**文章编号**:1672 - 058X(2013)03 - 0067 - 07

# 基于物联网技术的能耗监测管理平台设计*

王洪建[a,b], 陈安敏[c], 林　娜[b], 许　杰[b]
(重庆工商大学 a. 电子商务及供应链重庆市重点实验室 TRIZ 创新研究所;
b. 重庆市发展信息管理工程技术研究中心;c. 后勤处,重庆 400067)

**摘　要**:为建立节约型高校,将物联网技术运用到能耗监测管理平台设计中。以南方 XXX 高校"能耗监测管理平台"设计为例,把节电节水工作作为突破口,解决"互联网、物联网、传感网"三网合一的关键技术问题;通过对能耗历史数据的分析,审计单位面积的能源耗用,进而查找能源使用中存在的浪费问题;介绍了高校"能耗监测管理平台"的总体建设目标和内容,给出了基于物联网的节约型校园总体设计方案,为实现可持续发展的节约型高校建设提供参考。

**关键词**:节约型校园;物联网;能耗监测管理平台
**中图分类号**:G647　　**文献标志码**:A

加快建设资源节约型、环境友好型校园,是教育系统落实这一战略决策的重要举措[1-5],也是实现十二五节能减排目标的重要举措。高等学校是培养人才和促进科技进步的主要阵地,深入开展高等学校节约型校园建设工作,不仅可以促进学校本身的能源资源节约,降低办学成本,在社会起到示范和带动作用,还有利于促使广大学生树立节能环保意识,掌握节能环保技能,对我国经济和社会发展产生深远影响。节能节水工作是节约型校园建设的重要内容之一,加强节能节水工作,将有效地促进高等学校节约型校园建设的全面开展。物联网(The Internet of Tings)技术是新一代信息技术的重要组成部分,具有非常广阔前景[7]。在此借助该技术,设计适合于南方山地气候的高校"能耗监测管理平台"。

## 1　我国高校节能工作状况的简要分析

(1) 高校建筑规模不断扩张。自 1999 年,国家实施扩大高校招生规模政策,当年招生人数增加 51.32 万人,招生总数达 159.68 万人,增长速度达到史无前例的 47.4%。到了 2011 年,全国高校录取 675 万人,增长了 3.23 倍。为提高校舍师生人均面积比,各高校不断新增建筑物,不断扩地,出现"高校合并"、"新老校区并存"等普遍现象。以南方 XXX 高校为例,她地处南方阴雨山地地区,由同城的两所学科互补的大学合并而成,又新增 1 校区,故现有 3 个校区,总占地面积约 2 000 亩,现有各类建筑总建筑面积 90.2 万 $m^2$,其中公共建筑面积 55.3 万 $m^2$,大型公共建筑基本建设于 2002 年以后,用能人数约 2 万人,校舍建筑面积及生均面积在 2011 年得分 51 分[8]。

**收稿日期**:2012 - 06 - 07;**修回日期**:2012 - 09 - 07.
* **基金项目**:财政部、建设部专项([2011]669);重庆市建设科技计划项目(城科学 2009 第 35 号)资助.
**作者简介**:王洪建(1976 - ),男,重庆市合川区人,博士,副研究员,从事信息获取与处理研究.

(2) 目前我国高校用能存在的通病。自从国家推行节能减排政策后,各行各业都在为减排目标而制定了许多措施。在我国高校节能校园建设过程中,很多高校也做了大量的工作,也取得了不小的成绩。但是就目前的情况看,我国高校节能方面存在6个方面的普遍现象:一是作为高校人员主体——广大师生员工对节能工作重要性的认识不够,自觉、主动地参与到节能工作中的意识有待提高,常出现"人走灯不灭"、"空调空转"等现象。二是很多高校的节能规章制度建设不完善,缺乏有效的节能激励机制。随着校园规模的日益扩大,师生数量的急剧增加,使用学校能源用户的范围不断扩大和庞杂,但能源管理方面的规章制度没有及时跟进和完善。三是节能新技术,新产品,新工艺的开发和推广应用工作力度不够。四是能耗计量统计、能效分析工作不到位,节能监管和督察职能滞后。五是节约能源的宣传、教育工作未达到应有的广度、深度和力度。六是节能管理工作人员队伍的素质跟不上新形势下学校发展的要求[9]。

高校办学规模的扩大,引发高校必须重视和发展学科建设、增加科研投入,导致主要能耗居高不下。以该高校为例,用水量2009年比2008年增加5.2%,2010年比2009增加了0.8%,达到近190万t。2010年用电量达到创纪录的近2 600万度。2010年关闭公共浴室锅炉房后,用气量降为2009年的57.5%[10],如表1所示。

**表1 南方XXX高校能耗使用表**

| 年份/a | 水用量/t | 电用量/° | 气用量/$m^3$ |
|---|---|---|---|
| 2008 | 1 786 335 | 24 483 503 | 512 269 |
| 2009 | 1 879 680 | 25 093 904 | 453 338 |
| 2010 | 1 894 283 | 25 824 345 | 192 622 |

(3) 高校开展节能工作的措施。为建立节约型校园,我国高校普遍成立了以校长为组长的建设节约型校园领导小组,设立专款进行节能建设。根据历年能耗数据统计,建立了二级部门用能指标,实行用能定额管理,设置能源指标收支账户,不断应用新的节能技术,降低能耗,甚至有的高校还引入合同能源管理。南方XXX高校2009年暑假对四栋教学楼的教室进行了T8 40 W日光灯转T5 28 W节能灯改造,使教学楼用电量比原来节约30%以上。在博智楼教室里加装了人体热源感应灯光控制器,能最大限度的把"人走不关灯"的浪费损失降低到最低程度。该校试点安装的5台智能节电器,经测试节电率在22%以上。通过水电平衡管理,目前学校每月用水量与自来水公司总表偏差率在2%以内。

## 2 总体目标和主要建设内容

为构建可持续发展的节能校园,通过建设校园综合能源管控平台并实施节能改造等系列措施,加强能源管控,实现学校整体用电量下降25%的目标。通过该校"节能减排,享受低碳生活"行动,让节能减排深入人心,让节能减排进课堂、进食堂、进宿舍,为培养复合型国家建设人才做出应有贡献[10]。

(1) 构建节约型校园建筑节能监管平台。完成该校校园配电室、重点计量建筑与一般计量建筑的能耗末端监测建设,实现建筑能耗的在线监测与分项计量、用户端能耗数据的输入和上报等功能;完成我校能耗监测网络数据中心建设,实现能耗数据的网络化监测、数据存储、数据分析、数据展示、网络监管、能效公示、数据上传等功能。

(2) 减少电力传输损耗。完成学校各个配电房的用电负荷平衡测试和改造,使学校各个配电房的负荷达到最合理的状态,配合电力补偿系统实现最大限度的减少电力传输中的损耗。

(3) 培育良好的节能习惯和生活方式。通过能源监控平台建设和节能改造的实施、宣传和使用,使全校师生员工逐步了解、认识乃至积极推广节能知识和技能,在潜移默化中形成良好的节能习惯和生活方式。

(4) 基于先进物联网技术建设综合能源管控平台。物联网(Internet of Things) 的核心和基础仍然是“互联网技术”,将无处不在(Ubiquitous)的末端设备(Devices)和设施(Facilities),包括具备“内在智能”的传感器、移动终端、工业系统、智能家居设施、视频监控系统等,通过各种无线、有线的通讯网络实现互联互通(M2M)、应用大集成(Grand Integration)以及基于云计算的 SaaS 营运等模式,在内网、专网、互联网环境下,采用适当的信息安全保障机制,提供安全可控乃至个性化的实时在线监测、定位追溯、报警联动、调度指挥、预案管理、远程控制、安全防范、远程维保、统计报表、决策支持、领导桌面(集中展示的 Cockpit Dashboard)等管理和服务功能,实现对“万物”的“高效、节能、安全、环保”的“管、控、营”一体化[11]。

传统的能源管控平台,是采用手工或远程抄表系统,对安装的分项计量设备进行用能采集,很难进行相关智能化分析与优化。在此提出基于物联网技术的能耗监控平台,通过在线实时检测技术实现能源消耗过程的集中监控,结合信息融合技术,进而实现能源即时集中监测、报告、控制、调度及优化。能源管控平台模型(图 1)。

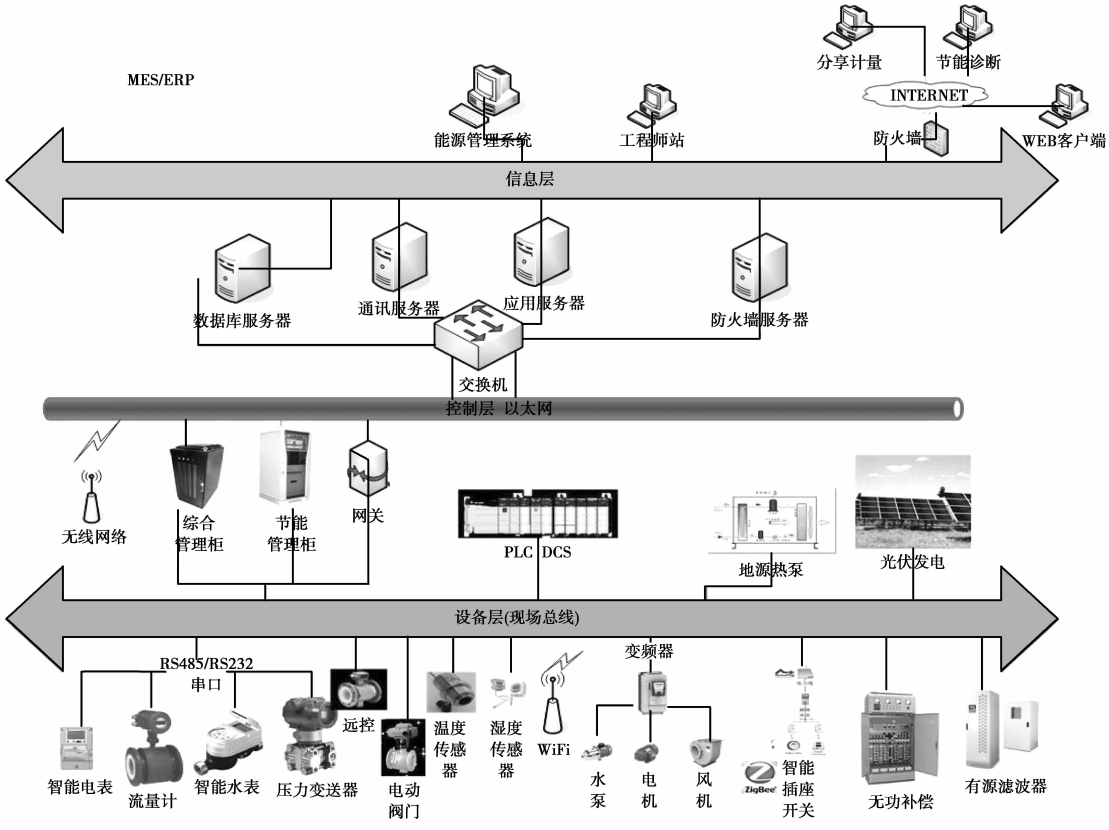


**图 1　基于物联网的能源管控平台架构**

从图 1 可知,基于物联网技术的能耗监控平台,分为设备层、控制层、信息层 3 层,与传统的信息系统划分不同。基于物联网的能耗监控应用,不仅在分项计量设备选型上实现了统一的通信标准,同时配备“校园节能优化系统”,不仅能有效的获取各项建筑能耗数据,同时根据节能优化系统的统计分析数据,对综合能耗进行优化管理。在软件功能方面,可通过标准化、模块化配置,改变以往“能源管理软件过多关注单一信息管理功能需求,系统及时性和有效性程度较低”的局面,便于系统快速构建和灵活使用。针对校园节能,

设计包含智能照明、空调系统节能控制模型、冷热循环系统节能控制、锅炉变频控制等设备节能技术,及上层管理节能平台——智能建筑综合管理系统(IBMS)为一体的整体节能解决方案。

(5) 建立实时、高效校园能耗统计、审计、公示机制。依据《高等学校校园建筑能耗统计审计公示办法》,基于节约型校园建筑节能监控平台,建立实时、高效校园能耗统计审计公示机制,增加校园建筑能耗水耗状况的公开透明度,形成有效的社会监督机制,推进校园建筑节能工作深入开展,促进提高校园建筑能源管理水平,降低能源和水资源消耗、合理利用资源,全面落实科学发展观。

(6) 实施水电节能改造项目。采用先进的新能源技术,降低化石能源用量,比如采用太阳能热水器、太阳能路灯、生物质发电、江水源热泵、空气源热泵等技术[12,13],其中空气源热泵是当今世界上最先进的产品之一,其工作原理与空调原理有一定相似,应用了逆卡诺原理[14]。所不同的是前者利用冷凝端给用户提供热量,后者利用蒸发端给用户提供冷量。空气源技术以制冷剂为媒介,制冷剂在风机盘管中吸收空气中的能量,再经压缩机压缩制热后,通过换热装置将热量传递给水,来制取热水,热水通过水循环系统送入用户散热器进行采暖或直接用于热水供应。所以,该技术实际是能量转移过程,而非能量转换过程,比较适合南方日照时间短的地区安装[15,16]。

## 3 建设节约型示范校园总体设计

一般的,节约型校园包括以下功能:身份验证、GIS 地理信息、数据采集、能耗数据实时监控、节能控制、图表显示、自动统计、节能分析、数据存贮、报表管理、指标比对、能耗信息统计、审计、公示、数据上传等功能,设计思路如图 2 所示。

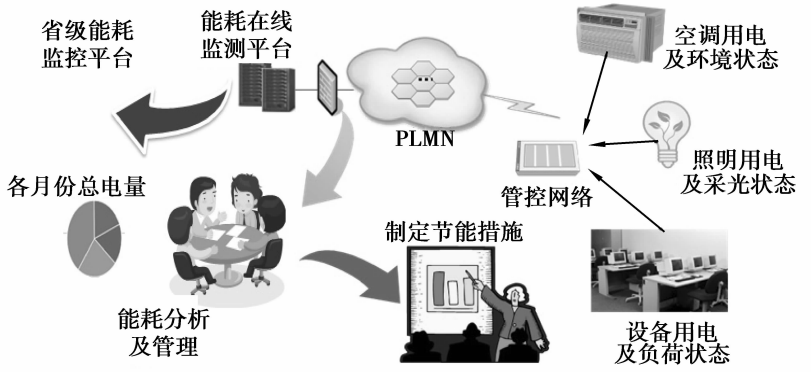


**图 2 高校节能监管平台系统**

### 3.1 节能监管总平台

南方 XXX 高校的能耗监控平台总体设计分为两个阶段,其中第一个阶段注重数据信息的采集,第二个阶段提供平台提升功能,包括数据的综合决策、新能源利用接口等。平台可以分为建筑、院系、线路 3 个分项。选择建筑分为大学—建筑物—楼层—房间—电表 5 个层次进行统计查询。图 2 为基于物联网技术的高校能耗监管平台总体设计原理图。平台以校园网为媒介,以数据中心为核心,实现对全校建筑能耗的网络化监管。系统由建筑能耗监测末端系统、校园网、数据中心、上级数据中心、正式用户和过客用户构成。校园能耗数据中心的网络服务器子系统、数据展示子系统和数据分析子系统通过高速光纤交换机和普通交换机实现数据通讯;各个分校区设置 1 台网络服务器,通过高速光纤网络实现内部通讯,大大提高了网络服务器集群的通讯速度。建筑能耗末端监测系统通过智能网关以有线方式实现与校园网链接,为保证数据中心的可靠性和安全性,数据中心与校园网络链接处设置了硬件防火墙。

### 3.2　能耗数据中心

作为物联网的核心,数据中心是整个管理平台的支撑,首先要确定数据中心的体系架构。目前较为流行的两种体系架构是 C/S 和 B/S。B/S 的结构特点是通过浏览器访问服务器的程序,在任何地方进行操作而不用安装任何专门的软件,只要有一台能上网的电脑就能使用,客户端零维护,系统的扩展非常容易。C/S结构特点是客户端要安装客户端程序,通过客户端程序与服务器进行交互,C/S 的优点是能充分发挥客户端 PC 的处理能力,很多工作可以在客户端处理后再提交给服务器,客户端响应速度快。

对于节约型校园的 B/S 应用,从当前技术水平看,特别适用于用户交互量不大的应用,对于要求高速、频繁交互的模式则采用 C/S 体系,所以两者在应用时应相互补充。这种混合模式是企业应用最大的模式,其基于 Web 的管理信息体系流程图 3。这种管理体系是基于网络的、分布式的、异构的管理信息系统,可以容纳不同地域、不同网络结构类型、采用不同数据库和应用程序开发工具、在功能上相对独立的管理信息系统,各种管理信息系统通过 web 服务器,在客户端以浏览器方式访问,实现系统之间的信息共享。

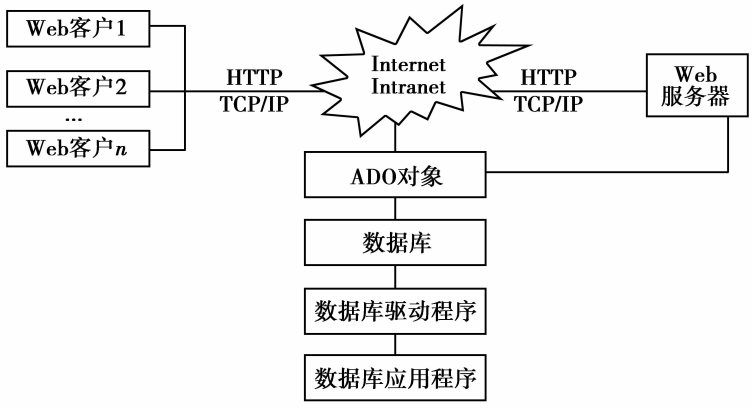


**图 3　C/S + B/S 基于 Web 的体系结构**

### 3.3　末端能耗采集系统

末端监测对象包括配电室、重点监测建筑和一般监测建筑。末端监测系统的最底层为智能电表、智能水表、智能气表、智能热表等分项计量设备,也是物联网的基础数据来源,准确与否对后续数据处理非常关键[18]。对于各类能耗采集表具,通过采用标准的编码,按照《导则》规定时限,进行被动式采集计量设备读数,智能网关通过 485 总线或无线通讯方式将采集数据通过校园网上传至采集集中器。其中集中器设置 IP 地址,通过 TCP/IP 协议将能耗数据传至数据中心。建筑末端系统包括各类用能信息,分类计量各个设备的用能,如图 4 所示。

(1) 对重点监测建筑能耗进行分类。建筑能耗监测对象有采暖动力、锅炉房动力、空调动力、照明、办公、电梯及其它用电等,还包括冷水机组、水泵、空调机组等大型耗电设备。

(2) 建筑用电分项计量是建筑能耗监测的重点。电能分项计量包括电压、电流、有功功率、无功功率、功率因数等电量参数,采用监测功能的现场总线式智能电量变送器,实现对建筑照明用电、空调用电、办公用电、电梯用电、锅炉房用电及其它动力用电的分项计量。

(3) 建筑用水量计量。采用具有 485 现场通讯功能的水表实现对建筑用水量的计量,水表安装数量与位置根据实际调研情况确定。

(4) 其他建筑能耗信息的人工网络上报。对于建筑用气、用煤等能耗信息,根据该类能耗随时间变化的特点及实时计量的难度,采用定期人工网络上报的方法,按周(月)网络上报方式,实现上述能耗信息的上报和统计。

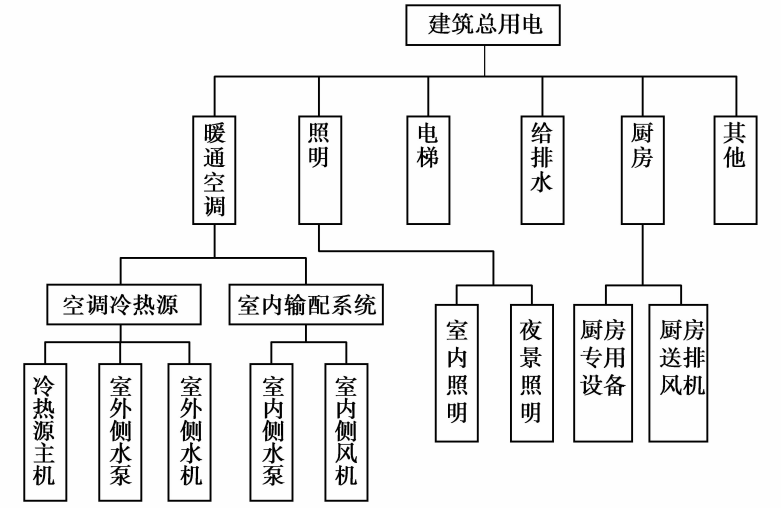


**图4 建筑用电监测系统分类计量结构**

### 3.4 节约校园能耗审计系统

高校能耗监控平台,多种统计图表,多种数据分析,能导出各种符合公共机构统计格式的月、季、年等能源资源消耗报表,也可以推算出高校师生人均能耗比;逐步形成完整的公共机关能源财务报告,对比能耗分析报告;提供以组织机构为单位的能耗定额管理和生均能耗管理、单位面积能耗统计、万元科研经费能耗统计等相关报告和图表;对建筑能源利用状况进行定量分析,对建筑能源利用效率、消耗水平、能源经济与环境效果进行审计,生成辅助能源审计报告,并可根据学校和地方要求更改、维护报告格式,可导出。

### 3.5 节约校园信息公示系统

采用基于BS模式进行构架,具备能耗数据实时监测、图表显示、自动统计、节能分析、数据存贮、报表管理、指标比对、数据上传等功能。用户可在学校任何一台电脑上按照平台设置的账号权限登陆公示平台的WEB网站即可查询到各部门的用能信息,信息公开、透明化体现。通过能耗公示系统量化考核,监督各单位、部门能耗情况,通过对数据的比对,找到工作中的问题和不足,激励各单位、部门寻找更适合自身的节能措施,开展各部门、单位相互监督、相互借鉴的良性节能评比,最终达到节能降耗的目的。

## 4 结束语

通过采用物联网技术建设“能耗监测管理平台”,既实现多学科知识交叉,培养节能环保信息技术人才,也发挥了信息技术在节能减排中重要作用,使得用能更清楚、直观。同时也为高校教育事业发展、学科专业建设、校园建设带来新的发展机遇,使校园成为资源节约型、环境友好型、人与自然和谐的可持续发展绿色生态园典范。

**参考文献:**

[1] 中华人民共和国建设部. 公共建筑节能设计标准(GB 50189-2005)[S]. 2005

[2] 中华人民共和国教育部. 关于建设节约型学校的通知(教发[2006]3号)[Z]. 2006

[3] 重庆市教育委员会. 关于进一步加强我市教育系统建筑节能工作的通知(渝教建[2007]92号)[Z]. 2007

[4] 中华人民共和国住房和城乡建设部、教育部. 关于推进高等学校节约型校园建设进一步加强高等学校节能节水工作的意见(建科[2008]90号)[Z]. 2007

[5] 王树健. 重庆市既有大中型商场建筑特征及能耗调研分析[J]. 建筑节能, 2008,23(1):57-61

[6] 田家泉. 高校“节能型”校园建设的措施及途径[J]. 计算机与信息技术,2007(8):9-10
[7] 沈苏彬,毛燕琴,范曲立,等. 物联网概念模型与体系结构[J]. 南京邮电大学学报:自然科学版,2010,30(4):1-8
[8] 彭清华. 高校扩招的经济社会贡献研究[D]. 中南大学,2011
[9] 宋明钧. 节约型社会背景下的节约型校园建设[J]. 国家教育行政学院学报,2006(8):19-21
[10] 季文娟,张广明, 唐桂忠,等. 高校节约型校园数字化建设模式研究[J]. 自动化仪表,2011,32(8):64-66
[11] 邵珠虹. 物联网环境下建筑用电设备的故障诊断与节能研究[D]. 山东:山东建筑大学,2012
[12] 谢厚礼,刘宪英,林学山. 重庆涪陵中央商务区江水源热泵取水及水处理系统的选择[J]. 暖通空调,2012,42(3):76-80
[13] 寿炜炜,张伟程,孙斌. 温湿度独立调节技术在夏热冬冷地区的应用研究[J]. 暖通空调,2012,42(5):1-5
[14] 莫少民. 一种创新的逆卡诺循环系统三级独立余热回收装置[J]. 机电工程技术,2009,38(10):108-111
[15] 刘志胜,李凤凤,杜京昌,等. 热泵空调器制热量衰减以及改善措施的研究[J]. 制冷与空调,2012, 26(1):24-27
[16] 何开岩,蒙辛,赖洪,等. 几种可再生能源生产热水方案的比较[J]. 广西大学学报:哲学社会科学版,2011,33(6):12-13
[17] 徐永强. 既有建筑节能改造技术分析[J]. 陕西建筑,2007,144(6):1-2
[18] 龙洋波. 重庆市某办公建筑空调系统节能改造研究[J]. 建筑节能,2007,35(6):44-46

# Design of Energy Consumption Monitoring and Management Platform Based on the Technology of Internet of Things

**WANG Hong-jian[a,b] , CHEN An-min[c] , LIN Na[b] , XU Jie[b]**

(a. TRIZ Innovation Institute, Chongqing Key Laboratory of Electronic Commerce and Supply Chain System;
b. Chongqing Engineering Technology Research Center for Information Management and Development;
c. Logistics Section, Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China)

**Abstract**: To construct intensive colleges, the Internet of things technology was applied to design the platform of monitoring and management about energy consumption. To find breakthrough of energy-conservation and water-saving, the energy monitoring and management platform of × × × University situated in China South resolves the problem by integration of three networks among Internet, Internet of things and sensor network. To analyze energy consumption of historical data and to examine energy consumption per unit area, this paper finds the problems existed in the use of energy. This paper introduced overall target and contents of this platform, gave the designed scheme of conservative campus based on the internet of things, in order to provide reference for realizing the economical colleges based on sustainable development.

**Key words**: intensive colleges; internet of things; energy monitoring and management platform

责任编辑:代小红
校　　对:田　静