

基于物联网的能耗监控及节能管理在政府和企业中的应用

节能与能效管理已成为目前社会生活中重要的组成部分，国家对此的支持力度也很大。从物联网和信息化的角度对能效管理与监控进行了论述，在信息平台构成上提出政府级和企业级两级平台互为依托的网状架构模式，并以监、管、控作为信息化能效管理的关键与核心关注点。

周照智¹ 孙玉梅²/1.国网重庆市电力公司万州供电分公司
2.甘肃省民乐县水务局



周照智/工程师

0 引言

按照《中华人民共和国节约能源法》的规定，用能单位应当加强能源计量管理，建立能源消费统计和能源利用状况分析制度，对各类能源的消费实行分类计量和统计，能耗的计量、监测与管理，是实现节能减排的基础。

但是，目前粗放式的管理方法和低层次的技术手段，无法有效地指导节能减排工作，导致能耗数据残缺不全、能耗管理成本过高、能耗评估机制缺乏、节能方案实施不力等诸多问题，迫切需要一种集约、高效、精细化的能耗管理机制。

基于物联网的能耗管理系统，就是通过互联网对各类能耗实行精细计量、实时监测、智能处理和动态管控，达到精细化管理的目标。

基于物联网的能耗计量与管控系统能有效地解决精细计量、智能处理、动态分析、实时评估等节能减排的关键问题，为用能单位实施合同能源管理、实现技术节能和管理节能提供随时随地、直观准确的计量核算和动态管控手段，

有利于建立科学、系统的节能减排分析方法，完善节能减排的评价指标与体系，实现“感知、管控、再感知、再管控”的良性循环，深入挖掘节能潜力、持续优化节能方案、不断提高节能效益、全面实现节能目标。

其适用于公共机构、工矿企业、通信、交通、学校、园区和乡镇住宅群等实施全面能耗计量、监测、控制和管理，也能够满足各级能源主管部门以及能源审计、评估、公正等第三方监管机构对加强用能管理、落实节能措施、开展节能工作、实现节能目标的需求。

相关统计显示，2010年仅通信行业的耗电量就超过350亿kW·h；如果全面实施节能改造及管控，即使按18%的节能率计算，每年的行业总节电量就可达60亿kW·h，相当于节约燃煤73万t，减少二氧化碳排放509万t，节能减排的效果十分显著。

1 基于物联网的信息化能效监控系统

(1) 物联网的概念

物联网技术是近年来才兴起的先进信息化技术，其应用方兴未艾，核心在于利用无所不在的传感设备和装置将所有上层平台感兴趣的信息收集上来，再利用强大的上层平台软硬件进行处理，从而达到点级别的信息感知和处理的目的。

从上可知，基于物联网技术的信息化能效平台其关键核心点在于“监”、“管”、“控”三点。

(2) 能效系统中的“监”

监就是监测，现实中的耗能设备各

关键词/Keywords

信息化·
物联网·
精细化管理·
能效采集·
平台·
软件架构·
数据协议·

各式各样，千差万别，其耗能信息的收集是能效系统的第一步和基础，没有翔实及时的耗能数据收集，上层的信息处理乃至能效优化方案都是空中楼阁。

要能够实时和准确地收集能耗信息，就需要各类实用的能耗计量设备，对不同的能量消耗也要有科学的分类，并且还需要有一个可靠的信息传输通道。

在对不同能耗进行分类上，国家也已出台了不少相关规范，如《关于印发国家机关办公建筑和大型公共建筑能耗监测系统建设相关技术导则的通知》中将建筑分为8类，将分类能耗分为6类，分项能耗分为照明插座用电、空调用电、动力用电、特殊用电等4项。

在搭建政府或企业级能效平台的过程中，开发企业也可在这方面作出自己的有益探索，根据具体情况扩展或创立合适的分类。

信息传输上，根据不同的应用场景，可采用不同的传输方式，这一点在本文的第7节有一些论述，可做参考。

(3) 能效系统中的“管”

数据采集上来后，如果不进行分析和处理，那只不过是一堆庞大的基础数据列表罢了，对使用人员不具备现实的应用意义。

因此，对能效信息数据的处理是能效系统中的重中之重。关于这一点，将在本文的第4、5节专题论述。

(4) 能效系统中的“控”

这里的“控”不仅仅是指能效的控制，它更多的包含了能效优化建议、优化措施的含义，在对能效数据进行处理和分析的基础上，提出能效优化建议是能效系统的最终和最高目标。在本文第5节对此有相关论述。

2 基于物联网的信息化能效监控系统特点

采用物联网、云计算、精细计量、数字传感等先进技术，能够实时、全面、准确地采集水、电、油、气等各种能耗数据，动态分析能耗状况、辅助制定并不断优化节能方案、智能调整耗能设备的最佳运行状态、实时准确地核算节能

量，具有在线计量、监测、分析、控制、管理等功能，为用能单位实施定额控制、制定节能措施、提高节能效率、核定节能收益提供科学、有效的管控手段，是精细化、智能化、现代化节能减排管理不可或缺的重要保障；系统应具备以下特点。

(1) 标准化、模块化

能耗管理系统是随着国家对节能减排工作的重视才逐步发展起来的新型信息系统，因此涉及很多新的标准，能耗管理系统在协议、设备指标、设备配置、报表格式等方面需要做大量工作，要求能符合各企业用户以及政府能耗监管的需求，达到标准化、提高能耗监管效率的目的。系统的开发应严格按照模块化方式进行，客户可以根据自己的个性化需求选择子系统及模块，也可提出特殊要求开发新的模块并无缝植入系统。

(2) 计量精细化

系统应使用标准化的模块式管理，计量子系统设备部分采用高精度的数字仪表，经通信网络实时传输至管理中心并长时存储于数据库，精度可细化到每个设备某时某刻的计量值，再结合智能化的数据处理方式，达到计量精细化的目的。

(3) 处理智能化

根据采集终端收集的各类能耗数据，系统可针对不同的数据依据用户制定的能耗规则进行处理，如提出告警、给出合理化建议、甚至断开某些不正常耗能设备等。

(4) 分析动态化

系统不间断地收集各类计量设备的各项能耗数据，每个计量设备在系统内都会保存至少一年的历史数据，方便针对计量设备收集的不同能耗数据进行各类动态分析、数据挖掘等工作；采用曲线拟合、趋势分析等方式还可得出某个数据切片角度（如某个设备、某分类能耗或某分项能耗）的未来发展趋势，从而为用户制定节能措施提供强有力的支撑。

(5) 评估实时化

系统和计量设备之间的数据收集是实时的，因此某个设备的实时状况在系统中一目了然，其运行状况、当前能耗情况可随时被用户调用并查看，从而达到实时监控、实时评估的目的。

3 系统价值

(1) 降低人力成本

大型企业的能耗管理系统规模较大、结构复杂,采用传统的现场、运行值班管理工作量较大,人力成本非常高;因此能实现远程抄表、统一监控、简化管理流程、减少人力投入、提高工作效率的能耗管理系统建设,将在企业的管理体制改革中发挥重要作用。

(2) 向管理要效益

在能耗管理系统采集和处理各能耗数据的前提下,通过该平台建立起能源消耗评价体系、绩效考核体系、奖惩体系,配合现代化的管理手段,可有效促使用能的各个环节实时了解真实能耗状况并提出节能降耗技术措施,最终实现向能源管理要效益。

(3) 向设备要效益

能耗管理系统根据设置的模型,动态计算各项参数在运行过程中偏离规定值时对能耗的影响,进而得出各种能耗和耗差分析图表,再经计算、分析得出最佳生产工艺的操作参数,为运行人员提供各设备参数调整的依据,使设备运行于最佳状态;在允许的控制范围内,系统还应能对指定的设备进行自动化控制;辅以各经济指标在线考核,能获得可观的经济效益。

(4) 提供决策依据

能耗管理系统对存储的历史数据进行分析,计算出高能耗设备和生产工艺的运行效率(能耗效率、放散率、转化率等),为领导决策技改工程提供科学依据。

如河北钢铁集团某公司,氮气放散率从18.3%下降至11.7%,制氧单位能耗、制氧综合能耗、压氧单位能耗、高氮单位能耗、低氮单位能耗等数据实现自动统计。6个月内累计效益达156万元。设备投入全部收回,并以实现在节能降耗环节获得较大效益。

(5) 异常辅助处理

能源调度人员通过系统可从全局角度迅速了解所有耗能设备的运行状况并发现故障点,以便及时采取措施、降低损失,这在能耗监测管理系统的一些非常情况下特别有效。

(6) 优化能源调度

能耗管理系统通过优化能源调度方法、改进

能源平衡技术手段,实时了解企业的能源需求和消耗的状况,使能源利用更加合理并可对能源数据进一步进行挖掘、分析、加工和处理,数据是财富,它为企业的高端能源管理提供现实的可能性。

4 整体架构

(1) 概述

系统由前端设备、传输网络、数据中心、管理平台等部分构成,功能上包含用电管理、用水管理、供热管理、燃气管理、物业管理、维修管理、车辆管理、环境管理等若干个子系统,并可根据用户需求扩展其他的应用。

能够完成诸如能耗监测、审计、结算、信息公示、数据上报、信息查询、用户服务等多种功能;通过能耗模型计算能源消耗的分布,还可帮助企业分析节能潜力、合理使用能源、使运行更经济,对大多数企业而言,预期能实现6%~30%以上的节能。

整个系统分为以下两个层面:

1) 政府级管理系统。该系统应用于政府监管机构,负责收集下级系统传来的汇总性数据并进行分析、归纳,为政府级的决策提供数据和分析支持。

2) 企业级管理系统。该系统应用于具体的单位,如厂矿、企业、小区等,针对不同的用户具备不同的管理和收集功能,但都需与主站的管理平台对接并得到主站平台系统的认可和认证。

能效综合管理平台拓扑结构如图1所示。

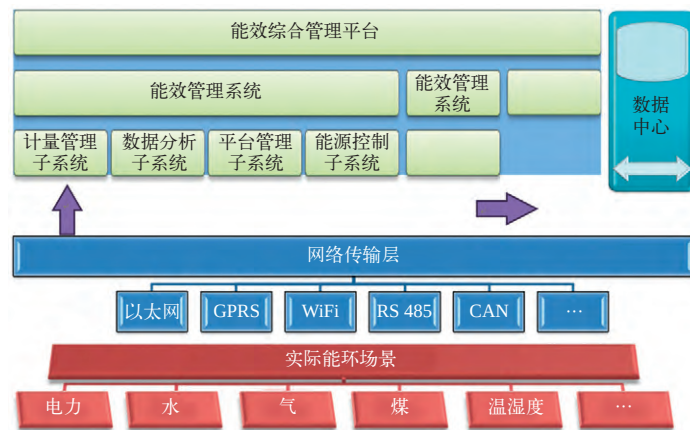


图1 能效综合管理平台拓扑结构

(2) 计量子系统

计量部分包括各种能源的计量设备，主要针对水、汽、风、电、煤、油等进行计量，国家要求能源计量器具配备率表如下表所示。可为用户提供性能优良的自主研发产品，同时也代理多种知名品牌的计量仪表。

表 国家要求能源计量器具配备率表 (单位: %)

能源种类	进出用能单位	进出主要次级用能单位	主要用能设备
电力	100	100	95
固态能源	煤炭	100	90
	焦炭	100	90
	原油	100	90
液态能源	成品油	100	95
	重油	100	90
	渣油	100	90
气态能源	天然气	100	90
	液化气	100	90
	煤气	100	80
载能工质	蒸汽	100	70
	水	100	80

注: 1. 进出用能单位的季节性供暖用蒸汽(热水)可采用非直接计量载能工质流量的其他计量结算方式。

2. 进出主要次级用能单位的季节性供暖用蒸汽(热水)可以不配备能源计量器具。

3. 在主要用能设备上作为辅助能源使用的电力和蒸汽、水、压缩空气等载能工质, 其耗能量很小可以不配备能源计量器具。

(3) 数据采集系统

数据采集系统是由采集设备、通信网络 and 上位软件组成, 采集设备应选用成熟的集抄产品(有线或无线), 上位软件则是能耗管理系统的一部分。

通信网络是传输数据的物理平台, 网络的性能直接影响系统运行的稳定性、可靠性, 依据其传输方式不同可分为有线和无线, 但具体的网络构架需要根据企业的实际情况进行设计。

系统数据源主要有两类, 一是生产企业现场仪表或楼宇的水电气表, 二是生产企业的DCS系统。

(4) 分析子系统

分析子系统由数据汇总、数据比对、数据

存储、数据报表、决策建议、优化策略等模块组成。依赖准确的数据源, 在详尽和专业化分析的基础上, 系统为使用单位实施精细化、效率化、规范化、低成本的能效管理提供强有力的支撑。

(5) 平台管理子系统

平台管理子系统由设备管理、设备告警、传输管理、内部接口管理、外部系统接口、内部流程管理、公文管理等模块组成。本子系统提供系统级的各类内部管理功能, 支撑整个能效管理平台的运行。

(6) 能源控制子系统

能源控制系统具有控制现场设备用能的功能, 此功能可以根据用户的需求定制开发。主要设备包括控制柜、操作台、工控机、显示单元和打印设备。控制柜内安装服务器、交换机、采集器; 操作台安装工控机、显示单元和打印设备; 显示单元可选用LED电子屏或液晶显示屏, 实时显示能源数据。

5 整体功能

(1) 持续监控

包含但不限于以下分类能耗:

电能、用水、燃气、其他能源(煤、油等)。

(2) 接收、存储各监控点发来数据

各监控点周期性地自动往系统发送能耗数据, 系统接收并将此类数据作为历史数据存储在数据库中, 对于未能按时发送数据的节点或设备, 系统提出告警。

(3) 显示各节点的运行状况、实时数据

根据用户的操作, 系统实时地向用户选择的节点要求当前设备运行情况和能耗数据。

(4) 针对特定节点、区域以及整个能耗监管区进行查询

历史数据、综合查询数据、实时查询数据。

(5) 提供交互功能

管理员级别用户可远程操作设备断开或重启等, 管理员可在内部网站发送通告、公告等, 普通用户可方便地查看自己的能耗数据。

(6) 各类异常告警

设备异常断开、设备无读数、设备无响应。

(7) 提供节能依据

提供区域内的能耗拓扑图，某耗能节点或节点区域的能耗趋势分析，用户根据自身需求定制的能耗使用规范。

1) 强制性（如规定某个时段断掉某个区域或耗能节点的电力供应）。

2) 规范性（如用户为某个节点制定用电用水规则，实际耗能超过时提出警告）。

(8) 决策支撑功能

用户对各能耗节点或区域可制定耗能策略（如特定时间段关闭耗能设备、设置能耗基准值等），通过对历史及当前各类数据的综合分析，为用户提出合理化用能建议。

(9) 系统示意图

系统示意图如图2所示。

6 搭建方式

6.1 采集方式

能耗管理系统平台针对原始能耗数据的采集可提供以下几种方式，用户可根据自身具体情况选用一种或几种方式混用。

6.1.1 无线传输

无线传输可使用G网、C网等移动运营商提供的无线网络，特殊环境下亦可使用特定无线发射设备，此方式具备设备安装灵活，无须布线等优点。

点。

6.1.2 有线局域网方式

采用内部局域网方式搭建，此方式具备数据传输速度快，不受外部信号干扰等优点。

6.1.3 手持设备

针对大量不含通信模块的老设备，可使用人工现场抄表，然后现场使用手持式设备（如手机、各类专业手持式抄表设备）将信息实时地上传到主站系统。

6.1.4 纯人工方式

人工现场抄表后，在无法使用手持设备的情况下，抄表员可将信息记录下来，回到主站后，将信息手工录入系统。

6.2 软件架构

6.2.1 交互方式

系统软件部分采用B/A/S+C/A/S架构，普通用户通过web浏览器访问系统，专业用户可通过Client端得到更多详细数据和使用特定功能。

6.2.2 数据存储和处理

1) 系统主站采用磁盘阵列保证数据的安全性。

2) 数据库采用读写分离技术保证数据并发处理的可靠性。

3) 采用数据仓库分片技术提高数据处理的效率。

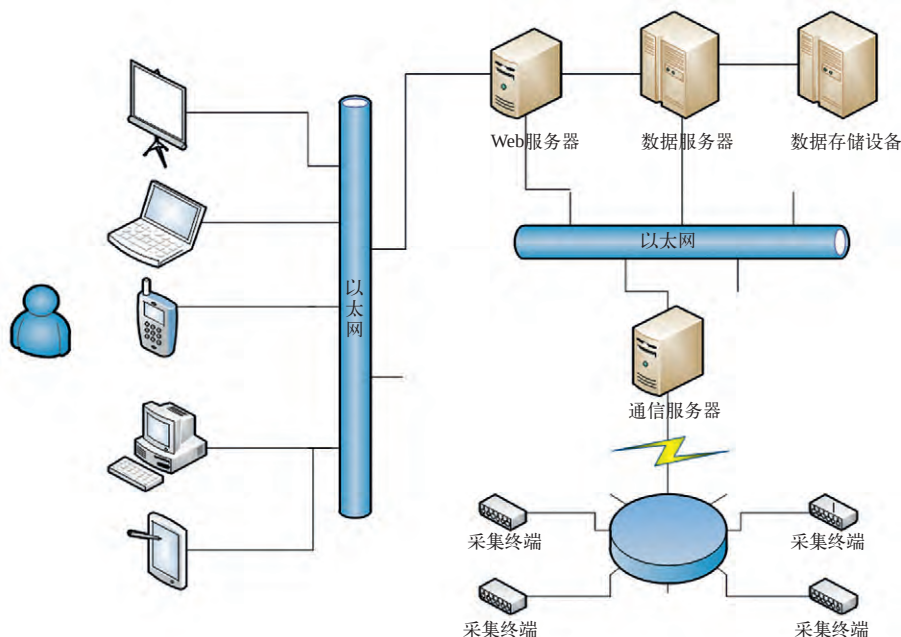


图2 系统示意图

4) 数据库故障转移技术保证系统数据处理的稳定性。

5) 采用分布式处理技术保证系统数据的完整性。

6) 采用数据缓存集群提升数据访问速度。

7) 历史数据分离保证当前数据的精简性和常用数据处理的高效。

6.2.3 前台系统部分

采用群集技术分流主站系统的压力,提高并发性和突发性访问需求的处理能力。

6.3 数据协议与标准

6.3.1 主站传输协议

系统采集终端和主站之间的数据传输协议应采用专用的能耗数据传输协议,应具备兼容性好、标准化程度高、易于组装和解析等优点,可以很好地满足各类集成能耗数据的传输。

6.3.2 主站数据输出

主站数据输出和导入仍应采用专用规约,报表和汇总数据以自定义文件形式手动、自动输出及打印。

6.3.3 终端数据收集

集采终端和计量设备之间的数据传输系统应使用自定义协议,可满足有线网络、无线、RS 485等各种传输方式的需求。

6.3.4 能耗数据类型

系统设计参考住建部颁发标准(114号文件),并针对具体应用有适当扩展。

(1) 分类能耗数据

电量;水耗量;燃气量(天然气或煤气);集中供热耗热量;集中供冷耗冷量;其他如集中热水供应量、煤、油、可再生能源等。

根据系统特点,扩展以下类别:环境数据(温湿度、烟尘等);控制性数据(如空调开关状态、设备状态)等。

(2) 分项能耗

针对分类能耗中的电量部分,可细分为:

照明插座用电;空调用电;动力用电;特殊用电。

根据系统情况,扩展以下类别:

生活用水;工业设备用水;生产用水;特殊用水;生活用气;工业用气;动力用气;特殊用

气;集中供热;动力用油;设备用油;交通工具用油;其他用油。

(3) 建筑物的分类

办公建筑;商场建筑;宾馆饭店建筑;文化教育建筑;医疗卫生建筑;体育建筑;综合建筑;其他建筑。

根据系统情况,增加以下类别:

野外山区;野外平原;市内户外;市郊户外;农村户外;厂区;住宅区;商务区。

(4) 能耗监控显示的基本数据

1) 建筑的基本信息、能耗监测情况、能耗分类分项情况。

2) 各监测支路的逐时原始读数列表。

3) 各监测支路的逐时、逐日、逐月、逐年能耗值(列表和图)。

4) 各类相关能耗指标图、表。

5) 单个建筑相关能耗指标与同类参考建筑(如标杆值、平均值等)的比较(列表和图)。

7 应用场景

7.1 建筑物

能耗系统监管的建筑物主要指国家机关或其他大型公共建筑物,此类建筑物占我国建筑用地的4%,但能耗却占整体能耗的22%,是日本、美国等发达国家同类建筑的1.5~2倍,因此针对此类建筑物实施能耗管理具备极大的现实意义。

建筑物内部特点是采集设备相对集中,并且建筑内部也有现成的布线环境,因此针对建筑物内部能耗管理,可采用有线局域网的方式进行采集。

1) 管理系统重点关注电力和水力的使用。

2) 在系统内部建立建筑物的拓扑图。

3) 根据数据直观地画出耗能对比图,如用不同的色块在建筑物拓扑图的不同区域标注耗能情况,管理员一目了然地得到各区域的耗能信息,并据此制定节能的对策。

系统建筑物能耗管理部分的开发应依据住建部《国家机关办公建筑和大型公共建筑能耗监测系统建设技术导则》、《国家机关办公建筑和大型公共建筑能耗监测系统分项能耗数据采集技术导则》、《国家机关办公建筑和大型公共建筑能

耗监测系统分项能耗数据传输技术导则》、《国家机关办公建筑和大型公共建筑能耗监测系统软件开发指导说明书》等部颁标准执行。

7.2 住宅小区

住宅小区的能耗采集相对分散,但能耗设备比较单一,主要是电力、水、燃气等,一般不涉及其他能耗方式,并且因属于居民用电范畴,所以没有太多的监管功能,其采集点固定,和建筑物能耗管理有比较多的类似之处,管理系统重点在于取得能耗数据并上报主站,传输方面住宅区可采用G网或C网方式。

7.3 野外监测

在野外数据采集系统中,由于监测点和采集点分散、分布范围广,用通信电缆传输数据往往事倍功半。移动运营商提供的无线网络在某些野外地区又存在无信号或信号差的情况。因此通过无线传感网络实现数据传输,可很好地解决以上的数据传输问题。

比较典型方案是使用无线采集装置、无线通信管理装置组成数据的无线传输网络。根据现场数据采集点的要求,由无线采集装置将需要采集的数据上传至无线传输网络上,各无线采集装置可相互中继,可在不同的数据区域安装无线通信管理装置,构成区域数据网络,区域数据网络再互联构成整体的数据传输网络。

客户可选用ZigBee等新兴的低成本无线组网技术来搭建无线传输网络。

7.4 厂矿企业

对于大型厂矿企业,特点是采集点多,相对分散(各个车间),但与野外采集比起来又相对集中(全部在企业地域范围内),采集的能耗数据类型繁多。能耗管理系统的重点不仅是数据的采集,还带有较强的管理和归纳以及决策功能,具体体现如下。

- 1) 各类数据的实时和准确地收集。
- 2) 各类数据的汇总和比对。

3) 能耗的拓扑图表,可使管理员迅速定位耗能超标点,并采取相应对策。

4) 针对能耗数据的告警和节能建议。

5) 支撑节能决策的功能。

6) 能耗数据的公示及发布。

针对以上特点,传输方面建议采用多个有线局域网、网间无线连接的方式。

对无法自动传输数据的老旧设备,可采用人工抄表后实时录入系统的方式。

7.5 商务区域

商务区域的特点是能耗设备相对集中、人员流动性大,其他类似于建筑物能耗采集;系统关注的重点是实时能耗数据采集、合理化节能建议;传输方面采用有线局域网和手持移动设备相结合的方式。

8 结束语

节能降耗是我国的基本能源政策,从高效用能设备的选择、用能计量、能耗数据采集到管理中心对能源数据的处理、分析、策略支撑,再到常用节能措施和节能设备的供应。希望通过大家共同的不懈努力,不断推动国家节能事业的发展。

参考文献

- [1] 国家机关办公建筑和大型公共建筑能耗监测系统分项能耗数据采集技术导则[G]. 2008.
- [2] 国家机关办公建筑和大型公共建筑能耗监测系统分项能耗数据传输技术导则[G]. 2008.
- [3] 国家机关办公建筑和大型公共建筑能耗监测系统软件开发指导说明书[G]. 2009.
- [4] 电力需求侧管理办法[G]. 2010.
- [5] 万家企业节能目标责任考核实施方案[G]. 2012.
- [6] GB/T ××××—×××× 电力能效监测系统技术规范第4部分子站功能设计规范[S].

(收稿日期: 2015-03-30) EA

作者简介

周照智(1980-),男,本科,工程师,主要研究方向为电力通信网的规划建设、运维检修、专业管理和集约化。