

基于能耗监测系统的铁路客站 能耗分析与节能诊断

随着我国铁路的大规模建设,铁路客站的节能问题越来越受到广泛关注。传统的客站总用电逐月抄表记录方式已无法满足铁路客站日益增长的能耗分析评估与节能诊断需求,能耗监测系统的建立与应用逐渐成为客站节能的重要手段。以我国几座典型铁路客站为例,分别对未装能耗监测系统、已装能耗监测系统的客站进行能耗分析、节能诊断,总结出能耗监测系统对于客站节能的作用及目前系统存在的不足,提出了客站能耗监测分项计量建议。

孙建明/中铁第四勘察设计院集团有限公司

杨 乐 张亦弛 夏建军/清华大学建筑节能研究中心

0 引言

当今世界范围内,建筑用能约占社会总能耗的40%,并造成1/3的温室气体排放量。2011年,中国已超越美国成为世界第一大能源消费国。在我国,建筑用能约占一次能源消费总量的20%,而公共建筑用能约占建筑总能耗的1/4^[1]。

近年来我国的铁路行业发展迅猛。根据《中国中长期铁路发展规划》,2020年全国铁路运营里程将达到12万km以上。而配合铁路的建设,我国铁路客站也迎来了建设高峰。

铁路客站往往具有开敞的高大空间,例如候车厅、售票厅,并且人员密度大、人员流动性强,运行时间较长,且新型高铁车站大多采用大面积的玻璃幕墙和天窗等通透性的围护结构,这些特征在提高自然采光、提供便利服务及满足旅客心理需求的同时,也增大了车站的用能需求,包括室内人员产热、围

护结构引入的大量太阳辐射、常开的门窗带来的无组织渗风及高大空间温度分层等问题。

因此,近年来铁路客站的节能问题越来越受到各方的关注。2010~2011年有关部门开展了面向全国铁路客站的能耗状况专项调查,宏观分析了其能耗现状,并对其中16座典型车站进行了现场调研,涉及车站的室内环境、围护结构、通风与空调器以及照明与采光等方面^[2-7]。此外,国内一些学者结合各地铁路客站的实际工程项目,以各地车站为例分别研究自然通风、围护结构和高大空间新型空调器末端等问题,对车站在某些方面的设计、运行管理提出相关建议。

然而,目前对于铁路客站能耗的研究,往往是基于客站总进线电能表或少部分回路的全年或逐月抄表数据对客站总能耗进行宏观分析。从这种全年、逐月总能耗数据中难以看出更为细致的能耗变化规律或不同区域、不同功能的用能水平,因而对于客站的能耗评估、节能管理而言所能起到的作用非常有限。

自2008年住房和城乡建设部颁布《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》以来,能耗监测系统逐渐在公共建筑中得到应用。近年来,上海、重庆、山东、江苏、浙江和福建等多个省市先后颁布了各自的公共建筑能耗监测系统技术规程,2014年住建部颁布了行业标准JGJ/T 285—2014《公共建筑能耗远程监测系统技术规程》,积极鼓励通过建设、使用



孙建明/教授级高工

关键词/Keywords

铁路客站·
能耗监测系统·
分项能耗·
节能诊断·

国家铁路局科技研究开发计划课题(KF2014-053)。

能耗监测系统对公共建筑进行长期、实时的分类及分项能耗监测,并据此开展能耗评估与节能工作。按照系统的设计初衷,长期监测的逐时能耗数据、各功能分项的能耗数据,应能够有效帮助运行管理者总结客站的用能特征、各功能分项的能耗规律、识别异常能耗现象及估算节能潜力等。

为响应国家节能减排号召,近年来,部分铁路客站陆续安装了能耗监测系统,以期实现客站的节能管理。但是,对于该系统的实际运行效果、存在的问题等缺少相关研究和探讨。因此,本文以我国某几座典型铁路客站为例,从实际数据出发,分析能耗监测系统在客站能耗分析与节能诊断方面的优势,总结目前客站能耗监测系统存在的不足,为未来铁路客站能耗监测系统的设计提供合理建议。

1 基于逐月抄表与现场调研的能耗简析

为突出能耗监测系统对于客站用能分析的作用,作为参照,以我国北方某两座未安装能耗监测系统的客站为例,仅依靠总电能表的逐月抄表数据,结合一些基本信息的调研,对其进行能耗分析。

A站2014年3~6月的逐月总能耗分别为31.8万kW·h、10.7万kW·h、10.8万kW·h和26.3万kW·h。2014年3月、6月因分别属于供暖季、供冷季,其能耗高于2014年4月、5月。由于A站不具备能耗分项计量功能,为研究该站各分项用能水平,于2014年7月4日下午对该站进行了现场调研,根据实测的部分用电支路的电功率、部分设备的额定功率与开起数量,对A站的瞬时电耗进行了大致拆分,包括空调器(57%)、照明(19%)、电梯(2%)及其他(22%)四项。至此,基于逐月总能耗抄表数据难以再进行更深层次的分析。

与A站类似,在B站2013年1月~2014年6月逐月总电量的基础上,结合现场调研、设备额定功率与作息规律等信息,对其逐月电耗进行了拆分,如图1所示。可以看出,冷热源、空调器末端能耗占总能耗比例较大,冷热源、电开水器能耗随季节变化明显。此外,其他和误差项包括由分项估算产生的误差和其他未考虑的细节分项能

耗,因而该项有时出现负值。尽管其他和误差项占总能耗的比例较小,但这并不能充分证明基于设备额定功率及作息规律进行的能耗拆分结果的准确性。因而,目前对于B站逐月分项用能规律的分析具有很大的局限性。

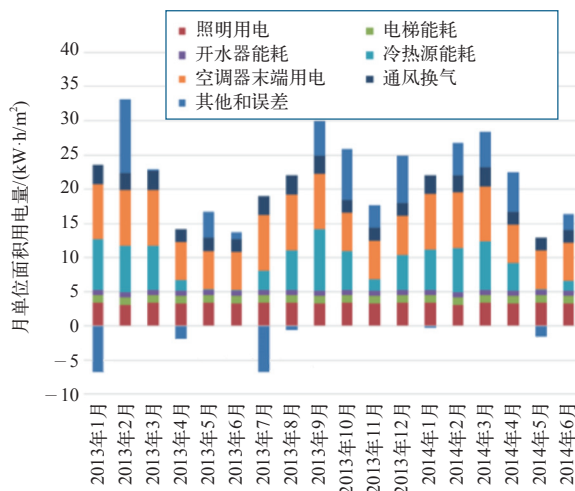


图1 B站2013年1月~2014年6月逐月单位面积电耗

2 基于能耗监测系统的节能分析

以我国南方某两座安装了能耗监测系统的典型客站为例,基于长期、实时监测的分项能耗数据,对客站用能特征、规律进行分析,并识别其不合理用能现象,分析其节能潜力。

2.1 C站案例分析

C站于2013年初安装了能耗监测系统,对各个主要用电支路安装了智能电能表进行长期、实时计量。但是,除消防、通信等低功耗支路未设单独计量表具外,该站总进线也未装电能表,即缺少对总能耗的实时监测。

根据系统计量的空调器、照明和电梯等能耗,结合逐月抄表记录的全站总能耗,可计算得到除空调器、照明及电梯外的“其他”能耗,包括消防、生活水泵、通信和广播等设备的能耗。然而,计算结果显示,“其他”占总能耗的1/2,这一结果明显与常理不符,这可能是因为逐月记录的总能耗所指对象与能耗监测系统的覆盖范围不一致,或因为已装电能表的支路监测数据失真。然而,由于全站总进线与其他设备的计量缺失,无法根据实际数据

来准确判断出现问题的具体环节。

基于C站既有的能耗监测系统,可对其空调系统能耗进行拆分。如图2所示,在空调系统冷源中,由于公共区域的制冷主要使用风冷机组,风冷机组的能耗远高于水冷螺杆机能耗。服务于办公设备区的多联机也具有不容忽视的能耗。由于客站主体为高大空间的候车厅、售票厅,其空调器末端能耗较高。因此,C站空调系统的节能应着重从风冷冷机和空调器末端入手。

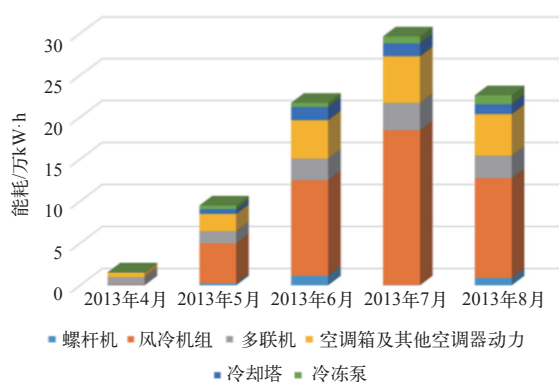


图2 C站2013年4~8月逐月空调能耗拆分

同样地利用能耗监测系统,C站照明能耗拆分如图3所示。显然,该站照明能耗主要源于候车室照明、站台照明、办公室照明和进出站通道照明。这些照明支路也应受到运行管理人员的高度关注。

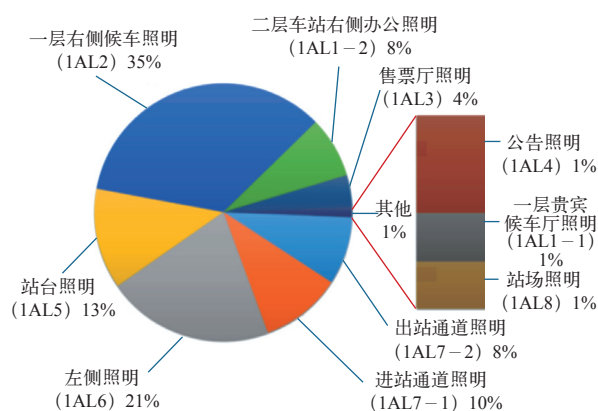


图3 C站照明支路能耗比例

更进一步,如图4所示,每条蓝色曲线代表某一天逐时候车室照明能耗,由能耗监测系统中导出;每条绿色曲线代表某一天逐时客流量,根据

票务系统相关信息提炼出。显然,夜间候车室无人时仍有约10~20 kW的照明能耗,其功率值每天有所不同;每天的日间照明能耗也有一定差异。若认为能耗曲线簇的下包络线为可能实现的最低能耗,以及考虑夜间关闭候车室所有灯具,可估算相应的节能潜力,如表1所示。

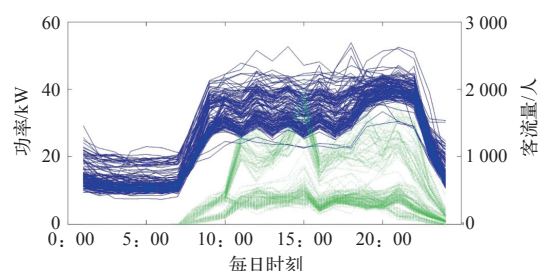


图4 C站候车室每日逐时照明能耗、客流量

表1 C站候车室照明节能潜力

2013年4~8月候车室照明总能耗/kW·h	97074	
节能措施	节能量/kW·h	节能百分比(%)
夜间室内设备全关	11 816	12.17
夜间能耗降至下包络线	1 718	1.77
日间能耗降至下包络线	9 121	9.40
最大节能量	20 937	21.56

另一方面,由出站通道逐时能耗变化规律如图5所示,可识别出自2013年6月14日起,出站通道照明的运行方式发生了变化。此前在每日的中午时间段内,能耗会出现两次突降,推测为运行管理人员根据客流量、日照强度的变化对照明灯具的开启进行了调节。而2013年6月14日起,中午

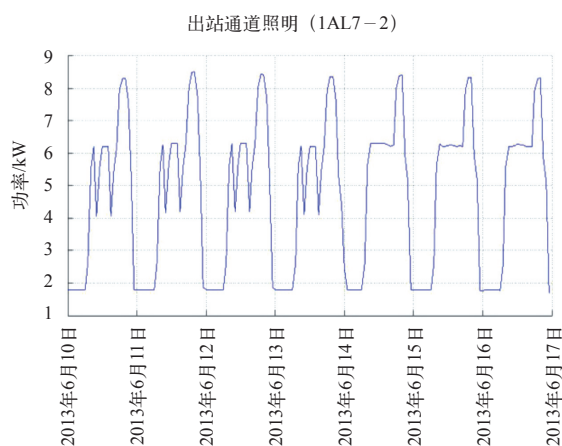


图5 C站出站通道照明逐时能耗

的两次能耗突降由平稳的能耗所取代，相比于之前的运行模式消耗了更多的电量。据此，可向运行管理人员发出异常能耗提示，建议其对该照明支路的情况进行进一步调查，若属于人为操作失误，理应恢复原有的节能运行模式。

2.2 D站案例分析

D站于2015年初安装了能耗监测系统，对各区域、各分项能耗分别进行计量。为深入分析空调器能耗，以2015年8月为例，对全月空调器能耗（共138.3万kW·h）进行细致拆分，如图6所示，单位为万kW·h。其主要能耗用于离心式冷机，其次为水泵和末端风柜，螺杆机由于开起较少而能耗较低。进一步，高架夹层的风柜能耗占风柜能耗的较大比例。

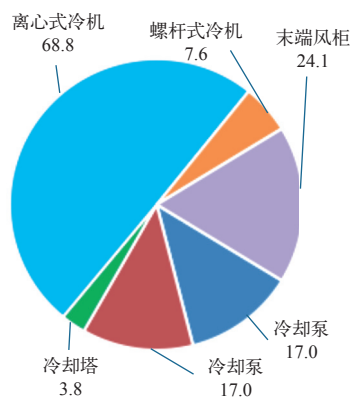


图6 D站2015年8月空调器能耗拆分

空调器能耗方面，如表2所示，根据2015年8月份D站南区、北区各空调器分项的能耗数据对比发现，无论哪一分项，南区能耗均高于北区，且冷机能耗的差异尤甚。若无特殊原因，运行管理人员应当着重对该站南区的空调系统进行检查。

表2 D站2015年8月南、北区空调器分项能耗对比

分项/分区能耗	(单位: kW·h)	
	北区	南区
离心式冷机	30.96	37.85
螺杆式冷机	4.71	8.57
冷冻泵	7.83	9.16
冷却泵	8.10	8.92
冷却塔	1.25	2.53

动力能耗方面，根据2015年8月D站不同层的动力能耗数据，高架层、高架夹层、站台层、站台夹层和出站层动力能耗分别为18.4万kW·h、8.7万kW·h、4.0万kW·h、3.6万kW·h和2.4万kW·h。由于高架层和高架夹层的能耗明显大于其他区域，应根据能耗监测系统所监测的更细致的分项数据开展更深一层的能耗分析。高架层动力能耗可拆分为：饮水/辅助照明（47%）、电梯（24%）、信息设备间（11%）、显示屏（2%）、电开水器（1%）及其他（15%）。高架夹层动力能耗可拆分为：多联机（68%）、辅助照明（16%）、信息设备间（15%）及其他（1%）。因此，高架层的饮水/辅助照明、高架夹层的多联机在节能工作中应受到充分的重视。

然而，目前D站的能耗监测系统难以导出逐时能耗数据，因而无法开展类似于C站的逐时能耗变化规律研究分析，不利于更进一步识别能耗异常问题、发掘节能潜力。

3 结束语

通过上述几座典型客站的能耗分析，可以明显看出能耗监测系统对于客站能耗分析与节能诊断的益处。对于不具备能耗监测系统的铁路客站，目前只能依靠客站总电表的逐月抄表数据、主要设备额定参数及作息规律调研以及部分用电回路典型工况的功率实测等人工手段进行总用电量的拆分估算。这样的估算方法所能得出的结论非常有限，其在能耗评价、用能分析方面的说服力也有所欠缺，这对达到车站能源管理的要求来说远远不够。并且，为了获取详细的功能分项数据，仍然需要类似的工作，这给运行管理和相关研究带来了许多麻烦及不确定性。

对于安装了能耗监测系统的铁路客站，系统所长期、实时监测的各分项用能数据能够为运行人员、管理者提供较为全面、真实的客站用能基本情况，并能够协助其进行能耗分析、节能考核评估和异常能耗识别，从宏观、微观两方面服务于客站的节能管理。例如，C站可通过某支路能耗的逐时变化规律识别异常用能现象，发掘节能潜

力;D站可通过不同区域、不同设备能耗的横向对比,明确该站节能工作的重点对象。

然而目前的铁路客站能耗监测系统仍存在许多不足,主要包括以下方面:能耗监测系统缺乏统一规范的能耗分项计量模型,部分客站因多种原因缺失部分支路甚至总进线的计量,不同客站之间因计量模型差异而难以针对各分项能耗进行横向对比评估;系统所监测、存储的数据质量有所不足,经常出现数据缺失、数据异常等情况。

因此,建立统一规范的能耗监测系统对铁路客站的节能非常重要。根据典型客站的能耗分析,对铁路客站能耗监测系统的设计提出以下建议。

铁路客站用电主要包括以下分项：暖通空调器（包括冷热站、空调器末端）、照明插座（公区照明插座、办公设备区房间内照明插座和室外景观照明）、一般动力（包括电梯、给排水泵、通风机和电开水器等）、客运信息（显示屏等）、特殊用电（包括厨房餐厅、消防和通信监控等）以及商业用电（包括商铺租户、广告照明等）。而暖通空调器因其重要性与复杂性，还应进一步分别计量其各主要设备，包括冷机、冷冻泵、冷却泵、冷却塔和空调箱等。目前多数客站的办公设备区的风机盘管能耗与室内照明插座能耗混在一起计量，不利于客站按功能用途的分项能耗分析评估，今后在新建建筑的设计、施工阶段应当进行区分计量。

能耗计量应考虑空间分布,即分区计量也具有重要意义,能够使得系统或运行人员迅速找出能耗异常的区域,为客站的节能诊断提供了便利。具体而言,公共区域的照明、插座及空调器

末端，应分别计量进站大厅、候车厅、售票厅、出站通道和站台等；办公设备区的照明插座、空调器末端（如风机盘管）等，可分别计量各个房间、走廊；对于商业用电，应对每个收费单元分别计量，采用具有中国制造计量器具许可证的表计，便于商铺计费。

为了有效分析客站能耗在一天之内、一年之内的变化规律与长期的变化趋势,能耗数据的采集间隔应不大于1 h,有条件时可缩短采集间隔(如15 min),并应长期存储历史能耗数据。

参考文献

- [1] 清华大学建筑节能研究中心. 中国建筑节能年度发展研究报告 (2014) [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2014.
- [2] 国家铁路大型客站能源消耗专项调查组. 2011年国家铁路大型客站能源消耗专项调查情况分析 [J]. 铁道经济研究, 2012 (5): 8-13.
- [3] 刘燕, 彭琛, 燕达. 铁路客站室内环境现状及节能设计调研[J]. 暖通空调, 2011, 41 (7): 51-57.
- [4] 罗涛, 等. 铁路客站天然采光现状及优化设计研究 [J]. 照明工程学报, 2012, 23 (1): 20-29.
- [5] 刘燕, 等. 铁路客站无组织渗风现状调研及数值模拟研究 [J]. 暖通空调, 2012, 42 (12): 53-59.
- [6] 宋歌, 等. 铁路客站用能现状及其影响因素分析 [J]. 暖通空调, 2013, 43 (4): 85-90.
- [7] 赵奕, 等. 严寒地区火车站大空间公共区域夏季环境控制方案研究 [J]. 暖通空调, 2010, 40 (7): 67-71.

(收稿日期: 2015-09-20) **EA**

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告