

昆明新机场航站楼热工性能优化及空调系统新风利用分析

北京市建筑设计研究院 黄季宜[☆] 韩维平

摘要 利用 DeST 对昆明新机场航站楼围护结构热工性能进行了优化分析,比较了不同新风设定工况对优化分析结果的影响。通过对航站楼部分区域空调系统进行全年模拟,统计分析了空调系统在不同新风比工况下的运行时间,结合理论分析,确定了空调系统新风调节方式。

关键词 DeST 围护结构 热工性能优化 新风

Thermal performance optimizing and fresh air application in Kunming new airport terminal

By Huang Jiayi[★] and Han Weiping

Abstract Optimizes the thermal performance of the building envelope by using DeST, and compares the optimizing results under different fresh air setting conditions. Through the annual air conditioning system simulation for local area, obtains the proper fresh air adjustment mode by analyzing the operating hours under different fresh air ratios.

Keywords DeST, building envelope, thermal performance optimizing, fresh air

★ Beijing Institute of Architectural Design, Beijing, China

①

1 项目背景

1.1 建筑概况

昆明新机场航站楼位于昆明市官渡区大板桥镇,距离市区 24.5 km,新机场项目定位为“大型枢纽机场和辐射东南亚、南亚,连接欧亚的门户机场”。

新机场航站楼由南侧主楼、南侧东西两翼指廊、中央指廊、北侧 Y 形指廊五大部分构成。旅客服务用功能性建筑面积约 448 000 m²,建筑屋檐最高点高度为 72.25 m。建筑层数为地下 3 层,地上 3 层,局部 4 层。各层主要功能如下:地下 3 层及地下 2 层主要是机电及行李处理用房;地下 1 层为迎客大厅及行李提取厅等;1 层为国际到达廊、远机位候机、机坪服务等;2 层为国际联检厅、国际出发厅、国内到达廊等;3 层为值机大厅、国内联检厅、国内出发厅等;4 层为 CIP 候机厅等。新机场航站楼的效果图如图 1 所示。

1.2 昆明地区气象分析

昆明市位于北纬 25°01',海拔 1 892.4 m,属北



图 1 昆明新机场航站楼效果图

纬亚热带气候温和地区。昆明市冬无严寒,夏无酷暑,四季如春,年平均温度 15℃,冬季平均温度 8~10℃,夏季平均温度 19~20℃。室外空气干球温度低于 26℃的时间占全年时间的 99%以上,室外气象条件十分优越。图 2,3 分别是昆明市各月平均干球温度统计和全年各区间干球温度时间分布^[1]。

①[☆] 黄季宜,女,1976 年 10 月生,硕士,工程师
100045 北京市南礼士路 62 号北京市建筑设计研究院
(010) 88043102
E-mail: biadhuangjiyi@126.com
收稿日期:2009-03-03
修回日期:2009-03-12

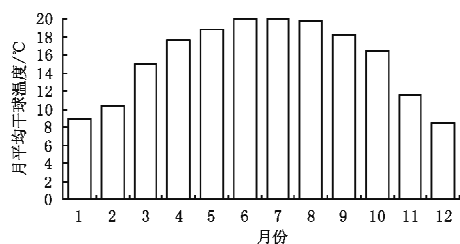


图 2 昆明市各月平均干球温度统计

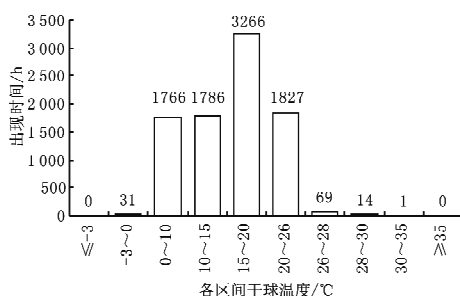


图 3 昆明市全年各区间干球温度时间分布

2 模拟分析内容

《公共建筑节能设计标准》(GB 50189—2005)对昆明地区的围护结构热工参数没有明确限定。因此如何根据昆明地区的气候特点,选择合适的建筑围护结构热工参数,特别是玻璃幕墙的热工参数,是本项目建筑围护结构设计重点。此外,昆明地区室外新风温度绝大部分时间低于夏季空调室内设定温度,室外新风是理想的天然冷源,如何有效合理地利用室外新风,是本项目空调系统设计重点。本项目在设计过程中,使用动态模拟软件 DeST^[2]辅助完成了围护结构热工性能优化以及空调系统新风调节方式选择。具体模拟分析内容如下:

1) 通过空调冷热负荷全年模拟计算,完成玻璃幕墙热工性能优化分析;

2) 通过空调系统全年模拟分析,统计系统不同新风比工况的运行时间,结合理论分析,确定空调系统新风调节方式(两位调节、连续调节)。

3 建立模型及设定参数

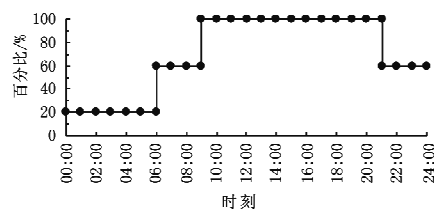
航站楼内主要功能房间的室内温度、内扰及作息设定如表 1 及图 4 所示。机场旅客区的空调系统为 24 h 全开。图 5 是采用 DeST 建立的航站楼计算模型。

4 玻璃幕墙热工性能优化

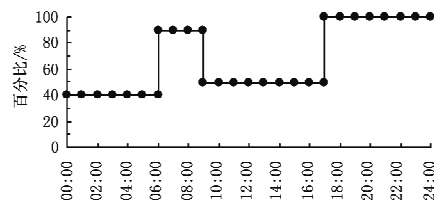
昆明新机场航站楼外墙除首层局部区域外,其

表 1 航站楼主要功能房间室内温度及内扰设定

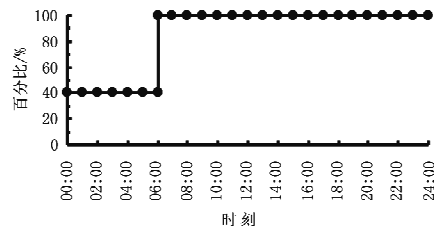
房间功能	室内温度设定范围/℃	人员密度/(m ² /人)	人均新风量/(m ³ /(人·h))	照明/(W/m ²)	设备(W/m ²)
值机大厅	20~26	5.5	25	10	15
到港大厅	20~26	4	25	10	15
安检大厅	20~26	6	25	10	15
行李提取厅	20~26	4	25	10	15
候机室	20~26	5	25	10	15
到达通廊	20~26	10	25	10	5



a 机场旅客区人员作息



b 机场旅客区灯光作息



c 机场旅客区设备作息

图 4 机场旅客区人员、灯光、设备作息

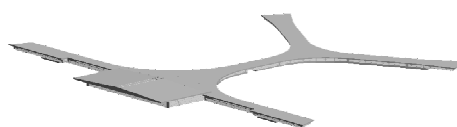


图 5 航站楼建筑模型

他区域绝大部分是玻璃幕墙,因此在所有外围护结构中,玻璃幕墙的热工性能对空调冷、热负荷影响最大。对玻璃幕墙而言,传热系数 K 和遮阳系数 S_e 是影响其热工性能的主要参数。

玻璃幕墙的遮阳系数是决定其太阳辐射透过性能的关键参数。太阳辐射得热会增大房间冷负荷,减小房间热负荷。由于昆明地区太阳辐射较强并且航站楼室内发热量较大,航站楼全年累计冷负荷远大于全年累计热负荷。因此太阳辐射得热在大部分情况下为不利因素,因此 S_e 应取较小值,但要兼顾采光及视觉效果的要求,该航站楼玻璃幕墙

的遮阳系数取 0.55。本文不针对玻璃幕墙的 S_g 值进行对比分析。

玻璃幕墙的传热系数是决定其保温隔热性能的关键参数。本章将通过计算不同 K 值工况下的全楼累计冷热负荷,分析 K 值与累计负荷的关系,完成玻璃幕墙传热系数的优化分析。外墙传热系数取 $1.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$,屋面传热系数取 $0.35 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ 。

由于昆明地区室外新风温度绝大部分时间低于室内最高设定温度(26°C),在过渡季和夏季,增大新风量,将有利于消除室内发热,减小房间冷负荷。因此在进行玻璃幕墙 K 值优化分析时,应考虑新风量调节对计算结果的影响。新风量的具体设定为:最大新风量等于房间最大送风量,换气次数约 $3\sim 4 \text{ h}^{-1}$ (4 m 层高),最小新风量等于人员所需最小新风量,新风量可在最大值与最小值之间调节以适应负荷变化。

图 6 是玻璃幕墙 K 值优化分析的计算结果。图 6 中的全年累计总负荷等于全年累计冷负荷与累计热负荷的绝对值相加。从图 6 可以看出,随着 K 值增大,全年累计冷负荷减小,累计热负荷增加,热负荷增加量略大于冷负荷减少量,因此全年累计总负荷随 K 值增大略有增加,但趋势不明显, K 值从 $2.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ 增大到 $5.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$,其对应全年累计总负荷只增加 2.0%。

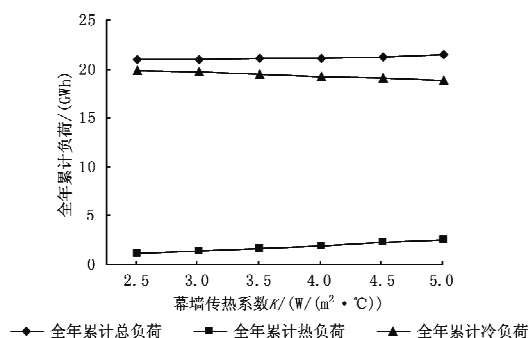


图 6 全年累计总负荷与幕墙传热系数的关系(可变新风)

如果不考虑新风调节的影响,新风量设定为人员所需最小新风量并且全年保持不变,则玻璃幕墙 K 值优化分析的计算结果如图 7 所示。从图 7 可以看出,随着 K 值增大,全年累计冷负荷减小,累计热负荷增加,但热负荷增加量小于冷负荷减少量,因此全年累计总负荷随 K 值增大而减小,其变化趋势与图 6 的计算结果相反, K 值从 $2.5 \text{ W}/$

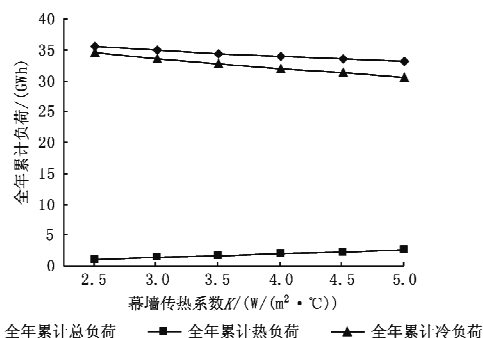


图 7 全年累计总负荷与幕墙传热系数的关系(固定新风)

($\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$)增大到 $5.0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$,全年累计总负荷减小了 7.2%。此外,对比图 6,图 7 可知,可变新风工况下的全年累计冷负荷与固定新风工况相比大幅下降,前者仅为后者的 60%左右。

出现上述两种计算结果的原因是:航站楼室内发热量较大,当新风量较小时,新风冷量不足以消除室内发热,室内温度升高,当室温超过 26°C 后就需要供冷,形成冷负荷。由于室外温度大部分时间低于 26°C ,当室温超过 26°C 后,室内向室外传热,玻璃幕墙的 K 值越大,越有利于建筑物的散热,因此航站楼的全年累计冷负荷随 K 值增大有较显著的减小。当新风可调时,在过渡季和夏季绝大部分时间,可通过增大新风量消除室内发热,室内温度可维持在 26°C 以下,不形成冷负荷,房间需要供冷的时间减少,全年累计冷负荷大幅减少,玻璃幕墙的散热作用被削弱,全年累计冷负荷随 K 值增大并没有显著减小,而累计热负荷随 K 值的变化趋势没有改变,导致累计热负荷增加量略大于累计冷负荷减少量,因此全年累计总负荷随 K 值增大略有增加,但趋势不明显。

从上述分析可知:

1) 昆明地区气候温和,室外新风是理想的天然冷源,在过渡季和夏季绝大部分时间,通过增大新风量消除室内发热,可使全年累计冷负荷减小为固定新风工况的 60%。

2) 对于该航站楼,由于室外新风对室内冷负荷有良好的调节作用,玻璃幕墙的传热系数对全年累计总负荷的影响不显著。选择航站楼幕墙玻璃类型时应重点考虑遮阳系数、透射光、反射光性能以及室内人员的视觉要求,最终航站楼幕墙玻璃选择了 Low-e 镀膜中空玻璃(Low-e 镀膜须结合中空玻璃设置,否则易氧化而难以持久)。Low-e 镀

膜中空玻璃自身传热系数约为 $1.8 \sim 1.9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$,在与幕墙系统框架复合时,由于没有严格的隔热要求,可采用非断桥隔热型材,幕墙系统整体传热系数控制在 $3.0 \sim 3.5 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ 。

3) 对建筑围护结构热工性能进行优化分析时,需要考虑室内发热和新风量的影响,不同新风设定工况会对计算结果产生重大影响。

5 空调系统新风利用分析

为了适应负荷变化,该航站楼值机大厅、迎客大厅、安检大厅、各区域候机室以及到达通廊,均采用全空气变风量系统(风机变频调节,无变风量末端),风量变化范围为 $50\% \sim 100\%$ 。为了充分利用室外新风,上述区域的空调系统均为变新风比空调系统,其中系统最小新风比等于人员所需最小新风量与系统最大送风量之比,最大新风比等于 1,即全新风。

变新风比系统有两种调节方式,一种是两挡调节,即只有最小新风比和全新风两种工况;另一种是从最小新风比到全新风连续可调。两挡调节的变新风运行方式,新风阀位只有最小和全开两种,阀位切换简单易行,但新风量可调范围较小,其负荷调节性能相对较差;连续可调的变新风运行方式,新风量可调范围较大,负荷调节性能较好,但阀位控制复杂,不易实现。

实际上,对于变风量系统,由于系统送风量可变,因此即使采用只有两挡调节的变新风比形式,其新风量调节范围也是比较大的。举例说明,假设系统最小新风比为 30% ,系统风量变化范围为 $50\% \sim 100\%$ 。当系统新风比可从 $30\% \sim 100\%$ 连续调节时,系统新风量可调节范围为 $15\% \sim 100\%$;当系统新风比只有两挡调节,即新风比只能是 30% 或 100% 时,系统新风量可调节范围为 $15\% \sim 30\%$ 以及 $50\% \sim 100\%$ 。与新风比连续调节系统相比,两挡调节系统新风量的可调节范围仅缺少 $30\% \sim 50\%$ 这一区间。系统最小新风比与系统最小风量比越接近,两挡调节系统缺少的可调区间就越小,当系统最小新风比等于系统最小风量比时,两挡调节系统与连续调节系统的新风量可调范围是相同的。

航站楼各大厅、候机室人员密度较大,其对应空调系统的最小新风比较高,大约在 $35\% \sim 50\%$ 之间,到达通廊人员密度较小,其空调系统的最小

新风比只有 20% 左右。因此,建议各大厅、候机室空调系统采用两挡调节的新风调节方式。到达通廊空调系统由于最小新风比较小,两挡调节方式对应的系统新风量可调范围缺少 $20\% \sim 50\%$ 这一区间,难以确定采用何种变新风比调节方式。本章将针对各到达通廊空调系统进行全年模拟分析,统计各空调系统在不同新风比工况下的运行时间,确定采用何种变新风比调节方式。

图 8 是各到达通廊空调系统不同新风比工况运行时间统计。图中的“调节新风比”指新风比介于全新风和最小新风比之间。

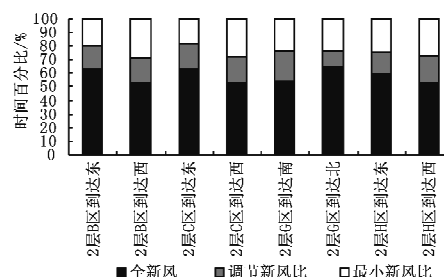


图 8 各到达通廊空调系统不同新风比工况运行时间统计

从图 8 可以看出,各到达通廊空调系统全新风运行时间均超过 50% ,系统在调节新风比、最小新风比的运行时间均较短,大部分空调系统调节新风比运行时间不超过 20% 。

调节新风比运行工况一般出现在全新风运行将导致室内过冷,而最小新风比运行又导致室内过热的情形。如果取消调节新风比运行工况,则空调系统要么全新风运行,送风量调小,使室内温度不低于 20°C ;如果送风量调至最小,室内温度仍过低,则切换为最小新风比运行,送风量调大,使室内温度尽量不高于 26°C 。由于房间有一定热容,当空调系统进行上述新风工况切换时,房间温度不会从 20°C 突变至 26°C ,新风工况不会频繁切换导致系统不稳定。因此各到达通廊均可以采用新风两挡调节方式,结合送风量的调节,调整系统的新风供应量,保证室内温度基本满足要求。

图 9 是各大厅、候机室、到达通廊空调系统在两挡新风调节工况下全年供冷、供热、通风时间统计。从图 9 可以看出,所有空调系统的通风时间百分比均接近或大于 70% ,有些系统甚至超过 80% ,各系统供冷、供热时间均较短。图 9 表明,上述空调系统在两挡新风调节工况下,通过新风比切换和

(下转第 92 页)

态分布曲线。在未来的制冷剂发展中,如果强调自然度的评价标准,大力发展 CO_2 、碳氢化合物等自然工质的应用,使其在市场上的份额加大,这时自然度高的制冷剂就会得到充分发展,就可以预测出如图中蓝色的正态分布曲线;从图中还可以看出,不仅制冷剂的整体自然度有所提高,而且可用的制冷剂范围也不断扩大。如果只是强调可替代性,采用不断化合的方法生成新的制冷剂,就可以得出如图黑色表示的正态分布预测曲线,尽管化合生成的新制冷剂有较好的环保性,但是自然度却变小了,导致市场使用的制冷工质越来越偏离自然,可能会出现无法预计的各种隐患,同时可采用制冷剂的种类也越来越少。当然,本文选用的参数还需要根据实际调研数据进一步完善修正,但无论采用哪种参数获得的整体变化是一致的,说明了该评价方法有一定的规律性,并且对制冷剂未来发展的预测具有一定的参考性。

4 结论

本文从制冷剂环保性的评价体系出发,根据对不断发展的评价标准的理解,以及对制冷剂自然属性和环保属性的认识,提出了以自然度为基准的新的环保性能评价方法,通过合适的模型对

当前使用的制冷剂的自 然度进行了量化分析。从计算结果可以看出,以自然度为标准的变化趋势与传统的评价体系获得的结果基本保持一致;然而不同的是,相比之下,碳氢化合物相对于合成的氟化物有较高的自然度,并且一些综合性能均衡的物质如 R152a 等也有较高的自然度,因此,这些物质在该评价体系下表现出较好的环保性能。如果以自然度为 0.5 作为制冷剂选用的标准,未来制冷剂的可选方案将会很宽广,而如果单纯以无毒,不可燃,ODP 为 0, GWP 小于 150 的评价标准来筛选制冷剂,那么今后可选择范围只会越来越窄。

参考文献:

- [1] 史琳,朱明善. LCCP,一种全球气候变暖影响的评价指标[J]. 暖通空调,2004,34(10):33-38
- [2] 美国绿色建筑委员会. 现有建筑物改造、运行和维护的绿色建筑物评估体系 2.2 版[R/OL]. 2007, www.greencontractors.us/how/leedguide
- [3] James M C. The next generation of refrigerants [C]// International Congress of Refrigeration, 2007
- [4] Working groups of IPCC. Technical summary on climate change [R]. IPCC, 2007:15-80

(上接第 10 页)

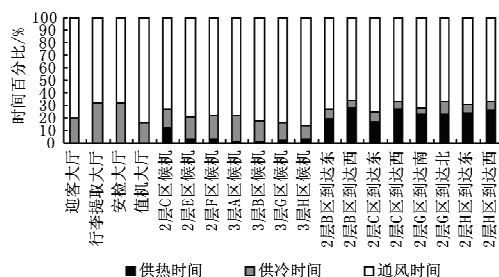


图9 各空调系统供冷、供热、通风时间统计

送风量的调节,全年大部分时间仅依靠通风就可以满足室内的温度要求。这正是第4章中,可变新风工况对应全年累计冷负荷比定新风工况小很多的原因。

6 结论

6.1 对于昆明新机场航站楼,在过渡季和夏季绝大部分时间,通过增大新风量消除室内发热,可使全年累计冷负荷减小为固定新风工况的 60%。

6.2 对于昆明新机场航站楼,由于室外新风对室内冷负荷有良好调节作用,玻璃幕墙的传热系数对

全年累计总负荷的影响不显著。

6.3 对建筑围护结构热工性能进行优化分析时,需要考虑室内发热和新风量的影响,不同新风设定工况会对计算结果产生重大影响。

6.4 航站楼各大厅、候机室、到达通廊空调系统,均可以取消调节新风比运行工况,新风采用两挡调节,在只有全新风和最小新风比两种工况下,结合送风量的调节,可调整系统的新风供应量,保证室内温度基本满足要求。

6.5 航站楼各大厅、候机室、到达通廊空调系统,在两挡新风调节工况下,通过新风比切换和送风量的调节,全年 60%~80%的时间仅依靠通风就可以满足室内的温度要求,系统供冷、供热时间均较短。

参考文献:

- [1] 中国气象局气象信息中心气象资料室,清华大学建筑技术科学系. 中国建筑热环境分析专用气象数据集[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2005
- [2] 清华大学 DeST 开发组. 建筑环境系统模拟分析方法——DeST[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2006