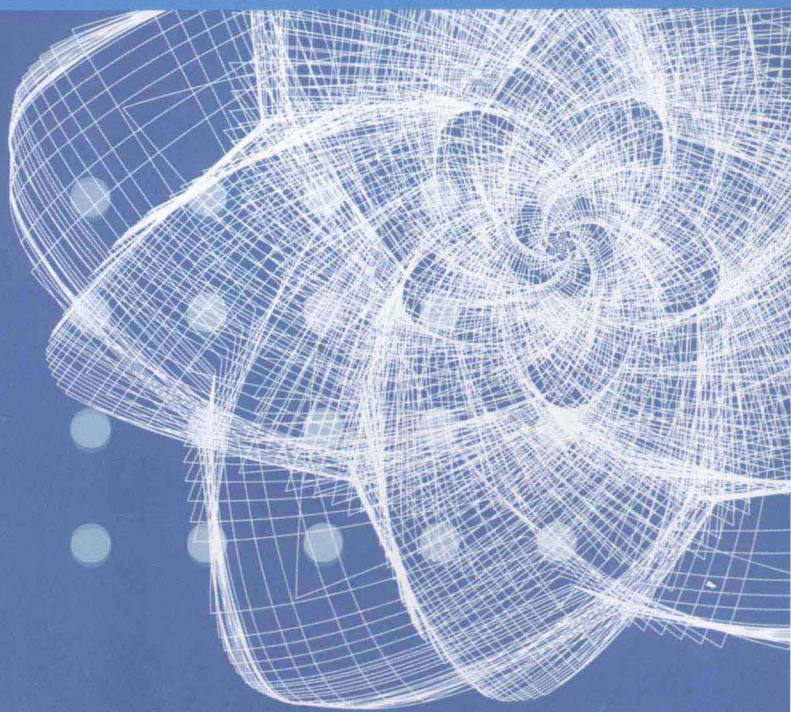


赵江河 编著

IEC 61968 与智能电网

——电力企业
应用集成标准的应用



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

赵江河 编著

IEC 61968 与智能电网

——电力企业
应用集成标准的应用

编写组成员：刘 军 吕广宪 苏 剑
刘海涛 王 鹏 王立岩
张迪思 刘 鹏



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书探讨了配电领域国际标准 IEC 61968 在实现信息共享和系统间互操作方面的关键技术,涉及智能配电网信息架构、信息模型、信息集成等广泛领域。重点研究了智能电网的相关标准体系、信息总线与互操作技术、工程应用实践等内容。本书偏向于基本技术概念的阐述,使读者全面了解和认识 IEC 61968 标准及其使用情况,同时也提供相关案例的介绍,让大多数读者容易理解和接受。

本书面向电力系统广大工程技术人员,也可供电力高等院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

IEC 61968 与智能电网:电力企业应用集成标准的应用 / 赵江河编著. —北京:中国电力出版社, 2013.7

ISBN 978-7-5123-4290-3

I. ①I… II. ①赵… III. ①网络通信—国际标准—应用—智能控制—电网—研究 IV. ①TM76

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 067831 号

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>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2013 年 7 月第一版 2013 年 7 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 14.75 印张 248 千字

印数 0001—3000 册 定价 68.00 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

前言

全球资源环境压力的不断增大，用户对电能可靠性和质量要求的不断提升，要求未来电网必须更加适应多种能源类型的发电方式，更加适应客户的自主选择，因此，建设具有灵活、清洁、安全、经济、友好的智能电网将是未来电网的发展方向。

智能电网被认为是 21 世纪电力系统的重大科技创新和发展趋势，仅仅几年时间，国内外智能电网的研究规模达到了新高度。电力系统既要继承原有的庞大系统结构，还要不断地创新。智能电网从概念的提出到被普遍接受，至现阶段受到全球的高度重视，短期内促进了电力科技的飞速进步及电网的高速发展。智能电网作为一个持续发展的战略目标，并不是在电力技术的基础结构上简单地增加信息技术，而是一整套新的创新体系，其中技术标准体系是最重要的一环。技术标准体系从整体上解决了在各个电气元件标准和各个专业系统规范都已经存在的基础上，如何关联并支持新的智能电网所带来的全新运行模式、支持新的电力能源发展模式、支持新的电力市场商业模式，从而形成新的生产力的问题。

智能电网能够提升日益复杂的电力系统的全景可视和可控，保证电网各个组成单元之间以及子系统间实现高度信息共享，建立智能电网的标准体系，通过标准来规范信息交互是全球智能电网研究达成的共识。

智能电网在不断发展变化，由此带来的效益和成本需要进行持续不断的研究和评估。由于智能电网的投资是长期的，因此有必要提供一套可以依据的技术标准体系，为将来的可持续改进提供坚实的基础。

IEC 61968 标准制定的开放进程受益于广泛参与者的专业知识和见解，这项工作既富有挑战性又耗费时间，但能使广泛相关群体受益。用户和其他组织的持续参与能够使标准满足更加广泛的需求，包括非业内利益相关者的需求。若使标

准能够兼顾各个群体的需要并能得到强有力的执行，用户和组织的良性互动是必不可少的。

本书所探讨的配电领域国际标准 IEC 61968 作为智能电网核心标准之一在实现信息共享和系统间互操作方面处于非常关键的地位，是目前配电领域的研究热点之一。该标准涉及电力系统、信息架构、信息模型等广泛领域，标准开发十分具有挑战性。

在全球范围来看，我国对于 IEC 61968 标准的研究、开发和应用，其规模、深度和范围都是最为广泛的，尤其在智能配电领域，我国进行了大量的配电自动化试点工程。配电自动化技术导则、建设和改造标准化规定都是以 IEC 61968 技术体系为核心的，IEC 61968 标准的推进速度和取得的成果都是前所未有的。

本书在编写过程中以 IEC 61968 标准系列为主要线索，注重介绍智能电网的标准体系、智能电网的核心标准、智能电网体系架构、标准的主要内容、信息总线与互操作技术、以标准为基础的智能配电网关键技术、工程应用实践等内容。作者编著本书的思路是：全世界建立智能电网达成的共识是必须建立统一的智能电网标准体系，本书讲清楚在智能电网的标准体系中谁是不可或缺的核心标准，支撑智能电网的体系架构是什么，IEC 61968 用什么模型、什么标准实现信息交互，哪些智能配电网的关键技术需要应用信息交互标准，最后，列举出我国智能电网应用 IEC 61968 的典型案例。内容编排上注重承上启下、前后呼应和技术衔接，努力体现出较强的体系性，做到概念清晰完整、章节严谨有序。

本书在编写过程中努力做到深入浅出，注意整体性和一致性，侧重于智能配电网与 IEC 61968 的理论探讨，偏向于基本技术概念的阐述，使读者对 IEC 61968 标准以及标准的使用情况有全面的了解和认识，同时也提供实例的介绍，让大多数读者容易理解和接受。

本书面向电力系统广大工程技术人员，希望本书的出版能够为智能电网建设和电力信息集成提供技术支持。

本书在编写过程中得到了中国电力科学研究院配电研究所的大力支持，研究生张佳军、邱辰在第 5 章和第 8 章中做了大量的工作，在此一并表示感谢。

智能电网技术发展是一个渐进的过程，其过渡过程将是漫长的，将面临许多

技术和管理方面的挑战，对此必须密切跟踪、深入研究和持续改进。智能电网的相关标准也在不断发展之中，由于编者水平有限，加之编写时间仓促，书中难免有疏漏之处，敬请读者批评指正。

编 者

2013 年 4 月

目 录

1	智能电网概述	1.1
1.1	智能电网的定义	1.1.1
1.2	智能电网的特征	1.2.1
1.3	智能电网的发展现状	1.3.1

第 2 章 智能电网的组成

2	智能电网的组成	2.1
2.1	智能电网的组成	2.1.1
2.2	智能电网的组成	2.2.1
2.3	智能电网的组成	2.3.1
2.4	智能电网的组成	2.4.1

第 3 章 智能电网的通信

3	智能电网的通信	3.1
3.1	智能电网的通信	3.1.1
3.2	智能电网的通信	3.2.1
3.3	智能电网的通信	3.3.1
3.4	智能电网的通信	3.4.1
3.5	智能电网的通信	3.5.1

目 录

前言

第 1 章

智能电网标准的发展状况	1
1.1 智能电网标准化共识	1
1.2 智能电网标准体系	3
1.3 智能电网标准体系的发展	14

第 2 章

智能电网体系架构	20
2.1 智能配电网	20
2.2 智能电网体系架构概要	22
2.3 智能电网体系架构设计	27
2.4 智能电网体系的参考架构	31

第 3 章

IEC 61968 标准系列	44
3.1 IEC 61968 简介	44
3.2 IEC 61968 的范围	45
3.3 接口参考模型	46
3.4 接口体系架构	50
3.5 组件报告和错误处理	57

第 4 章

IEC 61968 信息交换模型	59
4.1 概况	59
4.2 信息结构	63
4.3 信息封装	69
4.4 总线角度	79

第 5 章

支撑 IEC 61968 的关键技术	87
5.1 CIM 建模技术	87
5.2 OWL 语义技术	104
5.3 原生 XML 数据库技术	115
5.4 SOA 服务技术	125
5.5 信息安全防护与传输技术	136

第 6 章

IEC 61968 信息交换总线	151
6.1 基于总线的配网信息交换体系	151
6.2 总线架构设计	156
6.3 基于总线的信息交换模式	159
6.4 总线控制功能	164
6.5 适配器技术	175

第 7 章

IEC 61968 对智能配电网的支撑	182
7.1 配电网建模与快速拓扑分析	182
7.2 高级配电自动化	191
7.3 IEC 61968 与配电网分层控制技术	192

IEC 61968 国内应用案例.....	204
8.1 基于数据中心的信息集成案例	204
8.2 信息交换总线 (IEB) 在城市电网中的应用案例	207
8.3 多总线数据集成案例	216
参考文献	221



第1章 智能电网标准的发展状况

1.1 智能电网标准化共识

智能电网可以简单的定义为以电力系统自动化技术为基础,通过融合先进的测量和传感技术、控制技术、计算机和网络技术、信息与通信等技术,利用智能化的开关设备、配电终端设备,在含各种高级应用功能的可视化软件支持下,实现配电网正常运行状态下的监测、保护、控制、优化和非正常状态下的自愈控制,最终为电力用户提供安全、可靠、优质、经济、环保的电力供应和其他附加服务。

智能电网是面向未来的能源支撑技术和体系,可以具有更为深刻的内涵和广阔的外延,如何研究和开发新的技术和构建新的体系是一个发展的过程,其中面临的最大挑战是实现智能电网各领域、各系统以及新、旧设备之间的数据交换和互操作,这一挑战将贯穿智能电网研究和建设的始终。目前的技术发展已进入标准规范制约市场的时代,开发新标准甚至比研发新产品、新专利更加重要。专利影响的只是若干个企业,而标准能影响到一个行业的前途、兴衰,甚至是一个国家的竞争力。为了智能电网技术的深入发展,在国家战略层面提出统一规划、统一建设、统一标准的原则是十分重要的,智能电网的标准化和建立智能电网的标准体系已经成为智能电网发展的共识。

我国目前已经发布了智能电网的标准体系的制定时间表和发展路线图,有关研究也已逐步深入,一些成熟的标准,如部分特高压标准已经率先发布。这对充分掌握国际智能电网标准的制定情况,提升我国在智能电网标准领域的话语权起到重要作用。研究接口、模型、规约、和平台方面的技术标准,既体现标准的先进性,又考虑标准的可操作性和实用性,对于智能电网的健康发展具有十分重要的意义。

智能电网涉及范围广泛,包括信息技术、通信技术、自动化技术等等,涉及跨行业、跨专业和跨部门的能量管理、控制协调、电力市场等超复杂的实时

平衡和时效，电力系统自上而下的层次化运行模式和集中控制，从发电到用户的整个能源转换链等问题，需要在电网各个组成单元之间以及子系统间实现高度的信息共享。新的技术标准体系应该支持这些新需求，明确现行标准以及需求的差距，开发智能电网需要的新标准。

智能电网技术标准体系的建立遵循的基本原则是：

(1) 系统性。

智能电网技术标准体系需要协调和指导智能电网相关技术领域、企业和产品生产单位，支持跨行业、跨地区开发和应用；需要协调和统一有关技术问题，连接系统的各个环节，确保其互操作性。因此，制定智能电网技术标准体系要从系统角度出发，根据系统的各种组成要素从多角度综合考虑，以期对智能电网标准的研究与制定起到有效的指导作用。

(2) 协调性。

智能电网技术标准体系涉及众多行业和领域，需要考虑各个行业和部门间的协调与合作，需要对已经颁布的有关标准进行深入的研究，以确保现有、正在制定和将要制定的涉及不同行业的标准之间的协调性，还要考虑与相关标准体系的协调性。

(3) 衔接性。

智能电网技术应用包括数据采集、信息传输与处理、控制决策等多个环节，各环节涉及的标准之间，尤其是相互之间连接的过程中涉及的标准要充分考虑其衔接性，以保证标准体系的配套性，从而发挥标准体系的综合作用。

(4) 相关性。

智能电网技术涉及众多领域，各行业和技术领域标准之间都有着不同程度的相关性，但智能电网技术标准体系不能也不应该涵盖所有的标准，因此需要按照相关程度，将那些和智能电网直接相关的、互相影响、互相衔接的标准纳入到智能电网技术标准体系。

(5) 自主性。

智能电网技术标准体系需要充分考虑我国智能电网产业和我国行业应用的现状，建立具有自主知识产权的智能电网技术标准体系，促进我国智能电网相关产业的快速发展，维护国家安全，不受国外标准左右。

(6) 国际性。

智能电网技术标准体系需要在充分研究国际智能电网技术标准体系和我国智能电网行业应用情况的基础上，确定公司智能电网技术标准体系中，哪些标准可

以直接采用，哪些标准应相互兼容，哪些标准必须完全自主制定，为将来主导创建智能电网国际标准打下坚实的基础。

(7) 开放性。

智能电网技术标准体系应该是一个开放的体系，能与时俱进、动态变化与扩展，以适应智能电网技术的发展趋势，保持一定的先进性。技术标准体系的开放性使得标准的制定工作可以循序渐进地进行。

1.2 智能电网标准体系

在智能电网建设过程中，必须明确技术标准的战略目标。在制定相关标准过程中，必须严格按照标准机构提供的流程及工具进行标准的制定和技术测试及验证。由于智能电网的投资是长期的，因此绝对有必要为投资者提供一套固定的标准，从而为将来的可持续投资提供坚实的基础，因此需要标准的顶层设计，应该制定 IEC 标准整体框架和行动路线图。

智能电网处于发展的过程中，智能电网可能会呈现出多种形态，而且需要融合原有系统，通过标准化研究促使接口和产品进一步标准化，以便为智能电网的实现提供更多的附加值。标准的范围包括通用技术领域：电力系统信息体系架构、通用信息模型、宽带通信和二次安全防护等。专业技术领域包括：电力电子器件、智能调度自动化系统、智能变电站自动化、状态监测；先进配电管理和配电自动化；分布式能源、大容量存储装置；高级计量（AMI）、需求侧响应和负荷管理；智能家居、楼宇智能化和电动汽车等。智能电网需要支持逐步过渡和多种技术的长期共存，并不是进行简单的系统和设备更替。在设计时，必须在保证不降低电网可靠性、电网安全性和网络安全性的同时避免不必要的开支。

国际上关于智能电网技术标准方面都在积极开展研究，其中最具代表性的是国际电工委员会（IEC，International Electrotechnical Commission）、美国国家标准与技术研究院（NIST）和美国电气与电子工程师协会（IEEE）；欧洲标准化组织 CEN-CENELEC 和亚洲一些国家的研究机构也开展了相关工作。其中以 IEC 最为广泛和权威。

IEC 标准化管理委员会（SMB，Standardization Management Board）组织成立的第三战略工作组——智能电网国际战略工作组（Strategy Group 3: Smart Grid），于 2009 年 4 月在法国巴黎召开了首次会议。来自中国、美国、德国、法国、意大利、日本、瑞典、瑞士、英国、韩国和荷兰等国家的 13 名代表参加了会

议，会议首先讨论了智能电网战略工作组的职责范围，明确其主要任务是智能电网 IEC 标准体系的研究，由于智能电网涉及 IEC 现有的多个专业委员会，与各个标准有着重要的关系，需要同各专业委员会建立紧密的联系。

国内则以国家电网公司为主要的智能电网技术标准制定发起单位，开展了大量的技术标准研究和编制工作。首先要对涉及智能电网的标准进行系统的分析，在此基础上，研究和提出标准修订和设立新标准意见，首先应建立设备和系统互操作的规约和模型的标准化建议。

表 1-1 中的五个核心标准基本是被毫无争议的列为智能电网核心标准：

表 1-1 智能电网核心标准

序号	核心标准	主 题
1	IEC 62357	电力系统开放式构架标准，涉及电力系统控制和相关通信的 SOA 架构、目标模型、服务设施和协议用参考体系结构（Power system control and associated communications - Reference architecture for object models, services and protocols） 适用范围：能量管理系统；配电管理系统
2	IEC 61970	通用信息模型系列标准 CIM（Common Information Model） 适用范围：能量管理系统；配电管理系统；配电自动化；分布式发电；高级计量体系
3	IEC 61850	变电站自动化系列标准 适用范围：能量管理系统；配电管理系统； 配电自动化；分布式发电；高级计量体系
4	IEC 61968	配电企业管理信息交互集成系列标准，本书重点描述的内容
5	IEC 62351	安全防护标准（Security）

1.2.1 IEC 62357 国际标准

该标准致力于解决电力系统控制和相关通信、目标模型、服务设施和协议等体系结构。

从建设智能电网的角度来看，各个系统之间具有高效的互通性是智能电网建设的重要条件。这就意味着系统建设与集成应该建立在统一的语义（数据模型）、统一的语法（协议）和统一的网络概念之上。因此，需要建立一个集中、协调的电力企业系统架构模型。

IEC 62357 参考架构描述了能源利用领域的系统整合需求。它主要包括统一的数据模型、服务和协议，为未来高效的集成所有应用奠定了基础。该框架由一系列的通信标准组成，包括 IEC 61968 和 IEC 61970 等，为系统间和子系统间通信提供语义数据模型、服务和协议。

IEC 62357 提供了一个面向服务的架构,使用基于 IEC 61968 和 IEC 61970 的标准过程、接口和通信规程。这些形成了在供电企业中整合网络控制系统的基础。

IEC 62357 包括以下主要的服务:

(1) 数据服务。由核心应用可以访问的数据库提供数据服务,例如,当能源供应系统发生故障时,可以读取受到故障影响的运行设备信息。

(2) 功能逻辑服务。例如,启动一个计算供电系统潮流的处理程序。

(3) 业务逻辑服务。用于协调相关系统提供特定能量管理工作流程的业务逻辑。例如,在供电企业的客户信息系统中,对网络控制系统进行错误管理。

图 1-1 表明了 IEC 62357 系列标准的电力企业系统架构。

该架构中包括了 AFC (Available Flow Gate Calculation, 在线潮流计算)、AGC (Automatic Generation Control, 自动发电控制)、ATC (Available Transmission Capacity Calculation, 在线传输能力计算)、CIM (Common Information Model, 公共信息模型)、HIS (Historical Information System, 历史数据系统) 等多个系统之间的互联关系。各个系统通过企业服务总线 and 高速总线服务进行数据的传输和交换,实现电力企业的各个系统的协调、稳定运行。

1.2.2 IEC 61970 国际标准

IEC 61970 能量管理系统应用程序接口 (Energy management system application program interface, EMS—API) 是一个系列标准,IEC 61970 系列标准由国际电工委员会第 57 技术委员会(电力系统控制及其通信委员会)制定,定义了能量管理系统的应用程序接口 (EMS—API)。

IEC 61970 系列标准主要包括公共信息模型 (CIM) 和组件接口规范 (CIS) 两方面内容。其目的和意义在于:便于来自不同厂家的 EMS 系统内部各种应用的集成;便于 EMS 系统与调度中心内部其他系统的互联;以及便于不同调度中心 EMS 系统之间的模型交换。EMS—API 的主要应用领域包括:SCADA、告警处理、拓扑处理、网络分析、负荷管理、发电控制、负荷预测、电能交换计划、计费结算、维修计划、历史数据管理、设备管理、通用用户界面、动态模拟、调度员模拟培训、配电网管理、电力市场运营等。

EMS—API 参考模型基于组件技术,关键为方便分布计算环境的集成,重点是定义组件接口标准。

公用信息模型 (CIM) 是电力企业应用集成的重要工具,它包括公用类、属性、关系等,其类及对象是抽象的,可以用于许多应用,它是逻辑数据结构的灵

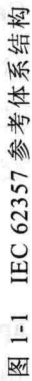


图 1-1 IEC 62357 参考体系结构

魂，定义了信息交换模型。因此，将这些国际标准转化为我国标准并贯彻执行，实现异构环境下软件产品的即插即用，使 EMS 系统与其他系统能互联、互通、互操作，对提高我国电网调度自动化水平意义重大。

IEC 61970 系列标准由以下部分组成，这些部分将被先后采用为我国电力行业系列标准。

IEC 61970-1 能量管理系统应用程序接口 (EMS—API) 第 1 部分：导则和基本要求

IEC 61970-2 能量管理系统应用程序接口 (EMS—API) 第 2 部分：术语

IEC 61970-301 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

IEC 61970-302 能量管理系统应用程序接口 (EMS—API) 第 302 部分：公共信息模型 (CIM) 财务、能量计划和预定

IEC 61970-303 能量管理系统应用程序接口 (EMS—API) 第 303 部分：公共信息模型 (CIM) SCADA

IEC 61970-401 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

IEC 61970-402 能量管理系统应用程序接口 (EMS—API) 第 402 部分：公共服务

IEC 61970-403 能量管理系统应用程序接口 (EMS—API) 第 403 部分：通用数据访问 (GDA)

IEC 61970-404 能量管理系统应用程序接口 (EMS—API) 第 404 部分：高速数据访问 (HSDA)

IEC 61970-405 能量管理系统应用程序接口 (EMS—API) 第 405 部分：通用事件和订阅 (GES)

IEC 61970-450 能量管理系统应用程序接口 (EMS—API) 第 450 部分：信息交换模型

IEC 61970-451 能量管理系统应用程序接口 (EMS—API) 第 451 部分：SCADA CIS

IEC 61970-452 能量管理系统应用程序接口 (EMS—API) 第 452 部分：CIM 模型交换服务

IEC 61970-501 能量管理系统应用程序接口 (EMS—API) 第 501 部分：CIM

资源描述框架 (RDF) 模式

IEC 61970-502 能量管理系统应用程序接口 (EMS-API) 第 502 部分:
CDA CORBA 映射

IEC 61970-503 能量管理系统应用程序接口 (EMS-API) 第 503 部分:
CIM XMI 模型交换格式

EMA-API 标准系列分导则、术语、CIM 和两种级别的 CIS 共 5 个部分, 导则部分主要提出了一个用来描绘控制中心 EMS-API 问题的参考模型, 其中应用的组件化有两种方法, 一是彻底用组件构造, 二是对原来的应用加封套。

术语部分列出了标准中用到的术语和定义。CIM 分为 3 个部分, 301 是 CIM 的基本部分, 302 是 CIM 用于能量计划、检修和财务的部分, 303 是 CIM 用于 SCADA 的部分。CIM 由包组成, 包是将相关模型元件人为分组的方法。

301 包括 Core, Topology, Wires, Outage, Protection, Meas, LoadModel, Generation 和 Domain 共 9 个包。核心包 (Core) 定义了厂站类 Substation、电压等级类 VoltageLevel 等许多应用公用的模型; 拓扑包 (Topology) 定义连接节点 Connectivity Node 和拓扑岛 Topological Island 等拓扑关系模型; 电线包 (Wires) 定义断路器 Breaker、隔离刀闸 Disconnecter 等网络分析应用需要的模型; 停运包 (Outage) 建立了当前及计划网络结构的信息模型; 保护包 (Protection) 建立了用于培训仿真的保护设备的模型; 量测包 (Meas) 定义了各应用之间交换变化测量数据如测点 Measurement 和限值 Limitset 等描述; 负荷模型包 (LoadModel) 定义了负荷预测用的负荷模型; 发电包 (Generation) 分成生产包 (Production) 和发电动态特性包 (Generation Dynamics) 两个子包, 前者定义了用于 AGC 等应用的发电机模型, 后者定义了用于 DTS 的原动机和锅炉等模型; 域包 (Domain) 是量与单位的数据字典, 定义了可能被其他任何包中任何类使用的属性 (特性) 的数据类型。

CIS 分两个层次: 层次 1 仅对接口做一般性描述, 不涉及具体的计算机技术, 401 是 CIS 的总体框架说明, 402 包括非实时的数据访问、实时数据的访问、历史数据访问等, 还包括互操作实验即模型交换 (模型合并、更新等), 以及针对各个应用的 CIS; 层次 2 将 CIS 映射到 CORBA 和 XML 等具体的计算机技术。

1.2.3 IEC 61850 国际标准

IEC 61850 标准是基于通用网络通信平台的变电站自动化系统唯一国际标准, 它是国际电工委员会第 57 技术委员会 (IEC TC57) 的 3 个工作组 10, 11, 12