

# 基于 CIM 和 REST 的输变电设备 全景信息集成方法

辛建波<sup>1</sup>, 陈田<sup>1</sup>, 许奕斌<sup>2</sup>, 郭创新<sup>2</sup>, 谢斌<sup>3</sup>, 康琛<sup>1</sup>, 翁新林<sup>4</sup>

(1. 国网江西省电力有限公司电力科学研究院, 江西 南昌 330000; 2. 浙江大学电气工程学院, 浙江 杭州 310027;  
3. 国网江西省电力有限公司, 江西 南昌 330000; 4. 国网江西省电力有限公司检修分公司, 江西 南昌 330000)

**摘要:**针对传统输变电设备数据集成方案存在的存储计算资源浪费与数据模型不完整等缺点,设计一种基于 CIM 和 REST 的输变电设备全景信息集成方法。首先,选择 IEC 61970/968 定义的 CIM 作为输变电设备数据的全局模式,对在线与离线数据分别给出建模思路,使得数据模型更为完整和统一;其次,提出一种基于 REST 的数据集成机制解决资源浪费问题,同时提升数据平台维护效率与可扩展性;最后,基于 CIM 模型与 REST 集成机制构建输变电设备全景信息集成平台,同时详细介绍其实际应用效果,为设备数据集成提供一种新思路。

**关键词:**输变电设备; REST; CIM; 数据集成

DOI:10.19781/j.issn.1673-9140.2020.05.002 中图分类号:TM769 文章编号:1673-9140(2020)05-0011-09

## Panoramic information aggregation method for transmission and transformation equipment based on CIM and REST

XIN Jianbo<sup>1</sup>, CHEN Tian<sup>1</sup>, XU Yibin<sup>2</sup>, GUO Chuangxin<sup>2</sup>, XIE Bin<sup>3</sup>, KANG Chen<sup>1</sup>, WENG Xinlin<sup>4</sup>

(1. Electric Power Research Institute, State Grid Jiangxi Electric Power Co., Ltd., Nanchang 330000, China; 2. College of Electrical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China; 3. State Grid Jiangxi Electric Power Co., Ltd., Nanchang 330000, China; 4. Maintenance branch, State Grid Jiangxi Electric Power Co., Ltd., Nanchang 330000, China)

**Abstract:** Aiming at the shortcomings of traditional data aggregation scheme of power transmission and transformation equipment, such as waste of storage and calculation resources and incomplete data model, a panoramic information aggregation method for transmission and transformation equipment (TTE) based on CIM and REST is designed in this paper. Firstly, CIM defined in IEC 61970/968 is selected as the global model of TTE data, and modeling ideas of online and offline data are given respectively, which makes the data model more complete and unified. Secondly, a data aggregation mechanism based on REST is proposed to solve the problem of resource waste and improve maintenance efficiency and scalability of data platform. Finally, based on CIM model and REST aggregation mechanism, a panoramic information aggregation platform for TTE is established, and the practical application results are introduced in detail to provide a novel idea about equipment data aggregation.

**Key words:** transmission and transformation equipment; REST; CIM; data aggregation

收稿日期:2018-03-20;修回日期:2019-09-02

基金项目:国家自然科学基金重点项目(51537010);国网江西省电力有限公司科技项目(52182016001J)

通信作者:郭创新(1969-),男,博士,教授,博士生导师,主要从事智能电网风险调度与控制研究;E-mail:guochuangxin@zju.edu.cn

一直以来,数据集成是智能电网信息建设中的基础工作与关键环节<sup>[1-3]</sup>。目前中国的电网运行维护中,各个业务系统独立运行,相互之间缺乏有效的信息沟通,形成了大量的信息与数据孤岛<sup>[4]</sup>,对智能电网高级应用的投入实施造成了阻碍。面向输变电设备的应用,如健康状态评价、动态增容等,需要大量设备出厂信息、历史数据、实时监测数据、外部环境信息等。然而,这些数据源分散在生产管理系统(production management system, PMS)、能量管理系统(energy management system, EMS)、状态监测系统孤立的系统中,无法形成有效的数据整合联动<sup>[5-6]</sup>。此外,电网高级应用的数据获取方式也各自为阵,每个应用系统需要多个配套的数据接口,极大地增加了电网二次系统的开发、运维成本,一旦应用需求或算法发生变化,相应的接口就要做出较大的调整,从而增加了系统更新的难度,降低了运维工作的效率。

为了有效地解决上述问题,专家学者提供了多种数据集成方案。数据集成主要围绕2个方面内容展开:一是数据信息统一建模;二是数据的采集与传输方式。在数据建模方面,主要面临数据异构和数据时间尺度差异等方面的挑战。目前较为主流的形式是基于可扩展标记语言(extensible markup language, XML)格式进行公共信息模型(common information model, CIM)的建模。许多研究将CIM应用在电网运行方式建模<sup>[7]</sup>、能量管理系统拼接<sup>[8]</sup>和设备全寿命周期管理<sup>[9]</sup>等领域中,并取得了较好的成果,但在输变电设备的信息集成中应用仍较少,存在建模不全面的情况。CIM采用统一建模语言(unified modeling language, UML)描述类,定义了电网资源及其属性、从属关系等,为输变电设备信息的统一建模提供了基础。

在数据采集传输方式方面,表述性状态转移(representational state transfer, REST)架构风格为海量异构数据资源的获取及管理提供了思路,也因其与状态无关、超文本驱动和轻量级等优势,受到广泛关注。文献[10]基于REST和IEC 61970标准提出一种智能电网数据集成方案,利用RESTful Web Service技术采集数据并整合进全局数据库,供各种应用程序调用;文献[11]针对输变电设备全景信息,设计基于RESTful快捷总线服务的信息集成平台

架构,较大地提升了数据传输效率与平台可扩展性。此外,也有学者采用其他的中间件技术,如Java消息服务(java message service, JMS)技术,实现电网监测系统中的数据交换<sup>[12]</sup>。以上设计的系统中,都存在面向应用程序的全局数据库,该数据库需经常更新,在程序未调用时仍然占用了一定的计算资源与存储空间。

该文针对现有研究中数据集成平台存在的数据建模不充分和计算存储资源浪费等方面的不足,设计了一种基于CIM和REST的输变电设备全景信息集成平台。一方面,利用CIM模型对输变电设备全景信息进行统一规范化建模,对在线和离线数据分别建模,以适应设备数据挖掘分析的需求;另一方面设计了基于REST风格的数据集成体系,精简集成平台工作量,优化计算存储资源的配置。最后开发该集成平台,有效地实现输变电设备数据集成,从而提升了智能电网高级应用的开发效率。

## 1 全景信息规范化建模

输变电设备全景信息,是包含设备属性、设备类别和设备全生命周期的多维信息,如图1所示。通过电网二次量测系统、设备传感器的信息采集,获取不同种类设备的实时属性,同时附上时间标签,构成当前断面的全景状态信息;实时信息经过流式处理和存储后,与PMS等离线数据共同构成设备历史信息,可用于数据挖掘、特征提取、关联分析等,训练出最优的设备维护策略,同时也作为全寿命周期管理的信息支撑。

按属性维分类的全景信息如表1所示。考虑到

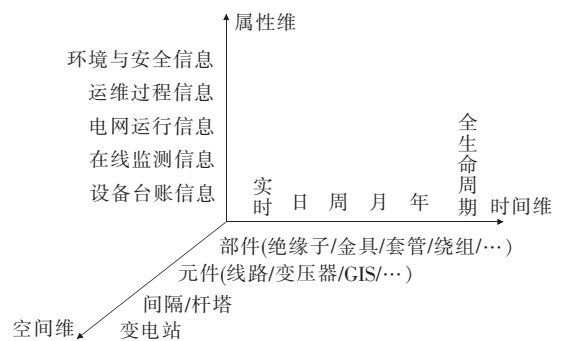


图1 构成输变电设备全景信息的多维数据

Figure 1 Multi-dimensional data constituting panoramic information of transmission and transformation equipment

表 1 输变电设备全景信息

**Table 1** Panoramic information of transmission and transformation equipment

数据类型	数据描述	数据来源	数据特点
设备台账信息	型号、厂家、编码、服役年龄、家族缺陷等	PMS	离线
状态监测信息	护层环流、泄漏电流、弧垂、温度、油色谱等	状态监测系统	在线
电网运行信息	线路潮流、变压器负载率、断路器开合状态等	EMS	在线
运维过程信息	试验记录、巡检记录、缺陷单	PMS	离线
环境与安全信息	微气象、灾变预警等	GIS、气象发布平台等	在线

生产管理系统中的设备资产管理模型主要遵循 IEC 61968 标准,为便于全景信息模型的扩展,选择 IEC 61970/968 定义的 CIM 作为输变电设备全景信息的全局模式。

1.1 在线信息建模

设备运维过程中将产生大量的在线监测信息,主要分为 3 类:状态监测信息、电网运行信息和环境与安全信息。输变电设备全景信息集成平台应支持这 3 种类型数据的规范化转换。

状态监测信息与全景信息的交互涉及到 IEC 61850 和 IEC 61970/968 标准的协调,因此需要扩展 CIM 模型,将基于 IEC 61850 的状态监测量关联到 CIM 中相关的类。以变压器为例,依据 IEC 61850 第 2 版,其实现状态监测的逻辑节点如图 2 所示<sup>[13]</sup>。

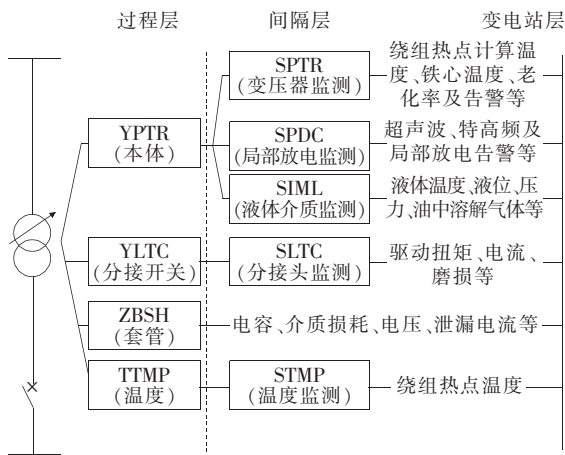


图 2 变压器状态监测逻辑节点

Figure 2 Logic nodes of transformer status monitoring

建立状态监测信息模型的方法:

1)在全景信息 CIM 中,令 Measurement 类作为 Transformer 类的子类;

2)Measurement 类包含 Time(量测时间)、Interval(采样间隔)等属性,同时与 OilState 类(油介

质监测信息)、CoreState 类(铁芯监测信息)、Bush-ingState 类(套管监测信息)等相关联;

3)对于某一变压器 T1,设置一个状态监测主智能电子设备(intelligent electronic device, IED),命名为 LDtrans1,由 SPTR1、SPDC1、SIML1 等逻辑节点构成,而数据对象配置在变电站配置语言(substation configuration language, SCL)文件中实现;

4)将各逻辑节点包含的数据对象与 CIM 中的类和属性形成映射,部分实例如表 2 所示,映射表存储于全景信息映射规则数据库。

表 2 SCL 与 CIM 的数据对象映射示意

Table 2 The mapping of data objects between SCL and CIM

量测参数	CIM 属性名	SCL 属性名
H <sub>2</sub> 含量	H <sub>2</sub> Content	LDtrans1/SIML1. H <sub>2</sub> ppm
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> 含量	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> Content	LDtrans1/SIML1. C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> ppm
绝缘油液位	OilLevel	LDtrans1/SIML1. Lev
绝缘油液压力	OilPressure	LDtrans1/SIML1. Pres
微水量	WaterContent	LDtrans1/SIML1. MicroWtr
老化率	AgeRate	LDtrans1/SPTR1. AgeRte
底层油温	BottomOilTemp	LDtrans1/SPTR1. BotTmp
铁芯温度	CoreTemp	LDtrans1/SPTR1. CoreTemp
热点计算温度	CalcHPTemp	LDtrans1/SPTR1. HPTmpClc
油箱泄露告警	OilLeakAlarm	LDtrans1/SPTR1. MbrAlm

电网运行信息主要来源于 EMS 导出的 SCADA 量测文件或调度系统经潮流计算后的潮流数据,一般为 CIM/E 格式,无需 IEC 模型协调,可直接将信息集成于全局模式中。以输电线路为例,在 ACLineSegment 中添加如下属性:P(有功)、Q(无功)、I(电流)、I<sub>A</sub>(A 相电流)、I<sub>B</sub>(B 相电流)、I<sub>C</sub>(C 相电流)等。

环境与安全信息主要包含输变电设备所处环境的微气象、极端天气和自然灾害预警等,相应地添加

如下属性:设备地理位置(经纬度)、海拔、地区、温度、风向、湿度、监测时间、预警等级(包含暴雨、雷电、台风、山火、地震、泥石流等)。

### 1.2 离线信息建模

输变电设备全景信息除了 1.1 节所述的在线监测信息外,还包含了大量的台账信息、出厂试验数据、历史缺陷记录及故障情况记录等,它们一般存储于 PMS 数据库中。离线信息往往包含了大量的文本(半结构化)数据,构成情况与前述全景信息存在模式异构。因此,对于文本数据,一些研究采用了自然语言处理技术(natural language processing, NLP)<sup>[14-15]</sup>提取其中的关键信息,借由本体(Ontology)技术<sup>[16]</sup>解决语义异构问题,最终转化为数据分析软件可识别、理解的结构化数据。

离线信息模型的建立方法:

1)对离线信息进行结构化处理,主要依赖 NLP 技术提取关键信息。例如从历史缺陷记录中,提取能描述缺陷的结构化信息,如变压器本体油渗漏的速度(定量值)、变压器胶圈是否发红(二元属性)。

2)由于系统更新与历史版本差异的问题,同一含义可能存在着多种表达方式,即语义异构。一般采用本体技术整合此类信息,如表 3 所示,将语义相似度较高的特征信息映射到同一本体,在本体映射过程中消除不同源数据之间的语义异构。本体映射规则同样存储于全景信息映射规则数据库中。

3)依据本体技术确定统一的语义表述后,即可将离线文本信息纳入 CIM 全景模型中,从而完成结构化与半结构化数据的规范化整合。

表 3 本体映射示意

Table 3 Ontology mapping

本体	描述实例
变压器	主变、变、油浸式变压器
线路	线、I 回、II 回、输电线路
断路器	SF6 断路器、开关、断路器
拒动	不能合闸、拉不开、禁止合闸
有功功率	有功功率、有功、P

## 2 基于 REST 的数据集成机制

传统数据集成机制主要是定时地从所有数据源获取数据,在数据集成平台形成全局信息模型,存储

于全局数据库中,供高级应用随时调用。在这种机制的指导下,一方面占用了大量的存储资源,另一方面为适应某些高级应用的实时性,全局信息模型更新周期很短,极大地浪费了计算资源。为此,该文设计一种基于 REST 架构风格的数据集成机制。

### 2.1 REST 介绍

REST 是 Web 服务的一种轻量级架构风格,由 Roy Fielding 在 2000 年首次提出。REST 的基本原则是:所有数据源的同类数据信息抽象为一个资源;每个资源对应唯一标识符(uniform resource identifiers, URI),而 REST 倾向于采用 URL;通过统一接口实现资源的获取;对资源的操作不改变其标识符;所有操作无状态。

REST 主要遵循的约束规则:

- 1)客户端-服务端:分离用户接口和数据存储;
- 2)无状态:通信、操作无状态,不能利用服务端的上下文,状态由客户端保存;
- 3)缓存机制:客户端利用缓存减少与服务端的交互,提升请求响应效率;
- 4)统一接口:统一的数据接口保证前后端的解耦,牺牲一定的效率以提升重用性和可扩展性。

相较于基于简单对象访问协议(simple object access protocol, SOAP)的传统的 Web 服务,REST 更为简洁,完全可通过超文本传输协议(hypertext transfer protocol, HTTP)来实现资源获取,在性能、效率和易用性上都优于 SOAP。

### 2.2 数据集成机制新设计

该文为解决传统数据集成方案或平台存在的问题,设计了如图 3 所示的数据集成机制,利用 CIM

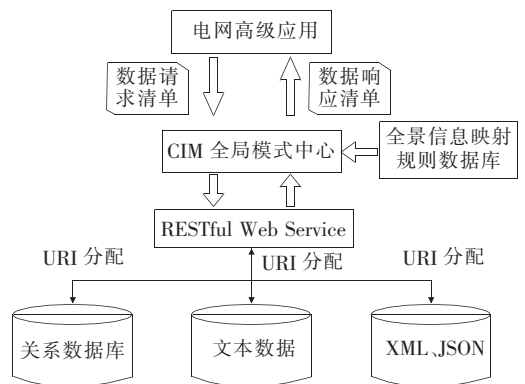


图 3 数据集成机制

Figure 3 Data aggregation mechanism



全局模式中心取代了以往的全局数据库,实现了面向服务架构(service oriented architecture,SOA)的要求。

### 2.2.1 数据集成机制包括的步骤

1)电网高级应用发起数据请求,向 CIM 全局模式中心提供一份 XML 格式的数据请求“清单”,该清单包含应用所需数据的面向对象结构,但其中各标签属性值为空。

2)CIM 全局模式中心受到请求清单后,首先对 XML 格式的请求单进行解析,并转化为数据资源 URI,其次由全景信息映射规则数据库获得属性映射规则,结合 URI 生成相应的(structured query language,SQL)语句,再通过 Web 服务返回相应的查询结果,最终将读取到的数据经过一定处理,填入请求清单中。

3)请求清单填写完整后,即转化为响应清单,返回给电网高级应用,完成一次完整的数据需求响应。

### 2.2.2 与传统的数据集成机制相比之优势

1)资源解放。取消了原有的 CIM 全局数据库,一方面无需始终存储全局信息,释放了大量的存储

资源;另一方面避免了实时更新全局数据库带来的计算资源占用。

2)维护高效。利用数据请求一响应清单填写的机制明确数据需求,使得高级应用发生需求变更时,只需对请求清单对应的 XML 文件结构进行修改即可,提升了重新配置的效率。

3)扩展便捷。当有新的应用需要载入本平台时,只需生成一份请求清单即可向全局模式中心提交数据请求,极大地提升了平台可扩展性,实现“即插即用”。

## 3 平台架构分析

为提升全景信息集成平台在业务应用层和数据源层两端的独立性和可扩展性,采用中间件方式构建如图 4 所示的数据集成平台架构。该架构可实现海量监测数据的实时接入、多源历史信息的有效聚合以及“即插即用”的业务模块。

平台底层的数据源包括生产管理系统中的设备

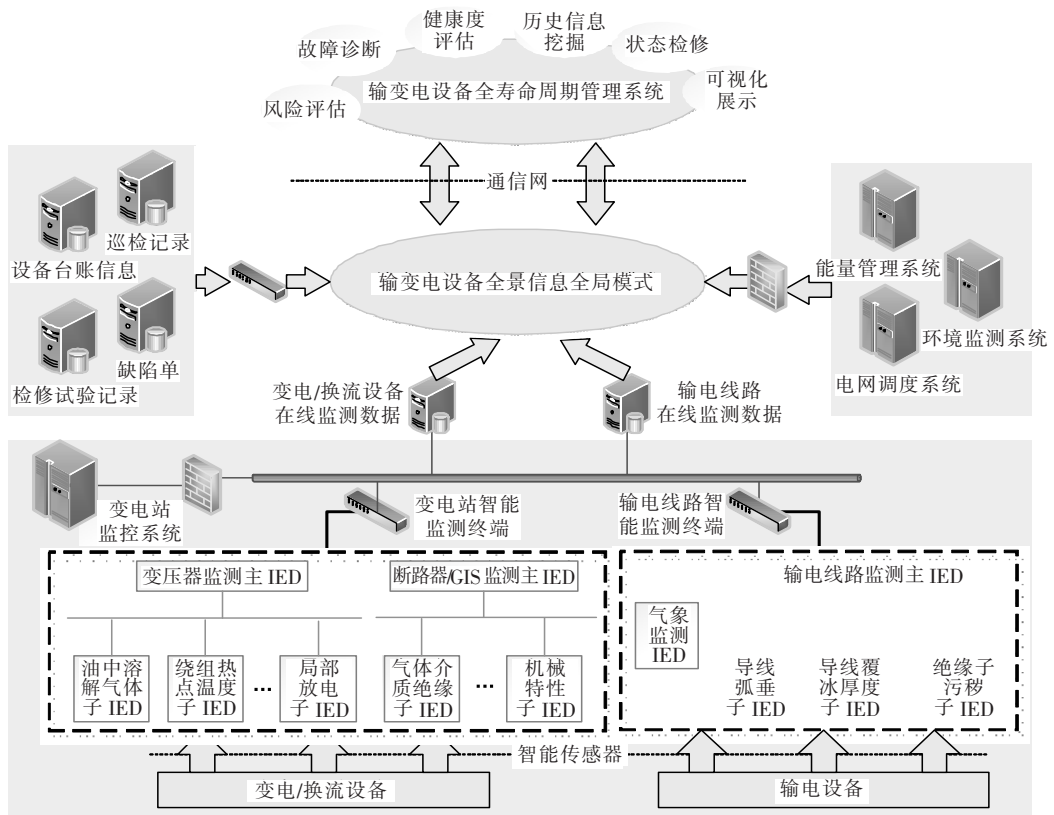


图 4 平台架构

Figure 4 Platform architecture

台账信息、巡检记录、检修试验记录、缺陷单,调度自动化系统中的四遥数据、环境监测等信息,以及输变电设备在线状态监测信息等。

平台的核心是输变电设备全景信息全局模式,涵盖了文中的 CIM 全局模式中心、全景信息映射规则数据库、RESTful 统一接口。全局模式中心通过交换机、防火墙与各类数据源相连,形成数据链路;同时借助通信网与输变电设备高级应用相连,实现数据请求一响应清单的传输。

平台的高级应用集成于输变电设备全寿命周期管理系统,实现了多个数据驱动的、具有松散耦合特性的功能模块,如健康度评价、故障诊断、状态检修和风险评估等。

## 4 应用实例

输变电设备全景信息集成平台在 IntelliJ IDEA 和 Mule Studio 环境下开发。IntelliJ IDEA 基于 Java 语言且可扩展,主要实现数据库读写模块、文件解析模块以及高级应用的算法模块等。Mule Studio 支持以图形化的方式创建 Mule ESB(企业服务总线)的服务流程。基于 REST 的中间件由 Jersey 框架实现,作为 Mule 的核心组件,Jersey 按照 Java API for RESTful web service (JAX-RS) 的规范简化在 Java 中的 RESTful Server & Client 开发,从而实现 B/S 模式下的 REST 中间件服务。中间件和全景信息映射规则数据库放置于同一台服务器中,用于实现平台高级应用与各个分布式数据源的信息交互。数据源分布于状态监测系统、PMS、EMS、气象、雷电、机器人智能巡检等多个业务系统,因此数据集成平台打破了多个孤立系统的信息壁垒,形成了设备全景数据的整合联动。

以江西南昌地区电网某台变压器的健康度评价为例,需要从数据源读取该变压器本体、绕组、液体介质、套管、分接开关等部件的状态监测量,以及近期的缺陷记录等。健康度评价模块向中间件服务器发送基于 CIM 的请求表单,部分内容如下所示:

```
<cim:PowerTransformer rdf:ID="31872">
  < cim: Naming. name > changd_1T </cim:
Naming. name>
```

```
< cim: Naming. description > 昌东变 1 号主变
</cim: Naming. description>
  < cim: Equipment. MemberOf _ Equipment-
Container rdf:resource=" # SS-242"/>
  < cim: PowerTransformer. CoolingType >
ONAN</cim:PowerTransformer. CoolingType>
  < cim: PowerTransformer. Measurement rdf:
resource=" # changd_1T -M"/>
  < cim: PowerTransformer. DefectRecords rdf:
resource=" # changd_1T -DR-001"/>
  < cim: PowerTransformer. DefectRecords rdf:
resource=" # changd_1T -DR-002"/>
  .....
</cim:PowerTransformer>
  < cim: Measurement rdf:ID=" changd_1T -
M">
  < cim: Measurement. MeasureTime > 2017-12-
09</cim: Measurement. MeasureTime>
  < cim: Measurement. MeasureInterval > 24h
</cim: Measurement. MeasureInterval>
  < cim: Measurement. TemperatureH >
0.000000</cim: Measurement. TemperatureH>
  < cim: Measurement. TemperatureL >
0.000000</cim: Measurement. TemperatureL>
  < cim: Measurement. OilState rdf:resource="
# changd_1T -O"/>
  < cim: Measurement. CoreState rdf: resource
=" # changd_1T -C"/>
  < cim: Measurement. BushingState rdf: re-
source=" # changd_1T -B"/>
  < cim: Measurement. HighWindingState rdf:
resource=" changd_1T -HW"/>
  .....
</cim: Measurement>
  < cim: HighWindingState rdf: ID=" changd_
1T -HW">
  < cim: Naming. description > 昌东变 1 号主变
高压绕组监测</cim: Naming. description>
  < cim: HighWindingState. b > 0.000000 </
cim: HighWindingState. b>
```

```

< cim: HighWindingState. r0 > 0.000000 </
cim: HighWindingState. r0 >
< cim: HighWindingState. DielectricLoss >
0.000000 </cim: HighWindingState. Dielectri-
cLoss >
< cim: HighWindingState. InsulationR >
0.000000 </cim: HighWindingState. InsulationR >
< cim: HighWindingState. Polarization >
0.000000 </cim: HighWindingState. Polarization
>
< cim: HighWindingState. grounded > 1 </
cim: HighWindingState. grounded >
.....
</cim: HighWindingState >
< cim: OilState rdf:ID=" changd_1T -O"
>
< cim: Naming. description > 昌东变 1 号主变
油监测 </cim: Naming. description >
< cim: OilState. BreakdownVoltage >
0.000000 </cim: OilState. BreakdownVoltage >
< cim: OilState. WaterContent > 0.000000 </
cim: OilState. WaterContent >
< cim: OilState. OilLevel > 0.000000 </cim:
OilState. OilLevel >
< cim: OilState. OilPressure > 0.000000 </
cim: OilState. OilPressure >
< cim: OilState. H2Content > 0.000000 </
cim: OilState. H2Content >
< cim: OilState. C2H2Content > 0.000000 </
cim: OilState. C2H2Content >
< cim: OilState. TotalHydrocarbon > 0.000000
</cim: OilState. TotalHydrocarbon >
< cim: OilState. BottomOilTemp > 0.000000
</cim: OilState. BottomOilTemp >
.....
</cim: OilStatus >
< cim: DefectRecords rdf:ID=" changd_1T
-DR-001" >
< cim: Naming. description > 昌东变 1 号主变
缺陷记录 1 </cim: Naming. description >

```

```

< cim: DefectRecords. DefectDescription >
NULL </cim: DefectRecords. DefectDescription >
< cim: DefectRecords. DefectReason > NULL
</cim: DefectRecords. DefectReason >
< cim: DefectRecords. DefectDegree > NULL
</cim: DefectRecords. DefectDegree >
< cim: DefectRecords. TestTime > 0000-00-00
</cim: DefectRecords. TestTime >
< cim: DefectRecords. OverhaulTime > 0000-
00-00 </cim: DefectRecords. OverhaulTime >
</cim: DefectRecords >
.....

```

中间件服务器收到请求表单后,采用 Eclipse 建模框架(eclipse modeling framework,EMF),以数据流的形式高速扫描 CIM 文件,并解析成 CIM 对象<sup>[17]</sup>,用于数据资源 URI 的生成。其中 URI 的根为

120.76.40.120:8762/2017-12-09/

表明所查询的 IP 地址和时间标签,以此为基础的相对 URI 根据 CIM 的设备属性进行设计,部分示例如表 4 所示。

表 4 设备资源 URI 示例

Table 4 URI sample table of equipment resource

资源名称	URI
冷却类型	/PowerTransformer/31872/CoolingType
最高环境温度	/PowerTransformer/31872/Measurement/ changd_1T-M/TemperatureH
绕组绝缘电阻	/PowerTransformer/31872/ Measurement/ changd_1T-M/HighWindingState/ changd_1T-HW/InsulationR
铁心温度	/PowerTransformer/31872/ Measurement/ changd_1T-M/CoreState/ changd_1T-C/CoreTemp
油中含水量	/PowerTransformer/31872/ Measurement/ changd_1T-M/OilState/ changd_1T-O/WaterContent
缺陷描述	/PowerTransformer/31872/DefectRecords/ changd_1T-DR-001/ DefectDescription
缺陷发现时间	/PowerTransformer/31872/DefectRecords/ changd_1T-DR-001/TestTime

中间件服务器建立 HTTP 动作:

GET120.76.40.120:8762/2017-12-09/PowerTransformer/31872  
即查询该变压器的全部状态信息(全局查询)。

根据上述 CIM 属性与 URI 的映射表,将全局查询分解为局部查询,与此同时,结合全局信息映射规则数据库中的属性映射表,生成相应的 SQL 语句,从而通过 URI 准确定位到局部数据库中的资源。查询结果一般以 JS 对象简谱(javascript object notation,JSON)形式返回,中间件服务器将各个查询结果填入 CIM 请求单中。此过程中涉及到的描述性文本,需按照 1.2 节所述的本体技术进行语义上的统一。

算例中,对昌东变 1 号主变查询到的部分结果如表 5 所示,健康度评价模块根据返回的 CIM 表单进行分析,得出该变压器的健康度评价结论是:本体(绕组绝缘)注意。该变压器经试验后表明存在绝缘老化迹象,与评价结果相符。

表 5 变压器查询结果

Table 5 Example of transformer query results

查询值	吸收比/极化系数	绕组介质损耗初值差/%	绕组直流电阻初值差/%	总烃含量/ $(\mu\text{L}/\text{L})$	$\text{C}_2\text{H}_2$ 含量/ $(\mu\text{L}/\text{L})$	$\text{H}_2$ 含量/ $(\mu\text{L}/\text{L})$
测量值	1.59	20.70	0.60	9.70	0.30	116.0
差异化阈值	1.50	16.04	2.87	106.91	1.82	91.6

从算例可知,通过固化的模式映射表和动态化的数据请求单,取代了占用较大存储资源、实时更新困难的全局数据库,可以使高级应用模块的维护和扩展更加灵活,且不影响模块的运行效率和准确性。

## 5 结语

输变电设备数据集成一直是电网信息化建设的关键所在,传统方案与平台存在着一定的缺陷与不足,为此,该文提出一种基于 CIM 和 REST 的输变电设备全景信息集成平台,得到结论:

1)选择 IEC 61970/968 定义的 CIM 作为输变电设备全景信息的全局模式,涵盖了设备在线与离线 2 种时间尺度的数据信息,考虑了 IEC 61850 标准与 CIM 的映射,同时引入本体技术应对离线信息的文本语义异构问题;

2)提出了一种基于 REST 的数据集成机制,解决了传统机制对存储计算资源大量占用的问题,同

时做到维护与扩展的高效便捷;

3)采用中间件方式,设计一个输变电设备数据集成平台架构,支持海量异构的在线监测数据与历史信息接入,同时在 IntelliJ IDEA 和 Mule Studio 环境下开发了本平台,其实用性得到了验证。

## 参考文献:

- [1] 王圆圆,白宏坤,李文峰,等. 能源大数据应用中心功能体系及应用场景设计[J]. 智慧电力,2020,48(3):15-21+29.  
WANG Yuanyuan, BAI Hongkun, LI Wenfeng, et al. Function system and application scenario design of energy big data application center[J]. Smart Power,2020,48(3): 15-21+29.
- [2] 彭志强,刘翌,罗俊,等. 智能变电站监控信息自动验收体系架构及关键技术[J]. 电力系统保护与控制,2020,48(7): 174-181.  
PENG Zhiqiang, LIU Yi, LUO Jun, et al. Architecture and key technologies of smart substation's monitoring and control information automatic acceptance system [J]. Power System Protection and Control,2020,48(7): 174-181.
- [3] 李晓,李满礼,倪明. 配电信息物理系统分析与控制研究综述[J]. 中国电力,2020,53(1): 11-21.  
LI Xiao, LI Manli, NI Ming. A review of analysis and control of cyber physical distribution system[J]. Electric Power,2020,53(1): 11-21.
- [4] Goodchild M, Egenhofer M, Fegeas R, et al. Interoperating geographic information systems [M]. Boston: Springer US, 1999.
- [5] 郭创新,高振兴,张金江,等. 基于物联网技术的输变电设备状态监测与检修资产管理[J]. 电力科学与技术学报,2010,25(4): 36-41.  
GUO Chuangxin, GAO Zhenxing, ZHANG Jianjiang, et al. IOT based transmission and transformation equipment monitoring and maintenance assets management [J]. Journal of Electric Power Science and Technology, 2010,25(4): 36-41.
- [6] 袁明军,江浩,黎强,等. 电力系统实时动态监测子站关键技术研究[J]. 电力科学与技术学报,2019,34(1): 109-114.  
YUAN Mingjun, JIANG Hao, LI Qiang, et al. Study on key technology for real-time dynamic monitoring slave station of power system[J]. Journal of Electric Power



- Science and Technology, 2019, 34(1): 109-114.
- [7] Pradeep Y, Seshuraju P, Kharparde S A, et al. CIM-based connectivity model for bus-branch topology extraction and exchange[J]. IEEE Transactions on Smart Grid, 2011, 2(2): 244-253.
- [8] 马强, 荆铭, 梁成辉. 基于 CIM/CIS 的省地调电网模型拼接与数据交换[J]. 电力自动化设备, 2012, 32(6): 116-119.
- MA Qiang, JING Ming, LIANG Chenghui. CIM/CIS-based model connection and data exchange for provincial and regional power networks[J]. Electrical Power Automation Equipment, 2012, 32(6): 116-119.
- [9] 黄经宇. 输变电设备的全景信息建模与应用[D]. 长沙: 湖南大学, 2013.
- [10] 张少敏, 张帆, 王保义. 基于 REST 和 IEC 61970 的智能电网数据集成方法[J]. 电力自动化设备, 2012, 32(8): 124-129.
- ZHANG Shaomin, ZHANG Fan, WANG Baoyi. Data integration based on REST and IEC 61970 for smart grid[J]. Electrical Power Automation Equipment, 2012, 32(8): 124-129.
- [11] 张行, 李万启, 郭创新, 等. 基于 RESTful 快捷服务总线的输变电设备全景信息集成平台设计[J]. 高电压技术, 2015, 41(12): 3980-3986.
- ZHANG Hang, LI Wanqi, GUO Chuangxin, et al. Transmission and transformation equipment data integration platform design based on RESTful efficient service bus[J]. High Voltage Engineering, 2015, 41(12): 3980-3986.
- [12] 刘毅, 刘军, 毛琛琳. 基于中间件技术的电网在线监测数据集成系统设计[J]. 电网与清洁能源, 2012, 28(5): 39-45.
- LIU Yi, LIU Jun, MAO Chenlin. Design of database integration of grid online monitoring system based on middleware[J]. Power System and Clean Energy, 2012, 28(5): 39-45.
- [13] 王德文, 邸剑, 张长明. 变电站状态监测 IED 的 IEC 61850 信息建模与实现[J]. 电力系统自动化, 2012, 36(3): 81-86.
- WANG Dewen, DI Jian, ZHANG Changming. Information modeling and implementation for status monitoring IED in substation based on IEC 61850[J]. Automation of Electric Power Systems, 2012, 36(3): 81-86.
- [14] 曹靖, 陈陆桑, 邱剑, 等. 基于语义框架的电网缺陷文本挖掘技术及其应用[J]. 电网技术, 2017, 41(2): 637-643.
- CAO Jing, CHEN Lushen, QIU Jian, et al. Semantic framework-based defect text mining technique and application in power grid[J]. Power System Technology, 2017, 41(2): 637-643.
- [15] 吕旭明, 雷振江, 赵永彬, 等. 电力企业文本数据挖掘技术研究[J]. 电力信息与通信技术, 2016, 14(1): 7-10.
- LV Xuming, LEI Zhenjiang, ZHAO Yongbin, et al. Research on text mining technology based on big data in power enterprises[J]. Electric Power Information and Communication Technology, 2016, 14(1): 7-10.
- [16] 郭创新, 熊世旺, 张行, 等. 输变电设备全景信息的多源异构数据聚合方法[J]. 高电压技术, 2015, 41(12): 3888-3894.
- GUO Chuangxin, XIONG Shiwang, ZHANG Hang, et al. Multi-source and heterogeneous data aggregation method for power transmission and transformation equipment panoramic information[J]. High Voltage Engineering, 2015, 41(12): 3888-3894.
- [17] 董树锋, 何光宇, 刘凯诚, 等. 使用 Eclipse 建模框架实现基于公共信息模型系统的开发[J]. 电力系统自动化, 2012, 36(22): 68-72.
- DONG Shufeng, HE Guangyu, LIU Kaicheng, et al. System development based on common information model using eclipse modeling framework[J]. Automation of Electric Power Systems, 2012, 36(22): 68-72.