

## Abstract

IEC61850 is the international standard about the substation automation system communication published by the International Electrotechnical Commission, which is used to unify the communication network system to improve the interoperability, openness and extendibility. The purpose of the standard is to realize interoperability for substation IEDs from different manufactures. IEC61850 is the solution for the substation seamless communication. Especially, by introducing the SCL (Substation Configuration Language), IEC61850 makes the self-description of the IED (Intelligent Electronic Device) becomes possible.

The description of substation configuration is very important to the safety and stable operation of Substation Automation System (SAS). IED configurator and system configurator are used in the process of configuration. So far, although a small number of manufacturers have produced available products based on IEC61850, the IED Configurator demands more research and development in projects. IED configurator is developed in this paper.

Firstly, IEC61850 is analyzed in this thesis, including: introduction of standards, key content of standards and its realization process. Secondly, the IEC61850-7 Modeling Principles, the main idea of SCL and the leveling data model described by SCL are introduced. This paper analyses the principle and function of the IED configurator, provides its model and frame. According to the data model described in SCL and by using VC++ as the programming language, IED Configurator Software is developed. The configurator provides a visual editor to easily configure and browse SCL document. Finally, by using a practical project in a traction substation as example, and on the basis of the main wiring diagram of the actual equipment, ICD documents are generated.

This thesis realizes the design and implementation of IED configurator, which are parts of IEC61850 standard's application. The realization has a positive meaning for the IED configurator based on IEC61850 standard in engineering.

**Key words :** IEC61850; Substation Automation System; Substation Configuration Description Language; Intelligent Electronic Device; IED Configurator

---

# 西南交通大学

## 学位论文版权使用授权书

本学位论文作者完全了解学校有关保留、使用学位论文的规定，同意学校保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许论文被查阅和借阅。本人授权西南交通大学可以将本论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复印手段保存和汇编本学位论文。

本学位论文属于

1. 保密□，在 年解密后适用本授权书；
2. 不保密，使用本授权书。

(请在以上方框内打“√”)

学位论文作者签名：

卢勇刚

日期：2009.5.30

指导老师签名：陈德明

日期：2009-5-30

## 西南交通大学学位论文创新性声明

本人郑重声明：所呈交的学位论文，是在导师指导下独立进行研究工作所得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论文不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的研究成果。对本文的研究做出贡献的个人和集体，均已在文中作了明确的说明。本人完全意识到本声明的法律结果由本人承担。

学位论文作者签名：

卢雪明

日期：

2009.5.30

# 第 1 章 绪 论

## 1.1 选题的意义和背景

变电站作为电网中连接电源和用户的纽带,在电网的安全经济运行中扮演着重要角色。变电站是电力系统中变换电压、接受和分配电能、控制电力的流向和调整电压的电力设施,通过其变压器将各级电压的电网联系起来。随着计算机技术、电力电子技术和网络通信技术的飞速发展,变电站自动化在技术上也不断提升,涵盖的方面也越来越广,因此基于微处理器的新型测量保护智能电子设备 IED(Intelligence Electronic Device)便得到了大量应用。

现代电网的结构日趋复杂,电网容量也不断扩大,要求的实时信息的传送量快速增加。人们对变电站自动化系统的数据通信提出了越来越高的要求。实现变电站自动化的主要目的不仅仅是用以微机为核心的保护和控制装置来替代变电站内常规的保护和控制装置,关键是充分发挥这种新技术的优势,提高变电站的保护和控制性能,从而提高整个电网的自动化水平。而要充分发挥变电站自动化这种新技术的优势,关键在于信息交换<sup>[1]</sup>。应用到变电站的不同厂家、不同种类的 IED 提供的接口和功能各不相同,数据格式也是多种多样,通信协议和用户界面不相同,设备间的信息交换不流畅也不能共享信息,数据的一致性很难得到保证。因此难以实现设备的集成和互操作,这在很大程度上削弱了变电站实现自动化的优点和意义。

采用统一的通信协议,实现变电站自动化系统无缝通信以及变电站与电力系统其他子系统接口的协调和一致也就成了业界极为关注的问题。基于这些情况,国际电工技术委员会 IEC(International Electrotechnical Commission)第 57 技术委员会(IEC TC57)推出了应用面向对象思想建立变电站内 IED 设备间无缝通信的一个全球范围标准——变电站通信网络系统 IEC61850。其目标是形成一个标准的开放式变电所自动化系统和通信体系,使得来自不同制造商的 IED 之间实现良好的互操作性,并能适应计算机和通信技术的快速发展,从而满足用户对提高系统可靠性、减少重复投资和降低维护成本的要求。IEC61850 标准在变电站自动化系统中的发展速度很快。测控单元、保护单元、智能操作箱、录波器、保护信息子站、合并单元等智能单元都已有

应用，变电站内逐渐组成了采用 IEC61850 标准（国内等同采用的标准 DL/T860）传输规约的自动化系统<sup>[2-8]</sup>。

在采用 IEC61850 的变电站自动化系统中运用了先进的网络通信技术和语言，其中 IEC61850 标准的第六部分与智能电子设备有关的变电站内通信配置描述语言 SCL ( Substation Configuration Description Language)在变电站自动化通信系统中发挥着重要的作用，结合 IEC61850 中第 5 部分和第 7-x 部分定义的设备 and 模型，SCL 可以方便的描述变电站系统和站内 IED 的信息。IED 使用 SCL 语言进行基本功能的配置和运行参数的设定。在 SCL 配置文件中，按照统一的方法对设备进行配置描述，避免了协议转换，保证了设备间的互相识别，从而实现互操作。

智能电子设备(IED)为电力系统提供保护、控制或监视能力，是变电站综合自动化系统的基本组成单元。因为功能和装置的复杂性、用户需求的多样性使得在工程现场中需要配置的文档很多，IEC61850 标准提供了两类配置器的参考模型即系统配置器和 IED 配置器。在整个变电站的配置中实现 IED 的配置和设备的互操作，需要方便实用的 IED 配置器和系统配置器<sup>[9]</sup>。这样才能给繁杂的变电站配置文档的新建和修改带来方便，使功能标准化、互换性得以实现。传统的微机保护装置除了定值可以修改外，任何功能的增减都必须通过修改程序才能完成，通过修改配置文件实现不同功能的增减，是具有现实意义的工作，有较强的实用价值。国内关于 IED 配置器的文献多数只分析了 IED 配置器应具备的功能，给出设计思路，IED 配置器的技术水平总体还处于初级阶段。未来的电力系统将都是智能化的，并且由数百万的相互通信的智能电子装置（IED）实现自我调节，优化从发电到客户的整个链条，实现电力系统的无缝实时通信，因此开发一款用于变电站 IED 的配置工具便具有重要的实用价值。

## 1.2 国内外 IEC61850 标准的研究现状

### 1.2.1 国外的 IEC61850 标准的研究情况

IEC61850 在国外已经研究的非常成熟，国外厂商和广大用户对 IEC61850 标准给予了高度关注。ABB、SIEMENS、AREVA 等国外大公司于 2004 年全球同步推出了支持 IEC61850 的新一代变电站自动化系统。

IEC61850 互操作实验在 ABB、SIEMENS、AREVA、KEMA 等大公司进行过多次，从时间上分为两个阶段。1997 年~2002 年，这些大公司进行了多次互操作实验，并根据实验结果对标准草案进行修改。该阶段主要考虑标准本身、样机研制和标准实现的一致性。2002 年后，考虑工程应用的情况下的互操作性。经过这两个阶段的互操作实验，最后实现了几个大公司 IEC61850 系统之间的互操作，参与实验的几个公司的基于 IEC61850 的系统也达到了可以实际应用的水平。下面列举一些国外的工程项目：

(1) 2000 年在德国开展的间隔层与站控制器之间的互操作性(德国 2000 年)测试。参与这次“变电站开放式通信”工程主要是 ABB、ALSTOM 与 SIEMENS 等设备厂商，该工程于 2000 年 11 月结束，工程的目的是测试标准在通信栈与应用中的独立性和互操作性。

(2) 2001 年在美国开展的间隔设备之间的互操作性测试。为了支持与加快关于数字量数据传输的标准制定工作，2001 年 1 月，ABB、SIEMENS 和 OMICRON 在美国 UCA 用户协会进行试验，并于当年 5 月在加拿大 Utility Initiative 会议上进行展示。系统配置图 1-1。

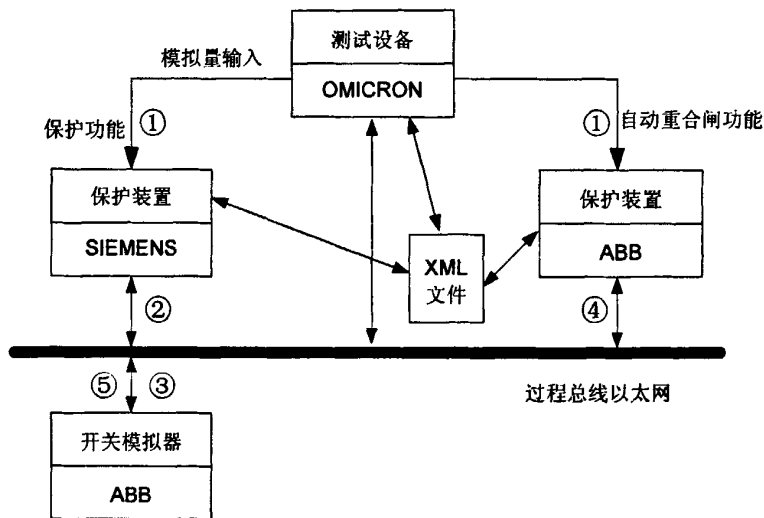


图 1-1 跳闸命令网络传输的互操作实验<sup>[10]</sup>

此次试验的目的是：①支持和加速 IEC 61850 的过程层以及间隔层设备之间的通信；②验证 IEC 的增强型面向通用对象的变电站事件（GOOSE, Generic Object Oriented Substation Event）概念；③验证变电站配置语言 SCL 的基本概念；④证明不同厂商设备的互操作性。试验操作顺序为：仿真故障；

产生跳闸信号；传输开关新的状态（断开）；发重合闸命令；传输开关新的状态（闭和）。试验结果证明了 GOOSE 适合在网络上传输断路器跳闸命令，并验证了使用 SCL 配置来自不同厂商的 GOOSE 的能力。此次演示活动被认为是 IEC 61850 成为全球标准过程中的一个重要的里程碑<sup>[10]</sup>。

(3) 2002 年在美国开展的“采样值”之间的互操作性测试。此测试于 2002 年 1 月在美国进行，参加者有 ABB 和 SIEMENS。此次演示前，这两个公司在 2000 年会议上就已经宣布共同支持 IEC61850-9 标准，并于 2001 年 11 月在 KEMA 通过了一致性测试。互操作实验的配置如图 1-2。

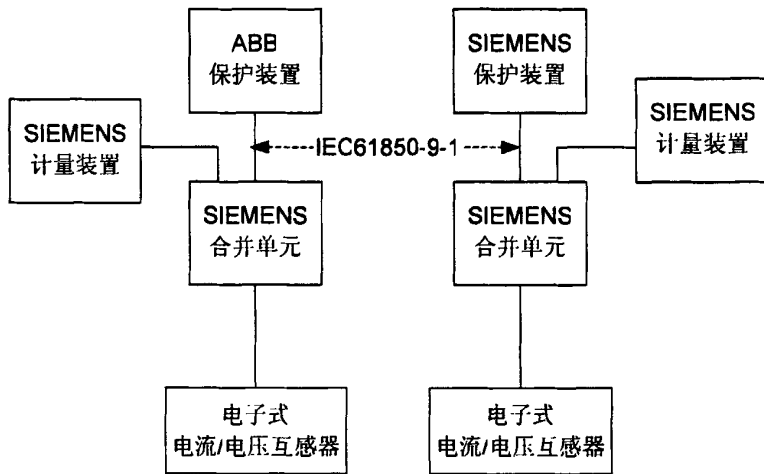


图 1-2 采样值网络传输的互操作实验<sup>[10]</sup>

测试的目的有：①演示遵循 IEC61850-9-1 的电子式电流/电压互感器、保护装置、计量装置之间的互操作性；②演示开发的支持 IEC61850-9-1 的第一批样机（如合并单元等）。

实验证明：①按照 IEC61850-9-1 标准，以点对多点连接到电子式电流/电压互感器的方式是可行的，这种方式将被 ABB 和 SIEMENS 所支持；②支持 IEC61850-9-1 的应用连接到以太网交换机上是实现过程总线解决方案的第一步<sup>[10]</sup>。

(4) 2002 年在德国进行采样值和跳闸命令经同一网络传输测试。2002 年 9 月，ABB、SIEMENS 和 OMECRON 在美国 Utility Initiative 会议上进行互操作测试，测试配置如图 1-3。

测试的目的是证明采样值报文和 GOOSE 报文在统一通信总线（过程总线）上传输的互操作性。测试实验步骤与图 1-1 类似，唯一区别是图 1-3 中的保护装置是通过过程总线接收数字化传输的采样值。



在上述互操作实验成功的基础上，几个厂家又进行了后期试验，以验证 IEC61850 的正确性，确保该标准能够按原计划面世<sup>[10]</sup>。

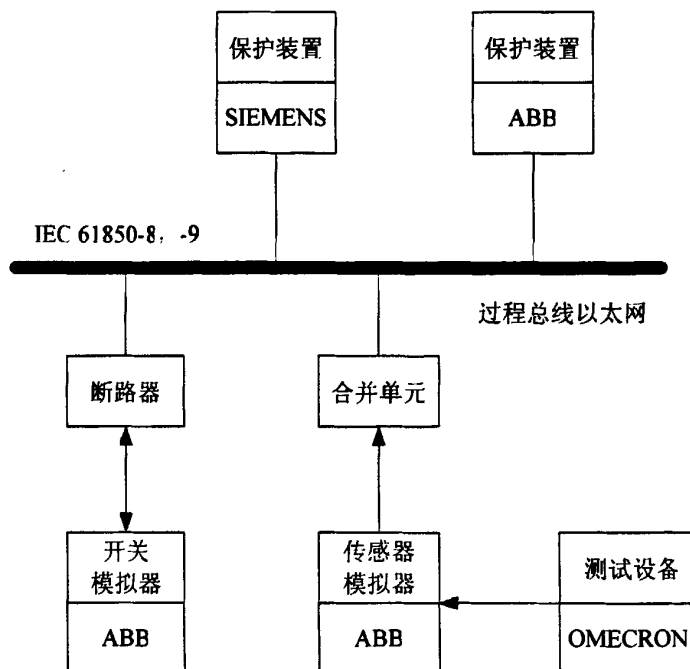


图 1-3 采样值和跳闸命令同一网络传输的互操作实验<sup>[10]</sup>

(5) 2003-2004 年，开展了“间隔设备与站控制中心间”的互操作性测试，测试的目的是检测变电站控制功能以及变电站层和间隔层之间的通信。根据 200 多个测试的结果对标准进行了部分修改。至此，IEC61850 标准所预期的效果完全实现。

IEC61850 标准现在已经被用户和设备厂商认可。基于 IEC 61850 的特点和意义，对于国内电力系统自动化领域来说，使用符合 IEC61850 标准的产品是变电站自动化系统的发展趋势。

### 1.2.2 国内的 IEC61850 标准的研究情况

2004 年 IEC61850 标准正式发布，我国等同采用并作为电力行业标准，标准代号为 DL/T860 系列——变电站通信网络和系统，现已出版完毕。国内各继电保护和综合自动化的大厂家都对它进行了紧密跟踪和研究。2005 年 5 月~2006 年 12 月国调中心成功组织国内外主要厂家进行了 6 次 IEC61850 互操作实验，对国内电力自动化主要厂家开展 IEC61850 研究和提高产品、系统开发水平起到了巨大的推动作用。6 次实验参加的情况如下表 1-1。

这六次实验中，多数单位都成功实现了互操作，实现了变电站自动化系

统的主要功能，对理解上有歧义的内容进行了明确。经过六次实验国内各厂家所开发生产的设备已实现了 IEC61850 标准中规定的基本模型、服务和功能，顺利完成与国内外厂家设备的互联互通，表明国内大多数厂家与国外厂家已处于同一研究水平。

表 1-1 国家电网个公司组织的 IEC61850 互操作实验

参加实验单位	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	第六次
北京电力科学研究院质检中心	√	√	√	√	√	√
北京四方继保自动化股份有限公司	√	√	√	√	√	√
中国电力科学研究院变电站自动化公司	√	√	√	√	√	√
北京融科联创电力科技公司	√	√	√	√	√	√
国电南自	√	√	√	√	√	√
国电南瑞	√	√	√	√	√	√
南京南瑞继保电气有限公司	√	√	√	√	√	√
山东积成电子股份有限公司	√	√	√	√	√	√
东方电子		√	√	√	√	√
许继电气			√	√	√	√
深圳南瑞科技有限公司						√
ABB、SIEMENS、AREVA、SEL 公司						√

在我国 IEC61850 标准已有一些工程应用，例如：2006 年 3 月 27 日，国电南自满足 IEC61850 标准的 PS 6000 变电站自动化系统在西安 110kV 少陵变顺利投运，该系统包括保护、测控、监控、远动等技术领域中共 10 多种型号的产品，是国产第一套全变电站运行的完全满足 IEC61850 标准的变电站自动化系统。2007 年 6 月 25 日 500kV 桂林变在国电南自厂内通过中国电力科学研究院鉴定。国电南瑞已经投产浙江 220 千伏外陈变电站、河北承德西地 110 千伏变电站、山东青岛 110 千伏变电站，2007 年 6 月 8 日采用 IEC61850 标准的北京顺义 500 千伏变电站也顺利投运。许继电气 2006 年在湖北投产第一个 IEC61850 标准的左家坪变电站。下一个 IEC61850 标准变电

站也会很快在洛阳实施。南瑞继保在安徽和浙江各投运两个 ICE61850 标准变电站。北京四方 2006 年投产采用 IEC61850 标准的曹里村、朱雀变电站。以上这些已经投运工程都是采用了 IEC61850 标准的变电站，但都是与自家的设备通信或采用过渡的方案，应该说是应用了 IEC61850 体系中的一部分内容。2007 年 6 月 28 日一个真正意义上的 IEC61850 标准变电站——西安市 330kV 聂刘变投运，该变电站采用北京四方的 CSC2000 变电站自动化系统，在间隔层不但有北京四方的测控设备和保护设备，还用 IEC61850 与南瑞继保、国电南自、深圳南瑞的保护设备通信，在实现互操作的方面上了一个大台阶，这些标志着国内 IEC61850 标准研究应用的重大进展和突破。

我国各主要厂家投入了很大力量来研究和实施 IEC61850 标准，现在要做的事情，一是根据第六次实验后的结果进行完善，二是开发符合 IEC61850 标准的工程化工具。我们应该做好 IEC61850 标准的相关研究，确保新技术在国内的发展，实现变电站自动化系统向 IEC61850 标准的平稳过渡。

### 1.3 IED 配置器的研究情况

IEC61850-6 部分规定了实现设备互操作性的变电站配置描述语言 (SCL)，该语言用于根据 IEC61850-5 和 IEC61850-7 部分描述智能电子设备的配置和通信系统。IED 配置器 (IED Configurator) 是基于 SCL 实现对 IED 配置的专用工具。它能够输入、输出按照 IEC61850 标准定义的配置数据，提供智能电子装置 IED 的专用定值，产生智能电子装置 IED 特定的配置文件。

尽管有很多厂家已推出了各自满足 IEC61850 标准的 IED、系统，但都还不是完全意义上的 IEC61850，在很多细节方面还需要深入研究，例如系统配置器、IED 配置器以及相关的软硬件资源配合等问题。国内外的部分厂家陆续根据 IEC61850-6 开发出了一些版本的 IED 配置器。如国外的 ASE 公司的 Visual SCL for IEC61850 以及 SCL Edition Beta V1.8.6 等变电站配置相关工具都已处于实际试用阶段。国内南瑞、许继等公司也有变电站的配置工具的试用产品。但目前 IED 配置器的工程化设计还不够完善和规范，因此开发出具有灵活方便的 SCL 语言操作和直观简洁的交互界面等特色的 IED 配

---

置器有着重要的现实意义和实用价值。

## 1.4 本论文所做的主要工作

本论文根据 IEC61850 标准的核心内容利用 VC++ 开发一款 IED 配置器，为不同厂商间的 IED 设备互操作做了有益的探索。本论文主要包含以下几部分的工作：

(1) 对 IEC61850 标准体系结构进行了分析研究，研究内容包括：标准的介绍、标准的核心内容、标准的实现过程。

(2) 介绍了变电站配置描述语言 (SCL) 的主要内容、语法特征，分析了 SCL 描述的层次型数据模型。

(3) 分析了变电站的配置流程，介绍了 IEC61850 标准的建模过程，并对实际设备进行了建模描述。

(4) 利用 VC++ 实现了 IED 配置器，IED 配置器具有友好的可视化界面，实现了 SCL 文档的语法检查、SCL 配置文档的读取和树形显示、SCL 文档的节点及其属性值的相关操作、IED 能力描述文档 ICD 的生成。

(5) 完成一个牵引变电所实际工程中的 IED 设备的建模和配置描述，并进行了与 IEC61850-6 标准定义对比验证。

---

## 第 2 章 IEC61850 标准介绍

### 2.1 IEC61850 标准的主要内容

当前电力系统中,对变电站自动化的要求越来越高,为方便变电站中各种 IED 的管理以及设备间的互联,就需要一种通用的通信方式来实现。为了实现不同厂商之间设备的互操作,国际电工委员会(International Electrotechnical Commission)第 57 技术委员会于 2004 年颁布了 IEC61850 标准,它是应用于变电站通信网络和系统的国际标准。IEC61850 标准是迄今为止最为完善的变电站自动化标准,它提出了一种公共的通信标准,通过对设备的一系列规范化,使其形成一个规范化的输出,实现系统的无缝连接。IEC61850 标准分为 10 个部分,其各部分及内容如表 2-1 所示:

表 2-1 IEC61850 的体系结构

章节	内容
第 1 部分	概论
第 2 部分	术语
第 3 部分	总体要求
第 4 部分	系统和项目管理
第 5 部分	功能的通信要求和装置模型
第 6 部分	与智能电子设备有关的变电站内通信配置描述语言
第 7-1 部分	变电站和馈线设备的基本通信结构 原理和模型
第 7-2 部分	变电站和馈线设备的基本通信结构 抽象通信服务接口(ACSI)
第 7-3 部分	变电站和馈线设备的基本通信结构 公用数据类
第 7-4 部分	变电站和馈线设备基本通信结构 兼容逻辑节点类和数据类
第 8-1 部分	特定通信服务映射(SCSM)对 MMS 及 ISO/IEC8802-3 的映射
第 9-1 部分	特定通信服务映射(SCSM)单向多路点对点串行通信链路上的采样值
第 9-2 部分	特定通信服务映射(SCSM)映射到 ISO/IEC 8802-3 的采样值
第 10 部分	一致性测试

IEC61850 标准包含了变电站自动化系统从性能要求、工程管理到数据建模和网络通信的一系列内容，具体内容如下：第 1 部分主要介绍了 IEC61850 标准产生的必要性以及标准各部分主要内容。第 2 部分为该标准中变电站自动化系统专门术语词汇表。第 3 部分介绍了变电站自动化系统内通信系统的质量要求。第 4 部分包括变电站内必备硬件配置的定义、功能和信号质量的适应性以及所有具体定义的文档。第 5 部分规范了变电站自动化系统所完成功能的通信要求和装置模型。第 6 部分规定了配置文件的格式，包括描述的系统工程、与通信有关的 IED 配置参数、通信系统配置、变电站(功能)结构、逻辑节点对一次系统的分配以及它们之间关系。第 7 部分是整个标准的核心内容。分为四个部分：7-1 原理和模型；7-2 抽象通信服务接口 ACSI；7-3 公共数据模型；7-4 兼容逻辑节点和数据类。第 8 部分介绍变电站层的服务映射到具体通信服务。第 9 部分介绍间隔层与过程层具体通信服务映射。第 10 部分是一致性测试<sup>[12-25]</sup>。

## 2.2 IEC61850 标准的技术特点

制定 IEC61850 标准的主要目的有以下几点：①实现设备的互操作性，IEC 61850 标准允许不同厂商生产的电子智能设备 IED 进行信息的交换，并且利用这些信息实现设备本身的特定功能；②建立系统的自由结构，分配到智能电子设备和控制层的变电站自动化功能并非固定不变，它与可用性要求、性能要求、价格约束、技术水平、公司策略等密切相关。IEC61850 标准允许变电站自动化系统的功能在不同设备间的自由分配；③保持系统的长期稳定性，IEC 61850 标准具有面向未来的开放性特性，能够满足不断发展的通信技术与变电站自动化系统的需求。

鉴于以上制定标准时的种种目的，IEC61850 标准与以往的变电站通信标准相比，它具有如下突出的技术特点：①分层、分布的体系结构；②面向对象的信息建模技术；③抽象通信服务接口（ACSI）和特定通信服务映射（SCSM）技术；④变电站配置语言及面向对象的数据自描述。另外还定义了系统的一致性测试内容。

## 2.2.1 分层、分布的体系结构

IEC61850 标准为了完成变电站的设备及其馈线监视、控制、保护的功能和 SAS 的一些维护功能（系统配置、通信管理或软件管理），在逻辑上将变电站的功能划分为变电站层、间隔层或单元层、过程层，如图 2-1 所示。在变电站层和间隔层之间的应用通信被抽象为 ACSI 通过 SCSM 映射到制造报文规范（MMS）、传输控制协议/网际协议（TCP/IP）以太网或光纤网。在间隔层和过程层之间的网络采用单点向多点的单向传输以太网。过程层主要完成开关量 I/O、模拟量的采样和控制命令的传送和执行等与一次设备相关的功能，这些功能通过逻辑接口 4 和 5 与间隔层通信。间隔层主要由保护单元和测控单元等组成，完成保护和控制功能。这些功能通过逻辑接口 3 实现间隔层内通信，通过逻辑接口 4 和 5 与过程层通信，即与各种远方 I/O，智能传感器和控制器通信。接口 4 和 5 也有可能通过电缆接线连接，但电缆接线端口不在 IEC61850 标准范围内。变电站层功能有两类：（1）过程有关变电站层功能。即使用多个间隔或者全站的数据，作用于多个间隔或全站的一次设备进行监视和控制。这些功能主要通过接口 8 通信。（2）接口有关变电站层功能。表示变电站自动化系统与本站运行人员的接口 HMI（人机接口），与远方控制中心的接口 TCI（远动接口），与监视和维护远方工程管理接口（TMI）的接口。这些功能通过逻辑接口 1 和 6 与间隔层通信，通过逻辑接口 7 和远方控制接口与外部通信。标准同时定义了 10 种逻辑接口来完成各层之间的通信。如图 2-1 所示。它将由一次设备构成的过程层纳入了统一的结构中，这是基于一次设备的智能化和网络化发展的结构<sup>[16]</sup>。

其中各接口（IF）的含义：接口①间隔层和站层之间保护数据的交换；接口②间隔层和远方保护之间保护数据交换；接口③间隔层内数据交换；接口④过程层和间隔层之间电压互感器和电流互感器瞬时数据交换；接口⑤过程层和间隔层之间控制数据交换；接口⑥间隔层和站层之间控制数据交换；接口⑦站层和远方工程师办公地之间数据交换；接口⑧间隔之间数据交换；接口⑨站层内数据交换；接口⑩变电站（装置）和远方控制中心之间控制数据交换<sup>[16]</sup>。

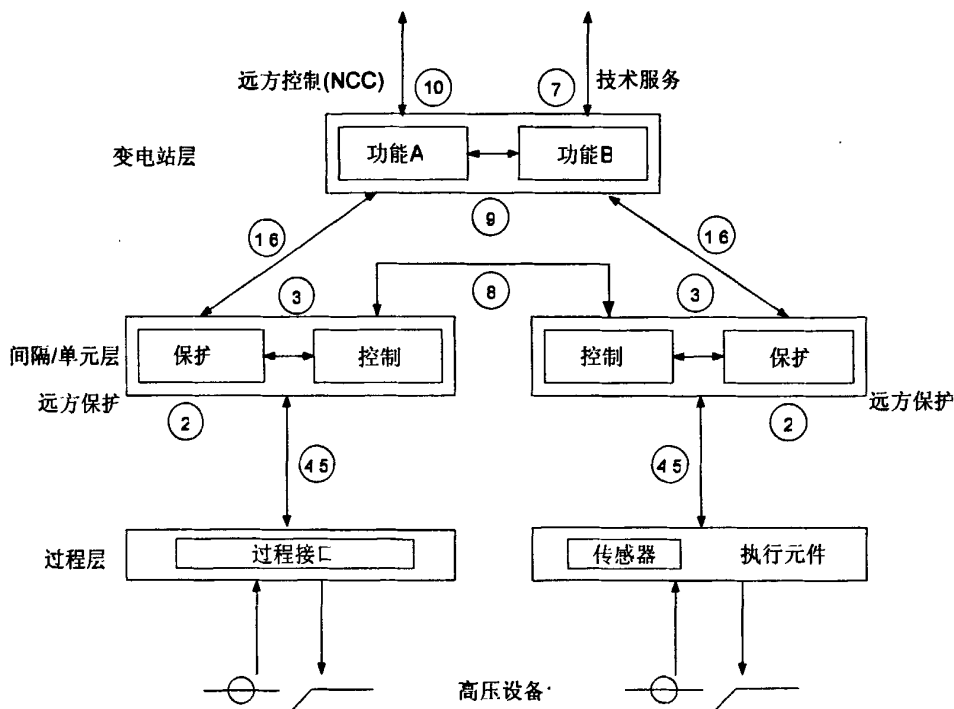


图 2-1 变电站自动化系统功能层和逻辑接口

随着技术的发展，光电 CT、PT 逐步取代电磁 CT、PT，过程层开始出现，系统结构更趋合理。IEC61850 标准定义了电流互感器 TCTR 类和电压互感器 TVTR 类用于实现电流值和电压值的数字化传输。过程层完成 I/O、模拟量的采集和控制命令的发送等，并完成与一次设备有关的功能，间隔层利用本间隔数据对本间隔的一次设备产生作用，越来越多的间隔层功能下放到过程层，替代模拟传统保护原理的自适应保护将出现，变电站功能将扩展到设备在线监测、电能计费系统、部分配电自动化、无功自动补偿和遥视等。

### 2.2.2 面向对象的信息建模技术

面向对象方法的出发点和基本原则是尽可能模拟人类习惯的思维方式，变电站自动化系统的信息交换机制主要依赖于良好的信息模型。信息模型和面向对象的建模方法是 IEC61850 标准的核心。IEC61850 标准采用了面向对象的统一建模语言（Unified Modeling Language, UML），使变电站自动化系统的信息模型得以实现良好的描述。

IEC61850 标准采用面向对象的方法描述变电站及设备信息，为变电站设备建立基于对象的数据模型，采用基于客户/服务器的方式建立通信模型。为了适应这些数据模型建立，IEC61850-7-3 中定义了 29 种公共数据类，并



利用对象的继承性和多态性将其实例化为 500 多种数据对象，由这些数据对象及其属性来构成逻辑节点。IEC61850-7-4 中定义了 13 个逻辑节点组，包含了 90 多种兼容逻辑节点类，涵盖了保护、控制和测量设备以及一次设备等变电所设备的几乎所有信息。另外，还定义了逻辑节点、数据对象以及数据属性的扩展规则，允许根据需要对其进行扩展<sup>[20-21]</sup>。

### 2.2.3 ACSI 和 SCSM 技术

IEC 61850 标准归纳出变电站自动化系统所必须的信息传输服务，并对其进行了模块化，设计出抽象通信服务接口 ACSI，使得抽象建模与具体实现的网络应用层协议独立，即与采用的网络类型无关。

如图 2-2 通信服务分为两组。第 1 组采用控制或读数据值服务的客户端-服务器模型。第 2 组采用对等通信 (peer-to-peer) 模式，它采用 GSE 服务 (用

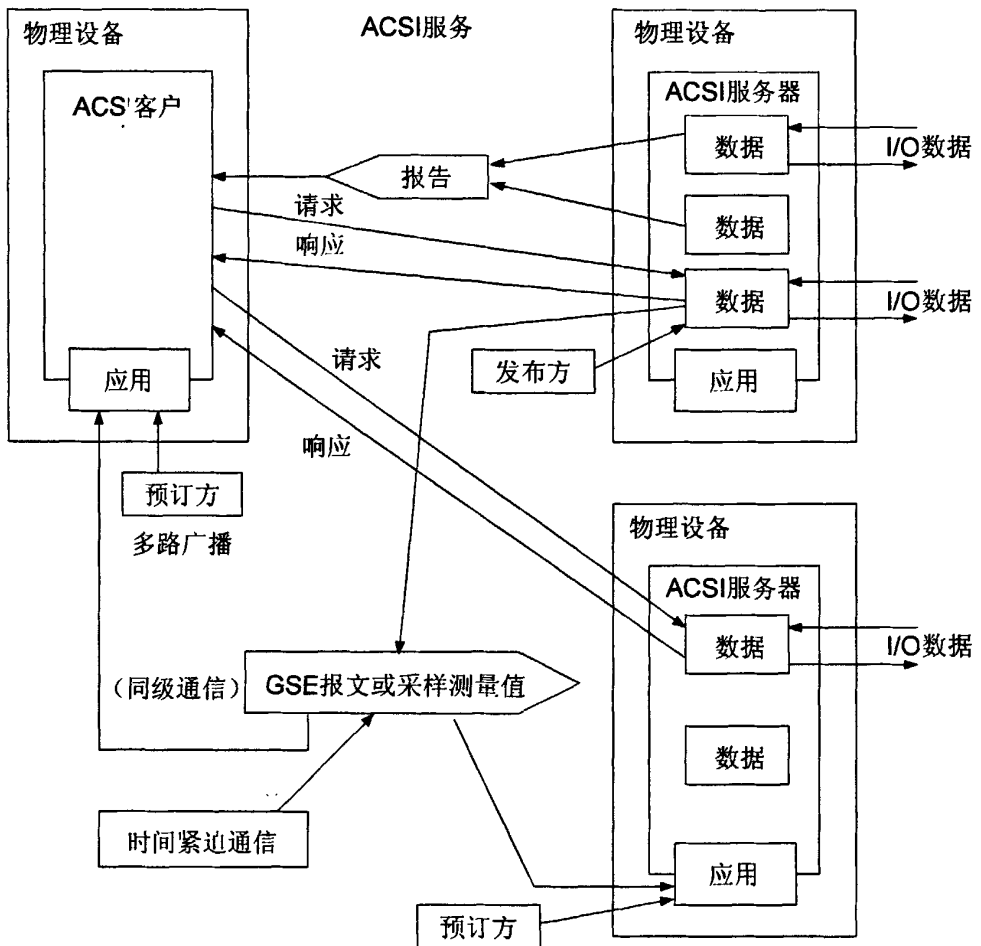


图 2-2 ACSI 通信方法

于时间紧迫的, 从一个 IED 到多个远方 IED 之间快速和可靠的传输数据) 和基于周期基础上传输的采样值服务。

一般的通信规约如制造报文规范一般由服务规范和协议规范构成, 服务规范规定网络节点交换的服务以及服务相关的属性和参数。协议规范规定了用于实现服务的协议数据单元的格式, 以及网络上的报文顺序、格式。考虑到各种各样的通信体系的建立, IEC61850 标准引入了特殊通信服务映射 SCSM, SCSM 将抽象通信服务接口定义的服务、对象和参数映射到应用层, 适用于多种传送协议。采用该映射模型可以使数据对象和 ACSI 服务有很大的灵活性, 它的改变不受七层协议栈的影响。当变电站使用不同的网络类型只需要更改相应的特定通信服务映射 SCSM, 如图 2-3 中应用过程和抽象通信服务接口一样, 不同的网络应用层协议和通信栈与不同的 SCSM1 ~ SCSMn 相对应。

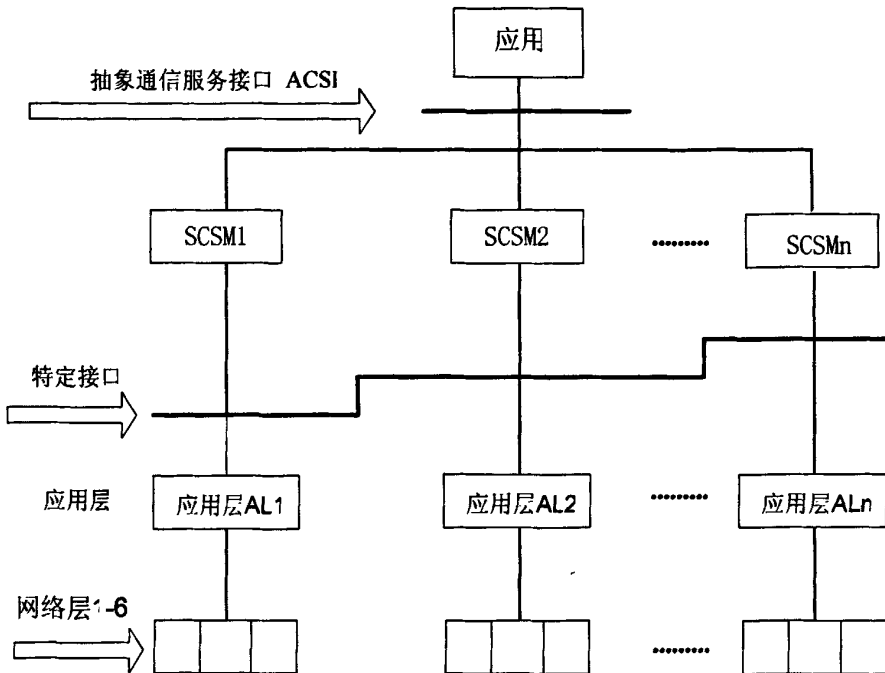


图 2-3 ACSI 向不同的 SCSM 映射

IEC 61850 标准使用 ACSI 和 SCSM 技术, 可以最大限度地维持信息模型定义的稳定性而不需要修改信息模型, 解决了标准的稳定性与未来网络技术发展之间的矛盾, 随着新的网络技术在变电站自动化系统中的应用, 只要对 SCSM 进行相应的改动, 而不需要修改 ACSI 就可应用最新的通信网络技术。

## 2.2.4 变电站配置语言及面向对象的数据自描述

IEC 61850-6 中定义了变电站配置语言 SCL，SCL 基于 XML 1.0 用于描述变电站 IED 设备、变电站系统和变电站网络通信拓扑结构的配置，充分利用 XML 语言的自描述特性，建立了变电站、设备和通信系统的对象模型。在应用层上，也可描述开关间隔拓扑本身以及配置在 IED 上的变电站自动化功能，即逻辑节点的关系。SCL 允许将 IED 配置的描述传给通信和应用系统管理工具，也可以某种兼容的方式将整个系统的配置描述传递给 IED 的配置工具。SCL 的主要作用就是使得通信系统配置语言可在制造商提供的 IED 装置和系统配置工具之间进行相互交换。

目前传输信息必须事先将传输的变电站远动设备的信息与调度控制中心的数据库约定，并一一对应，这样才能正确反映现场设备的状态。在现场验收前，必须使每个信息动作 1 次，才能验证其正确性。这种技术是面向点的。由于技术的不断发展，变电站内的应用功能不断涌现，需要传输新的信息，已经定义好的协议可能无法传输这些新的信息，因而使新功能的应用受到限制。采用面向对象自我描述方法就可以适应这种形势发展的要求，不受预先约定的限制，什么样的信息都可以传输。采用面向对象自我描述的方法后，传输到调度控制中心的数据都带说明，马上可建立数据库，使得现场验收的验证工作大为简化，数据库的维护工作量也大为减少。与采用面向点的数据描述方法不同，IEC61850 标准对于信息均采用面向对象的自我描述的方法。IEC61850 标准所采用的面向对象的数据自我描述方法在数据源就对数据进行自我描述，传输到接收方的数据都带有自我说明，不需要再对数据进行工程物理量的对应、标度转换等工作。由于传输到调度控制中心的数据都带有说明，这样就可以不受预先定义的限制进行信息的传输，使得现场验收的验证工作大为简化，数据库的维护工作量也大为减少，同时也能够适应技术不断发展的要求<sup>[1-25]</sup>。

## 2.3 IEC61850 标准的实现过程

### 2.3.1 功能的建模

为了满足通信的要求，尤其是功能的自由分布与分配，所有的功能均被分解成逻辑节点，这些逻辑节点可驻留在一个或多个物理设备中。由于一些

通信数据不涉及任何功能，仅仅与物理设备本身有关，如铭牌信息。为此需要一个特殊的逻辑节点 LLN0。逻辑节点间通过逻辑连接相连，专用于逻辑节点之间数据交换<sup>[16]</sup>。如图 2-4 节点分配到功能 (F) 和物理装置 (PD)，逻辑节点通过逻辑连接互联，物理装置则通过物理连接实现互联。逻辑节点是物理装置的一部分，逻辑连接则是物理连接的一部分。

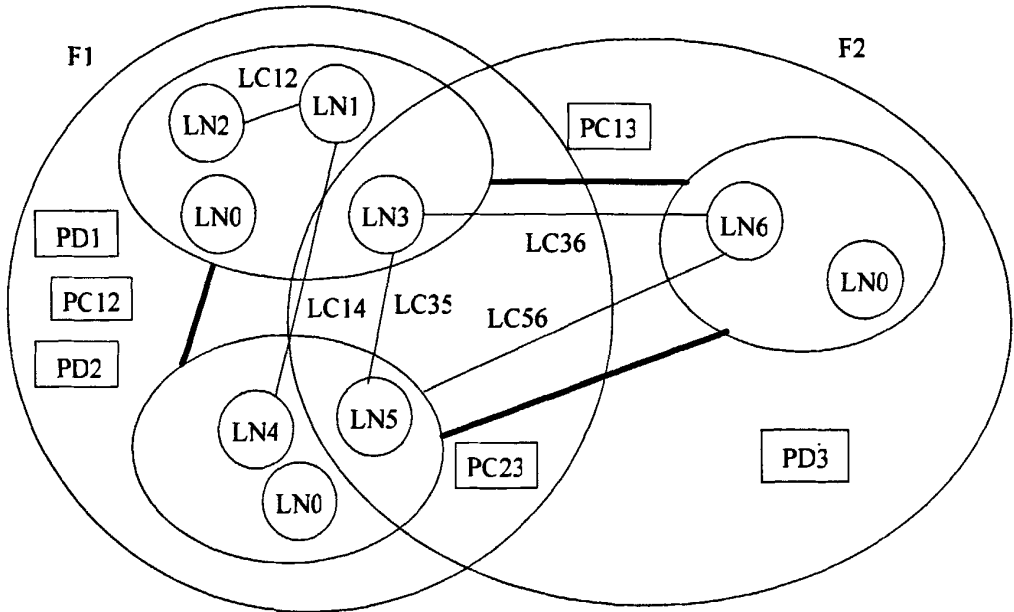


图 2-4 逻辑节点和逻辑连接概念

每一个接收的逻辑节点应该知道需要什么样的数据以完成它的任务，即它应能检查所接收数据的完整性与有效性，并具有适当的品质。像变电站自动化这样的实时系统中，最重要的有效性准则就是数据的时效。发送逻辑节点设定大多数数据品质属性，而检查数据时效则是接受节点的一项任务<sup>[16]</sup>。

上述要求中，发送逻辑节点意味着原始数据源，它保持这些数据的最新值。接收逻辑节点按照相关的功能处理这些数据。若数据遭到破坏或者丢失，接收逻辑节点不能按照正常方式运行，可能处于降级运行方式。因此，逻辑节点在正常和降级两种工作方式下的性能都必须严格地加以规定。功能的降级情况性能需要根据功能自身的情况分别设计（超出本标准的范围），但是需要借助于标准化的报文或适当的数据品质属性，将这种情况通知分布功能的其它逻辑节点和系统管理者，以便它们采取必要的措施。如果时间允许，可以请求数据重发（重入）<sup>[16]</sup>。

### 2.3.2 数据的建模

IEC61850-7-3 和 IEC61850-7-4 部分是整个 IEC61850 关于数据建模的核心部分,采用面向对象的方法,定义了基于客户端/服务器结构的数据模型。它为变电站自动化系统的设计提供了新的设计方法和模式。

应用功能与信息的分解过程是为了获得多数的公共逻辑节点。首先根据 IEC61850-5 中已经定义好的变电站某个应用功能的通信需求,将该应用功能分解成相应的个体,然后将每个个体所包含的需求信息封装在一个组内,每组所包含的信息代表特定含义的公共组并且能够被重复使用,这些组别在 IEC61850-7-3 中被定义为公共数据类 CDC (Common Data Class),每组所包含的信息 IEC61850-7-3 中被定义为数据属性 (Data Attribute)。信息模型的创建过程是利用逻辑节点搭建设备模型,首先使用已经定义好的公共数据类 (Data Class),这些数据类属于专门的公共数据类,并且每个数据 (Data) 都继承了相应公共数据的数据属性。IEC61850-7-4 中定义了这些数据代表的含义。然后将所需的数据组合在一起就构成了变电站自动化系统的某个特定功能,并且逻辑节点可以被重复用于描述不同结构和型号的同种设备所具有的公共信息。

### 2.3.3 通信服务的映射

IEC61850 定义了数据访问机制 (通信服务) 以及向通信协议栈的映射,如在变电站层和间隔层之间的网络采用抽象通信服务接口映射到 MMS (IEC61850-8-1)。在间隔层和过程层之间的网络映射成串行单向多点或点对点传输网络 (IEC61850-9-1) 或映射成基于 IEC8802-3 标准的过程总线 (IEC 61850-9-2)。

#### (1) 变电站层与间隔层的网络映射

在 IEC61850-7-2、-7-3 与 -7-4 中定义的信息模型通过 IEC61850-7-2 提供的抽象服务来实现不同设备之间的信息交换。为了达到信息交换的目的,IEC61850-8-1 部分定义了抽象服务到 MMS 的标准映射即特殊通信服务映射 (SCSM)。在 IEC61850-8-1 中定义的特殊通信服务映射 SCSM 就是将 IEC61850-7-2 提供的抽象服务映射到 MMS。在 IEC61850-7-2 中定义的不同控制模块通过 SCSM 被映射到 MMS 中的各个部分 (如虚拟制造设备 VMD、域 Domain、命名变量、命名变量列表、日志、文件管理等),控制模块包含的服务则被映射到 MMS 类的相应服务中去。通过特殊通信服务映射 SCSM,ACSI 与 MMS 之间建立起一一对应的关系,ACSI 的对象 (即 IEC61850-7-2

中定义的类模型)与 MMS 的对象一一对应,每个对象内所提供的服务也一一对应<sup>[1]</sup>。

## (2) 间隔层与过程层的网络映射

ACSI 到单向多路点对点的串行通信连接用于电子式电流互感器和电压互感器,输出的数字信号通过合并单元(Merging Unit)传输到电子式测量仪器和电子式保护设备。

IEC61850-7-2 定义的采样值传输类模型及其服务通过 IEC61850-9-1 定义的特殊通信服务映射 SCSM 与 OSI 通信栈的链路层直接建在单向多路点对点的连接,从而实现采样值的传输,其中链路层遵循 ISO/IEC8802-3 标准。IEC61850-9-2 定义的特殊通信服务映射 SCSM 是对 IEC61850-9-1 的补充,目的在于实现采样值模型及其服务到通信栈的完全映射。IEC61850-7-2 定义的采样值传输类模型及其服务通过特殊通信服务映射 SCSM,在混合通信栈的基础上,利用对 ISO/IEC8802-3 过程总线的直接访问来实现采样值的传输<sup>[1]</sup>。

## 2.3.4 IEC61850 标准一致性测试程序

为了实现一致性测试,测试机构应对制造商提供的协议实现一致性陈述(PICS)、协议实现之外的信息(PIXIT)和模型实现一致性陈述(MICS)中标明的每个被测设备的能力进行一致性测试。在提交被测设备时,被测方应提供以下内容:被测设备;PICS,应提供标准的 PICS,也称为 PICS 表格;用于测试的协议实现额外信息(PIXIT);模型实现一致性陈述(MICS);设备安装和操作的详细指导手册<sup>[25]</sup>。

一致性测试的要求分为以下两类:

- ① 静态一致性要求(定义应实现的要求);
- ② 动态一致性要求(定义的要求由协议用于特定实现引起)。

静态和动态一致性要求应在协议实现一致性陈述(PICS)中规定。PICS 用于三种目的:

- ①适当的测试组合的选择;
- ②保证执行适合一致性要求的测试;
- ③ 提供检查静态一致性的基础。

图 2-5 给出了一致性评价的过程。

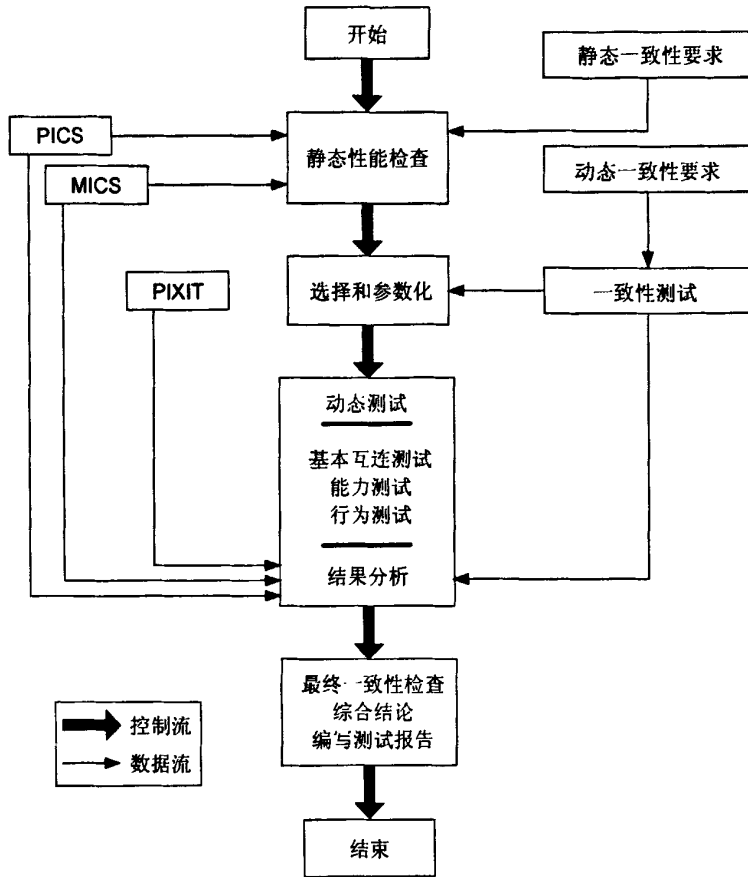


图 2-5 一致性评价过程

## 2.4 符合 IEC61850 标准的产品的基本特征

变电站自动化系统 (Substation Automation System—SAS) 最终会向数字化方向发展, 也就是建设所谓的“数字化变电站”, 数字化变电站的基本概念为变电站的信息采集、传输、处理、输出过程全部数字化, 并具有全站统一的数据模型和数据通信平台, 在此基础上实现设备间的互操作性。数字化变电站的有四个技术特征: 设备智能化; 可输入输出和处理数字信息; 满足变电站各种功能要求的实时性和可靠性的通信网络; 智能设备的互操作性。IEC61850 标准是实现数字式变电站自动化系统的基础。变电站自动化产品遵循 IEC 61850 标准是确保不同厂家的产品能互通的关键。互操作性是实现变电站内无缝通信理念的重要保障机制, 是未来变电站自动化技术应用的关

键环节，设备的互操作性可以最大限度地保护用户原来的软硬件投资，实现不同厂家产品集成。

互操作性是指来自同一厂商或不同厂商的 IED 之间交换信息和正确使用信息协同操作的能力。具有互操作性的设备需要具备以下基本特征：

- ①具备以太网物理通信媒体和接口；
- ②具有建立逻辑通信连接的能力；
- ③信息模型和通信服务能够采用变电站描述语言(SCL)描述和发布；
- ④具有识别 SCL 并进行数据生成的能力。

IEC61850 标准按照变电站自动化系统所要完成的监视、控制和继电保护等功能，提供了完整的信息模型及相关服务，因此数字化变电站的通信系统应基于 IEC61850 建立。

---



## 第 3 章 IEC61850 建模方法

### 3.1 建模方法

变电站自动化系统的信息交换机制主要依赖于准确定义的信息模型。这些信息模型和建模的方法是 IEC61850 标准的核心。图 3-1 中描绘了 IEC61850 标准所采用的建模实际设备中公共信息模型的方法。IEC61850 标准定义了和其他设备交换的全部可用信息。模型为变电站自动化系统提供类似世界（电力系统过程、开关场）的镜像。IEC61850 标准以独立于具体实现（例如，采用抽象模型）的方式定义信息和信息交换。标准采用虚拟化概念，虚拟化提供实际设备的视图，它是和其他设备进行信息交换感兴趣方面的内容，标准中详细定义了设备互操作性所要求的各个方面。标准的方法是将所有的应用功能都分解为与之交换信息最小实体——逻辑节点，合理的分配这些逻辑节点到专用设备（IED）。其中一些逻辑节点可用一个 IED 或多个 IED 实现。通常几个逻辑节点构建逻辑设备（如间隔单元）。如图 3-1 所示，现实中的断路器通过虚拟化建模与抽象模型 XCBR 相对应<sup>[18]</sup>。

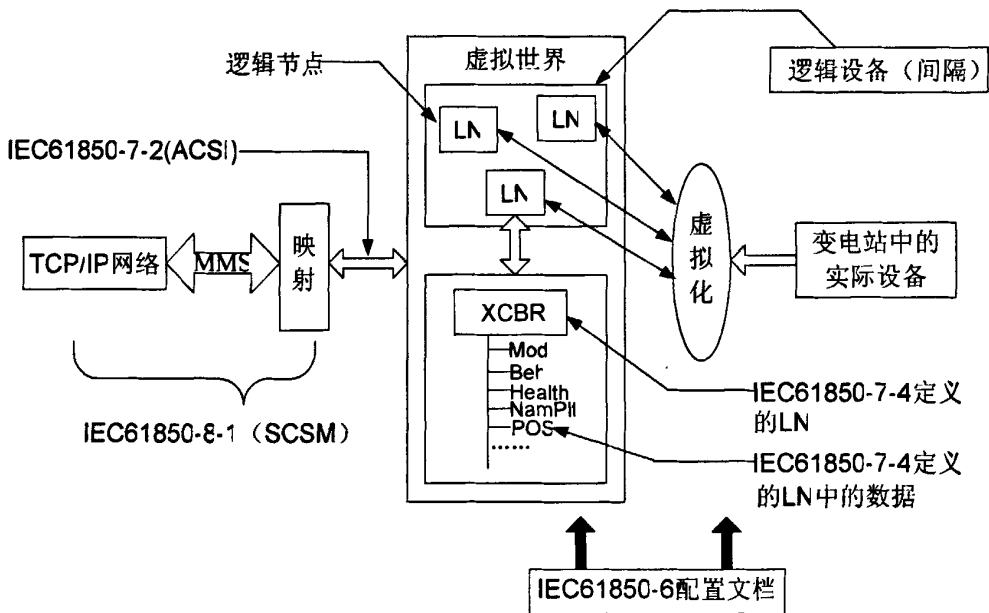


图 3-1 建模方法示意图

图 3-1 右侧的实际设备建模为图中的虚拟模型。定义在逻辑设备（如间

隔)中的逻辑节点对应实际设备的功能。逻辑节点 XCBR 代表右侧间隔的特定断路器。根据逻辑节点需要实现的功能,逻辑节点包含具有专门数据属性的数据表(例如位置)。数据具有结构和定义好的语义(变电站自动化系统环境中的意义)。按照已定义好规则的服务和所要求的性能,交换由数据及其属性所代表的信息。由特定和具体的通信手段(SCSM,如采用 MMS、TCP/IP 和连接的以太网)实现服务。逻辑设备、逻辑节点以及他们包含的数据必须经过配置工具进行配置,配置的目的是使他们能够与实际的信息关联起来,使数据的值拥有实际的含义。逻辑节点以及逻辑节点内部包含的数据是变电站自动化系统中信息描述和交换的关键。

### 3.2 变电站配置描述语言 SCL

IEC61850 标准第六部分为变电站智能电子设备(IED)的配置规定了一种描述语言,即变电站配置描述语言 SCL(Substation Configuration Description Language)。该语言用来进行 IED 和通信系统的配置,包括变电站自动化系统和变电站(一次设备)的关系、一次系统拓扑、变电站(一次设备)与变电站功能(逻辑节点)的关系等。变电站配置描述语言允许将智能电子设备配置的描述传给通信和应用系统工程工具,也可以以某种兼容的方式将整个系统的配置描述传递给智能电子设备的配置工具。实现可共同使用的通信系统配置数据的交换。变电站配置描述语言主要的作用就是使得通信系统配置数据可在不同制造商提供的智能电子设备和系统配置工具之间相互交换<sup>[17]</sup>。

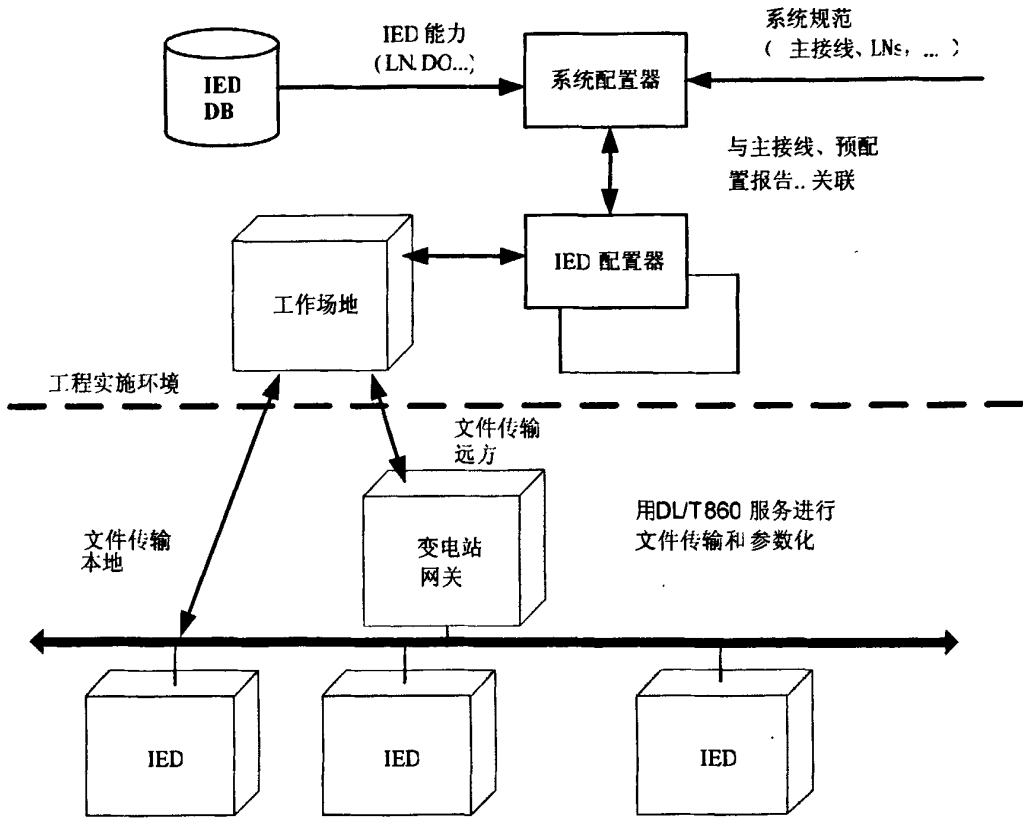


图 3-2 配置过程信息流参考模型

如图 3-2 说明了工程实施过程中 SCL 语言数据交换的用法。虚线以上表示在这些地方使用 SCL 文件。对于 SCL，图中“IED 能力”指能够描述有固定数量逻辑节点但没有与具体过程绑定的预配置智能电子设备和用于一定结构的过程部分，具有预配置语义的预配置智能电子设备。“系统规范”指 SCL 能描述依据电气主接线图以及电气接线各部分及设备的逻辑节点布置并说明其所需要的功能。“与主接线、预配置报告…关联”指 SCL 能够描述全部智能电子设备的完整过程配置。这些智能电子设备已于各个过程功能和一次设备绑定。对所有可能客户，通过访问点连接和子网中可能访问路径增强这个配置。但，增加全部预定义的关联及数据层逻辑节点间客户服务器连接。若智能电子设备不能动态建立关联或报告连接，才需要预先建立关联（在客户端或服务端）。IED 配置器是制造商对产品的专有配置工具，该工具能够导入/导出按标准定义的文件，提供 IED 具体设定参数，生成 IED 具体配置文件。系统配置器是 IED 独立的系统层工具，它能够导入/导出按标准定义的配置文件，能根据系统层工程实施的需要，从数个 IED 导入配置文件，

也可由配置工程师使用，增加不同 IED 共享的系统信息<sup>[17]</sup>。

系统配置器产生由标准规定的变电站相关配置文件。此配置文件可作为系统相关 IED 配置反馈给 IED 配置器。

图 3-2 中虚线以下部分表示 IED 配置器产生的配置数据传送给各个 IED 的方法，其中包括：

本地的文件传输。通过就地连到 IED 的工程实施工作站进行文件传输。

远程的文件传输。例，采用标准中的文件传输方法。文件格式在本标准内未规定，使用 SCL 语言是一种可能的选择。

访问服务。访问符合标准第 7 部分定义的参数和配置数据。这种情况下采用标准第 7 部分规定的标准化方法。

SCL 主要描述了如下模型：

1. 一次系统结构。采用哪些一次设备功能，设备是怎样连接的。
2. 通信系统。描述 IED 和哪些通信访问点（通信端口）处连到子网或网络。
3. 应用层通信。描述数据怎样分组形成发送数据集；IED 设备怎样启动发送，选择何种服务；需要从其他 IED 取得哪些数据。
4. 每一个 IED。描述每一个 IED 配置了哪些逻辑设备；每一个逻辑设备拥有哪些类的哪些逻辑节点，这些逻辑节点属于哪类，何种类型；报告和数据内容、可得到的关联（预配置），哪些数据应登录。
5. 实例化逻辑节点类型定义。按 IEC61850-7 中定义的逻辑节点具有必备、可选、用户定义的 DATA（缩写为 DO）及可选服务。因而，这些逻辑节点未实例化。IEC61850-6 中实例化的 LNTypes 和 DOTypes 规定为模板，含有实际可用的 DO 和服务。
6. 实例化逻辑节点与宿主 IED 的关系及与开关场部分（功能）的关系。SCL 文件用连续的形式、标准化句法描述模型实例，但是它的语义只有通过引用模型本身才能完全理解，与句法无关。图 3-3 含有 UML(Unified modeling Language according to <http://www.omg.org/uml>) 的对象模型。

图 3-3 对象模型有三个基本部分：

**Substation**（变电站）：从功能的角度描述开关场的设备（过程装置）、电气接线连接（拓扑）、设备和功能命名。

**Product**（产品）：与变电站自动化产品相关的对象如 IED、逻辑节点等。

**Communication**（通信）：与通信相关的对象类型，如子网、通信访问点，

描述有关智能电子设备间的连接，作为客户和服务器逻辑节点间的通信路由基础。

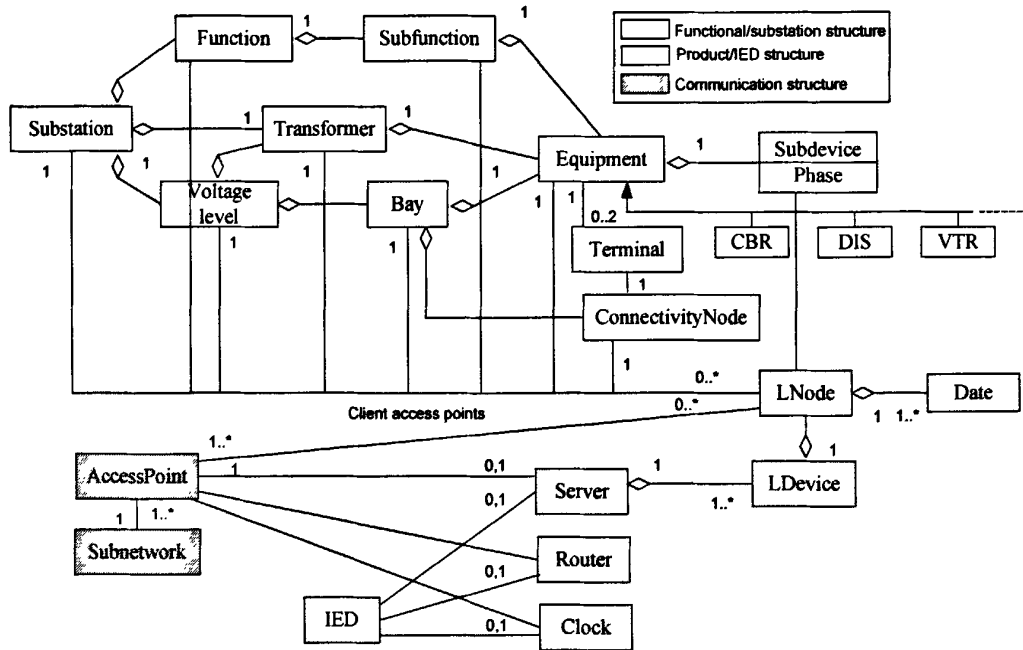


图 3-3 SCL 对象模型

图 3-3 中上面部分变电站模型是基于变电站功能结构的对象分层。

1. **Substation (变电站)**: 标识整个变电站对象。**Voltage Level (电压等级层)**: 可标识的, 电气上连接具有同一电压等级的变电站部分。**Bay (间隔)**: 某一电压等级内开关场的一个可标识部分或子功能。**Equipment (设备)**: 开关场内一个元件, 如, 断路器、隔离开关、电压互感器、变压器绕组等。**Subequipment (子设备)**: 设备的一部分, 可以是三相设备中一相设备。**ConnectivityNode (连接节点)**: 连接不同一次设备的(电气)连接节点对象。**Terminal (端点)**: 电气接线层上, 一次设备的一个电气连接点。**Power transformer (变压器)** 是一种特殊的设备, 其分层可位于 **Substation** 层下, 也可分层位于 **Voltage Level** 层或 **Bay** 层之下。

2. **产品(智能电子设备)模型**: 产品由硬件或软件构成, 实现开关场的功能。就产品而言, SCL 的范畴仅涉及形成变电站自动化系统的硬件设备(智能电子设备), 限于对智能电子设备建模。作为产品的一次设备不包含在 SCL 范畴之中。仅就一次设备的功能, 通过变电站结构建模, 以达功能命名目的。

**IED (智能电子设备)**: 变电站自动化系统装置, 通过逻辑节点执行变电

站自动化功能在变电站自动化系统中,智能化电子装置一般通过通信系统与其他智能电子设备进行访问。**Server (服务器)**:服务器是智能电子设备内一个通信实体。其允许经通信系统和其唯一访问点,对服务器中逻辑设备和逻辑节点的数据进行访问。**LDevice (逻辑设备)**:包含在智能电子设备服务器中的逻辑设备。**LNode (逻辑节点)**:包含在智能电子设备的逻辑设备中,符合 IEC61850-5, IEC61850-7 的逻辑节点实现。**DO (数据)**:包含在逻辑节点中符合 IEC61850-7 的数据。

3. 通信系统模型。和其他模型相比,通信系统模型是非层次结构模型。对智能电子设备在子网或跨子网逻辑上可能的连接,该模型借助访问点建模。子网在此描述层上,仅被视为访问点之间的一个连接点,并非一个物理结构。智能电子设备的逻辑设备或客户通过访问点连接到子网。访问点可以是智能电子设备的一个物理端口或逻辑地址(服务器)。客户逻辑节点利用访问点的地址属性,针对包含在别的智能电子设备中的逻辑设备里各个逻辑节点,建立与这些智能电子设备上服务器关联。**Subnetwork (子网)**:访问点间直接(链路层)通信的一个连接节点。**Access Point (访问点)**:智能电子设备的逻辑设备对子网的一个通信访问点。**Router (路由器)**:通常连接到子网上的客户仅能访问连接到该子网上的服务器。**Clock (时钟)**:子网上主时钟,用于同步连接到该子网上全部(其他)智能电子设备的内部时钟。

IEC 61850-6 在定义 SCL 语法时是按照上述三层来描述的,一个完整的 SCL 文件可分为两个基本部分:首部(header)和内容(content)。其中,首部用来标识 SCL 配置文件和它的版本号;内容主要包括变电站描述部分、IED 描述部分和通信系统描述部分<sup>[17]</sup>。

### (1) 变电站描述

变电站段落用于描述变电站的功能结构,标识一次设备及它们之间的电气连接关系。可以有多个变电站段落,每个变电站段落对应一个具有变电站自动化系统的变电站。IEC61850-6 附录 D 例子中描述变电站段落的部分如下:

```
<Substation name="S12" desc="Baden">
```

```
  <VoltageLevel name="D1"><!--电压等级层-->
```

```
    <PowerTransformer name="T1" type="PTR"><!--变压器-->
```

```
    ...
```

```

</PowerTransformer>
<Voltage multiplier ="k"unit="V"> 220</Voltage>
<Bay name ="Q1"> <!--间隔-->
    <LNode lnInst="1" lnClass="PDIS" LdInst="F1"iedName="D1Q1BP3" />
    <ConductingEquipment name="I1"type="CTR"><!--导电设备-->
        <Terminal connectivityNode="S12/D1/Q1/L1"substationName="S12"
        voltageLevelName="D1"bayName="Q1"cNodeName="L1" /><!--连接节
        点-->
        <SubEquipment name="R"phase="A"><!--子设备-->
            <LNode lnClass="TCTR" iedName="D1Q1BP2" LdInst="F1"
            lnInst="1"/>
        </SubEquipment>
        ...
    </ConductingEquipment>
</Bay>
</VoltageLevel>
...
</Substation>

```

该段落描述了一个变电站有一个间隔 D1Q1，该间隔含有变压器 D1T1 和 CT。

## (2) IED 描述

IED 段落叙述 IED 的（预）配置：其中的访问点、逻辑设备、实例化的逻辑节点等。进而按所提供的通信服务同 LNType、实例化数据（DO）、缺省和配置的值等一起定义智能电子设备的能力。一个 IED 段落的例子如下所示：

```

<IED name="E1Q1SB1" >
    <Services>
        <DynAssociation/><!--动态建立关联的全部服务-->
        <GetDirectory/><!--读服务器内容的服务-->

```

```
<GetDataObjectDefinition/><!--提取被引用数据的全部 DA 定义的完整列表的服务-->
<GetDataSetValue/><!--提取由数据集成员引用数据的全部值的服务-->
<DataSetDirectory/><!--提取由数据集引用的所有成员的 FCD/FCDA 的服务-->
<ReadWrite/><!--基本读写数据服务-->
<FileHandling/><!--所有文件处理服务-->
<ConfDataSet max = "4"maxAttributes="50"/><!--数据集最大数量及数据集中所
          允许的属性最大数量-->
<ConfReportControl max = "12"/><!--报告控制块静态创建能力-->
<ReportSettings bufTime = "Dyn"cbName="Conf"rptID="Dyn" dataSet = "Conf"
intgPd="Dyn"optFields="Conf"/><!--报告控制块属性-->
<ConfLogControl max = "1"/><!--登录控制块静态创建的能力-->
<ConfLNs fixLnInst = "true"/><!--描述在 ICD 文件中规定的逻辑节点配置内容
-->
<GetCBValues/><!--读控制块的值-->
<GOOSE max = "2"/><!--IED 符合 IEC61850-7-2 的 GOOSE 服务器或客户-->
<GSESettings appID = "Conf"cbName= "Conf"datSet="Conf"/><!--GSE 控制块属
性-->
</Services>
<AccessPoint name = "S1"><!--访问点-->
  <Service>
    <Authentication/><!--认证-->
    <LDevice inst= "C1"><!--逻辑设备-->
      <LN0 InType = "LN0" lnClass = "LLN0"inst="">
        <DataSet name = "Positions">
          </DataSet>
          ...
        <ReportControl name = "PosReport"rptID= "E1Q1Switches"datSet =
```



```

"Positions"confRev="0"><!--报告控制块-->
    <TrgOps dchg="true" qchg="true"/><!--报告控制块元素-->
    <OptFields/><!--报告控制块元素-->
    <RptEnabled max="5"><!--报告控制块元素-->
        <ClientLN iedName="A1KA1" LdInst="LD1" LnInst="1" LnClass=
"IHMI"
        /><!--客户逻辑节点-->
        </RptEnabled>
    </ReportControl>
    ...
    </LN0>
    <LN LnType="LPHDa"lnClass="LPHD"inst="1"><!--LN 实例化类型定义
        <DOI name="Proxy" ><!--数据-->
            <DAI name="stVal" ><!--数据属性-->
                <Val >>false</Val >
            </DAI>
        </DOI>
    </LN>
    <LN inst="1"lnClass="CSWI"LnType="CSWIa"/>
    ...
    </LDevice>
</Service>
</AccessPoint>
</IED>

```

段落中的 IED “E1Q1SB1” 的网络访问点为 “S1”，它有一个服务器和一个逻辑设备，该逻辑设备包含 LN0、LPHDa(逻辑节点物理设备 a) 和 CSWIa 等逻辑节点。

### (3) 通信系统描述

叙述借助于逻辑总线（子网）和智能电子设备访问点在逻辑节点间建立直接通信连接的可能性。通信段落描述哪个智能电子设备访问点连到公共子

网上。一个通信段落的例子如下所示：

```
<Communication>
  <SubNetwork name="W01" type="8-MMS"> <!--子网-->
    <Text>Station bus</Text>
    <BitRate unit="b/s">10</BitRate><!--比特率-->
    <ConnectedAP iedName="D1Q1SB4" apName="S1"><!--连接这个子网的
      IED 访问点-->
      <Address> <!--地址-->
        <P type="IP" xsi:type="tP_IP">10.0.0.11</P>
        <P type="IP-SUBNET"
          xsi:type="tP_IP-SUBNET">255.255.255.0</P>
        <P type="IP-GATEWAY" xsi:type="tP_IP-GATEWAY"
          >10.0.0.101</P>
        <P type="OSI-TSEL" xsi:type="tP_OSI-TSEL " >00000001</P>
        <P type="OSI-PSEL" xsi:type="tP_OSI-TSEL ">01</P>
        <P type="OSI-SSEL" xsi:type="tP_OSI-TSEL ">01</P>
      </Address>
    </ConnectedAP>
    ...
  </SubNetwork>
</Communication>
```

该段落 SCL 表示了包含一个子网“W01”的通信网络，IED 名字“D1Q1SB4”通过它的访问点“S1”与该子网相连，其中的物理连接和地址类型仅作为一个例子。

### 3.3 IED 的建模思想

#### 3.3.1 应用功能的分解和信息模型的合成

IEC61850 标准处理功能的方法是将应用功能分解为最小的实体即逻辑

节点, LN 被用于通信。根据逻辑节点的功能, 这些逻辑节点包含带专有数据属性的数据。根据 IEC61850-5 提出的性能要求, 这些数据和数据属性所代表的信息通过专用服务进行交换。功能的最小实体 LN 组合起来, 形成 IED 数据模型。

大多数公共逻辑节点的分解过程和用逻辑节点构成设备的组合过程如图 3-4 所示。以断路器模型 XCBR 为例解释分解过程。断路器的许多属性中, 断路器有可被控制和监视的位置属性和闭锁的能力。位置包含一些信息, 代表位置的状态, 具有状态值 (合、分、中间、坏状态), 值的品质, 位置最近改变的时标。另外位置提供控制操作的能力: 控制值 (合、分)。保持谁控制操作的纪录, 控制命令的始发者条目中保存最近发出控制命令实体的信息。控制序号为最近控制命令顺序号。

在位置 (状态、控制等) 下组成的信息代表一个可多次重复使用的非常通用的四个状态值公共组, 类似的还有“跳闸闭锁”的两状态值的组信息。这些组称为公用数据类 (CDC): 四状态可重复使用的类定义为可控双点 (DPC); 两状态可重复使用的类定义为可控单点 (SPC)。例如, 数据类 Pos 继承了公共数据类 DPC 的所有数据属性即 `ctlVal`、`origin`、`ctlNum` 等<sup>[18]</sup>。

一个 LN 聚合多个数据类构成特定的功能。如逻辑节点 XCBR 代表一个实际断路器的通用信息, 可被用来描述不同构造和类型的断路器。

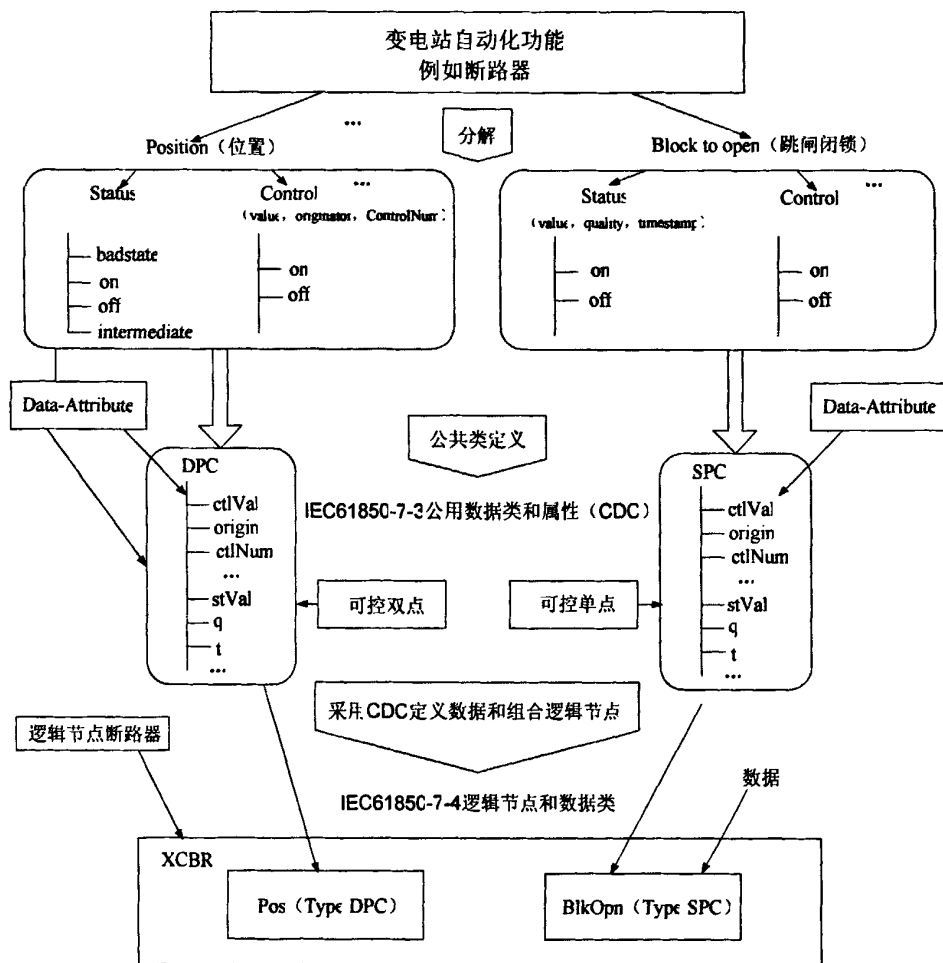


图 3-4 逻辑节点分解与组合示意图

### 3.3.2 类模型的建立

IEC61850-7 中采用了面向对象的建模技术以描述服务模型。在这个建模技术中描述了类、类的特征以及类的服务(方法)。图 3-5 从 UML 导出的记法描绘了 IEC61850-7 标准的类模型。采用的主要元素是“组合”(黑宝石箭头)表示例如服务器类由 (1~n) 个逻辑设备类组成。逻辑设备类由许多逻辑节点类组成 (\*)。这些逻辑节点是左手侧 LOGICAL-NODE 类的特例(用空心箭头表示), 例如 IEC61850-7-4 部分定义的 PDIS 或 XCBR。这些逻辑节点类由许多的 DATA 类组成。数据类是 DATA 类的特例, 例如 MDD 为特定的 SPS 类; 或者 POS 为特定的 DPC 类。最后, 公用数据类例如 DPC 由 1~n 数据属性所组成。图 3-5 的右手侧描绘了实例的例子。例如 myXCBR1 表

示 myXCBR1 是从类 XCBR 导出的实例。图 3-5 所列举的实例显示了实例名：服务器被命名为服务器类“abc”等，状态值“stVal”的名为“xyz/myXCBR1. pos1. stVal”。每一类用一系列属性所表征，它们用来描述这个类的全部实例的外部可视特征<sup>[18]</sup>。

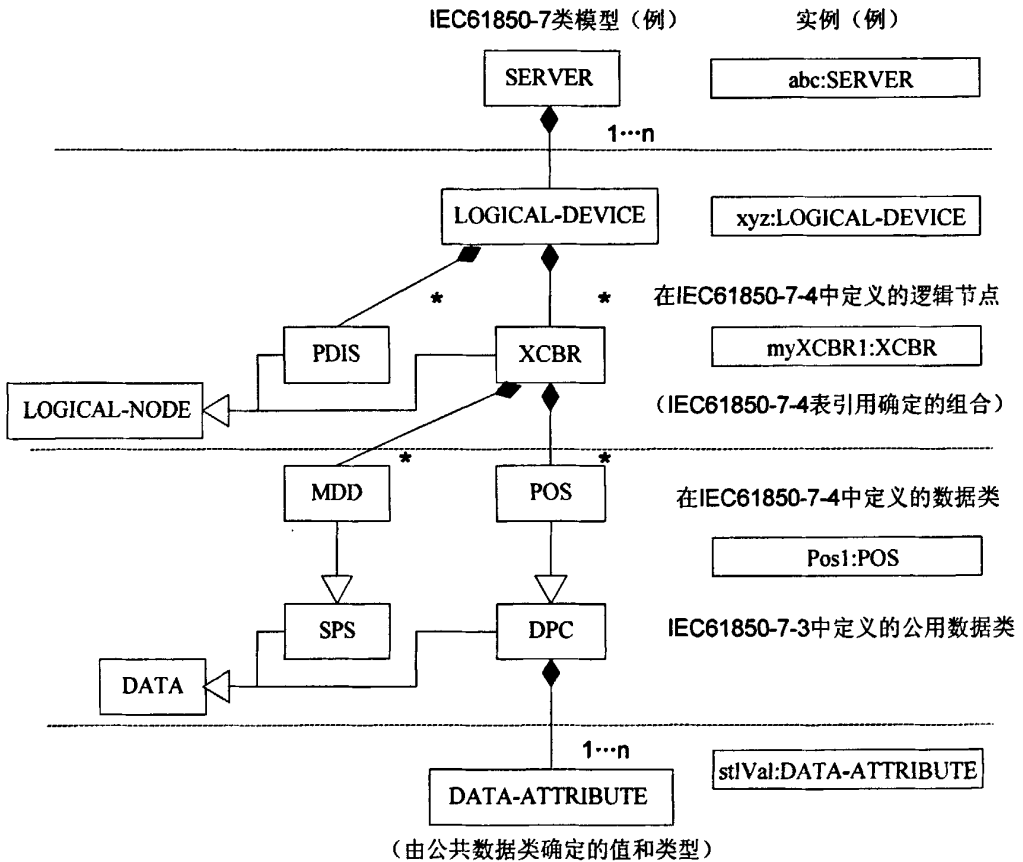


图 3-5 IEC61850-7-4 抽象数据模型例子

### 3.4 装置数据建模步骤

#### 3.4.1 逻辑节点和数据建模

IEC61850-7-4 定义了约 90 种逻辑节点。例如断路器 (XC BR) 和距离保护 (PDIS)。每个逻辑节点由代表应用特定意义的若干数据所组成如图 3-6 所示, 断路器的数据“Pos (位置)”用以控制位置和报告位置状态; “Mode (模式)”表示断路器逻辑节点的当前运行方式 (on, off 等) [18]。

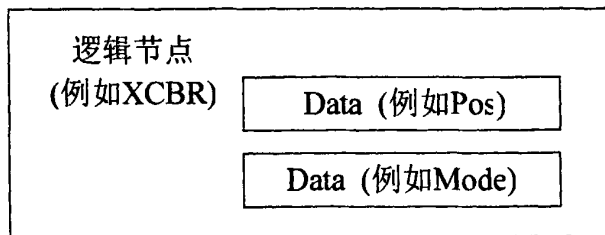


图 3-6 逻辑节点和数据 (IEC61850-7-2)

逻辑节点之间的相互作用在这里指每个逻辑节点的服务和包含数据之间的相互作用。数据是大多数信息交换的主要元素, 数据交换通过网络实现。装置之间的相互作用也是通过逻辑节点的数据和服务实现的。

逻辑节点的名称和数据的名称定义了变电站设备的标准语义。通信过程中, 采用这些标准化的缩写名词, 与所使用的通信框架无关。信息模型由若干个逻辑节点、数据和数据属性组成。图 3-7 所示为逻辑节点的基本组成部

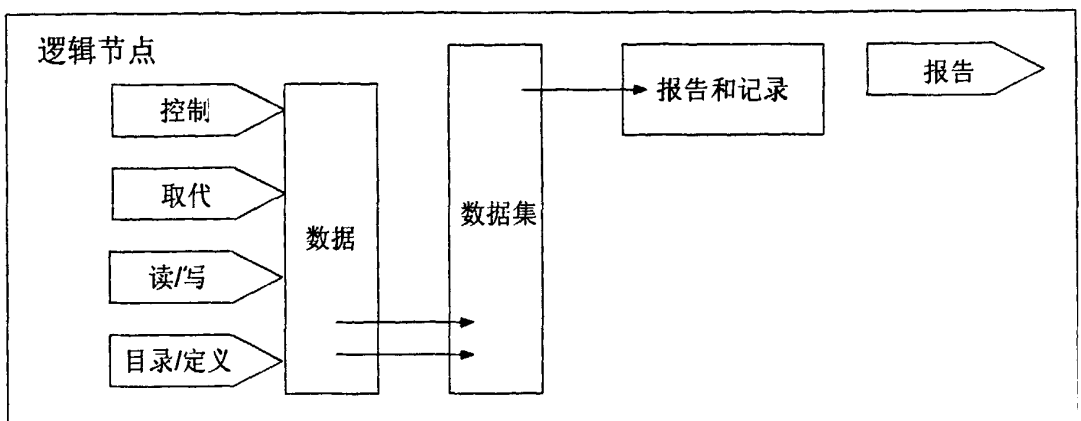


图 3-7 逻辑节点的基本组成部件

件。控制服务表示用以控制设备内某些事情 (something) 的能力。“something”

建模为数据<sup>[18]</sup>。

逻辑节点和包含在逻辑节点内的数据是描述实际系统和功能的基础。大多数逻辑节点的功能象是一个装载数据的容器，LN 本身可以放在 IED 的任何地方。具有特定意义的的数据通过服务和外部环境进行相互作用。从抽象观点看，逻辑节点的接口如图 3-8 所示。服务可以被理解为携带由 PICOM (Pieces of Communication 通信信息片) 定义的信息<sup>[18]</sup>。

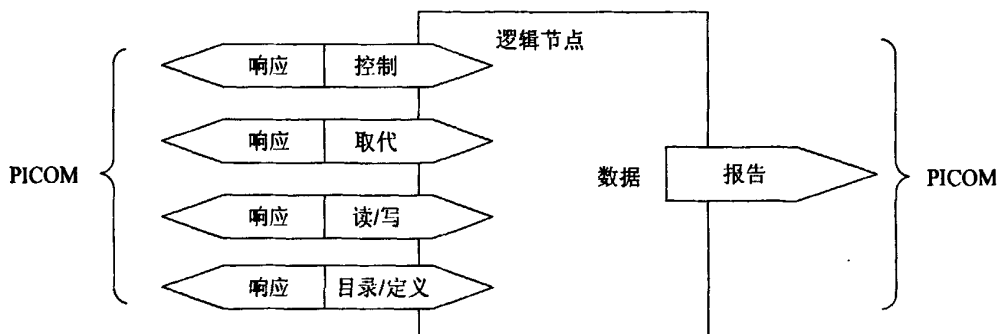


图 3-8 逻辑节点和 PICOM

### 3.4.2 逻辑设备模型建模

为了（在逻辑节点之外）通信目的，需要建立一个逻辑设备的模型。逻辑设备主要由逻辑节点和附加服务组成（例如 GOOSE、采样值交换、定值组），如图 3-9 所示。逻辑设备中逻辑节点组是基于这些逻辑节点的公共特征的。

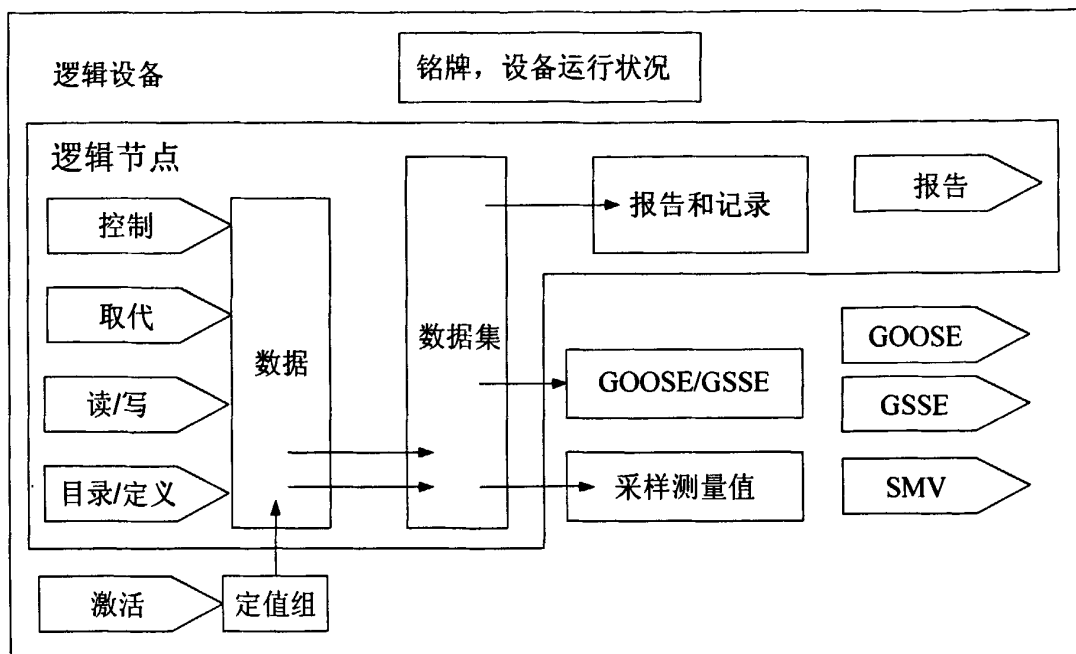


图 3-9 逻辑设备基本组成部件

任何一个逻辑设备必须位于某一物理设备上。逻辑设备提供了它所在的物理设备的（铭牌、设备健康状况）信息或者逻辑设备控制的外部设备（外部设备铭牌、设备的健康状况）信息。对于网络来说，可通过逻辑设备的方式构建网关使有关物理设备的各个方面被定义成可视的<sup>[18]</sup>。



## 第 4 章 IED 配置器的设计与实现

变电站自动化系统 SAS 的功能通过 SCL 文件进行描述, SCL 语言可以完整的描述一个变电站自动化系统的全部配置信息。SCL 语言可以实现智能电子设备 IED 的基本功能和访问的基本信息的描述,而且可以实现 IED 基本功能的配置和运行参数的设置。IED 配置器正是基于 SCL 语言实现对 IED 配置的专用工具,这个配置器应能按标准规定输入、输出相关数据,产生 IED 特定的配置文件,从而实现 IED 的配置。从 IEC61850 的应用角度来看开发一款符合标准的且能够自动生成 ICD 文档的 IED 配置器具有重要的工程实践价值。

### 4.1 四种不同的 SCL 配置文档

SCL 模式构造文件包含 5 个子元素: Header、Substation、Communication、IED、DataTypeTemplates。每个子元素下配置相应的该部分的模型信息。

(1) Header 部分(必不可少): 包含 SCL 文件的版本信息和修订信息、文件书写工具标识以及名称映射信息,用来描述文件自身的信息。

(2) Substation 部分(可选): 即变电站模型,包含变电站的功能结构、其主要元件和电气连接以及相应的功能节点,主要用在 SSD 文件和 SCD 文件中,在 ICD 文件和 CID 文件中是可选的。

(3) Communication 部分(可选): 即通信模型,定义了子网中 IED 接人点的相关通信信息,包括设备的网络地址和各层物理地址。

(4) IED 部分(必有): 即 IED 模型,描述了 IED 的配置情况及其所包含的逻辑装置、逻辑节点、数据对象和所具备的通信服务能力,涵盖了功能和通信方面的内容。

(5) DataTypeTemplates 部分(必有): 即可实例化的逻辑节点类定义模型,详细定义了在文件中出现的逻辑节点类型以及该逻辑节点所包含的数据对象和数据属性。

SCL 文件用于在可能来自不同制造商的不同工具间交换配置数据。对 SCL 数据交换,至少有四种目的。对于工具间的数据交换,文件通过文件后缀名加以区别。文件的内容要符合 SCL 语言规则。如图 4-1 所示为 SCL 文

件的配置流程图。

(1) ICD (IED Capability Description): 该文件描述 IED 的能力, 该文件要确切的包含有 IED 段落。通常在 IED 设备出厂时预配置, 其结构包含 3 个部分: Header 文件部分、IED 描述部分、DataTypetemplates 部分<sup>[9]</sup>。该文件应包含有所需数据类型模板, 包括逻辑节点类型规定, 还可能有可选变电站段落。通过描述带有固定数目逻辑节点的预配置的 IED 来描述 IED 功能, 该 IED 不与任何特定过程绑定, 仅与非常一般的过程功能相关。也就是说, 这种文件着重于对未绑定到具体应用过程中的一类 IED 产品的结构和能力的描述。文件中, 可能有一段可选通信章节内容, 规定 IED 缺省地址。

(2) SSD (System Specification Description): 该文件用以系统规范工具到系统配置工具的数据交换。该文件描述变电站电气主接线和所要求的逻辑节点。其内容有变电站描述段落、所需数据类型模板和逻辑节点类型规定。如果变电站自动化系统部分已知, 在 IED 和通信段落中可选择性的包含这部分。

(3) SCD (Substation Configuration Description): 变电站配置描述, 用以系统配置工具到 IED 配置工具的数据交换。该文件包含全部 IED、通信配置和变电站描述等内容。

(4) CID (Configured IED Description): 已配置智能电子设备描述, 用以 IED 配置工具到 IED 的数据交换。该文件描述项目中一个实例化 IED。通信段落中含有该 IED 的当前地址。文件包含与 IED 相关的变电站段落且应根据项目特定的名称所赋予的名称值。

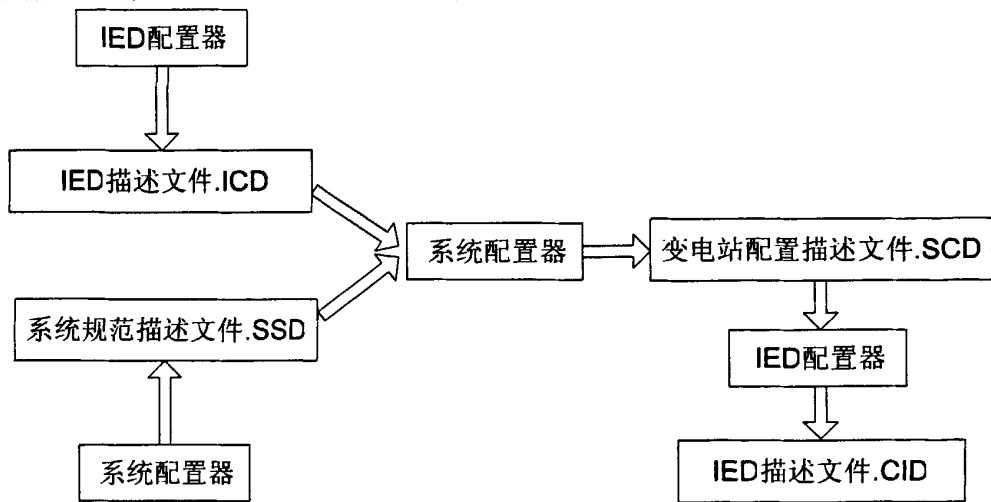


图 4-1 IED 配置过程

## 4.2 IED 配置器功能设计

根据 IED 配置的各种过程需要, IED 配置器配置主要功能设计如下:

(1) ICD 文档生成功能。新建一个符合标准的 ICD 文档或者编辑一个 ICD 文档。新建文档时如果没有相关的信息模板可以通过配置器新建符合标准的模板。对文档进行编辑时, 导入一个 ICD 文档, 应先验证文档有效性即是否符合 SCL 语法, 再对相关信息进行修改。

(2) IED 配置器可以根据装置类型信息文件预生成某类型 IED 初始(预/缺省)配置信息, 根据信息模型将输入的信息分层分解成相应的信息对象。在配置时, IED 配置器可以对各个对象分别进行编辑, 并检查必要的约束条件。例如: 不能配置装置并不具备的功能; 也有逻辑节点类(LN)和公共数据类(CDC)方面的, 例如: 不能删除逻辑节点中强制性的数据对象(DO); 还有变电站运行方面的, 例如: 逻辑节点中某些数据对象的数据值不能超越变电站的安全运行阈值。

(3) 提供比较友好的可视化界面, 有利于工程人员对配置文档的新建、浏览、编辑, 能对具体元素数值与属性进行修改, 能完成对 IED 的预配置描述。

本文设计的 IED 配置器完成了 IED 配置器生成 ICD 文档的功能, 根据 SCD 文档生成 CID 文档的功能未加以集成实现。如图 4-2 所示为 IED 配置器的工作流程图。

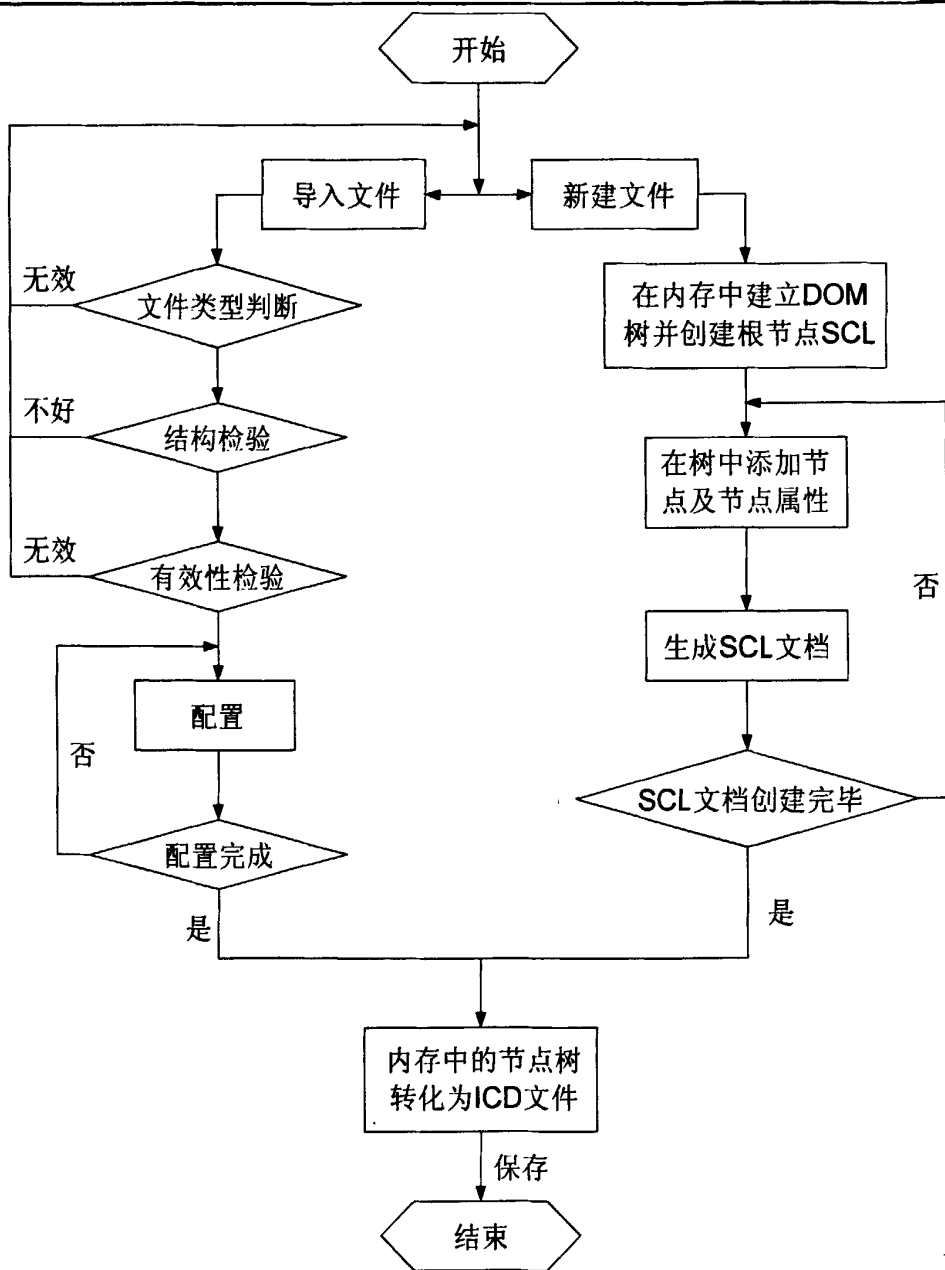


图 4-2 配置器工作流程图

## 4.3 IED 配置器的程序设计

### 4.3.1 XML 相关技术

XML (Extensible Markup Language, 可扩展的标记语言) 是万维网联盟

(W3C) 创建的一组规范, 用于在 Web 上组织和发布各种信息。它不仅可以满足迅速增长的网络应用的需求, 还能够确保网络进行交互操作时具有良好的可靠性与互操作性。变电站配置描述语言 SCL 是基于 XML 1.0, 利用 XML 的自描述特性, 主要用于智能电子装置能力描述和变电站系统与网络通信拓扑结构描述。访问 XML 文档中的内容, 由于 XML 文档实际上就是一个文本文件, 我们需要一个能够识别 XML 文档中信息的文本文件阅读器——XML 语法分析器。

本文设计的 IED 配置器是在 VC++ 6.0 的环境下开发的, 利用 Microsoft 公司的 MSXML 4.0 解析器, 采用基于文档对象模型的 DOM 技术实现 XML 文档的解析的。下面介绍两种读取和操作 XML 文件的方式。

DOM (Document Object Model, 文档对象模型) 的目的就是对 XML 文档内容和结构提供程序访问, 包括从文档中读取数据, 以及通过添加新元素等来修改数据和改变结构。DOM 是 MSXML Parser 的一部分。描述 XML 文档的一个方法是使用树状模型。文档中所有东西 (包括元素、属性、处理指令、注释等) 都是节点。解析器读入整个文档, 然后构建一个驻留内存的树结构, 然后就可以使用 DOM 接口来操作这个树结构。可以遍历树以了解原始文档包含了什么, 也可以删除树的几个部分, 还可以重新排列树和添加新的分支等等。

SAX (Simple API for XML, XML 简单 API) 是一个应用编程接口, 提供操纵 XML 文档内容的工具。SAX 采用的方法不同于 DOM 的方法, SAX 从开始到结束都在读取 XML 文档, 并基于文档内容生成事件。文档从未保存在内存中, 不论是原始文本还是节点树。SAX 对 CPU 和内存资源的需求没有 DOM 那么高, 并且处理速度还要快一些。然而因为整个文档从未作为整体使用, 所以对内容的随机访问是不可能的。SAX 可以修改文档数据但却不能修改文档结构。

综上, 对本文中的 IED 配置器的实现采用 DOM 技术。一个 DOM 接口的 XML 分析器, 在对 XML 文档进行分析之后, 不管这个文档有多简单还是有多复杂, 文档中的信息都会被转化成一棵对象节点树, 在这棵文档对象树中, 文档中所有的内容都是用节点来表示的。一个节点又可以包含其他节点, 节点本身还可能包含一些信息, 例如节点的名字、节点值、节点类型等。DOM 节点树生成之后, 就可以通过 DOM 接口访问、修改、添加、删除、创建树中的节点和内容。

在 VC++6.0 中使用 MSXMLDOM 处理 XML 文档，需要导入 MSXML。首先，需要导入 MSXML 头文件和库到 VC6.0 工程中。有两种导入方式：

(1) 自动方式，引入 MSXML 动态链接库。

```
#import "msxml4.dll"
```

(2) 手动方式。找到 MSXML4.0SDK 的安装目录，去发现两个子目录 inc 和 lib，在 VC 选项中，将 MSXML4.0 下 inc 和 lib 子目录添加到默认的头文件和库文件搜索路径中，在使用 MSXML 的源文件中包含头文件 <msxml2.h>，在工程设置中将 msxml2.lib 添加到要链接的库中。

本文采用第一种方法。初始化完成之后就可以利用 MSXML 提供的 DOM 接口函数进行相应的操作了，如表 4-1 所示，列出了部分本文设计 IED 配置器的 DOM 接口函数。

表 4-1 部分 DOM 接口函数

函数名称	用途
createElement	创建元素节点
appendChild	添加子节点到父节点中
getAttribute	得到元素节点属性值
setAttribute	设置元素节点属性值
getNodeValue	得到节点属性值
removeNamedItem	删除节点属性
removeChild	删除当前子节点
getNodeName	根据节点得到节点名称
getNodevalue	根据节点得到节点值
loadXML	加载 XML 文档
save	保存 XML 文档

#### 4.3.2 IED 配置器程序模块

IED 配置器主要由四个模块组成，分别是 SCL 校验模块、SCL 解析模块、配置模块、配置文件处理模块和界面管理模块：

(1) SCL 校验模块：在该模块中进行 SCL 文件的合法性校验，主要实现功能为：SCL 结构校验，验证 SCL 是否严格遵循 XML 的层次结构；SCL 有效性校验，验证 SCL 文件所包含的元素，元素的属性，属性的数据类型等

是否严格符合 SCLschema 文件的定义；检验数据对象的约束条件，所有配置信息不能违反 IEC61850-7 部分规定的约束条件；配置信息的合理性检验，配置信息不能违反变电站系统的实际运行情况。

(2) XML 解析模块：在该模块内部封装了 DOM 分析器，完成对内存中的 DOM 节点树的读取，遍历，修改，添加以及删除等操作。最终目标是在内存中生成一棵符合配置要求的节点树。

(3) 配置模块：根据出厂的相关信息和 IED 实现的功能对 IED 实行预配置，生成智能电子设备能力描述文档 ICD 文档。

(4) 界面管理模块：提供友好的人机交互界面，根据建模的信息，无需任何编程即可完成 IED 的配置。

### 4.3.3 SCL 的解析和校验模块

微软提供了一个 XML 语法解析器，即 MSXML.DLL 的动态链接库，实际上它是一个 COM (Component Object Model) 对象库，里面封装了进行 XML 解析时所需要的所有对象。COM 是一种以二进制格式出现的和语言无关的可重用对象，你可以用任何语言(比如 VB, VC, DELPHI, C++Builder 甚至是脚本语言等等)对它进行调用。本论文设计选用的是 MSXML 4.0 解析器。

MSXML4.DLL 所包括的主要 COM 接口有：

#### (1) IXMLDOMDocument(Document 接口)

DOMDocument 对象是 XML DOM 的基础，你可以利用它所暴露的属性和方法来浏览、查询和修改 XML 文档的内容和结构。DOMDocument 表示了树的顶层节点，它实现了 DOM 文档的所有的基本方法，并且提供了额外的成员函数来支持 XSL 和 XSLT。它创建了一个文档对象，所有其他的对象都可以从这个文档对象中得到和创建。

#### (2) IXMLDOMNode(Node 接口)

IXMLDOMNode 是文档对象模型(DOM)中的基本对象，元素、属性、注释、过程指令和其他的文档组件都可以认为是 IXMLDOMNode。事实上，DOMDocument 对象本身也是一个 IXMLDOMNode 对象。

#### (3) IXMLDOMNodeList

IXMLDOMNodeList 实际上是一个节点(Node)对象的集合，节点的增加、删除和变化都可以在集合中立刻反映出来，可以通过“for. 循环”结构来遍历所有的节点。

#### (4) IXMLDOMParseError

IXMLDOMParseError 接口用来返回在解析过程中所出现的详细的信息,包括错误号、行号、字符位置和文本描述<sup>[54-60]</sup>。

IED 配置器无论是导入文件还是新建文件首先均是对 MSXML 解析器的 DOM 接口进行初始化工作,初始化完成后再根据不同的功能选择调用相应的功能模块,实现特定的功能。XML 解析器作用于配置工具的各个部分,新的 SCL 文档的建立,现有 SCL 文档的打开以及对节点内容的修改,最后都要通过 XML 解析器来完成。

SCL采用XMLschema作为信息交换格式,所以SCL语法是基于XML语法的。在MSXML解析器使用过程中,可以通过load或者是loadXML方法可以从一个指定的URL来装载一个XML文档。Load (LoadXML)方法带有两个参数:第一个参数xmlSource表示需要被解析的文档,第二个参数isSuccessful表示文档装载是否成功。XML标准允许解析器验证或者不验证文档,允许不验证文档的解析过程跳过对外部资源的提取。SCL文件的读取和语法验证的程序流程图如图4-3所示。

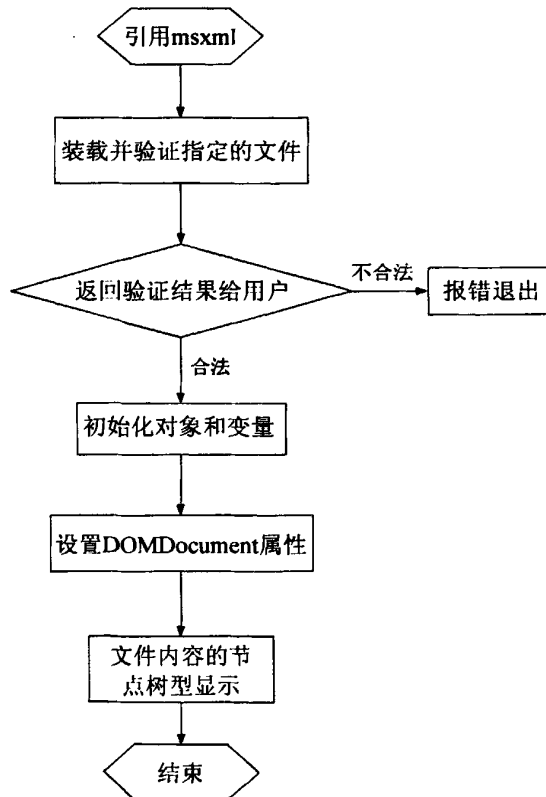


图 4-3 SCL 文件读取与验证流程图



通过 SCL 语法验证, 如果验证成功, 会弹出对话框显示验证成功如图 4-4 所示。

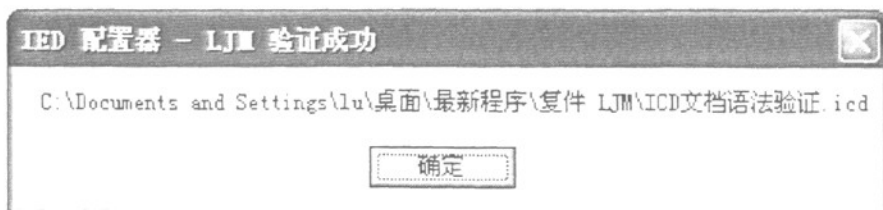


图 4-4 语法验证成功图

如果文件不合法, 则会弹出对话框提示语法验证失败, 如图 4-5 所示, 并提示错误原因。

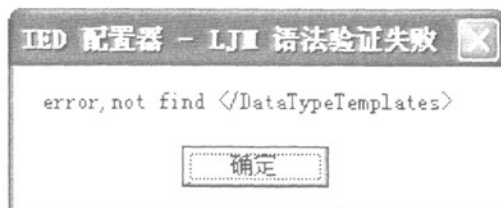


图 4-5 语法验证失败图

#### 4.3.4 界面管理和配置模块

本文设计的 IED 配置器提供了友好的编辑配置界面, SCL 文档的树型结构及其定义的各元素的属性可直观的呈现给用户, 用户可通过相关的表格的填写与选择来完成对智能电子设备的文件配置。并且可以在树型控件中完成对 SCL 文档中元素的添加、修改、删除等操作, 可以查看各元素节点的属性并可做出相应的修改。如图 4-6 所示, IED 配置器分成两大部分, 左边是树型控件部分, 用于显示 SCL 文档的分层体系结构, 右边是属性配置界面, 通过表格控件显示相应节点的属性。在配置器的界面上还有一系列功能按钮, 用于实现特定配置的功能如 AddNode 为添加逻辑节点功能按钮, AddAttr 是为逻辑节点添加属性的功能按钮, DelNode 为删除逻辑节点按钮。

界面设计分别放入三个 Text, 用于输入数据, 与显示文档内容用, 并添加关联的成员变量 m\_strId, m\_strAuthor, m\_strTitle。用 Load 方法来装载 SCL 文档, 本文采用 createNode 和 appendChild 方法来创建节点和追加节点, 用 IXMLDOMElement 的 setAttribute 和 getAttribute 方法来设置和获得节点的属

性。

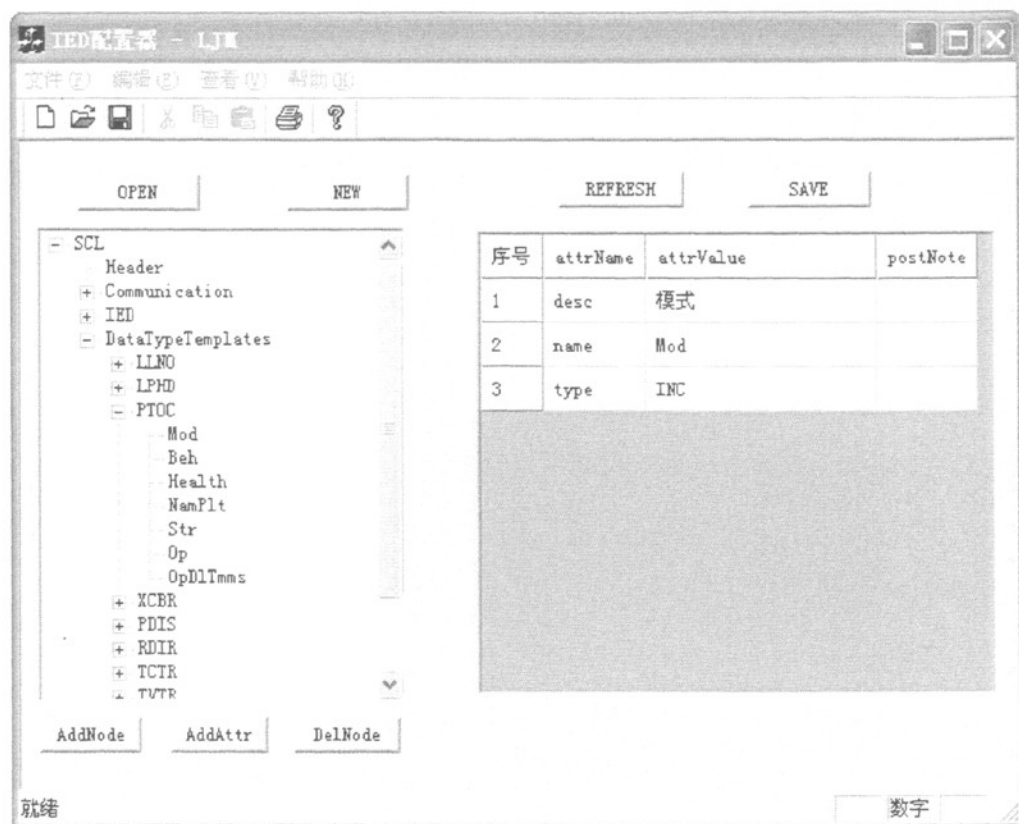


图 4-6 IED 配置器主界面

IED 配置模块可实现创建 DOMDocument 对象、根节点的读取、节点的创建和删除、属性的设置、文件的加载与保存等功能。

## 第 5 章 IED 配置器的工作实例

### 5.1 牵引变电所概述

前面的章节已叙述了实际设备的建模步骤，并根据 IEC61850 标准设计了 IED 配置器。本章以牵引变电所的实际项目的部分接线图为例，利用该款 IED 配置器对实际的 IED 进行描述，最终生成 ICD 配置文档。

如图 5-1 所示为某牵引变电所部分主接线图，D1 为电网 110kV 侧，E1 为牵引侧 27.5kV。图中包含 9 个间隔，分别对应 D1T1、D1T2、E1Q3、E1Q4、E1Q5、E1Q6、E1Q7、E1Q8、E1Q9。其中涉及到的 IED 设备有主变主保护装置 (ZBZ)、主变后备保护装置 (ZBH)、主变测控装置 (ZBC)、馈线保护装置 (KX)、动力变保护装置 (DLB)、并补保护装置 (BB)。

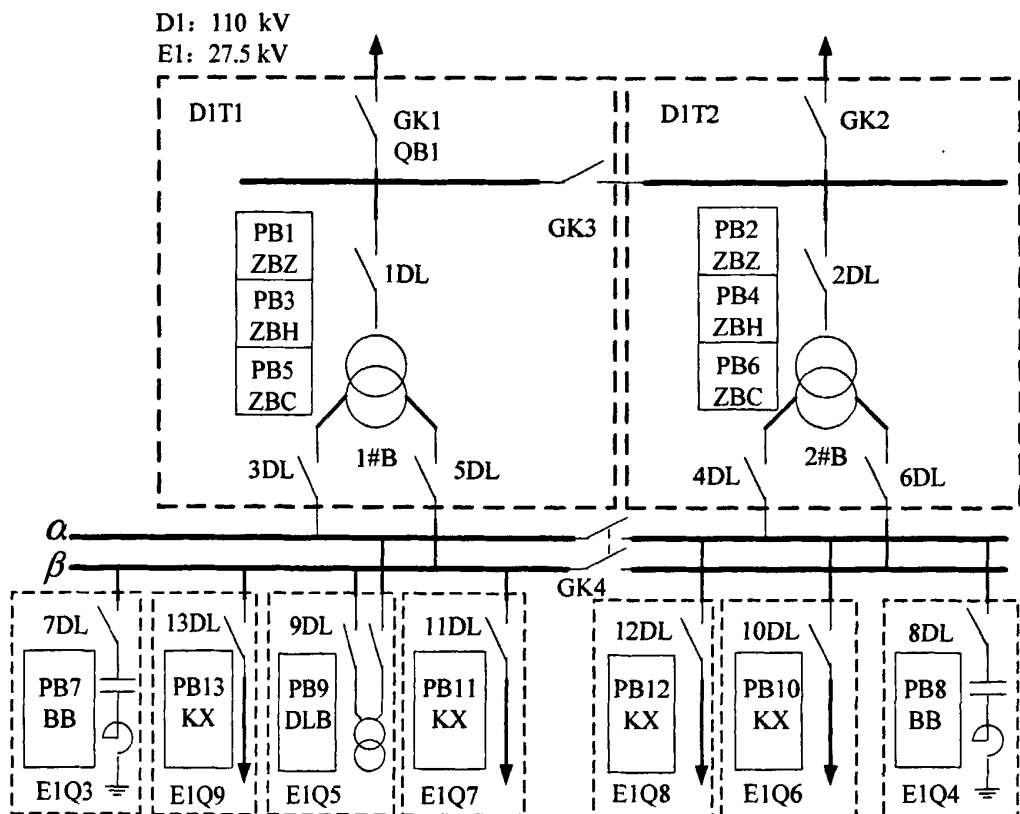


图 5-1 牵引变电所主接线图

下面以 27.5kV 侧的并补保护装置为例，根据装置功能进行建模。

## 5.2 实际设备的建模

牵引变电所把电力系统供应的电能转变为适合电力机车牵引要求的电能，主要担负牵引用电的变换工作，与电网中的变电站有相似之处。近年来我国电气化铁路牵引变电所二次设备的技术水平有了很大进步，智能电子设备 (IED) 得到了越来越广泛的使用，牵引变电所自动化进而得以实现。下面以成都交大许继电气有限公司生产，应用于牵引变电所的智能电子设备 (IED) WBB-892 并补保护测控装置为例说明 IEC61850 的具体建模过程。

WBB-892 并补保护测控装置（以下简称装置）是由高性能微处理机实现的并补保护、测量与控制装置。适用于单相交流电气化铁道牵引供电系统，既可作为常规固定投入并联电容补偿设备的保护、测控装置，也可作为多分支并联电容补偿设备的保护、测控装置。同时具有负荷录波、故障录波、网络通信等自动化功能。

按照 IEC61850 标准要求对装置进行建模，可以把一个真实设备按照功能分解为逻辑节点，再根据需把逻辑节点组合成逻辑设备，也可以简单的把一台 IED 设备就看成一个逻辑设备。一个实际的设备可以由多个逻辑设备 (LD) 组成，每个逻辑设备 (LD) 包含多个逻辑节点 (LN)，每个逻辑节点 (LN) 中定义了与其功能相关的数据 (Data)，逻辑设备、逻辑节点及所包含的数据需要按照实际情况进行配置。

### 5.2.1 装置功能及逻辑节点

根据 IEC61850 标准按实际设备功能建立逻辑节点，可以方便的将实际设备抽象成符合 IEC61850 标准的逻辑设备和逻辑节点，逻辑节点的集合加上附加服务构成逻辑设备 (LD)。根据 IEC61850 建模方法把 WBB-892 并补保护测控装置按其功能分解成相关逻辑节点。这里将并补保护测控装置定义为 IEC61850 中的一个逻辑设备 (LD)。WBB-892 并补保护测控装置提供如下功能：

(1) 保护功能：电流速断保护；过电流保护；谐波过电流保护；差电流保护；差电压保护；过电压保护；低电压保护；谐波阻抗保护；非电量保护。根据保护功能分解成如表 5-1 所示逻辑节点组。

表 5-1 保护功能逻辑节点

保护及相关逻辑节点	
属性名	属性类型/说明
PTOC1	电流速断 (PTOC)
PTOC2	过电流 (PTOC)
PTOC3	谐波过流 (PTOC)
PTOC4	支路 1 差流 (PTOC)
PTOC5	支路 2 差流 (PTOC)
PTOC6	支路 3 差流 (PTOC)
PTOV1	支路 1 差压 (PTOV)
PTOV2	支路 2 差压 (PTOV)
PTOV3	支路 3 差压 (PTOV)
PTOV4	过电压 (PTOV)
PTUV1	低电压 (PTUV)
PTRC1	保护跳闸 (PTRC)
RBRF1	断路器失灵 (RBRF)
RBRF2	隔离开关 1 失灵 (RBRF)
RBRF3	隔离开关 2 失灵 (RBRF)

(2) 测量功能：测量功能主要实现了遥测量和召测量的测量。包括并联电容补偿支路总电流（测量绕组）、并联电容补偿支路总电流（保护绕组）、母线电压、差电压（ $\Delta U_1$ 、 $\Delta U_2$ 、 $\Delta U_3$ ）、差电流（ $\Delta I_1$ 、 $\Delta I_2$ 、 $\Delta I_3$ ）等。据 IEC61850-7-4 定义，MMXN 类用于单相系统中计算电流、电压、功率和阻抗。MMXU 类用于计算三相系统中电流、电压、功率和阻抗。牵引变电所给机车供电是单相的，故设备的测量功能逻辑节点选择 MMXN 类。根据测量功能分解成如表 5-2 所示逻辑节点组。

表 5-2 测量功能逻辑节点

测量类逻辑节点	
属性名	属性类型/说明

MMXN1	测量逻辑节点 (MMXN), 27.5kV 母线电压
MMXN2	测量逻辑节点 (MMXN), 支路 1 电压
MMXN3	测量逻辑节点 (MMXN), 支路 2 电压
MMXN4	测量逻辑节点 (MMXN), 支路 3 电压
MMXN5	测量逻辑节点 (MMXN), 保护绕组电流
MMXN6	测量逻辑节点 (MMXN), 测量绕组电流
MMXN7	测量逻辑节点 (MMXN), 支路 1 电流
MMXN8	测量逻辑节点 (MMXN), 支路 2 电流
MMXN9	测量逻辑节点 (MMXN), 支路 3 电流
MMXN10	测量逻辑节点 (MMXN), 谐波电流计算

(3) 控制功能: 一个并补断路器; 两个电动隔离开关。根据控制功能分解成如表 5-3 所示逻辑节点组。

表 5-3 控制功能逻辑节点

开关类逻辑节点	
属性名	属性类型/说明
XCBR	断路器
XSWI1	电动隔离开关 1 (XSWI)
XSWI2	电动隔离开关 2 (XSWI)

(4) 遥信功能: “当地” / “遥信” 方式开关位置信号; 断路器位置信号; 断路器手车位置信号; 隔离开关位置信号; 控制回路断线信号; 机构故障信号; 装置不良告警; 非电量信号; 保护动作信号。根据遥信功能分解成如表 5-4 所示逻辑节点组。

表 5-4 遥信功能逻辑节点

属性名	属性类型/说明
遥信类 (开入量) 逻辑节点 (共 16 个开入量)	
GGIO1	开入 1 (GGIO) 复归
GGIO2	开入 2 (GGIO) 闭锁继反馈
GGIO3	开入 3 (GGIO) 断路器合位 1

GGIO4	开入 4 (GGIO) 断路器合位 2
GGIO4 ~ GGIO10	开入 4~开入 10 (GGIO) 备用 1~备用 6
GGIO11	外部开入 11 (GGIO)
GGIO12	外部开入 12 (GGIO)
GGIO13	外部开入 21 (GGIO)
GGIO14	外部开入 22 (GGIO)
GGIO15	备用 7
GGIO16	秒脉冲
自检类逻辑节点 (24 路开出自检、AD、整定值、程序)	
GGIO25 ~GGIO48	开出 1 (GGIO) ~开出 24 (GGIO) 自检信息遥信
GGIO49	AD 自检信息 (GGIO)
GGIO50	定值自检信息 (GGIO)
GGIO51	程序自检 (GGIO)

在 IEC61850-7-4 中虽然定义了众多的逻辑节点类,但在实际建模过程中还存在一些在设备功能描述上的问题,需要根据实际需要进行扩展,扩展后的逻辑节点的第一个字母尽量要与其相关的逻辑节点组的前缀保持一致,如保护 (P)、测量 (M) 等。

### 5.2.2 逻辑节点详细设计

一个实际设备可以根据功能分解成几个逻辑设备,这里 WBB-892 装置作为一个逻辑设备有众多的逻辑节点,在每一个逻辑设备中都必须有 LLN0 和 LPHD 这两个系统逻辑节点,它们在每一个逻辑设备中都是唯一的。逻辑节点 LLN0 表示该逻辑设备的公共信息和服务,用以表示逻辑设备本身的信息并区别于其他逻辑设备。这里将数据集 (DATA-SET)、报告控制块 (BRCB) 和定值控制块 (SGCB) 均包含在 LLN0 中。逻辑节点 LPHD 表示拥有逻辑节点的物理设备的公共数据,如物理设备的铭牌,运行状况信息。

限于篇幅关于装置逻辑节点的建模设计这里仅以电流速断 PTOC1 的设

计为例进行说明，如表 5-5 所示。

表 5-5 逻辑节点 PTOC1 定义

属性名	属性类型	描 述	T	M/O
LNName	ObjectName	值为：“PTOC1”		
LNRef	ObjectReference	值为：“WBB-892-221/PTOC1”		
数据 (DATA)				
基本逻辑节点信息 (Common Logical Node Information)				
Mod	INC	模式 (注：电流速断软压板)		M
Beh	INS	性能		M
Health	INS	健康		M
NamPlt	LPL	铭牌		M
状态信息 (Status Information)				
Str	ACD	启动		M
Op	ACT	动作	T	M
整定值 (Setting)				
StrVal	ASG	电流速断整定值		O
OpDITmms	ING	时限		O

在逻辑节点 PTOC1 中，包括 8 个数据 (DATA)。限于篇幅这里不对继承于系统逻辑节点 LLN0 的数据模式 (Mod)、性能 (Beh)、健康 (Health) 和铭牌 (NamPlt) 进行设计说明。

(1) 数据 Str 的类型是 ACD (Directional Protection Activation Information)，Str 定义如表 5-6 所示。

表 5-6 电流速断 (PTOC1) Str 的定义

属性名	属性类型	值/范围
DataName	ObjectName	“Str”
DataRef	ObjectReference	“WBB-892-221/PTOC1.Str”
Presence	BOOLEAN	TRUE (M)
属性取值及说明如下：		



Str.general	BOOLEAN	TRUE FALSE
Str.dirGeneral	ENUMERATED	3 (表示无方向)
Str.q	Quality	
Str.t	TimeStamp	启动时间
Str.d	VISIBLE STRING255	描述信息: “电流速断启动”

Str 为公用数据类中的 ACD 类, 这里选择了 ACD 中的五种属性 general、dirGeneral、q、t、d 对所需要的信息进行描述。

(2) 数据 Op 的类型是 ACT (Protection Activation Information), Op 定义如表 5-7 所示。

表 5-7 电流速断 (PTOC1) Op 的定义

属性名	属性类型	值/范围
DataName	ObjectName	“Op”
DataRef	ObjectReference	“WBB-892-221/PTOC1.Op”
Presence	BOOLEAN	TRUE (M)
属性取值及说明如下:		
Op.general	BOOLEAN	TRUE FALSE
Op.q	Quality	
Op.t	TimeStamp	动作时间
Op.d	VISIBLE STRING255	描述信息: “电流速断动作”

Op 为公用数据类中的 ACT 类, 这里选择了 ACT 中的四种属性 general、q、t、d 对所需要的信息进行描述。

(3) 数据 StrVal 的类型是 ASG (Analogue Setting), StrVal 定义如表 5-8 所示。

表 5-8 电流速断 (PTOC1) StrVal 的定义

属性名	属性类型	值/范围
DataName	ObjectName	“StrVal”
DataRef	ObjectReference	“WBB-892-221/PTOC1.StrVal”
Presence	BOOLEAN	FALSE (O)

属性取值及说明如下:		
StrVal.setMag	AnalogueValue	整定值
StrVal.setMag.f	FLOAT32	XXX.XX
StrVal.units	Unit	单位 (A)
StrVal.units.SIUnit	ENUMERATED	5
StrVal.units.multiplier	ENUMERATED	0
StrVal.minVal	AnalogueValue	整定值下限
StrVal.minVal.f	FLOAT32	XXX.XX
StrVal.maxVal	AnalogueValue	整定值上限
StrVal.maxVal.f	FLOAT32	XXX.XX
StrVal.stepSize	AnalogueValue	整定步长
StrVal.stepSize.f	FLOAT32	0.01
StrVal.d	VISIBLE STRING255	描述信息: “电流速断整定值”

在对电流速断整定值进行建模的时候,我们根据需要选择了整定值、单位、整定值上限、整定值下限、整定步长和整定值描述这六个属性,这里整定步长(StrVal.stepSize)是浮点型状态变量,所以整定步长为0.01,电流速断所以单位为安培。

(4) 数据 OpDITmms 的类型是 ING (Integer Status Setting), OpDITmms 定义如表 5-9 所示。

表 5-9 电流速断 (PTOC1) OpDITmms 的定义

属性名	属性类型	值/范围
DataName	ObjectName	“OpDITmms”
DataRef	ObjectReference	“WBB-892-221/PTOC1.OpDITmms”
Presence	BOOLEAN	FALSE (0)
属性取值及说明如下:		
OpDITmms.setVal	INT32	时限整定值
OpDITmms.minVal	INT32	时限下限

OpDITmms.maxVal	INT32	时限上限
OpDITmms.stepSize	INT32U	整定步长: 1
OpDITmms.d	VISIBLE STRING255	“电流速断时限 (单位 ms)”

在对动作时限进行建模的时候,我们根据需要选择了时限整定值、时限上限、时限下限和整定步长和时限描述这五个属性,这里时限整定是整型状态变量,所以整定步长为 1,单位为毫秒。

关于以上逻辑节点数据表的表头说明如下:

- (1) 属性名: 数据名。
- (2) 属性类型: 定义数据结构的公用数据类 CDC。
- (3) 说明: 数据和其使用方法简短描述。
- (4) T: 瞬态数据。带有这个标识的数据状态瞬时变化,对其状态必须登录或报告,以提供其状态瞬时变化的证据。
- (5) M/O: 对特定逻辑节点实例,该列定义数据、数据集、控制块或服务为“必备(M)”或“可选(O)”。基于在 IEC61850-7-3 中定义的公用数据类(属性类型),对于实例化的数据,其属性也可说明为“必备”或“可选”。在标有字母“C”表示“条件”处,对条件 C 出现的每一逻辑节点类,至少使用该类中标有字母 C 数据项中的一个数据。

以实际建模中保护和保护相关的逻辑节点建模为例说明标准中逻辑节点之间的关系:

(1) 若一个功能分成若干“区间(段)”(即多区间继电器),每一区间应作为逻辑节点一个独立的实例,如 PDIS (n 个区间)或 PTOV (2 级)。

(2) 如果相同逻辑节点类的逻辑节点以不同定值并行运行,则应使用多重实例。

(3) 如果相或对地测量要求不同测量原理,则每一个测量原理由同一基本功能的一个实例表示 PTOC (在专用实例中,用于相或对地测量)。

(4) 在 IEC61850-5 中定义的逻辑节点源自于保护要求,但为了建模,某些逻辑节点被分解。采用 IEC61850-7-4 定义的逻辑节点组合建模。

(5) 保护功能提供带方向信息的数据 Str (启动)(若需要)。保护不提供方向信息的情况下,应传输“方向未知”信息。数据 Str 由逻辑节点 PTRC 汇总。若故障方向在数据 Str (启动)中提供,方向保护可不使用方向元件逻辑节点 RDIR 建模。如果需要逻辑节点 RDIR 的定值,则应使用逻辑节点

RDIR。

(6) 保护功能提供不带方向信息的数据 Op (动作) (若需要)。数据 Op 受 PTRC 制约, 产生数据 Tr (实际跳闸), 即在每一个保护逻辑节点和断路器逻辑节点之间有一个逻辑节点 PTRC。

### 5.3 IED 配置器的运行实现

本节展示 IED 配置器为实际设备配置的实例, 左边窗口为配置器文档树, 可以按照文件的层次结构动态显示配置结果, 右边窗口是配置过程中动态生成的节点相关属性的表单。本文设计的 IED 配置器可视化界面友好, 显示信息内容丰富。完全遵循了 IEC61850-7-3 和 IEC61850-7-4 部分定义的全部标准化模型, 符合 IEC61850-6 标准, 能自动生成有效的 SCL 文件。此 IED 配置器能灵活高效的动态生成符合配置要求的 SCL 文件, 在配置过程中能随时修改相关节点内容。下面简单介绍运行过程。以成都交大许继电气有限公司生产的应用于铁路牵引变电所的智能电子设备 WBB-892 信息模型为例进行说明, 限于篇幅这里仅以逻辑节点的建立过程对 IED 配置器的配置过程进行说明。

(1) 新建文档: 运行 IED 配置器程序, 单击界面中 NEW 按键新建文档, 弹出对话框如图 5-2 所示, 可以在对话框中进行根节点 SCL 下的节点选择如 Header、Substation、Communication、IED, DataTypeTemplates。因为按 IEC61850-6 在 ICD 文档中 Substation 和 Communication 的 minOccurs="0" 即 ICD 文档对这两部分的描述是可选的。所以本节中只选了 Communication。

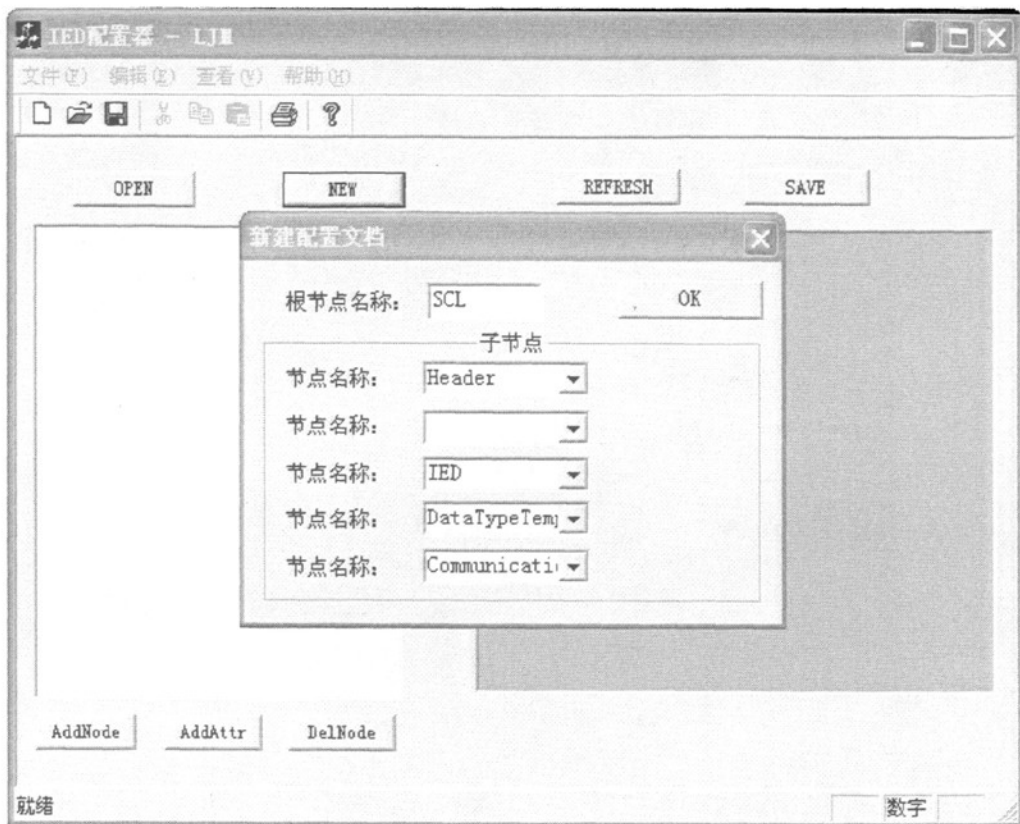


图 5-2 新建文档

(2) 逻辑节点选择与编辑：如图 5-3 为在 DateTypeTemplates 下选择添加实际设备逻辑节点的情况，在对话框中对逻辑节点进行实例化及相关的功能描述。图 5-4 为在 DateTypeTemplates 添加逻辑节点时，可以根据功能需要对逻辑节点数据进行选择，如图 5-4 中所示 PTOC 类的数据 DirMod 是可以根据实际需要进行选择的，为可选数据 (Optional)。对于逻辑节点类的数据为必选 (Mandatory) 时，此配置器会在对话框中“选择”表中默认为“1”，当为“1”时是代表该数据为选择，当“选择”表中为空白或“0”时如图 5-4 中 DirMod 所示代表在该实例化的逻辑节点中该数据不选。图 5-5 为“AddAttr”功能按钮添加逻辑节点中数据 Mod、Beh、Str 等等数据属性的对话框。图 5-6 为按下“DelNode”功能按钮删除 SCL 节点树中选择的节点成功被删除时弹出的对话框。当删除一个节点成功后，需要点击“REFRESH”功能按钮刷新后再进行 IED 配置器其他的操作。图 5-7 为添加逻辑节点位置错误时，IED 配置器的报错情况。



图 5-3 逻辑节点的选择



图 5-4 添加逻辑节点中数据

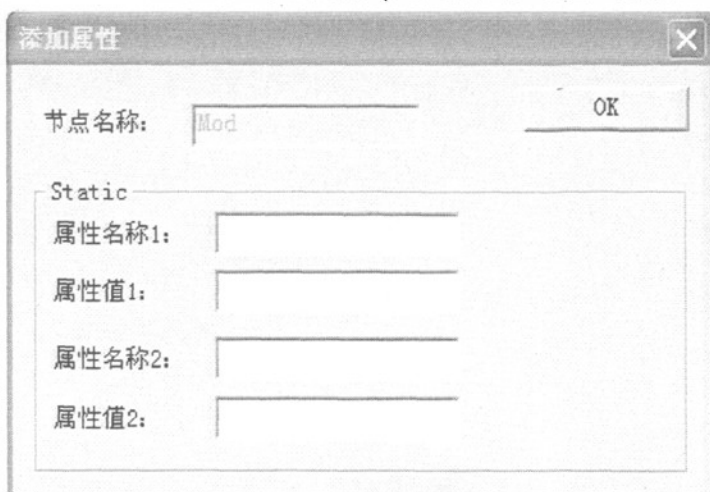


图 5-5 逻辑节点中数据属性的添加

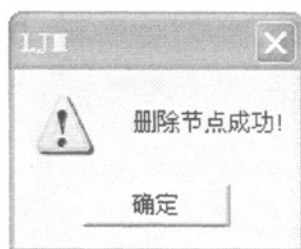


图 5-6 删除节点成功对话框

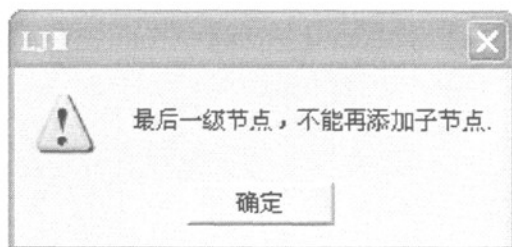


图 5-7 添加逻辑节点位置报错

(3) CDC 的编辑：如图 5-8 为对逻辑节点公用数据类属性进行选择配置，在属性类型选择需要编辑的 CDC，单击“CDC 状态”功能按键，对 CDC 进行编辑。这里以可控整数状态 INC 为例，INC 包括控制和状态、取代、配置描述和扩展、服务几部分组成，其中 stVal、q、t、ctlModel 为 INC 数据的必选项。其他众多属性可根据实际需要进行选择。如图 5-8 这里对电流速断 PTOC1 的 Mod 的 CDC 进行了选择包括 stVal、q、t、ctlModel、d。如图 5-8 所示对 CDC 属性进行选择的对话框划√为选择，空白为不选。

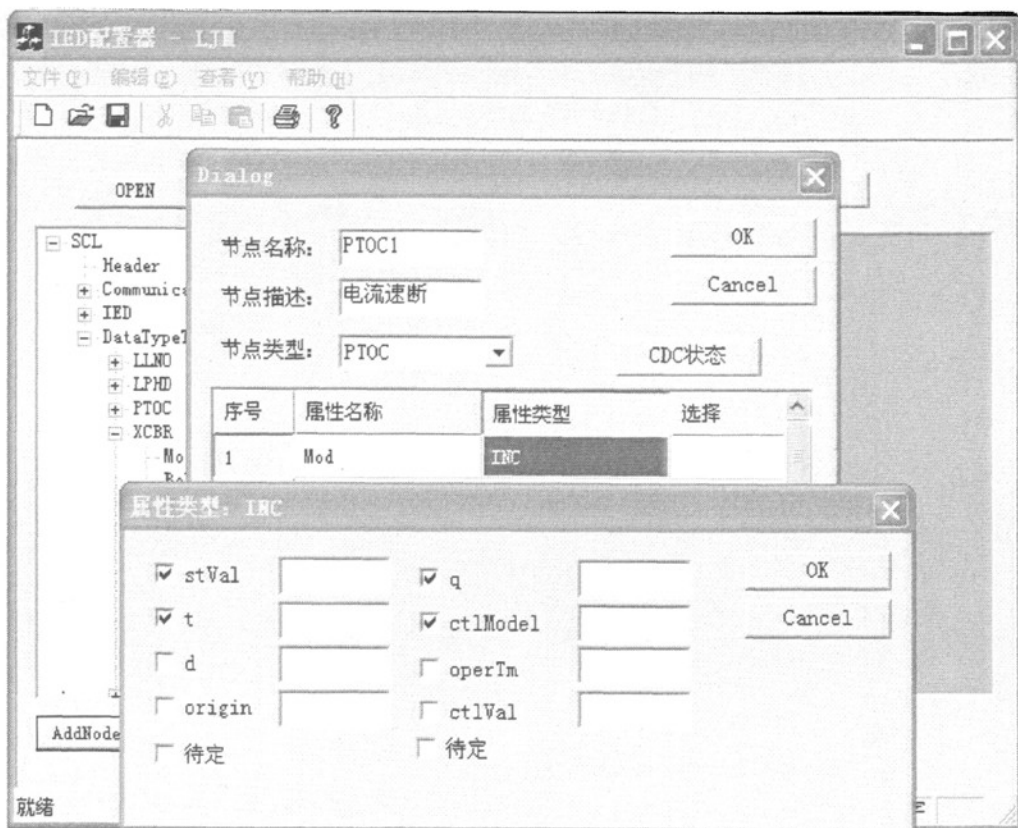


图 5-8 公用数据类的选择

(4) 文档的保存: 根据建立的信息模型对设备进行配置完毕后, 点击“SAVE”功能按钮对 SCL 文档进行保存, 弹出如图 5-9 所示对话框, 为配置完文档进行保存成功。

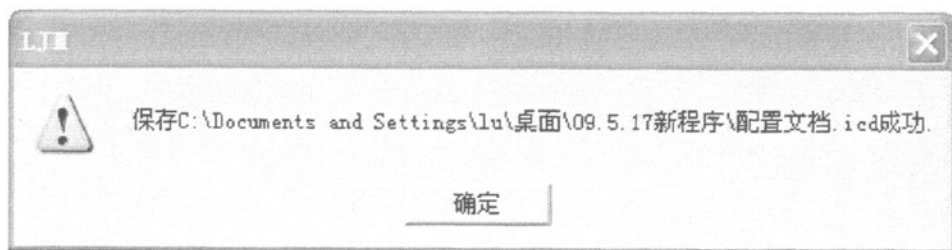


图 5-9 ICD 文件保存

(5) 文档的导入: 当运行 IED 配置器程序单击“OPEN”按键, 即可导入 SCL 文档, 如果该文档格式无效, 配置器会报错, 图 5-10 为导入 SCL 文档情况。右边窗口显示为节点属性, 图 5-10 显示的是断路器 XCBR 的 Mod 节点属性。



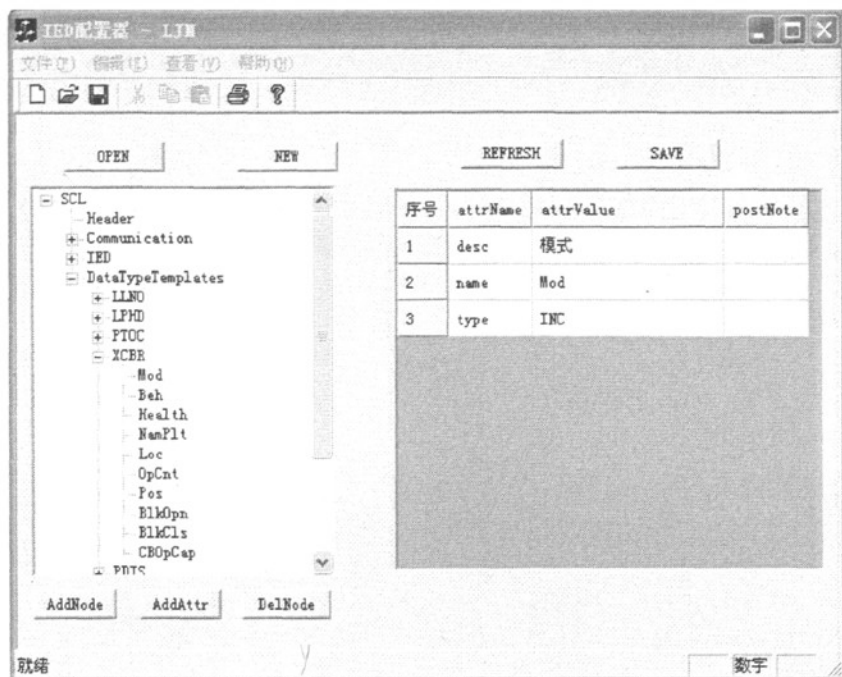


图 5-10 导入文档

如图 5-11 所示左边为 CDC 的树形显示，单击树中的节点可以在右侧看到相应的属性，这里为显示公共数据类 INC 的情况。



图 5-11 CDC 树形显示与属性

该 IED 配置器界面友好，能方便实现 IED 的逻辑节点及其属性的配置，生成 IED 能力描述的 ICD 文档，具有积极的工程参考价值。

## 5.4 利用 IED 配置器描述智能电子设备

对 IED 功能及逻辑节点分析完后，利用本文设计的 IED 配置器对 IED 能力进行描述。根据前面介绍的 ICD 文档的结构，可以在根节点下有选择的添加 Header、Substation、IED 等节点，依此类推可以逐层添加节点以生成 ICD 文档，工具根据标准的要求，每个节点下可能包含的子节点及其属性都可进行选择 and 添加，在配置过程中可以看到由树型控件显示 SCL 文档的层次结构。

并补保护测控装置 (WBB-892) 已划分成了由多个逻辑节点组成的逻辑设备，由于其装置属于二次保护间隔 E1Q3 的逻辑设备，根据 IEC61850 命名原则，将其命名为 E1Q3PB7，本文的 IED 配置器根据实际设备 WBB-892 的信息模型用 SCL 语言描述装置如图 5-12 所示，这里标识的 SCL 语言部分包括 Communication、IED、DataTypeTemplates 三部分。

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no" ?>
- <SCL xmlns="http://www.iec.ch/61850/2003/SCL" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
  xsi:schemaLocation="http://www.iec.ch/61850/2003/SCL D:\61850\demo\demo\client\IEDTool\IED_TOOL\SCL.xsd">
  <Header id="test" nameStructure="IEDName" revision="1" version="1.0" />
- <Communication>
- <SubNetwork name="subnet1" type="B-MMS">
  <BitRate unit="b/s" />
  - <ConnectedAP apName="S1" iedName="E1Q3PB7">
    - <Address>
      <P type="IP">192.168.1.170</P>
      <P type="IP-GATEWAY">10.10.70.1</P>
    </Address>
    - <GSE cbName="TU" IdInst="c2">
      - <Address>
        <P type="MAC-Address">00-08-74-12-49-45</P>
        <P type="APPID">3000</P>
        <P type="VLAN-ID">321</P>
        <P type="VLAN-PRIORITY">4</P>
      </Address>
    </GSE>
    </ConnectedAP>
  - <ConnectedAP apName="S1" iedName="MYCOMPUTER">
    - <Address>
      <P type="IP">192.168.1.59</P>
    </Address>
    </ConnectedAP>
  </SubNetwork>
</Communication>
+ <IED configVersion="Ver1.0" manufacturer="xjgc" name="E1Q3PB7" type="KX server">
+ <DataTypeTemplates>
</SCL>
```

图 5-12 并补保护 SCL 语言描述

如图 5-13 所示为 DataTypeTemplates 部分的逻辑节点 LLN0、LPHD、PTOC1 和 CDC 中的 INC 的 SCL 语言描述部分。

```

- <DataTypeTemplates>
- <LNNodeType desc="logical physical device" id="LPHD" iedType="wxh822" InClass="LPHD">
  <DO desc="物理设备铭牌" name="PhyNam" type="DPL" />
  <DO desc="物理设备健康" name="PhyHealth" type="INS" />
  <DO desc="代理" name="Proxy" type="SPS" />
</LNNodeType>
- <LNNodeType desc="logical node zero" id="LLN0" iedType="wxh822" InClass="LLN0">
  <DO desc="模式" name="Mod" type="INC" />
  <DO desc="性能" name="Beh" type="INS" />
  <DO desc="健康" name="Health" type="INS" />
  <DO desc="铭牌" name="NamPit" type="LPL" />
</LNNodeType>
- <LNNodeType desc="电流速断保护" id="PTOC1" InClass="PTOC">
  <DO desc="模式" name="Mod" type="INC" />
  <DO desc="性能" name="Beh" type="INS" />
  <DO desc="健康" name="Health" type="INS" />
  <DO desc="铭牌" name="NamPit" type="LPL" />
  <DO desc="启动" name="Str" type="ACD1" />
  <DO desc="动作" name="Op" type="ACT" />
  <DO desc="时限" name="OpDlTmms" type="ING" />
</LNNodeType>
.....
- <DOType cdc="INC" desc="Controllable integer status" id="INC" iedType="wxh822">
  <DA bType="INT32" fc="CO" name="ctIVal" />
  <DA bType="Timestamp" fc="CO" name="operTm" />
  <DA bType="Struct" fc="CO" name="origin" type="Originator" />
  <DA bType="INT32" dchg="true" fc="ST" name="stVal" />
  <DA bType="Quality" fc="ST" name="q" qchg="true" />
  <DA bType="Timestamp" fc="ST" name="t" />
  <DA bType="Enum" fc="CF" name="ctIModel" valKind="Set">
    <Val>3</Val>
  </DA>
  <DA bType="VisString255" fc="DC" name="d" />
  <DA bType="VisString64" fc="CO" name="SBO" />
  <DA bType="Struct" fc="CO" name="SBOw" type="SBOw" />
  <DA bType="Struct" fc="CO" name="Oper" type="Oper" />
  <DA bType="Struct" fc="CO" name="Cancel" type="Cancel" />
</DOType>
.....
</DataTypeTemplates>

```

图 5-13 SCL 描述逻辑节点和 CDC

利用本文设计的 IED 配置器生成了牵引变电所中并补保护测控装置 (WBB-892) 符合 IEC61850 标准的 ICD 配置文档, 通过实际使用可以发现本文设计的配置工具生成配置文档具有简单、直观、方便的特点, 通过对树型控件和表格的一些简单操作就可以方便的生成变电站的配置描述文档, 基本上实现了设计的要求, 也有着一定的工程参考价值。

## 结 论

IEC61850 作为国际最新的变电站通信网络和系统标准统一了变电站内通信网络平台、信息模型、信息交换模型。IEC 61850 是未来电力系统无缝通信的基础,它通过对变电站的数据对象统一建模,采用面向对象技术和独立于网络结构的抽象通信服务接口(ACSI)等技术实现变电站自动化系统,是一个开放的、面向未来的新一代变电站自动化通信协议。本文基于对 IEC61850 标准和 SCL 语言的研究,主要完成了如下工作:

- (1) 研究了标准的整体结构和特色,分析了国内外研究现状。
- (2) 分析了基于 IEC61850 的变电站装置建模。对牵引变电所中的实际 IED 进行功能分解和模型的搭建。
- (3) 分析了变电站配置描述语言 SCL 及其语言的模型。
- (4) 阐述了 IED 配置器的功能模块及工作流程,采用 VC++设计出界面友好的符合 IEC61850 的 IED 配置器,该配置器能够根据输入自动生成描述 IED 的能力的 ICD 文档。
- (5) 根据实际工程以牵引变电站中的并补保护装置为例,建立相应的 ICD 文档。通过树型控件显示 SCL 文档的分层结构,完成对相关节点的生成、浏览、编辑和修改。

本文在基于 IEC 61850 的变电站配置工具方面作了尝试,该配置器主要是实现了 IED 的预配置,以便于实现不同厂家设备之间的互操作,由于本人学术水平和时间所限,没有实现 IED 配置器和系统配置器的通信,对配置器 CID 文档生成功能没有加以集成实现,软件的主体功能虽已基本实现,但细节方面仍存在一些不足之处,有待进一步的改进。

IEC61850 代表着新一代变电站自动化系统的发展方向,标准涉及的方面广泛,工作量很大,要想真正的是 IEC61850 还有许多工作要做。

## 致 谢

首先感谢我的导师陈德明副教授，论文的各项工作的完成是在陈老师的悉心指导和热情关怀下完成的，并达到了预期的效果。导师认真的治学态度，一丝不苟的工作态度以及对学生的严格要求，使我从中受益匪浅。导师低调的处事作风和儒雅的风度值得我努力学习，在此向导师致以诚挚的谢意。

感谢交大许继的各位老师，为我们提供了良好的硬件设施和实习机会。感谢师兄师姐，从师兄师姐那里我不仅得到了很多帮助，也学到了学术研究的方法和态度。感谢与我一起走过研究生三年时光的实验室的兄弟姐妹，大家在学习和生活上互相勉励帮助，实验室良好的人文氛围给我的论文工作提供了巨大的帮助，我们共同度过了一段美好的青春时光。

最后，感谢我的父母，是他们辛苦的工作，才能使我顺利的完成学业！

## 参考文献

- [1] 薛诚星. 电力系统通讯协议及 IEC61850 体系的研究与应用[D]. 厦门大学, 2007
  - [2] 王玮. 基于 IEC61850 的变电站配置工具的研究[D]. 华北电力大学, 2006
  - [3] 樊陈. 基于 IEC61850 标准的变电站 IED 配置研究[D]. 西南交通大学, 2007
  - [4] 邓鹏. 基于 IEC61850 的数字水电站[D]. 华中科技大学, 2006
  - [5] 吴国威. 基于 IEC61850 的变电站自动化系统的应用研究[D]. 浙江大学, 2007
  - [6] 董科. 基于 IEC61850 的 MMS 通信研究[D]. 西安科技大学, 2008
  - [7] 王玲. 基于 IEC61850 线路间隔 IED 的建模研究及通信实现[D]. 西安科技大学, 2008
  - [8] 安志琴. 基于 SCL 建立 IED 配置文件的研究[D]. 华北电力大学, 2006
  - [9] 王洪炼. 基于 IEC61850 的 IED 配置器设计实现[D]. 西南交通大学, 2008
  - [10] 殷志良. 基于 IEC61850 的变电站过程总线通信的研究[D]. 华北电力大学, 2005
  - [11] 王林. 基于 IEC61850 的电能质量监测 IED 研究[D]. 西南交通大学, 2008
  - [12] IEC 61850-1, Communication networks and systems in substations Part 1: Introduction and overview[S]. Geneva: IEC, 2003
  - [13] IEC 61850-2, Communication networks and systems in substations Part 2: Glossary[S]. Geneva: IEC, 2003
  - [14] IEC 61850-3, Communication networks and systems in substations Part 3: General requirements[S]. Geneva: IEC, 2002
  - [15] IEC 61850-4, Communication networks and systems in substations Part
-

- 
- 4: System and project management[S]. Geneva: IEC, 2002
- [16] IEC 61850-5, Communication networks and systems in substations Part 5: Communication requirements for functions and device models[S]. Geneva: IEC, 2003
- [17] IEC 61850-6, Communication networks and systems in substations-Part 6: Configuration description language for communication in electrical substation related to IEDs[S]. Geneva: IEC, 2004
- [18] IEC 61850-7-1, Communication networks and systems in substations Part 7-1: Basic communication structure for substations and feeder equipment Principles and models[S]. Geneva: IEC, 2003
- [19] IEC 61850-7-2, Communication networks and systems in substations Part 7-2: Basic communication structure for substation and feeder equipment Abstract communication service interfaces (ACSI) [S]. Geneva: IEC, 2003
- [20] IEC 61850-7-3, Communication networks and systems in substations Part 7-3: Basic communication structure for substation and feeder equipment Common data classes[S]. Geneva: IEC, 2003
- [21] IEC 61850-7-4, Communication networks and systems in substations Part 7-4: Basic communication structure for substation and feeder equipment Compatible logical node classes and data classes[S]. Geneva: IEC, 2003
- [22] IEC 61850-8-1, Communication networks and systems in substation Part 8-1: Specific Communication Service Mapping(SCSM)-mapping to MMS(ISO 9506-1 and ISO 9506-2) and to ISO/IEC 8802-3[S]. Geneva: IEC, 2004
- [23] IEC 61850-9-1, Communication networks and systems in substations Part 9-1: Specific Communication Service Mapping (SCSM)-Sampled values over serial unidirectional multidrop point to point link[S]. Geneva: IEC, 2003
- [24] IEC 61850-9-2, Communication networks and systems in substations Part
-

- 
- 9-2:Specific Communication Service Mapping (SCSM) Sampled values over ISO/IEC 8802-3[S]. Geneva: IEC,2004
- [25] IEC 61850-10, Communication networks and systems in substations Part 10:Conformance testing[S].Geneva:IEC,2005
- [26] 卞鹏, 潘贞存, 高湛军. 使用 XML 实现变电站中 IED 的自动识别和远程配置[J]. 电力系统自动化, 2004, 28 (10): 69-72
- [27] 邹晓玉. IEC61850 系列标准中变电站配里语言应用研究[D]. 山东大学, 2005
- [28] Gwan-Su Kim , Hong-Hee Lee . A study on IE-C61850 based communication for ntelligent electronic devices [J]. Science and Technology. 2005(7): 765-770
- [29] 方威明, 吴宏. XML 之 DTD 与 Schema 比较分析[J]. 情报科学. 2004, 22 (4):506-509
- [30] 李蓓. 基于 IEC61850 标准数据模型的变电站自动化系统建模[D]. 北京: 中国电力科学研究院, 2005
- [31] 邹晓玉, 王浩, 吴晓博. IEC 61850 标准中 SCL 语言的几个实践应用问题探讨[J]. 电力系统自动化, 2006, 30(10): 77-81
- [32] 张长明. 制造报文规范及其在电力监控系统数据通信中的应用[D]. 华北电力大学, 2004
- [33] 黄建锋. MMS 在基于 IEC61850 的变电站自动化系统的应用研究[D]. 西南交通大学, 2007
- [34] 邓鹏, 游大海, 汪剑, 王阳光. 基于 MMS 的智能仪器与变电站及调度主站通信方案[J]. 电力自动化设备. 2005, 25(11):62-65
- [35] 巩俊强, 黄益庄, 夏明超. MMS 技术在电力系统智能电子设备中应用[J]. 电力自动化设备. 2004, 24(6):72-75
-



- 
- [36] 冯延晖, 叶毅峰.XML 完全手册. 中国电力出版社, 2000
- [37] 陈丽华, 陈小川.MMS 应用于变电站自动化系统时的若干问题分析[J]. 继电器, 2005, 33(10):62-65
- [38] 李勇军, 龚汶莉, 马光思. 用 DOM 解析 XML 文档[J]. 计算机应用, 2001, 21(8):103-105
- [39] 李映川, 王晓茹. 基于 IEC61850 的变电站智能电子设备的实现技术[J]. 电力系统信. 2005, 26(155):54-56
- [40] 黄良, 章坚民, 蔡永良.MMS 实现 IEC61850 中的 VMD 设计及继电保护设备入网[J]. 继电器, 2005, 33(4):71-74
- [41] 范建忠. 基于 IEC61850 标准数据模型的变电站自动化系统建模[D]. 北京:中国电力科学研究院, 2005
- [42] 辛耀中, 王永福, 任雁铭. 中国 IEC61850 研发及互操作试验情况综述 [J]. 电力系统自动化, 2007, 31 (12): 1-6
- [43] 操丰梅, 任雁铭, 王照等. 变电站自动化系统互操作实验建议[J]. 电力系统自动化. 2005, 29 (3): 86-89
- [44] 杨军, 罗建, 赵春波. IEC61850 国际标准通信协议[J]. 重庆电力高等专科学校学报. 2004, 9 (4): 1-4
- [45] R.E.Maekiewiez.overview of IEC61850 and benefits[C].Power Engineering Society general Meeting, 2006.IEEE.
- [46] 张运志, 王胜利, 常弘等. 以动态模式建立基于 IEC61850 标准 IED 模型的研究[J]. 继电器. 2008,36 (5): 55-58
- [47] 范建忠. 基于 IEC 61850 动态建立 IED 模型的构想[J]. 电力系统自动化, 2006, 30 (9): 76-79
- [48] 吴在军, 胡敏强. 基于 IEC61850 标准的变电站自动化系统研究. 电网技术, 2003, 61-65
-

- 
- [49] 卞鹏, 潘贞存, 高湛军等. SCL 在变电站远程配置管理中的应用[J]. 电力自动化设备. 2004, 24(3):54-56
- [50] 王丽华, 张青山, 张马龙等. IEC61850 建模工具的设计与实现[J]. 电力系统自动化. 2008, 32 (4): 73-75
- [51] 章坚民, 徐爱春, 李海翔. 基于 SVG/XML/CIM 的变电站自动化工程配置系统. 电力系统自动化, 2004, 28(14): 54-57
- [52] 王照, 任雁铭, 高峰. IEC 61850 客户端应用程序的实现. 电力系统自动化, 2005, 29(19): 76-78
- [53] 张银鹤, 张秋香, 孙膺等. XML 实践教程. 清华大学出版社
- [54] 曹阳, 姚建国, 张慎明. XML 技术在电网自动化系统中的应用探讨. 电力系统自动化, 2002, 26(21): 73-76
- [55] 岳平, 蒋月良. 用 UML 和 XML 建模语言开发故障信息处理系统. 浙江电力, 2002, 6: 40-42
- [56] 王茹, 宋瀚涛. XML 文档结构定义规范 XML Schema[J]. 计算机应用研究. 2002, 1:127-129
- [57] 李勇军, 冀汶莉, 马光思. 用 DOM 解析 XML 文档. 计算机应用, 2001, 21(8): 103-105
- [58] 何志芪, 涂光瑜, 罗毅. 基于 XML 的电力系统异构数据交互研究. 继电器, 2004, 32(6): 13-16
- [59] 侯小云. VC++中利用 MSXML 解析 XML 文档[J]. 电信交换, 2003(2): 26-29
- [60] 万博, 彭秀艳, 李永亮. 基于 XML 的数据交换在变电站自动化中的应用[J]. 东北电力学院学报, 2003, 23(1): 67-71
- [61] 黄守宏. 安信证券研究所. <http://www.p5w.net/stock/lzft/hyyj/200707/070727565490789828.pdf>
-

- 
- [62] 胡巨, 马京源, 梁晓兵等. 基于 IEC61850 的变电站自动化系统的探讨[J]. 广东电力, 19(4):28-30
- [63] 徐宁, 朱永利, 邸剑等. 基于 IEC61850 的变电站自动化对象建模[J]. 电力自动化设备, 2006, 26(3):85-88
- [64] 王大伟. 基于 IEC61850 的变电站自动化通信体系研究及工程应用[D]. 华北电力大学, 2006
- [65] 明茹锋, 夏成军, 许扬. IEC61850 标准在变电站自动化系统中的应用探讨[J]. 江苏电机工程, 2004, 23(3):8-12
-

## 附录 1 部分 WBB-892 并补保护测控装置的 ICD 文档

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no" ?>
- <SCL xmlns="http://www.iec.ch/61850/2003/SCL"
  xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
  xsi:schemaLocation="http://www.iec.ch/61850/2003/SCL
  D:\61850\demo\demo\client\IEDTool\IED_TOOL\SCL.xsd">
  <Header id="test" nameStructure="IEDName" revision="1" version="1.0" />
- <Communication>
  .....
  </Communication>
- <IED configVersion="Ver1.0" manufacturer="xjgc" name="E1Q3PB7"
  type="KX server">
- <Services>
  <DynAssociation />
  <DataSetValue />
  <GetDataSetValue />
  <ReportSettings />
  <SettingGroups />
  <GetDirectory />
  <GetDataObjectDefinition />
  <DataObjectDirectory />
  <DataSetDirectory />
  <DynDataSet max="12" />
  <ReadWrite />
  <ConfReportControl max="10" />
  <GetCBValues />
  <ConfLogControl max="10" />
  <LogSettings />
```

---

---

```
<FileHandling />
<GSESettings />
<GOOSE />
<GSSE />
<GSEDir />
</Services>
- <AccessPoint name="S1">
- <Server>
  <Authentication />
- <LDevice desc="wxh822" inst="c1">
- <LN0 desc="逻辑节点 0" inst="" lnClass="LLN0" lnType="LLN0">
- <DataSet desc="遥测数据集" name="YCDataset">
  <FCDA doName="Vol" fc="MX" ldInst="c1" lnClass="MMXN" lnInst="1" />
  .....
  </DataSet>
- <DataSet desc="遥信数据集" name="YXDataset">
  <FCDA doName="Ind" fc="ST" ldInst="c1" lnClass="GGIO" lnInst="221" />
  .....
  </DataSet>
- <DataSet desc="Soe 事件" name="SOEDataset">
  <FCDA doName="Str" fc="ST" ldInst="c1" lnClass="PTOC" lnInst="1" />
  <FCDA doName="Op" fc="ST" ldInst="c1" lnClass="PTOC" lnInst="1" />
  .....
  </DataSet>
- <DataSet desc="自检数据集" name="SelfCheckDataset">
  <FCDA doName="Alm" fc="ST" ldInst="c1" lnClass="GGIO" lnInst="101" />
  .....
  </DataSet>
```

---

```
- <DataSet desc="事件数据集" name="EventDataSet">
  <FCDA doName="Alm" fc="ST" IdInst="c1" InClass="GGIO" InInst="1" />
  .....
  <FCDA doName="Str" fc="ST" IdInst="c1" InClass="PTOC" InInst="1" />
  <FCDA doName="Op" fc="ST" IdInst="c1" InClass="PTOC" InInst="1" />
  .....
  </DataSet>
- <DataSet desc="setting" name="Setting">
  <FCDA doName="StrVal" fc="SG" IdInst="c1" InClass="PTOC" InInst="1" />
  <FCDA doName="OpDITmms" fc="SG" IdInst="c1" InClass="PTOC" InInst="1"
  />
  .....
  </DataSet>- <DataSet desc="soft presser" name="softpresser">
  <FCDA doName="Mod" fc="ST" IdInst="c1" InClass="PTOC" InInst="1" />
  .....
  </DataSet>
  .....
  <LN desc="电流速断" inst="1" InClass="PTOC" InType="PTOC1" />
  .....
  </LDevice>
</Server>
</AccessPoint>
</IED>
  - <DataTypeTemplates>
  .....
  </DataTypeTemplates>
</SCL>
```

---

## 攻读硕士学位期间发表的论文及参加的科研工作

发表的论文:

[1] 卢霁明, 陈德明, 杨嵘春. 一种 103 规约向 IEC61850 标准的过渡方案

. 陕西电力. 2009 第 5 期

---