

基于 IEC 61850 的变电站系统配置工具设计与实现

任 翔,周心亮
(国网电力科学研究院,江苏 南京 210003)

摘 要:介绍了基于变电站配置描述语言(SCL)的模型构成以及 SCL 的语法结构,明晰了配置模型的生成规范和格式要求,从工程配置的实际需求出发,对配置工具预期实现的功能和操作方式进行了分析和梳理,借鉴基于 MVC 的界面软件开发思路,以保持功能模块的相对独立性和可复用性为依据,在跨平台的开发环境 QT4.5.3 下,设计并实现了一种基于 IEC 61850 的变电站系统配置工具。工程实际应用证明,该配置工具完全能满足变电站系统的配置需求。

关键词:IEC 61850; 变电站配置描述语言; 模型; 配置工具; MVC

中图分类号:TM76 **文献标志码:**B **文章编号:**1009-0665(2012)01-0021-03

IEC 61850 标准中定义了基于 XML 的变电站配置描述语言(以下简称 SCL 语言),用于描述变电站系统,即变电站自动化系统和变电站(开关场)本身及其之间的相对关系^[1]。更清楚地说,是提供并规定了一种统一的、简洁的、易于理解的配置文件格式,用于描述以下三方面信息:(1) 变电站的功能结构和一次设备间拓扑关系;(2) 变电站自动化系统中智能电子设备(IED)的功能;(3) 变电站的通信系统。最终,利用这些文件实现变电站自动化系统和智能电子设备的配置,并完成不同厂家设备以及系统之间兼容的信息和数据交互,从而为实现站内设备的互操作提供基础性支持。文中基于 SCL 语言的变电站系统配置模型及其实现方法,设计并实现一种系统配置工具。

1 变电站系统配置模型

基于 SCL 的配置模型可由以下 5 个部分模型组成。

- (1) 头部分(Header):包含 SCL 模型的版本、修订信息以及名称映射等信息。
- (2) 变电站:用于描述变电站的功能结构、主元件、电气连接等一次设备信息。
- (3) IED:结构化描述了站内 IED 的对象模型,主要包含逻辑设备、逻辑节点、数据对象等。
- (4) 通信系统:主要包括逻辑子网和 IED 接入点的通信参数。

(5) 数据类型模板:提供了 IED 中逻辑节点、数据对象、数据属性等数据类型的模板信息。

其中,变电站和 IED 模型是相对层次化的结构模型,完整的 SCL 配置模型的结构如图 1 所示。而 SCL 本身的语法结构遵循 XML Schema 的规定,即每个 SCL 元素均从根元素类型派生而来^[2],包含若

干属性和若干子元素,基本语法结构如图 2 所示。

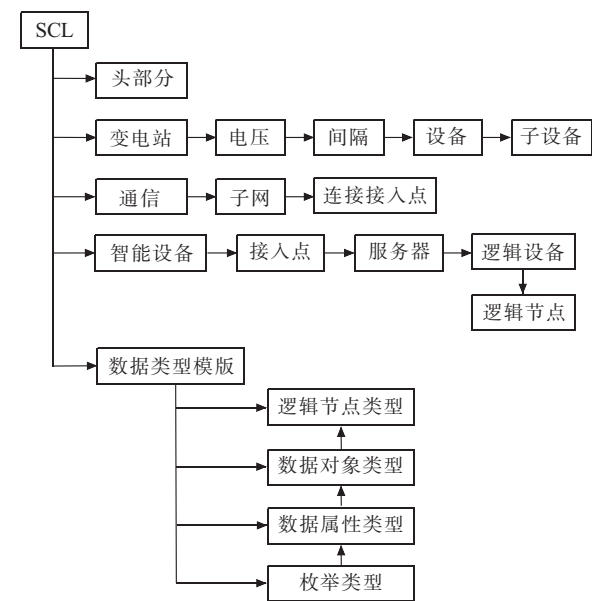


图 1 SCL 配置模型结构

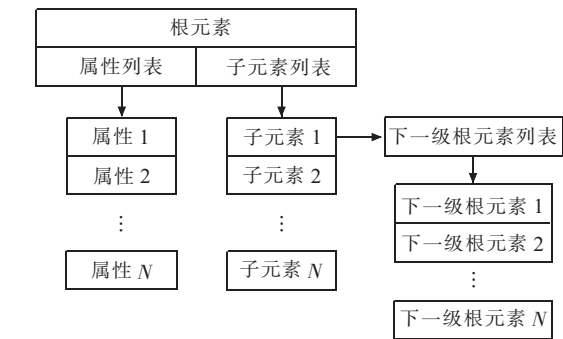


图 2 SCL 基本语法结构

根据实现功能和提供者的不同,在变电站系统的实际配置工作中涉及到如下 4 种 SCL 配置文件。

(1) ICD 文件:由 IED 设备制造商在设备出厂时提供,用于描述 IED 的一般能力,包含 Header、IED 和数据类型模版三部分模型信息。

(2) SSD 文件:多数情况下由设计单位在完成变电站一次系统的设计后给出,用以描述变电站一

次系统的拓扑结构和设备信息。

(3) SCD 文件:由系统集成商在完成全站系统配置后生成,包含了变电站的全部配置信息。

(4) CID 文件:可由系统集成商完成全站 SCD 后提取,也可由 IED 设备制造商得到 SCD 后自行生成,描述了 IED 实例化后的配置信息。

2 模型配置方法

一般情况下,由设备制造商根据出厂 IED 实际具备的功能,借助 IED 模型配置工具,生成 IED 的模型文件 ICD,提供给系统集成商,再由系统集成商统一使用系统配置工具将全站 IED 的 ICD 文件作系统级的集成,主要工作是配置全站各层次的通信系统,以及实例化 IED 的相关参数,真正实现各 IED 的定制功能,在形成 SCD 模型文件之后,系统集成商输出各个 IED 的 CID 文件,或提供 SCD 文件给设备制造商,由其形成 CID 文件,并下载完成 IED 设备的最终配置。

至于 SSD 文件,在当前的工程实践中,应该说尚未发挥应有作用。主要是因为系统集成商大多无法根据 SSD 文件提取出 SCD 文件中所需的变电站一次系统相关信息,且作为文件提供者的设计单位也很难给出符合标准的 SSD,系统集成商通常只有手动配置此类信息至 SCD 模型中^[3]。实际模型配置方法如图 3 所示。

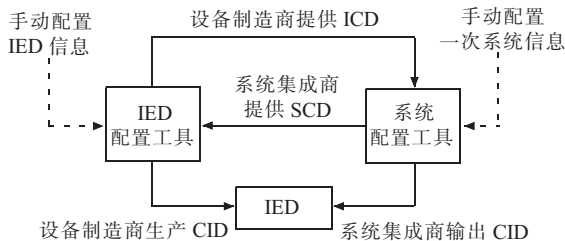


图 3 模型配置方法

3 系统配置工具的设计实现

3.1 功能分析

通过以上分析可归纳出系统配置工具所需具备的两大类功能。

(1) 文件级操作功能:对基于 SCL 的模型配置文件进行新建、导入、导出和校验,主要包括构建初始的 SCD 模型或解析 SCD 文件生成 SCD 模型,解析 ICD 文件后提取信息并入 SCD 模型,从 SCD 模型中提取信息生成 CID 文件,生成 SCD 文件以及在文件导入导出时进行 Schema 语法校验。

(2) 界面编辑功能:通过树状、表状和列表视图配合呈现 SCD 模型的全部信息,并可对相关数据信息进行可视化的编辑操作,将编辑操作的结果更新

至 SCD 模型中。

3.2 模块设计

该配置工具在 QT4.5.3 下进行开发,Qt 是跨平台的 C++ 图形用户界面应用程序框架,具有优良的跨平台特性,完全支持面向对象的设计,并提供丰富的 API,能有效地提高程序的开发效率。

程序模块划分为主程序和 SCL 解析器两部分,其中,SCL 解析器实现各类 SCL 模型的数据解析处理和有效性校验,以动态链接库(DLL)的形式封装后供主程序调用,以保证其独立性和复用性。

主程序借鉴 MVC 的设计思想可划分为 3 个部分^[4]:模型部分用于当前配置中的 SCD 模型管理;界面部分实现工具中所有界面功能;控制部分是模型和界面联系的桥梁,触发两者之间的信息交互,并实现其他辅助操作。各模块功能如图 4 所示。

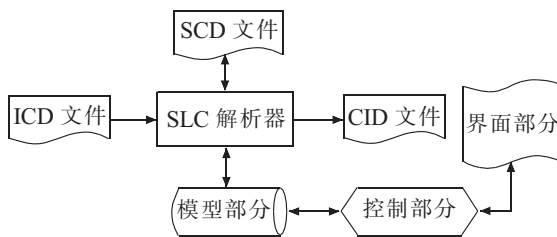


图 4 模块功能示意

3.3 SCL 解析器

SCL 解析器提供了通用的 SCL 模型解析和校验功能,并具备较为完整的外部接口,以实现 SCL 模型与文件之间的交互,在其内部主要封装有以下几个类。

(1) CSaxHandler 类:用于处理基于 SAX2.0 的 XML 文件解析,该类继承自 xercesc 中提供的 DefaultHandler 类,并重新实现了其中一些事件处理函数,其中 SAX2.0 是基于事件机制的 XML 标准处理接口 API,而 xercesc 则是一种开源的 XML 语法分析器,在解析 XML 时,解析到特定位置时会调用相应的函数生成 SCL 模型中特定的类对象实例,以此更新 SCD 模型,其他需用到 xercesc 中的类还包括 SAX2XMLReader、XMLReaderFactory 等;

(2) CSCLHandler 类:实现 SCD 模型与 SCL 文件的操作接口,并对 SCD 模型中各数据管理功能进行封装,主要功能有加载 XML 文件并创建模型(loadXmlFile)、导入 icd 文件并添加至模型中(importIcdFile)、从现有模型中导出指定 IED 对应的 CID 文件(exportCidFile)、保存修改后的 SCD 文件(saveScdFile)等。

(3) CSCLFactory 类:是 SCL 中各数据模型的工厂类,主要功能是在解析 SCL 文件过程中,根据解析到的不同内容创建相应的 SCL 数据类。

(4) SCL 数据类:根据 SCL 语法和模型结构定义的各种 SCL 数据类,每个类的实例对应 SCL 模型结构中一个节点实例,如 CtBase、CtSCL、CtHeader、CtCommunication、CtIED 等。

3.4 模型部分

模型部分主要实现 CSCDHandler 类,该类提供 SCD 模型的各种访问接口,如:获取 CtHeader 节点实例指针、获取 CtCommunication 节点实例指针、获取指定 CtIED 节点实例指针、获取指定 CtLDevice 节点实例指针、获取指定 CtLN 节点类指针等。

3.5 界面设计

配置工具的主界面采用三分屏的模式,即左、中、右功能区。

(1) 左侧工作区:通过树形视图显示 SCD 模型各层次节点,考虑到 SCD 模型中 IED 节点规模和显示更新的效率,故只展开至 LD 节点这一层级。

(2) 右侧工作区:通过树形视图显示 SCD 模型内数据源信息,主要是指 GOOSE 配置信息,并提供拖拽功能,以便于 IED 中 GOOSE 信息的配置操作。

(3) 中间工作区:以 Tab 页分别显示指定 LD 的 LN、DataSet、控制块和 Inputs 等分类信息。

界面程序中主要包括以下几类。

(1) CTreeWidgetItem 类:继承自 QTreeWidgetItem 类,用于构建左右侧树状视图中的节点项,并封装了用于访问指定节点的父节点和子节点的函数,如:获取父节点名称、删除子节点等。

(2) UTreeWidget 类:继承自 QTreeWidget 类,用于构建左右侧树状视图,对于右侧树状视图,还增加了鼠标点击拖拽功能,该功能通过重新 mousePressEvent (QMouseEvent *e)、mouseMoveEvent(QMouseEvent *e)和 mouseReleaseEvent(QMouseEvent *e)等事件处理函数来实现。

(3) CTable 类:继承自 QTableWidget 类,用于构建中间工作区 Tab 页中的表状视图,也增加了拖放功能,该功能则是通过重新实现 dragEnterEvent

(QDragEnterEvent *e)、dropEvent (QDropEvent *e)和 dragMoveEvent(QDragMoveEvent *e)等事件处理函数来实现。

3.6 控制部分

借助 QT 的信号-槽机制,能较为简便地实现界面与模型之间的交互,控制部分中最主要的是 USlotHandler 类,该类在主程序中只存在一个单实例,实例中实现了各种用于界面和模型交互响应的槽函数。

4 结束语

该配置工具开发完成后,已实际应用于工程配置中。实践证明,能满足当前工程环境中的配置需求,有效降低了配置工作难度,提升了工作效率,保证了配置准确性,发挥了应有的作用。

考虑到后期 SSD 文件的应用,建议还需进一步对功能进行完善,以实现变电站一次系统信息自动配置。此外,通过界面拖放功能的使用,能相对简便地进行 GOOSE 信息的配置,但在节点容量较大或通信系统较为复杂的情形下,仍有较大的工作量需手动完成,下一步的工作是如何提供更加高效的配置方式,以实现 GOOSE 信息的快速配置。

参考文献:

- [1] IEC/TC57, IEC 61850 Communication Networks and Systems in Substations[S].2004.
- [2] 周邟飞,张海滨,徐石明,等.IEC 61850 工程组态中的统一建模技术研究[J].江苏电机工程,2007,26(S1):72-74.
- [3] 王松,宣晓华,周华.基于 IEC 61850 变电站自动化系统的系统组态研究[J].继电器,2008,36(3):48-50,74.
- [4] 王映辉,王英杰,王彦君,等.基于 MVC 的软件界面体系结构研究与实现[J].计算机应用研究,2004,(9):188-190,193.

作者简介:

任翔(1980),男,江苏南京人,工程师,从事变电站自动化系统的研发工作;

周心亮(1986),男,江苏江都人,助理工程师,从事变电站自动化系统技术调试工作。

Design and Implementation of Substation System Configuration Tool Based on IEC61850

REN Xiang, ZHOU Xin-liang

(State Grid Electric Power Research Institute, Nanjing 210003, China)

Abstract: By analyzing the model structure and the syntax structure of substation configuration description language (SCL), generating standards and format requirements of the configuration model are made clear. Proceeding from the actual requirement of engineering configuration, the expected function and operation mode of configuration tool are analyzed. Referring to the development idea of MVC interface software, in order to remain the relative independence and the reusability of the functional modules, a substation system configuration tool based on IEC 61850 is designed and achieved under the development environment of QT4.5.3. The practical application shows that this configuration tool can completely satisfy the requirements of substation system.

Key words: IEC61850; substation configuration description language (SCL); model; configuration tool; MVC