

文章编号: 1671-6612 (2022) 01-111-04

高铁客运站空调系统节能设计指标研究

卢君 雷波 余涛

(西南交通大学机械工程学院 成都 610031)

【摘要】 采用理论分析与模拟计算的方法, 结合我国不同气候区大型高铁客运站建筑暖通空调能耗指标, 得到典型的全空气系统冷热源、输配及末端的节能设计指标。

【关键词】 建筑节能; 高铁客运站能耗; 空调指标

中图分类号 TU2 文献标识码 A

Research on Energy-saving Design Index of Air-conditioning System in High-speed Railway Passenger Station

Lu Jun Lei Bo Yu Tao

(School of Mechanical Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu, 610031)

【Abstract】 This paper adopts theoretical analysis and simulation calculation methods, combined with the energy consumption index of large-scale high-speed railway station buildings in different climate zones in China, and obtains the typical energy-saving design indexes of cold and heat source, transmission and distribution and terminal of the whole air system.

【Keywords】 Building energy saving; energy consumption of high speed railway station; air conditioning index

基金项目: 国家重点研发计划子课题: 高铁、港口及公路客运站建筑能耗特征与能耗评价指标体系 (2018YFC0705005-01)

作者简介: 卢君 (1993.07-), 女, 在读硕士研究生, Email: Lu-J@my.swjtu.edu.cn

通讯作者: 余涛 (1987.08-), 男, 博士, 讲师, E-mail: yutao073@swjtu.edu.cn

收稿日期: 2021-08-06

0 引言

高铁客运站作为公共建筑重要而特殊的分支, 具有空间跨度大、人员密度高、空调系统运行时间长、建筑能耗高等特点。空调系统能耗占高铁客运站总能耗的 30-60%^[1], 因此空调系统节能是高铁客运站建筑节能的工作重点。高铁客运站空调系统节能设计指标作为设计空调系统的用能基准线, 对于合理控制空调系统能耗水平具有重要意义。

近些年很多学者对高铁客运站空调系统能耗进行了研究。刘小燕^[2]和杨秀娥^[3]通过实地调研分析了不同规模高铁客运站的空调系统供冷、供热能耗值及能耗占比。宋歌^[4]、刘小燕^[5]和韩婕^[6]等人通过模拟计算分析的方式得到不同气候区高铁客运站的空调系统能耗值及不同空调系统对能耗值的影响。现有研究主要针对高铁客运站空调系统能

耗值、能耗占比及能耗影响因素, 尚未见有关高铁客运站空调系统冷热源、输配、末端节能设计指标的研究。

本文通过理论分析与模拟计算的方式, 结合高铁客运站空调系统能耗限值的要求, 研究我国不同气候区大型高铁客运站建筑典型的全空气系统冷热源、输配及末端各分项节能设计指标。

1 空调系统节能设计指标

确定能耗水平的方法包括专家咨询法、统计分析法及技术测算法^[7]。专家咨询法是指利用专家的经验 and 现有的相关信息提出定量能耗值的方法, 此方法易受到主观因素影响, 出现片面性和盲目性。统计分析法是通过一定的数据分析, 确定合理的能耗指标值的方法, 此方法需要对实际能耗进行大规

模普查,实际操作难度大。技术测算法是指基于现有的计算软件,通过建立模型对合理能耗进行计算,从而确定能耗指标的方法。

本文采用技术测算法,通过对现有高铁客运站空调能耗进行分析和模拟计算,从而确定高铁客运站全空调系统冷热源、输配和末端的节能设计指标。

1.1 节能设计指标的确定方法

确定高铁客运站冷热源、输配、末端节能设计指标的具体步骤如下:

(1) 空调系统总能耗限值的确定。

能耗限值是指为实现使用功能所允许消耗的能耗指标上限值^[8]。本文根据实地调研情况,将高铁客运站空调能耗现状的平均值作为空调系统能耗值,根据节能设计的要求,取能耗现状平均值的 80% 作为空调系统总能耗的节能设计限值。

(2) 各部分能耗值的计算。

在高铁客运站全空气系统中,冷源能耗是指冷水机组的能耗,热源能耗是指锅炉或城市热网的能耗,计算冷热源能耗需要知道建筑的逐时冷、热负荷。采用 Energyplus 软件模拟计算出典型高铁客运站建筑模型的全年逐时冷、热负荷。冷水机组按照负荷率大小分为 0%-25%、25%-50%、50%-75% 和 75%-100% 四个负荷区间,整理各厂家的设备参数及建筑节能设计标准,统计不同负荷率下的冷水机组 COP 并计算该区段内 COP 的平均值。根据逐时冷、热负荷及冷源 COP 平均值、热源效率计算得出冷热源能耗值。

输配主要指水系统,其中供冷系统输配由冷冻水泵、冷却水泵及冷却塔构成,供热系统输配为供热循环泵。冷冻水泵及供热循环泵流量最小值根据单台水泵的变频范围和水泵台数来确定,当水泵流量低于最小值时,按照流量最小值进行计算,当水泵流量超过最小值时,水泵开度按照逐时负荷率进行计算;冷却水泵和冷却塔采用全开模式。计算得出输配能耗值。

末端是指组合空调箱,采用全空气系统时,主要用能设备为风机,空调箱风机按变频运行,当部分负荷率低于风机开启度最小值时,按照最小值进行计算。当风机流量超过最小值时,按照逐时负荷率进行计算。通过逐时负荷及风机风压等参数计算得到末端能耗值。

(3) 确定节能设计指标。

通过计算出的冷热源、输配、末端的能耗值得出冷热源、输配、末端占空调系统总能耗的占比,与空调系统总能耗限值相乘得到不同气候区高铁客运站空调系统冷热源、输配、末端的节能设计指标。

1.2 建筑和空调系统计算参数

在五个气候区选择典型城市,严寒地区选择长春,寒冷地区选择天津,温和地区选择昆明,夏热冬冷地区选择上海,夏热冬暖地区选择广州。分别根据不同气候区公共建筑节能设计规范的要求设定围护结构热工参数。车站建筑面积为 61100m²,分为上下两层,下部分为进站厅和集散厅,上部分为候车厅,一层层高为 8.1m,二层层高为 13m。上下层分层空调高度均为 4m,最高聚集人数为 6000 人。

高铁客运站空调形式为常用的全空气系统。冷冻水泵与冷却水泵台数均 3 台,扬程分别为 32m 与 26m,最低开启度为 30%;热水循环泵选用一台扬程 32m 的水泵,最低开启度为 60%。冷却塔风机风压为 200Pa;空调箱风机风压为 700Pa,最低负荷率为 60%。

2 空调系统能耗计算

本文通过建立不同气候区高铁客运站模型,得到建筑的逐时冷、热负荷,将负荷及设备参数带入冷热源、输配和末端能耗计算公式得到空调系统各部分能耗值。

2.1 冷源能耗

冷源能耗是指冷水机组的能耗。冷水机组通常是处于部分负荷工况下工作,将所有部分负荷情况的耗电量累加,便可得到冷水机组的累计耗电量。

冷水机组 P_c 的能耗按照公式 (1) 进行计算。

$$P_c = \sum \frac{Q_{ci}}{COP_c} T_i (c=1,2,3,4) \quad (1)$$

式中: P_c 为冷源的能耗, kWh; Q_{ci} 为在 c 值所在部分负荷率范围内 i 小时的冷负荷, kW, 其中 $c=1$ 时表示部分负荷率位于 0%-25%, $c=2$ 时表示部分负荷率位于 25%-50%, $c=3$ 时表示部分负荷率位于 50%-75%, $c=4$ 时表示部分负荷率位于 75%-100%; COP_c 为机组在 c 值所对应的负荷区内 COP 平均值; T_i 为部分负荷率对应的小时数,

h。

2.2 热源能耗

热源能耗将所有部分负荷情况的耗电量累加,可得到热源的累计耗电量。在高铁客运站中,热源能耗由锅炉或城市热网构成,为了统一计算,将锅炉或城市热网的能耗均折算为等效电耗。严寒地区和寒冷地区采用城市热网供热,在夏热冬冷地区采用燃气锅炉作为热源。热源的能耗按公式(2)计算。

$$P_h = \sum \frac{Q_{hi}}{\eta_h} \cdot T_i \quad (2)$$

式中: P_h 为热源的能耗, kWh; Q_{hi} 为热源的 i 时刻的热负荷, kW; η_h 为折电力系数, 标准煤 $\eta_h=2.6$, 天然气 $\eta_h=2$ 。

2.3 输配能耗

输配系统能耗指水系统能耗, 供冷系统包括冷冻水泵、冷却水泵以及冷却塔风机三部分, 供热系统为供热循环泵。冷冻水泵及供热循环泵能耗依据公式(3)^[9]计算, 由于冷却水泵采用全开的模式, 所以冷却水泵 x_i 取 1。

$$P_p = \begin{cases} \sum \frac{k\rho_w Q_p g H}{3.6 \times 10^6 \eta_p} \cdot 0.2 \cdot T_i & 0 < x_i \leq 0.2 \\ \sum \frac{k\rho_w Q_p g H}{3.6 \times 10^6 \eta_p} \cdot x_i \cdot T_i & 0.2 < x_i \leq 1 \end{cases} \quad (3)$$

式中: P_p 为泵的能耗, kWh; k 为电机放大系数, 一般取 1.1; ρ_w 为水的密度, kg/m³; Q_p 为泵的水流量, m³/h; g 为重力加速度, 取 9.8m/s²; H 为水泵扬程, m; η_p 为水泵的效率, 取 $\eta_p=0.7$; x_i 为 i 时刻的部分负荷率, 根据公式(4)计算。

$$x_i = \frac{Q_i}{Q_{\max}} \quad (4)$$

式中: Q_i 为 i 时刻的负荷, kW; Q_{\max} 为逐时最大负荷, kW。

输配系统中, 冷却塔能耗为冷却塔风机能耗, 风机的能耗可根据公式(5)、公式(6)计算。

$$P_t = \sum \frac{kpQ_t}{3.6 \times 10^6 \eta_t} \cdot T_i \quad (5)$$

$$Q_t = \frac{1.1 \times 3600 \times Q_{\max}}{\rho_a (h_{t2} - h_{t1})} \quad (6)$$

式中: P_t 为冷却塔的能耗, kWh; p 为风机的

全压, Pa; Q_t 为空调箱风机风量, m³/h; η_t 为冷却塔的效率, 取 $\eta_t=0.8$; ρ_a 为空气密度, kg/m³; h_{t1} 为室外点的焓值, kJ/kg; h_{t2} 为进水温度对应饱和空气焓值, kJ/kg。

2.4 末端能耗

在高铁客运站中, 末端主要指空调箱, 主要设备为风机, 其能耗计算由公式(7)、(8)计算。

$$P_e = \begin{cases} \sum \frac{kpQ_e}{3.6 \times 10^6 \eta_t} \cdot 0.6 \cdot T_i & 0 < x_i \leq 0.6 \\ \sum \frac{kpQ_e}{3.6 \times 10^6 \eta_t} \cdot x_i \cdot T_i & 0.6 < x_i \leq 1 \end{cases} \quad (7)$$

$$Q_e = \frac{1.1 \times 3600 \times Q_{\max}}{\rho_a (h_{e2} - h_{e1})} \quad (8)$$

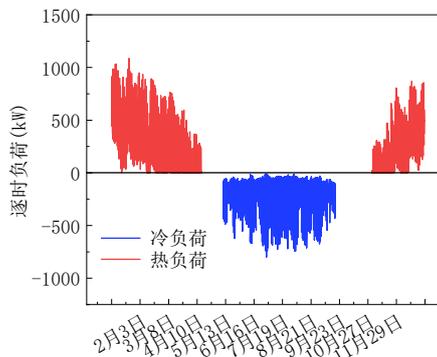
式中: P_e 为风机的能耗, kWh; Q_e 为空调箱风量, m³/h; h_{e2} 为送风状态点焓值, kJ/kg; h_{e1} 为室内状态点焓值, kJ/kg。

3 结果与分析

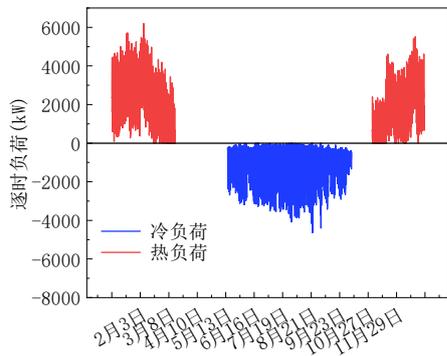
根据所建立的高铁客运站模型及空调模型, 不同气候区大型高铁客运站逐时负荷情况如图1所示。

根据对不同气候区大型高铁客运站能耗现状的调研情况和节能要求, 确定空调系统总能耗的节能设计限值, 如表1所示。

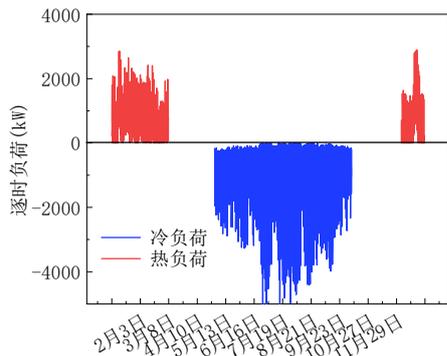
根据不同气候区典型城市冷热源、输配、末端的能耗值所占比例, 确定各部分能耗指标值。不同气候区冷热源、输配、末端的节能设计指标如表2所示。



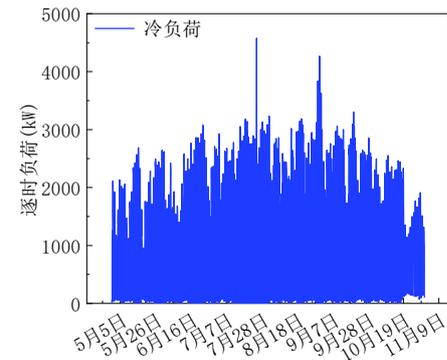
(a) 严寒地区



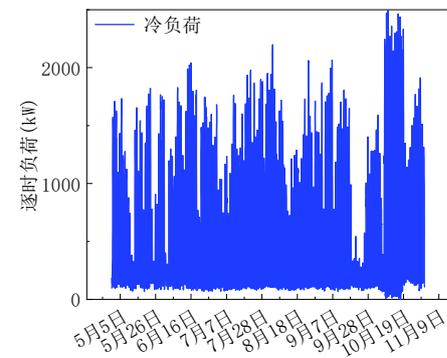
(b) 寒冷地区



(c) 夏热冬冷地区



(d) 夏热冬暖地区



(e) 温和地区

图 1 不同气候区逐时负荷值/kW

Fig.1 Hourly load values in different climatic regions/kW

表 1 空调系统总能耗的节能设计限值/kWh/(m²·a)

Table 1 Energy-saving design limits for total energy consumption of air-conditioning systems /kWh/(m²·a)

气候区	严寒地区	寒冷地区	夏热冬冷地区	夏热冬暖地区	温和地区
总能耗	110	100	94	79	43

表 2 空调系统各部分节能设计指标/kWh/(m²·a)

Table 2 Energy-saving design indicators of air-conditioning systems in different climate zones/kWh/(m²·a)

气候区	冷热源	输配	末端
严寒地区	66	13	31
寒冷地区	50	14	36
夏热冬冷地区	52	11	31
气候区	冷源	输配	末端
夏热冬暖地区	44	12	23
温和地区	22	6	15

不同气候区的单位面积空调系统冷热源、输配、末端节能设计指标值差异较大,这是因为不同气候区的气象条件不同使得冷、热负荷的差距较大,所以能耗值差异较大。

不同地区总热负荷从大到小分别为:严寒地区,寒冷地区,夏热冬冷地区。不同地区总冷负荷从大到小分别为:夏热冬暖地区、寒冷地区、夏热冬冷地区、严寒地区、温和地区。由于冷水机组的 COP 值大于热源的热效率,所以供冷的能效比 EER_c 高于供暖能效比 EER_h ,所以严寒地区冷热源占比最大,寒冷地区次之,夏热冬冷地区最小。由于温和地区总冷负荷小于夏热冬暖地区,所以温和地区冷源占比小于夏热冬暖地区。输配与末端能耗占比与部分负荷率呈正相关,所以输配、末端占比均增加。

4 结论

本文采用理论分析与模拟计算方法,研究得到我国不同气候区大型高铁客运站建筑典型全空气系统冷热源、输配、末端的节能设计指标,可为高铁客运站的空调设计提供参考。

参考文献:

[1] 夏麟,田炜.上海现代申都大厦改造工程[J].建设科技, 2014,(10):57-61.

(下转第 139 页)