

IEC 61850 标准中 SCL 语言的几个实践应用问题探讨

邹晓玉¹, 王 浩^{1,2}, 吴晓博²

(1. 山东大学威海分校信息工程学院, 山东省威海市 264200; 2. 山东积成电子有限公司, 山东省济南市 250100)

摘要: 讨论了 IEC 61850 系列标准中的变电站配置描述语言(SCL)在变电站自动化系统中对智能电子设备(IED)进行配置的若干实践问题,指出了该标准提供的 SCL Schema 中可能存在的某些前后一致性的问题及个别疏漏,包括:如何表达具有 2 种或以上功能约束值的数据属性;SBO 等大写字母开头的属性名与 Schema 的属性名规范是否符合的问题;各种控制块元素的 datSet 属性的空值问题;ConfDataSet 元素类型错误;简单单位枚举“SIUnit”中第 38 号和第 62 号重复使用 W 表示的问题。对这些问题给出了相应的解决方法和建议。

关键词: IEC 61850; 变电站配置语言; SCL Schema; IED 配置

中图分类号: TM764; TM73

0 引言

在变电站自动化应用系统中,智能电子设备(IED)的配置非常重要。根据配置的变化更新应用系统并根据应用对 IED 进行设置,在整个调度运行和管理中是相当重要的环节。由于各变电站实际情况不同,采用的通信协议可能不同,站内 IED 的厂家型号也有较大的差异,要在调度端根据 IED 的配置情况对应用进行实时更新,或直接对装置进行控制,需要耗费大量的时间和资源进行协议转换及数据维护^[1]。为解决这一问题,IEC 第 57 工作组在变电站通信网络和系统系列标准的第 6 部分(IEC 61850-6)^[2]定义了专用的变电站配置描述语言(SCL)。与 IEC 61850 统一模型相结合,SCL 可以方便地通过搭建模型来描述变电站及站内 IED 的配置信息,用统一规范的格式对变电站及变电站 IED 进行配置,从而在应用侧很好地屏蔽掉装置的差异性^[3]。

由于 IEC 61850-6 正式出版时间不长(2004 年 3 月出版),按照 IEC 61850-6 正式出版物形成 SCL 文件来表达 IED 模型和变电站模型,在实践应用中还存在诸多问题,需要统一认识,并且应用中要与 IEC 61850 系列标准中的其他标准相互协调一致。在 IEC 61850 系列标准的实践应用过程中,笔者发现根据 IEC 61850-6 标准对变电站 IED 进行配置存在若干实际问题,本文就这些问题分别进行阐述,并给出相应的解决办法或建议。本文讨论的标准版本为 IEC 61850-6 第 1 版。

1 SCL 文件结构简介

IEC 61850 系列标准的目的是为来自不同厂家的 IED 产品提供互操作性,所讨论的焦点是为变电站通信管理提供一套能够满足互操作性要求的变电站通信系统^[4-5]。为了在应用层屏蔽不同厂家装置的差异性,通过网络远程安全地进行信息交换和系统配置,所以要统一使用严格规范的 SCL^[6]。

SCL 是利用可扩展标记语言(XML)的可扩展性,根据变电站配置的特殊要求定义的一种行业专用语言,作为变电站配置的专用描述语言,在语法上遵循 XML 的语法规则,在语义上尽可能包含变电站配置所涉及的各类对象。SCL 文件的根元素是 SCL。SCL 包含 5 个子元素:Header, Substation, Communication, IED, DataTypeTemplates。每个子元素下配置相应的该部分的模型信息。

1) Header 部分:包含 SCL 文件的版本信息和修订信息、文件书写工具标识以及名称映射信息,用来描述文件自身的信息。

2) Substation 部分:即变电站模型,包含变电站的功能结构、其主要元件和电气连接以及相应的功能节点,主要用在 SSD 文件和 SCD 文件中,在 ICD 文件和 CID 文件中是可选的。

3) Communication 部分:即通信模型,定义了子网中 IED 接入点的相关通信信息,包括设备的网络地址和各层物理地址。

4) IED 部分:即 IED 模型,描述了 IED 的配置情况及其所包含的逻辑装置、逻辑节点、数据对象和所具备的通信服务能力,涵盖了功能和通信 2 方面的内容。

5)DataTypeTemplates 部分:即可实例化的逻辑节点类定义模型,详细定义了在文件中出现的逻辑节点类型以及该逻辑节点所包含的数据对象和数据属性。

IEC 61850-6 标准中,用 XML Schema^[7-9]来定义 SCL 文件的结构。标准中使用了 8 个 Schema 文

件,其中 SCL . xsd 是主文件,它引用或包含其他 7 个 Schema 文件。各 Schema 文件及其相互关系如表 1 所示^[10]。各 Schema 文件通过定义各种简单或复杂类型来定义 SCL 文件中的各种元素及其属性值的类型,保证配置信息交换格式统一规范。

表 1 构成整个 SCL Schema 的所有文件列表
Table 1 All files that compose the whole SCL Schema

文件名	描述	与其他文件的关系
SCL_BaseSimpleTypes. xsd	其他部分中用到的基本简单类型定义	
SCL_Enums. xsd	其中定义所用到的 XML Schema 枚举类型	包含 SCL_BaseSimpleTypes. xsd
SCL_BaseTypes. xsd	其他部分中用到的基本复杂类型定义	包含 SCL_Enums. xsd
SCL_Substation. xsd	变电站相关的语法定义	包含 SCL_BaseTypes. xsd
SCL_Communication. xsd	通信相关的语法定义	包含 SCL_BaseTypes. xsd
SCL_IED. xsd	IED 相关的语法定义	包含 SCL_BaseTypes. xsd
SCL_DataTypeTemplates. xsd	数据类型模板相关的语法定义	包含 SCL_BaseTypes. xsd
SCL. xsd	主要的 SCL Schema 语法定义,其中定义了 SCL 文件的根元素	包含 SCL_Substation. xsd, SCL_Communication. xsd, SCL_IED. xsd 及 SCL_DataTypeTemplates. xsd

2 SCL 应用实践中的若干问题

2.1 如何表达具有 2 种或以上功能约束值的数据属性

问题描述:根据 SCL Schema 文件 SCL _ DataTypeTemplates. xsd 的定义,SCL 文件的 DataTypeTemplates 部分中,元素 DOType 的子元素 DA(Data attribute),其类型为 tDA,该类型是在抽象类型 tAbstractDataAttribute 的基础上派生来的。根据定义,元素 DA 必须带有 (use = “required”)的属性为 fc,name 和 bType,其中,fc 是该数据属性的功能约束 (functional constraint),name 是该数据属性的名字,bType 是该数据属性值的基本类型。即对每一个 DA 元素而言,fc,name 和 bType 这 3 个属性总是会同时出现的。IEC 61850-6 标准中给出的 Schema 规定,在一个数据对象元素下,数据属性名字是惟一的,具体的 Schema 源码表达如清单 1 所示(取自 IEC 61850-6 标准^[2]的 SCL_DataTypeTemplates. xsd 文件)。

清单 1:

```
<xs:element name="DOType" type="tDOType"
maxOccurs="unbounded">
  <xs:unique name="uniqueDAorSDOInLDOType">
    <xs:selector xpath="./*"/>
    <xs:field xpath="@name"/>
  </xs:unique>
</xs:element>
```

这样,某一名字的数据属性的功能约束值就只能有 1 种取值。但是,在 IEC 61850-7-3^[11]中,有为数不少的数据属性具有 2 种甚至 2 种以上的功能约

束值,例如,公共数据类 ASG 的 setMag 数据属性,在支持设置组时,其功能约束值就有 SG 和 SE 这 2 种。这种情况在目前标准所给的 Schema 的约束下,在 SCL 文件中是无法表达的。以这里提到的公共数据类 ASG 的 setMag 数据属性为例,如果在 SCL 文件中表达为如清单 2 所示形式,则会因为清单 1 所示程序中的名称的惟一性约束而报有效性错误,因为在一个数据对象之下属性名字出现重复。但是,对同一个数据属性具有 2 种功能约束值时,却只能这样表达。

清单 2:

```
<DOType cdc="ASG" id="ieslab_ASG">
  <DA name="setMag" bType="Struct" fc=
    "SG" type="ieslab_AnalogueValue"/>
  <DA name="setMag" bType="Struct" fc=
    "SE" type="ieslab_AnalogueValue"/>
</DOType>
```

解决方法:笔者认为,标准中提供的 SCL _ DataTypeTemplates. xsd 文件在清单 1 中,惟一性约束的选域不应只为名称 (“@name”)属性值,而应该是名称和功能约束这 2 个属性值的组合,即改为清单 3 所示的程序形式,加上黑体字所示的一行。也就是说,应该是 name 和 fc 这 2 个属性值组合,在数据对象节点下是惟一的。这样就能有效解决上述问题。

清单 3:

```
<xs:element name="DOType" type=
  "tDOType" maxOccurs="unbounded">
  <xs:unique name="uniqueDAorSDOInLDOType">
    <xs:selector xpath="./*"/>
```

```

<xs:field xpath="@name"/>
<xs:field xpath="@fc"/>
</xs:unique>
</xs:element>

```

2.2 SBO 等大写字母开头的属性名不符合 Schema 的属性名规范

问题描述: SCL Schema 文件对逻辑节点下各种数据和数据属性的名字进行了规范,其中,数据的名字字段取值类型为“tRestrName1stU”,而数据属性名字字段的取值类型为“tRestrName1stL”。这 2 种类型在标准中的 SCL_BaesSimpleTypes . xsd 文件中进行了定义, tRestrName1stU 是以大写字母开头、数字和其他任意字符混合的字符串; tRestrName1stL 是以小写字母开头、数字和其他任意字符混合的字符串。特别是,对于数据属性名字, Schema 文件 SCL_Enums . xsd 中还专门定义了类型 tAttributeNameEnum。该类型是其他 2 个类型(即类型 tPredefinedAttributeNameEnum 和类型 tExtensionAttributeNameEnum)的联合。其中,类型 tPredefinedAttributeNameEnum 中是预定义的属性名枚举值,凡是以大写字母开头的属性名字均在预定义属性名枚举类型中进行预定义;而类型 tExtensionAttributeNameEnum 是扩展的属性名枚举类型,要求属性名字是以小写字母开头的。SCL 文件中未进行预定义的属性名字都属于扩展属性名,要求以小写字母开头。具体的 Schema 源码如清单 4 所示(取自 IEC 61850-6 标准的 SCL_Enums. xsd 文件)。

清单 4:

```

<xs:simpleType name=
  "tPredefinedAttributeNameEnum">
  <xs:restriction base="xs:Name">
    <xs:enumeration value="T"/>
    <xs:enumeration value="Test"/>
    <xs:enumeration value="Check"/>
    <xs:enumeration value="SIUnit"/>
  </xs:restriction>
</xs:simpleType>
<xs:simpleType name=
  "tExtensionAttributeNameEnum">
  <xs:restriction base="tRestrName1stL"/>
</xs:simpleType>
<xs:simpleType name="tAttributeNameEnum">
  <xs:union memberTypes="tPredefinedAttributeNameEnum tExtensionAttributeNameEnum"/>
</xs:simpleType>

```

在 IEC 61850-8-1^[12] 的附录 E 中,对 SPC, DPC, INC, BSC, ISC 和 APC 这 6 个可控公共数据类进行了扩展,其中均含有 SBO, SBOw, Oper 和 Cancel 这 4 个数据属性。这 4 个属性名均是大写字

母开头,并且在 IEC61850-6 标准给出的 Schema 中没有进行预定义,所以,这 4 个属性写到 SCL 文件中进行有效性检查时,会因属性名字不规范而报错。

这一问题的解决办法可有以下 2 种:

1) 将这 4 个属性名在预定义属性名枚举类型中进行预定义,这样就能妥善地解决这一问题。也就是将清单 4 中的 tPredefinedAttributeNameEnum 类型定义改为清单 5,加上黑体字所示的 4 行,将 SBO, SBOw, Oper 和 Cancel 这 4 个属性名进行预定义。

清单 5:

```

<xs:simpleType name=
  "tPredefinedAttributeNameEnum">
  <xs:restriction base="xs:Name">
    <xs:enumeration value="T"/>
    <xs:enumeration value="Test"/>
    <xs:enumeration value="Check"/>
    <xs:enumeration value="SIUnit"/>
    <b><xs:enumeration value="SBO"/></b>
    <b><xs:enumeration value="SBOw"/></b>
    <b><xs:enumeration value="Oper"/></b>
    <b><xs:enumeration value="Cancel"/></b>
  </xs:restriction>
</xs:simpleType>

```

2) 在不修改 Schema 的前提下,将这 4 个数据属性名字的首字母改为小写,这样也能解决这一问题。

2.3 各种控制块元素的 datSet 属性是否可取空值

问题描述: 在 IEC 61850-6 标准中, IED 部分中逻辑节点下的各种控制块均有一个 datSet 属性,标准的表 22、表 25、表 26、表 27 中对该属性的解释是: 在 ICD 文件中,该属性值可以为空值,即在 ICD 文件中,控制块可以不引用数据集。但是,在 Schema 文件 SCL_IED. xsd 中定义了关键字 DataSetKeyLN0 和 DataSetKeyInLN,各种控制块的 datSet 属性的取值限制为只能是关键字引用,即逻辑节点下定义过的数据集的引用,也就不允许出现空值。这也是标准本身出现的矛盾。

实际上,在 Schema 中加这一限制对实际工程应用是很有用的,可以杜绝很多情况的数据集引用错误,但是这恰恰也杜绝了 ICD 文件中的控制块不引用数据集这一情况。

解决方法: 这一问题从 2 个不同角度考虑,可以有以下 2 种解决办法:

1) 按照 Schema 的限制,不允许控制块中的 datSet 属性取空值。这要求在写 SCL 文件时,即使是 ICD 文件,也要给 datSet 属性赋值,并且值必须是逻辑节点中定义的数据集名字,而不取空值,以保证 SCL 文件能通过 Schema 的有效性验证。在实践

中,笔者就是采用这一解决办法。该办法的缺点是,在有控制块的逻辑节点下必须定义数据集。

2)若要使 Schema 允许 datSet 属性取空值,则要修改 Schema,将 SCL_IED.xsd 文件中定义的有关控制块中的数据集关键字引用删除,即删掉文件中的 ref2DataSetReportLN0, ref2DataSetLogLN0,以及 ref2DataSetGSELN0, ref2DataSetSVLN0, ref2DataSetReport, ref2DataSetLog 这几个关键字引用的定义。这种办法在解决了允许控制块的 datSet 属性取空值的同时,也牺牲了 Schema 验证数据集引用的正确性的限制功能。笔者推荐采用第 1 种解决办法。

2.4 ConfDataSet 元素类型错误

在 Schema 文件 SCL_IED.xsd 中,定义了服务类型 tServices,其中又定义了 24 种服务选项,ConfDataSet 是其定义的服务选项之一。IEC 61850-6 标准的表 10 中描述 ConfDataSet 服务有 max, maxAttributes 和 modify 这 3 个属性,所以它应该是 tServiceWithMaxAndModify 类型,而不应该是 tServiceWithMaxAndMaxAttributes 类型。所以,标准给出的 SCL_IED.xsd 文件中的 ConfDataSet 元素定义语句应做相应修改。

类型 tServiceWithMaxAndMaxAttributes 仅有 max 和 maxAttributes 这 2 个属性,而类型 tServiceWithMaxAndModify 还具有 modify 这个属性。很明显,ConfDataSet 应该是属于 tServiceWithMaxAndModify 类型的。

2.5 简单单位枚举“SIUnit”中第 38 号和第 62 号重复使用 W 表示

IEC 61850-7-3 标准的附录 A 列出了各种简单单位和复合单位的名称、符号及其编号值等,据此,IEC 61850-6 标准附录 B 也给出了相应的枚举类型定义。其中,简单单位枚举“SIUnit”的第 38 号和第 62 号枚举值都是“W”,查阅 IEC 61850-7-3 标准的附录 A 可知,第 38 号的“W”是表示功率单位“watt (J/s)”,而第 62 号枚举值“W”是表示有功功率“watts(I^2R)”。尽管都是功率单位,但作为 2 个枚举值来编号,从直观角度上考虑,不应该用同样的符号(W)来表示,建议将后者改为 Watts。

3 结语

SCL 采用标准中定义的公共模型及模型组件对象对 IED 进行描述,不但使 IED 的自描述简洁明了,而且由于模型对象的通用性,有效屏蔽了装置间的差异,使通过网络高效率地完成装置间的互操作和系统集成成为可能。IEC 61850 系列标准是今后电力系统无缝通信体系的基础,尽快掌握并在工程领域实施该标准是业界的共识。但在 SCL 以至整

个系列标准的具体实践应用的实现中,还有很多细节问题要深入理解和研究,并需要在较大范围的互操作实验中进行实验分析、研究与验证。可以预计,虽然 IEC 61850 系列标准已经正式出版,但仍需在大量的工程实践中经过检验并加以修订。

参考文献

- [1] 卞鹏,潘彦存,高湛军,等.使用 XML 实现变电站中 IED 的自动识别和远程配置.电力系统自动化,2004,28(10):69-72.
BIAN Peng, PAN Zhencun, GAO Zhanjun, et al. Implementation of automatic recognition and remote configuration of IEDs in substations with XML. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(10): 69-72.
- [2] IEC 61850-6 Communication networks and systems in substation; Part 6 Configuration description language for communication in electrical substations to IEDs, 2004.
- [3] 任雁铭,秦立军,杨奇逊. IEC 61850 通信协议体系介绍和分析.电力系统自动化,2002,26(8):62-64.
REN Yanming, QIN Lijun, Yang Qixun. Study on IEC 61850 communication protocol architecture. Automation of Electric Power Systems, 2002, 26(8): 62-64.
- [4] 张结.应用 IEC 61850 实现产品互操作性的思考.电力系统自动化,2005,29(3):90-94.
ZHANG Jie. Study on the interoperability implementation of the products by using IEC 61850. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(3): 90-94.
- [5] 操丰梅,任雁铭,王照,等.变电站自动化系统互操作实验建议.电力系统自动化,2005,29(3):86-89.
CAO Fengmei, REN Yanming, WANG Zhao, et al. Advices on interoperability test of substation automation systems. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(3): 86-89.
- [6] 朱炳铨,任雁铭,姜健宇,等.变电站自动化系统实现 IEC 61850 的过渡期策略.电力系统自动化,2005,29(23):54-57.
ZHU Bingquan, REN Yanming, JIANG Jianning, et al. Strategy for implementation of IEC 61850 in substation automation system during transitional period. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(23): 54-57.
- [7] W3C. XML Schema: Part 0 Primer Second Edition [EB/OL]. 2004-10-28. <http://www.w3.org/TR/xmlschema-0/>.
- [8] W3C. XML Schema: Part 1 Structures Second Edition [EB/OL]. 2004-10-28. <http://www.w3.org/TR/xmlschema-1/>.
- [9] W3C. XML Schema: Part 2 Datatypes Second Edition [EB/OL]. 2004-10-28. <http://www.w3.org/TR/xmlschema-2/>.
- [10] 张结,卢德宏. IEC 61850 的语义空间研究.电力系统自动化,2004,28(11):45-48.
ZHANG Jie, LU Dehong. On the semantic space in IEC 61850. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(11): 45-48.
- [11] IEC 61850-7-3 Communication networks and systems in substation; Part 7-3 Basic communication structure for substations and feeder equipment; Common data classes, 2003.
- [12] IEC 61850-8-1 Communication networks and systems in substation; Part 8-1 Specific Communication Service Mapping (SCSM); Mappings to MMS (ISO 9506-1 and ISO 9506-2) and to ISO/IEC 8802-3, 2004.

(下转第 107 页 continued on page 107)

邹晓玉(1970—),女,硕士,讲师,主要从事电路与系统及电力系统自动化方面的研究与教学工作,研究方向为电力系统智能控制与测量。E-mail: zouxiaoyu1118@hotmail.com

王 浩(1949—),男,副教授,硕士生导师,从事电力自动化系统通信网络应用研究与教学工作,以及电力通信网络的实用开发。

吴晓博(1963—),男,硕士,高级工程师,从事电力自动化系统应用研究与开发。

Discussion on Practical Issues of Substation Configuration Language in IEC 61850 Standards

ZOU Xiaoyu¹, WANG Hao^{1,2}, WU Xiaobo²

(1. Shandong University, Weihai 264200, China)

(2. Shandong Integrated Electronics Co Ltd, Jinan 250100, China)

Abstract: According to the IEC 61850 serial standards and the syntax and semantic of substation configuration language (SCL), some practical issues about the application of SCL in terms of IED configuration in substation communication system are described. Some conflicting questions about SCL Schema are put forward and one or two careless omission is pointed out in the text. The problems include: How to express the data attribute, which has two or more kinds of function restraint values? The attribute name begins with the capital letter, i. e. attribute SBO, which is not conforming to the attribute name standard in Schema; The value of attribute datSet of all kinds of control block elements is null; The type of element ConfDataSet is wrong; In the simple unit enumerates "SIUnit", No. 38 and No. 62 repeatedly use W to express. The corresponding solving methods and proposals are given for the issues above.

Key words: IEC 61850; substation configuration language; SCL Schema; IED configuration