节约型校园电力能耗监控系统应用研究

校园中能源的消耗与浪费占用了校园总费用支出的很大比例，而电能的消耗又是能源消耗的重中之重，重点阐述了校园能耗监控系统方案设计、关键技术。以北方某高校为例应用该方案，并结合具体的耗能特点对节能措施进行研究。

魏立明　徐　鹏　尚　末/吉林建筑大学电气与电子信息工程学院

魏立明/教授

关键词/Keywords
校园电力能耗·
监控系统·
分项计量·

当前，随着高校的快速发展，校园学生人数及校园内建筑面积大幅度地增加，教学设备的大量引入，现代化办公设备的大量使用等使得高校在能源的消耗中占有很大的比重。因此，如何对校园能耗进行科学管理和监控已经成为建设节约型校园中关注的热点问题之一。本文结合北方某高校的实际建筑工程的能耗情况，对校园电力能耗监测系统的相关问题进行了详细阐述。

方案设计

1. 研究目标

本文以北方某大学的校园电力能耗为研究对象，对节约型校园电力能耗监控系统进行了设计与实现，以该校23个单体建筑为监控对象，安装650个监控点，以实现对校园电力能耗科学、有效及自动化监控的管理模式。本系统的设计方案采用计算机、网络通信技术和智能化控制等技术，将传统的用能设备系统自动控制功能和远程集抄功能结合起来，对相关用能单位区域内的各类建筑、公共设施进行节能控制和能耗监测管理，实现能耗数据的分类分项统计和分析处理，同时能与能耗监测系统数据中心接轨并上报相关能耗分类分项数据，从而满足相关用能单位的节能监管内容及要求，实现节能减排的目标。其网络结构由现场监测网络层、中间网络传输层、后台上位机监控管理层和终端服务器层组成。根据住房与城乡建设部2008年6月制定的[2008]114号关于对各类建筑进行能耗统计的相关文件，对能耗监测系统的具体实施等细节做了明确的规定。能耗监测系统被定义为通过对机关办公建筑和大型公共建筑安装分类和分项能耗计量设备，采用远程传输等方式实时采集能耗数据，对重点建筑能耗实现在线监测和动态分析功能的硬件系统和软件系统的统称[1-2]。能耗监控系统结构如图1所示。

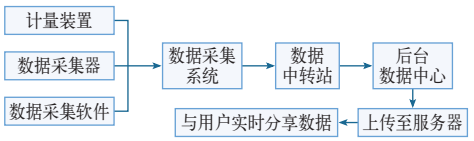

图1　能耗监控系统结构示意图

2. 系统构成

能耗监测管理系统是集各种服务器等计算机硬件、有线网络设施、数据采集器以及电能表、水表、气表和热量表等表计设备于一体，实现各种能耗的自动采集、监测和统计分析等功能的自动化系统。系统图如图2所示。

关键技术

1. 节能控制系统

节能控制技术是能耗监控系统的核心技术与特色功能，该功能主要是通过采用具有节能效果的网络控制器按照预定的控制策论对相关用能设备进行控

中国知网 https://www.cnki.net

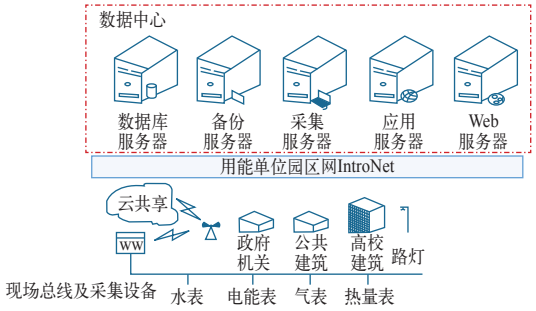

图2　能耗监控系统图

制，从而达到节能目的。

其中网络节能控制器能够独立完成各种节能控制策论，它可以对相关传感器采集的环境、人员和电量等信息进行分析，然后根据预先设定的控制策论进行离线自动节能控制。通过RS 485总线与多个采集设备连接，然后通过CAN－BUS总线与上层数据网关连接，并可上报相关数据，也可接收远程的参数修改和控制。该网络节能控制器可至少节约30%的电能。

网络节能控制系统是由建筑节能控制子系统和路灯节能控制子系统两部分组成。

（1）建筑节能控制子系统的组成

建筑节能控制子系统由传感器（包括各种感应照度传感器、温度和人数传感器等）、从机（包括节点开关和学习遥控器）、遥控器和SL863X网络节能控制器四部分组成。

传感器用于采集室内的照度、温度、人员存在和人员数量等信息，通过内部RS 485总线传输到网络控制器主机。

从机用于执行主机的控制命令，实现对用电负载的控制。主要包括SL8410学习遥控器、SL8411单路节点开关、SL8412双路节点开关和SL8413多路节点开关。SL8303A遥控器用于控制器和从机的遥控操作，与主机之间采用红外传输方式。主要进行强制开启、关闭、本机IP查询、传感器和从机查询，时间和定时查询，照度查询和设置，温度查询和设置等简单遥控操作。SL863X网络控制器通过内部RS 485总线与传感器通信，通过无线（RF）与从机通信；控制器自身离线实现节能控制，同时可以通过计算机、USB－485转换器和计算机安装的节能控制管理软件进行远程控制。节能控制子系统如图3所示。

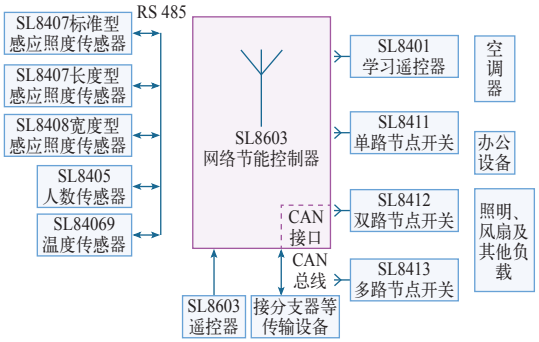

图3　建筑节能控制子系统

（2）路灯节能控制子系统的组成

路灯节能网络控制子系统主要由节能控制部分、室内其他设备和灯柱部分组成。

节能控制部分主要由路灯节能控制器、照度传感器和GPRS传输设备等组成。控制器主要接收照度传感器送来的照度信号，结合自身实时时钟（RTC）产生的万年历，根据控制策论离线执行对路灯的各种控制。控制器通过RS 485接口采集远传电表的电压、电流、频率、功率、功率因数和电能等数据。同时接收上位机指令，将照度、电压、电流和功率等参数，以及路灯开关开启、关闭时间和灯具损坏等事件上传。并可以根据上位机指令，完成控制策论修改，接受并执行远程控制。控制器对路灯开关的下行控制通过电力载波（PLC）信道进行。路灯节能控制子系统如图4所示。

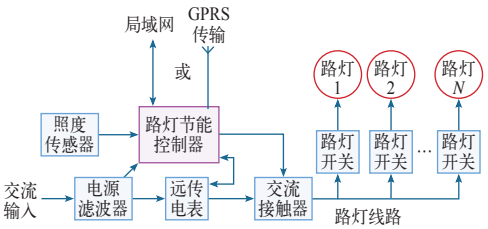

图4　路灯节能控制子系统

2. 数据采集系统

（1）能耗分项计量

该技术实现电力能耗分项（暖通空调器、一般动力设备、一般照明插座设备和特殊功能设备）远程计量功能。各种负荷说明如下：

1）暖通空调器用电负荷。空调器用电负荷是

中国知网　https://www.cnki.net

为建筑物提供通风、供暖服务用电负荷的总称。

2）一般动力设备用电负荷。动力用电负荷主要为建筑的使用提供各种动力能源（包括电梯、换热站、消防水加压和食堂排烟系统等）的设备用电负荷。

3）一般照明插座设备用电负荷。单位工程中重要的区域照明（含室内照明、室外照明等）负荷，以及插座等室内设备用电负荷。

4）特殊功能设备用电负荷。特殊用电负荷是指不属于日常生活中建筑常规的用电，其特点是同一时刻电能消耗大、占总电能消耗比重大（含大型通信、实验设备、信息机房、洗衣间和食堂餐厅等用电）。

校园某日电力能耗分项计量如图5所示。

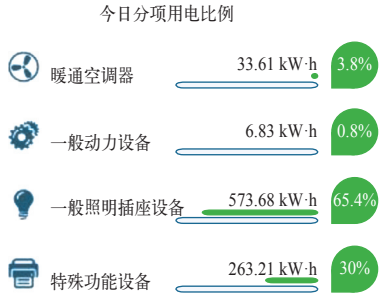

图5　电力能耗分项计量示意图

（2）能耗实时计量

该技术的特点是基于无线传感网技术进行信息采集和传输，一方面无线传感网节点自身采集各种参数；另一方面它们与各种用能设备连接，通过无线自组网方式自动采集分散在各建筑区域内的电、水和暖等实时数据，每10 min更新一次数据，并自动统计耗能峰值，之后上传服务器，使高校后勤部门能随时监测现场耗能设备的运行数据，从而使数据能及时、快速和高效地汇总，体现了“瞬时化”的计量特点。电力能耗实时计量示意图如图6所示。

实例分析

现以北方某高校2012年与2013年耗电量为例，根据校园电力能耗监控系统获取的数据进行统计。

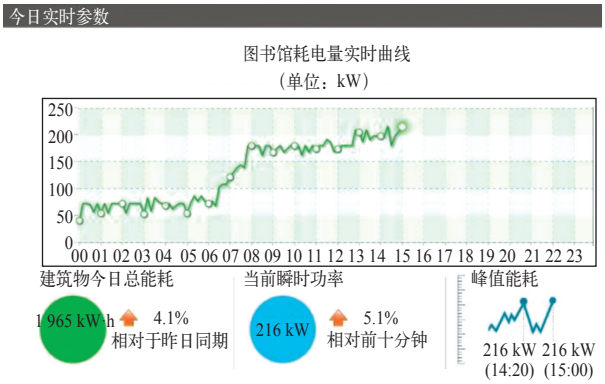

图6　电力能耗实时计量示意图

（1）供热系统耗电量

2012年，供暖期耗电量为402.5 × 104 kW·h。2013年，供暖期耗电量为395.8 × 104 kW·h。2012年、2013年供暖期耗电量明细如表1所示。由表1可知，因全部学生寒假离校，2月成为校园月耗电量的最低月。学生公寓、教学设施的正常使用，以及室外的低温天气，又使得12月的耗电量达到最高。

表1　2012年、2013年供暖期某高校耗电量明细表

2012年供暖期	月耗电量/kW·h	2013年供暖期	月耗电量/kW·h
2012年11月	888 347.43	2013年11月	972 000
2012年12月	1 216 914.29	2013年12月	1 056 000
2013年1月	780 000	2014年1月	770 000
2013年2月	312 000	2014年2月	323 000
2013年3月	828 000	2014年3月	837 000

（2）空调系统耗电量

空调系统耗电量包括冷冻机组、冷却机组、水泵、冷却塔、中央空调器和风机盘管等。2012年、2013年供冷期耗电量明细如表2所示。由表2可知，夏季空调系统耗电量最多，出现在学生未离校的6、9月。因学生暑假离校，室外气温最高的8月电量的消耗却相对较低。

表2　2012年、2013年供冷期某高校耗电量明细表

2012年供冷期	月耗电量/kW·h	2013年供冷期	月耗电量/kW·h
6月	647 428.57	6月	672 000
7月	509 257.14	7月	456 000
8月	231 213.14	8月	276 000
9月	632 795.43	9月	648 000

中国知网 https://www.cnki.net

（3）建筑照明系统耗电量

2012年、2013年全年某高校耗电量明细如表3所示。由表3可知， 除寒暑假外其余各月耗电量相差几乎不大，这是因为寒暑假期间，教室照明系统、校园内用能设备等均处于关闭状态。

表3 2012年、2013年全年某高校耗电量明细表

2012年	月耗电量/kW·h	2013年	月耗电量/kW·h
1月	389 752.00	1月	780 000
2月	435 542.86	2月	312 000
3月	953 485.71	3月	828 000
4月	718 057.14	4月	876 000
5月	682 742.86	5月	744 000
6月	647 428.57	6月	672 000
7月	509 257.14	7月	456 000
8月	231 213.14	8月	276 000
9月	632 795.43	9月	648 000
10月	681 472.00	10月	672 000
11月	888 347.43	11月	972 000
12月	1 216 914.29	12月	1 056 000

由2012年、2013年能耗监控系统统计数据可知，高校非空闲时耗电的比例最高，达77.9%，这个规律是高校建筑能耗的一般特点，而据中国国际照明网统计，我国照明用电平均每年以23%的速度递增，2013年照明用电达到了17 398亿kW·h，占全国电力消费总量的19.6%以上。因此，结合以上两点，对高校节能宜从降低高校非空闲时间照明耗电量着手进行研究。

节能具体措施

通过以上分析得知，如果将某高校内照明光源的1/3换成LED（节约电能60%～70%），每年就能节省用电约4 000亿kW·h。综上所述，采用LED照明改造，每年可为该高校减少灯具的维护费用16 050元。

（1）学校LED绿色照明替换方案

经过行业通用照明设计软件DIALux进行照度模拟计算，本着最大限度地节约每一度电为原则，对校园内功率为14 W的T5节能灯灯具采用T8LED灯进行一对一替换。

（2）LED替换方案功率分析

根据区域LED替换方案，原用3 210盏灯具替换为LED灯具后，总功率由原来的45 kW降低到19.26 kW，比原有照明系统降低了25.74 kW的输出功率，节能比例高达57.2%以上。

根据学校原照明情况，LED产品替换方案如表4所示。

表4 LED产品替换方案

比较项	原有灯具			LED灯具		
总计功率（按1 h计算）	灯具功率/W	数量/只	1 h的功率/kW	灯具功率/W	数量/只	1 h的功率/kW
	14	3210	45	6	3 210	19.3
		45			19.26	
1 h节电量/kW·h	25.74					
节电比例（%）	57.2					

传统灯具因寿命较短，光源和镇流器等经常损坏，每年都需在购买光源、镇流器和人工成本投入大量资金。而LED灯寿命长达5万h，5年内维护费用基本为0。年维护费用对比如表5所示。

表5 年维护费用对比

灯具种类	传统灯具年维护费用/（元/盏）	LED灯具年维护费用/（元/盏）	数量/个	总额/元	每年节约维护费用/元
灯管	5	0	3 210	16 050	16 050

结束语

本文以北方某高校校园能耗监控系统为例介绍了其方案设计、关键技术以及具体节能措施。该系统实现了校园内电力能耗的实时采集、监测、管理和控制。该系统的建立有效地降低了高校的运营成本，对响应国家号召构建节约校园具有重要的推动意义。

参考文献

[1] 张广明，等．机关办公建筑和大型公建能耗监管系统平台若干关键技术 [J]．南京工业大学学报，2011 (9)：46-50.

[2] 唐桂忠，张广明．公共建筑能耗监测与管理系统关键技术研究 [J]．建筑科学，2009 (10)：28-30.

（收稿日期：2014－08－10）EA

中国知网 https://www.cnki.net