

虹桥交通枢纽 T2 航站楼节能研究

华东建筑设计研究院有限公司 衣健光[☆]

摘要 通过对比分析该航站楼的全年建筑能耗,找出影响其建筑能耗的主要因素并进行节能优化,以达到最佳的节能效果。空调系统能耗与照明系统能耗约占 T2 航站楼总能耗的 78%,节能潜力巨大,是节能研究的重点。采取一系列节能优化措施后,T2 航站楼的能耗有明显的下降,与 GB 50189—2005《公共建筑节能设计标准》的基准模型相比,其全年能耗降低约 30%。

关键词 航站楼 能耗分析模型 基准模型 设计模型 全年能耗分析 节能潜力

Research on energy efficiency in Hongqiao Transport Hub Terminal 2

By Yi Jianguang[★]

Abstract By analysing and comparing the annual building energy consumption of the terminal, finds out the major factor affecting its building energy consumption and adopts some energy saving measures to achieve the best energy efficiency. The energy consumption of air conditioning system and lighting system accounts for about 78% of total energy consumption of the terminal showing an enormous potential in energy saving in the two systems, therefore they should be emphasized in energy efficiency research. After adopting a series of energy optimization measures, the energy consumption of Terminal 2 drops significantly. Compared to the baseline model stipulated in GB 50189—2005 the *Design standard for energy efficiency of public buildings*, the annual energy consumption of Terminal 2 reduces by about 30%.

Keywords terminal, energy consumption analysis model, baseline model, design model, annual energy consumption analysis, energy saving potential

★ East China Architectural Design & Research Institute Co., Ltd., Shanghai, China

①

0 引言

虹桥综合交通枢纽是航空港、高速铁路、长三角地区城际铁路、长途汽车与市内轨道交通、公交、出租车等各种交通方式紧密衔接、便捷换乘的现代化大型综合交通枢纽。虹桥综合交通枢纽 T2 航站楼(以下简称“T2 航站楼”)是虹桥综合交通枢纽的重要组成部分,T2 航站楼与交通枢纽相互融合,功能分工明确,流程便捷顺畅。根据虹桥机场总体规划(2005 年修编),机场总体规划的目标是年旅客吞吐量 3 000 万人次,其中 T2 航站楼的规划目标是在近期满足年旅客吞吐量 2 100 万人次,并预留未来发展到 3 000 万人次的条件。

T2 航站楼位于虹桥综合交通枢纽东侧,用地范围西起七莘路道路红线,东至 T2 航站楼与其站坪 30 m 分界线,南北向均至与市政总体分界红线。T2 航站楼由主楼和长廊(包括 5 个指廊:北单

侧指廊、东一双侧指廊、中央单侧指廊、东二双侧指廊和南单侧指廊)组成,旅客工艺流程为“二层式”布局,出发和到达旅客被安排在不同层面上,互不交叉和干扰。建筑地下 1 层,地上 12 层。总建筑面积 257 266 m²。航站楼实景如图 1 所示。

1 可持续建筑设计理念

T2 航站楼具有以下特点:占地面积大、跨度大、空间高大、外围护结构面积大、玻璃幕墙面积大、空调与照明系统能耗大、建筑材料使用量大。如在规划、设计、施工和运行过程中不加以重视,必将引起极大的浪费。因此,如何节约资源(能源、

①[☆] 衣健光,男,1976 年 1 月生,硕士研究生,高级工程师
200002 上海市江西中路 246 号 6 楼华东建筑设计研究院有限公司

(021) 63217420 - 6630

E-mail:jianguang_yi@ecadi.com

收稿日期:2011-09-21



图 1 T2 航站楼俯瞰实景图

水、土地和材料)、保护环境并为旅客提供优质和人性化服务,是 T2 航站楼设计面临的巨大挑战。

T2 航站楼从策划开始就提出建设与节约并重的原则,始终把可持续发展的研究工作放在一个突出的位置,并全面参照美国 LEEDTM-NC2.2 (Leadership in Energy and Environmental Design) 标准,紧密结合项目特点,采用切实可行、高效的绿色建筑节能技术,特别是被动式绿色建筑技术,将虹桥机场 T2 航站楼打造成一个节能、高效、舒适、环保的航站楼。

2 全年能耗分析方法

在该项目全年能耗分析中,采用了逐时能耗分析软件 Equest-3.61,并分别根据设计资料、GB 50189—2005《公共建筑节能设计标准》和 ASHRAE 90.1-2004《美国非住宅建筑节能标准》建立能耗分析模型,分别简称为“设计模型”、“GB 模型”和“ASHRAE 模型”。通过能耗模拟,对 T2 航站楼的全年能耗进行分析,并与基准模型进行比较,进而提出节能优化措施,建立一个优化模型,使其能耗比 GB 模型降低 30%,也优于 ASHRAE 模型的能耗性能指标。能耗分析的思路如图 2 所示。

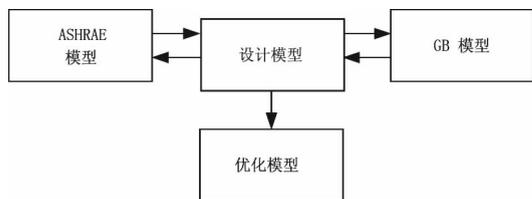


图 2 节能优化方法

3 能耗分析模型建立

能耗分析的输入参数包括平面布局、内部功能分隔、窗墙面积比、天窗面积比、建筑围护结构热工性能以及空调系统的设计参数、人流密度、照明功率密度等,均依据设计文件确定(由于篇幅所限,本文不再赘述)。能耗分析模型中采用的气象参数为

上海市典型气象年(TMY3)8 760 h 的气象参数。能耗分析中采用的天然气费率为 2.3 元/m³,上海市电价如表 1 所示。能耗分析模型如图 3 所示。

表 1 上海市电价

时段	电价/(元/(kW·h))
08:00—11:00,13:00—15:00,18:00—21:00	1.002
06:00—08:00,11:00—13:00,15:00—18:00, 21:00—22:00	0.682
22:00—06:00	0.446

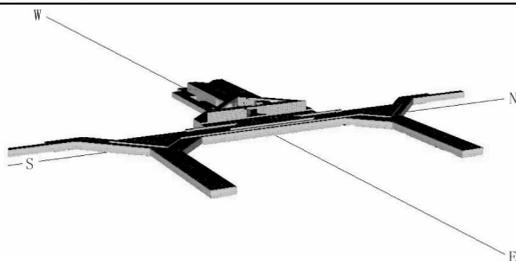


图 3 能耗分析模型

4 T2 航站楼节能潜力分析

首先通过比较设计模型与 GB 模型和 ASHRAE 模型的能耗,得到设计模型的能耗水平;然后对设计模型能耗组成进行横向比较,找出建筑能耗过高的原因,为采取节能措施提供依据。

4.1 设计模型的能耗水平

各模型全年能耗指标与全年能耗成本指标见表 2,3,可以看出,设计模型的能耗相当高,单位面积年耗电达到了 509 kW·h/m²。设计模型的总能耗与 GB 模型相当,比 ASHRAE 模型高出 34.8%;设计模型的总能耗成本分别比 GB 模型低 3.6%,比 ASHRAE 模型高 48.7%。

表 2 单项节能措施节能效果比较 1

节能措施	全年峰值用 电/kW	全年用电指标/ (kW·h/m ²)	全年用气指标/ (MJ/m ²)	年总能耗指标/ (MJ/m ²)
设计模型	31 618	509	351	2 183
GB 模型	32 478	526	288	2 181
ASHRAE 模型	21 071	312	497	1 620
照明优化模型	22 485	328	438	1 619
自然通风模型	32 143	500	336	2 056
自然采光模型	31 618	509	351	2 183
COP=6.1 模型	29 829	498	351	2 146
大温差模型	31 902	504	351	2 166
变频模型	31 902	506	351	2 172

如果说 ASHRAE 模型可以代表美国公共建筑的平均能耗水平,那么设计模型的能耗约为美国公共建筑平均能耗的 1.5 倍。可以看出,T2 航站楼具有巨大的节能潜力,特别是与绿色建筑能耗水平差距很大。因此,非常有必要采取一系列节能优化措施来降低其能耗。

表 3 单项节能措施节能效果比较 2 元/m²

节能措施	全年用电	全年用气	总能耗	节省成本
	成本	成本	成本	
设计模型	326	22	348	0
GB 模型	343	18	361	-13
ASHRAE 模型	203	31	234	114
照明优化模型	209	27	236	112
自然通风模型	321	16	337	11
自然采光模型	292	20	312	36
COP=6.1 模型	319	22	341	7
大温差模型	324	22	346	2
变频模型	324	22	346	2

4.2 T2 航站楼节能潜力分析

通过比较三个模型全年能耗组成,可以为设计师提供节能优化的具体依据。三个模型的年耗电量 and 年耗气量见图 4、5。

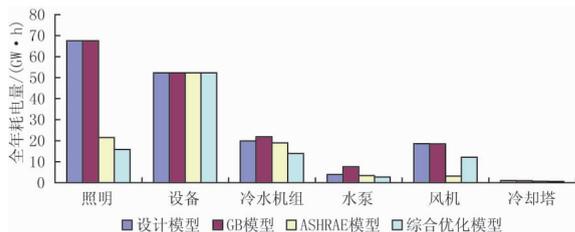


图 4 各模型能耗组成全年耗电量比较

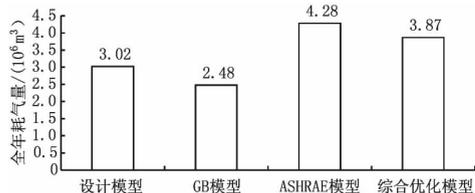


图 5 各模型全年耗气量比较

由图 4 可见,照明、风机、冷水机组和水泵的耗电在三个模型间差异较大,尤其是设计模型和 ASHRAE 模型之间的差异尤为明显。ASHRAE 模型的照明功率密度比设计模型低 40%~50%; ASHRAE 模型全部采用了 VAV 系统并设置了高效率的冷水机组(COP=6.1),使风机、冷水机组和水泵的耗电量也大为下降。

通过上述分析可知,空调系统能耗与照明系统能耗约占整个建筑能耗的 78%,节能潜力巨大,是节能研究的重点。另外,减少照明配电会使供热耗气量增加,因此在降低照明配电的同时,也要注意通过提高围护结构的保温性能来降低供热耗气量。

5 T2 航站楼节能优化措施研究

5.1 节能优化措施

通过上述分析,同时结合该项目的设计情况,

从窗墙面积比、建筑围护结构、照明系统、空调系统、自然通风、自然采光等角度进行节能措施优化,以实现该项目提出的节能目标。

1) 窗墙面积比

T2 航站楼的主立面为东西向的,为了有效减少西晒对其能耗的影响,主楼部分的西立面以实体墙为主,辅以满足采光要求的外窗;仅在需要营造通透视觉的办票大厅、出发大厅、出发候机厅等部位采用玻璃幕墙。同时,在满足自然采光的前提下尽量减小天窗的面积,以减少透过天窗的辐射得热。通过优化设计,东向、西向、南向、北向的窗墙面积比分别为 0.57,0.10,0.39,0.41,天窗面积比为 0.14,从根本上减少夏季空调负荷,进而降低建筑能耗。

2) 建筑围护结构

玻璃幕墙主要采用两种型式:① 8Low-e+12A+8.3.8 中空夹层钢化玻璃+断热型材;② 8Low-e+12A+8 中空钢化玻璃+断热型材。传热系数为 2.25 W/(m²·K),遮阳系数为 0.33~0.35。铝板幕墙采用 30 mm 厚挤塑聚苯板+200 mm 厚砂加气混凝土砌块保温构造。清水混凝土墙采用 100 mm 厚半硬质憎水性岩棉保温板。

3) 照明配电密度

在满足各空间工作平面照度和照明均匀性的前提下,尽可能采用高效的照明方式及选用新型、高效的光源和灯具,优化后的照明功率密度采用 GB 50034—2004《建筑照明设计标准》的目标值。

4) 自然通风

在满足室内温湿度度的前提下,自然通风系统在过渡季利用室外新风进行自然冷却。根据设计资料,在能耗模拟中设置仅 4 月和 11 月采用自然通风。T2 航站楼自然通风开窗方案为:在东立面玻璃幕墙 4.2 m 以上共设置 3 排 3 m×1.2 m 的可开启电动窗供过渡季自然通风使用。进风口设置在玻璃幕墙下部,出风口设置在玻璃幕墙上部。开启窗扇均匀成组布置,使之在玻璃幕墙中形成有序的韵律。

5) 自然采光

综合考虑旅客视觉通透性要求和自然采光性能要求,T2 航站楼 8.55 m 候机厅东立面离地 3.6 m 以下的玻璃幕墙采用 8Low-e+12A+8.3.8 中空夹层钢化玻璃;离地 3.6 m 以上的玻璃幕墙采

用 8Low-e+12A+8. 3. 8 中空夹层钢化玻璃,且第三面为彩釉面,覆盖率为 50%。主楼内天井玻璃幕墙局部采用 8Low-e+12A+8 中空钢化玻璃,第三面为磨砂面。T2 航站楼出发层设置条状天窗,天窗采用 Low-e 中空夹胶玻璃,在天窗外吊挂穿孔板或者在天窗外设置遮阳百叶,以改善室内照明均匀度。

6) 空调系统

综合考虑使用要求、运行时间、运行费用、初投资、先进性、经济性以及工程可行性等进行优化选择。主要针对以下三点进行分析:高效率冷水机组($COP=6.1$),空调水系统采用大温差($5.2\text{ }^{\circ}\text{C}/12.8\text{ }^{\circ}\text{C}$),水泵变频。

5.2 节能措施效果分析

表 2 与表 3 为各节能措施节能效果的比较,可以看出,与设计模型相比,照明优化模型的单位面积年能耗降低 25.8%,每年可以减少能耗成本约 32.2%;自然通风模型的单位面积年能耗降低 5.8%,每年可以减少能耗成本约 3.2%;自然采光模型的单位面积年能耗降低 8.8%,每年可以减少能耗成本约 10.3%。照明配电的优化是对建筑能耗影响最大的一个节能措施,其次是自然采光,然后依次是自然通风、高效率冷水机组、水泵变流量和大温差。

5.3 综合优化模型能耗分析

图 4 为各模型的能耗组成比较,优化模型中照明能耗最低,因为对照明进行了相当程度的优化而大大降低了用电量;而设备能耗未变,因为没有经过优化。在空调系统能耗方面,ASHRAE 模型中各空调区都采用了 VAV 系统,且水泵采用了一次泵变流量系统,而优化模型仅部分采用 VAV 系统和三次泵变流量控制,虽使风机和水泵能耗略有下降,但总体能耗仍比 ASHRAE 模型高。

图 5 为各模型全年耗气量的比较,综合优化模型的耗气量比设计模型要略高,这是因为照明配电的大幅下降使供热能耗有所增加。由于供热能耗所占比例较小,所以不影响整体能耗的下降。ASHRAE 模型的耗气量比优化模型大的原因是外围护结构的保温性能差。

综合优化模型在采用了一系列节能措施后,能耗及能耗成本有显著下降(见表 4,5)。优化模型与设计模型相比,全年用电每 m^2 减少了 36.7%,

电费成本减少了 40.6%;与 GB 模型和 ASHRAE 模型相比,全年用电分别减少了 42.2%和 2.6%,电费成本减少了 43.4%和 4.5%。优化模型的总能源消耗和能源成本比设计模型下降了 41.5%和 36.2%,比 GB 模型下降了 29.2%和 38.5%,比 ASHRAE 模型下降了 4.7%和 4.9%。也就是说优化模型的设计已经显著超越了 GB 50189—2005《公共建筑节能设计标准》,并已经达到了 ASHRAE 90.1—2001《美国非住宅建筑节能标准》所规定的节能水平。

表 4 综合优化模型全年能耗指标比较

	全年峰值用 电/kW	全年用电指标/ ($\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2$)	全年用气指标/ (MJ/m^2)	年总能耗指标/ (MJ/m^2)
设计模型	31 618	619	428	2 657
GB 模型	32 478	640	350	2 654
ASHRAE 模型	21 071	380	605	1 971
综合优化模型	21 376	370	547	1 878

表 5 综合优化模型全年能耗成本比较 元/ m^2

	全年电费成本	全年用气成本	总能耗成本	节省成本
设计模型	397	26	423	0
GB 模型	417	22	439	-16
ASHRAE 模型	247	37	284	139
综合优化模型	236	34	270	153

同时,建议在 T2 航站楼的实际运行中控制室内设备,包括办公设备和小电器等的用电负荷,尽量采用节能产品,从而进一步降低 T2 航站楼的运行能耗。

6 结语

影响航站楼运行能耗的因素非常复杂,如果能在设计阶段对其进行分析并进行优化,必将起到事半功倍的效果。本文通过对 T2 航站楼的能耗对比分析,找出影响该建筑能耗的主要因素,并对其进行节能优化,以达到最优的节能效果。

经初步分析,空调系统能耗与照明系统能耗约占 T2 航站楼能耗的 78%,节能潜力巨大,是节能研究的重点。根据项目特点,主要在以下几方面采取节能措施:窗墙面积比、建筑围护结构、照明配电、自然采光、自然通风、高效率冷水机组、水泵变流量、大温差空调水系统。与 GB 50189—2005《公共建筑节能设计标准》相比,T2 航站楼全年能耗约减少 30%。

T2 航站楼的空调系统、照明系统等机电系统的运行时间表与投入运行后航班的安排情况密切

(上接第 14 页)

相关,而在设计阶段无法准确确定航班安排情况,这可能引起能耗模拟分析结果与实际运行能耗产生偏差。模拟分析结果的准确性还需要根据 T2 航站楼的实际运行能耗数据进行验证,由于其投入运行时间不长,笔者还无法获得实际运行数据,这也是本文的最大遗憾。笔者也期望能够获得 T2 航站楼的实际能耗数据,对模拟分析结果的准确性作进一步的验证。

参考文献:

- [1] 薛志峰. 公共建筑节能[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2007
- [2] 王志刚. 建筑节能及新能源应用研究[D]. 西安:西安建筑科技大学,2005
- [3] 张毅. 建筑节能管理读本[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2007
- [4] 日本 MEISEI 出版社公司. 现代建筑集成(交通建筑)[M]. 沈阳:辽宁科学技术出版社,2000

- [5] 李龙海. 机场航站楼主被动式节能设计[J]. 中国民用航空,2009(3):17-19
- [6] Cardona E, Piacentino A, Cardona F. Energy saving in airports by trigeneration. Part I: Assessing economic and technical potential [J]. Applied Thermal Engineering, 2006, 26(14/15):1427-1436
- [7] Cardona E, Sannino P, Piacentino A, et al. Energy saving in airports by trigeneration. Part II: Short and long term planning for the Malpensa 2000 CHCP plant[J]. Applied Thermal Engineering, 2006, 26(14/15):1437-1447
- [8] Balaras C A, Dascalaki E, Gaglia A, et al. Energy conservation potential, HVAC installations and operational issues in Hellenic airports [J]. Energy and Buildings, 2003, 35(11): 1105-1120
- [9] Alberto Hernandez Neto, Flávio Augusto Sanzovo Fiorelli. Use of simulation tools for managing buildings energy demand[C]// Building Simulation. Beijing, 2007: 1883-1889