

# 基于 XML 的电能质量标准数据 共享模型及跨平台数据交换

张 竞,肖先勇

(四川大学 电气信息学院,四川 成都 610065)

**摘要:** IEEE 提出的标准二进制电能质量数据格式(PQDIF)采用了通道定义和数据序列分离的数据结构,不仅降低了数据查询效率,而且读取、修改和结合应用程序实现复杂。在现有 PQDIF 数据模型的基础上,提出了一种用 XML 实现的电能质量数据模型:模型将测量类型、相位、序列值等以子对象方式嵌套于 3 种记录类型,通道定义和数据序列以索引相连,提高了数据查询效率;同时在 XML 模式定义中采用 base64binary 二进制储存 PQ 数据,有效地减少数据占用空间;最后,提出了基于模式转换的映射数据交换方法,任何 2 个 XML 文档解析出来的树结构元素都可以根据距离根节点的深度和数据字典进行语义自动匹配,精确度更高,处理速度也更快。基于以上数据交换模型和模式转换方法成功地实现了异构电能质量数据的交换,实践证明所提出的数据模型及实现方式具有良好的鲁棒性和可行性,能较好地实现电能质量数据的跨平台交换与共享。

**关键词:** 电能质量; 数据格式; 模式转换; 跨平台实现

中图分类号: TM 734; TM 76 文献标识码: B 文章编号: 1006-6047(2007)12-0088-05

## 0 引言

近年来,电能质量监测系统和电能质量信息管理系统受到国内外越来越多人士的关注<sup>[1-2]</sup>,电能质量分析、检测与监测、分类与识别、高层分析软件等方面均得到不同程度的发展<sup>[3-5]</sup>,在此基础上已开始向基于 Web 的电能质量信息网方向开展<sup>[6-7]</sup>。监测装置、分析软件、信息管理系统及 Web 服务器之间数据的开放性和共享性已成为迫切需要解决的重要课题。电能质量数据类型多、分层复杂<sup>[8]</sup>,为实现数据的开放和共享,建立数据共享模型是必然要求<sup>[9]</sup>。为此,IEEE 提出了统一的电能质量数据格式 PQDIF (Power Quality Data Interchange Format)标准<sup>[10]</sup>,该格式具有良好的结构和数据压缩性,但采用二进制,底层软件读取和解析较困难<sup>[11]</sup>,通道定义和序列值分离,采用参数索引方式较复杂,查询和修改文件不方便,文献[12]将记录数据分为时域、频域及事件特征量等类型,分类简单,但和现有 PQDIF 分类结构差异较大,数据存储占用空间大,不利于推广应用。

在现有 IEEE 定义的 PQDIF 格式的基础上,基于 W3C(World Wide Web 联盟)文本的纯数据描述语言 XML<sup>[13]</sup>,提出一种基于 XML 的电能质量标准数据共享模型,采用 base64binary 二进制储存格式减少了数据占用空间,并改进通道定义与序列值分离数据结构,最后成功实现了电能质量数据的跨平台交换。实践证明,所提出的数据模型和实现方式具有良好的鲁棒性和实用性,是一种较好的电能质量数据跨平台交换与共享方式。

## 1 PQDIF 电能质量数据模型

PQDIF 定义的数据模型包括物理层和逻辑层。

### 1.1 物理层结构

物理层描述文件的物理结构,与存储内容无关,记录头记录该记录链的绝对链接,记录体由集合、标量和向量等 3 种元素集组成,两者结构相同,如图 1 所示。标量和向量包含布尔型、字符型、整型、实数型、时间戳、唯一标识符 GUID

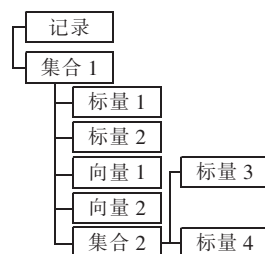


图 1 记录结构树

Fig.1 Structural tree of records

(Globally Unique Identifier)等多种数据类型,采用嵌套结构表示不同类型和层次结构的电能质量数据。

### 1.2 逻辑层结构

逻辑层将物理数据解释为电能质量数据,采用多层结构表示,即一个容器包含多个数据源,通过数据源嵌套监测仪的设置和观测数据,结构见图 2。

一个监测仪对应一个容器记录。数据源通过通

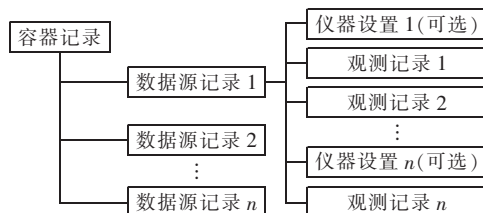


图 2 记录的逻辑结构

Fig.2 Logical structure of records

道定义,为观测记录指明记录类型(均方根记录、实时波形等)、测量类型(电压或电流)、相位等。观测记录包括通道所定义的均方根 RMS(Root Mean Square)记录、实时波形、稳态状态值 3 种类型,再对应数据源中的通道定义,将测量时间序列数据和记录序列数据储存于相应类型中。仪器设置作为通道定义的补充,提供触发类型、门槛值设置等信息。

### 1.3 PQDIF 数据对象建模

基于逻辑层、物理层定义和 PQDIF 所具有的标识继承性结构<sup>[14]</sup>,可以对电能质量数据进行记录。以任一数据源记录为例:

tagRecDatasource// 确定一个数据源

...

tagChanneldefs// 某一通道定义

tagPhaseID// 相位

tagQuantityMeasuredID// 测量类型

tagQuantityType// 数据类型

tagSeriesDefs// 时间或数据序列定义

...

tagRecmonitorSettings// 仪器设置

...

tagRecObservation// 确定观测记录

tagObservationName// 观察记录名称

tagTimeCreate// 创建时间

tagTimeStart// 发生时刻

...

tagChannellInstances// 通道实例的一个排序

tagOneChannellInst// 确定一个通道

tagChannelDefnIdx// 通道定义对应的一相电流或电压

tagSeriesInstance // 数值序列(时间、采样数据)

上述标识及其包含的数据类型均由 PQDIF 定义,通过标识继承性可以得到监测数据的拓扑结构。其中 tagChanneldefs 为数据源通道定义,tagChannellInstances 代表记录的数据序列,两者之间以参数定义索引。由于采用通道定义和数据序列分离结构,两者通常位于 PQDIF 文档的不同部分,多种扰动现象就需要用多通道定义和多数据序列,对查询和修改文件带来困难。

## 2 基于 XML 的标准电能质量数据模型

### 2.1 电能质量数据结构

基于 PQDIF 和电磁现象分类<sup>[15]</sup>,电能质量数据可分为以下 3 种记录类型:三相瞬时扰动的电压、电流波形(waveform,W 类);三相短期或瞬态扰动电压、电流均方根值幅值、相角记录对象(Phasor,P 类);三相中长期稳态值和干扰特征值对象(Value-log,V 类)。

根据以上分类,可构建图 3 所示的金字塔型的电能质量分层数据结构。

采用了分层、基于标识的面向对象结构,反映了 PQDIF 格式的逻辑层结构。



图 3 电能质量分层数据结构

Fig.3 Hierarchical structure of power quality data

### 2.2 基于 XML 的标准 PQ 数据模型

电能质量监测系统和分析软件生成的 XML 文件结构通常不同,只有定义标准数据模型,才能利用其在数据交换服务器上声明所交换的 XML 文档的元素和结构直接进行交换。XML 的结构文件有 DTD、XML 模式定义(XML Schema)<sup>[16]</sup>等方式,其中 XML 模式定义语法规则简单、数据类型丰富,能较好地满足电能质量数据的要求。

#### 2.2.1 标识定义

在 1.2 节定义的逻辑层基础上,用 XML 模式定义 PQDIF 物理层。遵循格式如下例:

```

<xsd:complexType element name="tag1" >
  <xsd:sequence>
    <xsd:element name="tag2" type="v1">
      <xsd:element name="tag3" type="v2">
        <xsd:sequence>
          <xsd:complexType Types>

```

其中“tag1”,“tag2”,“tag3”是元素标签名,利用复杂类型声明将后两者定义为 tag1 的子元素对象,“v1”、“v2”等是各自属性值,这些元素对象和属性均可自由扩展。文献[12,17]采用了不同于 PQDIF 的标识,给使用带来诸多不便,为了使 PQ XML 文档和 PQDIF 保持最大的一致性和可读性,元素标签采用 PQDIF 所定义的标准标识。例如,表示监测记录层,“tag1”用 PQDIF 中的 tagRecObservation 标识,其子类型 P 类用 ID\_QT\_PHASOR 在 tag2 处定义,因为 P 类属于 string 类型,则在 v1 处声明其为 string,其余类型的定义与此类似。

#### 2.2.2 数据储存

XML 文件基于文本,文献[11]将所有采样点数据以实际值顺序储存,占据的储存空间大,数据传输速度受到影响。因此采用 base64binary 二进制储存格式,有效地减少了数据占用空间。例如,将数据储存于 tagSeriesValues 对象时,以 base64binary 在其属性中声明,具体如下:

```

<xsd:element name="tagSeriesValues"
  Type="xs:base64binary">

```

#### 2.2.3 标准 PQ XML 模式

为克服通道定义和数据序列分离的不足,将测量类型、相位、数据序列值等以子对象方式嵌套于 3 种类型,涉及触发类型、门槛值时,在仪器设置中予以定义,因此将 1.3 节中数据源定义结构进行优化。

a. 将触发值下限定义为元素“tagTriggerLow”,并在定义其数值类型后,嵌套于仪器设置对象“tag-RecmonitorSettings”下。

b. 在仪器设置对象后,定义通道索引,然后在记录类型中根据定义的通道索引定位值类型和数据序列。如下所示:

```
<xsd:element name="tagChannelDefnIdx" type="xs:int"/> // 通道定义索引
```

...

```
<xsd:complexType name="ID_QT_VALUELOG"> //V 类
```

...

```
<xsd:element name="tagChannelName" type="xs:string"> // 通道名称
```

```
<xsd:element name="tagQuantityMeasuredID" type="xs:string"> // 测量类型
```

```
<xsd:element name="tagPhaseID"> // 相位
```

```
<xsd:element name="tagChannelDefnIdx" type="xs:int"/> // 由定义的通道索引定位的值类型和数据序列
```

```
<xs:element name="tagValueType"
```

```
Type="xs:string"/> // 值类型
```

```
<xs:element name="tagSeriesValues" Type="xs:base64binary"/> // 基于 base64binary 数据序列
```

...

以上标准 PQ 数据模型中,仪器设置提供了触发值信息,并由通道定义索引定位到特定值类型相应序列。在 XML 的层次化树形结构中,通道定义和数据序列的逻辑结构关系紧密,索引和修改 XML 文件更加简便。

### 3 电能质量数据的跨平台实现

#### 3.1 跨平台数据交换实现方式

要实现跨平台的异构数据交换,可以借助每个系统所定义的 XML 模式和数据字典来完成源表到目标表之间的映射。以分析软件系统和 Web 浏览器交换数据表为例,如图 4 所示。

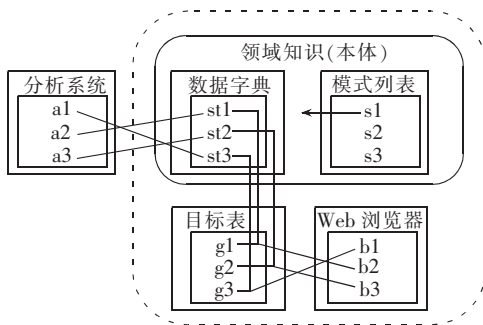


图 4 数据表交换示意

Fig.4 Exchange of data table

映射过程是:首先从标准模式列表中选择已定义的标准模式 s1(PQ XML Schema),获得对应的数据字典;然后将分析软件系统的源表 A 和数据字典对应,获得具备标准格式的目标表字段,如 a1→st3→g3;再按同样方式将目标表映射为 Web 浏览器所支持的表 B,即目标表→数据字典→B 表。图 5 和图 6 即为数据字典和映射表范例。

|  | id | standard name               | standard type | standard length | definition |
|--|----|-----------------------------|---------------|-----------------|------------|
|  | 1  | s_tagRecMonitorSettings     | complexType   | 0               | 仪器设置       |
|  | 2  | s_tagTriggerLow             | float         | 5               | 触发值下限      |
|  | 3  | s_tagChannelDefnIdx         | int           | 3               | 通道定义索引     |
|  | 4  | s_tagRecObservation         | complexType   | 0               | 观测记录       |
|  | 5  | s_tagChannelName            | string        |                 | 通道名        |
|  | 6  | s_tagQuantityMeasuredID     | string        |                 | 测量类型       |
|  | 7  | s_tagPhaseID                | string        |                 | 相位         |
|  | 8  | s_tagQuantityCharacteristic | string        |                 | 数值特征       |
|  | 9  | s_tagSeriesValues           | double        | 8               | 基准值        |
|  | 10 | s_tagSeriesInstances        | base64binary  |                 | 序列值        |

图 5 PQ 数据字典

Fig.5 PQ data dictionary

|  | source name               | standard name               | standard type | standard length | definition |
|--|---------------------------|-----------------------------|---------------|-----------------|------------|
|  | tagRecMonitorSetting      | s_tagRecMonitorSettings     | complexType   | 0               | 仪器设置       |
|  | tagChannelDefnIdx         | s_tagChannelDefnIdx         | int           | 3               | 通道定义索引     |
|  | tagRecObservation         | s_tagRecObservation         | complexType   | 0               | 观测记录       |
|  | tagChannelName            | s_tagQuantityMeasuredID     | string        |                 | 通道名        |
|  | tagPhaseID                | s_tagPhaseID                | string        |                 | 相位         |
|  | tagQuantityMeasuredID     | s_tagSeriesInstances        | string        |                 | 测量类型       |
|  | tagQuantityCharacteristic | s_tagQuantityCharacteristic | string        |                 | 数值特征       |
|  | tagSeriesInstances        | s_tagSeriesInstances        | base64binary  |                 | 序列值        |

图 6 映射表

Fig.6 Mapping table

### 3.2 跨平台数据交换实现过程

基于上述数据交换方式的跨平台数据处理过程如图 7 所示。

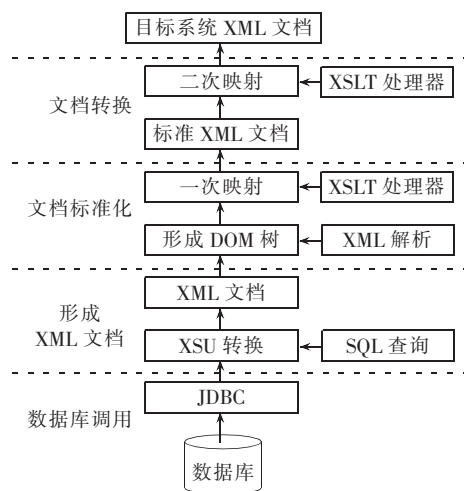


图 7 异构 PQ 数据处理过程

Fig.7 Processing of heterogeneous PQ data

最底层,通过建立 JDBC 连接由 API 接口来调用数据库数据。

第 2 层,利用主流相关数据库 Oracle 提供的 XSU 组件执行 SQL 查询后得到一个具备源系统数据结构的 XML 文档。

第 3 层,首先由标准 XML 模式定义推导出由数据发送方转换为标准 XML 文档的映射文件 XSLT,再利用 XML 解析器形成 DOM 树,获得对 XML 的操作接口,然后由定义的 XSLT 处理器用集中集合索引方式从根节点起定位与标准数据结构不同的节点,将其映射为标准 XML 文档。

第 4 层,响应结果经标准化数据处理后,由目标系统数据结构即 XML 模式定义,生成由标准 XML 文档到目标数据结构的映射文件 XSLT,将标准 XML 文档经二次映射转换为目标 XML 文档,最后将其发送到应用接口或网页浏览器。

### 3.3 实际 PQ 数据的跨平台交换结果

以宝钢 PQ106 监测仪、笔者所在实验室开发的基于 .NET 技术的电能质量分析软件 phip<sup>[2]</sup>为不同电能质量数据平台,实现了 Web 浏览以及同电能质量分析软件的异构 PQ 数据的交换。

## 4 结论

所提出的基于 XML 的电能质量标准数据共享模型,采用 base64binary 二进制储存格式,减少了数据占用空间;通过数据序列嵌套于通道定义的方式弥补了 PQDIF 的不足;采用集中集合索引方式进行文件解析,较 PQDIF 解析方式更加简便和精确。

实际跨平台交换结果表明,所提出的数据格式能较好地实现 Web 浏览器与分析软件系统之间数据的跨平台数据交换,并能与电能质量监测系统(PQM)、能量管理系统(EMS)、电能量计量系统(TMR)等异构数据

之间的交互,对跨平台构建基于 Web 的电能质量管理信息系统有一定的理论和现实意义。

如何保证数据交换时数据类型和描述的精确匹配,以及数据处理事务性、数据安全性等,是需要进一步深入研究的课题。

### 参考文献:

- [1] 莫俊雄,汪志东,徐义. 关于电能质量监测网的若干问题探讨[J]. 电网技术,2001,25(7):77-79.  
MO Jun-xiong,WANG Zhi-dong,XU Yi. Discussion on monitoring network of electric power quality[J]. Power System Technology,2001,25(7):77-79.
- [2] 李鹏,杨洪耕. 开放式电能质量管理系统动态报表的实现[J]. 电网技术,2004,28(2):43-46.  
LI Peng,YANG Hong-geng. Implementation of dynamic spreadsheet for open access power quality management system[J]. Power System Technology,2004,28(2):43-46.
- [3] 宋晓芳,陈劲操. 基于支持相量机的动态电能质量扰动分类[J]. 电力自动化设备,2006,26(4):39-42.  
SONG Xiao-fang,CHEN Jing-cai. Classification method of dynamic power quality disturbances on SVM[J]. Electric Power Automation Equipment,2006,26(4):39-42.
- [4] 杨洪耕,刘守亮,肖先勇. 利用 S 变换时频等值图与幅值包络向量实现电压凹陷的分类[J]. 电工技术学报,2006,21(8):75-79.  
YANG Hong-geng,LIU Shou-liang,XIAO Xian-yong. Classification of voltage dips using time-frequency contour and amplitude envelope vectors by S-transform[J]. Transactions of China Electrotechnical Society,2006,21(8):75-79.
- [5] 刘安定,肖先勇,邓武军. 基于离散余弦变换和小波变换的电能质量扰动信号检测方法[J]. 电网技术,2005,29(10):70-74.  
LIU An-ding,XIAO Xian-yong,DENG Wu-jun. Detection and analysis of power quality disturbance signal based on discrete cosine transform and wavelet transform[J]. Power System Technology,2005,29(10):70-74.
- [6] LEE R P K,LAI L L. A web-based multi-channel power quality monitoring system for a large network[C]//IEEE Fifth International Conference on Power System Management and Control. London,UK:IEEE,2002:112-117.
- [7] MONTEIRO M E,MOURA E S,DRAGO A B. An internet-based power quality monitoring system[C]//IEEE Industrial Electronics,ISIE'03. [S.l.]:IEEE,2003:333-336.
- [8] 何金定,肖先勇. 电能质量监测系统的数据处理技术[J]. 四川大学学报:工程科学版,2004,36(2):98-101.  
HE Jin-ding,XIAO Xian-yong. Data processing method in power quality monitoring system[J]. Journal of Sichuan University:Engineering Science Edition,2004,36(2):98-101.
- [9] 聂晶晶,许晓芳,夏安邦. 电能质量监测及管理系统[J]. 电力自动化设备,2005,25(10):75-81.  
NIE Jing-jing,XU Xiao-fang,XIA An-bang. Study on power quality monitoring and management system[J]. Electric Power Automation Equipment,2005,25(10):75-81.
- [10] IEEE. IEEE P1159.3-2003 draft:recommended practice for the transfer of power quality data[S]. [S.l.]:IEEE,2003.
- [11] DABBS W W,SABIN D O. Representation of IEEE Std 1159.3-2002 PQDIF in extensible markup language(XML)[C]//Power Engineering Society General Meeting,IEEE. Knoxville,TN,USA:IEEE,2004:510-515.
- [12] CHEN S,WANG Xi. Power quality XML markup language for enhancing the sharing of power quality data[C]//Power Quality Engineering Society General Meeting,IEEE. Singapore:IEEE,2003:1565-1570.
- [13] BRAY T,PAOLI J,SPERBERG-MCQUEEN C M. Extensible

- markup language XML[EB/OL]. (2004-10-06)[2006-09-28].  
http://www.w3.org/XML/.
- [14] 丁屹峰,程浩忠,占勇. 基于 PQDIF 格式压缩的电能质量数据模型[J]. 继电器,2005,33(7):55-58.  
DING Qi-feng,CHENG Hao-zhong,ZHAN Yong. A data compression model for power quality based on PQDIF format[J]. Relay,2005,33(7):55-58.
- [15] 肖湘宁. 电能质量问题剖析[J]. 电网技术,2001,25(3):66-69.  
XIAO Xiang-ning. Power quality analysis and its development [J]. Power System Technology,2001,25(3):66-69.
- [16] SPERBERG-MCGUEEN C M,IHOMPSON H. The XML specification and development[EB/OL]. (2004-10-28)[2006-09-26]. http://www.w3.org/XMU Schema#dev.
- [17] 李娟秋,戴瑜兴. XML 技术在电能质量数据共享中的应用[J]. 微计算机信息,2006,63(7):177-179.  
LI Mei-qi,DAL Yu-xing. Application of XML technology in the sharing of power quality data[J]. Control & Automation, 2006,63(7):177-179.
- [18] GUDGIN M,HADLEY M. W3C work draft SOAP:simple object access protocol specification 1.2[EB/OL]. (2003-03-10)[2006-09-28]. http://www.w3.org/TR/soap12part12-part2/.
- (责任编辑:康鲁豫)
- 
- 作者简介:



张 竞

张 竞(1982-),男,四川成都人,硕士研究生,研究方向为电能质量管理信息系统(E-mail:zj\_jacky\_2001@163.com);

肖先勇(1968-),男,四川宜宾人,副教授,从事电能质量与电力市场方向的教学和科研工作。

## XML-based power quality data sharing model and cross-platform data exchange

ZHANG Jing,XIAO Xian-yong

(School of Electric Engineering & Information,Sichuan University,Chengdu 610065,China)

**Abstract:** PQDIF(standard binary Power Quality Data Interchange Format) introduced by IEEE owns data structure with channel definition and separated data series,which not only lowers the query efficiency but also complicates the process of data reading,modifying and combination with applications. On the basis of current PQDIF data model,a PQ data model implemented with XML is proposed. Measurement quantity,phase and data series are nested in three recording types as sub-objects,while channel definition is connected with data series by index,which improves the data query efficiency. Base64binary is applied for PQ data storage to decrease considerably data space. Mapping data exchange method based on Schema conversion is suggested,the tree structure elements parsed by two XML documents may automatically match each other according to the depth to root node and data dictionary,with higher precision and faster processing speed. On the basis of data exchange model and schema conversion method mentioned above,heterogeneous PQ data exchange is successfully implemented. Applications show its better robustness and feasibility in cross-platform PQ data exchange and sharing.

**Key words:** power quality; data format; schema conversion; cross-platform implementation