

DOI: 10.7667/PSPC201818

# 面向状态检修的智能变电站二次设备公共信息模型扩展研究

叶远波<sup>1</sup>, 纪陵<sup>2,3</sup>, 黄太贵<sup>1</sup>, 孙月琴<sup>1</sup>, 杨小凡<sup>2,3</sup>

(1. 安徽省电力调度控制中心, 安徽 合肥 230022; 2. 国电南京自动化股份有限公司, 江苏 南京 211153;  
3. 南京国电南自电网自动化有限公司, 江苏 南京 211153)

**摘要:** 智能变电站的新特点和新变化对智能站继电保护状态检修提出了新要求, 智能变电站二次设备公共信息模型是建设新型智能变电站继电保护状态检修的基础。IEC 61970 和 IEC 61968 公共信息模型(CIM)不能为智能变电站继电保护状态检修提供全面的公共信息模型支撑。基于 IEC 61970 和 IEC 61968 的 CIM 基本扩展原则, 通过分析继电保护装置物理结构分层以及智能变电站保护控制系统通过网络化二次回路进行信息交互的新架构, 扩展了智能变电站继电保护二次设备资源公共信息模型和继电保护二次设备资产公共信息模型。提出了基于 IEC 61850 的变电站二次设备状态信息模型到智能变电站继电保护二次设备量测模型的模型映射方案, 构建了完整的智能变电站继电保护二次设备公共信息模型架构, 为智能变电站继电保护状态检修的应用和二次运维管理系统信息的集成和交互奠定了基础。

**关键词:** 状态检修; IEC 61970/IEC 61968 标准; CIM 扩展; 二次设备公共信息模型; 模型映射

## Extended common information model for the condition based maintenance of secondary equipment in smart substation

YE Yuanbo<sup>1</sup>, JI Ling<sup>2,3</sup>, HUANG Taigui<sup>1</sup>, SUN Yueqin<sup>1</sup>, YANG Xiaofan<sup>2,3</sup>

(1. Dispatching and Control Center, Anhui Electric Power Company, Hefei 230022, China; 2. Guodian Nanjing Automation Co., Ltd, Nanjing 211153, China; 3. Nanjing Guodian Power Grid Automation Co., Ltd, Nanjing 211153, China)

**Abstract:** The new characteristics and new changes of smart substation put forward new requirements for the condition based maintenance of relay protection in smart substation. The common information model of the secondary equipment of smart substation is the foundation of the construction of new smart substation relay protection condition based maintenance. IEC 61970 and IEC 61968 Public Information Model (CIM) can not provide comprehensive public information model support for relay protection condition based maintenance in smart substation. Based on the basic principle of extension of the IEC 61970 and IEC 61968 CIM, through the new architecture through the analysis of the secondary loop network information interaction of relay protection device and the physical structure of hierarchical smart substation protection and control system, this paper extends the protection secondary equipment resources of public information model and secondary relay protection equipment assets of public information model of smart substation relay. It proposes a model mapping scheme from the secondary equipment state information model of substation based on IEC 61850 to the secondary equipment measurement model of smart substation relay protection, and constructs a complete common information model of secondary equipment for relay protection in smart substation. These lay the foundation for the application of condition based maintenance for smart substations and the integration and interaction of information in the secondary operation and maintenance management systems.

This work is supported by Science and Technology Project of State Grid Corporation of China "Technical Research and Application of Relay Protection Status Maintenance in Smart Substation" (No. 521200160021).

**Key words:** condition based maintenance; IEC 61970/IEC 61968 standard; CIM extension; secondary equipment common information model; model mapping

## 0 引言

智能变电站二次设备运维管理正朝着信息化、

集成化和智能化的方向发展, 智能变电站继电保护状态检修是实现智能变电站二次设备智能化运维管理的重要组成部分。国内已在传统变电站继电保护及其二次回路的状态自动巡视、状态评估和状态检修应用方面开展了许多研究工作<sup>[1-4]</sup>。随着智能变电站快速发展和不断推广应用, 智能变电站继电保护

基金项目: 国家电网公司科技项目(521200160021)“智能变电站继电保护状态检修技术研究与应用”

等二次设备的信息化、标准化和智能化水平也越来越高,可获得的智能变电站继电保护保护设备信息也越来越多。此外,智能变电站采用数字化二次回路代替传统变电站电缆回路,智能变电站继电保护控制二次回路网络化的信息传输方式,和传统变电站的二次回路传输方式相比也发生了很大的变化<sup>[5-6]</sup>,基于智能变电站出现的新特点和新变化,开展智能变电站继电保护状态检修技术研究,提升智能变电站继电保护运维检修效率和智能化水平,满足智能变电站二次运维管理信息化、集成化、智能化发展新要求是当前研究的热点之一。

当前主站能量管理等应用信息模型采用了 IEC 61970 标准的 CIM 建模体系,设备资产管理采用 IEC 61968 标准模型体系。在目前的 IEC 61970 公共信息模型和 IEC 61968 模型体系中,对继电保护等二次设备的模型描述都比较简单。文献[7]主要从保护功能和保护信息应用的角度提出了保护信息模型的 CIM 扩展,弥补主站 CIM 中二次部分不足的缺陷;文献[8]从保护原理和保护功能出发,提出了一种基于 CIM 扩展的通用保护模型,支撑保护定值在线校验和整定及故障分析等应用;文献[9]建立了智能变电站通信网络的状态监测信息模型;文献[10]建立了智能变电站二次虚回路信息模型;文献[11]扩展了资产信息模型,包括资产基础模型和工作模型;文献[12]针对配电网的特性对 CIM 模型进行了扩展研究;文献[13-14]对风电场、光伏电站、储能等分布式单元进行了 CIM 扩展,实现了微网 EMS 系统所需的 CIM 模型;文献[15]主要分析了一种基于 CIM 实现电力系统电压运行分析的应用。

虽然国内外对 CIM 扩展进行了很多尝试,也提出了很多领域的 CIM 公共信息模型扩展的研究思路和方法,但在智能变电站继电保护状态检修领域,目前尚没有较为完整的描述变电站继电保护等二次设备的公共信息模型来支撑智能变电站继电保护状态检修的应用以及和 EMS、PMS、继电保护故障信息等主站应用系统进行信息交互。

本文采用面向对象的建模思路,从智能变电站继电保护系统新架构、二次设备物理构成以及设备运维管理应用需求等角度进行了剖析,在现有 CIM 模及其网络化二次回路的公共信息模型,为实现智能变电站继电保护状态检修应用及二次运维管理一体化信息融合奠定模型基础。

### 1 继电保护设备状态检修应用现状

目前继电保护状态检修大多数仍然是采用定期检修的模式,状态评估的数据来源也大多是依赖人

工采集<sup>[16]</sup>。

如图1所示,传统继电保护状态检修系统的数据来源主要是人工采集的巡视单、巡检单、故障单、历史故障信息和家族性缺陷等<sup>[17]</sup>。由于采用人工采集方式,这些单据只能提供少量的人工测量或现场采集的状态量,同时提供了简单的离线状态量的评价算法,为继电保护设备计算评价得分,再根据得分区间推荐相应的检修决策<sup>[18]</sup>。

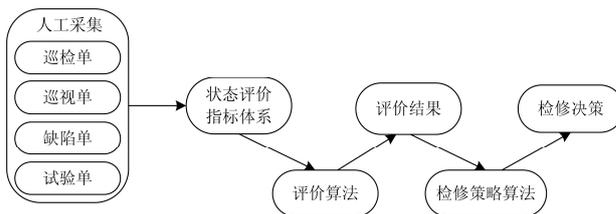


图 1 传统变电站继电保护状态检修系统评价模型

Fig. 1 Evaluation model of relay protection state maintenance system of traditional substation

由于数据来源简单,目前一些在运行的状态检修系统,在设计时一般不考虑相对复杂的通用建模设计,而是直接面向电网公司的状态检修导则进行系统建模,仅仅在局部支持一些状态评价计算公式的配置和维护。其中的状态量数据直接以数据库表的形式存储,评价算法和检修策略算法则直接固化在程序中。

近年来,国家电网公司和南方电网公司都在推进继电保护设备在线监测的试点应用,基本实现了继电保护设备自检和状态的在线监测,为实现继电保护状态检修奠定了基础,并对传统继电保护状态检修系统的设计方式提出了挑战。

### 2 智能变电站继电保护状态检修层次化建模

传统变电站继电保护控制系统主要由传统保护装置和二次回路组成,而智能变电站继电保护控制系统由继电保护装置、过程层合并单元、智能终端设备以及过程层网络交换机和网络化二次虚回路等组成。传统变电站继电保护状态检修系统缺乏装置自身自检和状态监测的支持,大多只需要基于巡视、巡检等静态记录数据进行辅助评价,而智能变电站继电保护状态检修系统是基于变电站端的二次设备在线监测在线获得设备状态监测信息,并且目前智能变电站不同厂家、不同类型、不同版本的继电保护设备的在线状态监测信息还存在一定的差异,而且智能变电站的网络化二次虚回路也不是一个单独的设备,而是由回路上的多个节点连接而成。因此,传统面向单体设备和静态记录数据的状态检

修模型设计模式已经不能满足智能变电站继电保护控制系统在线状态检修的需要。

基于以上分析, 本文依据模型驱动的体系架构理论, 提出了满足智能变电站继电保护状态检修的层次化模型建模思路, 建立了面向智能变电站继电保护状态检修二次设备公共信息模型层和上层状态评估及检修策略应用模型层。图2所示为智能变电站继电保护状态检修层次化模型。

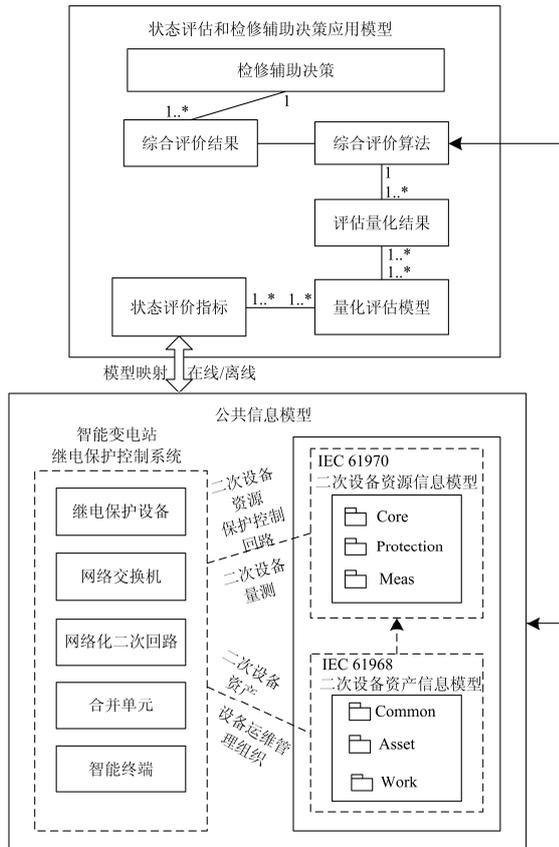


图2 智能变电站继电保护状态检修层次化模型

Fig. 2 A hierarchical model for the maintenance of relay protection of smart substation

其中二次设备公共信息模型包括继电保护、交换机、网络化二次回路等二次设备资源信息模型及其对应的二次设备资产信息模型, 状态评估和检修策略应用层包括了状态评价指标、量化评估模型和综合评价算法, 公共信息模型层和上层状态评估应用层之间通过模型映射, 实现上下两层之间的信息交互。这种层次化的建模思路, 改变了传统面向静态的状态检修系统模型设计模式, 状态量监测数据不再是直接参与状态评价的一组孤立的数据点, 而是以继电保护设备对象的属性或量测量的形式存在, 二次设备公共信息模型层面向的是智能变电站二次设备对象本体, 并不会因为上层状态评估和

检修策略应用层的调整而变化, 而上层状态评估和检修策略应用层也不会因为下层二次设备公共信息模型层的改变而需要立即变化。

### 3 智能变电站二次设备公共信息建模

为了支撑智能变电站继电保护状态检修应用需求, 并满足变电站二次运维管理集成化建设以及和各主站应用系统信息交互的需要, 需要完整描述变电站二次设备物理结构、物理特性、状态监测量测、网络化二次虚回路连接关系、设备运维管理记录以及设备资产运维管理属性等, 建立包括智能变电站保护控制系统 CIM 模型和继电保护设备资产公共信息模型在内的完整的智能变电站二次设备公共信息模型。面对现有 CIM 模型中二次系统模型描述缺乏现状, 本文基于 IEC 61970 和 IEC 61968 标准中规定的 CIM 基本扩展原则, 在扩展新的 CIM 模型的同时, 不破坏原有的 CIM 模型<sup>[19-20]</sup>, 并按照是否要扩展新的包, 需要扩展哪些新的类, 需要扩展哪些已有类的属性等三个方面的考虑, 扩展并构建智能变电站二次设备公共信息模型, 满足智能变电站继电保护状态检修层次化建模思路和状态检修应用的需要。

#### 3.1 智能变电站继电保护设备资源公共信息建模

智能变电站继电保护控制系统由继电保护装置、合并单元、智能终端、测控装置、网络交换机和网络化二次回路等二次设备构成了一个完整的有机体, 合并单元在保护控制系统中主要承担了数字化采样功能, 智能终端主要承担信号量采集和保护控制执行功能, 继电保护和测控装置承担了核心的保护逻辑、测量和控制等功能, 网络交换机和网络化二次回路构成了保护控制系统数字化信息交互和传输的通道, 智能变电站典型的保护控制系统结构示意图如图3所示。

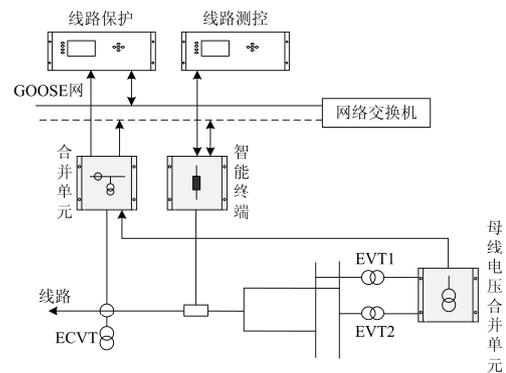


图3 智能变电站继电保护控制系统结构示意图

Fig. 3 Architecture of relay protection system of smart substation

IEC 61970 CIM 保护包(Protection)中包含了保护设备类(ProtectionEquipment)对象, 保护设备类对象是由核心包(Core)中的 Equipment 设备类对象派生出来。由于智能变电站保护控制系统, 不仅包括了保护装置, 还包括合并单元、智能终端、交换机等二次设备, 并且各装置功能和作用不同, 因此需要基于 Equipment 设备类对象派生出交换机(Switch)、测控装置 (MeasCtrlDevice)、智能终端 (IntelligentTerminal)、合并单元设备类(MergingUnit)等二次设备对象类。

现有 CIM 模型中继电器保护设备对象仅描述了保护设备本体, 对保护装置的结构和组成没有细化描述, 参考继电器保护控制系统功能分解和智能变

站保护控制系统结构<sup>[21]</sup>, 对智能变电站继电保护设备进行了分类和分层, 如图 4 所示, 智能变电站继电保护控制系统由继电保护装置、智能终端、合并单元、光模块、通信线缆、光端子、网络交换机、保护通道等几部分组成, 各物理设备通过网络化通信电缆进行连接, 构成了智能变电站保护控制系统网络化二次回路。基于智能变电站继电保护设备的物理机构, 又可将继电保护装置分为母板、面板、插件等几部分, 其中插件根据其功能又可分为开入/开出模块、采样模块、前置模块、保护 CPU 模块、MMI 模块等, 根据实际设备的物理结构, 开入/开出模块还可分为开入模块、开出模块和光 B 码对时模块等几部分。

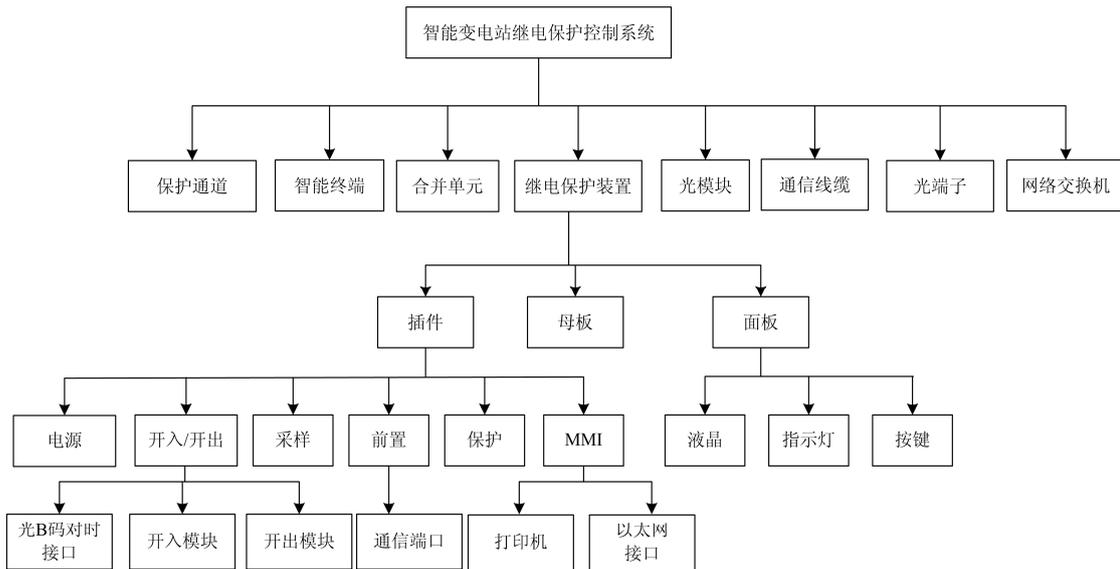


图 4 智能变电站继电保护设备物理结构分层

Fig. 4 Physical structure layer of smart substation relay protection equipment

基于上述分析, 采用面向对象的建模方法, 基于 Equipment 设备类对象派生各装置部件及各元器件对象类, 扩展各设备对象属性, 描述装置、部件、元器件之间的关系以及各装置通信端口之间网络化二次回路连接关系, 构建智能变电站继电保护等二次设备之间的网络二次回路连接模型, 基于 IEC 61970 CIM 中 Measurement 量测类对象和上述二次设备、部件、元器件的关联, 构建智能变电站二次设备精细化量测体系, 为实现智能变电站继电保护和网络化二次回路状态检修奠定了信息模型支撑, 也进一步提升了智能变电站继电保护状态检修和运维管理的精益化管理水平。智能变电站继电保护设备及其他二次设备对象 CIM 建模框图如图 5 所示。

### 3.2 智能变电站继电保护设备资产公共信息建模

上述模型完整地描述了智能变电站继电保护

二次设备对象模型、网络化二次回路连接模型及智能变电站二次设备量测模型。智能变电站继电保护设备状态检修及运维管理还涉及对继电保护等二次设备资产的运维管理, IEC 61968-11 描述了设备资产类 CIM 模型<sup>[20]</sup>, 标准中主要描述了输变电和配电一次设备资产信息模型, 对变电站二次设备资产模型需要进一步完善, 本文基于继电保护设备状态检修的应用需求, 依据 IEC 61968-11 标准的公共类和设备资产类 CIM 模型, 按照基于 CIM 的设备资产类建模扩展的原则和思路, 对继电保护设备资产信息模型进行了扩展。

#### 3.2.1 智能变电站继电保护设备资产 CIM 模型框架

在 IEC 61968 标准 CIM 模型的资产包(Assets)中定义资产类(Asset), 基于资产类(Asset)可以派生出二次设备资产(SecondaryEquipmentAsset)类, 基于

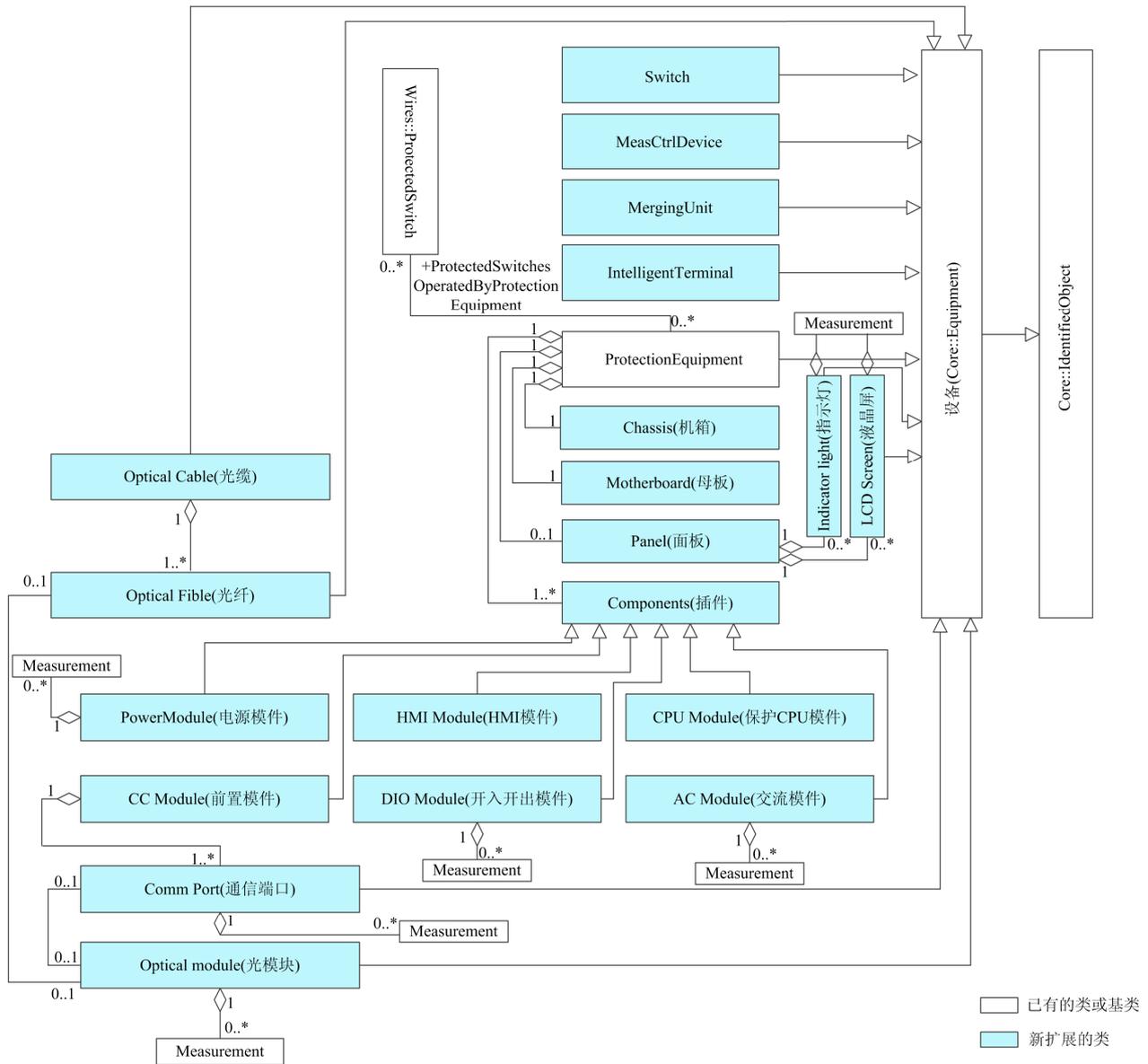


图 5 变电站二次设备对象模型扩展和模型描述 CIM 框图

Fig. 5 Extension and model description of the secondary equipment object model of substation

二次设备资产类又可以继续派生出继电保护设备资产、合并单元设备资产、智能终端、交换机、光缆、尾缆等设备资产及其面板、插件等设备部件以及通信端口、光模块、光端子等元器件设备资产类，并且资产(Asset)会有相应的资产信息(AssetInfo)类对应，通过 AssetInfo 的桥梁可以实现资产(Asset)和资产模型(AssetModel)关联。一个资产对象关联相应的活动记录(ActivityRecord)，还和对应的资产所有者(AssetOwner)相关联，而资产模型(AssetModel)关联对应的设备生产商(Manufacture)，活动记录(ActivityRecord)关联相应的文档(Document)类对象，实现继电保护等二次设备的巡视、检修、消缺

等记录收集与管理。由于 Asset 和 Power System Resource 类相关联，Equipment 类又继承自电力系统资源(PowerSystemResource)类，设备(Equipment)类对象又对应关联了相应的量测(Measurement)对象，从而建立了二次设备资产和二次设备资源模型的关联关系。此外，通过 Asset 和 CIM 中的 PowerSystemResources 关联，还可以获取该设备资产对应关联的电力设备的网络模型、运行信息、停电计划等，支撑继电保护等二次设备的检修计划和检测策略的辅助决策，通过上述模型的建立，构建了包含电力二次设备资源、二次设备资产以及设备量测和设备资产信息模型等在内的完整的智能变

电站二次设备公共信息模型体系。图 6 描述了智能变电站继电保护等二次设备公共信息模型 CIM 模型框架。

### 3.2.2 设备资产信息模型扩展

各厂商设备资产模型应由生产厂商在设备出厂时提供。ProductAssetModel 是生产商生产的设备资产模型，AssetInfo 是设备资产信息的属性集，该属性集可以用来描述一个物理设备的典型属性信息表。AssetInfo 既可用于表示一个由生产商生产制造的资产模型的属性，也可作为一个设备资产实例的属性，通过 AssetInfo 构建了设备资产实例和设

备资产模型之间关联映射的桥梁。IEC 61968 标准中基于 AssetInfo 泛化了母线、开关、线路、变压器等一次设备及电缆等相关设备资产信息模型，但缺乏关于二次设备资产信息的相关模型。本文面向智能变电站继电保护二次设备状态检修应用的需要，对设备资产信息子类进行了扩展，泛化出继电保护、合并单元、智能终端等智能二次设备、以及网络交换机、光端子、光缆、尾缆、尾纤、光模块等网络设备资产属性集，支持各类二次设备资产信息管理，支撑继电保护设备状态评估和状态检修等应用。图 7 所示为 AssetInfo 子类扩展示意图。

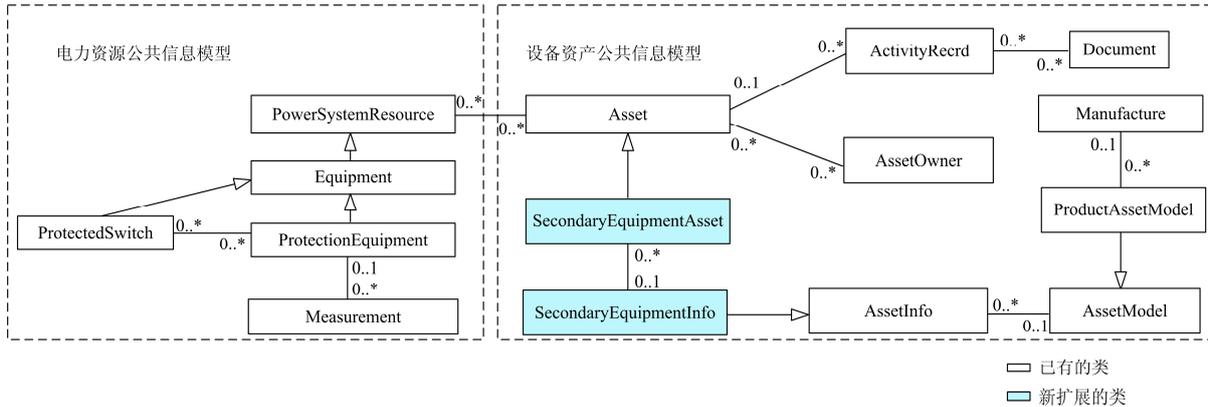


图 6 继电保护设备公共信息模型 CIM 模型框架示意图

Fig. 6 Schematic diagram of CIM model frame for relay protection equipment public information model

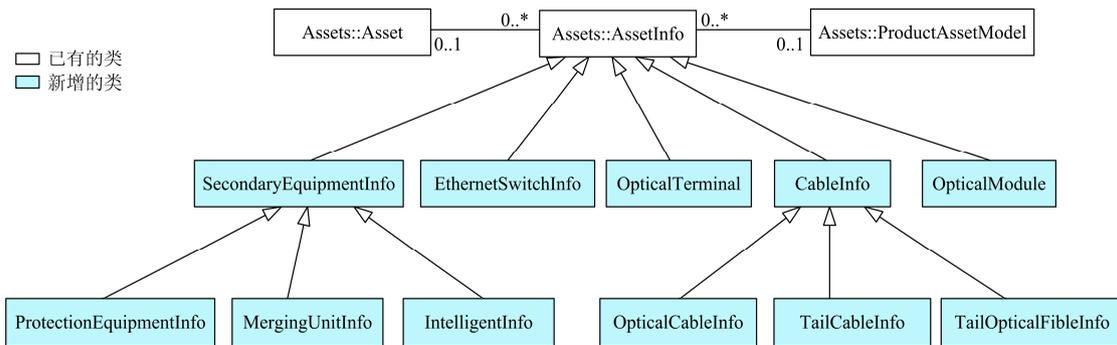


图 7 智能变电站继电保护设备资产信息属性集扩展

Fig. 7 Relay protection equipment asset information attribute set extend in smart substation

## 4 继电保护状态检修主子站信息模型关联映射

智能变电站继电保护在线状态监测信息来源于变电站保护设备自检、在线监测、网络报文分析和故障诊断等信息<sup>[22]</sup>，目前变电站端信息模型是基于 IEC 61850 标准体系进行建模的，而上述智能变电站继电保护状态检修主站是依据 IEC 61970 和 IEC 61968 标准体系扩展建模的，需要研究智能变电站继电保护主子站模型的映射，实现状态检修在

线监测信息的源端维护。

### 4.1 智能变电站继电保护在线监测信息模型

智能变电站继电保护主要能实现以下信息在线上送。

#### 1) 继电保护硬件自检告警信息

- a. 保护装置提供反映装置硬件健康状况，并包括插件号、插件类型、插件名称等信息。
- b. 继电保护装置对装置模拟量输入采集回路进行自检的告警信息，如模拟量采集等。
- c. 继电保护装置对开关量输入回路进行自检

的告警信息, 如开入异常等。

d. 继电保护装置对开关量输出回路进行自检的告警信息。

e. 继电保护软件自检装置对存储器状况进行自检的告警信息, 如 RAM 异常、FLASH 异常等。

2) 继电保护软件自检告警信息

装置提供装置软件运行状况的自检告警信息, 如定值出错、各类软件自检错误信号等。

3) 装置内部通信状况的自检告警信息, 如各插件之间的通信异常状况

4) 装置外部自检信息, 提供装置间通信状况的自检信息、如载波通道异常、光纤通道异常、SV 通信异常状况、GOOSE 通信异常信息。保护装置还能提供外部回路的自检告警信息, 如模拟量的异常信息(CT 断线、PT 断线)、接入外部开关量的异常信息(跳闸位置异常、跳闸信号长期开入等)。

5) 继电保护装置内部监测信息, 包括工作电压、装置温度、光强等以及交流采样的“采样电流、电压幅值及差流值”等。

还包括保护装置监测过程层网口光强、智能终端及合并单元数据异常(丢帧、失步、无效)等信息。此外合并单元能够监测 DC/DC 工作电压、内部工作温度、过程层网口及对时网口光强、对时信号异常等信息。智能终端能够监测 DC/DC 工作电压、开关量输入电压、出口继电器工作电压、内部工作温度、过程层网口及对时网口光强等信息。过程层交换机监测工作电压、内部工作温度、各端口光强、各端口报文流量、错误报文统计等信息。

6) 保护装置还能输出保护版本、装置识别码等台账信息。

基于 IEC 61850 标准建模体系, 智能变电站各继电保护装置 ICD 文件中描述了变电站继电保护等二次设备自检告警和在线监测信息模型, 并且在智能变电站系统集成过程中, 通过变电站系统集成的 SCD 文件描述了全站所有继电保护等二次设备在自检告警及在线监测等信息模型和输出信息数据集。

Q/GDW 11010《继电保护信息规范》中对继电保护信息数据集内容进行了规范, 并规定了在线监测输出信息通过交流采样(dsRelayAin)和内部状态监视(dsAin)数据集进行描述, 告警信息数据集通过故障信号(dsAlarm)、告警信号(dsWarning)、通信工况(dsCommState)以及装置运行状态(dsDeviceState)数据集描述。

GB/T 32890《继电保护 IEC 61850 工程应用模

型》标准对设备在线监测、自检告警等信息建模也进行了规范<sup>[23]</sup>。如规范继电保护设备在线监测数据建在每一个 IED 的公用 LD 内, inst 名为"LD0"下, 其中温度监测逻辑节点 STMP, 通道光强监测逻辑节点 SCLI, 电源电压监测逻辑节点 SPVT。Q/GDW 11010 继电保护信息规范, 还规范了各类保护动作、自检告警信息的名称。

基于上述标准规范的应用, 智能变电站继电保护等二次设备能很好地规范其状态监测、保护动作和自检告警等信息的模型和名称。这也为实现基于模型映射的面向继电保护状态检修的在线监测信息映射管理提供了具有普遍适用性的实现条件。

#### 4.2 继电保护设备状态监测信息与继电保护设备量测模型映射

上文分析了目前智能变电站继电保护设备采用 IEC 61850 模型描述其保护动作、自检告警、状态监测以及二次设备网络拓扑描述等功能信息模型, 并通过 SCD 文件来进行描述<sup>[19-20, 24]</sup>。智能变电站继电保护设备自检告警、在线监测等信息是继电保护状态检修主站设备及其部件状态监测量测的数据来源。为了实现主子站两套模型体系的信息映射, 本文基于主子站信息模型描述规范、数据地址引用描述和模型互操作的概念<sup>[25-26]</sup>设计了一种基于 XML 格式的 Map 模型映射文件, 用来描述每一种类型的变电站二次设备信息和主站二次设备量测的映射关系。如下示例所示, 用 Ref 表示变电站 SCD 中各设备功能信息模型, 用 URI 表示主站各设备状态监测量测模型。每一条 Item 对于设备功能信息和设备状态监测量测的映射关系, 映射文件示例如下。

```
<?xml version="1.0" encoding="gb2312"?>
<File name="ModelMapping" type="ProtectionEquipment" >
<Mapping name="PowerMonitorInfo" >
  <Item IEDType="SAC_PSL600U"
    Ref=" LD0/STMP1$Tmp$MX$mag$f" desc="装置温度"
    EquipmentType="SAC_PSL600U"
    URI="ProtectionEquipment/CPUBoard/      CPUBoard
    Info/Tmp />
</Mapping>
</File>
```

#### 4.3 基于 CIM/E 的设备状态监测信息传输与交互

为了实现智能变电站继电保护设备自检告警、在线监测等信息的上送, 支撑智能变电站继电保护设备状态评估、状态检修的应用, 本文采用电力系统通用服务协议 GSP, 并采用 GB/T 30149 所推荐的 CIM/E 格式的文件描述各设备自检告警、状态

```

监测等信息，状态监测数据信息描述文件示意如下：
<! System= Version=1.0 Code=GBK Type Time='2017-05-3
15:34:28' !>
<Analog>
@Num Ref Name Val Uint MinVal MaxVal
//序号 引用 名称 值 单位 最小值 最大值
#1 SAC_PSL600U/LD0/STMP1$Tmp$MX$mag$f
装置温度 51.000000 deg 0.000000 0.000000
#2 SAC_PSL600U/LD0/SPVT1$Vol$MX$mag$f
工作电压 24.701660 V 0.000000 0.000000
</Analog>

```

如图 8 实现，CIM/E 文件，实现了基于 SCD 的变电站继电保护等设备在线监测状态信息的上传，基于 Map 模型映射文件，可以实现二次设备状态监测信息和二次设备量测的自动映射和源端维护。Map 模型映射文件可根据不同设备、不同版本，并基于状态检修的应用需求，灵活定制，满足智能变电站继电保护状态检修应用发展的需要。

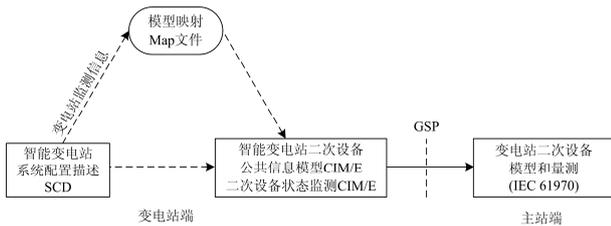


图 8 继电保护状态信息模型映射和源端维护示意图

Fig. 8 Relay protection status information model mapping and source side maintenance schematic

### 5 结语

传统的变电站继电保护状态检修，基于状态检修导则和评价算法，构建状态评估信息数据表。随着智能变电站的推广和应用，越来越多的自检告警信息和状态监测信息的上传和应用，传统的变电站继电保护状态检修功能单一，监测信息量少，不易扩展，也不能满足智能变电站状态检修发展的需要。本文基于上述考虑，扩展了智能变电站二次设备资源和二次设备资产公共信息模型，提出了面向状态检修的智能变电站继电保护设备公共信息模型的完整架构体系，并实现基于 IEC 61850 变电站继电保护设备功能信息模型和基于 CIM 的设备公共信息模型及二次设备量测体系之间的模型映射和源端维护，构建了层次化继电保护状态评估模型，实现了智能变电站继电保护状态检修和运维管理多维信息的统一建模和管理，为实现基于在线监测智能变电站

继电保护状态评价，实现基于二次设备资源和设备资产信息的时空多维数据的挖掘分析和综合评价奠定了一定的基础<sup>[24]</sup>。本文是对面向状态检修的智能变电站继电保护二次设备公共信息建模的一个探索，本文所提出的基于智能变电站二次设备资源和二次设备资产公共信息模型的扩展以及状态检修主子站模型映射实现方案在安徽省电力调控中心的智能变电站继电保护状态评价系统中进行了探索和尝试。

### 参考文献

- [1] 刘海峰, 陈宏, 姜健琳, 等. 基于 D5000 平台下二次设备自动巡检系统的设计及实现[J]. 电网与清洁能源, 2017, 33(11): 39-45.  
LIU Haifeng, CHEN Hong, JIANG Jianlin, et al. Design and implementation of automatic inspection system of secondary equipments based on D5000 platform[J]. Power System and Clean Energy, 2017, 33(11): 39-45.
- [2] 叶远波, 孙月琴, 黄太贵, 等. 继电保护相关二次回路的在线状态检测技术[J]. 电力系统自动化, 2014, 38(23): 108-113.  
YE Yuanbo, SUN Yueqin, HUANG Taigui, et al. On-line state detection technology of relay protection relevant secondary circuits[J]. Automation of Electric Power Systems, 2014, 38(23): 108-113.
- [3] 张兆云, 叶远波, 栾庆武, 等. 继电保护及相关回路动态监控及故障诊断技术研究与应用[J]. 电网与清洁能源, 2016, 32(9): 1-5.  
ZHANG Zhaoyun, YE Yuanbo, LUAN Qingwu, et al. Research on dynamic monitoring and fault diagnosis technology for relay protection and secondary circuits[J]. Power System and Clean Energy, 2014, 32(9): 1-5.
- [4] 薛斌, 谢宏杰, 唐卓贞, 等. 继电保护状态检修辅助管理系统的研究与应用[J]. 电网与清洁能源, 2015, 31(4): 20-24.  
XUE Bin, XIE Hongjie, TANG Zhuozhen, et al. Research and application of relay protection predictive diagnosis maintenance assistant management system[J]. Power System and Clean Energy, 2015, 31(4): 20-24.
- [5] 李孟超, 王允平, 李献伟, 等. 智能变电站及技术特点分析[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(18): 59-62.  
LI Mengchao, WANG Yunping, LI Xianwei, et al. Smart substation and technical characteristics analysis[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(18): 59-62.
- [6] 朱林, 陈金富, 段献忠. 数字化变电站冗余体系结构的改进及其可靠性和经济性评估[J]. 电工技术学报, 2010, 35(12): 12-16.

- 2009, 24(10): 147-151.
- ZHU Lin, CHEN Jinfu, DUAN Xianzhong. Improvement of redundant architecture in digital substation and its reliability & economic assessment[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2009, 24(10): 147-151.
- [7] 胡绍谦, 李力, 祁忠, 等. 保护信息系统 IEC 61850 建模及 CIM 扩展的研究与应用[J]. 电力系统自动化, 2016, 40(6): 119-124.
- HU Shaoqian, LI Li, QI Zhong, et al. Research on and application of IEC 61850 modelling and CIM extension for protection relay information management system[J]. Automation of Electric Power Systems, 2016, 40(6): 119-124.
- [8] 陈根军, 周红阳, 李文云, 等. 基于 CIM 扩展的通用保护模型及其应用[J]. 电力系统自动化, 2012, 36(24): 49-53.
- CHEN Genjun, ZHOU Hongyang, LI Wenyun, et al. A CIM general protection model and its application[J]. Automation of Electric Power Systems, 2012, 36(24): 49-53.
- [9] 朱林, 王鹏远, 石东源. 智能变电站通信网络状态监测信息模型及配置描述[J]. 电力系统自动化, 2013, 37(11): 87-92.
- ZHU Lin, WANG Pengyuan, SHI Dongyuan. Status monitoring information model and configuration description of communication network in smart substation[J]. Automation of Electric Power Systems, 2013, 37(11): 87-92.
- [10] 纪陵, 李忠明, 蒋衍君, 等. 智能变电站二次虚回路对象化信息模型描述方法研究[J]. 华电技术, 2015, 37(2): 4-8.
- Ji Ling, LI Zhongming, JIANG Yanjun, et al. Research on description of secondary virtual loop object information model in smart substation[J]. Huadian Technology, 2015, 37(2): 4-8.
- [11] 曹晋彰, 王扬, 曹一家, 等. 基于公共信息模型的电网企业资产管理信息模型及应用[J]. 电力系统自动化, 2012, 36(2): 77-80.
- CAO Jinzhang, WANG Yang, CAO Yijia, et al. CIM-based information model for power grid enterprise asset management and its application[J]. Automation of Electric Power Systems, 2012, 36(2): 77-80.
- [12] WANG X F, SCHULZ N N, NEUMANN S. CIM extensions to electrical distribution and CIM XML for the IEEE radial test feeders[J]. IEEE Transactions on Power Systems, 2003, 18(3): 1021-1028.
- [13] DING Ming, ZHANG Zhengkai, GUO Xuefeng. CIM extension of microgrid energy management system[C] // Power and Energy Engineering Conference, March 27-31, 2009, Wuhan, China: 1-6.
- [14] 刘海璇, 吴福保, 董大兴, 等. 微电网能量管理系统中的公共信息模型扩展[J]. 电力系统及自动化, 2012, 36(6): 45-50.
- LIU Haixuan, WU Fubao, DONG Daxing, et al. Extended common information model for microgrid energy management system[J]. Automation of Electric Power Systems, 2012, 36(6): 45-50.
- [15] 陶顺, 周双亚, 肖湘宁, 等. 基于 IEC 61970 公共信息模型的电压凹陷域分析[J]. 电工技术学报, 2013, 28(9): 40-46.
- TAO Shun, ZHOU Shuangya, XIAO Xiangning, et al. Analysis of area of vulnerability based on common information model in IEC 61970[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2013, 28(9): 40-46.
- [16] 韩平, 赵勇, 李晓朋, 等. 继电保护状态检修的实用化尝试[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(19): 92-95.
- HAN Ping, ZHAO Yong, LI Xiaopeng, et al. Instantiation sample of relay protection start maintenance[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(19): 92-95.
- [17] 肖繁, 王紫薇, 张哲, 等. 基于状态监测的继电保护系统检修策略研究[J]. 电力系统保护与控制, 2018, 46(6): 72-83.
- XIAO Fan, WANG Ziwei, ZHANG Zhe, et al. Study on maintenance strategy of relay protection system based on condition monitoring[J]. Power System Protection and Control, 2018, 46(6): 72-83.
- [18] 张金江, 郭创新, 曹一家, 等. 变电站设备状态监测及其 IEC 型协调[J]. 电力系统自动化, 2009, 33(20): 67-72.
- ZHANG Jinjiang, GUO Chuangxin, CAO Yijia, et al. Substation equipment condition monitoring system and IEC model coordination[J]. Automation of Electric Power Systems, 2009, 33(20): 67-72.
- [19] Energy management system application program interface (EMS-API): part 301 common information model (CIM) IEC 61970-301—2013[S].
- [20] Application integration at electric utilities-system interfaces for distribution management-part 11: common information model (CIM) extensions for distribution IEC 61968-11—2013[S].
- [21] 王同文, 谢民, 孙月琴, 等. 智能变电站继电保护系统可靠性分析[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(6):

58-66.  
WANG Tongwen, XIE Min, SUN Yueqin, et al. Analysis of reliability for relay protection systems in smart substation[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(6): 58-66.

[22] 叶远波, 陈晓东, 项忠华, 等. 继电保护在线状态检修的应用和探讨[J]. 电力系统保护与控制, 2017, 45(22): 132-138.  
YE Yuanbo, CHEN Xiaodong, XIANG Zhonghua, et al. Application and discussion on online condition-based maintenance of relay protection devices[J]. Power System Protection and Control, 2017, 45(22): 132-138.

[23] 中国国家标准化管理委员会. 继电保护 IEC 61850 工程应用模型: GB/T 32890—2016[S]. 北京: 中华人民共和国质量监督检验检疫总局, 2016.  
Standardization Administration of the People's Republic of China. Data model of protective relays based on IEC 61850: GB/T 32890—2016[S]. Beijing: General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, 2016.

[24] 纪陵, 蒋衍君, 施广德. 基于 SVG 的电力系统图形互操作研究[J]. 电力自动化设备, 2011, 31(7): 105-109.  
JI Ling, JIANG Yanjun, SHI Guangde. SVG-based graphics interoperability of electric power systems[J]. Electric Power Automation Equipment, 2011, 31(7): 105-109.

[25] 罗建, 朱伯通, 蔡明, 等. 基于 CIM XML 的 CIM 和 SCL 模型互操作研究[J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(17): 135-138.  
LUO Jian, ZHU Botong, CAI Ming, et al. Interoperability of CIM and SCL model based on CIM XML[J]. Power System Protection and Control, 2011, 39(17): 135-138.

[26] 中国国家标准化管理委员会. 电网通用模型描述规范: GB/T 30149—2013[S]. 北京: 中华人民共和国质量监督检验检疫总局, 2013.  
Standardization Administration of the People's Republic of China. Grid common model description specification GB/T 30149—2013[S]. Beijing: General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, 2013.

[27] 王月月, 陈民铀, 姜振超, 等. 基于云理论的智能变电站二次设备状态评估[J]. 电力系统保护与控制, 2018, 46(1): 71-77.  
WANG Yueyue, CHEN Minyou, JIANG Zhenchao, et al. A state assessment method for secondary equipment in intelligent substation based on cloud model[J]. Power System Protection and Control, 2018, 46(1): 71-77.

收稿日期: 2018-01-14; 修回日期: 2018-06-15

作者简介:

叶远波(1973—), 男, 硕士, 教授级高工, 英国工程技术学会注册工程师(IET-eng), 主要研究方向为电力系统继电保护;

纪陵(1982—), 男, 通信作者, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为电力系统自动化; E-mail: ling-ji@sac-china.com

黄太贵(1963—), 男, 硕士, 教授级高工, 主要研究方向为调度运行及继电保护运行管理。

(编辑 周金梅)