



铁路客站室内环境现状及节能设计调研

铁道部经济规划研究院 刘 燕[☆]
清华大学 彭 琛 燕 达

摘要 针对铁路客站的建筑形式和功能,在调研和实测的基础上,总结和归纳了客站客流、室内环境、自然采光及照明、通风及用能的现状及特点,为客站的节能设计提供了数据基础和技术支撑。

关键词 铁路客站 室内环境 现场调研 节能设计

Indoor environment status and energy saving design investigation of railway stations

By Liu Yan[★], Peng Chen and Yan Da

Abstract Aiming at the building feature and function of railway stations, sums up the status and the characteristics of passenger flow, indoor environment, natural lighting, artificial lighting, ventilation and energy utilization of railway stations on the basis of investigation and field test. Provides data and technical support for energy saving design for railway stations.

Keywords railway station, indoor environment, site investigation, energy saving design

★ Economic and Planning Research Institute of Ministry of Railways, Beijing, China

①

1 研究背景

近年来我国铁路建设取得了令世人瞩目的成就,截止到 2009 年底,铁路营业里程已达 8.6 万 km,高居亚洲首位。根据 2008 年国家中长期铁路网规划的部署,配合铁路建设,即将开工建设的铁路新客站为 1 066 座。客站建设正处在一个数量大、速度快、标准高的阶段,如何切实做好新建客站的建筑节能工作,是当前一个亟待解决的重要课题。

客站需要保障旅客在候车时有舒适的环境,并能方便快捷乘车。客站建筑形式、服务特点与常规建筑有明显差异:客站服务人群庞大,某些大型客站日发送旅客量逾 10 万人,大量旅客通过或滞留,为客站室内环境的营造带来困难;为方便旅客候车和乘车,客站建筑一般面积大,楼层少,与室外贯通良好。因此,普通建筑节能方法和技术措施在客站建筑中的适用性尚需要大量的实际调研和专题研究。

2 文献研究

客站的节能工作需要结合其功能特点。客站有大量旅客候车、乘车,良好的室内环境营造非常重要。

集散大厅、候车厅客流量大,旅客聚集密度大,密集的人流导致室内热环境及空气质量恶化,引入自然通风及空调系统,对改变铁路客站室内热环境是非常必要的。盛晖等人认为在客站聚集人数变化的情况下,自动调节室内温度,保证室温稳定在满足人体舒适度的范围之内,对于客站的使用与管理都能起到积极的促进作用^[1]。钟承霞认为客站室内环境设计的重点放在功能性、地方性、时代感、舒适性和耐久性等方面^[2],对于舒适性的考虑,更多侧重于视觉感受。

郭旭辉指出客站空调通风系统与普通公共建筑存在差异^[3]。由于客站人员密度大,如果参照空调设计手册^[4],客站人员新风量 10 m³/h,候车室内 CO₂ 浓度不能满足卫生标准要求;为了满足卫生标准要求,又尽可能降低空调系统能耗,建议人均新风量取 17 m³/h。

①☆ 刘燕,女,1971 年 5 月生,硕士,高级工程师,处长
100039 北京市海淀区北蜂窝路乙 29 号铁道部经济规划研究院 311 室
(010) 51876447
E-mail:liuyan1@crecc.com.cn
收稿日期:2011-06-01

客站节能设计是一个综合性的问题,涉及到建筑、结构、暖通、给水排水、电力等专业^[5]。实际工程中存在由于设计或施工带来的诸多问题,例如夏季遮阳效果欠佳、空调系统未分区、通风量偏少等^[6]。

就建筑而言,客站建筑具有大体量、透明围护结构多、站房楼层少,主要功能区空间高大,屋顶面积大等特点,给暖通空调系统的节能增加了难度。已有一些学者采用模拟手段对具体的客站围护结构进行研究^[7-8],着重分析围护结构热性能参数、窗墙面积比等因素,比较不同方案的节能效果。

客站用能主要包括供暖、空调、通风和照明、电梯等用能。邓保顺分析了蒸发冷却空调系统在不同地域的适应性和设计方法,研究了不同季节不同运行工况下蒸发冷却空调系统在铁路旅客站房中的应用^[9];赵奕等人以哈尔滨西站为例,模拟分析严寒地区客站候车大厅采用“通风+必要时新风除湿”方案的舒适性及设备运行费用,论证了该方案的可行性^[10]。

廖宇指出,照明耗电量约占客站能耗的35%~40%^[11],对于铁路客站室内照明,特别是大空间照明,应将节能放在设计的首位。以直接照明为主,局部间接照明作点缀,达到照明节能、功能和美观的统一。不宜片面追求客站照明的艺术性,大量使用间接照明,会导致照明功率密度值超过国家标准。应合理确定照度标准,选择节能光源和灯具,充分利用

自然光照明,通过智能照明控制系统的管理,达到铁路客站照明的节能目标。已有研究主要针对设备和技术的应用,而与建筑本身及室内环境控制结合得较少,并且缺乏现场调研测试的基础数据支撑。

本研究旨在根据调研得到的实际情况,找到客站室内环境规律和客站节能工作的突破口,其中需要解决的重点问题如下:

- 1) 适应客站建筑及服务特点,同时满足高密度和高流动性旅客的室内热环境营造手段;
- 2) 针对客站建筑特点,适应不同气候区的围护结构节能设计方法;
- 3) 充分利用自然环境的设计措施,包括自然采光、通风等被动式节能方式;
- 4) 供暖季和空调季无组织渗风的控制措施。

3 现场调研介绍

2010 年 7—9 月,受铁道部委托,笔者所在单位成立课题组,开展了为期 2 个月、涉及全国 5 个气候区,共计 16 座客站的大规模实地调研测试工作。调研的地点和内容见表 1、2。

表 1 调研客站

气候区	客站数量	客站代码
严寒地区	3	A,B,C
寒冷地区	5	D,E,F,G,H
夏热冬冷地区	5	I,J,K,L,M
夏热冬暖地区	2	N,O
温和地区	1	P

表 2 客站调研内容

调研主题	调研内容	备 注
客站基本信息	外景照片; 建成、运营年代,地理区域; 总建筑面积及各功能分区面积; 站房类型(线上、线侧); 客流类型,空调系统形式	
室内环境 客流信息	温度分布,相对湿度,局部风速,CO ₂ 浓度; 设计最大发送量; 旅客年、典型日发送量(按月统计); 客流路径,车次信息; 旅客候车时间,旅客逐时候车人数	候车厅,集散大厅,售票厅
围护结构	屋顶(材料,传热系数 K);外墙(材料,传热系数 K); 外窗、天窗(材料,传热系数 K,遮阳系数 Sc,太阳得热系数 SHGC); 遮阳(内、外,形式,材料); 不同区域窗墙面积比	窗墙面积比主要针对候车厅、集散大厅
采光与照明	白天采光情况,夜间照明情况; 采光系数,地板反射系数,窗透射系数	候车厅,集散大厅,售票厅,站台,客流通道
自然通风无组织渗风	通风路径(外门、外窗、缝隙); 渗风量,换气次数	候车大厅,售票厅,集散大厅
客站用能	总能耗状况(年,逐月,典型日) 单位面积指标,人均指标,能耗拆分	客流部分的服务用能

为获得研究所需要的数据,调研采取了两种方法:

1) 与客站设计方及运营方座谈,获得客站基本信息、围护结构性能、客站用能、客流发送量及车次等信息。

2) 现场调研及仪器实测。获得客流量(候车时间、逐时人数)、室内环境(温湿度及 CO_2 浓度)、采光与照明(各空间白天自然采光照度及夜间照明照度、各表面反射系数等)、通风(各通道风量)、客站日用电量(各项用电及总用电量)。调研获得了大量现场数据及设计参数,为客站节能分析提供依据。

4 建筑及服务特点

4.1 客站服务特点

铁路客站的作用是为旅客提供方便、快捷、舒适的乘车环境,在服务特征方面与普通公共建筑相比,存在非常显著的差异。

1) 运营时间长

所有客站全年运营,大型铁路客站大多全天 24 h 连续运行,而中型客站和高铁客站只有夜间(约 24:00 后到早 05:00 前)有短时间停止运营时段。因此客站建筑的全年运营时间大大长于普通公共建筑。

2) 旅客客流量大、密度大

大中型客站的日均发送客流量约为 1~7 万人次,在节假日客站日发送量可超 10 万人次。铁路客站建筑的旅客客流量是普通公共建筑无法等量齐观的。客站候车厅、售票厅室内旅客密度往往超过 $0.67 \text{ 人}/\text{m}^2$ ^[12],远大于普通办公室 $0.125 \text{ 人}/\text{m}^2$ 的人员密度。

客站旅客流动性大,在室内仅作短暂停留,候车时一般不习惯改变衣着量,因此客站室内温湿度较普通公共建筑有更大的调节范围,且与室外环境参数密切关联,这为铁路客站有效利用自然资源,降低运行能耗创造了有利的条件。

4.2 客站建筑特点

客站建筑是为旅客提供舒适的购票、候车、乘车等服务的室内空间,因而在建筑形体和空间设计上,需要满足便捷、舒适和通畅等要求。调研发现,铁路客站的建筑特点与常规建筑有较大差异。

1) 建筑类型

根据客站建筑与铁道的相对位置,可以分为线侧式、线上式和线下式。站房与铁道的相对位置对站房的采光、通风、空调能耗都有影响。新建大型站房以线上式居多,中小型客站以线侧式居多。调研结果如下:

线侧式客站。站房在铁道的侧面,有良好的外窗采光条件,但高于外窗且不透明的站台雨棚将阻挡一侧采光,给室内自然采光带来不利影响;沿铁道构建的长方形站房,由于两侧进深相对较小,且大门长开以保证客流通畅,有良好的通风途径,过渡季有利于自然通风,但空调季和供暖季则十分不利。

线上式客站。站房在铁道的上面,天窗采光是线上式站房采光的重要途径;而过大的天窗对空调供暖能耗有明显的影响,宜进行综合分析;相比而言,通风更依赖于竖直方向上的热压通风,夏季通过站台通道泄漏的冷风带来不可忽视的空调能耗。

线下式客站。站房在铁道的下面,候车厅全天都需要人工照明,而处于地下的站房,围护结构传热损失相对较小,维持室内环境舒适主要处理的负荷是室内人员和设备的产热、产湿量。

2) 楼层少

为了尽可能减少旅客在流线上、视觉上的阻碍和交叉,确保旅客快速通过和疏散,通常客站建筑主体部分楼层数较少。调研发现,客站建筑(服务旅客部分)一般不超过 3 层:线侧式客站一般地上有 2 层候车室,并带 1 层地下通道;线上式客站地上有 2 层(高架候车层、轨道层),地下通道 1 层;线下式客站包括线下候车厅、出站通道和轨道层。

3) 空间高大

为给旅客营造良好的视觉环境,客站各个空间面积大,候车厅、售票厅的层高较一般建筑高,通常为 6~15 m。

4) 围护结构

为保障旅客视觉和心理舒适,站房的进站大厅和候车厅等空间多设计大面积的外窗或者天窗,同时也可获得良好的采光效果,并降低照明的能耗。客站窗墙面积比多在 0.5 以上,线上式客站天窗比通常在 0.15 以上。

由于功能和服务的需求,客站建筑与一般公共

建筑有较大的差异,因而客站建筑节能设计不能完全依照公共建筑标准,而应该在公共建筑节能标准的基础上进行针对性研究。

5 客站节能重点分析

通过实地调研及测试工作,课题组就建筑及服务特点、客流特征、室内热湿环境、自然采光及照明和客站通风等方面,将调研内容进行了汇总,为下一步深入分析和研究打下了基础。

5.1 客站客流情况

5.1.1 旅客发送量及平均候车时间

各个客站的旅客发送量由客站运营部门提供,见图 1。从统计的数据来看,客站旅客年发送量可以分成 3 个规模:1) 1 700~2 000 万;2) 500~1 000 万;3) 约 100 万。

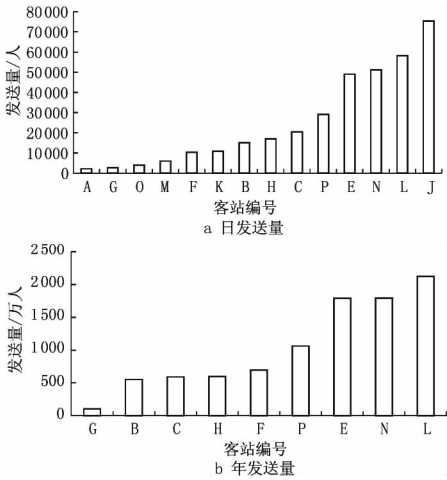


图 1 旅客发送量

为研究客站逐时候车人数,首先需要统计旅客平均候车时间。调研时,在客站运营部门的协助下,对每个客站的旅客进行抽样调查:在进站口调查进站旅客的车次,并记录其进站时间,依据客站提供的列车时刻表,计算得到旅客的平均候车时间。各个车站的平均候车时间见图 2。

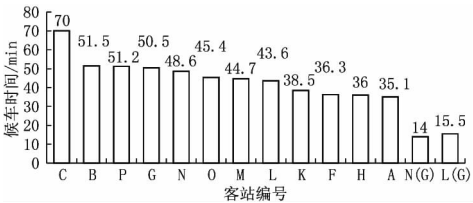


图 2 旅客平均候车时间

从调研数据来看,旅客候车时间基本上在 0.5~1 h 之间。而高铁客站(N,L)平均候车时间

分别为 14 min 和 16 min,大大少于普通列车候车时间,体现出通过式和候车式客流的差异。由于旅客候车特点不同,室内环境控制方式和目标也可以有所不同,较之传统候车式客流客站,通过式客站候车厅旅客滞留时间短,旅客在候车时不会增减着衣量,所以室内能够接受的热舒适范围可以适当加大,可减少空调供暖能耗。

5.1.2 客站的旅客逐时变化

根据对多个火车站的调查,发现旅客提前到达车站时间的分布近似服从对数正态分布^[13],这样结合客站车次时刻设计发送旅客数量,可获得车站瞬时聚集人数曲线和逐时平均候车人数曲线。

以 G 站为例,如图 3,4 所示,客站最大候车人数约为 510 人,时均最大候车人数为 220 人,候车人数随时间有明显的波动变化,大部分时段低于设计人员密度。依据客站人群波动特点,采用“部分时间、部分空间”的空调控制方式,能节约大量能源。

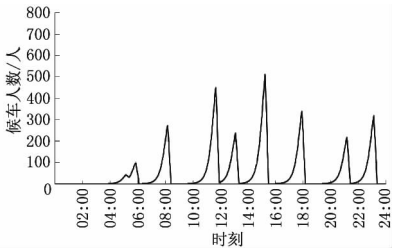


图 3 G 站逐时候车人数

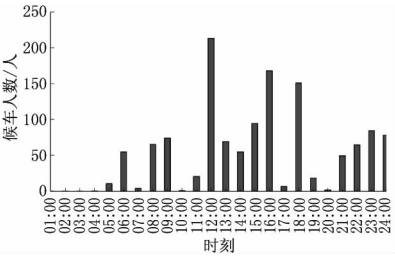


图 4 G 站时均候车人数

5.2 室内热湿环境

我国各气候区的气候条件差异明显,因而对空调和供暖的需求有很大差异,与此适应的室内环境控制系统设计也不同。下面比较分析自然通风和空调情况下客站实际的室内温湿度。

5.2.1 自然通风下的室内热湿环境

测试时,有 4 个客站(A,B,C,P)没有开启空

调,其中,A,B,C属于严寒地区,P属于温和地区。

对比客站进站大厅、候车室及售票厅与室外的温度(见图5)可以看出,在自然通风的情况下,客站室内温度最高为28℃。室内外温差最大为2.8℃,室内温度比室外平均高约1.4℃。

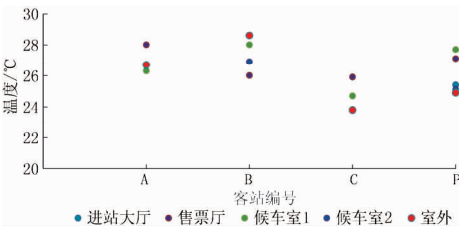


图5 自然通风情况下不同客站各个空间及室外温度分布

根据测试数据,并基于该地区典型气象年的气象参数,可估算在自然通风情况下以上客站室内温度分布,见图6。温和地区全年室温超过30℃的时间少于10h,严寒地区全年室温超过30℃的时间约在100~400h之间,全年空调时间短,且室内供冷需求较小,除部分环境要求较高的空间(如信息机房、贵宾室)需要空调外,候车室、售票厅基本可以不设置空调系统。因此,在温和地区和严寒地区,可以通过加强自然通风改善夏季室内环境。

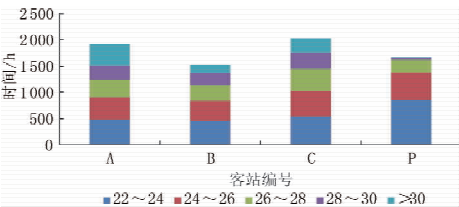


图6 自然通风条件下夏季室内温度时间分布

5.2.2 空调情况下室内热湿环境(见图7)

除严寒和温和地区的4个客站外,其他气候区的客站夏季均开启了空调,以保障室内热舒适。开启空调的情况下,客站室内温度主要分布在25~30℃之间,其中F进站大厅由于西晒,室温高达30.7℃;M候车室室内温度仅为24.4℃,空调设定温度偏低。客站空调温度差异很大,其运行控制节能潜力有待深入研究。

在空调的情况下,有些客站相对湿度高达80%以上,高于一般公共建筑,主要原因是客站内人员密度大。结合客站人流量多、人员密度大、人

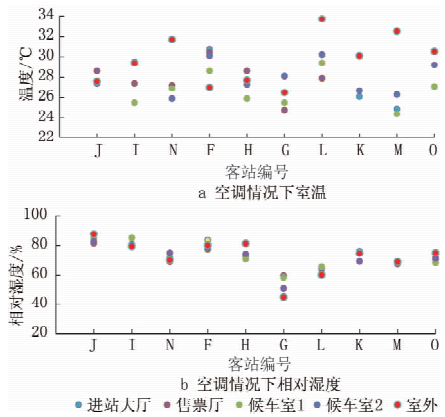


图7 空调情况下各个空间温湿度分布

员产湿量大的特点,除湿应是客站改善室内热舒适需要重点考虑的问题。

5.3 自然采光及照明

5.3.1 客站自然采光

相对于普通公共建筑,客站有良好的自然采光条件:线侧式客站进深小,两侧外窗能够保证客站候车厅及进站大厅的采光需求;线上式客站可以利用天窗进行采光。实测得到的各个客站候车室的自然采光系数见图8。

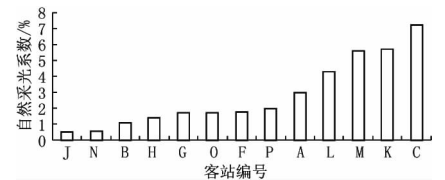


图8 实测候车室自然采光系数

大部分客站自然采光系数超过1%,C站候车室采光系数超过7%,车站白天基本不需要人工照明。客站各空间平均采光系数见表3。调研发现,由于站台处于半室外空间,采光条件最好;候车厅、进站大厅均超过2%,自然采光条件良好;售票厅一般是三面围合,一面开敞的空间形式,其采光条件最差。

表3 客站各空间平均采光系数				%
	候车室	进站大厅	售票厅	站台
平均值	2.8	3.5	1.4	8.1

总体而言,客站建筑由于其建筑特点,自然采光条件好,优化建筑的围护结构设计就能保证在绝大多数情况下白天不需要开启照明,以减少照明能耗。

5.3.2 客站自然采光及照明特点

客站建筑有良好的自然采光条件,但大面积采光天窗或外窗对室内热环境和空调供暖能耗都有影响,自然采光与照明牵涉到室内环境与节能的综合问题,需要进行深入的分析。总结调研情况,客站自然采光及照明特点如下:

1) 客站自然采光条件优越,大部分客站白天自然采光可满足室内照度需求。

2) 可以从改善人工照明方式,降低灯具安装高度等方面入手,降低客站照明能耗。

3) 可以通过设定方便简单的开关操作,实现主要旅客空间的日常、节日照明控制,改善客站日常照明环境。

4) 应充分考虑设置在高处的灯具维修条件,方便维修与更换。

5.4 客站通风

5.4.1 客站通风特点

为方便旅客进站、乘车及疏散,客站建筑有很多与室外贯通的通道。现场调研发现,客站主要的通风途径如下:

1) 外门。例如进站大门、售票厅大门,为了保证旅客进出,使用时需要保持常开。

2) 外窗。在空调季或供暖季,由于管理疏忽或操作不便(高处开启的窗户),有未关闭的外窗。

3) 客流通道。候车厅与站台、站台与地下大厅相连接的客流通道的的大门经常开启,将站房与室外连通。

4) 围护结构缝隙。站房建设施工时,遗漏未密封的缝隙,可能出现在屋顶或者吊顶中。

与一般公共建筑相比,客站空间开敞,且与外界有良好的贯通通道,自然通风条件优越。调研中发现,有的客站依据当地良好的气候环境,若优化其通风条件,夏季无需开启空调,可减少大量空调能耗。

5.4.2 客站无组织渗风问题

在空调季或供暖季,在热压、风压作用下通过开启的外门和旅客通道侵入室内的无组织渗风,会造成室内冷量或热量的损失。除温和地区外,全国各个气候区客站建筑都存在无组织渗风增加大量空调或供暖能耗的问题。

室内空调供暖负荷主要由室内热扰、围护结构耗热量及渗风负荷组成。在严寒地区,渗风负

荷约占供暖负荷的 30%~50%,减少渗风量有相当大的节能潜力。实测客站无组织渗风量见图 9。

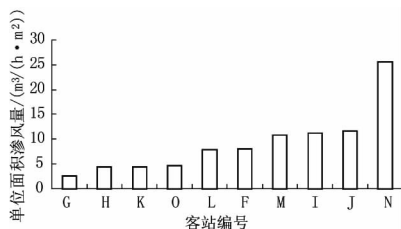


图9 客站无组织渗风量

实测发现,大部分客站渗风量超过 $5 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。冬季当渗风量为 $5 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 、室内外温差 30°C 时,由冷风渗透产生的负荷约为 54 W/m^2 。由此可见,减少无组织渗风对于客站节能有十分明显的效果。

为了保证旅客顺利无障碍进站,客站大门要求保持开启。但进站大门是无组织渗风的主要途径,目前客站减少通过大门渗风的主要措施是安装空气幕和门斗。

5.5 客站用能

客站建筑用能主要包括空调、供暖、照明、信息屏、电梯和信息机房等用能。客站建筑的全年单位面积能耗较大,单位面积全年电耗指标为 $71\sim 272 \text{ kW} \cdot \text{h}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$,由于所处气候区不同,站型不同,指标存在一定的规律性,例如,处于严寒或者寒冷地区的部分客站,夏季几乎没有空调需求,用电量远远低于夏季需要使用空调的客站。用能研究是客站节能工作的前提,其主要内容是详细拆分客站各分项用能,通过数据寻找节能潜力。例如,研究空调系统各个设备的运行情况 and 用能量,分析空调系统的节能措施。可以得出的结论是,在严寒和寒冷地区要认真论证是否需要设置集中空调系统,若选用不当会造成能耗的大量增加。

6 结论

6.1 客站建筑及服务特点不同于普通公共建筑,客站节能措施较普通公共建筑亦有不同,需从客站特点出发,开展节能工作。

6.2 旅客候车时间随着高铁的普及将大大缩短,候车人数会随着客车发车时间波动,应结合这些特点深入探讨空调节能,包括空调系统形式和控制方式。

6.3 由于南北气候差异大,不同地区的客站空调供暖需求不同,应倡导优先利用自然环境改善室内热舒适及空气质量,依据气候特点设计客站建筑和系统。

6.4 客站自然采光条件优越,充分利用自然采光可减少照明能耗;客站高大空间照明优化设计及使用需进一步深入研究。

6.5 充分利用自然通风可以改善室内环境。而无组织渗风的控制,是客站改善室内环境及空调供暖节能的难点。

6.6 使用空调的客站用电量远高于不使用空调的客站,空调能耗在客站用能中占有很大的比例,节省空调用能是客站节能的重点。

随着铁路“公交化”建设的推进,高铁将成为今后人们出行的主要方式,旅客候车时间将进一步缩短,客流特点的改变将使得客站服务需求变化,进而影响客站建筑设计和系统设计,节能工作的开展需要与时俱进,根据客站发展情况,站在更高的视角上考虑问题。

参考文献:

- [1] 盛晖,李传成.绿色铁路旅客站建筑设计探讨[J].铁道经济研究,2010(1):24-30
- [2] 钟承霞.火车站公共空间室内环境设计研究——杭州铁路新客站实践回顾[J].浙江建筑,2001(5):1-3

- [3] 郭旭辉.新广州火车站新风系统与空气品质研究[J].铁道劳动安全卫生与环保,2010,37(2):90-94
- [4] 陆耀庆.实用供热空调设计手册[M].2版.北京:中国建筑工业出版社,2008
- [5] 柯楠.铁路客站站房的节能设计[J].铁道运营技术,2007,13(3):40-41
- [6] 钱桂枫.新建铁路客运站运营效果调查及存在问题分析[J].铁道经济研究,2007(6):38-44
- [7] 郭辉,方进,徐玉党,等.新武汉火车站建筑节能设计研究[J].铁道标准设计,2008(增刊):111-114
- [8] 郭旭晖.新广州火车站节能设计与建筑室内环境研究[J].铁道标准设计,2010(增刊2):1-8
- [9] 邓保顺.蒸发冷却空调技术在铁路旅客站房中的应用分析[J].铁道标准设计,2010(5):103-105
- [10] 赵奕,毛红卫,卢仲炜,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
- [11] 廖宇.铁路客站照明节能设计的研究[J].建筑电气,2009(7):40-42
- [12] 中华人民共和国铁道部.GB 50226—2007 铁路旅客车站建筑设计规范[S].北京:中国计划出版社,2008
- [13] 何宇强,毛保华,丁勇,等.铁路客运站最高聚集人数模拟计算研究[J].系统仿真学报,2006(1):216-219