

# 可持续的生态建筑设计

李效军 陈翔

可持续的生态建筑的设计细则:

1. 重视对设计地段的地方性、地域性理解,重视地方场所的文化脉络;
2. 增强适用技术的公众意识,结合建筑功能要求,采用简单合适的技术;
3. 树立建筑材料蕴能量和循环使用的意识,在最大范围内使用可再生的地方性建筑材料,避免使用高蕴能量、破坏环境、产生废物以及带有放射性的建筑材料,争取重新利用旧的建筑材料、构件;
4. 针对当地的气候条件,采用被动式能源策略,尽量应用可再生能源;
5. 完善建筑空间使用的灵活性,以便减少建筑体量,将建设所需的资源降至最少;

6. 减少建筑过程中对环境的损害,避免破坏环境、资源浪费以及建材浪费。

——1993年美国国家公园出版社出版的《可持续发展设计指导原则》

1997年,德国博览协会(Deutsche Messe AG)为迎接2000年6月在汉诺威举办的世界博览会,决定扩建其组委会办公楼。业主提出的设计 requirements 是提供一个“高效的工作场所”,以及能够诠释博览会主题(“人·自然·科技”)的具有革新概念的能源使用计划。接受该项目的正是始终致力于可持续发展的生态建筑设计研究的慕尼黑著名建筑师托马斯·赫尔佐格(Thomas Herzog)。业主的主动意识加上建筑

师、结构工程师、设备工程师、科研机构的通力合作,产生了一个基于普通造价、低能耗、高舒适度的建筑,它所采取的一系列技术措施,代表了当前世界上可持续发展的生态建筑的技术发展水平。

首先,博览会办公楼将预算控制在德国高层办公楼的普通造价水平,工程的土建、设备、室内装修的每 $m^2$ 造价为3900马克,折合人民币约14000元。设计师将用于建筑节能技术的投资与简化空调设备的投资相中和,改变了以往节能建筑造价高昂的形象,加之建筑投入使用后的能耗降低所带来的显著的经济效益,使节能建筑的推广普及不再是政府部门和前卫设计师的一厢情愿,转而能为众多业主接

局曾在室内鉴定出几十种挥发性有机化合物,其中以甲苯、脂肪烃类化合物最为突出。关于材料对人体的安全性问题,各国学者都在进行研究,建筑师则应该在设计中尽量选用符合健康标准的绿色材料。

总之,Reduce原则是新时期建筑创作中不得不重视的一大因素。

## • Recycle

Recycle是“循环使用”之意。循环使用主要是根据生态系统中物质不断循环使用的原理,尽量节约利用稀有物资和紧缺资源。这在废水处理过程中表现得尤为明显,目前我国出现的中水利用系统即是一例。中水是指生活废水经处理后达到规定的水质标准,并能一定范围内重复使用的非饮用水,中水可以用于厕所冲洗、园林灌溉、道路保洁、汽车洗刷及景观用水、冷却用水等,可以大大缓解用水紧张的情况。

此外,对人体排泄物的循环处理也是一个重要例子。一般常把人体排泄物作为废物排除,其实如果处理后常可用于农业和园艺,达到循环使用的目的,这在农村是经常使用的方法。C. K. CHOI楼的盥洗室则通过不锈钢滑管把人体排泄物收集在垃圾箱(bin)内,然而根据生物学原理在垃圾箱内放置红虫(red worm),在这些虫的生物作用下,固体排泄物的体积将缩小到其原来的5%左右。盥洗室内的液体排泄物和污水则是一种含氮丰富的液体派生物,设计师将其以1:10的比例稀释后让其流入18英寸深的沟内。沟内放置有石头与植物,当液体流经时,石头和植物的根须以及其中的微生物能过滤掉液体中的不洁成分,测试显示:这些经处理后的液体的清洁度能达到饮用水的标准。

上述诸例表明,Recycle原则已经在建筑设计中得到了运用,而且可以相信,随着科学技术的进步,它的运用将更加普遍。

第20届世界建筑师大会在“北京宪章”中指出:“可持续发展思想正逐渐成为人类社会的共同追求……走可持续发展之路是以新的观念对待21世纪建筑学的发展,这将带来又一个新的建筑运动。”5R原则正是试图把可持续发展理论与建筑创作相结合的尝试,这既是时代的需要,也是时代发展的必然。它给建筑师的创作带来新的机遇与天地,同时也是在新世纪向建筑师们提出的新要求。

总之,5R原则将有助于我们在新世纪创造一个符合可持续发展理论的美好未来。

## 主要参考文献

1. 吴良镛:国际建协“北京宪章”(稿),《面向21世纪的建筑学》1999
2. 倪德良:上海建筑能耗、节能现状与对策(讲稿)1999
3. 陈易:未来的建筑,诸大建主编,《为了上海的明天——上海可持续发展的理论与实践》同济大学出版社,1997. 4
4. 陈易:生态城市的理论与探索,《建筑学报》,1997. 4
5. 杨善勤等编著:《建筑节能》,中国建筑工业出版社1995. 5
6. WCED, 国家环保局外事办公室译:《我们共同的未来》,世界知识出版社1989. 2
7. I. G. Theaker, David Rousseau: Second Draft Rewrite of Materials, Section of “Design Smart; Energy Efficient Architectural Design Strategies”, 1995. 3
8. The University of British Columbia; C. K. CHOI Building for The Institute of Asian Research, 1998
9. Sherban Cantacuzino: “Re—Architecture”, Abbeville Press, 1989

作者单位:同济大学建筑与城规学院

〔收稿时间:2000年7月〕

受和欢迎。

其次，它提出了明确的技术目标：低能耗、高效率、高舒适度。节能措施使室内自然温度（即只考虑在气候条件影响下的建筑室内气温）尽可能接近室内人体舒适温度范围，改变了传统高层办公建筑对人工空气调节手段的依赖性。另外，对于人体舒适度也提出了更高标准，除了室内气温这一单一的技术指标外，还增加了室内界面温度的均匀，各房间单独控制室温的可能，小气流、低噪声的空气调节方式等指标。

再次，被动式的能源使用方案基于现阶段技术、材料、工艺发展水平，基于由实验、模型至实践，不断进行变革和发展的审慎、严谨的科学方法。它放弃采用太阳能发电等性价比高昂的不成熟技术，平实简洁的外观摒弃了某些生态建筑华而不实的表面特征。

该项目能源使用方案的技术要点是：围护结构设计、通风措施、温度调节方案。它采用了一系列互相配合的技术和构造手段，其共同作用的结果是最大限度地避免了动用高能耗的机械设备（图1）。

#### 1. 围护结构设计

围护结构设计的最大特点是双层外墙系统。其外层为钢+玻璃的幕墙系统，内层则为木材+玻璃体系，并且在木窗框内集成了机械送风管。内外层玻璃均采用传热系数为 $1.1\text{W}/\text{m}^2/\text{K}$ 的双层真空玻璃（普通单层玻璃传热系数为 $5.5\text{W}/\text{m}^2/\text{K}$ ）。同时，为了保证室内有良好的观景效果，外层玻璃采用了能充分保证透光度的特殊技术（图2）。

双层外墙系统具有以下优点：

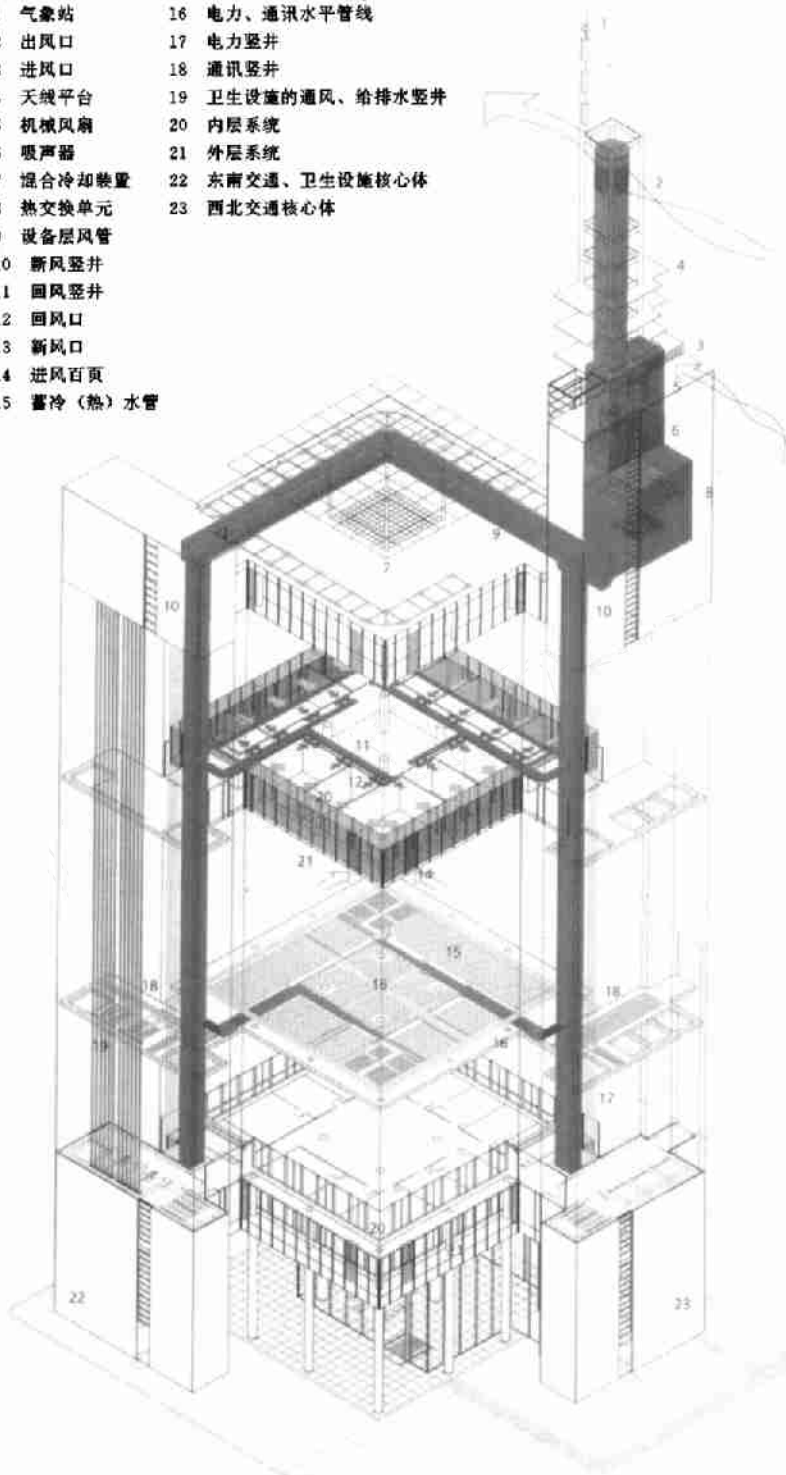
a. 巨大的空气走廊提供了室外环境与室内环境之间的缓冲带。冬季，外层玻璃吸收太阳能使空气走廊的空气预热；夏季，外层遮阳设施为室内提供了一个荫凉的空气间层；通过恰当的通风措施，夏季多余的热量在空气走廊内直接排走，不进入到室内（图3）。

b. 外层系统被简化为极少几组构件，可以随结构主体的建造快速安装完成，从而使功能、形式、技术要求相对复杂的内层系统的安装，可以全天候地与室内安装工程同步进行，有利于加快工程进度。

c. 可调节角度的遮阳设施悬挂于外层系统内侧，较之昂贵的室外遮阳设施，具有价廉、易于维护、不受风雨侵蚀的优点。

d. 空气走廊的设置使室内使用空间是无柱的，便于灵活分隔。内层落地窗最大限度地利用了自然采光，以减

- |            |                  |
|------------|------------------|
| 1 气象站      | 16 电力、通讯水平管线     |
| 2 出风口      | 17 电力竖井          |
| 3 进风口      | 18 通讯竖井          |
| 4 天线平台     | 19 卫生设施的通风、给排水竖井 |
| 5 机械风筒     | 20 内层系统          |
| 6 吸声器      | 21 外层系统          |
| 7 混合冷却装置   | 22 东南交通、卫生设施核心体  |
| 8 热交换单元    | 23 西北交通核心体       |
| 9 设备层风管    |                  |
| 10 新风竖井    |                  |
| 11 回风竖井    |                  |
| 12 回风口     |                  |
| 13 新风口     |                  |
| 14 进风百页    |                  |
| 15 蓄冷（热）水管 |                  |



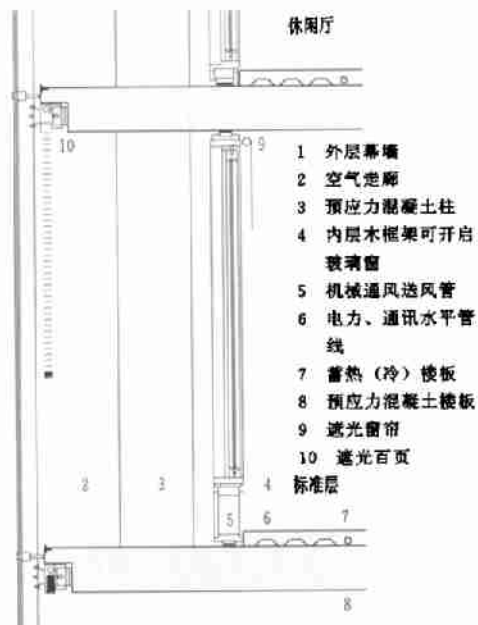
#### 1. 技术系统轴测分析

少人工照明，使室内获得开阔的视野，同时空气走廊上外挑楼板的设置，又克服了高层建筑落地窗给人带来的恐高心理。

与大片的双层玻璃幕墙形成对比的是在建筑东北、西南侧设置的两个交通设备核心体，它们一方面满足功能的需要，其尺度、体量、定位也有助于减弱双层外墙系统带来的眩光问题。核心体的外围护结构采用了带内保温

层的空心粘土砖幕墙系统。赫尔佐格对于此种建筑材料的研究始于1978年，粘土砖内的空腔有利于保温隔热，并以干挂方式施工。与以往不同的是，用于该建筑的空心粘土砖采用了不加色素的天然陶土色，并且增加了砖的水平分隔，以减缓雨水在粘土砖表面的流速，避免高层建筑顶部的大风将雨水扬起（图4）。

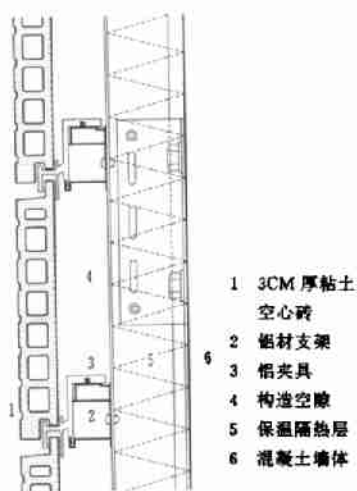
#### 2. 通风措施



2 双层外墙系统构造节点



3 空气走廊



4 粘土空心砖构造节点



冬季



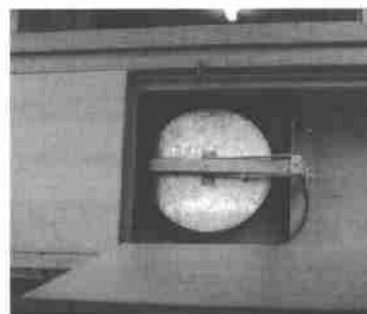
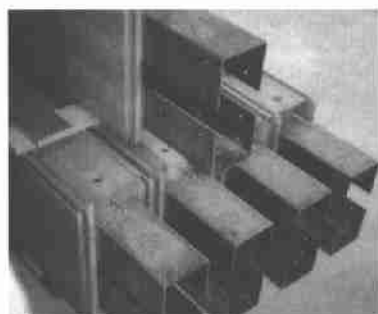
春夏季节



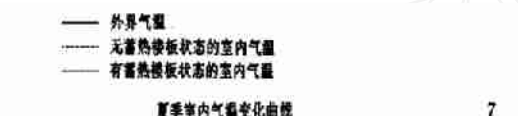
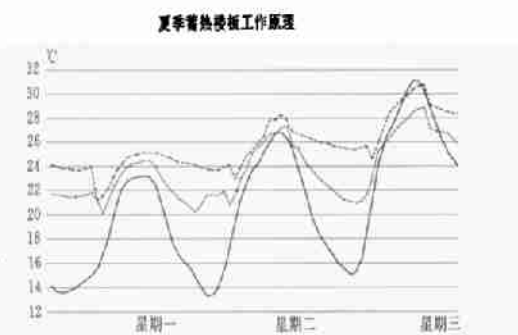
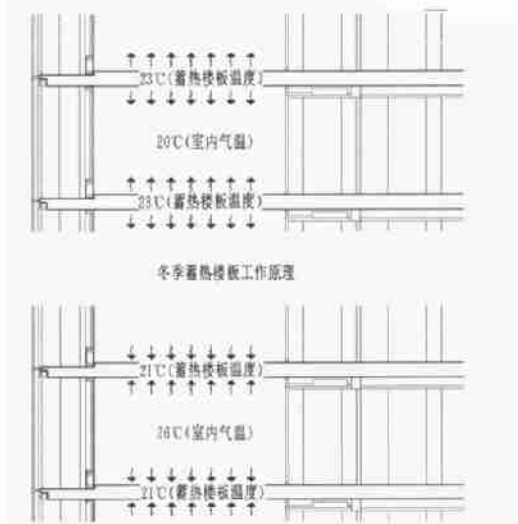
冬季

- ++ 正压
- 负压
- 自然风向
- \*\*\* 空气走廊 通风方向
- 百页开启方式
- 室内送、回风
- 温度感应器
- 回风系统

5 不同气候条件下的自然通风方式



6 通风系统构造细部及室内效果



7 蓄热地板工作原理

通风措施的原则是自然通风与机械通风相结合，即使是机械通风方式，也以利用热压、风压为主，以消耗能源的设备为辅。

双层外墙系统形成的空气走廊构成了一个巨大的通风管，大楼每层设8处进风口，每处进风口的进风百页可以有6种开启方式。根据风向、风压、外界气温参数等风道试验及模型分析形成的数据库系统，决定了进风口的平面位置。结合屋顶气象站数据以及空气走廊上布置的6处测温点提供的最高、最低、平均廊道气温，实施计算机系统自动调节进风百页的开启方式(图5)。

内墙系统保证每个使用空间至少有1.8m宽、楼层高度的开窗面积。当窗户开启时，窗扇下部的机械构件将自动关闭机械通风系统的送风口，使自然通风与机械通风自动切换(图6)。自然通风与机械通风方式的单独、灵活切换，使独立控制室内小气候成为可能。例如在冬季，送风系统提供了热气流，而在某些房间由于室内活动的加剧，会有停止采暖的要求，这时候用户就可以打开窗户，转而使用自然冷

气流。

机械通风的送回风系统也充分利用了空气动力学原理，以减少机械风机的运行时间，节约能源。即：进风系统利用高层建筑顶部强大的风压产生的吸力，回风系统则利用回风竖井中由于温度热压产生的空气动力。为了减少空气压力损失，室内送、回风速度控制在1~2m/s，顶部竖井则达4m/s。

### 3. 温度调节方案

该建筑的温度调节方案以春、夏、炎夏、秋、冬、寒冬不同气候条件下室内外环境温度的分析实验为基础，其中炎夏和寒冬是两个重点控制环节。温度调节的实施以节能措施为主，以机械采暖制冷为辅，达到了低能耗、高舒适度的目的。

由于空气走廊的缓冲作用，以及建筑材料良好的保温性能和气密性，在寒冷的冬季，室内的人体活动、灯具、设备产生的热量提供了大楼的主要热源。实验结果表明，室外温度>0℃时，室内负荷较大的空间基本不需要供热。另外，该项目回风系统的终端设置了热交换单元，回风中85%以上的热量被截留后转移到新风中。因此，

冬季采暖能耗被控制在较低水平。

在夏季，由于空气走廊和自然通风的作用，室内自然温度与人体舒适温度的偏差也被控制在较小范围。

建筑结构材料(楼板、墙体)作为蓄热材料，起到了延缓室内温度波动的作用。为了提高人体舒适度，达到低温差辐射的效果，楼板上密布蓄水管，大大提高了楼板的蓄热(冷)能力。传统隔声材料被取消，使室内的顶面、地面成为同质均匀的两个温度界面。炎夏的白天，蓄热楼板吸收了室内的大量热量，阻止了工作时段室内气温的快速上升；夜晚则利用昼夜温差，将室外低至18℃的冷空气通过冷却装置输送至水循环系统，将蓄水管内的热量释放，使之在白天能重新起着蓄热作用。在冬季，蓄热楼板蕴藏的大量能量缓慢地释放，从而有效地保证室内热量的自然平衡，最大限度地减少了人工温度调节能耗(图7)。

博览会办公楼于1999年春天竣工，投入使用一年以后的数据表明：它的日运行能耗(包括水泵、风机、电梯、照明、采暖制冷)约为12.50马克/m<sup>2</sup>，而采用传统技术的同类建筑的日运行能耗为15~38马克/m<sup>2</sup>，以采暖能耗为例，其43千瓦时/m<sup>2</sup>的年采暖能耗，比德国低能耗建筑的标准还要低四分之一。可以说：该建筑所采取的节能措施，代表了当前欧美发达国家以综合提高能源利用效率(energy efficiency in buildings)为主旨的能源策略，同时涵盖了欧美各国以降低能耗(energy saving in buildings)、减少能量损失(energy conservation in buildings)为主旨的早期能源策略。当然，这些技术措施又具有其特定的背景，如政策法规、行业标准、材料工艺水平、气候条件、生活习惯、公众意识等等。

随着国内生活条件的改善，人们对于舒适的建筑室内环境的要求不断提高，建筑能耗占全国商品能耗的比例逐年增长，可持续的建筑设计的要求日益迫切。因此，借鉴国外先进经验，结合中国国情，发展节能材料和技术，是建筑师和社会各界的迫切任务。

### 参考文献

1. Thomas Herzog: "Sustainable Height, Deutsche Messe AG Hannover Administration Building"
2. Bruno Keller: "把握时机建造高质量低能耗建筑", 建筑学报, 2000.3

作者单位: 浙江大学建筑系  
[收稿时间: 2000年12月]