

绿色节能建筑技术在亚热带地区超高层建筑中的应用

黄惠菁 马震聪 李继路

摘要 / 以“珠江城”和“发展中心大厦”为例探讨幕墙、空调、电梯等方面的节能设计,以及可再生能源与建筑一体化设计的方式、方法。

关键词 / 智能型建筑外墙 日光控制 风能 太阳能光伏技术建筑一体化 辐射制冷带置换通风

ABSTRACT / In the case study of "Zhujiang City" and the "Development Center", the authors make exploration of energy saving design in terms of curtain wall, air conditioning, elevator, the design method and pattern for renewable energy, and architectural integration.

KEY WORDS / intelligent external wall, daylight control, wind-power, solar energy photovoltaic technique building integration, raditive cooling with switching to ventilation

广州“珠江城”和“发展中心大厦”分别是美国SOM建筑设计事务所、德国GMP建筑设计事务所与广州市设计院合作设计的项目。这两个超高层项目分别在外围护结构、机电等设计中运用高性能、节能技术措施,在环保节能方面做出最大的尝试和努力以实现“超低能耗”的思路,致力成为对环境友善的建筑典范(表1)。

1 围护结构节能设计——双层智能型幕墙与日光控制

1.1 双层智能型幕墙与日光控制技术

双层幕墙的概念诞生于19世纪“玻璃温室”建设的兴起以及幕墙骨架体系的发展。由于被动惰性的建筑提供给使用者舒适环境较为有限,为克服这一局限,智能型建筑外墙的概念被引入外表皮外维护结构这一独立的设计系统之中。作为一种温度调节器,外围护结构可以根据气候和天气的变化抵御风、雨水、热、冷、湿和噪音,并演化为可呼吸的“皮肤”实施自动调节以节约能源、减低污染物的排放^[1]。

在冬暖夏热的亚热带地区,建筑获得热舒适性的方法有:遮阳、隔热、通风,其目的是隔绝热辐射、去除建筑物及室内空气内的湿气。

“发展中心大厦”采用竖向遮阳百叶与单元式中空玻璃的双层幕墙。外层遮阳百叶可追踪太阳照射的角度,并根据风力、天气等因素自动调节角度实现智能控制,以达最佳遮阳和景观效果(图1)。

“珠江城”项目采用300窄腔“瓮式”内呼吸连遮阳百叶双层智能幕墙(图2)。一方面,空腔内遮阳百叶可根据气候与天气条件的变化进行统一智能控制调节角度与高度,实现将自然光引入办公室深处同时消除临窗外区的高辐射与眩光带给人的不适感,并节省人工照明用电量;第二,幕墙内呼吸动力系统配合外区冷梁设计可根据室外环境变化对双层幕墙空腔内温度、湿度自动控制,以实现临窗区域的舒适办公环境,并可保障冷辐射系统正常运行。

经缜密分析,亚热带气候区应用双层幕墙技术的难点主要在于:第一,由于亚热带气候区域全年日照时间长、强度大,加之超高层外部风环境复杂,强大的风压与建筑本身的烟囱效应相互作用无法实现开窗自然通风,幕墙空腔内升温控制成为关键;第二,双层幕墙将大量占用可使用面积,并带来大量难以清洗的空腔内表面,建筑维护工作繁杂。

表1 “珠江城”和“发展中心大厦”经济、技术指标

项目名称	珠江城	发展中心大厦
功能用途	商务办公(14万m ²)及配套设施	商务办公(6万m ²)及配套设施
地理位置	中国广州珠江新城B1-8地块	中国广州珠江新城临江大道3号
建设规模	21万m ² , 309m高	7.78万m ² , 149m高
设计单位	美国SOM & 广州市设计院、美国SWA	德国GMP & 广州市设计院
建设单位	中国烟草专卖局广东省分公司	广州发展新城投资有限公司
建造单位	上海建工集团	中国建筑第八工程局
顾问团队	清华大学建筑节能研究中心、中国科学院广州能源研究所、美财富电梯顾问、湖南大学、德国英科公司、香港迈进幕墙	华南理工大学、广东省电梯学会、美霍尼韦尔智能化设计顾问
建造时间	2006年-2010年	2005年落成
建筑纬度	北纬23.1°	北纬23.1°
建筑朝向	南偏东13°	正南北
应用主要节能、节地技术	智能型内呼吸式幕墙连遮阳百叶、日光响应控制、风力发电、太阳能发电、辐射制冷带置换通风、高效空调系统与能量回收技术、双层电梯	模数化设计、智能型遮阳百叶

作者单位:广州市设计院(广州, 510620)
收稿日期:2009-04-10

1.2 日光控制

受到博物馆建筑光线设计的启发，“珠江城”项目办公区域的日光控制、消除有害眩光是通过智能型百叶实现的。在入口大堂区域设计采用导光板，将屋面自然光线折射引入大堂深处，靠近幕墙强光区处设遮阳百叶，以获得大堂整体均匀舒适的自然光照，并减少人工照明的消耗(图3)。

1.3 节能效果

建筑外围护结构可以操纵光、热、空气、声等能量的流动，成为智能型外皮。在新建筑的投入使用中，其建造费用明显增加了；但建筑可以通过智能外围护结构调整，正确使用能源进行合理分配，在整体系统的能源消耗中，建筑将获得运行资金降低的回报，并创造高品质内部光环境。

2 可再生能源的利用——风能的利用、风涡轮发电机的应用

2.1 超高层建筑外部的风和温度环境

在超高层建筑的风洞试验中太阳辐射基本不变，风速和温度参数将随建筑的高度变化而发生质的变化：地面风速(地面高度10m处)3m/s，高度超过100m风速达4m/s；200-300m高空风速可达5m/s及以上。每升高百米温度下降0.6-1.0。湖南大学实验数据表明相比底层风速风洞层风速可达强风强度。

2.2 建筑物利用风能的节能效果比较

大多建筑物利用风能的案例皆应用横轴式风涡轮机且占地比例较大：2001年英国卢瑟福·阿普尔顿实验室(RAL)和德国斯图加特大学(Stuttgart U)联合提出的200m高双塔式结构高效率风能建筑方案与巴林世贸中心(BWTC)两座240m,50层双塔风能建筑皆采用3个直径达29-30m的横轴螺旋桨涡轮。2002年日本、欧洲率先开始研究的垂直轴风力涡轮发电机使风力发电与建筑结合成为可能。

由于亚热带气候沿海区域风环境好，每年台风季节风力资源丰富的特点，在超高层建筑中挡风风压大、高空风速提升的特点，珠江城项目采用风力发电技术(图4)。通过流体力学的设计方法、利用建筑形状，引导迎风面的风集中并加速从建筑物4个开口穿过，提高发电效率。

2.3 建筑物利用风能存在的问题

通过比较可以清晰地看到风力发电在建筑物中应用的潜力。风力发电技术与建筑一体化设计还存在着结构、消防、安全性、隔噪设计、建筑造价的提升以及电力并网等问题，技术的推广与应用还受到技术规范领域和社会政策扶持的诸多限制。

3 可再生能源的利用——能的利用、光伏幕墙的应用

在太阳能利用方面主要可分为太阳能发电和太阳能热水技术。经过日照强度的分析，珠江城项目分别于建筑东、西两侧水平遮阳板面和南侧玻璃幕墙的“屋顶”部分应用单晶硅太阳能光电板，探索太阳能光伏建筑一体化方式。单晶硅太阳能光电板发电效率约为0.1KWh/m²，工程共应用约2000m²，年发电量约45万KWh(图5)，具有透光、遮阳、反射热能、降低周边环境气温的优点。

太阳能光伏板主要有单晶硅、多晶硅、非晶硅硅3种。单晶硅比非晶硅太阳能光电板转换效率要高达20%以上。然而，太阳能发电有着能流密度低分散、受昼夜、晴雨、季节的影响发电效率较低和受光伏板加工工艺制约大、成本高等条件的局限。

4 冷辐射技术与能量回收技术、高效空调系统

对于建筑耗能来说，传统空调系统的能耗占总建筑能耗的60%，传统的中央空调形式有着极大的改造空间。辐射制冷(热)技术在温带地区获得广泛地应用，由于其噪音低、无污染、稳定、效

表2 风力发电技术与建筑一体化设计技术指标比较

项目名称	风力发电机形式	风力发电机数量(个)	占有建筑空间比例(%)	造价/总造价(%)	每年发电量(WKWh)	节能预计(%)	与建筑结合的关系
巴林世贸中心	水平轴风机	3	约30%	3.5%	0.11-0.13	10-15	脱离
珠江城	垂直轴风机	4	约8%	0.8%	20	20	一体



1 发展中心大厦双层幕墙系统外层智能型遮阳百叶与玻璃幕墙

2 珠江城项目“冼式”内呼吸双层幕墙连智能遮阳百叶

3 珠江城项目大堂天花采用日光反射器设计，经多次反射将天光引入进深17m大堂深处

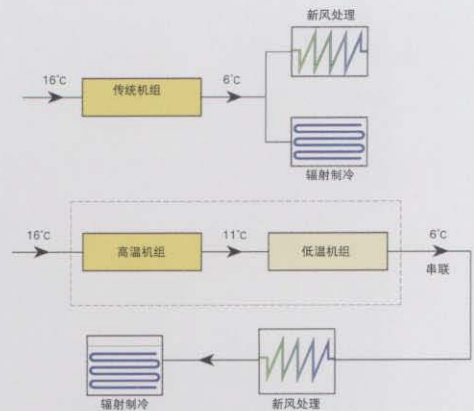
绿色超高层建筑 <http://www.gb-cabr.com/zhuanti/high-rise.html>



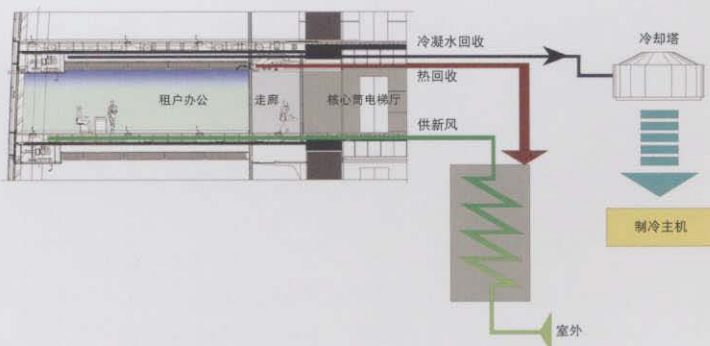
4 珠江城项目风力发电建筑一体化设计



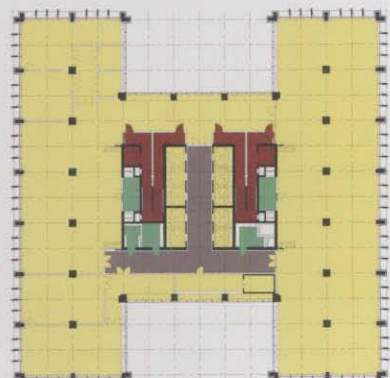
5 PV 光伏板安装位置



6 机组串联大温差梯级利用(传统机组:无梯级—机组并联)



7 排气热冷凝水回收技术示意(技术革新:大温差—制冷机组梯级利用—机组串联)



8 发展中心大厦 6.75m 柱网

率高的优点正逐渐走入更广阔的设计范围包括航天领域。

珠江城项目采用辐射制冷带置换通风、冷却盘管冷凝水回收、高效加热/制冷机房、热(冷)回收的一系列革新技术,实现整体系统节能率 46.5%,并具有良好的经济效益和示范推广的意义。

辐射制冷天花板带置换通风有以下应用特点:提高室内空气质量、改善室内热舒适度。室内环境营造具有对流换热、辐射换热两种换热形式。辐射换热约占人换散热量 45%-50%,相比对流换热、呼吸和无感觉蒸发换热更有效、更舒适。改善系统、房间的声学效果,减少空调房间的风机所产生的噪音。减少风机能耗、减少维护成本、减少机械设备尺寸、升高冷冻水温度。

1) 温、湿度独立调节空调系统

春季至夏季温度高、空气湿度大是亚热带地区的气候特点。精确地控制湿度是舒适度的保证,也避免冷辐射天花板金属表面结露的危险。这一设计既避免空调系统的过度除湿而造成的空调能耗浪费,又大量节省了空调运行能耗。

2) 制冷机房制冷机组的系统改造

空调制冷系统耗电量占总的空调耗电量的 80% 左右,对传统空调机组的技术革新包含“机组串联—大温差—梯级利用”三个层面(图 6)。革新既节省了初次投资,对比同类机组运行过程预计节能 50%。

3) 排气热(冷)及空调冷凝水回收

对房间内排气热(冷)回收用于新风系统除湿和热交换。采用非接触式全热回收装置避免了空气的交叉污染,提高热回收量;免去了传统的二次回风,减小空气输送能耗;实现热量的内部转移,免去外部热源的加入,变相的减小了空调负荷,节能效果明显。对系

统末端冷凝水回收既可以提高空调系统的能效比,也大大的减小了空调的耗水量(图 7)。

5 模数化设计

取代传统办公楼 3m 的模数,发展中心大厦设计采用 1.35m 欧洲办公家具模数,柱网为 6.75m(图 8),既满足室内办公家具摆放的合理性要求,又适合地下室双层机械停车位 2.5m × 5.8m 设计模数。项目室内天花、地面、幕墙设计均遵循此模数,使室内空间得到最大限度的利用,节约用地并提高了业主的投资回报率。

6 结论

综上所述,对绿色技术的借鉴与移植不应考虑技术引用的地域气候区域的差别,例如欧洲温带节能技术移植到亚热带区域气候、环境的适应性;还应进行必要的理论论证和计算机模拟分析,对于关键技术进行实体实验,寻找设计中被忽视点和技术弱点,为进一步技术改良节约时间和资金以规避投资风险。

位于亚热带地域的岭南传统建筑中有着“冷巷”、地面冷辐射、“柔性”外遮阳等节能传统技术,作为建筑师,绿色节能技术的研究与探索不仅是一个理想,还应成为建筑职业的操守,在“高技”节能技术上实现国际先进技术的消化、再创新,在“低技”节能技术上实现自主创新,寻找契机,寻找适应中国经济发展状态的合理技术研发方式。

参考文献

[1] Michael Wigginton, Jude Harris. Intelligent Skins[M]. Oxford: Elsevier Science Ltd, 2003.

绿色超高层建筑 <http://www.gb-cabr.com/zhuanti/high-rise.html>