

DOI: 10.3969/j.issn.1000-1026.2012.02.014

# 基于公共信息模型的电网企业资产管理信息模型及应用

曹晋彰<sup>1</sup>, 王 扬<sup>1</sup>, 朱承治<sup>2</sup>, 张 扬<sup>2</sup>, 郭创新<sup>1</sup>, 曹一家<sup>1</sup>

(1. 浙江大学电气工程学院, 浙江省杭州市 310027; 2. 浙江省电力公司, 浙江省杭州市 310007)

**摘要:** 从复杂信息系统建设的规律出发, 基于 IEC 61970/61968 的公共信息模型(CIM), 阐释了资产信息模型理论, 分析了电力系统资源与资产的区别; 提出了电力信息建模的原则和方法, 并据此扩展资产信息模型, 包括资产基础模型和工作模型, 其中资产基础模型详尽描述了设备台账对象, 而工作模型概括了主要设备维修活动涉及的基础数据; 介绍了资产模型的各种应用, 如用于资产数据库设计、资产分类与编码设计, 并理清资产与功能位置的关系、资产管理与物资和财务管理的关联集成。

**关键词:** 公共信息模型; 企业资源规划; 企业资产管理; 电力系统资源; 企业信息建模; 智能电网

## 0 引言

随着国家电网公司智能电网规划的出台, 智能电网的建设即将全面展开。在通信信息平台环节, 国家电网公司将延伸“十一五”中“SG186”信息化工程取得的成果, 在“十二五”开展国家电网资源计划系统的建设, 打造以资产为核心的全生命周期管理体系; 而全面企业资源规划(ERP)的建设, 对于资产管理系统提出了更高的要求<sup>[1-4]</sup>。按照企业信息系统的建模方法, 需要首先对信息资源进行规划, 对领域数据进行建模, 捕捉领域中的对象类及其属性, 分析其关联关系, 为资产管理系统的数据库设计提供概念模型和逻辑视图, 可直接指导底层物理数据模型的设计和开发<sup>[5-6]</sup>。

企业资产管理不同于传统的设备管理仅以功能位置为依据来维护设备, 它更关注设备个体的健康状况, 因此资产信息建模工作是从设备自身物理属性出发, 从资产角度构建设备的数据模型。而目前针对企业设备资产的信息建模工作较少, 大都局限于从功能位置角度构建设备台账和编码, 而企业资产管理需要根据设备自身分类特性组织设备树, 这就对设备资产信息模型提出了较高要求<sup>[7-8]</sup>。

IEC 61968 的公共信息模型(CIM)中提出了资产的概念, 给出了比较成熟的资产模型。该模型完全可以作为资产管理系统建模的参照和依据<sup>[9-10]</sup>。

收稿日期: 2011-05-17; 修回日期: 2011-08-03。

国家自然科学基金资助项目(50677062); 国家高技术研究发展计划(863 计划)资助项目(2008AA05Z210); 教育部新世纪优秀人才支持计划(NCET-07-0745); 国家电网公司科技项目(SGKJ[2007]149)。

本文以 CIM 资产模型为基准, 结合设备对象的实际数据项进行资产信息建模, 分别建立了典型输变电设备的资产基础模型和工作模型。依据 CIM 中资产类相应扩展资产分类属性、本体属性、模型参数、电气属性等, 从而给出较为全面的资产信息的对象视图, 为资产数据库的设计提供面向对象的源模型参考, 并探讨了资产模型的相关应用。

## 1 资产总论

### 1.1 资产基本概念

资产这一概念最早源于财务领域, 是企业中占有一定价值的物品, 电力设备则是电网企业最重要的固定资产。近来在生产管理领域, 也越来越多地从资产角度考虑设备管理问题, 从全生命周期出发评估资产寿命和处置报废; 而资产的运行维护管理水平直接关系到企业的运营成本和盈利能力, 通过合理安排检修计划以提高设备可用率和降低设备故障率, 以及节省设备运行维护的开支。

与 ERP 再造企业流程不同, 企业资产管理(EAM)主要针对企业内部维修及维护的资产管理。在 EAM 中, 设备台账数据是基础, 运行维护管理是核心, 以工单的提交、审批和执行为主线, 按照缺陷处理、计划检修、预防性检修、状态检修等几种可能模式, 以提高维修效率、降低总体维护成本为目标, 将库存采购和人员财务等模块集成在一个数据充分共享的信息系统中<sup>[7-8]</sup>。

### 1.2 CIM 中的资产模型

资产是被某机构所拥有的物理实体, 它要经过购买、安装、维护、维修、折旧和报废等生命过程, 并产生一系列重要的历史资料记录。在 CIM 中, 资产

模型可分为基础模型和工作模型,基础模型包含资产的基本属性,如 Asset 类描述资产本体属性、Specification 类描述产品说明书(包括安装和维修作业指导书)、TypeAsset 类描述通用分类信息、AssetModel 类描述产品型号、ElectricalProperties 类描述电气属性、FinancialProperties 类描述财务属性、Location 和 Zone 类描述资产地理位置信息。而工作模型包含资产业务活动记录,如 Work 和 WorkTask 类说明资产工作任务,Procedure 和 ProcedureValue 类记录每步工作步骤和产生量测值,这些记录通过数据集(DataSet)的方式分类保存,共分巡视、诊断、试验、维修 4 类数据集,分别对应资产运行维护管理中的各项工作任务,见附录 A 图 A1—图 A4。

资产(Asset)与电力系统资源(PSR)相互关联,但二者描述设备的角度不同,前者注重设备的物理特征,而后者注重在电网中的功能位置,即设备的逻辑特征,由前者来实现。资产与组织(Organization)相关联,也可与多个组织机构有关,如检修、运行部门等。资产与量测(Measurement)关联,产生量测值(MeasurementValue),并关联端子(Terminal)。

### 1.3 资产与资源辨析

在 CIM 模型中,IEC 61970-301 定义了 PSR,并通过定义设备容器来建立电网设备层级树形结构,据此定义生产管理中设备功能位置,进而规范设备调度命名。IEC 61968-11 资产包中明确定义了资产概念,并充分发挥文档在资产管理中的作用。

电网功能位置上的资源,需要资产来具体实现,它们之间存在着多对多的关联关系,即同一资产可先后服役于不同功能位置,而同一功能位置也可先后由不同资产来服役。如图 1 所示,功能位置中三相开关命名 SW12,具体三相的资产序列号分别为 SN43537, SN76733, SN99857,其中 C 相开关 SN99857 运行出现问题,返回厂房维修,而被 SN99857 替换;同时,由于出现故障,采购 1 台新开关设备 SN35477 以保证库存。

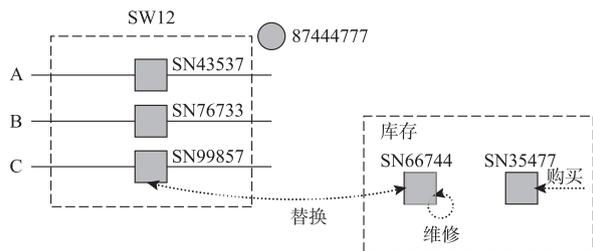


图 1 资产与资源的关系

Fig. 1 Relationship between asset and power system resource

## 2 资产信息建模方法与实例

### 2.1 企业信息建模

企业信息建模是对企业信息流进行规范化处理,对企业全域资源的抽象和整合,是按标准、规范有序组织的结果,主要关注信息系统中的信息及其流向,旨在进行信息整合、规范数据模型、减少数据冗余,提高企业运作效率和信息化水平。

面向对象的建模方法是对结构化建模思路的改进,针对信息系统规模的不断扩大,通过多层次抽象,从对象到类,构造类库,采用灵活的框架或架构,能够满足当前复杂的软件开发要求。统一建模语言(UML)是一种面向对象的可视化建模语言,本文资产信息建模就是采用 Rational Rose 作为统一建模工具,基于现有 CIM 资产模型的成熟体系,对输变电主要一次设备进行信息建模<sup>[11-12]</sup>,具体建模原则和方法见附录 A。

### 2.2 资产信息建模需求

CIM 资产模型可大致分为基础模型和工作模型,基础模型中从 5 个侧面描述资产属性,分别以 Asset, TypeAsset, AssetModel 为根类,针对电气设备派生出 ElectricalAsset, ElectricalTypeAsset, ElectricalAssetModel 子类,三者均聚合电气属性类 ElectricalProperties,形成电气资产模型框架。例如:对于某电网设备 XX 资产信息建模,首先要扩展类继承上述 4 个父类,对无法继承者再根据自身属性扩展新类。具体如下:设备本体特征通过继承扩展子类 XXAsset,设备分类信息扩展 XXTypeAsset,某型号设备公共属性扩展 XXAssetModel,设备的电气参数扩展 XXProperties,这 4 个子类之间相互关联,且电气属性类与其他 3 个子类之间是聚合关系。此外,在建模中发现电气设备本身带有机械参数,具有共性需要扩展,故在电气属性之外,扩展根类机械属性 MechanicalProperties 并与其他根类关联,而这五大根类就形成了资产的基础模型框架,如前例针对 XX 设备,则扩展类 XXMechanical 继承根类,表述其自身机械属性,如图 2 所示。

反映资产业务活动的工作模型则通过文档形式记录数据,根据日常设备运行维护活动的不同可分为巡视、诊断、试验和维修 4 类,其结果定义为数据集,见附录 A 图 A5、图 A6。巡检业务均以工单为依据,对应 CIM 中类 Work 和 WorkTask,工单包含工作内容,由作业指导书(Specification)规范,包含诸多工作步骤(Procedure),并可能产生一些量测值,且取值范围(Limit)遵循额定值(Rating)定义。

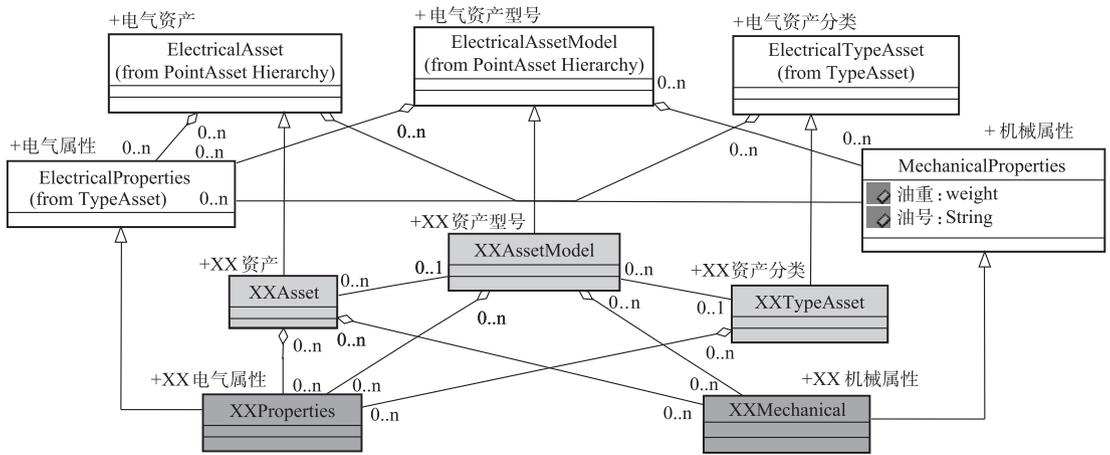


图 2 设备台账扩展类图  
Fig. 2 Equipment account class extension diagram

缺陷信息是电力设备运行维护管理中的重要信息,在日常巡视中及时发现设备的缺陷情况,维修消除后,记录缺陷信息,备案形成缺陷库以完善资产档案。针对缺陷信息,继承了已有业务活动类 ActivityRecord、扩展子类 DefectEvent(缺陷事件),以及已有子类 FailureEvent(故障事件),缺陷事件类中包含设备类别、缺陷内容、部位、程度、等级、分类、消缺情况和结论等属性,部分属性取值采用枚举形式,见附录 A 图 A7。

### 2.3 典型设备建模案例

资产的基础模型由五大根类组成模型框架,从不同角度描述设备对象的信息,针对具体设备分别扩展子类继承相应根类;工作模型中提取业务活动涉及的主要对象类,可适用于多种业务形式,如巡视、检修等,并特别扩展检修所关心的缺陷事件类。依照此建模思路,对变压器等典型输变电一次设备进行资产信息建模,并尝试对二次设备和其他设备进行建模。

变压器是最典型的变电设备,对它进行资产信息建模是工作重点。除按照上述资产基础模型的建模思路之外,还要充分考虑变压器设备结构复杂、部件众多的情况。较重要的部件,如套管(Bushing)和分接头(TapChanger),已在 CIM 模型中,而针对其他部件,则采用多态模式,扩展变压器附件资产类(TransformerAccessoryAsset)和变压器附件模型类(TransformerAccessoryModel),各附件,如潜油泵、压力释放装置、瓦斯继电器和主变温度计,则继承上述变压器附件资产类和模型类,见附录 A 图 A8。

除变压器资产模型外,附录 A 图 A9 中还给出串联补偿器资产模型,其中设备类型属性通过枚举,并自定义复杂数据类型以弥补数据类型的不足。

## 3 资产模型应用实例

### 3.1 资产管理系统数据库设计

对于大量的设备量测数据,需要借助元数据(Metadata)来实现有效管理。元数据简言之就是关于数据的数据,如数据库表中的字段<sup>[13]</sup>。而 CIM 定义了电力企业中主要对象类及其属性和关系,它采用面向对象的描述方式构造了电力行业的元数据,与生产数据库的设计密切相关。文中所构建的资产基础模型,可直接指导 EAM 中的设备台账管理模块的数据设计,而运行和维护管理模块的设计还要考虑 workflow,但其底层数据设计也可参照上文资产工作模型。

具体来说,从面向对象的静态类图转化为实体关系数据库表,有着较成熟的设计方案,如对象类的建表、继承和关联关系的映射、主键外键的处理;而依照 CIM 建设的数据库表包含了 CIM 语义信息,再通过组装基表,建立边界视图和封装边界类,能有效改进资产数据平台程序的性能,针对不同的用户提供多样化的资产数据服务。

设备台账是 EAM 的数据基础,它以电力设备为主线进行组织,从设备技术信息、地理位置、分类信息、功能等方面出发,将设备与备品配件从不同角度组成关联的“设备树”,并与设备图片、手册、铭牌参数、工作指导书、财务等信息相关联,记录设备在整个生命周期中的运行、故障、维修、移动的详细情况,以及每个阶段中设备的价值<sup>[7-8]</sup>,如图 3 所示。因此,它与传统管理信息系统(MIS)的设备台账管理区别很大,包含的信息种类更多,设计上也更为复杂。CIM 资产模型以面向对象的方式对资产信息进行规范化的描述,且覆盖了 EAM 设备台账的基本信息,完全可以作为其底层数据设计的依据。

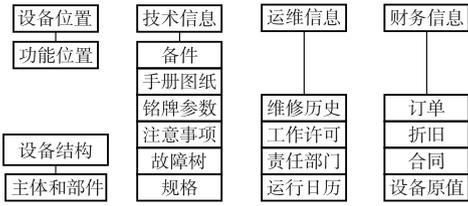


图3 设备台账信息  
Fig.3 Equipment account information

浙江省电力公司根据电力系统资金、技术密集和设备复杂的实际特点,整合SAP中的设备管理(PM)模块和生产管理系统,充分发挥SAP资产管理优势和MIS电网管理优势,开发实施了安全生产管理系统(PSMS)。PSMS中输变电设备主数据以SAP为源头录入维护,并导入生产管理模块中;而SAP中设备基础数据视图的组织及各类数据表格和字段的设计,均参照上述基于CIM的设备台账模型,见附录A图A10。

3.2 资产分类与编码

资产分类是资产管理的关键,电力企业中设备资产众多、型号复杂,必须采用行之有效的分类法,建立合理的设备分类编码规则,形成资产管理体系。在CIM资产模型中,TypeAsset类资产从功用角度进行设备分类,给出了相当于PSR功能角色的设备分类信息,具体而言是将电力设备资产分为电气资产、容器资产、支持资产3类(见图4),电气资产再下分变压器、开关断路器、补偿器、线路等。AssetModel类进一步描述具体某类资产的不同型号设备。这2个类组成的资产分类比较完整,以此为依据,参考国内外各种资产编码,就可以形成电网企业自身对于设备管理的资产分类编码。

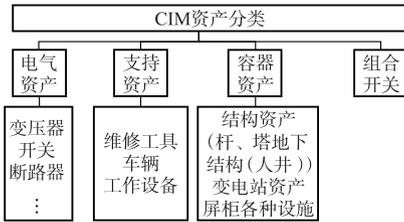


图4 CIM资产分类  
Fig.4 Asset classification in CIM

3.3 资产管理和系统集成

资产管理是生产管理中的重要环节,它不同于调度管理,在专业视角、关注层面、管理方法上差异很大。例如:对于开关设备这一对象,相对于调度管理从功能角度对逻辑设备的管理方法,资产管理更关注具体某种型号的开关,它服役后的运行状态、检修历史、缺陷信息等,不管它是在哪个功能位置服役

或是处于仓库返修或退役报废处置阶段,都要追踪它的全生命周期记录,这就是从实体角度管理物理设备的方法<sup>[14]</sup>。

资产这一概念源自财务领域,资产管理中检修活动也涉及大量财务信息;而设备资产被企业购入后入库也涉及物资管理,当某种型号的设备告缺时需要提交采购计划。正因如此,电网EAM与财务管理、物资管理有着紧密的联系;从资产全生命周期的视角来分析,设备从购入服役到退役处置终生如此。因此,资产管理需要集成财务管理和物资管理模块,而资产编码需要分别与财务码和物资码之间建立映射关系,以利于系统互联和资产信息共享,实现设备资产“账卡物”信息一体化。

浙江省电力公司PSMS中以SAP为基础建设省级资产管理中心,便能在该平台集成各企业资源管理系统,如生产计划、维修、物料、财务管理等,做到资产相关信息全局共享,各业务系统互联互通,使资产信息一体化得以实现。

4 结语

电网EAM系统的建设,离不开对信息资源的科学规划和信息建模工作;而资产信息建模属于领域建模范畴,直接影响领域内资产管理系统数据库和应用程序的开发。CIM作为电力行业领域成熟的元数据模型,其面向对象的描述方式使其在大型软件开发上具有天然的优势;IEC 61968-11中描述的资产和工作模型越来越引起业内人士关注,特别是在国家电网资源计划系统规划中建设全生命周期EAM系统的目标下,CIM是不可或缺的领域元数据模型。

本文是基于CIM对电网企业的典型输变电设备进行了资产信息建模,阐述了资产模型基础理论,辨析了电力系统资源与资产之间的关系,构建了资产基础模型和工作模型,其中基础模型能很好地表达EAM的设备台账数据模型,而工作模型也概括了各种设备业务活动共有的数据对象;并进一步介绍了资产模型的应用实例。

基于CIM创建的资产信息模型解决了电网EAM领域内的元数据模型问题,为EAM系统开发的后续工作,如底层数据库和应用层开发,提供了有力的支持和依据。本模型已应用于浙江省电力公司PSMS中SAP设备主数据视图的设计。

附录见本刊网络版(<http://aeps.sgepri.sgcc.com.cn/aeps/ch/index.aspx>)。

## 参考文献

- [1] 肖世杰. 构建中国智能电网技术思考[J]. 电力系统自动化, 2009, 33(9): 1-4.  
XIAO Shijie. Consideration of technology for constructing Chinese smart grid[J]. Automation of Electric Power Systems, 2009, 33(9): 1-4.
- [2] 余始鑫, 栾文鹏. 智能电网述评[J]. 中国电机工程学报, 2009, 29(34): 1-8.  
YU Yixin, LUAN Wenpeng. Smart grid and its implementations[J]. Proceedings of the CSEE, 2009, 29(34): 1-8.
- [3] 张文亮, 刘壮志, 王明俊, 等. 智能电网的研究进展及发展趋势[J]. 电网技术, 2009, 33(13): 1-11.  
ZHANG Wenliang, LIU Zhuangzhi, WANG Mingjun, et al. Research status and development trend of smart grid[J]. Power System Technology, 2009, 33(13): 1-11.
- [4] 王益民. 坚强智能电网技术标准体系研究框架[J]. 电力系统自动化, 2010, 34(22): 1-6.  
WANG Yimin. Research framework of technical standard system of strong & smart grid[J]. Automation of Electric Power Systems, 2010, 34(22): 1-6.
- [5] 王珊. 电力信息建模的理论与实践[D]. 杭州: 浙江大学, 2008.
- [6] 王继业, 张崇见. 电力信息资源整合方法综述[J]. 电网技术, 2006, 30(9): 83-87.  
WANG Jiye, ZHANG Congjian. Survey on power information resources integration methods[J]. Power System Technology, 2006, 30(9): 83-87.
- [7] 李磊, 曲俊华. 电厂资产管理系统的设计与实现[J]. 电力系统自动化, 2005, 29(13): 80-83.  
LI Lei, QU Junhua. Design and realization of enterprise assets management system in power plants[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(13): 80-83.
- [8] 李惠玲, 盛万兴, 曹添梅, 等. 企业资产管理系统在电力企业的应

- 用[J]. 电网技术, 2008, 32(3): 22-26.  
LI Huiling, SHENG Wanxing, CAO Tianmei, et al. The application of enterprise asset management in electric power enterprise[J]. Power System Technology, 2008, 32(3): 22-26.
- [9] 张慎明, 刘国定. IEC 61970 标准系列简介[J]. 电力系统自动化, 2002, 26(14): 1-6.  
ZHANG Shenming, LIU Guoding. Introduction of standard IEC 61970 [J]. Automation of Electric Power Systems, 2002, 26(14): 1-6.
- [10] 何俊, 罗建, 王官洁, 等. IEC 61968 标准的原理及其应用分析[J]. 重庆大学学报: 自然科学版, 2006, 29(5): 36-39.  
HE Jun, LUO Jian, WANG Guanjie, et al. Principle and analysis of IEC 61968[J]. Journal of Chongqing University: Natural Science Edition, 2006, 29(5): 36-39.
- [11] 范玉顺, 曹军威. 复杂系统的面向对象建模、分析与设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2000.
- [12] 黄蕾, 王康元, 梁继勇. 基于 CIM 的电力设备维护管理系统模型[J]. 继电器, 2005, 33(7): 50-54.  
HUANG Lei, WANG Kangyuan, LIANG Jiyong. Power equipment diagnosis and management system model based on CIM[J]. Relay, 2005, 33(7): 50-54.
- [13] 刘嘉. 元数据导论[M]. 北京: 华艺出版社, 2002.
- [14] 崔南方, 张安. 现代企业资产管理: EAM 系统的原理和应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2008.

曹晋彰(1983—), 男, 通信作者, 博士研究生, 主要研究方向: 电力信息建模与集成技术及其在电力系统中的应用。  
E-mail: morriscao@zju.edu.cn

王 扬(1983—), 男, 博士研究生, 主要研究方向: 电力信息建模、风速预测和风电调度。

朱承治(1979—), 男, 博士, 主要研究方向: 电力信息化、状态检修和微电网技术。

## CIM-based Information Model for Power Grid Enterprise Asset Management and Its Application

CAO Jinzhang<sup>1</sup>, WANG Yang<sup>1</sup>, ZHU Chengzhi<sup>2</sup>, ZHANG Yang<sup>2</sup>, GUO Chuangxin<sup>1</sup>, CAO Yijia<sup>1</sup>

(1. College of Electrical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China;

2. Zhejiang Electric Power Corporation, Hangzhou 310007, China)

**Abstract:** In the overall plan for the smart grid by State Grid Corporation, the life-cycle asset management (EAM) system is the main part of the development of state grid enterprise resource planning (ERP). From the point of view of construction rules of the complex information system, based on the IEC 61970/61968 common information model (CIM), the asset information model theory is described and the difference between power system resources and asset is analyzed. The disciplines and methods for the electric power information modeling are presented and used to extend to the asset information model. The asset information model includes the base model and operation model, of which the former describes equipment records while the latter covers the inspection and maintenance data. Various applications of the asset model are discussed, such as asset database design, asset classification and coding design. Moreover, the integration scheme of asset management with materials and financial management is roughly studied.

This work is supported by National Natural Science Foundation of China (No. 50677062), National High Technology Research and Development Program of China (863 Program) (No. 2008AA05Z210), Program for New Century Excellent Talents in University (No. NCET-07-0745), and State Grid Corporation of China (No. SGKJ[2007]149).

**Key words:** common information model (CIM); enterprise resource planning (ERP); enterprise asset management (EAM); power system resources; enterprise information modeling; smart grid

## 附录 A 基于 CIM 的信息建模的原则和方法

为了建立独立于应用的公共语义模型，需要对具体对象的属性进行高度的抽象概括，形成具有良好通用性的类。而模型的规范化过程中，要考虑以下 3 个原则：①避免大而全的对象类，将属性较多的类解构为多个属性较少的类相关联，提高类的抽象性和对象性；②尽可能消除冗余数据，如属性重复；③规范化所有类和属性的命名。

在基于 CIM 的实际扩展中，以对原有 CIM 模型改动最少为首要原则，扩展内容要经过反复抽象，通用性和普适性良好。具体来说有以下 4 个方面：①新建包，将扩展模型类图至于此包中，如模型涵盖领域较广，可于此包中再新建子包细分；②根据上述最少改动原则，对 CIM 扩展的顺序是：先扩展既有类属性，如遇新对象再扩展类，并通过继承、关联和聚合等关系，将其关联到既有模型类库的谱系中；③属性的数据类型要依据 CIM 域包中的已定义类型，否则新建数据类型，如数据类型较为复杂包含多条属性，则新建“复合数据类型”类，如属性取值为有限元素集则新建“枚举类”来处理；④扩展类和属性命名规范，且均须有注释。

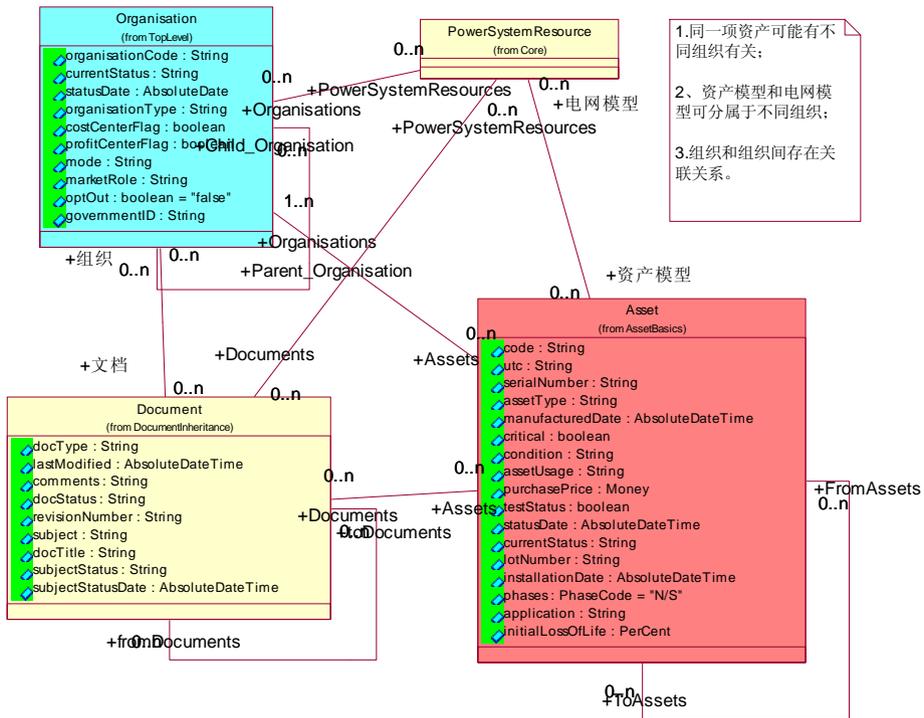


图 A1 资产模型组织属性  
Fig.A1 Organisation properties of asset model



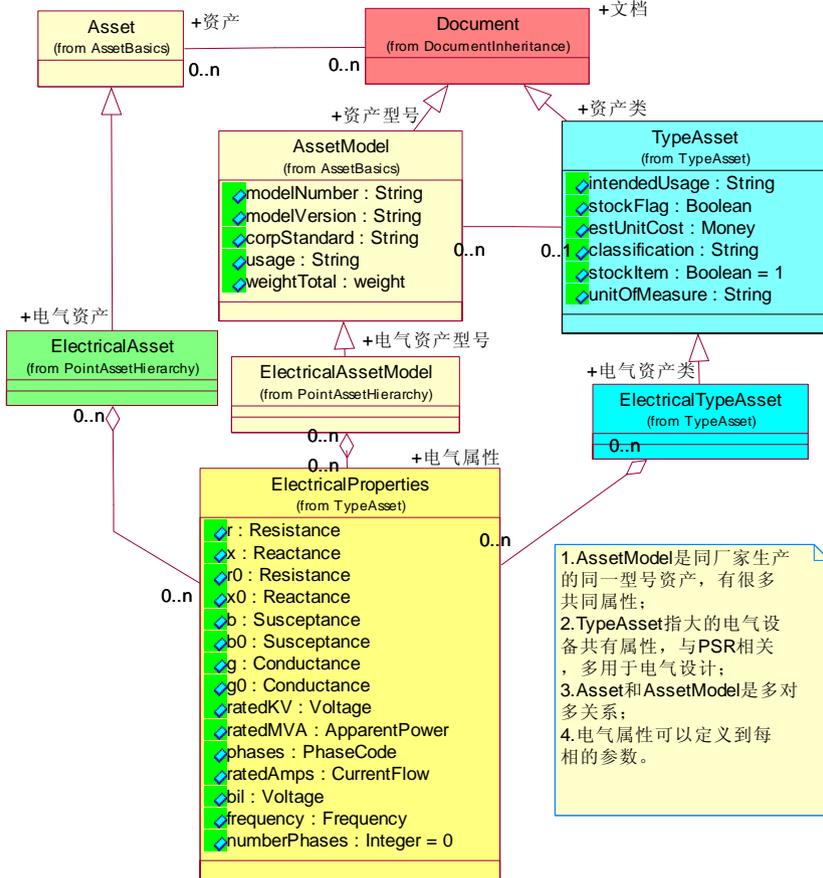


图 A4 资产型号与分类属性  
**Fig.A4 Asset model and type attributes**

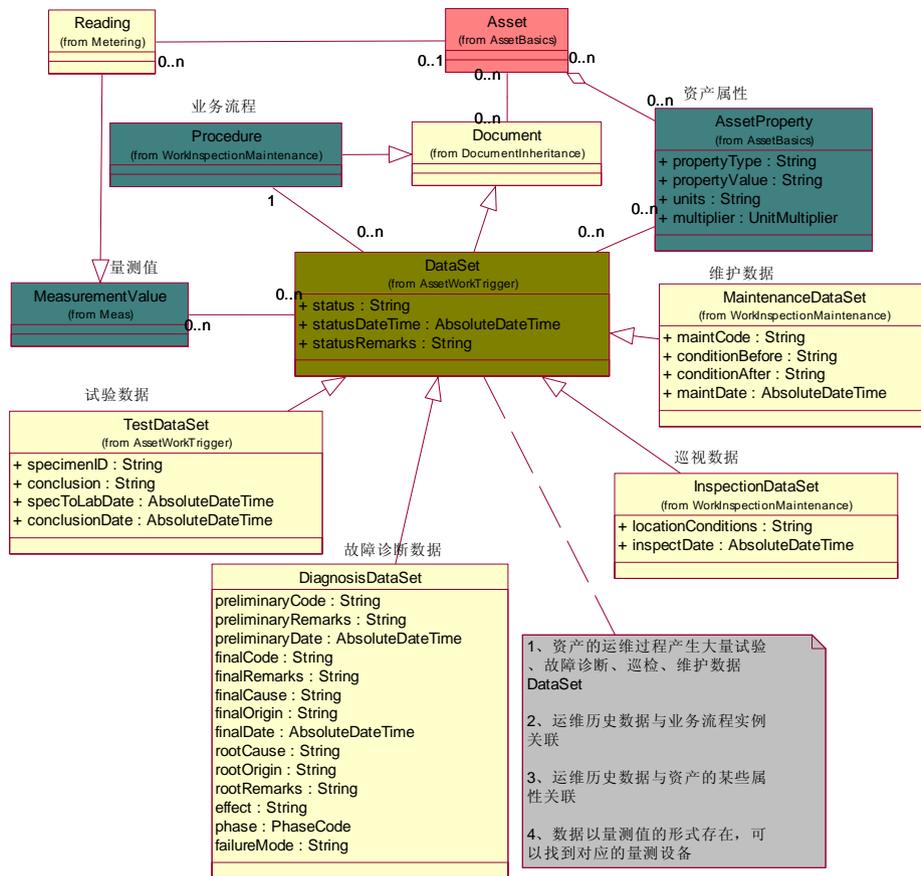


图 A5 资产运维模型  
**Fig.A5 Asset operation & maintenance model**

工作任务 **WorkTask** 类和 **Work** 类相当于“工单”，它和维修资产清单、工具设备清单、班组人员和技能、资质要求等相关联，相当于巡视维修业务活动前的各项准备工作；而业务流程 **Procedure** 类则表达了具体检修工作中的操作步骤，以及在这些步骤产生的量测项和量测数据，包括每项数据的极限值，而量测结果就存储在数据集中。这两块共同构成了资产工作模型的静态数据和动态数据模型，描述了资产业务活动涉及的主要数据对象。

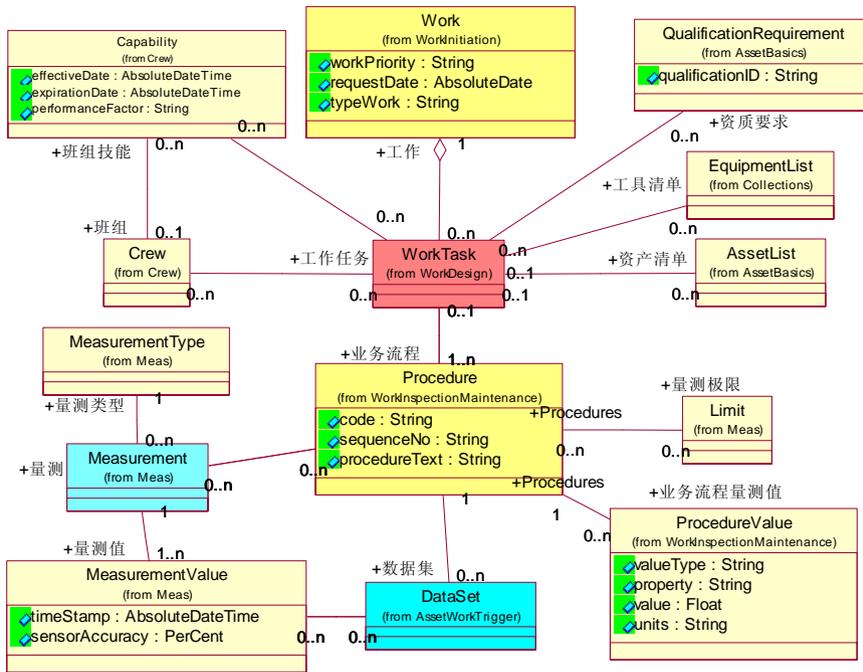


图 A6 资产工作模型  
FigA6 Asset work model



图 A7 设备缺陷信息模型  
Fig.A7 Equipment defect information model

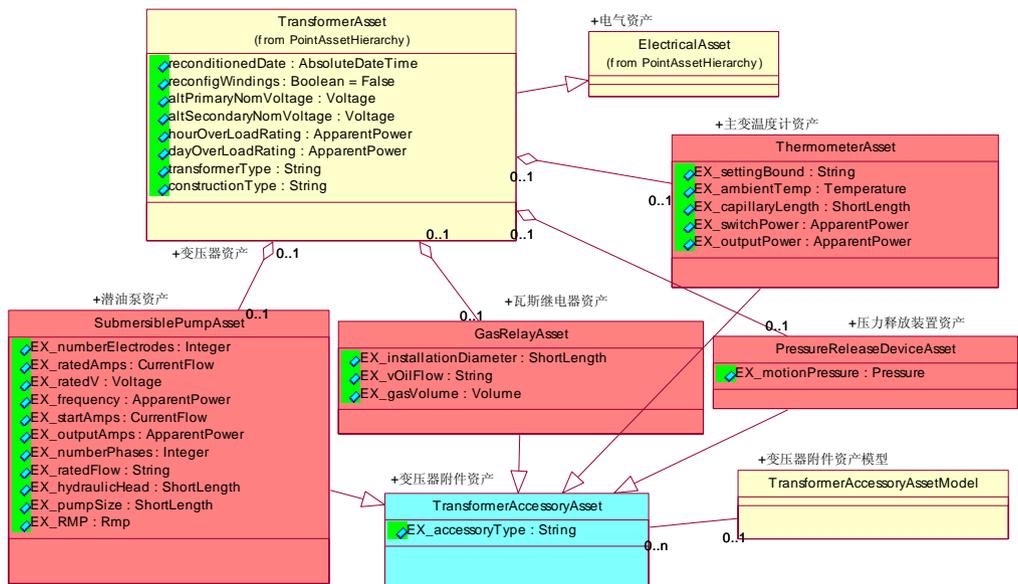


图 A8 变压器附件资产模型  
Fig.A8 Transformer accessory asset model

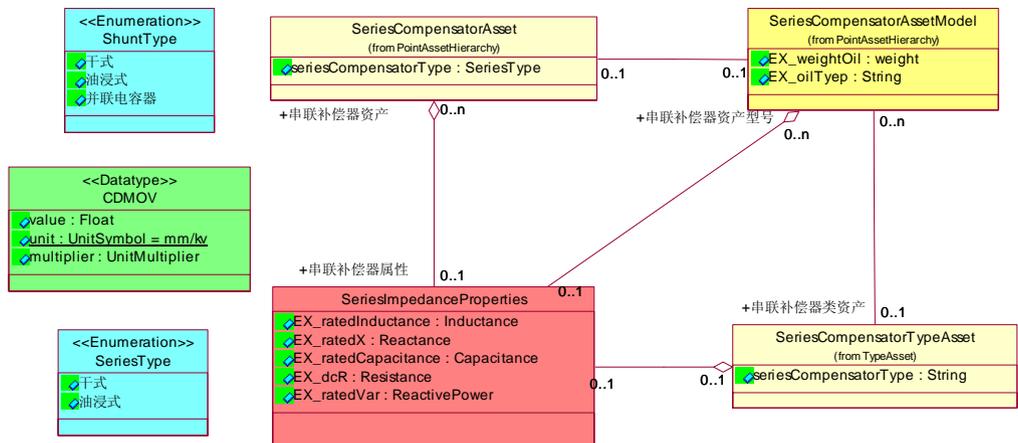


图 A9 串联补偿器资产模型  
Fig.A9 Series compensator asset model



图 A10 SAP 设备主数据一般视图  
 Fig.A10 General view of equipment main data in SAP