

# 电力系统信息的 XML 描述

牛春霞,宋 玮,张坤峰

(华北电力大学 电力工程系,河北 保定 071003)

**摘要:**把可扩展标记语言(XML)应用于电力系统中,利用其利于跨平台的数据交换和系统的互操作、良好的数据存储格式、可扩展性、高度结构化等优点,很好地解决了异构平台之间的数据传输。详细介绍了面向设备的 XML 描述方法以及用 XML 描述电力系统信息的方法。以变压器为例,说明了 XML Schema 制定及相应的 XML 描述,其步骤包括:进行 XML 类型声明,包括版本和编码形式;Schema 声明语句,包含 Schema 命名空间的声明;声明一个元素名为 Substation 的用户自定义的复杂数据类型,并通过嵌入复杂数据类型的定义实现用户自定义的复杂数据类型;声明一个 Transformer 元素;各个独立子元素的声明。

**关键词:**可扩展标记语言;电力系统信息;XML Schema

**中图分类号:** TM 76;TP 391

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1006-6047(2006)07-0034-04

## 0 引言

以前,电力系统中的数据只是在变电站与调度之间传输,客户端对象单一且数量有限,变电站中的数据只供调度员浏览,而且调度端须配置专门的接收软件。如今,电力市场不断发展,迫切要求一些实时数据对外开放;并且随着计算机网络技术的快速发展,电力系统中的管理人员也迫切需要能够通过网络快速、便捷地了解电力系统中的信息。此时,客户端的对象类型多样化且数量增大,服务对象除调度员外还有电力系统中的管理人员和电力用户等,如果在客户端再要求安装相应的接收软件才能浏览变电站中的数据,不仅会给用户带来很大不便,还会造成资源浪费。在传统的电力系统中,各种信息通常都相对封闭,异构系统之间的信息共享很有限,而且难以实现<sup>[1]</sup>。随着电力系统的不断扩大,信息资源逐渐成为电力系统发展的关键。当前流行的 Web Service 技术可以很好地解决这些问题。

为了方便电力系统中的内部管理和对外公开与用户相关的电力系统中的信息,使用户能够通过网络快速、方便地查询,了解电力系统中的信息以便作出决策,需要在电力系统中建立专门的 Web Service,它只要求在客户端有浏览器即可使用户能够很方便地浏览变电站中提供的数据,还能实现异构系统之间的数据共享。而要实现 Web Service 技术,对电力系统信息的可扩展标记语言 XML(eXtensible Markup Language)描述是前提。

## 1 用 XML 描述电力系统信息

### 1.1 选用 XML 的原因

随着信息网络飞速发展,相继产生了标准通用

标记语言 SGML(Standard Generalize Markup Language)、HTML(HyperText Markup Language)和 XML 3 种标记语言,都可以对信息进行描述。SGML、HTML 和 XML 都有各自的优缺点。SGML 具有灵活性、通用性、信息再利用性等优点,但 SGML 的应用程序不易开发,且 SGML 文件不易在 Web 上传播,这使得 SGML 在实际应用中受到了很大的限制<sup>[2]</sup>。目前,随着网络技术的快速发展,SGML 已经很少使用。随后,HTML 得到了快速普及,这与其自身的优势是分不开的,如:HTML 浏览器功能强大,HTML 文件浏览器接口可以容易地实现与现有产品相结合,可直接使用第三方插件方便地增加功能,可将大量信息传送到 HTML 浏览器中,HTML 还能有效控制内容的显示,简单易学,超文本、超链接功能强大。但 HTML 只能显示内容而无法表达数据内容,而且 HTML 的可扩展性差,用户不能自定义有意义的置标供他人使用,这些使得 HTML 在实际应用有很大局限性。XML 兼具了 SGML 的强大功能、可扩展性以及 HTML 的简单性,成为目前最易掌握和功能最强的标记语言<sup>[3]</sup>。

### 1.2 XML 简述<sup>[1]</sup>

XML 是万维网联盟 W3C(World Wide Web Consortium)制定的 SGML 的一个子集,它描述了一类称为 XML 文档的数据对象,同时也部分地描述了处理这些数据对象的计算机程序的行为。

由于 XML 是一种元标记语言,因而没有固定的可适用于所有领域中所有用户的标签和元素,但它允许开发者和编写者根据需要定义元素。XML 中的 X 代表可扩展,即可对 XML 文档进行扩展以满足各种需要。经扩展,XML 文档描述的数据信息不仅清晰可读,而且对数据的搜索与定位更为精确。

XML 强调数据本身的描述和数据内容的组织存放结构,因此使用者可按照自身需要从中提取相关数据,用以实现不同目的。XML 文档是文本,任何能

读文本文件的工具都能读取 XML 文档。因此,用 XML 描述的数据可长期保存而不必担心无法识别。

XML 最主要的 4 大特点是:良好的数据存储格式;可扩展性;高度结构化;便于网络传输。这些特点决定了其在数据交换和整合方面卓越的性能表现。

2 面向设备的 XML 描述方法<sup>[4]</sup>

对数据的自描述一般有 2 种方法:采用面向点的数据描述方法;采用面向设备的描述方法。

采用“面向点”的数据描述方法,在信息传输时数据收发双方必须事先对数据库进行约定,并一一对应,这样才能正确反应现场设备的状态协议。一旦确立以后,如果要增加或删除某些信息就必须对协议进行修改,这是一项耗费资金和时间的工作。随着技术发展、电力市场建立和变电站自动化水平的提高,变电站内需要传输的新信息不断增加,这种数据描述方法已不大适应,会限制新功能的应用。

采用面向设备的数据自描述在数据源就对数据本身进行自我描述,传输到接收方的数据都带有自我说明,不需要再对数据进行工程物理量对应、标度转换等工作。由于数据本身带有说明,所以传输时可以不受预先定义限制,简化了对数据的管理和维护工作。采用面向设备自我描述的方法,传输时开销增加,由于网络技术发展,传输速率提高,使得面向设备自我描述方法的实现才有可能。由于新技术的不断发展,变电站内的新应用功能不断出现,需要传输新的信息,已经定义的协议可能无法传输这些新的信息,使得新功能的应用受到限制,采用面向设备自我描述方法就可以适应这种形势发展的要求,不受预先约定的限制,无论何种信息都可以传输。采用面向设备自我描述的方法,传输到用户端的数据都带有说明,马上建立数据库,使得现场验收的验证工作大大简化,数据库的维护工作量大大减少。

为此,将电力系统中的信息以设备为单位进行描述,可分为母线、线路、变压器、电容器、电抗器、断路器 6 大类设备。对每个设备,首先描述其名字,再描述相关的状态量,最后描述相关的模拟量。变压器设备包括主变号、分接头位置、温度、电压、电流等;母线包括母线号、电压等级、电压、电流、有功、无功等;线路包括线路号、电压等级等;电容器和电抗器包括名字、电压、电流等;每个断路器都有名字、是否是常开、最后动作时间、开断电流、开断时间等,见图 1。

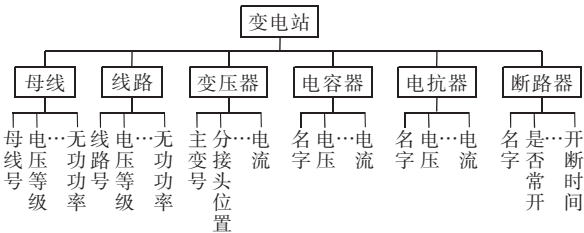


图 1 变电站树型模型

Fig.1 Substation tree model

3 用 XML 描述电力系统信息的方法

3.1 XML 文档模式的制定

3.1.1 制定 XML 文档模式的方法选择<sup>[5-6]</sup>

在对电力系统中的信息进行 XML 描述时,首先要解决的问题是在描述过程中采用什么元素、标记、属性和实体;如何反映所描述的这些信息之间的逻辑关系;如何确保文件的易读性和可搜索性。这些问题的解决,其实也就是为 XML 文档制定一个模式。在 XML 文档模式中定义在用 XML 描述电力系统信息时采用的语义和语法,这正是 XML 可定制的体现。

制定 XML 文档模式的方法有 2 种:DTD(XML 文档类型定义)和 W3C 定义的 XML Schema。DTD 的语法相当复杂,并且它不符合 XML 文件的标准,自成一个体系。换言之,DTD 文档本身并不是一个良好形式的 XML 文档。Schema 相对于 DTD 的明显好处是 XML Schema 文档本身也是 XML 文档,而不是像 DTD 那样有自己的特殊语法。Schema 用 XML 编写,这对用户有 5 点好处。

a. 一致性。XML Schema 的格式与 XML 的格式完全相同,而 DTD 格式则与 XML 格式完全不同。用户在使用 XML Schema 时,不需要为理解 XML Schema 而重新学习,节省了时间。

b. 互换性。可根据需要设计适合自己应用的 Schema,并可同他人交换彼此的 Schema,还可将不同的 Schema 进行转换,实现更高层次的数据交换。

c. 扩展性。Schema 可扩展,能向 Schema 中加入元素和属性,只要元素和属性名域不同,它们在一个 Schema 中是合法的,而 DTD 无法解析扩充内容。

d. 规范性。同 DTD 一样,Schema 也提供了一套完整的机制以约束 XML 文档中标记的使用,但相比之下,后者基于 XML,更具有规范性。Schema 利用元素的内容和属性定义 XML 文档的整体结构。

e. 易用性。Schema 取代 DTD 的另一原因要归结于 DOM 和 SAX,作为一种 XML API,DOM 和 SAX 只是对 XML 实例文档有效,对 DTD 则无效。因为 DTD 无法详细规定数据的反复次数和出现顺序等。

3.1.2 制定方法<sup>[8-10]</sup>

以前的 Schema 文档对 XML 文档中的内容和结构是采用“过程化方式”定义,即按照元素间的嵌套关系逐一定义元素。当文档复杂时,这种定义方式难以理解,而且扩展性不好。

用 XML 制定电力系统规范主要是针对电力系统共同属性,而电力系统内部数据交换又有一定的特色,需要 XML Schema 具有良好的面向对象性。一般而言,电力系统在内部应用 Schema 文档时需要根据自身情况对 Schema 文档进行扩展,所以扩展性非常重要。故采用新型的 XML Schema 规范书写方式,即面向对象方式。这种方式具有良好的扩展性,通过定义元素的全局性或局部性并结合类型定义 (complexType, simpleType) 灵活书写 Schema 文档。

书写 Schema 文档结构的原则一般是:第 1 层的元素定义为全局元素;把多次出现的元素定义为全局元素,当需要使用时,只需引用而无需重新定义;其他定义为局部元素。某个元素的子元素个数超过 3 个(尤其这些子元素自身还有子元素时),则把这些子元素定义成一个类或称为一个复杂类型<sup>[7]</sup>。

写 XML Schema 时,将图 1 中的树型模型分层:元素变电站(Substation)为第 1 层,元素母线(Busbar)、线路(Circuit)、变压器(Transformer)、电容器(Capacitor)、电抗器(Reactor)、断路器(Breaker)为第 2 层,第 2 层中的各个元素所包含的子元素为第 3 层。

以变压器为例,详细介绍其 XML Schema 制定及相应的 XML 描述。其他设备的 XML 描述与此类似,只是其中的变量有所不同,在此不赘述。

XML Schema 本身就是一个 XML 文档,故第 1 步要进行 XML 类型声明,内容包括版本、编码形式。`<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>`是对 XML 的类型声明语句,指明该文档是一个 XML 文档,且符合版本 1.0 规范。另外,该文档采用 UTF-8 编码。

第 2 步是 Schema 声明语句,它包含了 Schema 命名空间的声明,本例中用到了 3 个命名空间:一是 `xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"`,指明创建该文档的 Schema 元素所来自的名称空间;二是 `targetNamespace="http://www.transformers.com"`,指定该 Schema 文档所声明的元素所适用的名称空间;三是 `xmlns="http://www.transformers.com"`,指明该文档的缺省名称空间。如下所示:

```
<xsd:schema xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/
XMLSchema"
```

```
targetNamespace="http://www.transformers.com"
xmlns="http://www.transformers.com">
```

第 3 步是要声明一个元素名为 Substation 的用户自定义的复杂数据类型,并通过嵌入复杂数据类型的定义实现用户自定义的复杂数据类型。Substation 元素中包括 Transformer 子元素且声明了它的出现次数必须至少为 1。如下所示:

```
<xsd:element name="Substation">
  <xsd:complexType>
    <xsd:sequence>
      <xsd:element ref="Transformer"
minOccurs="1" maxOccurs="unbounded"/>
    </xsd:sequence>
  </xsd:complexType>
</xsd:element>
```

复杂数据类型是指包含子元素和属性的数据类型。其中, `xsd:sequence` 用于决定子元素的顺序。`xsd:sequence` 中的子元素必须按声明的顺序出现在 XML 文档中。`ref` 属性的值必须是一个在别处已声明的元素,且该元素必须是 Schema 元素的直接子元素,不能是 Schema 子元素的子元素或是更低层次的子元素。这样声明的元素类型与引用元素的类型相

同。`minOccurs` 属性和 `maxOccurs` 属性用于控制元素的出现次数。

第 4 步是声明一个 Transformer 元素,在此元素内部也嵌入了复杂数据类型的定义。在 Transformer 元素中所包含的子元素 `name`、`tap position information`、`temperature`、`voltage`、`current` 按所定义的先后顺序出现在 XML 文档中,并指出它们各自的出现次数必须为 1。此声明与第 3 步中的元素声明类似,如下所示:

```
<xsd:element name="Transformer">
  <xsd:complexType>
    <xsd:sequence>
      <xsd:element ref="name" minOccurs="1"
maxOccurs="1"/>
      <xsd:element ref="tap position information"
minOccurs="1" maxOccurs="1"/>
      <xsd:element ref="temperature" minOccurs="1"
maxOccurs="1"/>
      <xsd:element ref="voltage" minOccurs="1"
maxOccurs="1"/>
      <xsd:element ref="current" minOccurs="1"
maxOccurs="1"/>
    </xsd:sequence>
  </xsd:complexType>
</xsd:element>
```

最后,是各个独立子元素的声明,如下所示:

```
<xsd:element name="name" type="xsd:string"/>
<xsd:element name="tap position information"
type="xsd:string"/>
<xsd:element name="temperature" type="xsd:
string"/>
<xsd:element name="voltage" type="xsd:string"/>
<xsd:element name="current" type="xsd:string"/>
</xsd:schema>
```

此处 `name` 属性用于指明元素名称;`type` 属性用于指定元素的数据类型。

### 3.2 引用 Schema 的 XML 文档

引用 Schema 的 XML 文档 Substation.xml 如下:

```
<?xml version="1.0" encoding="gb2312"?>
<Substation xmlns="http://www.transformers.com"
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/
XMLSchema-instance"
xsi:schemaLocation="http://www.transfor-
mers.comSubstation.xsd">
  <Breaker>
    <name>1# 主变 SFPSZ10-120000/220</name>
    <tap position information>220+2×2.5 %</ tap
position information>
    <temperature>72 ℃</ temperature>
    <voltage>230 kV</ voltage>
    <current>301.23 A</ current>
```

</transformer>

...

</Substation>

其中,“xmlns”是个名域声明,定义一个默认的名域空间,告知 Schema 解析器,该 XML 文档中所有未加名域前缀的元素都来自 <http://www.transformers.com> 名域。空间“xmlns:xsi”定义了一个名为 xsi 的名域空间,当 Schema 解析器碰到 xsi 时,会把它翻译成 <http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance> 名域空间。该名域空间是标准的名域空间。“xsi:schemaLocation”表示 schemaLocation 属性是来自 xsi 名域空间的,“xsi:”是一个名域前缀,表示 schemaLocation 来自 xsi 名域空间。schemaLocation 属性告知 Schema 解析器,<http://www.transformers.com> 名域空间中的元素在 Substation.xsd 文件中定义,这样解析器就可调用文件 Substation.xsd 进行有效性检验。

#### 4 结语

对电力系统中信息的描述采用了 XML 技术,通过 XML 技术制定出了一个以设备为单位描述电力系统信息的规则 Schema。它与运动传输规约类似,都是为数据传输作出的一种格式约定,它们之间只是约定格式的具体内容不同而已。有了这个统一的描述规则后,就可以利用 XML 实现对所有电力系统信息的描述。通过对电力系统信息的 XML 的描述(即以设备为单位进行描述使得用户查看某个设备的信息时,该设备的所有相关信息都可显示),将可以产生真正意义的电力系统信息平台。对于电力系统中的信息,可以产生一套完整的 XML 语言进行描述,这样在程序中只需要符合这种特征的电力系统信息都可以通过简单修改 XML 语言实现真正的不改程序。如果能够将开发程序的工作转变为描述 XML 语言,那么现场工作量将会很小。

#### 参考文献:

- [1] 何志崑,涂光瑜,罗毅,等. 基于 XML 的电力系统异构数据交互应用研究[J]. 继电器,2004,32(6):13-16.

HE Zhi-min,TU Guang-yu,LUO Yi,et al. Application of XML technique to data exchange in power system automation [J]. Relay,2004,32(6):13-16.

- [2] 徐永川. SGML,HTML 与 XML 的比较[J]. 情报科学,2004,22(1):100-103.  
XU Yong-chuan. Comparision of SGML,HTML and XML [J]. Information Science,2004,22(1):100-103.  
[3] 王毓敏. 浅析 XML[J]. 天津电大学报,2004,8(2):29-30.  
WANG Yu-min. A brief description of XML [J]. Journal of Tianjin RTV University,2004,8(2):29-30.  
[4] 吴在军,胡敏强. 基于 IEC 61850 标准的变电站自动化系统研究[J]. 电网技术,2003,27(10):61-65.  
WU Zai-jun,HU Min-qiang. Research on a substation automation system based on IEC 61850 [J]. Power System Technology,2003,27(10):61-65.  
[5] 邱智勇,黄武浩,王康元. 基于 XML 的规约组件设计[J]. 继电器,2003,31(4):38-42,57.  
QIU Zhi-yong,HUANG Wu-hao,WANG Kang-yuan. XML based protocols component design[J]. Relay,2003,31(4):38-42,57.  
[6] 李华,刘修国. 对 XML 的模式 DTD 和 Schema 的探讨[J]. 计算机与现代化,2003(2):12-15.  
LI Hua,LIU Xiu-guo. A discussion of XML's DTD and Schema [J]. Computer and Mordernization,2003(2):12-15.  
[7] 汪军,杨厚华,张庆芳. 新型 XML Schema 书写规范探讨[J]. 贵州工业大学学报:自然科学版,2003,32(1):61-65.  
WANG Jun,YANG Hou-hua,ZHANG Qing-fang. Exploration and discussion on the new normal written way of XML Schema [J]. Journal of Guizhou University of Technology:Natural Science Edition,2003,32(1):61-65.  
[8] WALMSLEY P. XML 模式权威教程[M]. 陈维军,乔安平,英宇,等,译. 北京:清华大学出版社,2003.  
[9] MERCER D. XML 编程起步[M]. 袁鹏飞,译. 北京:人民邮电出版社,2002.  
[10] 清宏计算机工作室. XML 编程起步[M]. 北京:机械工业出版社,2002.

(责任编辑:李育燕)

#### 作者简介:

牛春霞(1981-),女,河北平山人,硕士研究生,研究方向为电力信息分析与处理(E-mail:cailhong\_0629@163.com);

宋 玮(1963-),男,河北邯郸人,副教授,主要从事电力系统自动化、电力系统远动与信息网络和电力市场等方面的研究;

张坤峰(1979-),男,河南许昌人,硕士研究生,研究方向为电力信息分析与处理。

### XML description of power system information

NIU Chun-xia,SONG Wei,ZHANG Kun-feng

(North China Electric Power University,Baoding 071003,China)

**Abstract:** Features of XML(eXtensible Markup Language) are applied for data transfer between isomerous systems in power systems,such as inter-platform data exchange,inter-system operation,better data storage format,expansibility,highly structured file and so on. The device-oriented XML description and the way to describe electric system information with it are introduced. Taking transformer as an example,the XML Schema constitution and its XML description are presented. Steps are as follows:declaration of XML type,including its version and code format;declaration of Schema statement,including name spaces;element declaration of user-defined complex data type named as Substation and its implementation by inserting its definition;element declaration named as Transformer;declaration of each independent sub-element.

**Key words:** XML; power system information; XML Schema