

建设低压集抄系统的意义及国内外现状

目前,我国正处于城镇化加速发展的时期,部分地区“城市病”问题日益严峻。为解决城市发展难题,实现城市可持续发展,建设智慧城市已成为当今世界城市发展的趋势,智能电网是智慧城市的基础和依托,发展智能电网能够促进电网企业节能减排、安全生产和减员增效,同时也是各国竞相实施的国家战略。

电力用户集中抄表系统(简称电力集抄系统)是智能电网的核心要素之一。电力集抄系统是利用现代数字通信、计算机软硬件以及自动化设备等多种先进技术构架的信息集成系统,它对电力用户的用电信息进行采集、处理和实时监控,具有自动采集用电信息、监测电能质量、异常计量事件报警、用电分析和管理的、信息发布、分布式能源监控、智能用电设备的信息交互等功能,适用于居民用户公用变压器(简称公变)、配电变压器(简称配变)、专用变压器(简称专变)和变电站等。

电力集抄系统拓扑结构示意图如图 1-1 所示,包含从发电、输电、配电到用电各环节的电力数据的采集和远程控制。在电力系统中,通常将额定电压在 1kV 以下电压称为低电压,将额定电压 1kV 以上电压称为“高电压”,居民用户的交流 220V、工商业用户的交流 380V 电压等级,均属于低电压范畴。本书将着重阐述低压电力用户集中抄表(简称低压集抄)的新技术及工程应用。

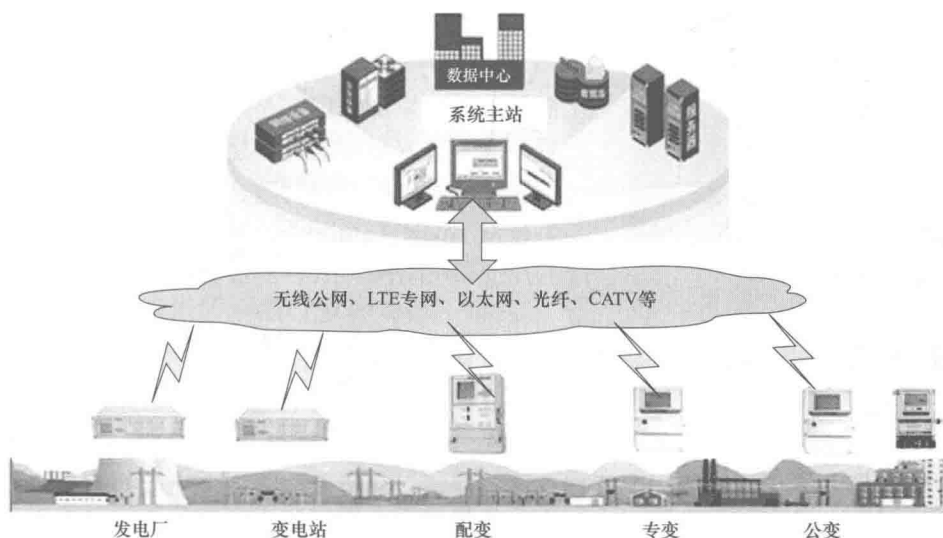


图 1-1 电力集抄系统拓扑结构示意图

1.1 建设低压集抄系统的意义

(1) 提升电网企业精益化管理水平。低压集抄系统能够及时、完整、准确地获取电力用户用电信息,实现对电力用户用电量的及时抄读和用电信息的分析应用;实现与智能用电设备的信息交互与控制;能够实现居民阶梯电价控制,可提高电力用户用电品质,从而提升电网企业精益化管理水平。

(2) 缩减电力供需差距。低压集抄系统的智能电能表可计量和存储每日间隔 15min 的 96 个计量点电能数据,收集电力用户的用电特性和实时负荷状况,采集终端将大量计量数据通过通信网络发送到系统主站,可随时通过系统主站管理和查看数据库中存放的实时用电信息,指导电网企业合理安排电力供应,缩小电力供需差距,降低电能损耗。

(3) 跨部门数据共享。低压集抄系统获得的用电量数据,可以与调度系统、营销系统、配电网自动化系统、网银等进行共享,为账单生成、电费催缴、用户网络查询、银行托收、网上支付、用电监察及负荷预测等提供数据来源。

(4) 用电大数据分析和智能化负荷管理。低压集抄系统能够收集到电力用户各个时间段的电能信息,为分析各地区、各时间段、各季节、各行业的用电分布提供了大数据分析的数据支撑,满足客户个性化用电需求,提高客户满意度。通过分析电能使用的行为模式,可以实现自动计算分析管理,从而能够实现各区域间电能使用的均衡化,提高需求侧管理的效率。

(5) 方便资产管理。在建设低压集抄系统的同时,能够在数据库中同步录入用户信息、台区信息、地理位置信息 (GIS),以及电能表的生产厂家、生产日期、检定时间、检定周期等附带信息,既方便了管理,也能够让系统自动生成相关设备的检验工单,减轻人工管理的工作量,降低差错率。

1.2 国外技术现状

曾在日本通过的《联合国气候变化框架公约》京都议定书是约束发达国家通过节能减排达到减缓地球气候变化的重要协定。此后,诸多国家将智能电网建设提升为国家战略,各国相继研究智能电网、高速通信和大数据等先进技术,纷纷制订适合本国国情的智能电网建设远期规划,在建设智能电网的过程中大力建设 AMR (automatic meter reading, 远程自动抄表),并进一步构建 AMI (advanced metering infrastructure, 高级量测体系)。

1. 美国

美国科罗拉多州的波尔得是一所大学城,居民素质较高,城市规模较小,在 2008 年建设完成全美国第一个智能电网城市,每户家庭都安装了智能电能表。美国爱科赛尔能源公司投资建设了智能变电站,采用先进通信技术建立了电力数据远程集采、集控的电力集抄系统,实现智能停电管理、智能用电管理、风电存储、光伏发电等诸多功能的远程监控。建立的电力集抄系统融合了多种能源数据,并实现远程监控和管理。通过大量的智能电网科普和节点宣传,居民掌握即时电价,可根据阶梯电价政策合理调整洗衣服、熨衣服、启动热水器等用电的生活习惯,提高了供电效率和供电可靠性,提高了风能、光伏利用率。

以美国商务部下属的国家标准技术研究院（National Institute of Standard and Technology, NIST）为主，美国政府部门研究了智能电网的互操作性与网络安全等各项技术标准。2014 年，NIST 公布了新一代输电网“智能电网”的标准化框架，明确了 75 个标准规格、标准和指导方针，其中包括采用 ZigBee 通信技术的智能电能表与家用电器可进行双向无线通信的智能能源规范（smart energy profile）。

美国常用的 AMI 系统网络架构如图 1-2 所示。智能电能表（smart meters）通过局域网（LAN，即本地通信网络）与采集终端（collector）进行数据传输，采集终端通过广域网（WAN，即远程通信网络）连接到应用主站（applications）。局域网通信方式有 PLC（电力线载波通信）、point to point（点对点模式微功率无线通信）、mesh（自组网模式微功率无线通信）、hybrid（双模通信）等多种通信方式。采集终端及配套设备包括 towers（通信铁塔基站）、repeaters（通信中继器）、Neighborhood（通信旁路工作节点）、substations（通信子站规范）等。远程网络通信方式有 telephony（无线公网）、broadband（宽带）、RF（无线通信网络）、fiber（光纤通信网络）等。应用主站包括 MDMA（电能表数据管理应用系统）、billing（计费系统）、outage mgt（停电管理）、DA（data analysis，数据应用分析系统）等。

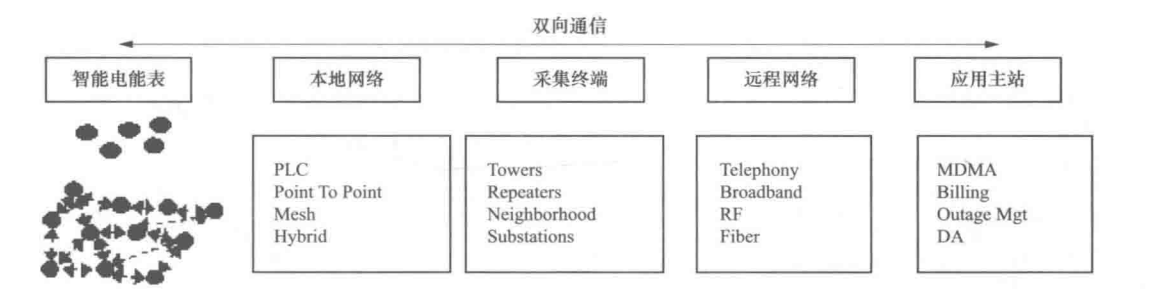


图 1-2 美国常用的 AMI 系统网络架构

以北美最大的电力公司 Duke Energy 为例，其采用的 AMI 架构混合使用了微功率无线和电力线载波技术。2009 年在俄亥俄州（Ohio）地区已安装 6000 台智能电能表、4 万台智能燃气表及约 4000 台采集终端；2014 年，智能电能表安装数量达到 70 万台，智能燃气表达到 45 万台，采用的智能电能表如图 1-3 所示。智能电能表通过电力线载波通信技术与采集终端进行数据通信，燃气表通过微功率无线与采集终端进行数据通信，采集终端通过无线公网（GPRS）、光纤与系统主站进行数据通信。该 AMI 架构注重家庭能源管理，采用符合 Home Plug 标准的宽带电力线载波通信技术将户内通信网关、家庭用电器、娱乐设备、安防设备等组成一个网络，用户通过家庭局域网（home area network, HAN）中的户内通信网关可以很方便地控制这些设备。



图 1-3 美国 Duke Energy 采用的智能电能表

2. 欧洲

欧盟一直致力于建设开放的、互联互通的智能电能表（OPEN meters）和电力线载波通信技术标准，通过组织过程、技术要点讨论及新技术的演进趋势等过程，制定适合欧盟低压电网的通信技术。已经制定完成 PRIME、G3-PLC、Meters and More 等三个国际化低压电力线载波通信技术标准，并在西班牙和葡萄牙（采用 PRIME）、法国与奥地利（采用 G3-PLC）、意大利（采用 Meters and More）等国家开展规模化应用，欧洲电力集抄系统呈现出日新月异的迅猛发展。

法国有 3500 万电力用户，约有 150 家配电网公司，能源市场主要由法国电力集团公司（EDF）和 GDF-SUEZ 两家公司控制，其中，EDF 在电力市场占 95% 的份额，而 GDF-SUEZ 则在天然气市场占有 95% 的份额。EDF 所属法国电网输送公司（ERDF）实施的 Linky 智能电能表项目中，智能电能表与集中器之间采用 G3-PLC 通信技术，智能电能表可通过 G3-PLC 通道主动报警，Linky 项目的 AMI 架构如图 1-4 所示。

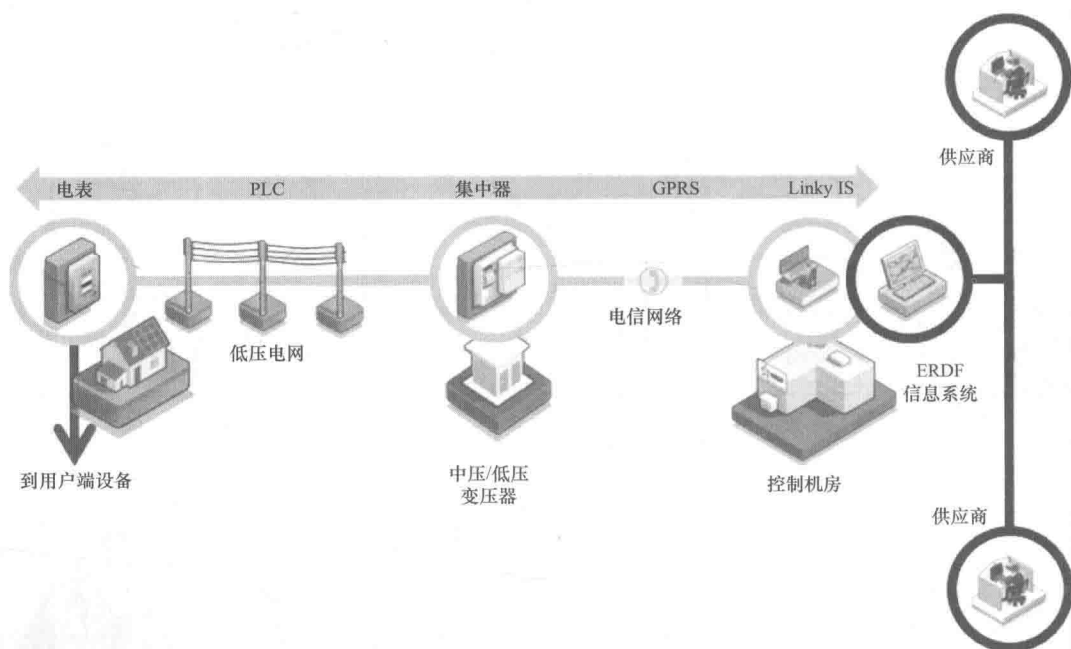


图 1-4 EDF 的 Linky 项目 AMI 架构

意大利是欧洲已安装智能电能表最多的国家，目前全国 99% 的地区安装了智能电能表约 3600 万只，已部署完成大规模的抄表系统。系统通信主要使用频移键控（FSK）调制方式的 PLC 技术，根据环境的不同选用微功率无线通信作为补充。

3. 其他国家

日本电气事业联合会在 2009 年公布日本版《智能电网开发计划》，以 2020 年为目标，普及智能电网。同时，日本电力中央研究所设立智能电网研究会，2013 年，日本电力中央研究所开展大量的电力线载波评测、试验研究，评测 PRIME、G3-PLC、HD-PLC（high definition power line communication）、Home plug Green PHY 等多种现行应用的电力线载波通信技术。目前，日本东京电力公司（TEPCO）正在部署包含有 2700 万台智能电能表的

项目，重点建设家庭能源管理平台（HEMS），其网络结构如图 1-5 所示。

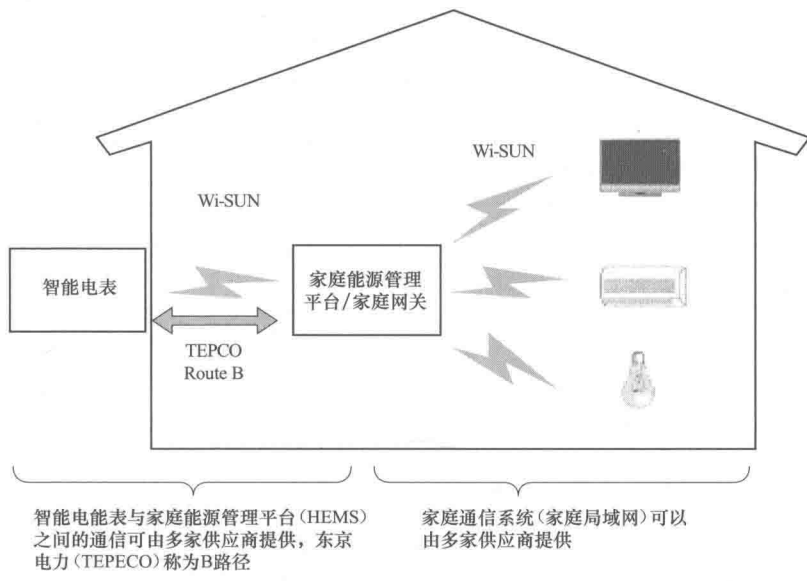


图 1-5 东京电力公司采用的家庭能源管理平台网络架构

日本政府允许在家庭局域网中使用 Wi-SUN 和 G3-PLC（ARIB 频段）两种通信技术，其中，东京电力公司选择了 Wi-SUN 通信技术，在 Wi-SUN 通信技术的物理层（IEEE 802.15.4g，920MHz）、MAC 层和网络层之上采用 Echonet Lite 协议作为应用层。2014 年初，东芝已经研发出 Wi-SUN 的通信产品，920MHz 频段的无线 USB 适配器可插入家庭通信网关，实现家庭户内智能仪表和家庭能源管理平台控制器之间的数据通信。

澳大利亚能源部在 2009 年发布《智能电网，智能城市计划报告》，在澳大利亚部署该国首个商业规模的智能电网，实现能源数据的远程监控和管理。由于人口密度低，除少数（悉尼、墨尔本）大城市外，集中抄表主要采用无线公网（GPRS）方式。

印度在 2010 年启动“加速电力发展与改革”计划，从 2010 年起，在新德里和孟买附近进行智能电网试验，安装约 50 万台具备远传通信功能的智能电能表。

1.3 国内技术现状

国家电网公司提出建设“互动电网”，陆续开展智能用电关键技术领域的研究和应用，以双向互动通信技术为支撑，以智能控制为手段，实现与电力用户的电能、信息和业务的双向互动，全面提升用电质量和服务能力。

“互动电网”概念借鉴自美国政府提出的“智能电网”和 GE 提出的“能源互联网”，“互动电网”是在开放和互联的信息模式基础上，通过加载系统数字设备和升级电网网络管理系统，实现发电、输电、供电、用电、客户售电、电网分级调度、综合服务等电力产业全流程的智能化、信息化、分级化互动管理，是集合了产业革命、技术革命和管理革命的综合性的效率变革。它将再造电网的信息回路，构建用户新型的反馈方式，推动电网整体转型为节能基础设施，提高能源效率，降低客户成本，减少温室气体排放，创造电网价值的最大

化。基于双向通信技术的电力集抄系统是互动电网的关键组成部分。相对于广播电视网和移动通信网,电力线网络具有覆盖范围广的优势。在许多偏远的山区,可能没有广播电视网和移动通信网,但是基本都有电力线网络。由于电力线是电网的通信介质,无须申请专用频段和额外施工,因此,在电力集抄系统中电力线载波通信技术得到普遍应用。电力线载波通信技术历史悠久,采用频移键控、相移键控等调制方式的电力线载波通信技术较为常见,且目前依然是国内低压集抄系统最常用、最普遍的电力线通信方式,这主要归因于频移键控、相移键控等调制电路的实现成本低廉且易于开发。2010~2015年以来,国家电网公司已累计集中招标2.4亿只载波智能电能表,在所有招标智能电能表中载波智能电能表占比高达70%。

我国低压集抄系统侧重于用电信息采集与管理,通过对用户用电数据进行采集和分析,实现用电监控、推行阶梯电价、负荷管理、线损分析等功能。低压集抄系统的实施关键在于信息技术、通信技术与电力系统的深度融合,内部管理的完善和主营业务的拓展均需要畅通的通信网络支撑。主营业务的拓展将增加实时通信的数据量,系统通信信道的不畅将造成数据阻塞、信息安全等问题。除此之外,目前低压集抄系统还存在以下问题:

(1) 低压集抄系统中主要采用无线公网进行数据的远程传输,但由于以GPRS/CDMA为代表的无线公网以服务于公共通信为主,吞吐量受限,其传输可靠性不能完全达到低压集抄高可靠传输的要求,安全性也得不到保证。

(2) 低压集抄系统中普遍采用频移键控、相移键控等调制方式的电力线载波通信进行本地数据传输,通信速率偏低,对噪声敏感,稳定性较差,相邻线路和相邻台区均易串扰。

(3) 由于在载波智能电能表大规模招标之前并未对电力线载波通信进行标准化,导致不同调制方式和工作在不同频率段的载波智能电能表在各地大量安装后,无法实现混装和互联互通。

(4) 电力线载波通信对电力非线性负荷(如开关电源、变频调速、晶闸管、光伏逆变器、节能灯)的适应性较差,尤其是电瓶车普及地区和工商业密集区域,通信成功率不高。

实现智能电网互动的前提是信息的共享,而目前智能电网中低压集抄系统侧信息交互采用不同的通信方式,拥有不同的通信传输媒介、传输特性和通信性能,使得各通信方式存在兼容问题,不便于新兴技术在该体系下的无障碍介入。

因此,电网企业、有关行业协会仍需要发挥引导作用,着重从通信技术、网络构架、通信协议、算法等层面进行标准化,才能从根本上解决低压集抄遇到的这些问题。

低压集抄系统的组成

低压集抄技术经历了数次技术革新,从最初脉冲信号采集数据,发展到在小范围内自动采集数据,现在已经能够在大范围内进行数据的自动、远程采集和控制,实现远程自动抄表(AMR),并发展到应用高速通信网络实现信息交互、远程费控等高级应用功能。伴随着先进通信技术的日新月异,低压集抄正逐步朝着高级量测体系(AMI)方向发展。

本章阐述低压集抄系统的组成,以系统的总体架构为出发点,分别阐述系统主站、通信信道、采集终端和智能电能表四个组成部分的构成和功能,并介绍费控体系。

2.1 总体架构

低压集抄系统是一项涉及用户众多、应用环境复杂、技术难度大、功能强大的信息集成系统,为确保低压集抄系统能够实现预期功能,在建设过程中应遵循经济实用、稳定可靠、标准统一等原则。基本原则主要包括以下几点:

(1) 可靠性和稳定性优先。电力系统的安全影响到社会的方方面面,为了保证电力系统的安全,低压集抄系统的可靠性和稳定性应该放在第一位。在低压集抄系统设计时,应从低压集抄系统架构、支撑技术、设备性能、运维管理等方面考虑,低压集抄系统必须达到最大的平均无故障时间,单个故障点对整个低压集抄系统的影响应尽可能小,并提供快速的故障恢复措施以及数据备份措施,设计冗余链路,备份数据库,提供低压集抄系统自我诊断和维护工具,采用多种技术手段以确保低压集抄系统运行的可靠和稳定。

(2) 数据集中及共享原则。使用统一的数据采集和管理平台,建立电能量数据中心,以统一的数据接口来面向电力行业的营销业务、生产管理需求,为用户提供服务,方便实现与其他的业务部门和数据中心之间的数据共享。

(3) 设备的开放性和标准性原则。为了充分发挥低压集抄系统所选用的技术和设备的运行能力及投资的长期效应,满足功能不断扩展的需求,必须追求设备的开放性、标准性和互换性。在遵循统一的国际标准和工业标准的前提下,系统设备应使用规范的网络架构,并遵守统一的接口标准,允许用不同厂商的产品来相互替代,这种替代包括整个低压集抄系统和组成部件,相同功能的设备能够相互替代,从而做到设备互换。

(4) 安全性原则。当今社会各种网络攻击手段层出不穷,各行各业均有信息泄露事件发生,电力行业涉及的用户信息非常敏感,要充分考虑低压集抄系统的安全性,低压集抄系统需要具有多级的安全措施和完善的用户权限管理系统,保障数据的安全性,防止非授权用户的侵入和机密信息的泄露。

(5) 统筹兼顾原则。低压集抄系统建设既要兼顾已有的信息基础，又要充分考虑到未来低压集抄系统扩充的可能。新技术的不断进步和电力行业的深化改革对低压集抄系统的规模和应用要求会越来越高，所以低压集抄系统的框架结构设计需要为未来的发展预留出足够的空间，以避免在几年后因为无法满足需求而重复建设。

(6) 坚持跟踪、反馈、更新、完善的原则。工程建设应保证低压集抄系统建设贴近应用实际的需要，以电能计量装置管理与电能量数据管理的业务需求为目标，指导低压集抄系统建设开发、培训和运行，使低压集抄系统真正发挥作用。

低压集抄系统需要与营销系统、生产管理系统、配网自动化系统、信通部门数据中心等多种类型应用系统接口，可采用 Web service、JMS 等交互方式，交换智能电能表档案信息、电能数据、异常信息、负荷数据、控制命令和工作任务等数据信息，共同协调实现电费结算、预付费管理等多种应用功能。

低压集抄系统由系统主站、通信信道、采集终端（集中器、采集器等数据采集和远程控制设备）和智能电能表四部分组成，其网络架构拓扑如图 2-1 所示，采集终端通过电力线载波、RS 485 或其他通信信道采集智能电能表上的数据信息，再通过以太网、无线公网（GPRS、CDMA、3G/4G）等网络发送到系统主站。

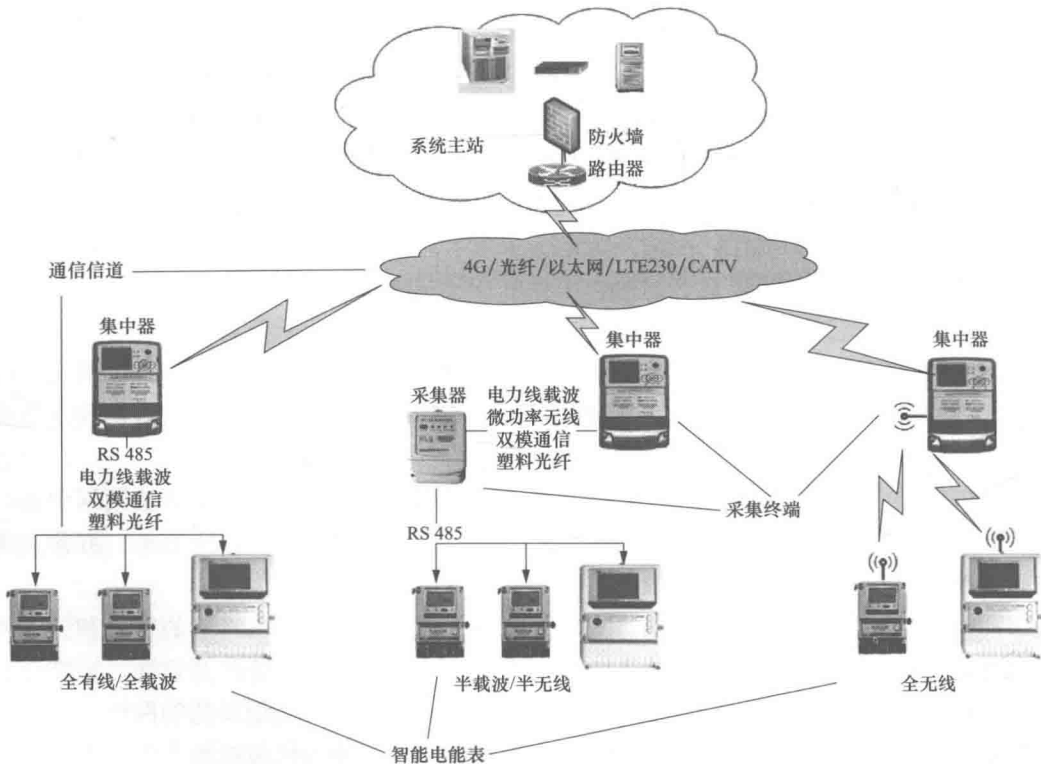


图 2-1 低压集抄系统网络构架拓扑图

通信信道是指系统各组成部分之间或者内部互相传递信息的信道，集中器到系统主站之间为上行通信信道，主要包括无线公网（GPRS、CDMA、3G/4G 等）、无线专网（230MHz/1800MHz）、光纤、CATV、以太网等；集中器到采集器或电能表间为下行通信

信道,主要包括 RS 485 总线、电力线载波、微功率无线、塑料光纤等。

采集终端是集抄系统中安装在现场的数据采集设备,是系统主站和智能电能表进行信息交互的枢纽,收集、保存智能电能表的数据并对数据进行处理分析,同时能够直接或者间接与系统主站进行数据交换。

智能电能表是智能电网分布最广泛的智能终端,除了具备传统电能表基本用电量的计量功能以外,为了适应智能电网和新能源的发展需求,它还具有双向多种费率计量、用户端控制、多种数据传输模式的双向数据通信及防窃电等智能化功能,灵活互动的智能电能表代表着未来节能型智能电网最终用户智能化终端的发展方向。

低压集抄系统主要功能如下:

- (1) 实现公变台区及低压居民用户计量点的数据采集。
- (2) 实现低压居民用户的费率控制管理。
- (3) 实现居民用电信息统计及台区线损分析等功能。
- (4) 提高电能计量设备的在线管理水平,及时发现和处理故障,有效防止窃电现象,减少电量流失。
- (5) 提供与营销系统及其他系统的接口,为市场营销、增值服务及生产管理等应用提供数据支撑。

系统主站具有链路管理、数据采集(终端操作控制)、基础应用(抄表、负荷控制)及综合应用(用电管理、异常分析、统计)等功能模块,为市场管理、业务处理、用电检查、抄表管理、计量点管理、电费收缴及账务管理、营销分析与辅助决策及用电异常数据分析等提供数据支持。系统主站包括软件和硬件两部分,软件部分有系统主站软件及布置在服务器上的其他应用软件;硬件部分有各种防火墙、路由器、交换机等设备。系统主站的硬件为软件提供物理支持,软件负责处理和综合分析各种数据。

2.2 系 统 主 站

2.2.1 组成结构

系统主站是低压集抄系统的“大脑”,负责管理整个系统的数据传输、应用、处理分析和信息交互,保障系统的安全运行,是一个包含软硬件的完整的计算机管理系统。

系统主站一般包括应用工作站、维护工作站、应用服务器、Web 服务器、数据库服务器、前置采集服务器、防火墙、GPS 时钟以及相关的网络设备,系统主站结构如图 2-2 所示。

系统主站的软硬件设计时需遵循有关国际标准和工业标准,其中,硬件需符合 ISO 9000 认证标准;数据库需使用国际通用的商用关系型数据库,如 Oracle、Sybase、Informix 或 Ingress 等,并支持 SQL 标准数据库访问语言,应用软件的开发一般采用面向对象应用开发技术,网络结构采用开放的分布式网络体系结构。

2.2.2 硬件设计原则

系统主站硬件设计时应注意以下几点原则:

- (1) 在遵循相关国际标准和工业标准的同时,应采用开放的分布式网络体系结构。
- (2) 在不影响系统整体性能的基础上,能尽量利用已运行正常的原有设备。

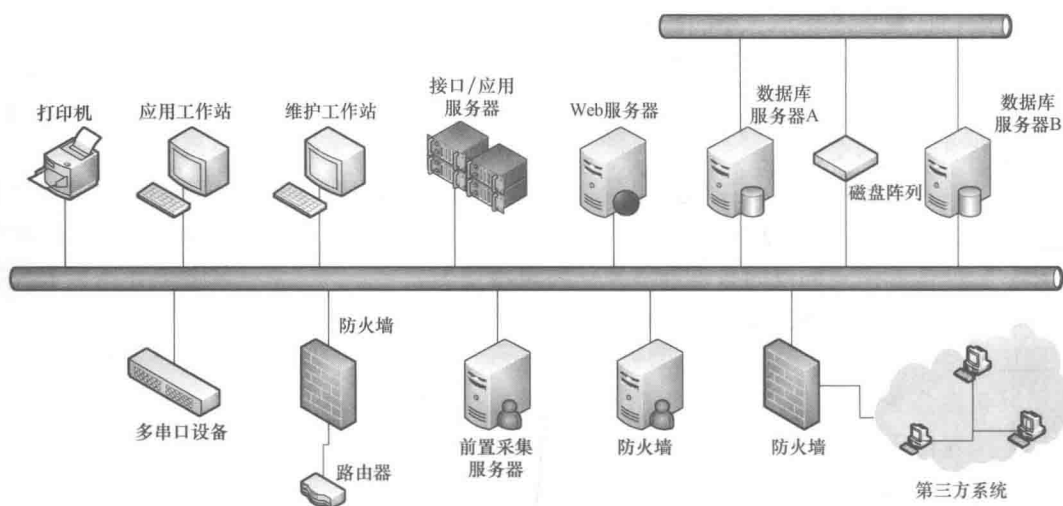


图 2-2 系统主站结构图

(3) 主要设备应采用冗余配置，使得系统具有较高的可靠性。

(4) 硬件设备应符合低压集抄系统的结构，硬件设备能够和系统内其他设备正常连接和通信。

(5) 硬件设备在根据实用要求进行配置的同时，应该具有超前性和先进性，具有较高的性价比，保证在较长时间内不会被淘汰。

(6) 硬件设备应尽量选用符合工业标准的市场上通用的产品，而且产品厂家能够提供及时专业的售后服务。

2.2.3 软件设计原则及架构

系统主站软件设计推荐采用 J2EE (Java2 Enterprise Edition) 技术搭建，相比于其他技术，J2EE 技术具有更高的安全性、可靠性、可伸缩性和扩展性。低压集抄系统具有复杂的应用环境、多变的业务规则、及时发布信息以及用户数量巨大的特点，使用 J2EE 技术构建的系统主站软件能够满足低压集抄的应用需求。

基于“通用、开放的一体化平台，应用功能组件化、模块化”的思想，设计的系统主站软件能够自动采集电能量数据、瞬时量数据、状态、报警等各种信息，对各种信息进行自动统计、计算和综合分析，并在此基础上可实现市场营销综合应用功能，并为生产部门的电网优化运行和规划、安全生产、降低网损等提供有效技术支撑。

系统主站软件应采用三层 Web 软件架构和组件化技术，保证系统的可扩展性、灵活性、安全性以及并发处理能力，能够适应集约化管理和日后业务发展的需求；系统主站软件采用分布式的体系结构，通过模块化设计方法逐步实现各项功能，可以采用分层、分步、全方位的开发设计模式，注重基础平台的建设，为未来的各种应用提供基础。采用前置机采集子系统、业务处理子系统、数据应用子系统三个子系统单元。系统主站软件构架如图 2-3 所示。

1. 前置机采集子系统

兼容多种通信方式（GPRS/CDMA/3G/4G 无线公网、LTE230/1800 无线专网、以太网、光纤等），以规约库的方式动态加载不同规约对象，实现与采集终端的通信，并将采集

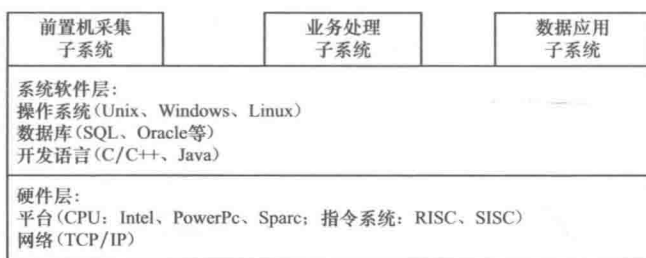


图 2-3 系统主站软件构架图

到的各类数据发送到数据应用子系统，实现规约与业务应用的隔离。

2. 业务处理子系统

为不同的应用提供相应的数据处理服务，如处理报警、统计数据、控制安全权限、完整性校验、处理命令时效、生成采集任务等。业务处理子系统为系统中的其他应用子系统提供中间接口，根据应用类型分别配置不同的业务处理子系统。

3. 数据应用子系统

具备数据采集、计算定义、计量业务、Web 浏览等功能，按管理功能赋予不同角色，能便捷地进行权限分配，不同角色对于系统主站的操作均应形成日志，便于后期维护和责任界定。

2.3 通信信道

低压集抄系统通信信道链接系统主站、采集终端及智能电能表，是信息交互的媒介，通常按照通信信道数据传输方式划分为采集终端到系统主站的上行通信和采集终端到智能电能表的下行通信两种通信信道。通信信道分类示意图如图 2-4 所示。

上行通信一般通信距离较远，常见的上行通信信道分为有线和无线两种，有线信道主要包括光纤、CATV 和以太网等，无线信道包括无线公网 (GPRS/CDMA/3G/4G 等) 和无线专网 (230MHz/1800MHz)。上行通信的应用层一般需要遵循 DL/T 698.41 《电能信息采集与管理系统 第 4-1 部分：通信协议—主站与电能信息采集终端通信》。

下行通信也称为本地通信，通信距离一般在几千米范围内，常见的下行通信有 RS 485、电力线载波 (窄带、宽带)、微功率无线、塑料光纤等。下行通信的应用层一般需要遵循 DL/T 645 《多功能电能表通协议》。

根据通信组网中是否有采集器设备，下行通信可分为全载波/全无线的下行通信组网方案 (如图 2-5 所示) 和半载波/半无线的下行通信组网方案 (如图 2-6 所示)。

由于现场复杂的电力环境，采集终端到智能电能表的下行通信方式呈现出多种多样的组网方式，常见的组网方式有 6 种，分别适用不同的应用场景，下行通信典型组网方式比较如表 2-1 所示。

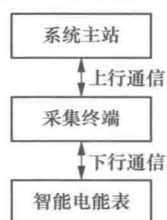


图 2-4 通信信道分类示意图

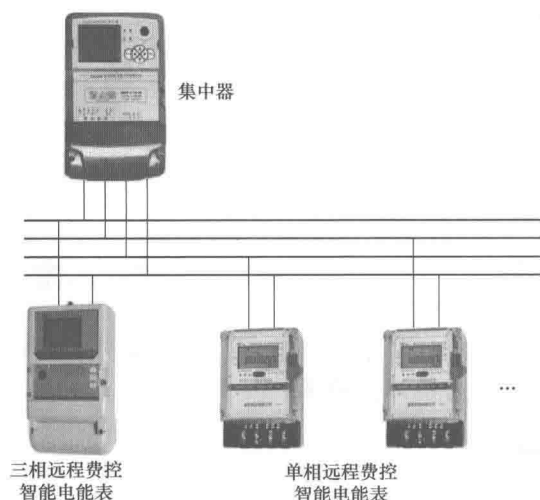


图 2-5 全载波/全无线的下行通信组网方案



图 2-6 半载波/半无线的下行通信组网方案

表 2-1

下行通信典型组网方式比较

组网方式	通信方式	特点	适用范围
全有线	集中器与智能电能表之间采用 RS 485 有线方式通信	(1) 工程量较大, 现场需布设大量通信线缆; (2) 通信可靠性最高, 通信效果优于混合载波和混合无线	适用于智能电能表集中安装的大型楼宇台区, 实现独栋楼宇数据采集
全载波	集中器与智能电能表之间采用电力线载波通信	(1) 工程量较小, 楼层之间、楼栋之间均无须工程施工, 智能电能表通电即可; (2) 易受电力环境的影响	比较适用于智能电能表安装分散的台区
半载波	使用采集器模式, 集中器与采集器之间采用电力线载波通信, 采集器与智能电能表之间采用 RS 485 通信	(1) 工程量相对较小, 楼栋之间无须布线; (2) 在表箱及楼层还需要布设 RS 485 通信线缆	适用于智能电能表集中安装的多个楼栋的台区
混合载波	(1) 对集中安装的智能电能表, 使用采集器模式, 集中器与采集器之间采用电力线载波通信, 采集器与智能电能表之间采用 RS 485 通信; (2) 对分散安装的智能电能表, 集中器与智能电能表之间采用电力线载波通信	结合了全载波和半载波的特点, 配置灵活, 现场应用也较广泛	适用于电力线载波环境较好的绝大多数低压电力台区
全无线	集中器与智能电能表之间采用微功率无线通信	(1) 工程量最小, 无须改动电力线走线, 通信速率高, 实时性较好; (2) 易受气候、障碍物等影响	适用于电力线环境较差、电力线噪声较高、阻抗变化较大的台区
半无线	使用采集器模式, 集中器与采集器之间采用微功率无线通信, 采集器与智能电能表之间采用 RS 485 通信	(1) 工程量相对较小, 解决了楼宇之间布线和地理线缆衰减较大等问题, 通信速率高; (2) 在表箱和楼层需要布设 RS 485 线	适用于楼宇之间采用地理线缆 (电力线载波衰减较大) 的多个楼栋的台区

组网方式	通信方式	特点	适用范围
混合无线	(1) 对集中安装的智能电能表, 使用采集器模式, 集中器与采集之间采用微功率无线通信, 采集器与智能电能表之间采用 RS 485 通信; (2) 对分散安装的智能电能表, 集中器与智能电能表之间采用微功率无线通信	(1) 系统抄表速度快、实时性好; (2) 易受气候、障碍物等影响	适用于智能电能表集中安装、楼栋之间无法布线和电力线载波衰减大的台区

2.4 采集终端

采集终端(集中器、采集器等数据采集和远程控制设备)是实现智能电能表数据的采集、数据管理及数据双向传输、转发或执行控制命令的设备,是低压集抄系统进行监测、控制的核心设备。

虽然没有采集终端也能实现远程抄表,但是抄表的效率会大大降低,而且数据完整率、数据共享等方面也会受到影响,所以,低压集抄系统普遍设置采集终端。

2.4.1 集中器

集中器具有与系统主站或手持设备进行数据交互的功能,能够存储和处理智能电能表数据信息,是低压集抄系统不可缺少的采集终端设备。集中器通过电力线载波、微功率无线或 RS 485 等通信方式采集智能电能表的电能信息。

集中器的功能和性能应符合 Q/GDW 1374.2《电力用户用电信息采集系统技术规范 第二部分:集中抄表终端技术规范》或 Q/CSG 11109003《低压电力用户集中抄表系统集中器技术规范》等标准。

集中器的型式结构需符合 Q/GDW 1375.2《电力用户用电信息采集系统型式规范 第二部分:集中器型式规范》或 Q/CSG 11109006《计量自动化终端外形结构规范》等标准。

集中器由液晶显示屏、按钮、各种通信接口、通信模块、主端子和辅助端子等组成,其外观结构示意图如图 2-7 所示。

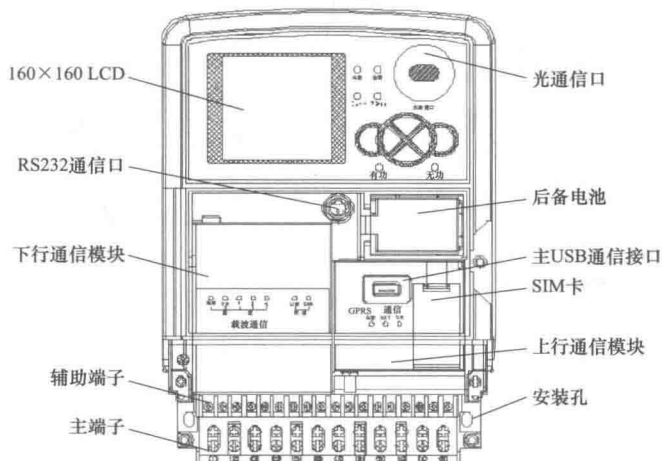


图 2-7 集中器外观结构示意图

集中器包含上行/下行通信，负责命令的发布和执行，是低压集抄系统中承担通信中转和透传作用的必备采集终端设备。在集中器的实际应用中，因不同时期的智能电能表通信规约不一致、增容引起产品不兼容，导致现场集中器需频繁地升级换代，给集抄系统的运行维护管理带来较大难度。

为充分发挥集中器作为通信中转和透传的作用，适应智能家居技术发展的要求，集中器的网关化已经是国际主流趋势，欧洲已在积极推进网关集中器，欧洲网关集中器组成示意图如图 2-8 所示。网关集中器的基本任务是实现通信的介质转换、分包和重组、路由等功能，规约解析在主站前置机，未来规约扩展将非常容易，只要物理层相同，各种规约都能接入，极大简化了现场安装调试和运营服务工作。网关集中器带来了系统扩容和升级的简便，使得未来系统能够通过“云端”实现多能源管理等多种业务。网关集中器同样包含了液晶显示屏、按钮、各种通信接口、可插拔通信模块、主端子和辅助端子等部分。

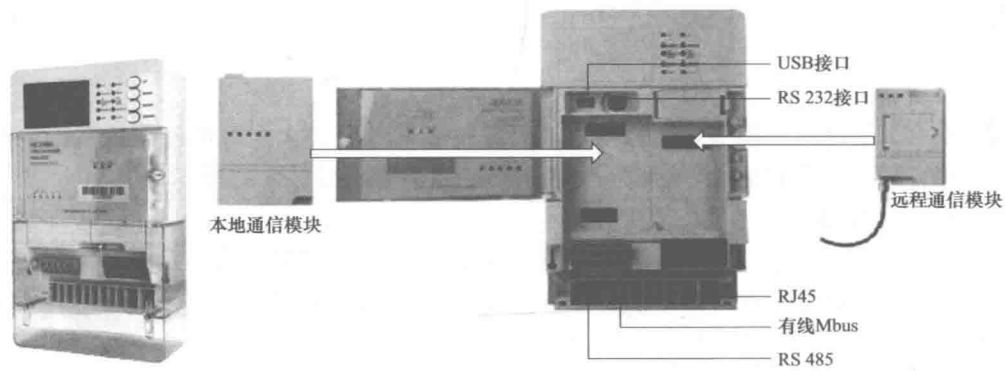


图 2-8 欧洲网关集中器组成示意图

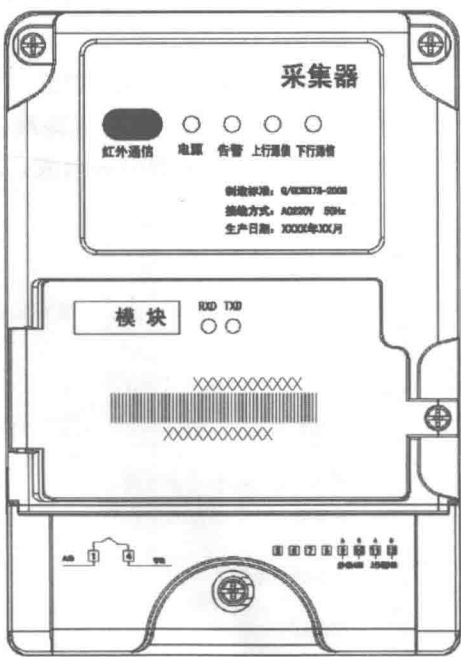


图 2-9 采集器示意图（单相表尺寸型式）

2.4.2 采集器

采集器能够采集智能电能表数据信息，需与集中器配合使用，属于根据现场应用和组网方案可选配的采集终端设备。

采集器的功能和性能应符合 Q/GDW 1374.2 或 Q/CSG 11109005 《低压电力用户集中抄表系统采集器技术规范》等标准。

采集器的型式应符合 Q/GDW 1375.3 《电力用户用电信息采集系统型式规范 第三部分：采集器型式规范》或 Q/CSG 11109006 等标准，单相表尺寸型式的采集器示意图如图 2-9 所示，小尺寸型式的采集器示意图如图 2-10 所示。

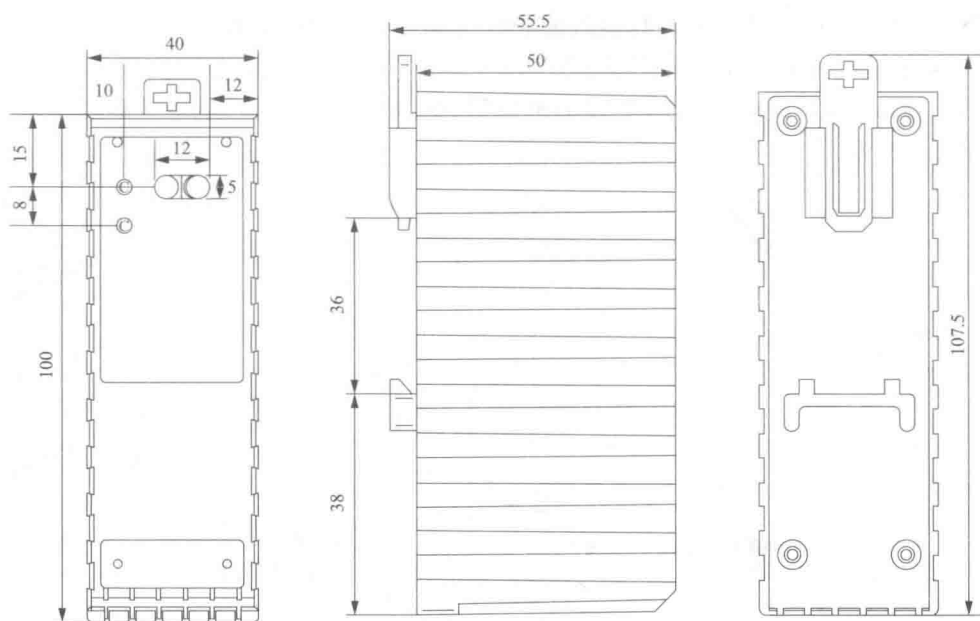


图 2-10 采集器示意图 (小尺寸型式)

2.5 智能电能表

智能电能表是低压集抄系统最基础的计量单元，是所有功能和应用的源头。智能电能表是一种具有信息存储及处理、电能计量、自动控制、实时监测、信息交互等功能的全电子式电能表，支持阶梯电价、双向计量、分时电价，能够实现分布式电源计量、智能家居及双向互动服务等功能。

智能电能表由电能计量、数据处理、供电和通信接口等单元构成，电能计量单元包括电流采样电路、电压采样电路、计量集成电路等，数据处理单元包括微控制器、数据内卡、掉电检测、日历时钟、继电器单元等。供电单元包括电源、电池等；通信接口单元包括 LCD、校验表输出口、按钮、辅助端子等。智能电能表的基本原理框图如图 2-11 所示。

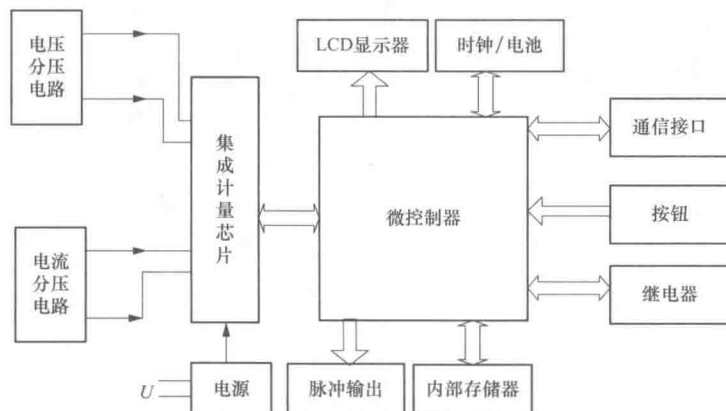


图 2-11 智能电能表的基本原理框图

在低压集抄系统应用领域，智能电能表分为单相智能电能表和三相智能电能表两种类型，单相智能电能表工作电压为交流 220V，三相智能电能表工作电压为交流 220V（相电压）/380V（线电压）。单相智能电能表的外形尺寸如图 2-12 所示，三相智能电能表的外形尺寸如图 2-13 所示。

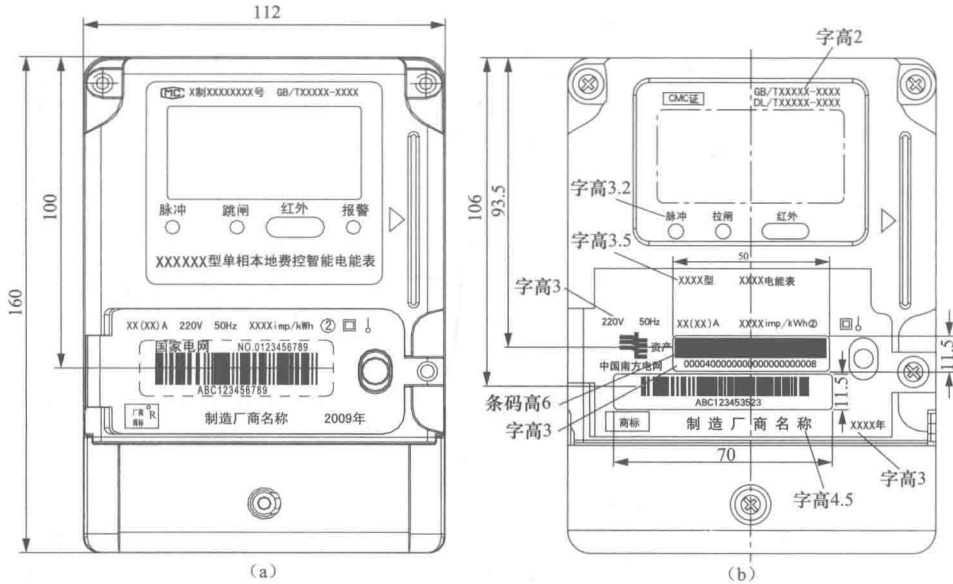


图 2-12 单相智能电能表
(a) 国家电网型式；(b) 南方电网型式

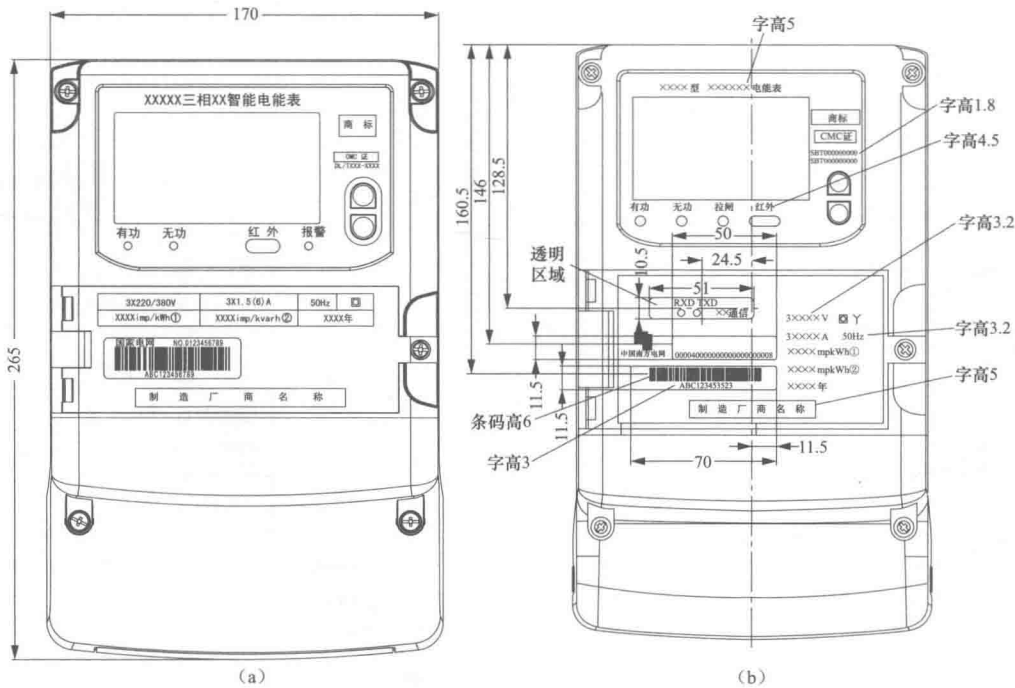


图 2-13 三相智能电能表
(a) 国家电网型式；(b) 南方电网型式

三相智能电能表作为一种先进的智能化、数字化的前端采集元件，可以直接取代常规电力变送器及测量仪表，已广泛应用于各种控制系统、SCADA 系统和能源管理系统。三相智能电能表采用交流采样技术，能测量电网中的三相电流参数，可通过面板薄膜开关设置倍率，带 RS 485 通信、报警输出、开关量输入/输出等功能。

2.6 费控体系

费控电能表的推广应用，可提高电网企业电费回收率、提升精益化管理水平，满足提高客户用电体验，提高客户满意度。由于智能电能表的电能计量数据与民生关系紧密，费控体系涉及客户资金、拉合闸指令等重要信息，为保障客户用电数据安全，必须建立完善的信息安全体系，支撑费控功能应用。2005 年，国家电力监管部门（国家电力监管委员会，国家能源局）发布《电力二次系统安全防护规定》〔电监会 5 号令〕，也对电力系统内部信息安全做出明确规定。

费控智能电能表总体分为本地费控智能电能表和远程费控智能电能表两种类型。

1. 本地费控智能电能表

本地费控智能电能表是在智能电能表本地实现费控功能的电能表，实现电能表本地计量、本地计费和本地费控。

本地费控智能电能表支持以 CPU 卡或射频卡等作为固态介质进行充值及参数设置，同时也支持通过虚拟介质远程实现充值、参数设置及控制功能。本地预付费与远程预付费是本地费控智能电能表所应具有两种预付费方式，而费控功能则都是在智能电能表本地内部实现的。

本地费控智能电能表的主要功能特点有：

- (1) 射频卡读取速度较慢，一般购电操作 3s 完成读卡，若更新大量参数则控制在 10s 内，需要设备读卡算法补充（刷卡成功的提示方式），刷卡直至看见成功提示再取卡。
- (2) 电能表剩余金额触发报警，首次电费不足的跳闸可手动复电，提醒用户及时购电，直至金额不足才跳闸。
- (3) 剩余金额可在电能表和交互终端上查询。
- (4) 丢失用户卡后，可补发，但需要将补发的用户卡插入电能表一次再后续购电，原用户卡失效。
- (5) 开放远程充值功能，远程充直到电能表，未充值成功补发用户卡。

本地费控智能电能表工作模式示意图如图 2-14 所示。

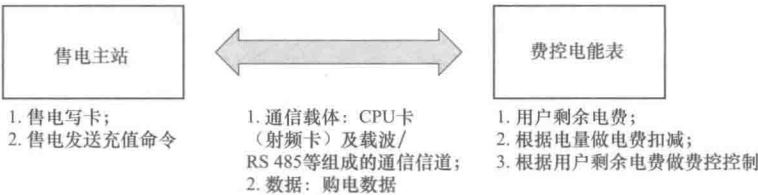


图 2-14 本地费控智能电能表工作模式示意图