intAddr”属性中增加物理端口描述的方式，示例如下：

```
<ExtRef daName="stVal" doName="Pos"
iedName="IL2201A" ldInst="RPIT"
lnClass="XCBR" lnInst="1" prefix="Q0A"
intAddr="1-A.PIGO/GOINGGIO1.DPCSO1.stVal" />
```

在标准的 SCD 文件 Inputs 中引入物理端口的方式，为“虚实对应”的实现体现了理论依据。软件

可通过虚回路中的物理端口信息准确定位实际的物理路径，实现物理回路和虚回路的信息绑定，从而实现准确的“虚实对应”关系。

本文中，将智能标签作为“虚实对应”的查询入口，通过扫描终端扫描智能标签实现展示，即将光缆连接的物理信息和虚端子连接信息两种连接结合起来，通过物理端口能够查找端口连接的纤芯和端口传送的虚端子信号，通过网络中传输的虚端子信号能够快速定位虚端子所经过的装置、交换机、光纤配线架的物理端口。过程层光缆“虚实对应”具体实现思路如图 1。

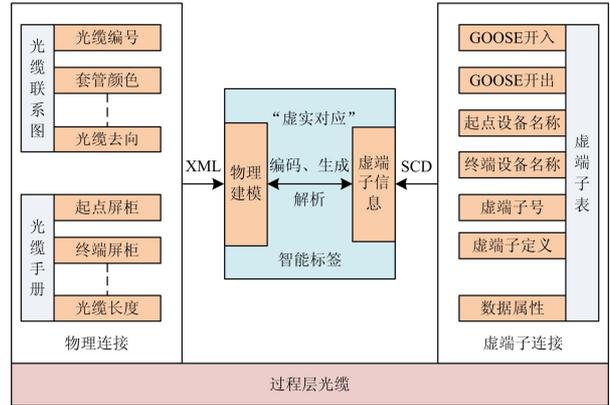


图 1 过程层光缆“虚实对应”实现思路

Fig. 1 Implementation approach about virtual and actual corresponding with process layer fiber

如图 1，利用智能标签实现物理连接路径和虚回路连接路径的对应，提出了过程层光缆“虚实对应”的实现思路。将变电站中的场地分布、组屏、装置配置、装置端口连接信息和光缆走向信息均使用 XML 的方式构建在物理模型文件中，物理模型文件中的装置端口信息与 SCD 文件中的装置端口信息相关联，借助智能标签的扫描，在计算机上就能直接实现虚实对应的查阅、导航、搜索等功能，可以直接解析出装置的端口分布和端口传输虚端子信息，也可以解析出装置虚端子和虚端子传输的物理路径。通过光缆智能标签的应用，可以实现设计文件中光缆联系图的无纸化交互和管控，有利于提升工程改扩建的效率和调试过程中的信息查询效率。

### 2 光缆智能标签的实现

过程层光缆智能标签的实现主要包括标签编码、生产和解析三步<sup>[13]</sup>。

#### 2.1 光缆智能标签的编码

对于智能变电站光缆标签而言，信息编码采用

二维码或 RDIF 均能够满足使用的需求, 但是综合考虑成本因素, 二维码标签使用目前常见的标签打印机均能支持, 便于标签制作, 而 RFID 标签由于需要读写内部存储器, 必须使用专用的标签打印机, 成本较高, 因此优先选择二维码方式实现智能标签功能。

二维码具有多种编码格式, 其中 QR-CODE 矩阵式编码应用最为常见, QR 码整体呈正方形, 只有黑白两色; 在 4 个角落的其中 3 个印有较小的“回”字型图案, 用来帮助解码软件定位, 使用者不需要对准, 无论以任何角度扫描, 资料均能被正确读取。使用这种编码方式方便调试人员在现场环境下快速读取标签信息。

在智能变电站过程层中, 需要粘贴标签的地方包括连接装置端口的光缆纤芯, 光纤配线架上的标签栏, 屏柜中的光(尾)缆, 针对三种标签, 下面以光(尾)缆标签为例, 给出智能标签的编码方法。见图 2 光(尾)缆智能标签编码样式。



图 2 光(尾)缆智能标签编码样式

Fig. 2 Smart tag coding style of fiber

光缆编号: 使用与其连接的光缆编号。

光缆规格: 使用“X(Y)”代表光缆中的光纤信息, “X”代表本光缆光纤总芯数, “Y”代表本光纤备用纤数。

光缆起点: 光缆起点所连接的屏柜名称。

光缆终点: 光缆终点所连接的屏柜名称。

纤芯二维码: 用于识别出该光缆中所有的纤芯连接信息, 二维码中包含该光缆的序号、光缆起点屏柜序号信息, 根据这些序号在工程数据库中搜索出完整的光缆联系信息。

在光缆、尾缆智能标签中, 除了原有的信息外, 通过二维码标签, 快速展现该根光缆、尾缆的纤芯信息。

## 2.2 光缆智能标签的生成

过程层光缆智能标签生成过程通过获取变电站物理配置信息和虚端子配置信息, 整理成后期打印标签和解析标签所需的数据格式, 生成智能标签文

件, 包括光缆、尾缆标签, 纤芯标签和光配口标签等, 标签打印机实现标签的自动打印。光缆智能标签的生成流程见图 3。

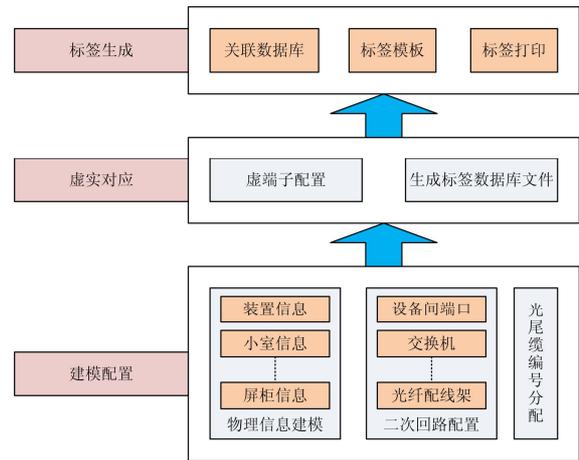


图 3 光缆智能标签生成流程

Fig. 3 Generation process of optical fiber smart tag

图中光缆智能标签生成主要包括三大步骤, 即建模配置、虚实对应及标签生成。

1) 建模配置阶段。站内物理信息建模, 用于构建二次系统设备的配置库, 包括装置的型号、插件、端口等信息。根据工程的场地布局要求, 构建站内的小室、屏柜信息, 完成整个工程的二次系统设备的物理模型的构建; 二次系统回路配置, 主要用于按照变电站接线方式, 完成二次系统物理回路的配置, 包括设备间端口连接信息, 所经交换机和光纤配线架的信息等; 光(尾)缆分配编号, 主要在二次系统回路配置的基础上, 根据国网公司对于二次系统设计的要求, 计算和分配光(尾)缆信息, 包括编号、规格等。分配规则包括同一小室内的屏柜间使用尾缆, 不同小室间、场地到小室间、场地间的屏柜使用光缆, 屏柜内使用跳纤, 不同套别的装置间光(尾)缆和光配架需分开, 保留最少 20% 备用芯等。然后根据光(尾)缆编号的要求, 给不同走向的光(尾)缆分配具体编号。

2) 虚实对应阶段。完成文件绑定和虚端子配置, 智能变电站中虚端子配置是保证变电站正常运行的核心功能, 一般都通过 ICD 文件与装置绑定, 绑定校验 ICD 文件合法性, 之后提供虚端子配置界面, 实现虚端子的配置功能; 生成标签数据库文件。每一个工程在其数据库中均有完备的设备物理连接信息和虚拟连接信息, 因此, 可以通过读取其数据库的方式完成站内虚端子与装置端口的虚实对应配置, 以及构建智能标签所需的标签数据库文件。

3) 智能标签的生成阶段。关联标签数据库文

件，生成标签文件，完成标签模板制作及打印。

### 2.3 光缆智能标签的解析

过程层光缆智能标签的解析流程主要包括二维码标签的扫描、数据库文件的下载，数据库文件的图形化展示。光缆智能标签的解析流程见图 4。

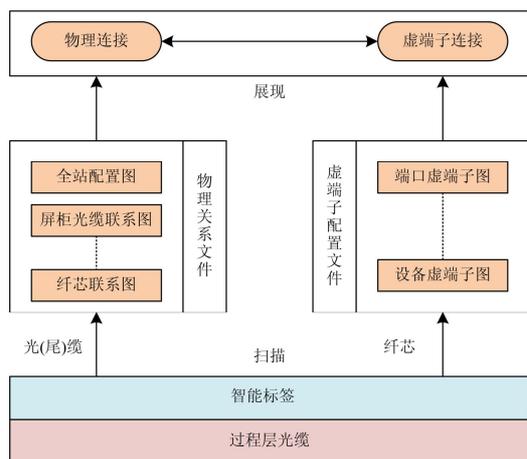


图 4 光缆智能标签解析流程

Fig. 4 Parsing process of optical fiber smart tag

图中光缆智能标签解析流程主要包括两大步骤，即扫描和展示。

1) 光缆智能标签扫描。即通过扫描一个智能标签上的二维码，根据二维码的类型，若属于光缆、尾缆二维码将从物理关系文件中下载全站配置图、屏柜光缆联系图以及纤芯联系图等。若属于纤芯二维码将虚端子配置文件中下载端口虚端子图和设备虚端子图。

2) 标签信息的展示。若属于光缆、尾缆二维码，则展示该缆中的物理连接信息；若属于纤芯二维码，则展示该纤芯中的虚端子信息。同时也可以将物理连接信息和虚端子信息进行对应展示，自动关联。

## 3 工程应用

### 3.1 工程实际问题考虑

在实际现场环境中，需要考虑智能标签的一些实际应用问题。

1) 标签材质选择的问题。采用 ABS 材质，可以耐折压、耐高温、可回收；印字清晰，靓丽、持久，色牢度高，便于扫码终端的扫描。

2) 屏内照明不足的问题。当屏内照明不够时，需要扫描终端自动开启自备照明，方便扫描。

### 3.2 工程应用实例

论文的研究成果在江苏镇江 220 kV 华山变得到了示范应用。

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、小室分布信息等，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纤纤芯信息进行“虚实关联”，上述文件随同其他设计资料一同交付给安装和调试单位。

在安装阶段，安装单位使用标签打印机，打印出光缆、尾缆标签，纤芯标签和光纤配线架标签，并粘贴在光缆、尾缆、纤芯、跳纤、光配架等处，供调试使用。

在提示阶段，使用手持标签扫描终端上读入智能标签信息，显示全站的小室、屏柜配置信息以及终端、设备的连接信息等。

TX002	S #1主变保护A	3/Tx03	
L_1	E ODF-A	D10	
TX023	S #1主变保护A	3/Tx04	
L_1	E ODF-A	D06	
TX006	S #1主变保护A	3/Tx05	
L_1	E ODF-A	A03	
TX010	S #1主变保护A	3/Tx06	
L_1	E ODF-A	B03	

图 5 华山变部分智能标签

Fig. 5 Part of smart tags in Huashan substation

### 3.3 工程应用效果

以往现场人员需要根据设计院交付的装置背板图、装置间光缆联系图要了解现场的物理连接信息，需要根据 SCD 文件了解装置的虚回路信息，由于不了解物理端口与虚回路信息对应关系，还需要通过比对不同文件甚至询问不同的设备厂商之后才能了解具体纤芯的作用，即人工“虚实对应”，按每核对一根纤芯作用平均需要 1 min 计算，按中等规模站 500 芯计算，则核对全站所有纤芯作用需要 500 min，按差错率 5% 计算，则存在 25 根纤芯作用描述不准确，对检修、运维构成隐患。而引入智能标签“即查即看”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。

通过在华山变的应用表明，使用智能标签能够极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 结语

论文阐述了智能标签应用的背景以及给出智能标签编码、生成、解析的全过程。应用智能标签，

使用二维码扫描功能,能够快速定位光(尾)缆标签中所包含的纤芯信息,和纤芯标签中所包含的虚端子信息,能够展示工程中的物理连接信息和虚端子连接信息,对于提高智能变电站的运维效率具有显著的工程价值。

## 参考文献

- [1] 修黎明,高湛军,黄德斌,等.智能变电站二次系统设计方法研究[J].电力系统保护与控制,2012,40(22):124-128.  
XIU Liming, GAO Zhanjun, HUANG Debin, et al. Secondary system design method for smart substation[J]. Power System Protection and Control, 2012, 40(22): 124-128.
- [2] 陈爱林,耿明志,张海东,等.智能变电站和主站共享建模的关键技术[J].电力系统自动化,2012,36(9):72-76.  
CHEN Ailin, GENG Mingzhi, ZHANG Haidong, et al. Key technologies of model sharing between smart substation and control center[J]. Automation of Electric Power Systems, 2012, 36(9): 72-76.
- [3] 王计林,黄晓雨.智能变电站信息提取的研究与实现[J].电力信息与通信技术,2014,12(1):17-21.  
WANG Jilin, HUANG Xiaoyu. Research on information extraction in smart substations and its implementation[J]. Electric Power Information Technology, 2014, 12(1): 17-21.
- [4] 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,2013,32(6):61-63.  
QIN Jiansong, FU Sanchuan, YU Yongjun, et al. Standardization technology of construction-drawing in secondary specialty in smart substation[J]. Zhejiang Electric Power, 2013, 32(6): 61-63.
- [5] 查晓毅,陈俊.面向智能变电站工程的统一配置管理平台[J].电力信息化,2012(12):29-31.  
ZHA Xiaoyi, CHEN Jun. The unified configuration management platform for smart substation project[J]. Electric Power Information Technology, 2012(12): 29-31.
- [6] 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.
- [7] 苗斌,童晓阳,郑永康,等.基于IEC 61850的智能变电站图形化系统配置器原型设计[J].电力系统自动化,2013,37(7):82-87.  
MIAO Bin, TONG Xiaoyang, ZHENG Yongkang, et al. Prototype design of graphic system configuration tool for smart substation based on IEC 61850[J]. Automation of Electric Power Systems, 2013, 37(7): 82-87.
- [8] 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.
- [9] 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.  
SONG Jie, GAO Liang, BAO Wei, et al. Research of GOOSE virtual terminal connection test in smart substation based on collaborative testing system[J]. Power System Protection and Control, 2012, 40(24): 138-142.
- [10] 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.
- [11] 高吉普,张沛超,何旭,等.智能变电站保护系统可靠性的自动分析方法[J].电力系统保护与控制,2014,42(15):107-112.  
GAO Jipu, ZHANG Peichao, HE Xu, et al. An automatic reliability analysis method for protection systems in smart substations[J]. Power System Protection and Control, 2014, 42(15): 107-112.
- [12] 国家电网公司, IEC 61850 工程继电保护应用模型[S]. 2012.  
State Grid Corporation of China (SGCC), data model of protection relay in project based on IEC61850[S]. 2012.
- [13] 周焱.用于车间智能环境的无线传感网络的智能标签[J].电子科技大学学报,2010,39(增刊):94-98.  
ZHOU Yan. WSN-based smart badge for workshop intelligent environment[J]. Journal of University of Electronic Science and Technology of China, 2010, 39(S): 94-98.

收稿日期: 2015-01-28; 修回日期: 2015-04-02

### 作者简介:

秦国强(1973-),男,大专,电气工程师,从事继电保护工作;

段振坤(1973-),男,本科,高级工程师,从事继电保护工作;

任俊(1977-),男,本科,高级工程师,从事继电保护工作。

(编辑 周金梅)