



中华人民共和国电力行业标准

DL/T 890.456 — 2016 / IEC 61970-456: 2013

能量管理系统应用程序接口 (EMS-API) 第 456 部分: 电力系统状态解子集

Energy management system application program interface (EMS-API)
Part 456: Solved power system state profiles

(IEC 61970-456: 2013, IDT)

2016-01-07 发布

2016-06-01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 子集信息	1
4 概述	2
5 用例	2
5.1 概述	2
5.2 EMS 状态估计	2
5.3 ENTSO-E 过程：日前阻塞预测	3
5.4 系统规划研究过程	4
5.5 规划与运行模型的协调	4
6 体系结构	5
6.1 概述	5
6.2 子集体系结构	5
6.3 EMS 网络分析子集和数据集	7
6.4 规划潮流中的子集和数据集	7
6.5 模型权限集和实例级数据模块化	8
6.5.1 概述	8
6.5.2 EMS 实例模块化	9
6.5.3 规划实例模块化	9
6.6 实例模块化的原则	10
7 将标准应用到业务问题	11
7.1 EMS 网络分析与外部消费者的集成	11
7.2 规划网络分析与外部消费者的集成	12
8 数据模型及 CIMXML 示例	13
8.1 量测接口 2 和 3	13
8.2 拓扑接口 4	13
8.3 状态变量接口 5a 和 5b 状态估计	15
9 拓扑子集	17
9.1 概述	17
9.2 具体类	17
9.2.1 端点 Terminal	17
9.2.2 拓扑节点 TopologicalNode	18
9.3 抽象类—标识对象 IdentifiedObject	18
10 状态变量 State Variables	19
10.1 概述	19
10.2 具体类	19

10.2.1	拓扑岛 TopologicalIsland	19
10.2.2	注入状态变量 SvInjection	19
10.2.3	潮流状态变量 SvPowerFlow	19
10.2.4	短路状态变量 SvShortCircuit	20
10.2.5	并联补偿器组状态变量 SvShuntCompensatorSections	20
10.2.6	分接头档位状态变量 SvTapStep	20
10.2.7	电压状态变量 SvVoltage	20
10.3	抽象类	21
10.3.1	状态变量 StateVariable	21
10.3.2	有功功率 ActivePower	21
10.3.3	角度弧度 AngleRadians	21
10.3.4	视在功率 ApparentPower	21
10.3.5	无功功率 ReactivePower	21
10.3.6	电压 Voltage	21
	参考文献	22

前 言

DL 890 系列标准是采用 IEC 61970 系列国际标准《能量管理系统应用程序接口 (EMS-API)》制定的, 主要包括公共信息模型 (CIM) 和组件接口规范 (CIS) 两方面内容, 由以下部分组成:

DL/T 890.1 能量管理系统应用程序接口 (EMS-API) 第 1 部分: 导则和一般要求;

DL/Z 890.2 能量管理系统应用程序接口 (EMS-API) 第 2 部分: 术语;

DL/T 890.301 能量管理系统应用程序接口 (EMS-API) 第 301 部分: 公共信息模型 (CIM) 基础;

DL/Z 890.401 能量管理系统应用程序接口 (EMS-API) 第 401 部分: 组件接口规范 (CIS) 框架;

DL/T 890.453 能量管理系统应用程序接口 (EMS-API) 第 453 部分: 基于 CIM 的图形交换;

DL/T 890.501 能量管理系统应用程序接口 (EMS-API) 第 501 部分: 公共信息模型的资源描述框架 (CIM RDF) 模式;

DL/T 890.552 能量管理系统应用程序接口 (EMS-API) 第 552 部分: CIMXML 模型交换格式。

本部分等同采用 IEC 61970-456: 2013 能量管理系统应用程序接口 (EMS-API) 第 456 部分: 电力系统状态解子集《Energy management system application program interface (EMS-API)-Part 456: Solved power system state profiles》。本部分定义了描述一个电力系统断面稳态解所需要的 CIM 子集。

本部分按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分: 标准的结构和编写》给出的规则起草。

本部分由中国电力企业联合会提出。

本部分由全国电力系统管理及其信息交换标准化技术委员会归口。

本部分起草单位: 中国电力科学研究院、国家电力调度控制中心、中国南方电网有限责任公司、南京南瑞集团公司、华北电力大学、上海电力学院。

本部分主要起草人: 曹阳、陶洪铸、李晓露、张代新、刘崇茹、杨胜春、黄海峰、单茂华、高志远、田伟、严春华、鄢蜜昉。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心 (北京市白广路二条一号, 100761)。

引 言

DL 890 系列标准采用 IEC 61970 系列国际标准。IEC 61970 系列标准定义了能量管理系统 (EMS) 的应用程序接口 (API), 目的在于便于集成来自不同厂家的 EMS 内部的各种应用, 便于将 EMS 与调度中心内部其他系统互联, 以及便于实现不同调度中心 EMS 之间的模型交换。将该系列国际标准转化为我国标准并贯彻执行, 对于实现异构环境下软件产品的即插即用, 使 EMS 与其他系统能互联、互通、互操作显然会有很好的作用。

本部分是定义在能量管理系统 (EMS) 的应用程序间交换公共信息模型 (CIM) 数据集的 DL 890 系列标准的一部分。

DL 890.3XX 系列文档规范了公共信息模型 (CIM)。CIM 是一个抽象模型, 它表示了电力企业运行的各个方面所需要的模型中典型包含的所有主要对象。

本部分是组件接口规范 DL 890.4XX 系列之一, 该系列规范了组件 (或应用) 之间所交换的数据和 (或) 一个组件公共可用数据的语义结构。本部分描述了应用通过一个消息系统进行通信时所承载的有效载荷, 但是本部分不包括交换的方法, 因此它可应用于多种交换实现。本部分假设并推荐所交换的数据采用 XML 格式, 且 XML 基于 DL/T 890.552 CIMXML 模型交换标准中规范的资源描述框架 (RDF) 模式。

本部分规范了描述一个电力系统断面稳态解所需要的 CIM 子集, 例如潮流或状态估计应用所产生的解。本部分描述了针对一个电力系统模型的解, 这个电力系统模型符合 IEC 61970-452 标准 (因此解数据将不会重复电力系统模型信息)。本部分由几个子集组成, 分别描述: 来源于开关状态的拓扑、量测输入 (在状态估计情况下) 以及解本身。

能量管理系统应用程序接口（EMS-API）
第 456 部分：电力系统状态解子集

1 范围

本部分属于 DL 890.450～499 系列，该系列作为一个整体，抽象定义了控制中心之间和（或）控制中心组件之间传输数据所使用的内容和交换机制。

本部分的目的是严格定义那些对于描述状态估计、潮流和其他会生成电网稳态解的类似应用的结果所必需的 CIM 类、类属性、关联的子集，本部分也包括了一组用例。

本部分是为两个不同的受众——数据生产者和数据消费者而设计的，而且可以从这两个角度来进行解读。从数据生产者使用的模型导出软件的角度，本部分表达了一个数据生产者如何描述一个网络断面的实例，以便给其他程序使用。从一个消费者的角度，本部分描述了导入软件必须理解什么，以便使用这些结果断面。

有很多不同的用例可以使用本部分，它们的不同之处在于本部分在每种用例上的使用方式不同。实现者应该考虑他们希望覆盖什么用例，以便知道对于不同的选择他们必须覆盖的范围。

举例来说，在某些情况下，本部分将用于交换的是初始状态而不是求解后的状态，因此如果这是一个重要的用例，将意味着一个消费者应用需要能够处理一个未解的状态和一个已满足某些求解判据的状态。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

IEC 61970-452 能量管理系统应用程序接口（EMS-API）第 452 部分：CIM 模型交换规范（Energy management system application program interface (EMS-API)-Part 452: CIM model exchange specification）

IEC 61970-453 Ed.2 能量管理系统应用程序接口（EMS-API）第 453 部分：图形布局子集（Energy management system application program interface (EMS-API) -Part 453: Diagram layout profile）

DL/T 890.552 能量管理系统应用程序接口（EMS-API）第 552 部分：CIMXML 模型交换格式

3 子集信息

本文档定义的子集基于 UML 版本 CIM14v14。
子集列于表 1 中。

表 1 本文档定义的子集

名字	版本	URI	修订日期
StateVariables	1	http://iec.ch/TC57/61970-456/StateVariables/CIM14/1	2010-03-24
Topology	1	http://iec.ch/TC57/61970-456/Topology/CIM14/1	2010-03-24

4 概述

本部分描述了一个接口标准，其中 CIMXML 有效载荷用于传输典型稳态网络分析过程产生的结果（如状态估计或潮流解）。驱动本部分设计的主要需求/目标包括：

- 无论在运行态还是在规划态中，潮流算法和输出几乎是相同的。状态估计输出与潮流共享一个公共的内核。为了使软件开发工作最小化，期望有一个单一的标准，从而使用例能够适应不同环境。
- 本部分的一些使用者可能只对输出状态感兴趣，但更普遍的一个情形是使用者继续执行后续的分析（如电压稳定），而且解所依据的输入和输出结果都是他所需要的。
- 实际的分析过程通常涉及一系列解，这些解的大部分输入数据从一次求解到下一次求解都是相同的，本部分必须支持这些过程，而且不对数据进行不必要的重复。

为了满足这些需求，本部分将大量潜在的整体输入和输出数据模块化为子集合，各子集合使用更小的、独立的 CIMXML 有效载荷来实现。一个子集合的实例在这里被称为“数据集”。

分割成数据集的方法有两种。第一种是根据生成的数据种类进行数据模块化（即根据应用的类型来生成数据）。CIM “子集”（完整 CIM 的子集）定义了构成各种模块化的类和属性。第二种分割是通过“模型权限集”（MAS），即根据在互联中电力企业或部门所负责的数据将其分割为对象实例集。这个分割会在实例集出现，并生成由同一个子集支配的多个数据集，这些数据集组合起来可以形成该子集下的数据全集。理解分割的方法对于理解如何使用本部分来实现一个具体的业务场景是十分关键的。

本部分灵活设计以满足在规划和运行业务环境中大量的分析场景。可以预料，使用本部分的各方在业务处理中进行协作时，常会创建额外的业务协议来描述对标准的必要限制和定制。在大多数情形下，这些附加的协议将是本地协议，而不会成为 IEC 工业标准。

DL/T 890.552 中定义了 CIMXML 有效载荷拆分后的格式化方法。这个方法可通过简单地将各部分 XML 连接而获得一个描述完整模型的有效 XML。这样，部分模型的“合并”和“提取”不需要单独的“拼接”指令，而且在概念上是一个非常简单的过程。DL/T 890.552 也描述了有效载荷信息头提供关于如何合并有效载荷的信息。

如何阅读本文档：

- 第 5 章“用例”给出了本部分旨在解决的业务问题的例子。
- 第 6 章“体系结构”总结了模型分割是如何进行的，并描述了本部分如何与 DL 890 标准的其他部分一起使用。
- 第 7 章“将标准应用到业务问题”描述了如何将本部分应用到具体业务问题上。
- 第 9 章“拓扑子集”定义了本部分所控制的此类数据集（此章节由 CIMTool 自动生成，包含了 CIM 建模细节）。

5 用例

5.1 概述

本章提出了在本部分设计中考虑的一些业务问题，并讨论本部分如何为企业提供帮助。

5.2 EMS 状态估计

EMS 运行中一般自动执行状态估计，这通常由某些事件触发，或者是按照一个时间周期来执行。正常时间周期是 10min 或更长，但是现在安装的许多状态估计都以更短的周期来执行，达到 5s，接近于 SCADA 的周期，这也使得状态估计基于事件的触发变得十分重要。

状态估计的工作是基于最新可用的 SCADA 量测快照生成系统状态的最佳视图。生成的电力系统稳态解作为许多重要功能的输入数据：

- EMS 厂商通常将传统 EMS 配置为在状态估计结果上运行静态安全分析。同一个厂商的应用通常不一定需要标准，而行业更感兴趣的是状态估计或静态安全分析都有可运行的替代算法。
- 越来越多的原先不是 EMS 一部分的其他分析功能也使用状态估计结果作为实时分析的起点（如电压稳定）。
- 当有电力市场系统时，它们一般会要求 EMS 与市场系统间进行状态估计结果的实时交换，而且这些系统通常是由不同厂商提供的。
- 用户感兴趣的是能够将不同厂商先进的用户界面和态势感知模块接入 EMS，而这些模块需要状态估计数据。
- 和实时分析相似，用户期望能够用状态估计结果进行历史分析。这要求状态估计结果能够高效地归档，并且用户能够将结果导入通常不是由 EMS 厂家提供的网络规划工具环境中。

所有这些情况都需要高效的标准方法来生成状态估计结果并提供给其他应用。

对于一个按 10s 周期运行的互联大模型，如果需要存储输入和输出数据的全集，则会产生大量的数据，并对实时交换提出相当大的挑战。然而，可以根据这个问题的一些显著特点来降低数据负担：

- 目前，网络模型是数据中最大的一部分。它不经常变化，而且当它变化的时候，变化的也只是数据的很小的集合。只有系统的初始化才真正需要一个完整的大模型。
- 系统的拓扑经常变化（当开关设备变位的时候），但相对来说这仍是不频繁的，而且与全拓扑相比，变化也是很小的。
- 每次运行时，模拟量量测输入是完全变化的；但在许多用例中，用户不需要这个数据。模拟量数据如果没有保存的话，它也可能从模拟量历史库中得到。
- 每次运行时，解的状态变量都会变化。

为了使各种业务交换能够利用这些特性，对标准提出的要求是网络模型和拓扑只在它们变化的时候才更新。如果更新能够以增量而不是重新传输全模型的形式表达也是有价值的。数据的消费者能够在启动的时候用全网络模型和拓扑来初始化自己，仅在有变化之后接收更新部分。这将数据量从 Gb/解和 Tb /天降低到一个更易管理的 Mb/解和 Gb/天。

5.3 ENTSO-E¹⁾过程：日前阻塞预测

一个称为日前阻塞预测（DACF）的日常分析运行程序目前正应用于 ENTSO-E。在这个程序中：

- 每一个输电系统运营商（TSO）准备一个表示次日每个小时的、覆盖其区域的潮流断面（基于日前市场结果）。这些断面传送到一个中央服务器。
- 提交的断面全集将进行相互兼容性检查（即进行边界交换条件匹配）。
- 一旦所有的断面提交了，每一个 TSO 从中央服务器下载相邻 TSO 发布的断面。这些断面将与自身的模型进行组合以形成一组研究模型，在此之上分析次日的区域阻塞。
- 阻塞结果可作为状态依据在 TSO 之间进行交换。

这个工作最初是通过运行母线一支路模型的规划工具完成的（虽然在这个过程上的一个明显的可能变化是用 EMS 工具生成断面）。

尽管 DACF 不像状态估计那样是一个实时过程，但在生成周期性的断面序列上则是相似的。解的值在每个断面上是变化的，但是网络模型几乎不变，拓扑偶尔变化。保存的文件大小是主要的关注点，如

¹⁾ ENTSO-E 为欧洲输电系统运行组织的简称。

果本部分允许网络模型和拓扑可以增量交换，则这个关注点就可以解决了。

然而，DACF 引发了另一组需求。不像状态估计那样需要一个解的完整传输，DACF 需要进行解的碎片的大量合并和提取。在图 1 中，TSO A 运行潮流来研究次日的区域概况。这将使用包括了相邻 TSO 的模型来完成。然而，TSO 只会发布对应自己区域模型的部分，这应是一个可独立求解的潮流（在 ENTSO-E，根据协议，TSO 间的边界总是在联络线中点，而且每个 TSO 的断面是在各联络线中点进行等值注入后形成的）。在总控点，或者是在任意一个 TSO，提交的内部断面应能够可靠、自动地重新组合以形成可支撑所有手头任务的模型。

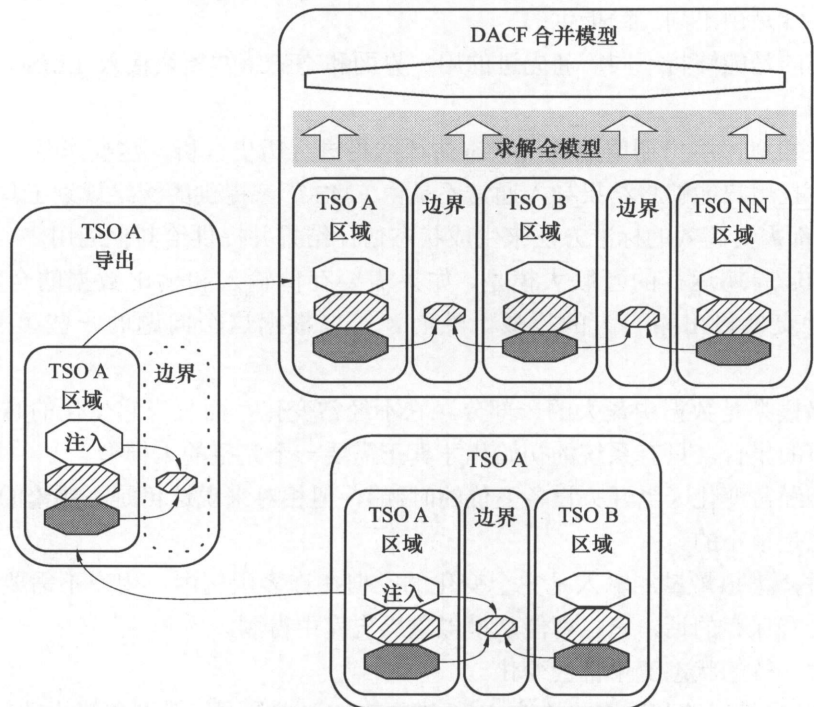


图 1 TSO 发送一个将与整体模型合并的断面

图 1 中的八边形代表数据集。数据集的图形示意如下：

- 空白——状态变量子集数据；
- 斜条纹——拓扑子集数据；
- 阴影——设备子集数据。

5.4 系统规划研究过程

国际上许多同步互联电网组织（如上面所讨论的 ENTSO-E）需要其成员合作构建未来模型以支持电网互联规划。典型地，通过对各互联成员提交的断面进行组合来构建表示未来时间尺度上的“基础断面”，这个过程与图 1 中用于运行分析的过程很相似。与目前不同，规划断面可表达未来几年的模型；规划断面应在规划改变时进行重构而不是每日更新；与已知的运行电力系统不同，规划断面不是真实的。但是在过程和数据需求上，用于规划的基础断面合并与图 1 相同，而且这也是本部分的目标，即支持基础断面的构建和解断面的交换，这对于在成员之间基于这些断面进行分析是必要的。

5.5 规划与运行模型的协调

网络分析通常使用“母线—支路”模型，其中大部分或所有零阻抗开关设备都被消除以形成逻辑母线，而且负荷、发电机和约束参数也针对一个时间点进行选择。然而，在运行和规划态中对网络模型的

处理则有很大的区别：

- 规划人员倾向于用几个选定的母线—支路断面进行广泛的研究。例如，他们将建立用于描述一个未来网络中夏季高峰负荷断面时的模型，然后针对这个断面进行各种研究。典型地通过规划工具来直接录入母线和对应单个时间点的参数。
- 运行环境（EMS）需要具有对任意时间点自动建立母线—支路断面的能力。它们典型地从包含详细开关设备信息和时变参数计划的网络模型开始，然后 EMS 将根据开关状态计算形成母线拓扑，并从时变计划中计算特定的参数。

我们的目标是创建一个标准以有效地支持下述情况：

- 规划和运行独立管理其模型的电力系统建模；
- 规划和运行基于单一来源的统一建模；
- 不管建模是否统一，用运行结果初始化规划断面；
- 用规划模型初始化运行模型；
- 用相邻系统的模型构造外部运行模型；
- 用成员系统的模型构造互联规划模型。

来自上述情况的大部分需求给 IEC 61970-452 所描述的电网稳态建模产生很大影响。从解交换的角度来看，与所有这些需求保持一致是非常重要的。

6 体系结构

6.1 概述

本部分的主要体系结构特点是数据模块化：

- 依据数据模型（CIM）子集的模块化（通常反映了产生数据的应用）；
- 将实例数据组合成模型权限集（MAS）的模块化（通常反映了区域的责任）。

6.2 子集体系结构

图 2 表示 DL 890.450～499 系列规范所描述的子集和它们之间的关系。DL 890.450～499 系列规范中定义了子集，其中每个规范定义了一组子集：

- a) DL/T 890.452 中定义稳态网络模型子集，包括：
 - 1) 设备子集。描述电力系统物理元件及其电气连接的稳态建模信息。
 - 2) 计划子集。电力系统各种量的时变规范。
 - 3) 量测规范子集。定义了电力系统量测。
- b) DL 890.453 中定义图形显示布局交换子集：

图形布局交换子集，描述了图形或地理显示的元素。通常，当有新元素加入网络模型时，图形将要被修改。
- c) 本部分中定义的稳态解子集，包括：
 - 1) 拓扑子集。拓扑分析产生的母线—支路结果。
 - 2) 状态变量子集。状态估计或潮流的结果，或者是状态变量的初始条件。
 - 3) 离散量（状态）量测子集。在指定时间点上的一组开关状态。
 - 4) 模拟量量测子集。在指定时间点上的一组模拟量量测。

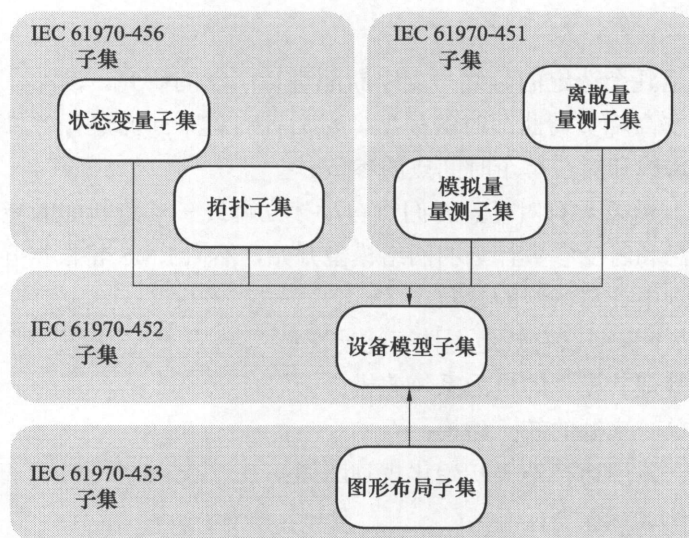


图2 子集关系

这些模块满足了网络分析业务过程的需要，这些过程被应用在运行环境（使用节点—开关模型）、规划环境（使用母线—支路模型）以及运行与规划间的转换中。

在图2中，子集间的箭头表示两个子集的类之间有关系。方向性说明了“箭头引出”子集中的类依赖于“箭头指向”子集中的类。对于数据来说，这意味着“箭头引出”类数据引用了或依赖于“箭头指向”类数据。例如，一个设备模型的实例可能有许多引用了这个设备模型的状态变量实例。

在IT系统中，对应于图2中子集的数据集在功能和（或）应用间进行交换。应用及其数据集交换的一些例子在后续章节中进行描述。

设备模型有详细的基于连接节点（ConnectivityNode）和端点（Terminal）类的变电站连接关系信息，示例见图3。端点类是中枢部分，因为它被用于拓扑、状态变量、图形布局子集以及将连接节点关联到导电设备（ConductingEquipment）。因此，端点是设备模型的一个主要部分。

将连接节点和 Terminal.ConnectivityNode 引用提取出来，有可能创建一个连接（Connectivity）子集。通过采用复杂度和数据复制将会减轻创建连接（Connectivity）子集的工作。

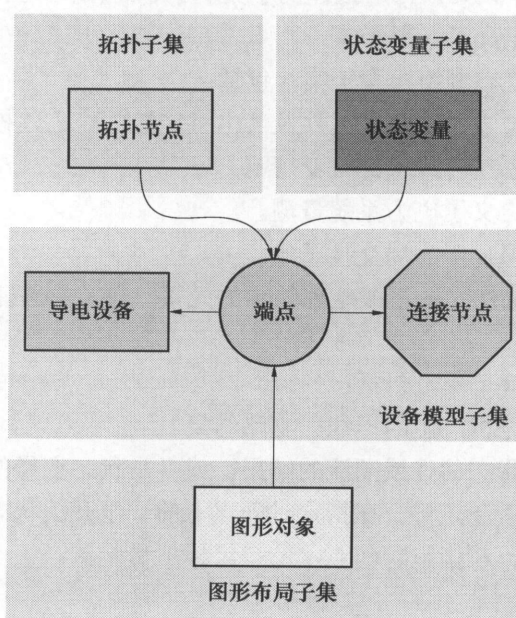


图3 CIM连接模型示例

图 5 显示在规划潮流环境下的数据集图。这时：

- 建模应用只用于生成单个时间点上的断面，因此不需要创建计划和初始状态变量作为输入。
- 因为不存在状态估计，所以不需要量测。
- 通常，使用者直接将数据作为一个拓扑结果进行录入。

这些图说明了与标准 CIM 子集一致的数据集是如何在同样的公共配置下生成的。将本部分建立在这些子集之上是为了在典型的执行序列中，一个完整的输入和输出记录可被保存而无需复制不必要的信息。在图 6 中，我们可以看到在状态估计的周期执行中会是什么样子。在第一次运行时，各类数据集将被完整记录，但在随后的运行中，只需要生成那些变化的数据集，其中一些将以增量的方式生成。

为了使用这个信息，用户将能够为其特定目的重新组合一套完整的输入集。一个非常普遍的例子是母线一支路网络分析应用需要一个状态估计解作为起始点。这样一个应用将需要状态变量解实例，加上用于状态估计的拓扑实例，再加上用于状态估计的设备实例。参见图 6，如果一个用户想要得到状态变量 SV4，它将需要拓扑 T2 和设备 E1。这个用户很有可能是从一个状态转移到下一个状态。当 A4²⁾产生时，它很有可能已经在处理 SV3 时接收了 T2 和 E1。如果是这样的话，它唯一需要做的就是获取新的 A4³⁾，并检查拓扑和设备数据集有没有改变。通过数据集结构设计优化了这类处理过程。

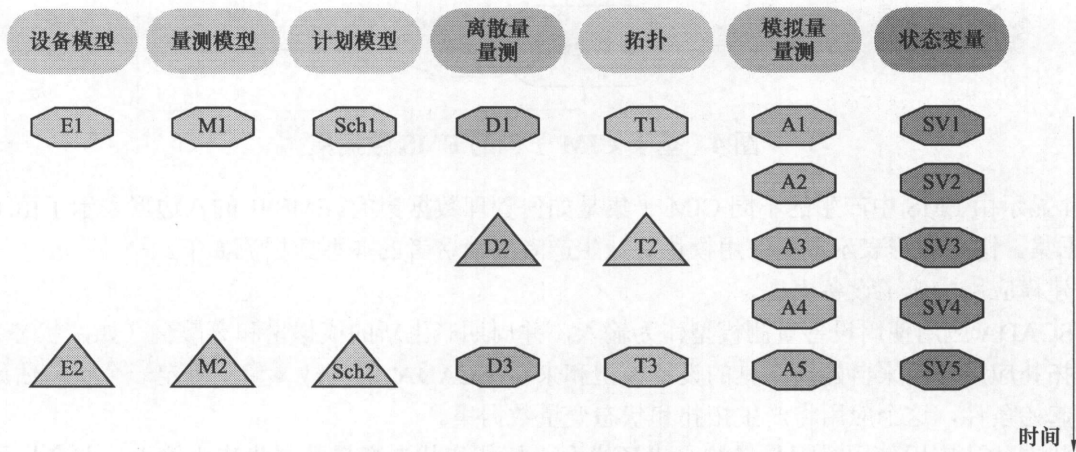


图 6 状态估计断面序列

图 6 显示两种数据集类型：

- 八边形表示一个全数据集。
- 三角形表示一个差异数据集。

6.5 模型权限集和实例级数据模块化

6.5.1 概述

根据子集进行模块化将导致一个模型按照对象实例进行模块化，但是每一个数据集仅包含数据集所属子集中定义的对象与关系类型。当我们使用术语“实例级模块化”时，意味着在一个子集内的进一步分割。这是一项数据有效重用的技术。它依赖于一些非常简单的图形原则，这将在下面的章节中进行总结。

²⁾ 原文是 V4，但根据上下文应该是 A4。

³⁾ 原文是 V4，但根据上下文应该是 A4。

6.5.2 EMS 实例模块化

图 7 说明了 EMS 中模型的分割。八边形表示数据集。在纵向的不同点上，数据集遵循不同的子集；在横向的不同点上，数据集是不同的实例模块化。

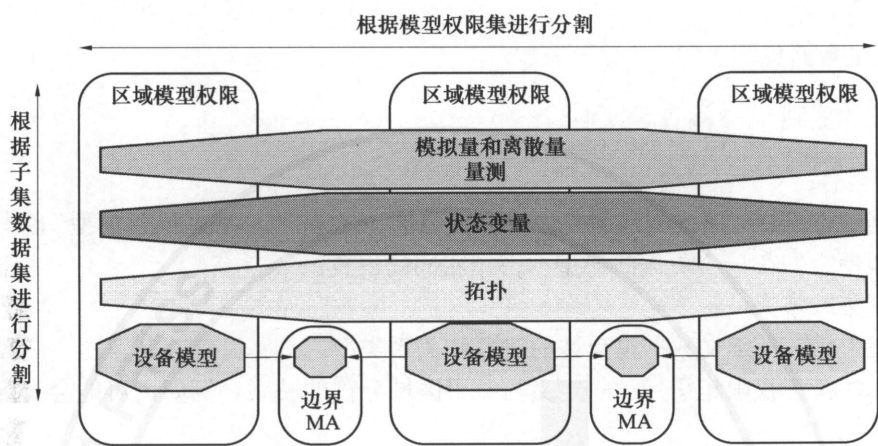


图 7 应用于 EMS 的实例模块化

从底部开始来整理这张图表，元素分别如下：

- a) 来自一个建模工具的稳态模型数据：
 - 1) 设备模型数据集。如图 7 所示，一些模型数据出现在边界上。
 - 2) 量测模型数据集（未示于图上）。
 - 3) 计划模型数据集（未示于图上）。
- b) 计算数据：
 - 1) 模拟量和离散量量测数据集。这些数据集包括了实际量测。
 - 2) 拓扑数据集。在 EMS 中，这是拓扑分析应用计算产生的输出。
 - 3) 状态变量数据集。在 EMS 中，这要么是一个状态估计或者是潮流的计算输入（用来初始化状态变量），要么是一个网络解的输出。

从左至右表示模型权限集之间的分割。边界对象由设备模型和拓扑数据共享。

6.5.3 规划实例模块化

图 8 说明了在网络规划应用中的模型分割。

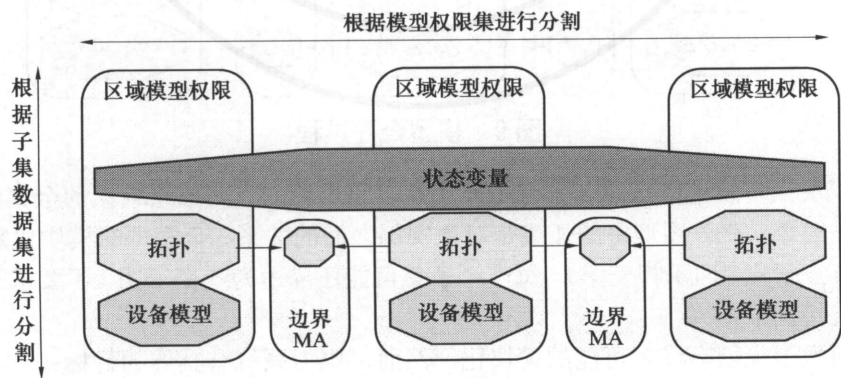


图 8 用于规划潮流模型的实例模块化

从底部开始来整理这张图表，元素分别如下：

- a) 定义基态的稳态模型数据:
- 1) 设备模型数据集。如图 8 所示, 一些模型数据出现在边界上。
 - 2) 计划模型数据集 (未示于图上)。
 - 3) 拓扑数据集。
- b) 解断面的交换:
- 状态变量数据集。

6.6 实例模块化的原则

每一个数据集有:

- 一个数据集标识。这可典型地用来区分它的目的。这样, “区域 A 已建模型” 将与 “区域 A 等值” 不同, 即使它们在一个更大的模型中占据相同的位置。
- 一个数据集版本。
- 一个子集引用——定义数据集允许的对象和关系类型。
- 一个可选的模型权限集引用——定义与一个区域分割的关联。例如, 可能会有区域 A 的设备和连接点分割。

尽管 CIM 子集在交换时是标准化的, 而且厂家也应支持符合标准子集的数据集, 实例模块化的使用仍是一个业务过程方便性的问题。虽然厂家应用应支持模型权限集, 然而它们应用的方式是由用户决定的, 除了要求用于合并形成模型的模型权限集必须不相交——即非重叠外, 其他没有约束。图 9 说明了由不同模型权限集管理的模型合并为一个全局模型的模型合并过程。合并过程包括多个子集的数据集。

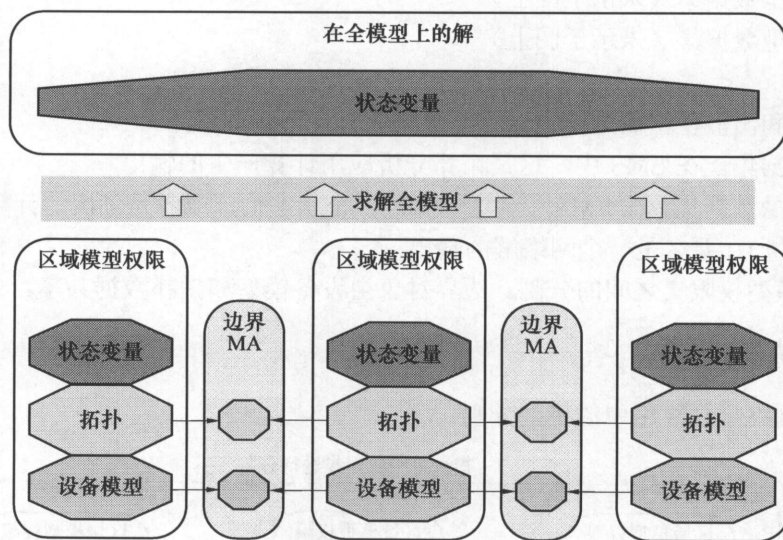


图 9 模型合并过程

描述在整体模块化时发生情况的一个有用方法是以图形化的方式描绘数据的全集(像 RDF 中那样), 其中图形的节点是对象实例, 图形中的弧线是对象实例之间的关系。全模型的模块化定义为将节点分割成相互不重叠的节点子集(即不相交集)。每一个子集可能还描述为一个子图(不要求子图是相连的——即, 节点在内部连接到子图)。

显然对于任何大型模型有许多可能的模块化。然而, 电力系统有具体的目标:

- 根据生产者应用的模块化。
- 根据对数据的责任模块化。这为区域模型的交换及由各参与方模型拼接形成总模型提供了便利——因此有了术语“模型权限集”。

- 根据功能块的模块化。这可以优化业务过程，过程中一个子图可在许多情形下进行重用——电力系统设备建模就是如此。

两个子图之间的关系意味着管理数据集（即增加、删除或修改对象）的应用或用户应意识到关系有失效的可能。这些关系很重要的原因是许多关联的业务问题可能通过在不同情况下重用子图的方式来解决，而且必须将子图的外部连接连在一起才能起作用。

CIM UML 中的关系（目前）是没有方向性的，在子集规范中的 CIMXML 数据集（即子图）通常是有方向性的。如果在一个过程的某一步上先创建被引用的数据集，然后创建引用数据集，那么就可以使用从一端指定的关系，例如：

- 一个设备模型数据集在电力系统建模工具中被创建，并提供给应用使用。建模工具不需要关心这个设备数据集给谁使用。通过执行拓扑和各种不同求解，生成了结果数据集。这些数据集在逻辑上与设备模型关联。
- 边界数据集是在两方或多方之间商定的。一旦已经定义了边界数据集这个概念，那么现有的边界数据集即可被导入到数据建模工具中，其对象可在构建区域模型权限集数据集时被引用。边界数据集作为隔离层，可以让区域模型权限集数据集相互之间不用了解其内部数据。因此，提前创建边界数据集是很重要的。
- 在电力系统中，例如，边界数据集包括了各条联络线中间或一端的节点。因为联络线很少发生变化，而且是众所周知的，通常很容易从这个起点来构建与一个输电拥有者相对应地域的区域集合。

7 将标准应用到业务问题

7.1 EMS 网络分析与外部消费者的集成

图 10 展示了从 SCADA/EMS 向外部客户端传送数据的体系结构。

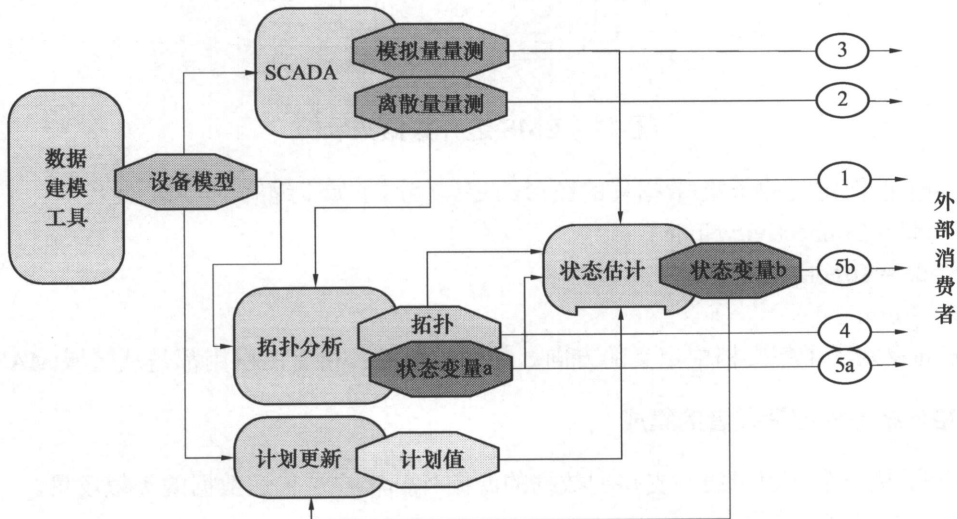


图 10 传送给外部客户的 EMS 数据集

图 10 展示了如下接口。

- IEC 61970-452 中描述的电网模型数据。
- 离散量量测数据集。
- 模拟量量测数据集。
- 拓扑分析结果数据集。

- 状态变量 a 输入值和 b 状态估计结果。
- 不同的消费者可能关心这些接口的不同组合。
- a) 接口 1、4、5b 将支持一个外部的静态安全分析。
- 如果预想故障用开关数据来定义，则增加接口 2。
- b) 接口 1、4、5b 将支持电压稳定分析。
 - c) 接口 1、3、4、5a 将支持一个外部的状态估计。
 - d) 接口 1、4、5a 或 5b 将支持外部的规划型潮流（通常运行在一个时间点的母线—支路模型上）。
 - 1) 如果需要开关数据输入来支持拓扑分析，则增加接口 2。
 - 2) 如果需要量测数据来研究状态估计，则增加接口 3。

图 11 展示了边界数据集如何连接两个区域 MAS1 和 MAS2。

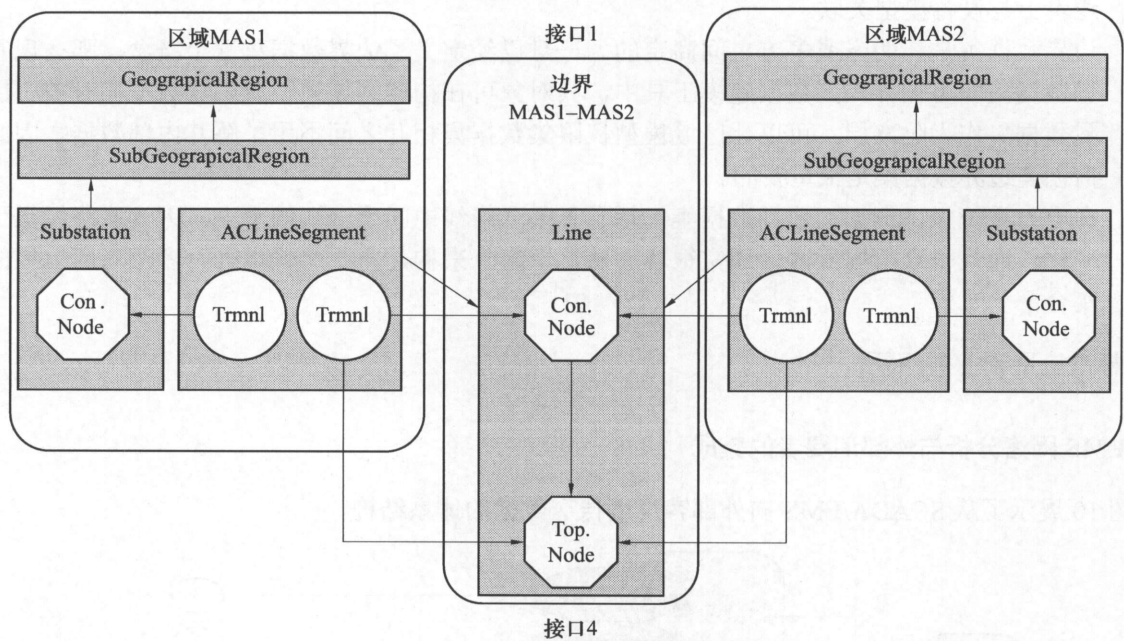


图 11 EMS 边界数据集示例

图 11 遵循了前面定义的子集/数据集的图形约定。使用了如下缩写的 CIM 类名：

- Con.Node = ConnectivityNode
- Top.Node = TopologicalNode
- Trmnl = Terminal

箭头的方向反映了子集文档中定义的方向。如图中所示，所有的引用都是从区域 MAS 到边界。

7.2 规划网络分析与外部消费者的集成

图 12 展示了一个使用母线—支路型数据的源向外部客户端传送数据的类似场景。

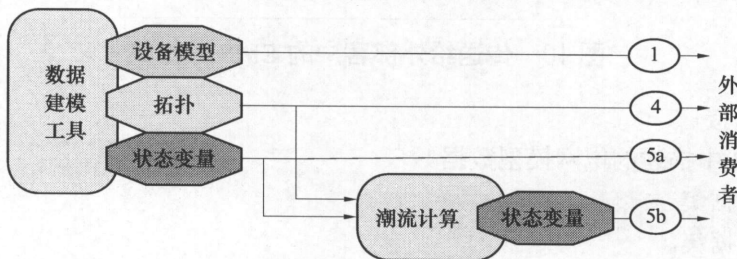


图 12 母线—支路集成结构

接口规范 1、4、5 与图 10 的相同，但是在这个系统中没有涉及开关（没有连接数据集），而且拓扑是人工管理而不是计算得出。在一个简单的线路开断情形中，这意味着使用者通过改变线路端点的拓扑来开断，而不是开断线路末端的断路器——这是直观的差别。

图 13 展示了一个更复杂的改变——在分裂母线间的线路迁移。通过如下几步来完成这个改变：

- 即使母联是闭合的，电压等级也应该保留两根母线及开关的描述。开关将被视为潮流中的一条零阻抗逻辑支路。
- 通过开断逻辑支路，母线被分裂，如图 13 所示。
- 一条输电线路或母线间其他设备的迁移不能通过倒闸来完成。而是通过更新线路/设备端点与代表母线的拓扑节点（TopologyNode）间的引用（在拓扑数据集中）来完成。

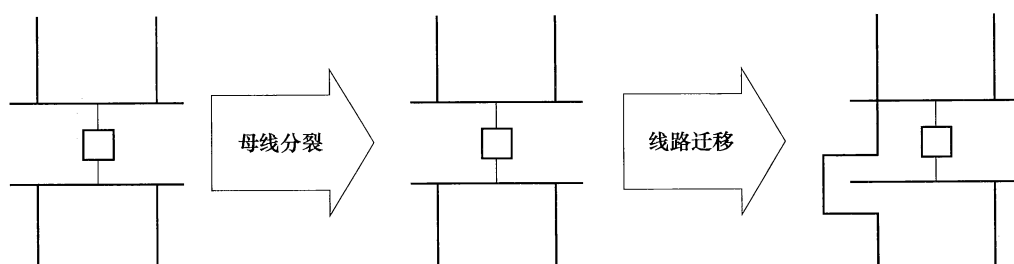


图 13 母联与线路迁移的母线—支路建模

当系统以这种方式对拓扑进行建模时，在理论上结果还可以传递给类似 EMS 的解环境，但是 EMS 无法推算出底层的开关状态，因此它应该设计成可以使用双重拓扑输入源。显然，从节点—断路器环境转换到母线—支路环境比另一个方向的转换要更为自然一些。

8 数据模型及 CIMXML 示例

8.1 量测接口 2 和 3

模拟量和离散量量测接口在 DL 890.451 中描述。

8.2 拓扑接口 4

接口 4（参见图 11 和图 12）用于本部分。它的目的是提供状态估计或任何其他基于潮流的应用所需要的母线—支路拓扑。此拓扑可由一个如图 14 所示的拓扑分析生成，或者是由一个人工维护母线—支路拓扑的工具生成。

拓扑解将基于图 14 所示的拓扑节点（TopologicalNode）类和端点（Terminal）类。设备（如输电线路、同步电机、开关等）通过设置属性 Terminal.connected 为假（false）来断开。图 13 中开关就用这个方法断开。如图 13 所示，可通过改变 Terminal.TopologicalNode 的引用将一条输电线路从一条母线转移到另一条母线。

图 15 展示一个基于图 14 中模型的数据集示例。

一个拓扑数据集总是引用（依赖于）一个设备数据集。正常情况下，任何拓扑实例将在信息头引用它所基于的设备实例，而且在大多数情形下，这是消费者想使用的设备实例。这也不会阻止它使用其他的设备实例，这在某些用例中是有意义的。基本上，唯一的软件需求是拓扑集的所有外部引用都解析到所连的设备数据集的对象上。如果一个消费者想恢复用作拓扑输入的状态集，这可以在信息头引用并取回——然而，因为从拓扑到状态集没有引用，所以这不是必需的。

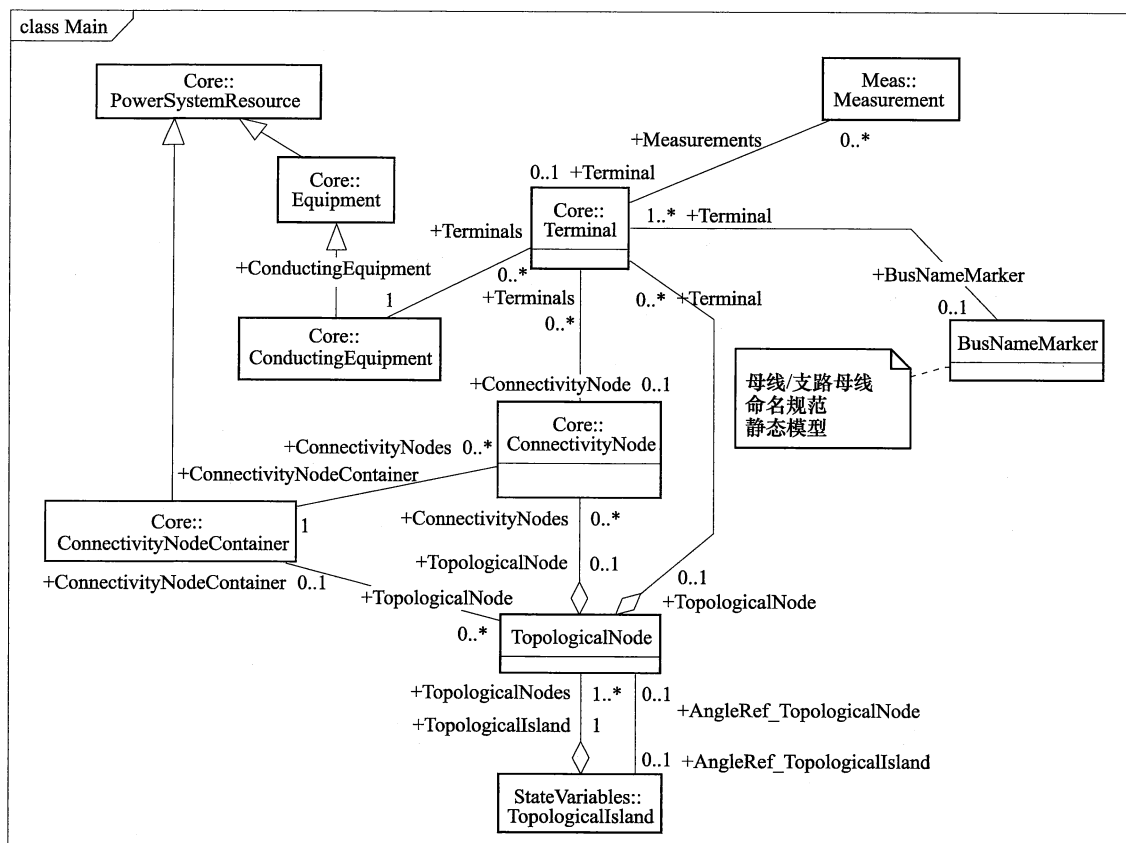


图 14 CIM 拓扑模型

```
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
xmlns:cim="http://iec.ch/TC57/2009/CIM-schema-cim14#">
<cim:IEC61970CIMVersion rdf:ID="#_301">
<cim:IEC61970CIMVersion.version>cim6197011v09</cim:IEC61970CIMVersion.version>
<cim:IEC61970CIMVersion.date>2007-06-12</cim:IEC61970CIMVersion.date>
</cim:IEC61970CIMVersion>
<cim:Terminalrdf:about="#T1">
<cim:Terminal.TopologicalNoderdf:resource="#TN1"/>
<cim:Terminal.connected>true</cim:Terminal.connected>
</cim:Terminal>
<cim:Terminalrdf:about="#T2">
<cim:Terminal.TopologicalNoderdf:resource="#TN1"/>
<cim:Terminal.connected>true</cim:Terminal.connected>
</cim:Terminal>
<cim:Terminalrdf:about="#T3">
<cim:Terminal.TopologicalNoderdf:resource="#TN1"/>
<cim:Terminal.connected>true</cim:Terminal.connected>
</cim:Terminal>
<cim:Terminalrdf:about="#T4">
<cim:Terminal.TopologicalNoderdf:resource="#TN2"/>
<cim:Terminal.connected>true</cim:Terminal.connected>
</cim:Terminal>
...
<cim:TopologicalNoderdf:ID="TN1">
<cim:IdentifiedObject.name>BLOO400SUBNET_7048</cim:IdentifiedObject.name>
</cim:TopologicalNode>
<cim:TopologicalNoderdf:ID="TN2">
<cim:IdentifiedObject.name>BLOO220SUBNET_7067</cim:IdentifiedObject.name>
</cim:TopologicalNode>
<cim:TopologicalNoderdf:ID="TN3">
<cim:IdentifiedObject.name>BLOO220SUBNET_7082</cim:IdentifiedObject.name>
</cim:TopologicalNode>
...
</rdf:RDF>
```

图 15 拓扑解接口示例

拓扑节点 (TopologicalNode) 是计算出的对象, 所生成的确切对象集取决于状态输入。然而, 有许多用例需要将有不同拓扑的网络分析结果进行关联或是需要对结果进行相互比较。因为电力系统几乎一直都处在一个可识别的相似配置上, 所以这是有意义的。即使在理论上它可能会偶尔到达一个完全不同的状态。一般, 这些用例的关键是让各个变电站的主母线所关联的标识相同。CIM 建模允许建模工具提供输入数据来标识主母线, 并指导如何在拓扑分析算法中生成母线标识。如果建模工具提供这样的标识指导, 只要是在母线分裂很普遍的地方, 建立多个由保留逻辑设备来分隔的主母线, 那么拓扑节点 (TopologicalNode) 就可以从一个拓扑数据集到另一个拓扑数据集有一致的标识 (rdf:ID)。

注意: 这不是指同一的——它指的是一般的母线集将会有同样的标识符, 即使一些拓扑节点 (TopologicalNode) 偶尔会出现不匹配的现象。

一个拓扑分析或一个系统可能会增量更新母线支路模型, 即仅重新计算变化了的拓扑节点 (TopologicalNode) 和端点作为断路器变位或手工更新的结果。这样一种变化可能作为一个增量更新进行交换。这时, 在增量中的 rdf:ID 必须对应先前消息中的 rdf:ID。

接口 4 可能包括所有的模型权限或者只是一个子集。对于只是包含一个子集的情形, 边界中的拓扑节点 (TopologicalNode) 必须使用固定的标识。图 15 中的 <cim:Terminalrdf:about=...> 意味着这是一个对接口 1 中定义的现有 cim:Terminal 对象的更新。因此, 有可能将接口 1 和接口 4 文件进行合并, 而且合并后的文件将验证其有效性。

8.3 状态变量接口 5a 和 5b 状态估计

接口 5 (参见图 11 和图 12) 用于本部分。它的目的是将状态估计或潮流生成的稳态解提供给其他应用使用。状态变量解模型示于图 16 中。

稳态解基于状态变量 (StateVariable) 类, 这个类派生出图 16 中的一组状态变量。注意, 状态变量 (StateVariable) 不是从 IdentifiedObject 类继承而来的, 因为它可由所关联的对象来完全标识。

SvPowerFlow 表示流入任一导电设备端点的潮流。在描述初始条件时, 它表示单个端点注入的值, 例如负荷或发电出力。在描述解出的状态时, 则提供了实际设备注入的最终值, 而且根据实际情况可提供支路端点上的潮流解。SvInjection 表示了一个拓扑节点 (TopologicalNode) 上的总注入, 即, 它是所有注入的 SvPowerFlows 之和。

SvInjection 定义了一个在拓扑节点 (TopologicalNode) 上的非物理附加注入。换言之, 这是一个不与任何导电设备关联的注入。SvInjection 可分配给每一个拓扑节点 (TopologicalNode), 但这不是必需的。如果在一个解断面中提供 SvInjection, 它表示节点方程中的平衡项。或者说, SvInjection 等于流入与拓扑节点 (TopologicalNode) 所连的所有端点的潮流总和。对于大多数解出的潮流母线, 这些值总是小于解的允许误差, 而且因为它们很小, 可简单地忽略不计。然而, 其他情形中的 SvInjection 项则是至关重要的:

- SvInjection 可能用于表示求解区域边界上的潮流。在这种情况下, 一个互联解的区域可被单独表达, 并用 SvInjection 表示流入其他互联部分的潮流 (如果一个接收方想把全解重新分割, 则他们将检查边界点两侧的 SvInjection 的一致性, 并在将来的分析中忽略掉)。
- 在一个状态估计结果中, SvInjection 可能给出注入残差。这可用于避免启发式算法把注入残差分配给负荷和发电机, 并提供一个地方来给出零注入母线上的残差。
- 在未解的潮流中, SvInjection 可以给出不平衡量大于允许误差的母线。

图 17 展示了一个基于图 16 中模型的 CIMXML 示例。

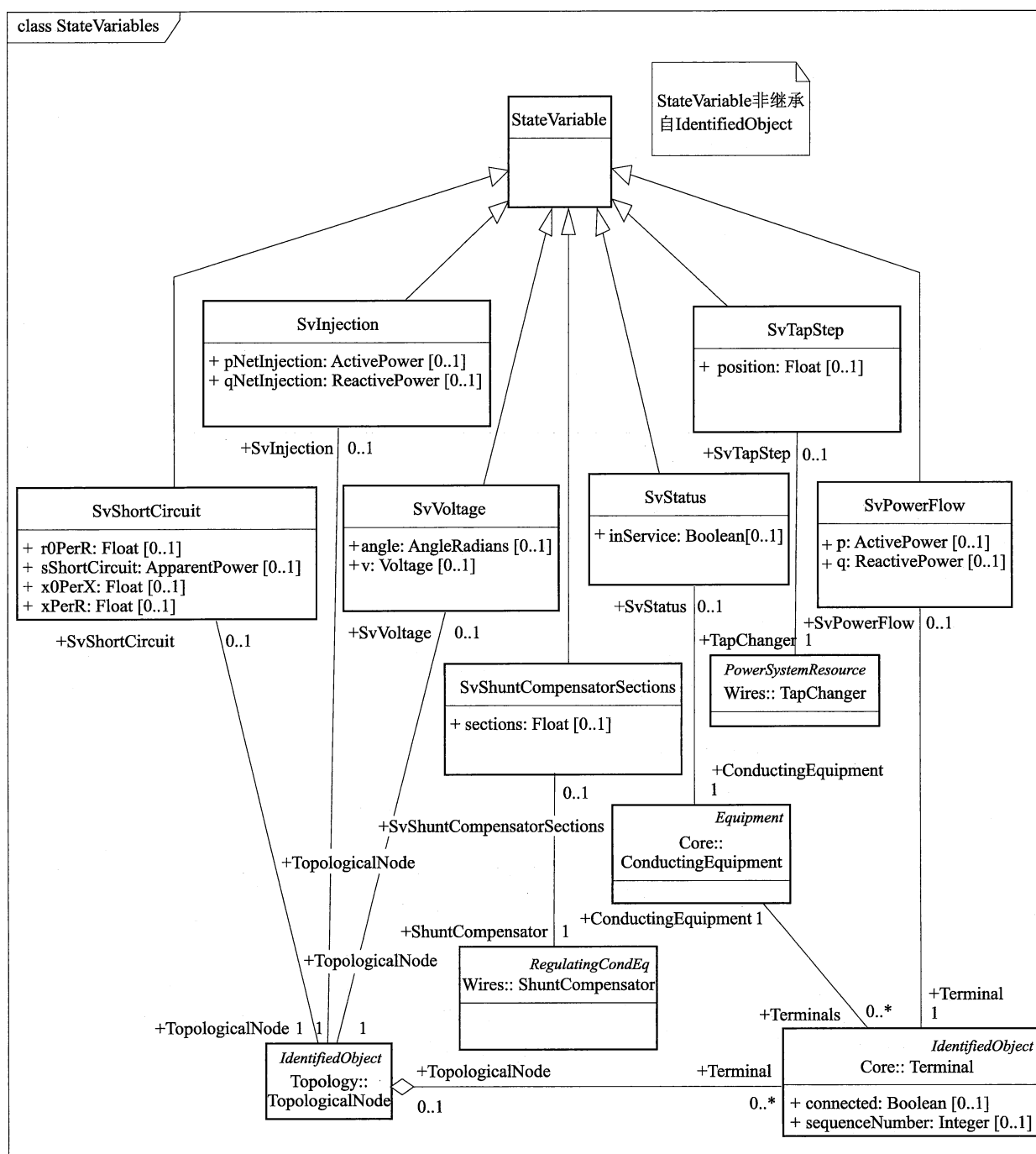


图 16 CIM 状态变量解模型

```
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:cim="http://iec.ch/TC57/2009/CIM-schema-cim14#">
<cim:IEC61970CIMVersion rdf:ID="_301">
<cim:IEC61970CIMVersion.version>cim6197011v09</cim:IEC61970CIMVersion.version>
<cim:IEC61970CIMVersion.date>2007-06-12</cim:IEC61970CIMVersion.date>
</cim:IEC61970CIMVersion>

<cim:TopologicalIsland rdf:ID="TI1">
<cim:IdentifiedObject.localName>_1001</cim:IdentifiedObject.localName>
<cim:TopologicalIsland.TopologicalNodes rdf:resource="#TN1"/>
<cim:TopologicalIsland.TopologicalNodes rdf:resource="#TN2"/>
<cim:TopologicalIsland.TopologicalNodes rdf:resource="#TN3"/>
```

图 17 CIMXML 示例

```

</cim:TopologicalIsland>
...
<cim:SvInjectionrdf.ID="SvI1">
<cim:SvInjection.TopologicalNoderdf.resource="#TN1"/>
<cim:SvInjection.pNetInjection>123</cim:SvInjection.pNetInjection>
<cim:SvInjection.qNetInjection>456</cim:SvInjection.qNetInjection>
</cim:SvInjection>
<cim:SvInjectionrdf.ID="SvI2">
<cim:SvInjection.TopologicalNoderdf.resource="#TN2"/>
<cim:SvInjection.pNetInjection>123</cim:SvInjection.pNetInjection>
<cim:SvInjection.qNetInjection>456</cim:SvInjection.qNetInjection>
</cim:SvInjection>
...
<cim:SvVoltagerdf.ID="SvV1">
<cim:SvVoltage.TopologicalNoderdf.resource="#TN1"/>
<cim:SvVoltage.v>400</cim:SvVoltage.v>
<cim:SvVoltage.angle>0.1</cim:SvVoltage.angle>
</cim:SvVoltage>
<cim:SvVoltagerdf.ID="SvV2">
<cim:SvVoltage.TopologicalNoderdf.resource="#TN2"/>
<cim:SvVoltage.v>400</cim:SvVoltage.v>
<cim:SvVoltage.angle>0.1</cim:SvVoltage.angle>
</cim:SvVoltage>
...
<cim:SvPowerFlowrdf.ID="SvPF1">
<cim:SvPowerFlow.Terminalrdf.resource="#T1"/>
<cim:SvPowerFlow.p>123</cim:SvPowerFlow.p>
<cim:SvPowerFlow.q>456</cim:SvPowerFlow.q>
</cim:SvPowerFlow>
...
</rdf:RDF>

```

图 17 CIMXML 示例（续）

状态变量通过它们所属的对象来进行标识，且其生命周期取决于所属的对象，即拓扑节点（TopologicalNode）、导电设备（ConductingEquipment）、端点（Terminal）、分接头调节器（TapChanger）等对象。状态变量 rdf:ID 只需要在一个消息中保持唯一，而且它们的 rdf:ID 在消息间不能有相互的关联。

9 拓扑子集

9.1 概述

本章列出了用于数据交换的子集及每个子集类、属性和关联。包括了所有数据消费者在消费数据时预计要识别的类。当交换类继承属性或关联时，本章引用了其他相关类。例如，许多类从 IdentifiedObject 继承属性。然而，在数据交换中没有 IdentifiedObject 类的实例，所以 IdentifiedObject 没有包含在用于交换的 CIM 类集中。

子集命名空间：<http://iec.ch/TC57/61970-456/Topology/CIM14/1#>

9.2 具体类

9.2.1 端点 Terminal

核心 Core

导电设备的电气连接点。端点连接于称为“连接节点（connectivity nodes）”的物理连接点上。

固有成员

connected	0..1	boolean	<p>连接的状态与一个母线—支路模型和 TopologicalNode-Terminal 关联相关。真（true）意味着端点（Terminal）与相关的拓扑节点（TopologicalNode）相连，而假（false）意味着不相连。</p> <p>在一个母线—支路模型中，连接的状态用于告知设备是否断开，而无需改变 TopologicalNode-Terminal 关系所描述的连通性。一个有效的情形是导电设备（ConductingEquipment）可在一端连接，而在另一端断开。特别是对于充电是至关重要的交流线路段（ACLineSegment）来说，这是一个相应的情形</p>
TopologicalNode	1..1	TopologicalNode	<p>与端点关联的拓扑节点。这可用作连接节点到拓扑节点路径的备选，这样在某些情形下对连接点建模就不是很必要了。</p> <p>注意，如果连接节点也在模型中，则这个关联可能不被使用</p>

9.2.2 拓扑节点 TopologicalNode

拓扑 Topology

对于一个详细的变电站模型，一个拓扑节点（TopologicalNode）是在当前网络状态下通过闭合的开关,包括跳线器而连接在一起的一组连接节点。拓扑节点能够随着当前网络状态的变化（即开关、断路器等改变状态）而变化。

对于一个规划模型，不会使用开关状态来形成拓扑节点（TopologicalNode）。拓扑节点反而是在一个模型构建工具中手工生成或删除。这种方式维护的拓扑节点（TopologicalNode）也称为“母线”。

固有成员

BaseVoltage	1..1	BaseVoltage	拓扑节点的基准电压
ConnectivityNodes	0..*	ConnectivityNode	根据当前网络状态，几个连接节点（ConnectivityNode）可能组合在一起形成一个拓扑节点（TopologicalNode）

继承成员

description	0..1	string	见 IdentifiedObject
name	1..1	string	见 IdentifiedObject

9.3 抽象类—标识对象 IdentifiedObject

核心 Core

这是一个根类，为所有需要命名属性的类提供公共的命名属性。

固有成员

description	0..1	string	description 是一个描述或命名对象的可读自由文本。它可能不是唯一的，而且可能不与一个命名层次结构相关联
name	1..1	string	name 是一个对象的可读自由文本。它可能不是唯一的，而且可能不与一个命名层次结构相关联

10 状态变量 State Variables

10.1 概述

本章列出了用于数据交换的子集及每个子集类、属性和关联。包括了所有数据消费者在消费数据时预计要识别的类。当交换类继承属性或关联时，本章引用了其他相关类。例如，许多类从 IdentifiedObject 继承属性。然而，在数据交换中没有 IdentifiedObject 类的实例，所以 IdentifiedObject 没有包含在用于交换的 CIM 类集中。

子集命名空间：<http://iec.ch/TC57/61970-456/StateVariables/CIM14/1#>

10.2 具体类

10.2.1 拓扑岛 TopologicalIsland

状态变量 StateVariables

网络的一个电气连接的子集。拓扑岛会随着当前网络状态的变化（即隔离开关或者 Terminal.connected 状态变化）而变化。

固有成员

AngleRef_Topological Node	1..1	TopologicalNode	岛的参考角。 一般每一个岛会有一个拓扑节点（TopologicalNode）被选为参考角。也会有其他的参考方案，所以这个关联是可选的
TopologicalNodes	1..*	TopologicalNodes	一个拓扑节点属于一个拓扑岛

继承成员

description	0..1	string	见 IdentifiedObject
name	1..1	string	见 IdentifiedObject

10.2.2 注入状态变量 SvInjection

状态变量 StateVariables

注入状态变量。

固有成员

pNetInjection	1..1	ActivePower	注入到母线的有功功率。 正号表示注入母线
qNetInjection	0..1	ReactivePower	注入到母线的无功功率。 正号表示注入母线
TopologicalNode	1..1	TopologicalNode	注入 ⁴⁾ 状态所关联的拓扑节点

10.2.3 潮流状态变量 SvPowerFlow

状态变量 StateVariables

⁴⁾ 原文是“电压”，但是根据上下文应是“注入”。

潮流的状态变量。

固有成员

p	1..1	ActivePower	流入端点的有功潮流
q	1..1	ReactivePower	流入端点的无功潮流
Terminal	1..1	Terminal	潮流状态所关联的端点

10.2.4 短路状态变量 SvShortCircuit

状态变量 StateVariables

短路的状态变量。

固有成员

r0PerR	1..1	float	零序电阻与正序电阻之比
sShortCircuit	1..1	ApparentPower	故障时该节点上的短路视在功率
x0PerX	1..1	float	零序电抗与正序电抗之比
xPerR	1..1	float	正序电抗与正序电阻之比
TopologicalNode	1..1	TopologicalNode	与短路状态关联的拓扑节点

10.2.5 并联补偿器组状态变量 SvShuntCompensatorSections

状态变量 StateVariables

一个并联补偿器的投入分组数的状态变量。

固有成员

continuousSections	0..1	float	作为一个连续变量的投入分组数
sections	0..1	integer	投入分组数
ShuntCompensator	1..1	ShuntCompensator	状态所应用的并联补偿器

10.2.6 分接头档位状态变量 SvTapStep

状态变量 StateVariables

变压器分接头挡位的状态变量。这个类用于 LTC（有载调节）变压器的分接头，而不是固定分接头变压器。

固有成员

continuousPosition	0..1	float	浮点型的分接头位置
position	0..1	integer	整型的分接头位置
TapChanger	1..1	ShuntCompensator	分接头档位状态所关联的分接头调节器

10.2.7 电压状态变量 SvVoltage

状态变量 StateVariables

电压的状态变量。

固有成员

angle	1..1	AngleRadians	以弧度表示的拓扑节点电压相角
v	1..1	Voltage	拓扑节点的电压幅值
TopologicalNode	1..1	TopologicalNode	与电压状态关联的拓扑节点

10.3 抽象类

10.3.1 状态变量 **StateVariable**

状态变量 **StateVariables**
状态变量的一个抽象类。

10.3.2 有功功率 **ActivePower**

电压有效值（RMS）与电流同相分量的有效值（RMS）的乘积。
XSD 类型：双精度。

10.3.3 角度弧度 **AngleRadians**

以弧度为单位的相角。
XSD 类型：双精度。

10.3.4 视在功率 **ApparentPower**

电压的有效值与电流的有效值的乘积。
XSD 类型：双精度。

10.3.5 无功功率 **ReactivePower**

电压的有效值与电流的正交分量有效值的乘积。
XSD 类型：双精度。

10.3.6 电压 **Voltage**

电压。
XSD 类型：双精度。

参 考 文 献

- [1] IEC 60050 (all parts), International Electrotechnical Vocabulary (available at <http://www.electropedia.org/>).
 - [2] IEC 61970-1, Energy management system application program interface (EMS-API)-Part 1: Guidelines and general requirements.
 - [3] IEC 61970-2, Energy management system application program interface (EMS-API)-Part 2: Glossary.
 - [4] IEC 61970-301, Energy management system application program interface (EMS-API)-Part 301: Common Information Model (CIM) base.
 - [5] IEC 61970-501, Energy management system application program interface (EMS-API)-Part 501: Common Information Model Resource Description Framework (CIM RDF) schema.
- Refer to International Electrotechnical Vocabulary, IEC 60050, for general glossary definitions.
-

中 华 人 民 共 和 国
电 力 行 业 标 准
能量管理系统应用程序接口 (EMS-API)
第 456 部分: 电力系统状态解子集
DL/T 890.456 — 2016 / IEC 61970-456: 2013

*

中国电力出版社出版、发行
(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)
北京传奇佳彩数码印刷有限公司印刷

*

2016 年 7 月第一版 2016 年 7 月北京第一次印刷
880 毫米×1230 毫米 16 开本 1.75 印张 7 千字
印数 001—200 册

*

统一书号 155123·3201 定价 15.00 元

敬 告 读 者

本书封底贴有防伪标签, 刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

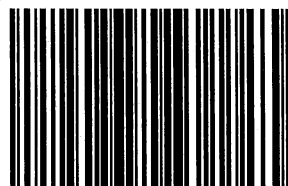
版 权 专 有 翻 印 必 究



中国电力出版社官方微信



掌上电力书屋



155123.3201