

智能变电站二次回路虚实结合的可视化方法研究

针对智能变电站运维的特点，以及智能变电站全站配置描述文件（SCD）可阅读性差、不利于运维检修人员现场工作的问题，提出一种智能变电站二次回路虚实结合的可视化方法。可对SCD文件进行图形化展示，提高了SCL文件的可阅读性；实现了二次回路的虚实结合展示，辅助现场工作人员在检修作业时制定合理的安全措施，提高了运维检修人员的工作效率。最后，以某220 kV变电站的线路保护为例，对方案的有效性进行了实施验证。

王小立 楼 峰/国网宁夏电力公司
唐志翔/山东容弗新信息科技有限公司

0 引言

智能变电站是智能电网的重要基础和支撑，随着智能变电站在电网占比逐年增加，以及大量的智能变电站逐步进入运维阶段，智能变电站运维阶段如何保障现场检修工作安全、平稳地开展，如何提高智能变电站的检修质量和效率，保证电网的安全平稳运行是目前亟需解决的问题^[1-4]。

智能变电站采用IEC 61850建模和通信，在继电保护系统构成、保护装置采样及回路实现方式等方面都较传统站存在明显差异，常规变电站中可见的“硬接线”变成了“光纤”，“实端子”变成了“虚端子”，“硬压板”变成了“软压板”，并引入了“检修压板”的概念，使得二次回路、二次回路压板的关联不再直观^[5-6]。SCD文件作为智能变电站全站系统配置文件，描述了所有智能电子设备（IED）的实例配置和通信参数、IED之间的通信配置以及变电站一次系统结构，但基于变电站配置语言

（SCL）编写的SCD文件可阅读性差，并不利于现场运维检修人员理解。

安全措施是指在变电站运行及检修工作中为了保证人身、电网及设备安全，将待检修设备与运行设备进行安全隔离的措施。智能变电站继电保护和安全自动装置的安全隔离措施一般采用投入检修压板，退出装置软压板、出口硬压板以及断开装置间的连接光纤等方式，实现检修装置（新投运装置）与运行装置的安全隔离。由于智能变电站在技术形态上发生了很大的变化，二次回路、二次回路压板的关联不再直观，传统的检修安全隔离措施已经不能适应智能变电站的设备检修，这给现场运行检修人员带来了很大困难^[7-8]。

针对上述问题，国内的相关科研机构 and 单位也对智能变电站的二次回路可视化进行了研究，目前智能变电站二次回路可视化工具的原理均为解析SCD文件，将虚端子连接可视化。对于传统图样中的压板功能、回路配置以及二次信息和物理回路的对应关系，由于SCD内包含信息所限无法显示。系统集成商的SCD可视化工具展示SCD中包含的信息，并有配置系统、导出CID和虚端子表等功能^[9-11]。但其只能通过选择不同的IED查看相应数据集及虚回路，无法将相关虚回路全部显示，工具功能侧重于智能变电站组态配置。还有一些设备厂商的工具通过解析SCD文件显示IED间GOOSE、SV虚端子之间的联系，将虚回路图形化展示，方便人员查看相关IED间



王小立/高级工程师

关键词/Keywords

智能变电站 ·
二次回路 ·
SCD文件 ·
虚实结合 ·

的回路信息，但并没有将虚连接与压板的关系、虚连接与物理连接的关系展示给现场工作人员^[12]。

本文在目前智能变电站SCD可视化基础上，提出一种智能变电站二次回路虚实结合的可视化方法，实现智能变电站二次回路物理层和逻辑层数据的关联，直观地展示装置物理连接和虚连接的关系，以及压板与虚连接的关系，辅助现场工作人员制定安全隔离措施。

1 二次回路可视化关键问题

结合现场作业场景分析，现有的智能变电站SCD可视化工具存在的主要问题如下。

1.1 无法展示二次回路与压板中的关联关系

传统二次回路图样中压板位置及其在回路中的作用十分明确，但是目前智能变电站SCD可视化工具无法显示这些信息。SCD文件中有软压板数据集，其中明确了装置软压板的数量和名称，但SCD可视化工具无法显示软压板和虚端子间的对应关系。此类信息的缺失会给运行、检修工作带来很大的安全风险。通过SCD可视化工具并不能反映软压板在回路中的作用，无法像传统图样那样直观、方便地查看压板和回路的逻辑关系。

1.2 无法展示IED物理层和逻辑层数据的关联关系

智能变电站保护装置与合并单元、智能终端均采用光纤连接，目前SCD可视化工具仅能查看数据集、虚端子联系，无法判断相关数据是否为直采直跳，无法判断数据具体传输光纤和连接的装置物理端口。实际装置间连接的物理端口由设计院和厂商自行配置，物理连接信息一般通过图样等文件展示，因为SCD文件中不包含此类信息，所以通过解析SCD的可视化工具无法显示二次信息和实际物理连接的对应关系。智能变电站验收、维护时只能通过具体光纤标签，插拔光纤等验证，没有真正做到二次回路可视化。

现行已有的各类智能变电站二次回路可视化工具都有其优缺点，应用于运行、检修的二次回路可视化功能均不够全面，有待进一步融合互补和改进完善。

2 技术方案

智能变电站二次回路信息主要包括物理层和逻辑层信息。物理层信息主要体现在光缆清册文件中，光缆清册文件详细描述了装置所在的屏柜、装置的物理端口和装置间连接的光纤，以及光纤所属的光缆信息。逻辑层信息主要包含在SCD文件中，SCD文件详细描述了装置的虚端子、装置间虚连接关系、装置间信号类型以及方向等信息，同时也包含了装置使用的上传至监控后台的软压板信息。

目前智能变电站的设计工作主要由设计院完成，设计院提供的光缆清册比较规范，且格式比较固定。光缆清册一般以Excel表格的形式存档，光缆清册通常包含：光缆编号、光缆型号、光缆长度、光缆起始屏柜、光配端口、起始装置端口、光缆目的屏柜、光配端口和目的装置端口。通过软件解析格式相对固定的Excel文件，提取出装置的物理层信息，可以构建智能变电站二次系统物理层模型。物理层模型主要包括装置列表、装置所在的屏柜、装置包含的物理端口、装置间的物理连接所经过的光缆光纤以及光缆连接的光配和屏柜信息。

通过对SCD文件的解析，能够获取到装置间的逻辑层信息，构建二次系统的逻辑层模型。逻辑层信息包括装置间的信息流、信息流类型、信息流方向以及信息流中包含的虚连接，同时也可以解析出装置信息点表中上传至监控后台的软压板。

在二次系统物理层和逻辑层模型中，装置信息是物理层和逻辑层信息建立关联的核心，物理层和逻辑层都包含装置信息，通过装置可以获取装置间物理连接和虚连接信息，包括物理连接经过的屏柜和设备，虚连接传输的信号类型（GOOSE/SV）和方向。由此可以建立物理层和逻辑层模型的映射关系。在逻辑层模型中装置信息点表中的软压板信息通过一定的语义规则可以与装置的虚端子进行匹配，同时也支持修改虚端子与软压板的关联关系。

3 工程应用

以220 kV城关变电站60211惠城甲线A套保护为例介绍智能变电站二次回路虚实结合可视化展示效果。在220 kV城关变电站光缆清册中，60211

惠城甲线A套保护装置的连接信息按照光缆编号、光缆型号、光缆起始屏柜、光配端口、起始装置端口、光缆目的屏柜、光配端口和目的装置端口展示，如下表所示。

表 220 kV城关变电站光缆清册表

光缆编号	光缆型号	长度	光缆起点	光配端口	装置端口	光缆终点	光配端口	装置端口
E-G101A	GYFTZY53-8A1b	65 m	60211惠城甲线保护屏	A层01[光口RT]	60211惠城甲线A套保护B07/T03[光口TX][ST]	60211惠城甲线智能控制柜	A层01[光口RT]	60211惠城甲线A套智能终端CSD601 B01/RX2[光口RX][ST]
				A层02[光口RT]	60211惠城甲线A套保护B07/T03[光口RX][ST]		A层02[光口RT]	60211惠城甲线A套智能终端CSD601 B01/TX2[光口TX][ST]
				A层03[光口RT]	60211惠城甲线A套保护B07/T05[光口TX][ST]		A层03[光口RT]	60211惠城甲线A套合并单元CSD602 B01/RX4[光口RX][ST]
				A层04[光口RT]	60211惠城甲线A套保护B07/T05[光口RX][ST]		A层04[光口RT]	60211惠城甲线A套合并单元CSD602 B01/TX4[光口TX][ST]
				A层05[光口RT]	备用		A层05[光口RT]	备用
				A层06[光口RT]	备用		A层06[光口RT]	备用
				A层07[光口RT]	备用		A层07[光口RT]	备用
				A层08[光口RT]	备用		A层08[光口RT]	备用

通过解析光缆清册提取60211惠城甲线A套保护装置物理层模型信息。如60211惠城甲线A套保护至60211惠城甲线A套智能终端的物理连接由60211惠城甲线A套保护B07/T03光口连接到60211惠城甲线保护屏光配A层01口，然后通过E-G101A光缆连接到60211惠城甲线智能控制柜光配A层01口，最终到达60211惠城甲线A套智能终端B01/RX2光口。

通过其他SCD可视化工具解析到60211惠城甲线A套保护至60211惠城甲线A套智能终端的虚连接关系如图1所示。

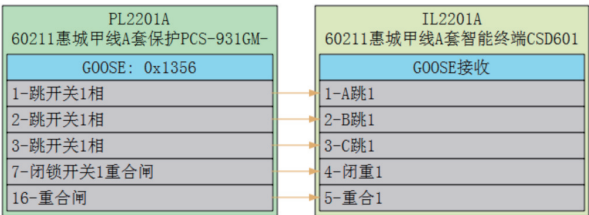


图1 线路保护至线路智能终端虚连接关系

在图1中可以看出，其他SCD可视化工具解析的装置虚连接图并未展示装置的物理连接关系，以及装置软压板与虚连接的关系。

将220kV城关变电站光缆清册和SCD文件分别导入软件。图2为解析SCD文件后220 kV城关变电站惠城甲线A套保护装置与其他装置间的连接关系。图3为解析SCD文件和光缆清册后220 kV城关变电站惠城甲线A套保护装置与惠城甲线A套智能终端间的物理层和逻辑层信息。

图2清晰地展示了惠城甲线A套保护装置与其他装置间的虚连接关系，以及虚连接关系中数据集信息、装置的虚端子、装置软压板以及虚连接与软压板之间的关联关系。其中，装置软压板又分为SV接收软压板、GOOSE接收软压板、GOOSE发送软压板和功能软压板。

图3清晰地展示了点击惠城甲线A套保护装置发跳闸信号至惠城甲线A套智能终端的虚连接

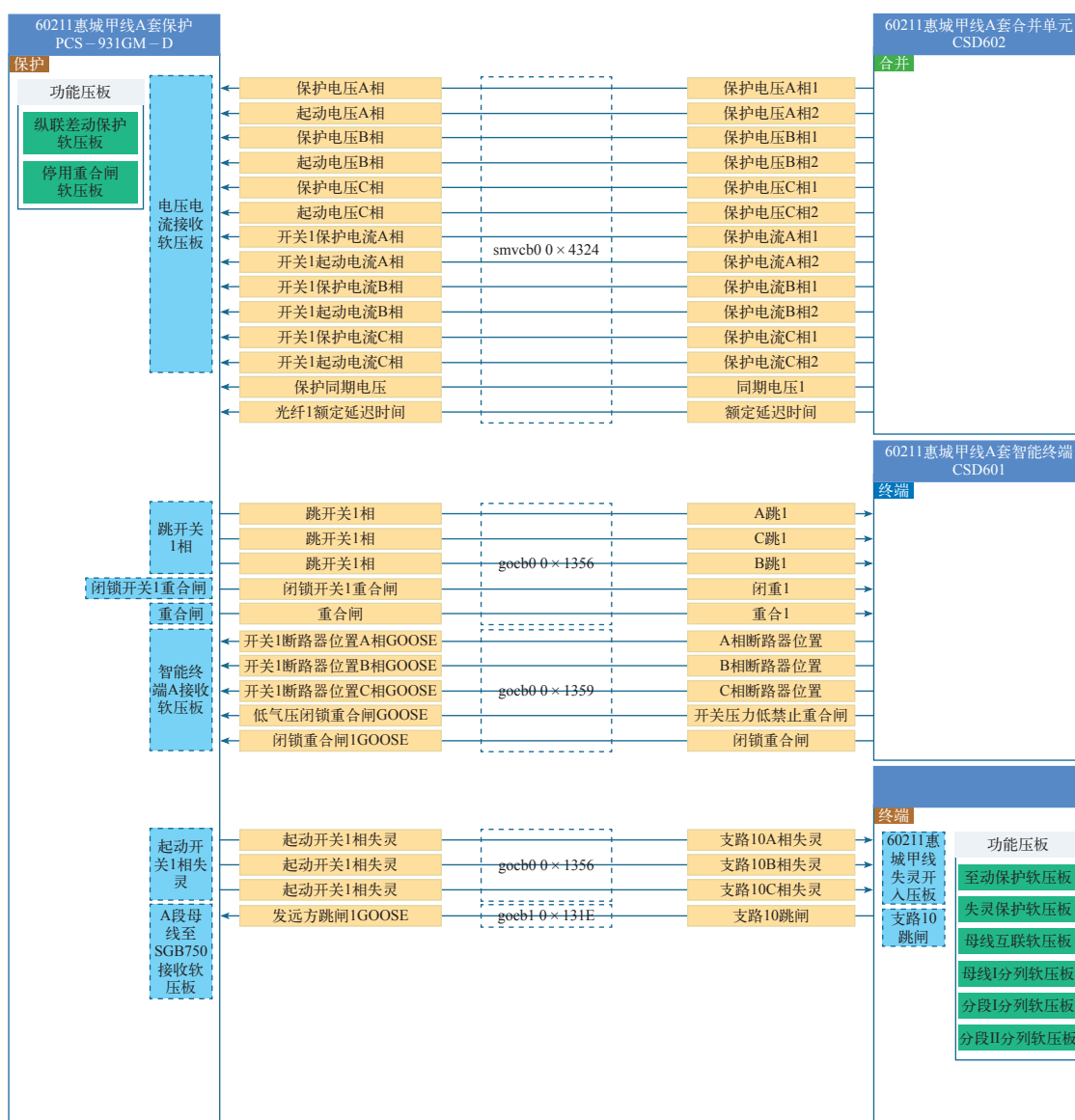


图2 惠城甲线A套保护装置虚连接关系

时，软件自动展示虚连接所经过的物理连接信息，以及虚端子对应的软压板。点击每一条虚连接都可以查看对应的物理连接，以及两侧装置对应的物理端口、物理连接所在的光纤或光缆等信息。

这种智能变电站二次回路虚实结合可视化展示实现了与传统二次接线图的相似性，无论从物理层还是逻辑层都实现了二次回路的完整性，符合现场运维检修的工作习惯，便于运检人员以常规变电站的思维理解和掌握智能变电站二次回

路，为工程验收、回路校验、故障处理和技术培训提供了重要的参考依据。

4 结束语

智能变电站SCD包含了IED模型、IED通信配置及IED间虚端子联系等信息，通过解析SCD文件可实现智能变电站IED虚连接可视化展示，但是智能变电站运行、检修时还需在可视化图样中查看虚端子对应的软压板、虚端子对应光纤等逻辑信息，现行的二次回路可视化工具无法实现这些功

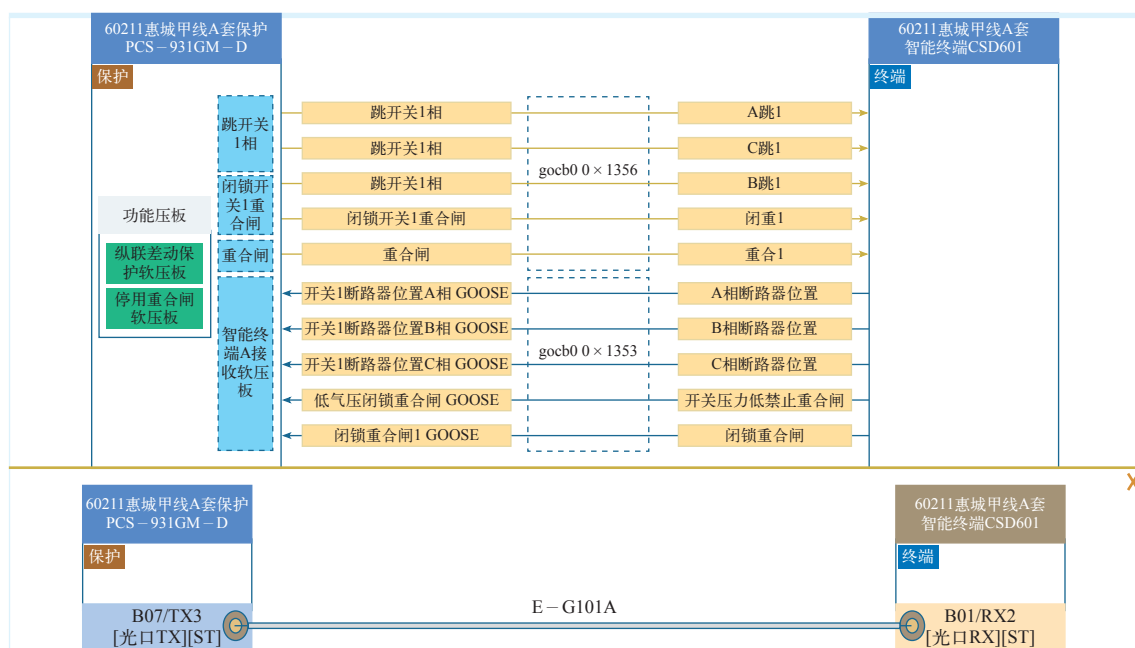


图3 惠城甲线A套保护装置与智能终端联系

能，虽然不同设计院或系统集成商提供的光缆清册格式不同，但随着智能变电站建设过程物理层建模工作的不断规范，以及国家电网公司相关标准的制定，物理层建模复杂度会较低。本文介绍的智能变电站二次回路虚实结合可视化方法方便了运维检修人员在现场作业时清晰地了解智能变电站二次回路信息，为检修过程制定安全措施提供了依据，大大提高了运检人员的工作效率，满足智能变电站运行、检修工作的需要。

参考文献

- [1] 胡道徐, 沃建栋. 基于IEC 61850的智能变电站虚回路体系[J]. 电力系统自动化, 2010, 34(17): 78-82.
- [2] 朱炳铨, 王松, 李慧, 等. 基于IEC 61850 GOOSE技术的继电保护工程应用[J]. 电力系统自动化, 2009, 33(8): 104-107.
- [3] 曹津平, 李伟, 秦应力, 等. 数字化变电站过程层的通信技术研究[J]. 电力系统保护与控制, 2008, 36(12): 60-63.
- [4] 范建忠, 马千里. GOOSE通信与应用[J]. 电力系统自动化, 2007, 31(19): 85-90.

- [5] 孙志鹏, 陈晓刚, 叶刚进, 等. 智能变电站安措技术及可视化研究[J]. 电工技术, 2014(4): 19-21.
- [6] 侯伟宏, 徐丹露, 裘愉涛, 等. 智能变电站SCD文件可视化研究[J]. 浙江电力, 2016, 35(1): 10-14.
- [7] Q/GDW 11357—2014 智能变电站继电保护和电网安全自动装置现场工作保安规定[S].
- [8] Q/GDW 1799.1—2013 国家电网公司电力安全工作规程(变电部分)[S].
- [9] 彭少博, 郑永康, 周波, 等. 220 kV智能变电站检修二次安措优化研究[J]. 电力系统保护与控制, 2014, 42(23): 143-148.
- [10] 高磊, 卜强生, 袁宇波, 等. 基于二次回路比对的智能变电站调试及安全措施[J]. 电力系统自动化, 2015, 39(20): 130-134.
- [11] 侯伟宏, 裘愉涛, 吴振杰, 等. 智能变电站继电保护GOOSE回路安全措施研究[J]. 中国电力, 2014, 47(9): 143-148.
- [12] Q/GDW 1396—2012 IEC 61850工程继电保护应用模型[S].

(收稿日期: 2016-12-27) EA