

夏热冬冷地区绿色机场航站楼 的节能设计策略研究

Research on the Strategy of Energy Efficiency Design of Terminal Buildings of Green Airport in Hot Summer and Cold Winter Area

撰文 瞿燕 上海现代建筑设计(集团)有限公司建筑节能技术研究学科中心



图1 2号航站楼示意图

摘要 从夏热冬冷地区实际工程案例出发,在分析航站楼若干特点的基础上,结合地域性特征,采用适宜性技术并注重建筑的精细化设计。通过计算机模拟技术辅助建筑设计,丰富绿色机场的建筑内涵,更好地促进民航业绿色机场的发展。

关键词 夏热冬冷地区 机场航站楼 精细化设计 适宜性技术 计算机模拟技术

在民航“十二五”期间,建设“绿色生态创新型机场”是中国民航走可持续快速发展道路的必然选择,从策划、选址、规划、设计、施工、运营到拆除,从粗放到精细,从局部走向整体,从建设周期走向全寿命周期,以低耗为核心、以技术为手段发展绿色机场。以夏热冬冷地区为例,探讨绿色基础航站楼的节能设计策略。

1 夏热冬冷地区地域性特征

总体而言,夏热冬冷地区的气候特征是夏季炎热且辐射较强,冬季阴冷且潮湿,因此该地区一直是绿色建筑与建筑节能实施的难点与重点区域。以上海地区为例,极端最高温度 39.6°C ,极端最低温度 -7.7°C ,因此上海有夏季制冷、冬季供暖的需求;最低相对湿度为37%,最高相对湿度为98%,全年相对湿度大于65%的比例占了将近75.5%,因此上海地区应重视除湿;年辐射量 $4\,578.52\text{ MJ/m}^2$,年辐射时数为2014h左右,5~9月的太阳辐射强度较高,有部分时段超过 $1\,000\text{ W/m}^2$,因此夏季应特别注重遮阳;3m/s以上风速占了将近70%,其中3~6月与8~10月平均风速都在3.7m/s以上,因此过渡季节有较大的自然通风潜力。建筑需要最大限度地平衡夏季与冬季的设计策略,通过对气候特点的分析可以得到在

这一区域适用的绿色建筑策略,根据这些策略寻求建筑设计上的实现方式,对实现该地区的节能减排、提高室内环境品质与舒适度有重要的意义。

2 航站楼的若干特点

航站楼是机场的标志性建筑,占地、建筑规模及体量较大;功能和流线复杂;实墙面较少,玻璃幕墙较多,窗墙比较大;室内多为高大空间;航站楼运行时间长;内部人流量大;对室内环境品质要求较高。因此航站楼全年耗能量大,运行费用高,其能源成本约占机场总运营成本的25%,而旅客周转量前十名的机场能耗约占全国机场总能耗的40%。航站楼能耗主要就是中央空调及照明占据主要地位,另外还有很多传送设备、弱电设备等。根据调研结果,仅就能源消耗而言,2007年全国几个主要机场的耗电量就已达到数亿千瓦时,单位面积耗电指标远超过当地公共建筑指标,因此开展航站楼节能的研究是非常必要的。

3 绿色设计策略

3.1 项目概况

项目位于南京市江宁区,为满足2014年青奥会的运营需求,进行了二期工程建设,其中包含2号航站楼(图1)。它作为当地区域的重要交

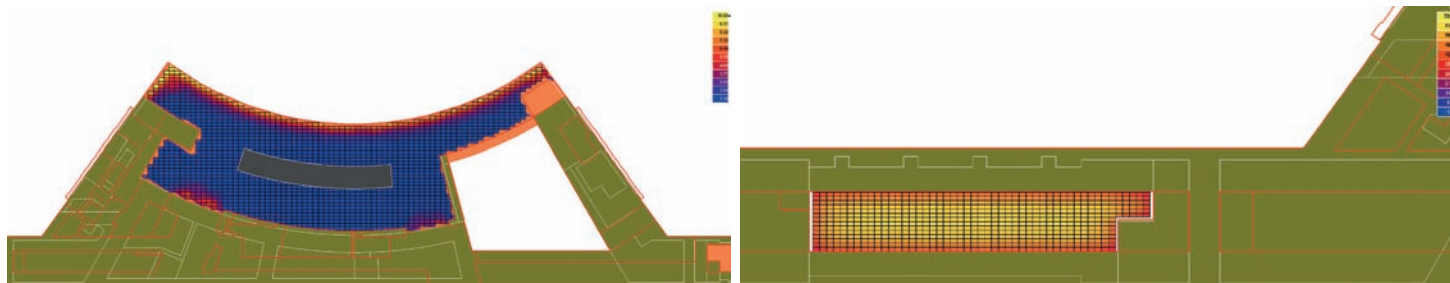


图2 建筑一层行李提取大厅和国内远机位出发采光模拟示意图

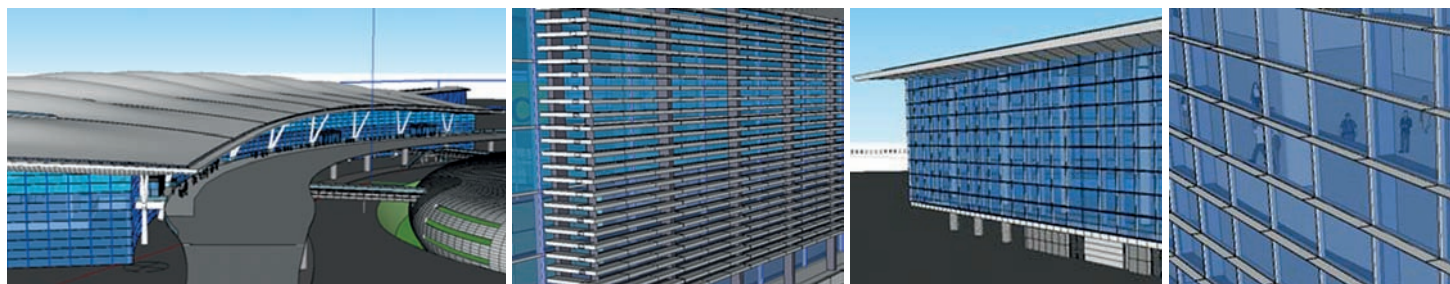


图3 建筑遮阳设计

通节点,是江苏省及南京市标志性的门户形象。航站楼地下1层,地上3层,主楼面宽约315m,进深约120m,指廊长约1200m,廊宽度38m,设有32座登机桥,总面积约25.99万 m^2 。

航站楼自上至下分别是出发层、到达夹层,站坪层,地下机房共同沟层。采用“两层式”旅客流程,国内、国际旅客分离,出发、到达旅客上下分层。

3.2 采光与遮阳的平衡

夏热冬冷地区的气候特征需要航站楼在夏季时做好遮阳措施,冬季则需要最大限度地引入太阳辐射以提高室内得热。因此采光与遮阳成为一对矛盾点,需要以全局的视野找到两者的最佳平衡点。

3.2.1 采光设计与优化分析

项目立面采用玻璃幕墙和天窗相结合的方式来实现自然采光,采用ECOTECT V5.50软件对航站楼的采光效果进行模拟,结果显示建筑室内大部分空间具有良好的自然采光效果,如建筑二层的东候机厅和西候机厅,99.6%以上的计算点满足采光系数大于1.1%的要求;建筑三层的候机厅,89.0%的计算点满足采光系数大于1.65%的要求;建筑一层的国际远机位出发和国内远机位出发区域内100%的计算点满足采光系数大于1.1%的要求。但部分空间需要优化,如建筑一层的行李提取大厅仅有42.1%的计算点满足采光系数大于1.1%的要求。靠近边缘区域采光效果较好,而内区由于没有采光天窗的贡献,效果较差,需要局部改善,主要原因是行李提取大厅位于主楼正立面侧,朝向为北偏西,采光条件本身不是特别有利,再加上主楼为了遮挡高架桥而设置了大挑檐,使得内部采光条件更为不理想(图2)。

一般来说,提高自然采光效果的优化措施包括:增加采光口或增设导光构件,减少内部空间隔断,或将隔断改为透明材质,减小挑檐长度,提高玻璃的可见光透过率,优化遮阳构件等。现基于航站楼的特点及可操作性,结合遮阳和全年能耗分析软件,找到了各向玻璃幕墙的最佳热工性能参数,尤其是北向主立面玻璃幕墙,提高了其可见光透过率,将其突破到0.6,不仅大大提高了行李提取厅内的采光环境,且使主立面的幕墙效果更为通透和纯净,使68%的计算点满足采光系数大于1.1%的要求,提高了26个百分点。

3.2.2 遮阳设计与优化分析

调研了国内大部分的航站楼,发现对遮阳方面的设计普遍不是很重视,

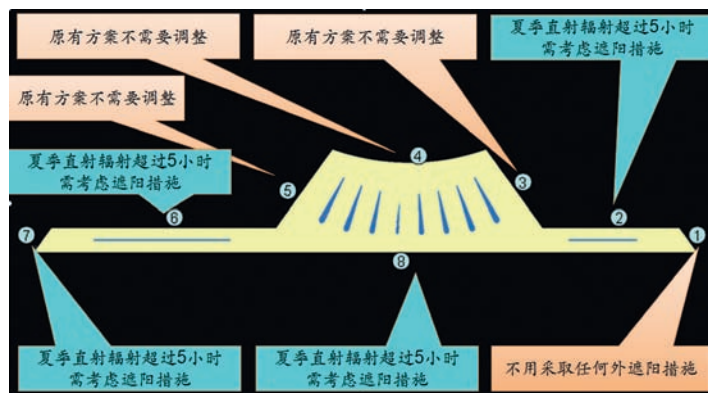


图4 建筑遮阳分析示意图

夏季旅客投诉率较高,室内热环境不舒适,局部区域温度降不下来,靠玻璃幕墙区域和天窗下部区域的太阳辐射较强,成为旅客不愿长期停留的区域。

基于此,本项目特别关注遮阳方面的设计,针对航站楼的不同立面进行阴影关系分析,结合建筑自身遮阳,提出有针对性的内外遮阳结合的优化方案。

航站楼的原建筑造型也比较重视遮阳设计,立面4为主入口,正对高架廊道,其屋面挑檐较大,航站楼主楼的东西两面玻璃幕墙即立面3、5设有石材百叶。立面1、2、6、7、8也有较大的屋面挑檐,长度在3m左右(图3)。所有的玻璃幕墙上都设有铝合金型材遮阳条,外挑宽度在350mm左右。

对原设计方案进行遮阳模拟分析并结合建筑设计意向和使用功能后确定,立面1、3、4、5的原遮阳方案可不作调整,而立面2、6、7、8的夏季直射辐射超过5小时,因此需进行调整(图4)。保留立面4的屋面挑檐,保留立面3、5的石材百叶,保留铝合金型材遮阳条,加大长廊屋面悬挑出进深,从3m增至4m。在长廊的西侧端头即立面7增设电动外遮阳。铝合金百叶及电动推杆安装于钢结构立柱上,百叶片宽度600mm,长度4275mm(中线)。百叶片的铝合金板厚度1.5mm,穿孔率25%左右,龙骨采用不锈钢或铝合金龙骨。百叶片表面氟碳预滚涂,电动推杆外壳表面氟碳喷涂。百叶片转动角度为 $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$,转轴为不锈钢。电动推杆的电机须为进口电机,功率30W,推力2000N,行程300mm,安装方式为隐藏式安装,组控方式为整体群控,防水性能为IP65。铝合金遮阳片由电机驱动,由中央BA系统管理,可以根据室外日照程度自动调整角度。

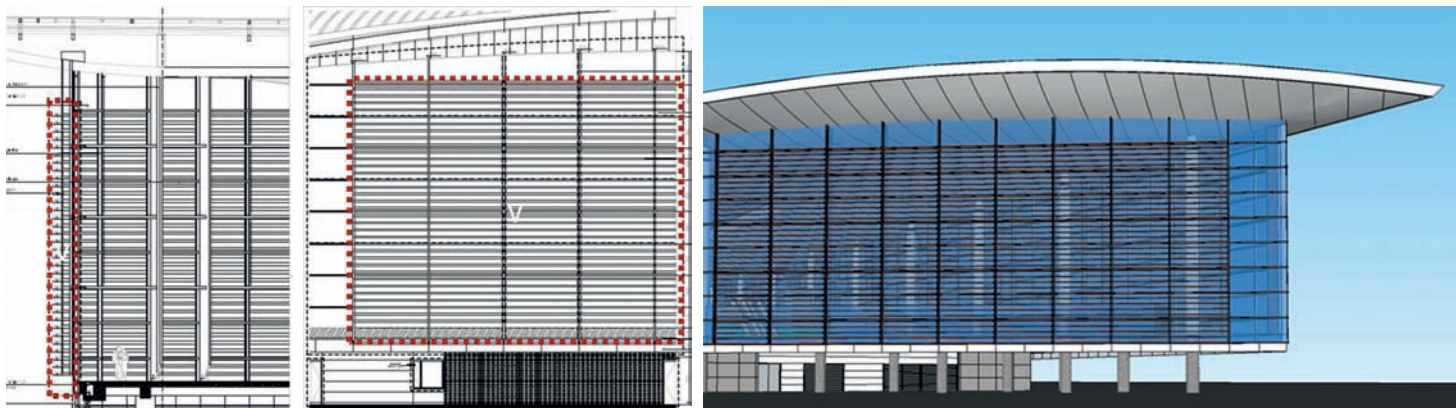


图5 建筑外遮阳设计示意图

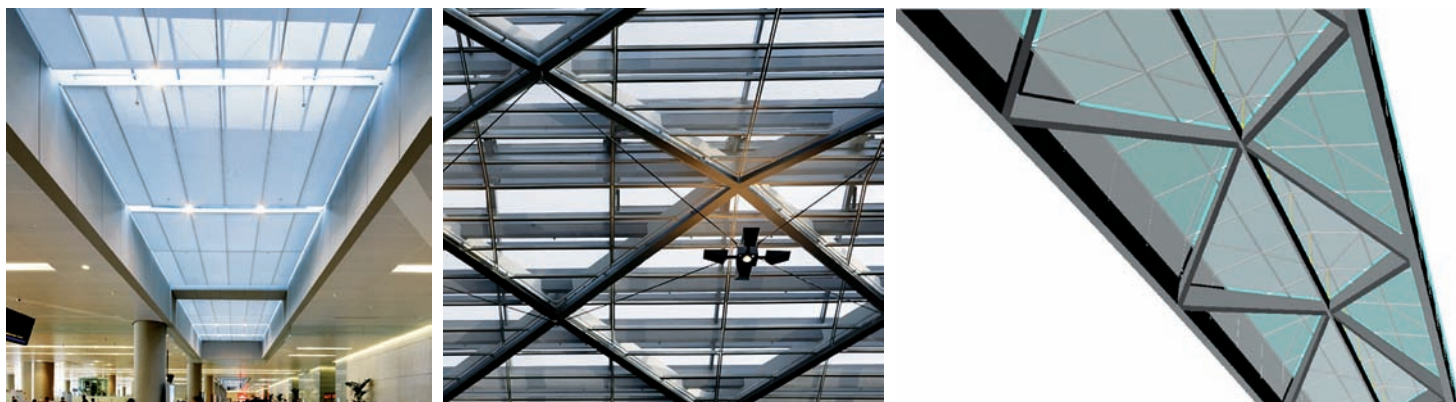


图6 天窗下设穿孔铝板示意图

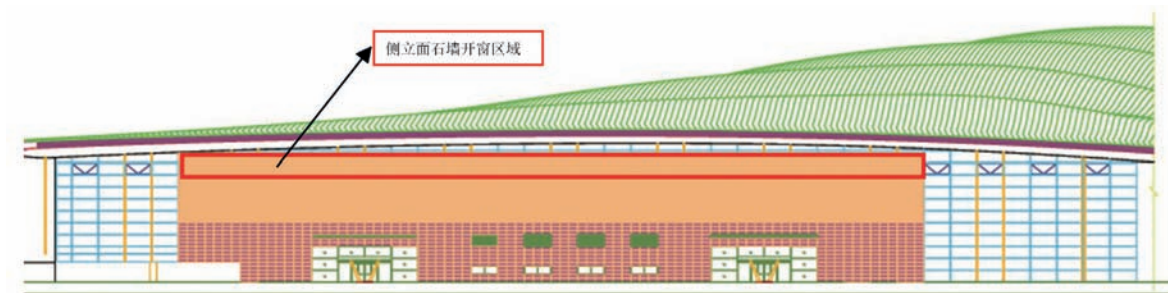


图7 侧立面石墙开窗区域示意图

长廊候机区域的东、南、北三个立面即立面2、6、8采用了室内遮阳帘。室内遮阳帘材质为玻璃纤维与PVC的混合编织物，表面涂层处理。开孔率为3%~5%，遮光效率为70%~80%，达到“遮光不遮景”的视觉效果。遮阳帘由中央BA系统控制，能够整体控制或是只针对局部区域的遮阳帘控制。遮阳帘不会影响航站楼室内的整体效果，展开的帘布都会停止在相同的高度，同时与玻璃幕墙的划格对应，形成规整统一的效果。立面2、6、8采用室内遮阳的原因主要有以下三点：首先，航站楼整体造型轻盈飘逸，候机长廊立面以大面积玻璃幕墙为主，如果立面增加大量遮阳百叶，会对航站楼的整体形象造成较大影响；其次，旅客在候机过程中，心理上倾向于观察机坪上飞机停靠情况，对航班的运营情况有直观的心理预期，因此候机长廊的立面最好不采用阻挡视线的外部遮阳构件（图5）；再次，候机长廊的玻璃幕墙面积很大，外遮阳的造价远高于内遮阳，根据测算，全部采用外遮阳的费用为5889万元，而采用目前的内外遮阳搭配的设计方案，遮阳部分的造价仅为868.6万元。

对于天窗部分，也注重遮阳设计，在下侧安装有穿孔铝板遮阳板，开孔率为25%~50%，以折射、散射太阳光，使光线均匀（图6）。该方法已在虹桥机场T2航站楼、虹桥交通枢纽东交通中心中成功应用。

3.3 自然通风潜力的挖掘

自然通风对于夏热冬冷地区是非常有效的降耗方式。本项目强调航站楼的天然通风，对设计中的某些开窗策略进行分析与评估，并根据表面风压分布，调整局部区域的开窗方案，将消防排烟窗和自然通风窗紧密结合，合理优化开窗策略。

对主楼侧立面石墙开窗效果进行了评估，比较在运行工况下，石材幕墙开窗与不开窗对室内自然通风的影响。经计算，主楼侧立面石墙开窗对增强室内通风效果的作用明显，春季工况下，3F办票与安检区域的平均风速能够提升33%；秋季工况下，3F办票与安检区域的平均风速能够提升15%。该开窗方式使室内通风效果在春秋季节均得到加强，因此也保留了该项有意义的设计手法（图7）。

对不同开窗数量下室内通风效果进行了评估，其中主楼区域消防洞口包含侧立面石墙开窗。经计算仅开启主楼区域消防洞口只能保证3F办票和安检区通风、1F迎客与行李提取大厅通风效果较好，其余区域仍然较弱。全楼开启的条件下，各区域的平均风速均处在较好的水平，因此建议将消防洞口与自然通风窗相结合，以提高自然通风效果。

对不同的开窗形式进行了分析，比较上悬窗外开和下悬窗内开两种

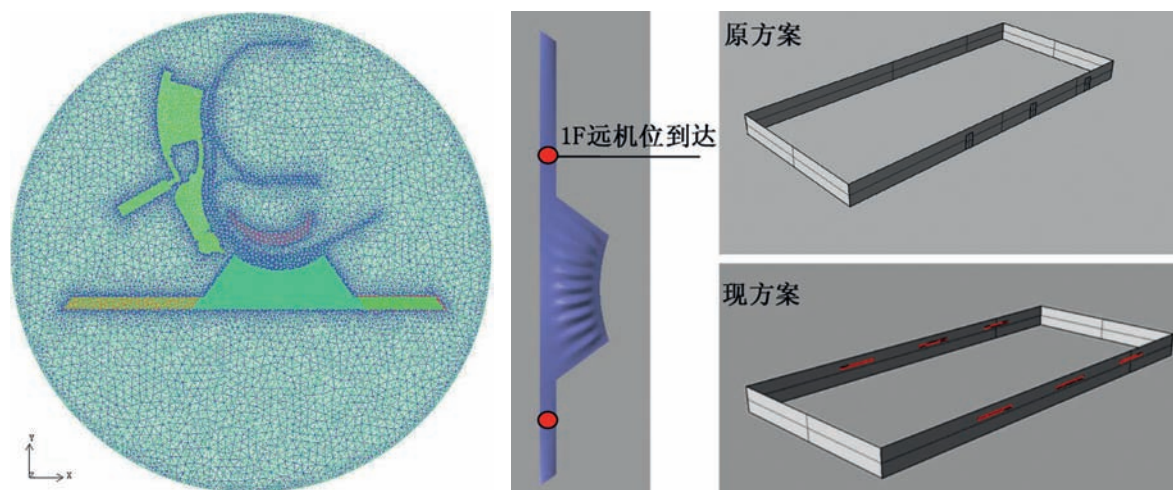


图8 1F远机位加设通风窗及模拟网格划分示意图

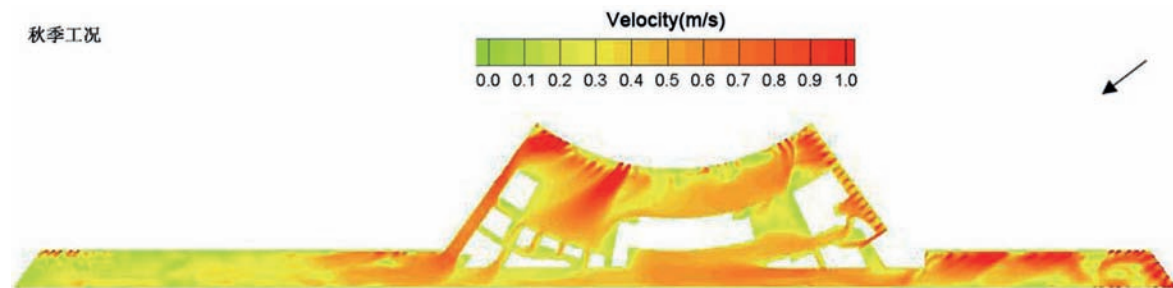


图9 3F区域的秋季工况室内自然通风效果示意图 (1.5m)

方式的通风效果。经分析,上悬窗更有利于航站楼利用自然风压进行通风。且对上述两种通风窗的不同开启角度进行比较,发现开启角度越大,越有利于自然通风。

在上述分析的基础上,调整通风窗的开设位置,使每条风路都能发挥最大作用。3F 两侧指廊端部调整开窗位置,并在低位加开通风窗。根据表面风压分布,春季工况下,端部候机厅南侧风压大,北侧风压小,而在秋季工况下,北侧风压大,南侧风压小。因此调整两边开窗位置,并在低位加开通风窗可以形成热压通风;1F 远机位候机厅区域南北两侧对开通风窗,根据表面风压分布,无论春秋季节,均可形成穿堂风(图8)。同时,为利用热压通风,在2F 对应位置同样开设窗户,利用上下窗户间的高差强化候机厅区域通风效果;对于1F 主楼迎客大厅,在靠近入口位置增设低位通风窗。

将原方案和优化调整后方案的消防排烟窗和自然通风窗的面积进行比较,现设计方案的面积为1942m²,较之原方案少了164m²,但室内自

然通风效果却改进了很多。春夏季典型工况下,航站楼内旅客活动区温度均不超过27℃,处于自然通风的舒适范围内。春季工况下室内温升为10.5℃,秋季工况下室内温升为7.5℃,室内自然通风均能够达到《绿色建筑评价标准》对公共建筑通风换气次数2次/h的要求(图9)。经能耗计算,过渡季节可以有效减少空调使用时间将近1个月,减少航站楼空调能耗2%左右,节省近200万元人民币。

4 结语

航站楼节能研究涉及到很多新技术、新设备、新材料,盲目追求高新技术或过于守旧都是不适宜的,应该在航站楼的节能降耗与经济效益两个方面寻求最佳的平衡点。本文在夏热冬冷地区的机场节能设计进行了有益探索,由于篇幅原因,这里仅针对部分技术展开讨论,而在机场节能设计中,大空间照明系统的优化、3R类材料的应用与展示、结构体系的优化、雨水回收等,也是非常重要的内容,需要不断积极进行探索,这对于打造“绿色机场”具有重要意义。AT

参考文献

- [1] 2011~2015年中国机场业投资分析及前景预测报告,网络资料。
- [2] 王伟卿,陆燕.上海浦东国际机场T2航站楼自然通风研究[J].制冷空调与电力机械,2006(6)。
- [3] 陆燕,胡仰耆等.浦东国际机场T2航站楼节能研究[J].暖通空调,2008,38(6)。
- [4] 李海龙.绿色机场航站楼节能设计[J].建筑节能,2008,11(36)。

作者简介

瞿燕,上海现代建筑设计集团技术中心绿色建筑设计与技术咨询研究所所长助理,副主任工程师,国家注册咨询工程师(投资)。多年来一直从事与绿色建筑、建筑节能相关的科研课题与工程项目的研究与技术支撑工作,对航站楼等交通建筑的节能有较为丰富的经验,参与的工程项目主要有:南京禄口机场、温州永强机场、烟台潮水机场、温州永强机场、上海浦东国际机场T1航站楼改造工程、上海虹桥国际机场T1航站楼改造工程、广东省珠海市横琴口岸及综合交通枢纽等。同时还参与大量的绿色建筑专项分析与咨询工作。

