

用电信息采集系统 和智能电能表 知识问答

章欣 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



中国电力科学研究院专著出版基金资助

用电信息采集系统 和智能电能表 知识问答

章欣 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

为加快推进用电信息采集系统建设,向在一线工作的技术人员和电力用户介绍采集系统和智能电能表的基础知识,解答现场工作和实际生活中的常见问题,特编写本书。全书共分8章,主要内容包括用电信息采集系统基础知识、主站应用技术、通信技术、安全防护技术、采集终端、智能电能表基础知识、智能电能表技术以及智能电能表常见故障及检定技术。

本书结构清晰、内容丰富、图文并茂、注重基础理论和实际应用相结合,可供电网建设、研究和工程技术人员使用,也可供电力用户普及相关知识参考。

图书在版编目(CIP)数据

用电信息采集系统和智能电能表知识问答 / 章欣主编. —北京: 中国电力出版社, 2014.6

ISBN 978-7-5123-5301-5

I. ①用… II. ①章… III. ①用电管理—管理信息系统—问题解答②智能电度表—问题解答 IV. ①TM92-39
②TM933.4-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 292470 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

*

2014 年 6 月第一版 2014 年 6 月北京第一次印刷

710 毫米×980 毫米 16 开本 8 印张 133 千字

印数 0001—3000 册 定价 30.00 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

《用电信息采集系统和智能电能表知识问答》

编 写 组

主 编 章 欣

副 主 编 杨湘江 徐英辉 赵 兵

编写人员 (按姓氏笔画排序)

刘 岩 刘 宣 江小强 阿辽沙·叶

孟 静 林繁涛 罗冉冉 郑安刚

姜洪浪 祝恩国 郜 波 唐 悦

董俐君 翟 峰

前言

当前，国际国内的经济发展和能源形势正在发生深刻变化，能源的开发利用、电网的协调发展面临新挑战。作为能源供应的重要组成部分，电网对于清洁能源的发展至关重要，其发展规模也因此面临巨大挑战和抉择。为此，国内外电力行业和研究机构积极开展了一系列创新性的研究、探索和实践，智能电网成为全球电力工业应对未来挑战的共同选择。作为电力系统的末端，用电领域也开始积极倡导智能用电，而智能用电与电力用户关系最为紧密，智能用电建设的好坏直接关系到电网的能源使用效率、经济运行和有序用电。

用电信息采集系统和智能电能表是建设智能用电重要的物理基础。用电信息采集系统可对电力用户的用电量进行采集、处理和实时监测，可实现用电信息的自动采集、计量异常监测、电能质量监测、用电分析和管理的、相关信息发布、分布式能源监控、智能用电设备的信息交互等功能。用电信息采集系统建设可改变原有的用电信息采集模式，实现抄表及电费结算的智能化，提高电网营销管理水平，指导社会科学合理用电，为全面实施居民阶梯电价提供有力的技术支持。

智能电能表是用电信息采集系统的主要组成部分，也是电力用户最为关注的设备。通过智能电能表可以随时了解用电量、电压、电流等实时用电情况，通过技术手段指导用户科学合理用电，确保抄表及时、核算准确，有利于执行阶梯电价政策，促使我国经济发展更健康，社会更和谐，生活更美好。

目前国家电网公司系统正在按照统一的技术标准和方案，全力推进系统建设。为了让社会公众了解用电信息采集系统和智能电能表的应用，本书用通俗易懂的语言和以问答的方式阐述了用电信息采集系统和智能电能表的基础知识，重点对用电信息采集系统主站应用情况、通信技术、安全防护技术、采集终端、智能电能表技术

等内容进行了介绍。

我们衷心希望通过本书，能让更多关心用电信息采集系统的人士了解我国建设用电信息采集系统的意义，重视推进用电信息采集系统的发展和智能电能表的应用，共创我国电力工业灿烂的明天。

本书的出版得到了中国电力科学研究院科技专著出版基金资助。由于技术迅猛发展，加之编者水平有限，书中疏漏和不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编者

2013.12

目 录



前言

1 用电信息采集系统基础知识·····	1
2 用电信息采集系统主站应用技术·····	13
3 用电信息采集系统通信技术·····	23
4 用电信息采集系统安全防护技术·····	44
5 用电信息采集终端·····	47
6 智能电能表基础知识·····	84
7 智能电能表技术·····	98
8 智能电能表常见故障及检定技术·····	112



用电信息采集系统基础知识

1.1 什么是用电信息采集系统？

答：用电信息采集系统是对电力用户的用电信息进行采集、处理和实时监控的系统，实现用电信息的自动采集、计量异常监测、电能质量监测、用电分析和相关信息发布、分布式能源监控、智能用电设备的信息交互等功能。

1.2 用电信息采集系统由哪几部分组成？

答：用电信息采集系统包括主站、通信信道和采集终端三部分，其物理组成结构图如图 1-1 所示。主站存储所有电力用户的电能信息并与营销系统对接，通信信道包括光纤专网、GPRS/CDMA 无线公网、230MHz 无线专网等，采集终端包括专用变压器采集终端（简称“专变终端”）、集中器、采集器等各类现场终端。

1.3 用电信息采集系统有哪些关键技术？

答：用电信息采集系统关键技术包括智能电能表、采集终端、主站软件、安全加密、本地及远程通信技术。

智能电能表能实现连续的带有时标的多种间隔用电计量，它实际上是分布于智能电网上的测量点和智能传感器；采集终端用于非居民用户及居民用户用电信息采集，并对用电异常信息进行管理和监控；采集主站软件实现对电力用户用电信息的采集和管理，并与营销业务管理系统互联互通，支撑智能用电服务的基础信息业务应用平台；安全加密技术是不可缺少的安全保障手段，尤其是在数据的传输和存储两个关键阶段；先进的通信技术支撑体系是实现坚强智能电网电力流、信息流、业务流高度一体化的前提，建立高速、双向、实时、集成的通信系统是实现智能电网的基础，因为数据获取、保护和控制都需要这样的通信系统的支持。

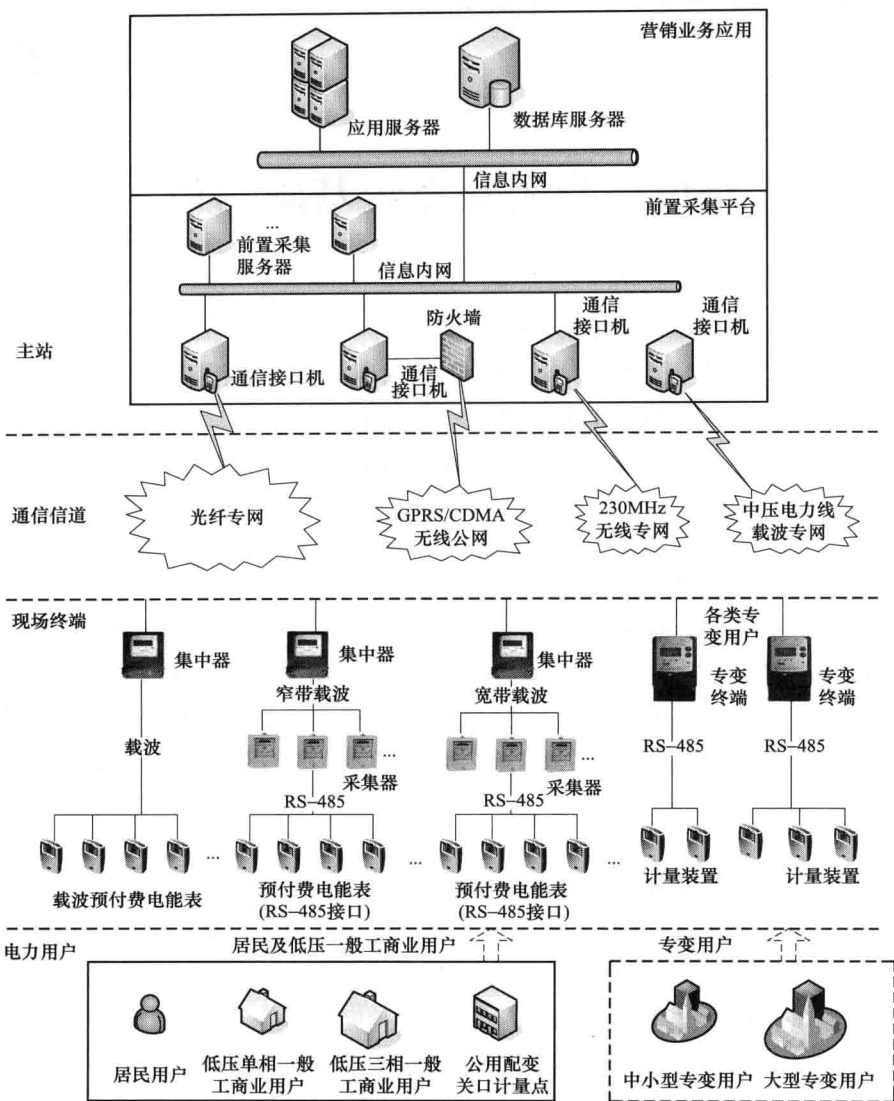


图 1-1 用电信息采集系统物理组成结构图

1.4 国外用电信息采集系统经历了怎样的发展过程？

答：2001 年，意大利的电力公司改造和安装 3000 万台智能电能表，建立起了智能化计量网络。

2006 年，欧盟理事会发布了能源绿皮书《欧洲可持续的、竞争的和安全的

电能策略》，提出智能用电服务方面的目标。同年，美国能源部启动“电网智能化”工程：一方面是客户自主设定电器设备的使用功率和时间，从而节省电费，舒适却不浪费。另一方面是监控地区电网的使用情况，实现用电自动化。

2008 年，法国电力公司拟定将法国目前使用的 2700 万只普通电能表全部更新为“智能电能表”，使客户能自动跟踪自己用电情况，并能进行远程控制。法国超过 1000 万客户可以通过网站、Email、电话、专门的电子接收装置，获得最大关键峰荷电价信息，调整用电方式。同年，美国科罗拉多州的波尔得市宣布成为了全美第一个智能电网城市，通过为全部家庭安装智能电能表，客户可以获得电价信息调整用电时间，并可优先使用风电和太阳能等清洁能源；变电站则可以采集到每户的用电信息，并且在问题发生时重新配备电力。截至 2008 年底，全美有 42 个州进行了智能电能表的试点和安装。

2009 年，美国发布《复苏计划尺度报告》，智能电网是其中的重要组成部分，包括为 4000 万美国家庭安装智能电能表，实现远程管理及读表等功能；地中海岛国马耳他公布了和 IBM 达成的建立一个“智能公用系统”的协议，计划把马耳他 2 万只普通电能表替换成互动式电能表，实现电厂能实时监控用电，并制定不同的电价来奖励节约用电的客户。根据英国政府披露的计划，到 2020 年，每个英国家庭都必须安装“智能电能表”，实现远程抄表和对设备用电的“动态”控制，以及将客户利用风力或太阳能所发的电“卖”给电网，以降低能源耗用量。

1.5 我国用电信息采集系统经历了怎样的发展过程？

答：我国的用电信息采集系统经历了电力负荷管理系统、远方集中抄表系统、电能信息采集与管理系统、用电信息采集系统等不同的发展阶段。最初的电力负荷管理系统通过采集大用户的用电负荷信息，实现有序用电管理功能。低压集中抄表系统定时或实时抄收采集器或直接采集电能表所存储的电能信息数据，并上传给主站，实现用电信息的自动采集。

从 20 世纪 90 年代至今，我国电力公司根据业务发展的需要，已建立了针对不同类型用户的电能信息采集系统，主要包括关口电能量采集系统、电力负荷管理系统、客户电能量采集系统、低压集中抄表系统和配电自动化系统。目前，用电信息采集系统可以采集关口、配电变压器和各类用户的用电信息，实现数据采集、管理、监测、控制、综合应用等多种功能。

用电信息采集系统建设是一项复杂的系统工程，2008 年以前，用电信息采

集系统仍是各网省、地市公司自行建设,缺乏统一的规划和标准,且受系统规划、运行管理及资金投入等各方面因素的制约,现有这些系统只是实现了对部分用户的电能信息采集和数据的初步应用,营销人员无法及时、准确、全面地掌握关口、售电侧的电能信息,不能满足当前营销业务应用的需要,现实需求和数据供给能力还存在着巨大差距,因此,国内开始建设涵盖所有电力用户的用电信息采集系统。

为适应电力市场化运作和营销现代化建设的要求,需要全面建设用电信息采集系统,提升企业集约化、精益化和标准化管理水平,改变长期以来不能及时准确掌控电力用户用电信息的局面,满足电力企业各层面、各专业对用电信息的迫切需求。2008年9月,国家电网公司启动了“计量、抄表、收费标准化建设”项目研究工作,在公司系统范围内,统一了智能电能表和用电信息采集系统的技术规范,对智能电能表和用电信息采集终端的外形结构、功能配置、可靠性要求、通信协议、信息交换安全认证、验收检验等方面都提出了具体要求,形成了智能电能表的12项技术标准和用电信息采集终端的24项技术标准,为产品的设计开发、生产制造和规模化应用提供了系统性的基础技术文件,为智能电网工作的稳步推进和用电信息采集系统建设提供支撑和保障。

2009年以来,国家电网公司以“全覆盖、全采集、全费控”为建设目标,按照“统一规划、统一标准、统一实施”的原则推动智能电能表应用和用电信息采集系统建设。截至2013年6月底,已累计安装应用智能电能表1.73亿只,用电信息采集系统覆盖1.73亿户。目前,国家电网公司系统27个省公司的采集系统主站建设已全部完成并投入运行,采集数据在抄表收费、营业稽查、线损分析、业扩报装、故障抢修、有序用电、互动服务、电力交易、配网运行与电能质量监测等多项业务中得到应用。我国用电信息采集系统的建设和应用提高了用电信息采集自动化水平,提高了线损分析的准确性和时效性,对于提升客户服务能力、满足客户多元化需求、制定有序用电方案、保障电网安全稳定运行具有重要意义。

1.6 用电信息采集系统有哪些功能?

答:(1)数据采集功能。系统可以按照设定的日期和时间,以实时、定时、主动上报等方式,采集电能数据、电能质量数据、负荷数据、工况数据、事件记录数据等信息。

(2)数据管理功能。对采集的原始数据和应用数据进行分类存储和管理,

对数据的完整性、正确性进行检查和分析,提供数据异常事件记录和告警功能,保证原始数据的唯一性和真实性,提供完备的数据备份和恢复机制,保证系统数据的安全、可靠。

(3) 综合应用功能。

1) 自动抄表管理。根据采集任务要求,自动采集电能表的数据,获得电费结算所需的用电计量数据和其他信息。

2) 电费电价分析。按不同的用户、电价类别,对用户的用电规律进行统计分析,测算执行不同电价政策对回收电费及用户用电的影响。

3) 预付费管理。根据需要,配置预付费控制参数,对用户实施预付费管理,采集用户剩余电费信息,及时提示用户剩余电费和缴费信息,并可执行跳闸控制。

4) 有序用电管理。根据有序用电管理或安全生产管理要求,编制有序用电方案,并按指令对电力用户用电负荷进行有序控制。系统可以根据需要对重要用户实施保电技术措施。

5) 用电情况统计分析。按不同的类别及组合方式对用电负荷、负荷率、用电量进行分析,以便及时了解系统负荷、电量的变化情况。通过分析配电变压器三相负荷及台区下各相线所接用户电量统计数据,确定三相不平衡度,为调整用户相线负荷分布提供依据。

6) 实时监测。通过实时采集电压、电流、状态量等信息,对配电变压器、电能表等设备进行实时在线监测。

7) 异常用电分析。系统对采集数据进行比对、统计分析,及时发现用电异常情况,启动异常处理流程。

8) 电能质量数据统计。对电压监测点的电压按照电压等级分类进行统计,分析电压合格率和功率因数等指标。

9) 线路损耗统计分析。实现配电线路电能信息全采集,为实现分线、分区、分片线路损耗自动统计分析和考核管理提供技术支持。

10) 信息发布。系统可以通过互联网、售电终端、手机短信等方式进行用电信息的发布,能够按照设定的操作权限向企业用户、居民用户、发电企业等提供不同的数据查询范围。

(4) 运行维护管理功能。系统具备对时功能,保证系统内设备时钟准确;对系统操作员实行权限和密码管理;建立系统和终端档案,对终端、通信设备、中继路由参数等进行设置和管理;对系统设备的运行状况进行监测,记录故障

信息,生成故障通知单,启动故障处理流程,并建立相应的维护记录;根据不同需求,对各类数据组合生成各种报表并支持导出、打印等功能。

1.7 用电信息采集系统的主站由哪几部分组成?

答:主站主要包括服务器主网络、通信子网、工作站子网以及营销应用系统和其他应用系统互联等四部分。服务器主网络主要由数据库服务器、应用服务器、接口服务器以及主网络交换机等设备组成;通信子网主要由前置服务器集群以及通信子网交换机等设备组成;工作站子网主要由各地市公司(供电局)远程工作站、省(直辖市)公司工作站以及相关网络设备组成;与营销应用系统和其他应用系统互联主要由接口服务器、防火墙等设备组成。

1.8 用电信息采集系统有哪些通信方式?

答:用电信息采集系统的数据通信网络必须稳定可靠,采集数据的传输由远程通信和本地通信两类通信网络构成,分别提供采集终端至系统主站间的远程数据传输和智能电能表至采集终端之间的本地数据传输。

远程通信可采用光纤专网、GPRS/CDMA 无线公网、230MHz 无线专网和中压电力线载波等,具体的通信方式要综合考虑系统建设规模,技术前瞻性,通信实时性、安全性、可靠性等因素确定。

本地通信可采用电力线载波、微功率无线通信技术和 RS-485 总线相结合的典型组网方式,主要有两种:

(1)“集中器—电能表”方式是集中器通过电力线载波或微功率无线直接与智能电能表通信。

(2)“集中器—采集器—电能表”方式是集中器通过电力线载波或微功率无线与采集器通信,采集器通过 RS-485 总线与智能电能表通信。

1.9 针对不同类型的电力用户,用电信息采集系统选用哪些模式采集数据?

答:大型专用变压器用户和中小型专用变压器用户应采用“专变采集终端+RS-485 多功能电能表”采集模式,大型专用变压器用户可选择安装带交流采样专变终端或不带交流采样专变终端,中小型专用变压器用户可选择安装不带交流采样的专变终端。

低压三相一般工商业用户可选择安装远程多功能电能表,也可选用集中器采集方式。

低压单相一般工商业和居民用户采用“集中器+载波预付费电能表”或“集中器+采集器+RS-485 电能表”两种采集形式。

公用变压器计量点采用“集中器+RS-485 多功能电能表”形式。

1.10 国外电力负荷管理技术经历了怎样的发展过程？

答：20 世纪 30 年代，欧洲工业国家为调整用电负荷曲线，开始实施鼓励晚间用电政策。采用钟控的技术措施，当电子钟走到设定的不同时间段时接通不同的计费电能表。

20 世纪 40 年代，法国首先研制出由电子控制的变速电机装置，它可以向电网上叠加发送一串经编码的音频脉冲信号，这些信号在电网上传输到 220V 侧，接收装置可以从 220V 电源中检出此信号，根据信号中地址码和功能码的要求再去切换电能表或投切电热水器等负荷，实现了远方集中控制，大大提高了工作效率。初期的音频电力负荷控制系统（Ripple Control System）便由此诞生。

20 世纪 60 年代初，出现了全电子式音频电力负荷控制系统，并在西欧工业发达国家得到普遍应用。尤其在法国、德国、瑞士等国家，几乎每个 110kV/20kV 变电站内都安装了音频信号发送装置，每个家庭都装有音频信号接收机。

20 世纪 70 年代初期出现了世界性能源危机，美国、东欧、日本、新加坡等国家相继引进音频电力负荷管理系统，并得到迅速推广应用。从 70 年代起，美国电科院和制造企业联合开发了载波电力负荷管理系统，它与音频负荷管理系统基本原理相同，但它是一个双向系统，且载波信号发射器功率较小，便于安装调试。由于它是一个双向系统，所以扩大了应用范围和功能，双向终端除有控制功能外，又增加了远方集中电量抄收、电压监视功能，该系统在 20kV 或 6kV 配网调度自动化系统中得到广泛应用。

20 世纪 90 年代初，几个主要国家年生产音频接收机约 70 万台，全电子式音频电力负荷控制系统主要用来切换分时计费电能表、分批投切电热水器、空调机，在保证用户正常使用的条件下，实现有目的的分组投切电热负荷，避免出现尖峰负荷，使日用电负荷曲线渐趋平衡，供用电双方都取得很好的经济效益。

1.11 我国电力负荷管理技术经历了怎样的发展过程？

答：20 世纪 70 年代，仍处于计划经济时代的中国由于电力供应缺口较大，

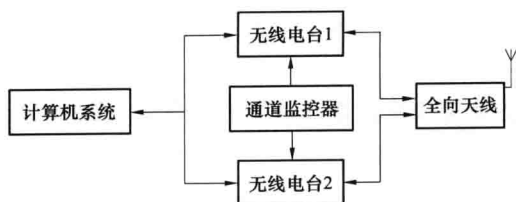


图 1-3 中央控制站组成结构图

无线电负荷管理系统的中央控制站主要具有以下功能：

- (1) 数据采集和参数设置功能。
- (2) 控制功能。
- (3) 应用功能。
- (4) 运行管理功能。

1.14 无线电负荷管理系统为什么要使用中继站？中继站由哪几部分组成？

答：由于距离、地形或地貌等原因，中央控制站发出的信息可能无法有效地传输到每一个被监控终端，需要通过中继站使中央控制站与各被监控终端之间可靠地传输信息。

中继站由监控计算机、收/发信机和全向天线组成，其组成结构如图 1-4 所示。



图 1-4 中继站组成结构图

收/发信机(1)采用高增益的定向天线，方向对准主站，确保对主站通信的可靠性。它平时处于接收状态，随时准备接收主站发来的信息。当接收到的地址号是属于本中继站范围内监控的终端时，则把该指令内容存入监控计算机，监控计算机启动收/发信机(2)并把该指令内容发送出去，然后等待接收该终端的返回信息，收到信息后存入监控计算机中并启动收/发信机(1)，把收到的终端发来的信息转发到主站，从而完成一次中继信息功能。

由于中继站通常为无人值班站，为提高其工作的可靠性，收/发信机(1)和(2)均有热备用机，监控计算机实时监控它们的运行状态，如发现某一收/发信机工作异常，就自动切换到备用机，并把收/发信机的运行状态传送到主站，

使主站对系统设备进行监视和管理，确保系统可靠运行。

1.15 无线电负荷管理系统中无线双向监控终端的功能是什么？

答：无线双向监控终端的功能是：

(1) 参数设置功能。接收主站设置命令，这些设置参数保存在终端内，主站可随时查询。

(2) 信息采集功能。实时采集交流电压、电流、电能表中的数据和脉冲信息，以及被控开关状态信息。

(3) 告警功能。当电量或负荷达到设定告警值或超指标时，终端发出声（或语音）、光信号，提示值班人员调整负荷，确保重要负荷用电。当重新购买电量（费）后，电量告警自动撤消。

(4) 控制功能。由主站发指令设定当地闭环控制（功率定值、电能量定值闭环控制）投入或解除、保电投入和解除、剔除控制的投入和解除、当前功率下浮控、厂休控、营业报停控的投入和解除，以及直接由主站发令执行遥控命令。

(5) 事件记录功能。重要事件（如跳闸）、重要设置参数变化等，终端应记录发生的时间及发生时的功率/电能量等信息备查上报；一般事件（如终端停电、越限记录等）发生后，做好事件记录，等待主站查询。如终端停电时，应记录停电的起始时间。

(6) 通信功能。终端能根据主站要求，定时或随机向主站发送采集的和存储器内的功率、最大需量、电能量、状态量等信息。终端也能根据需要设置中继转发功能，使系统内通信更可靠和方便。终端必须能与电能表通信，即按设定的间隔抄收和存储来自电能表的数据，并按主站要求上传给主站。

(7) 显示功能。当地可查看到实时采集到的负荷信息、本月累计电量或保留的上月电量、本月和上月最大需量。各轮次开关的运行状态、时钟、时段及相应费率及电能量。

(8) 自检自恢复功能，记录每日自恢复次数。

1.16 远方集中抄表系统由哪几部分组成？

答：远方集中抄表系统由主站、通信信道、集中器、采集器、电能表等组成，其组成结构如图 1-5 所示。