

New
Architecture
New
Technica
New
Material

新建筑 新技术 新材料

建筑·玻璃

建筑玻璃新发展 生态幕墙探讨
广州国际会议展览中心—玻璃幕墙
一个非同寻常的大型工程
阳光介面 阳光室内 玻璃网壳结构浅谈
中国工商银行总行玻璃幕墙设计与构造
优美的曲线，律动的空间
银幕背后—中国电影博物馆设计方案简介
首都博物馆新馆 城市别墅
T E D A 天桥及下沉广场
珠江峻景会所室内设计
关于水源热泵空调系统应用的初步研究
生态建筑与生态城市

中国 建筑 工业 出版 社

001

「新建筑 新技术 新材料」

年刊主编单位：

中国建筑工业出版社

北京中新

清华大学

图书在版编目(CIP)数据

新建筑 新技术 新材料 / 中国建筑工业出版社等
主编 一北京: 中国建筑工业出版社, 2003

ISBN 7-112-06031-1

I. 新... II. ①中... III. ①建筑工程—新技术
②建筑材料 IV. TU

中国版本图书馆CIP数据核字 (2003) 第083505号

新建筑 新技术 新材料

中国 建筑 工 业 出 版 社

北京中新方建筑科技研究中心 主编

清华大学建筑玻璃与金属结构研究所

中国建筑工业出版社 出版、发行 (北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京中科印刷有限公司印刷

开本: 880 × 1230 毫米 1/16 印张: 7 字数: 222 千字

2004年1月第一版 2004年1月第一次印刷

定价: 48.00 元

ISBN 7-112-06031-1

TU · 5300 (12044)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.china-abp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

编者的话

■ 焦舰

建筑、技术、材料，是个没有观点的题目，尽管有各种重技的流派宣泄着某种膜拜，可又是建筑师的“执业”之本，即使你只被轻蔑的唤作“匠人”。在某些历史阶段，它造就了大师，直接引发革命。

建筑、技术、材料，是个无法穷尽的题目，甚至很难历数它的子项，但每一位建筑师都会有自己的选择和喜好，某些发展为风格、某些升华为观念。

因此，建筑、技术、材料是个有着许多观点可说的题目。

最通俗概括的说法，材料技术是建筑的引擎，前者的高速运转带动后者的前行。即使最勇敢的建筑师也是被动的。难道只是人类发展的欲望驱动这一切吗？难道它不是向千万年人类心灵中的理想伸出的枝蔓吗？住居的理想——去读《模式语言》，去读路易·康的“静谧”，或者我们直接摘抄这样一段文字，那是施尼姿勒在1954年第一次造访了密斯的标志性作品，钢和玻璃的高层建筑——湖滨公寓，她的体会正可以形象地说明亿万年来藏在我们心底的一个梦：“这是一个星星闪烁的夜晚，我睡不着，因为我感到星星将会降到我的头上，我身不由己如同漂浮在天地之间。”

在可持续性发展的大思路中，高耗能的技术和材料正在受到批评，毕竟我们要的是工业文明的花园，不是浪费巨大财富的废墟。一些材料被重新定义，比如玻璃、木材，而它们的新生又是技术革新带来的。技术和材料之间的紧密互动也值得关注。

技术和材料也是建筑的外在标征，对于本土风格的建筑也是如此。在国际化的大潮中，建筑本土化努力是冲浪的舢板，不抗拒新材料、新技术，甚而妙笔生辉。是什么给了他们灵感？皮阿诺的新卡来多纳的文化中心，是回顾的也是前瞻的，当建筑师回顾的时候，会发现宝藏，静静的就在那里。

对于建筑师，外在标征最终会具体到手法。现在建筑师的时髦手法往往来自某项技术成果。像建筑学学生作业中总会出现的丝网印刷，技术或材料不见得多前沿，慧眼拾珠或巧妙演绎后令人耳目一新。这是个有趣的游戏，技术和材料是无尽的疆界等待着探宝者。有做纸建筑的明星，就会有做竹子的，但发现就是完成吗？它的气质、它的生命呢？人的心理感受呢？

从另一个方面讲，日新月异的辅助设计技术帮我们做了许多“不可能完成”的任务，当那些以前只能停留在图纸上的形象屹立眼前，真是令人欢欣。楼会更高、跨度会更大、形体会更复杂，但如果不是以挑战极限为目的，会得到更多有意思的结果，没有计算机辅助，国家体育馆的“鸟巢”方案很难实现，那个有如森林中斑驳光影的空间怕也只能是想像。

建筑、技术、材料，是个蕴涵着无数内容的题目，我们会一点点将它们铺陈。但它们背后的力量，它们对生活的影响是人文的、社会性的。尽管在现代心理学、语言学的影响下建筑心理学、类型学等课题有所开拓，但最终能够量化的程度值得怀疑，而且像“骇客帝国”那样用数字模拟的人生可怕得令人恐怖。正因为心灵的敏感、微妙、甚至神秘，建筑才会因着阴、晴、雨、雪，因着人来人往，而有了生命。希望材料和技术是这生命的骨肉，希望我们能给它们灵魂。

刘忠伟 / 本刊主编

中国建筑金属结构协会铝门窗幕墙委员会
专家组专家 工学博士

石永久 / 本刊副主编

清华大学 土木工程院院长

唐旭 / 本刊执行主编

中国建筑工业出版社 编辑

孙明

北京建筑工程学院 教授

孙勃

北京市建筑设计研究院 建筑师

叶耀先

中国建筑设计研究院 顾问总工程师

戎安

北京建筑工程学院建筑系副主任
柏林洪堡大学城市生态工程博士

李兴钢

中国建筑设计研究院 副总建筑师

编委会委员简介

(按姓氏笔划顺序排列)

沈春林

国家建材局苏州非金属矿院防水材料设计
研究院 副院长 教授

陆琦

广东建筑设计研究院 副总建筑师

张玉祥

中国建筑材料企业管理协会 副秘书长

张建

天津市建筑设计院 主任建筑师

张俊杰

现代设计集团华东建筑设计研究院有限公司
副院长 副总建筑师

张晔

德国 Behnisch, Behnisch and Partner
建筑师事务所 建筑师 硕士

单增亮

中建国际(深圳)设计顾问有限公司
董事、总经理

赵元超

中国建筑西北设计研究院 总建筑师

徐宁

建筑学硕士 MBA 硕士 高级建筑师

焦舰

北京市建筑设计研究院 建筑师



目 录

4 综述

4 可持续的建筑、技术和材料

/ 叶耀先

10 专题

10 建筑玻璃新发展 / 马誉荣

15 生态幕墙探讨 / 龙文志

24 玻璃网壳结构浅谈 / 张晔

31 用 Kalzip 扇形板打造建筑的脉络

/ 许劲柏

32 广州国际会议展览中心——玻璃

幕墙 / 杨适伟

38 一个非同寻常的大型工程——西

直门综合交通枢纽 / 苗苗 王宇

44 阳光界面 阳光室内 / 徐卫国

48 中国工商银行总行办公楼——玻

璃幕墙设计与构造 / 张秀国

54 优美的曲线，律动的空间——清

华大学游泳跳水馆点支式玻璃幕

墙设计 / 庄惟敏 叶菁

56 建筑 技术 材料

56 银幕背后——中国电影博物馆设

计方案简介 / 中国电影博物馆联合设计组

60 首都博物馆新馆 / 崔恺 崔海东

66 城市别墅 / 齐欣

69 TEDA 天桥及下沉广场——天津

经济技术开发区中心区局部城市

设计 / 焦毅强

72 珠江峻景会所室内设计 / 何巍

76 单层平面正交网索点支式玻璃幕

墙过载保护及张力控制 / 罗忆 石永久

刘忠伟

78 关于水源热泵空调系统应用的初

步研究 / 林棚

82 生态建筑与生态城市——德国经

验 / 张路峰

86 切实可行的城市生态工程——城

市建筑环境大面积植被化 / 戎安

94 国外老年住宅研究 / 陈庆华

97 人物

97 齐欣访谈

100 译林

100 赞美物质 / 刘宏伟

105 动态、信息

可持续的建筑、技术和材料

■ 叶耀先

提要：建筑耗用世界 1/6 抽取的水量、1/4 开采的木材和 2/5 流通的材料和能源。可持续建筑是能够有效地利用资源、增进健康、构筑美好环境、降低成本和节省开支的建筑。本文在简述可持续理念以后，着重探讨了可持续建筑、可持续建筑技术、以及可持续建筑材料和产品，并辅以相关的案例，最后，在结语中，简要阐述了把可持续理念融入建筑全寿命所需要考虑的若干问题。

关键词：可持续 建筑 技术 材料 全寿命



→ 1



→ 2



→ 3



→ 4

可持续理念

人类总是要和他们所处的环境打交道，试图控制环境，使他们的周围环境安全而舒适。然而，自从工业革命以来，人类的活动产生了全球的影响。污染的加剧和能源需求的增加造成一系列的环境问题，诸如空气和水体污染，环境破坏和全球变暖等。这些问题最终会威胁我们的子孙后代。我们必须现在就行动起来，改变同星球打交道的方式，我们必须成为星球的保护者，而不是它的榨取者。

可持续性(Sustainability)概念的提出，就是以实际行动来改变我们同我们星球打交道的方式。最先提出这个概念的是挪威首相 Gro Brundtland。她在 1987 年把可持续性表述为“为后代留下充足的资源，使他们能享有同我们类似的生活质量”。1987 年世界环境与发展委员会(WCED)则将可持续发展(Sustainable Development)

表述为“发展满足当代人的需要和抱负，又不影响后代人满足他们自身需要和抱负的能力”。这个表述强调，可持续的要旨是，保证人类活动不影响我们共同依赖的地球的最重要的生命支持系统，使人类得以永远生存下去。我国国家计委、国家科委在关于进一步推动实施《中国 21 世纪议程》的意见中，将可持续发展定义为：“可持续发展就是既要考虑当前发展的需要，又要考虑未来发展的需要，不以牺牲后代人的利益为代价来满足当代人利益的发展；可持续发展就是人口、经济、社会、资源和环境的协调发展，既要达到发展经济的目的，又要保护人类赖以生存的自然资源和环境，使我们的子孙后代能够永续发展和安居乐业。”总之，人类在寻求可持续发展的过程中，必须牢记，在满足需要和实现抱负的同时，一定要最大限度地减少物质和能源消耗，避免对环境生命支

持系统的负面影响。

可持续建筑

建筑业是典型的立足于资源和能源大量消耗的产业。我们生活和工作在其中的现代建筑,造成了森林面积减少、全球温度升高、超量用水和酸雨。全世界55%的木材、40%的材料和能源用于建筑业和建筑的运行。建筑每年消耗30亿吨原材料,为全球原材料用量的40%。在新建和改建的建筑中,有30%会使室内人员引发“病态建筑综合症”(Sick Building Syndrome, SBS)或“与建筑有关的疾病”(Building Related Illness, BRI)。

可持续建筑(亦称绿色建筑,或生态建筑)是以生态和有效利用资源的方式设

料(特别是不可再生资源)的使用降到最低限度,例如用被动方法为建筑物提供供热、制冷、通风和照明,采用高效率系统、高度隔绝、低水流设备和高性能窗户,采用耐久性高、使用寿命长、保养要求低等材料等。

(2) 资源再利用最多:即尽量再利用已经用过的资源。再利用物品只是用过的,但未受损伤,再加工量极少。在建筑行业,门、窗和砖等建筑制品的再利用是可行的,因为业主和建筑师都有怀旧心理。

(3) 使用再生资源:包括把废弃物还原成原材料,再用其做成新产品,如木结构,秸秆墙板,含再生轮胎或玻璃的面砖,再生塑料制成的屋面板,粉煤灰取代



→ 5



→ 6



→ 7

↑ (图1~图5) 加拿大Hinton镇政府中心办公楼
↑ (图6) 美国西雅图西北联邦信用合作社办公楼南立面
↑ (图7) 美国西雅图西北联邦信用合作社办公楼北立面

计、建造、改建、运行或再利用的建筑,是把可持续理念融入建筑全寿命(从场地、规划、设计、施工、运行、维护、拆除和建筑废料处理的全过程)的建筑。很多人不了解可持续建筑,认为它造价高,可能没有市场。其实,国际上的实践说明,可持续建筑同一般建筑相比有很多优点,例如:供热、空调和采光的费用少,使运行费用降低;建筑的舒适度和使用功能提高,使售价和租金增加;使用能源少,从而减少对环境的污染;建筑材料耗用少,资源利用效能高;生活和工作空间更为健康,从而能提高工作效率,减少疾病发生等等。从建筑的全寿命考虑,可持续建筑的总费用比一般建筑低,而且有利于保护我们的星球。

可持续建筑遵循以下原则:

(1) 消耗资源最少:即把能源和原材

水泥等;利用可再生能源(如太阳能和风能);以及从经过检定合格的可持续林区(以保护环境方式经营森林资源的林区)购买木材等。

(4) 保护自然环境:例如,盖过房子的地方,可通过改造和去除有毒成分恢复到接近其原来的状态;河道取直的滥用,沼泽地排水和乱伐森林等可在今后的建设中采取明智的干预予以补救;不论是伐木、采矿,或是消耗能源,都应当把对环境的影响减至最小。漠视环境的建设可能导致资源耗尽,植物和野生生物灭绝,以及水和空气污染。

(5) 创建健康无毒环境:城乡建设所用的各种产品和实际建设过程都伴生极大威胁着人类健康和幸福的各种各样的有害和有毒的物质。对有毒的材料,必须细心处理,除非制造商能把有害和有毒的物质

放在一个密闭的系统里,如将水银用于温度自动调节器、荧光灯管和电视机。逆向配给是一个新的思路,其想法是把产品返回给制造商,抽取有毒的材料,再用于其他产品,美国环保部门和其他机构正着手考虑付诸实施。选用不会对周围环境散发废气或有害粒状物的材料以获得优良的室内空气质量。景观设计应选用种植耐寒、耐旱和抗虫植物,土生土长的植物常常具有这些优良品质。

(6) 追求质量:包括通过规划减少车行,增加人际交往活动,提供优良的生活质量和优秀的建筑设计。

根据上述原则建成的可持续建筑在世界上已有不少实例。

加拿大Hinton镇政府中心办公楼(图1~图5)所采取的可持续对策有:保护场地,场地整备时不要的表土和种子层堆存再利用;建筑朝向按减少夏季西晒和强光原则考虑;采用日光,减少人工照明;开窗局部通风,提高舒适度,减少制冷开销;采用高位楼板,以供安装电缆和通风,提高能效;采用当地的木材和维护材料,把对环境的影响降低到最小;办公的包装材料再利用和室内、室外设施同市政再利用系统相连;通过降低50%运行能源和采用能源消耗少的建筑材料,同一般建筑相比,把温室气体散发降低到50%以上;提高建筑性能不需另外增加基建投资,减少

的运行费用可冲抵增加的费用;每年节约能源开支在3万美元以上等。结果达到了镇政府原先要为新千年设计和建造一个环境可持续和技术整合的工作场所的承诺。

美国西雅图西北联邦信用合作社(the NW Federal Credit Union)办公楼注重建筑总体性能分析研究,特别是通过内外温度测定,使用人员舒适度评价和计算机模拟分析外部遮阳结构及其性能。外部遮阳结构在全年虽然并非完全有效,但南面大的天篷和其他遮阳结构一起在春末、夏季和早秋能有效地遮阳。冬天遮阳结构使一层和二层的一部分仍可直接获得阳光照射(图6~图9)。

美国Illinois的节能住宅(图10),系根据能源部计划兴建,采用了先进的设计技术、保温隔热和管道系统。

可持续建筑技术

可持续建筑技术包括评价体系,新技术和新产品开发,规划和设计方法,规范和手册的编制,以及实施技术等等。实践证明,综合运用古代技术和现有技术,融入可持续理念,设计和建造出来的可持续建筑,不但可以去除几乎所有新建筑所带来的对环境和人类的危害,大大减少运行费用,而且能保持人们所期望的功能。例如:荷兰阿姆斯特丹的The1987 Internationale Nederlanden (ING)银行总部办



→ 8



→ 9



→ 10

公楼,所用能源仅为过去的10%,在职人员减少15%,每年综合节省340万美元;美国加州按太阳能取暖后的住房价格比附近的传统住房价格高出12%。美国得克萨斯的一栋经济适用住房,由于采用有效的设备和太阳能取暖,使住户每年减少450美元开支,而增加的抵押付款每年仅为156美元;美国纽约48层148640m²的Four Times Square商业大厦,采用高能效的构配件和可持续建筑材料,确保室内空气质量,并对施工、运行和维护承担责任,不但回报高,而且使用率达100%。所以,这种既有利于环境又可节省开支的新生事物正在迅速传播,可持续建筑已经成为世界普遍关注的一个新的领域。

可持续建筑不能单靠性能、质量、成本和时间等四个传统的指标来评价,必须增加一整套考虑环境影响的原则和指标,例如耗用资源和能源最少、防止环境退化和提供满意和健康的环境等(图11)。

可持续建筑材料选用的技术标准包括三个方面：(1) 所体现的能源含量，就是在获得资源、生产产品和安装等阶段，以及各个阶段之间的运输等所需要的能源总量，它为对比各种产品所包含的单一资源和能源数量提供了手段，知道各种结构系统中，那一种具有最低的能源投入。(2) 温室效应气体数量，即材料在生产过程中所排放出来的能使地球温度升高的气体数量。如果用矿物燃料，则在材料生产过程中产生的二氧化碳和甲烷就是温室效应气体。(3) 产生的有毒成分和含量。在选择建筑材料时，必须综合考虑这些技术标准再作决策。例如，对于独户住宅结构，选用木框架还是钢框架？有人马上会说，选木框架，因为木材所体现的能源最低，而且只产生少量的温室效应气体。但是，如果钢材可以100%地再利用，而木材则来自管理很差的单种栽培的森林，那又会怎么样呢？到底那一个是更好的选择？还可进一步争辩说，树木有吸收二氧化碳的作用，砍去树木，实际上是助长温室效应。可见，这些问题都需要深入的分析研究。

现在的窗玻璃多数还是采用透明的单层玻璃。虽然玻璃耐久而且阳光透过率很

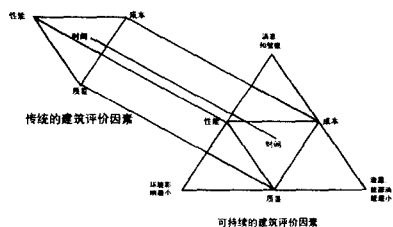
高,但是热流阻抗(R)却很低。近30多年来,新的、性能好的玻璃材料相继问世,如图12所示。

利用土来节约能源的古代技术仍然在支持可持续建筑（图13、图14）。

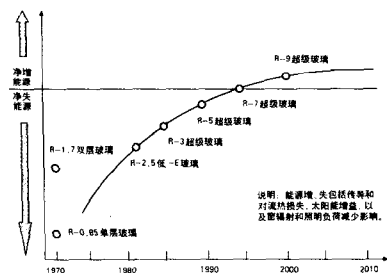
有效地利用太阳能是可持续建筑的重要组成部分,抛物线槽太阳能收集器的开发,就是在这方面的可喜的进展(图15)。

为了较大地减少运行费用和温室气体散发,改善人的工作、学习和生活环境,需要可持续建筑设计,即在一个建筑项目的早期规划阶段,就把建筑、工程、施工和业主要求整合起来,以实现质量优良,墙体、门窗和屋顶保温隔热好,使用较小规模的机械和电气系统,从而降低能耗和运行费用。如果设计能够很好地整合,项目的基建费用不会增加。可持续建筑设计还包括创造更健康的建筑,即更好的室内空气质量,改善工作人员的健康状况和提高他们的劳动生产率;提高照明质量,减少眼睛疲劳;再利用现有建筑材料,以减少建筑废料。可持续建筑设计甚至还考虑拟建新建筑的地点,使其靠近公共交通系统或自行车道,以减少对停车位的需求。

有意识的环境设计是可持续建筑的重要内容。例如：选择房屋朝向，尽可能使更多的面积朝阳；在外门设墙、植树挡风，因为德国研究表明，低保温独立房屋50%能源损失来自空气流动；根据热等级精心布设房间，使供热期间房间之间、房间与室外平均温差显著降低；设计紧凑，尽可能使房间的表面面积与其体积之比最小；采用外面隔热，内部提供足够的热质量，因为室内隔热和用轻质墙体会造成室内闷热；采用低温供热系统，可比一般高温供热系统节能7%；在同等舒适条件下，用发射辐射热装置供热的房间所需温度比用一般对流传热供热的房间所需温度低2~3℃，即可节约11%能源；设置通气窗、挑出屋顶和反射面是炎热季节降温的简易措施，可节约空调能源；尽可能利用地方建筑材料以节约能源，减少运输造成的污染；利用寿命长、可再利用或废弃时无污染的建筑部件；利用雨水等。



→ 11



→ 12

- (图8、图9) 美国西雅图西北联邦信用合作社办公楼
- (图10) 美国 Illinois 的节能住宅
- (图11) 传统的和可持续发展的建筑评价因素
- (图12) 窗用玻璃材料的发展

可持续建筑材料和产品

全世界建筑业每年消耗 30 亿吨原材料, 占全球所用原材料的 40%。可持续建筑材料和产品是由可再利用的原材料制成。采用可持续建筑材料和产品是可持续建筑设计的重要环节。

采用可持续建筑材料和产品对建筑的业主和用户有很多好处, 例如: 在建筑全寿命期间可减少维护和更新费用, 节约能源, 改善用户的健康状况和提高劳动生产率, 降低改变室内布局的费用, 以及增加设计的灵活性等。把可持续建筑材料和产品整合地应用到建筑项目中去, 有助于减少原材料开采、运输、加工、制造、安装、回收、再利用和处理过程中对环境的影响。

可持续建筑材料和产品的选择应遵循以下五条标准:

(1) 资源效能高, 包括材料和产品符合以下要求:

- 含有可回收利用的成分;
- 材料来自可持续管理的生产地, 最好有独立的证书, 并有独立的第三者的证明, 比如有证书的木材;
- 以有效利用资源的方式加工, 包括节能、使废料最少和减少温室气体;
- 当地能够生产并提供, 以节省运到工地所需的能源和资源;
- 为综合利用的、整修的或再制造的;
- 超过使用寿命后容易回收再利用;
- 包装可以回收再利用;
- 同一般材料和产品相比, 耐久性强, 使用寿命长。

(2) 室内空气质量好, 包括材料和产品符合以下要求:

- 生产厂商通过合适的试验表明, 基本不散发或没有致癌物质、再生有毒物

质或刺激物质;

- 散发的挥发性有机化合物 (Volatile Organic Compounds, VOC) 最少, 而且在减少化学物质散发时资源和能源效能最好;

- 安装时散发的挥发性有机化合物最少, 或采用无 VOC 机械固定法安装, 而且危险性最小;

- 抗潮湿或能抑制房屋内的生物污染物的繁殖;

- 可用简单、无毒或低 VOC 方法清理和维护;

- 通过检查室内空气污染物或提高空气质量, 证明材料和产品对健康无害。

(3) 能源效能高, 有助于降低房屋和设备的能源消耗。

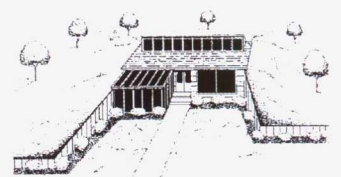
(4) 节约用水, 有助于减少房屋里的用水量和有景观地方的节水。

(5) 不超过预算额度, 同一般材料和产品相比或者在总体上, 材料和产品的全寿命费用在项目总预算所确定额度之内。

美国国家标准和技术研究所的建设和防火研究室已经开发出名为 BEES (Building for Environmental and Economic Sustainability) 的软件, 可用来选择建筑材料和产品。该软件采用全寿命评价 (Life Cycle Assessment, LCA) 方法, 使用户能够在建筑材料和产品的环境和经济性能之间取得平衡。比如说, 有 5 种建筑材料可以供设计人员选择, 材料 D 和 E 从经济和环境两方面看, 显然都不如其他材料, 首先予以淘汰。材料 A 全寿命花费最高, 但全寿命环境性能最好。材料 C 则相反, 全寿命花费最低, 但全寿命环境性能最差。材料 B 与材料 C 相比, 全寿命经济费用稍有增加, 但全寿命环境性能却得到改善。设计人员可根据经济和环境的相对重要性, 从 A, B, C 三种材料中选择一种 (图 16)。



→ 13



→ 14

↑ (图 13、图 14) 建在小山边的住房, 一到两面外露, 其他面覆土, 有时屋顶也堆上土
↑ (图 15) 抛物线槽太阳能收集器
↑ (图 16) 全寿命经济费用和环境影响的平衡

结语

可持续的建筑、技术、材料和产品是建筑业的方向和趋势。为了向这个方向发展,我们必须注意考虑以下问题:

(1) 能效和再生能源:包括建筑朝向(阳光进入、遮阳和天然采光),小气候对建筑的影响,建筑外墙和屋顶的热效率,窗户排列和设计,规模适当而有效的供热、通风和空气调节系统,可替代能源,尽量降低照明、用具和设备的电负荷。

(2) 直接和间接环境影响:包括施工时场地和植被的完整,采用整合的有害物管理,景观采用本地植物,尽可能不破坏流域和集水区,材料选用对资源枯竭、空气和水体污染的影响,采用本地建筑材料,以及生产建筑材料所耗用的能源总量。

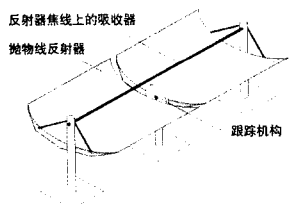
(3) 资源保护和再利用:包括采用再生的或含有再生材料成分的建筑产品,建筑部件、设备、家具和陈设的再利用,通过再利用和再生尽可能减少建筑废料和拆房的建筑垃圾,建筑使用人员方便使用再生设施,通过水再利用和节水设施尽可能

减少生活污水,利用雨水灌溉,在建筑运行中节约用水,以及采用可供选择的污水处理方法。

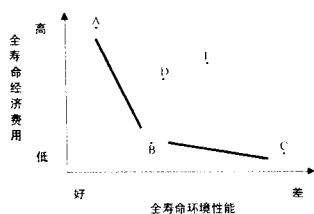
(4) 室内环境质量:包括建筑材料易挥发的有机成分含量,尽可能减少微生物繁殖机会,适量的新鲜空气供给,控制清洗材料中化学成分的易挥发性,尽可能减少办公设备和室内生物的污染源,适当的声学控制,以及易于享受阳光和公共娱乐设施。

(5) 社区问题:包括有公交系统和步行道或自行车道通达,关注社区的文化和历史,影响建筑设计和建筑材料的气候特性,推进可持续设计的地方激励政策和规定,社区内处理拆除建筑废料的设施,以及当地现有的环保产品和经验。

(6) 全寿命观念:建筑的全寿命就是从场地选择、规划、设计、施工、使用、维护到最终拆除的全过程。它是评价可持续建筑的时间标尺。要从全寿命来评价建筑必须积累数据,没有充足的数据,建筑的全寿命评价只是一句空话。



→ 15



→ 16

参考文献

1. 叶耀先. 世界建筑技术展望. 中国建筑业改革十年. 北京: 中国建筑工业出版社, 1990
2. 叶耀先. 当代建筑技术发展的八大趋势. 建筑学报, 1990(3)
3. 叶耀先. 走向 21 世纪的建筑技术和城市. 建筑学报, 1994(1、2)
4. 叶耀先. 21 世纪建筑. 建筑学报, 1996(2)
5. 叶耀先, 贾岚. 可持续建筑的原则. 建筑经济, 1997(12): 24~27
6. 叶耀先. 建筑业走向可持续发展的原则和途径. 可持续发展: 人类关怀未来. 长春: 黑龙江教育出版社, 1998
7. 叶耀先. 21 世纪建筑和住宅的方向——可持续发展带来的新思考. 中国人口、资源与环境, 2000(3)
8. 叶耀先. 卫生而可持续的城镇发展模式. 小城镇建, 2000(3)
9. 叶耀先. 世界发展趋势和可持续的小城镇建设. 小城镇建设, 2000(6)
10. Pearce, A. R., 2000. Sustainable Building Materials: A Primer, <http://maven.gtri.gatech.edu/sfi/resources/pdf/TR/TR015.PDF>
11. WCED (World Commission on Environment and Development, 1987. Our Common Future. Oxford University Press, Oxford, UK.
12. Lynn M. Froeschle, 1999. "Environmental Assessment and Specification of Green Building Materials," The Construction Specifier, October, p. 53
13. D.M. Roodman and N. Lenssen, 1995. A Building Revolution: How Ecology and Health Concerns are Transforming Construction, Worldwatch Paper 124, Worldwatch Institute, Washington, D.C., March, p. 5.
14. Ross Spiegel and Dru Meadows, 1999. Green Building Materials: A Guide to Product Selection and Specification, John Wiley & Sons, Inc., New York
15. Sustainable Building Task Force and the State and Consumer Services Agency, 1996. Building Better Buildings: A Blueprint for Sustainable State facilities, <http://www.ciwmmb.gov/GreenBuilding/Blueprint.pdf>
16. California Energy Commission, Sustainable Building, <http://www.consumerenergycenter.org/homeandwork/office/sustainable...>
17. Public Technology Inc. and US Green Building Council, Sustainable Building Technical manual — Green Building Design, Construction, and Operation.
18. NREL (National Renewable Energy Laboratory), 2000. Elements of an Energy — Efficient House, <http://www.nrel.gov/docs/fy00osti/27835.pdf>

建筑玻璃新发展

■ 马眷荣

在建筑工业发展的带动下,建筑玻璃材料近年也有超常的发展,其中仅平板玻璃产量就超过1000万吨,接近全球产量的30%,位居世界第一。建筑玻璃的品种日益增多,其功能日渐优异,已经完全不 是过去概念中的透光围护材料,除最基本的采光功能外,今天的建筑玻璃还具有节能、安全、装饰、隔声等等功能,甚至在一些建筑场合用作结构材料。本文综合国外和国内建筑玻璃的新发展,希望能够勾画出建筑玻璃的一个总体情况和发展趋势。

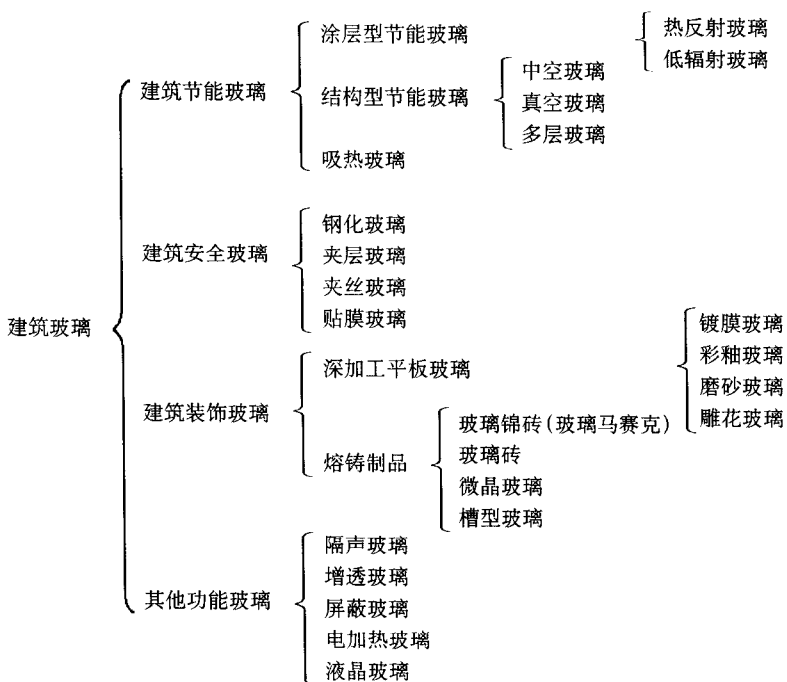
一、建筑玻璃是一个大家族

以往的概念仅仅视窗玻璃为建筑玻璃,这是由于多年来玻璃只作为采光围护材料用于窗户而已。从上世纪50年代以来,建筑玻璃开始突破采光的单一功能,发展成为建筑材料的一个较大的类别。建筑玻璃有多种分类方法,针对建筑应用比较常用的是按功能分类(参见图1)。

二、玻璃成为结构材料

传统意义的建筑玻璃仅承受自重、风压和温度应力三种荷载,由于设计的板面尺寸较小,这些荷载所造成的应力一般不超过10~20MPa。随着增强玻璃的问世和增强技术的不断提高,建筑设计师已将玻璃作为一种结构材料来使用,使玻璃的采光、围护、装饰等多项功能得到更广泛地结合与应用。

玻璃用作结构构件从 无框玻璃门和采光屋顶开始,以后又出现了点支式幕墙和玻璃地面、玻璃楼梯踏板、水箱挡板等。用作结构构件的玻璃其承载方式主要有两种,点支承和边部支承。荷载主要有集中荷载和均布荷载,又可分为静荷载和活荷载,前者由自重、水压、雪载等构成,后者由人体荷载或风荷载构成。



增强技术的发展使玻璃的许用应力不断提高,目前经过综合增强的玻璃强度能够达到1000 MPa以上,可供商业化使用的玻璃能够保证强度在500MPa。由于玻璃是典型的脆性材料,在保证较小破损概率的条件下,建筑玻璃的强度设计值最高可以用到63MPa,这使玻璃能够作为结构材料,给建筑设计师发挥想像力提供了更多的选择。

三、节能要求日益提高

建筑采暖和空调所消耗的能源总量越来越大,目前已占人类商业总能耗的5%~20%,呈纬度越高能耗越大的趋势。建筑物的门窗洞口是节能的薄弱环节,建筑物在使用过程中所消耗的能源有近一半是通过门窗流失的,玻璃作为门窗结构的最主要材料,其节能的性能日益引起重视。

为满足对建筑玻璃节能的要求,玻璃业界研究开发了多种建筑节能玻璃。热反射玻璃是节能涂层型玻璃最早开发的品种,商业化应用已有几十年。热反射玻璃是在平板玻璃表面镀覆单层或多层金属及金属氧化物薄膜,该薄膜对阳光有较强的反射作用,尤其是对阳光中红外光的反射具有节能意义(见图2)。热反射玻璃有许多品种,根据建筑要求可以对色泽和反射率指标进行选择,在节能的同时还具有镜面装饰效果,已为众多建筑设计师知晓。在热反射玻璃的设计应用中要注意处理好节能与装饰两种效果的和谐,避免或减轻光污染和热污染的负面作用。

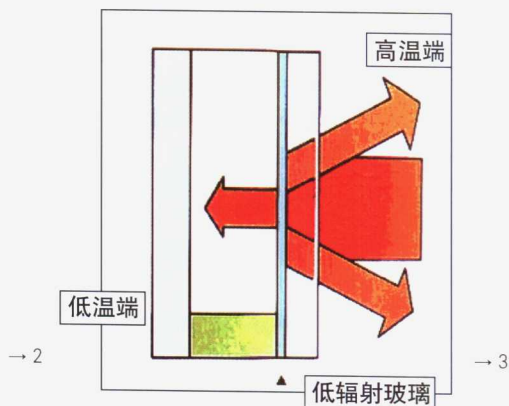
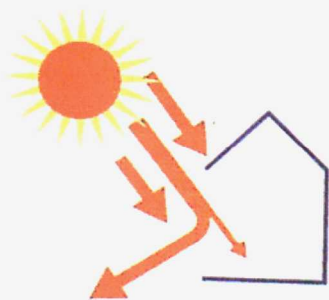
低辐射玻璃在建筑上的广泛应用是20世纪90年代在欧美发达国家开始的,它具有反射远红外的性能,可以阻挡高温场向低温场的热流辐射(见图3),既可以防止夏季热能入室,也可以防止冬季热能泄露。由于低辐射玻璃所具有的双向节能效果,无论在寒带、热带或是温带都可以用做节能窗玻璃或幕墙玻璃。采用低辐射玻璃的节能效果明显,磁控溅射镀覆低辐射膜层的玻璃其辐射率为0.04~0.15,在线化学气相沉积工艺制备的玻璃其辐射率为0.20~0.28。采用低辐射玻璃制成中空玻璃后,传热系数可以达到 $1.5\sim 2.0\text{ W}/(\text{m}^2\text{ K})$,较高水平的低辐射中空玻璃的辐射率可以接近 $1\text{ W}/(\text{m}^2\text{ K})$,如德国莱宝公司做到 $1.12\text{ W}/(\text{m}^2\text{ K})$ 、丹麦威卢克斯公司做到 $1.02\text{ W}/(\text{m}^2\text{ K})$ 。

吸热玻璃也是节能玻璃的一个品种,又称作本体着色玻璃。从20世纪80年代起开始逐步推广使用,其节能原理是通过吸收阳光中的红外线使透过玻璃的热能衰减。在我国城乡到处可以见到吸热玻璃的应用,但是大多数使用者并非出于节能目的,而仅仅关注了玻璃的色彩效果,造成最重要的节能功能没有很好发挥。近年美国PPG公司对吸热玻璃做了进一步研发,提高了吸热玻璃的红外吸收率,同时降低了它的可见光吸收率,使这种“超吸热玻璃”具有更高的可见光透过率和红外吸收率,在提高节能效果的同时降低了色污染的负面影响,目前对太阳能吸收率可以达到60%左右,可见光透过率在70%左右,比普通吸热玻璃提高近一半。

上述热反射玻璃、低辐射玻璃和吸热玻璃的节能机理都是基于阻挡热能辐射流动的思路,还有一类节能玻璃是基于降低热传导的思路,如中空玻璃、真空玻璃、双层玻璃等品种,利用两层玻璃间的空气或真空降低结构的传热系数达到保温的目的。

建筑玻璃热工设计准则规定:对于夏热冬暖地区,如长江以南的广大地区,应选择遮蔽系数小的玻璃,以尽可能减少强烈日照造成的室内温升,降低空调负荷,提高节能指标;对于严寒和寒冷地区,如黄河以北的华北、东北、西北等地区,应选择热传导系数小的玻璃,以降低由于室内外温差造成的采暖能量消耗。

在不同的环境条件下,正确选择和使用节能玻璃也是建筑设计师应该留意的,使玻璃的热工性能发挥到最佳状态。由于节能玻璃在我国应用时间不长,《建筑玻璃应用技术规程》有关节能设计的内容是2002年修订时新加入的,所



以建筑界与用户对玻璃的热工性能了解不够全面。在相当一部分建筑物，建筑节能玻璃的使用没有扬长避短。如热反射玻璃的节能作用体现在阻挡太阳能进入室内，可以降低空调制冷负荷，在冬季或日照量偏少的地区反而会增加取暖的负荷，要综合考虑其热工性能的地区差异与季节差异来决定取舍。又如经常见到的吸热玻璃单片使用现象，吸热玻璃靠吸收太阳能来减少进入室内的热能，在吸收太阳能的同时玻璃温度升高，玻璃本身成为热辐射源，在窗的周围形成热辐射区，节能效果要大打折扣。

四、安全问题引起重视

随着社会文明的发展，建筑玻璃的安全日益引起重视，在科学合理使用安全玻璃的认识上仍然存在两个问题：其一是对安全玻璃的使用持犹疑态度，其二是过度强调安全性。这两个问题都是片面理解了建筑玻璃安全性需求。涉及建筑玻璃安全要求的场合主要有三种：可能发生玻璃高空坠落的场合，可能发生人体碰撞的场合与防止暴力、火灾等灾难事故的场合。随着建筑玻璃日益广泛的应用和品种的发展，因玻璃而发生的灾难或次生灾难多有发生，如玻璃从空中坠落伤及路人、玻璃门破碎刺伤顾客等消息时常见诸报道。玻璃是典型的脆性材料，其破坏具有突然性，且碎片呈尖角和锐边，所以在人群活动频繁的场所有必要考虑安全性。

《建筑玻璃应用技术规程》对玻璃安全性作了明确规定：安装在易于受到人体或物体碰撞部位的建筑玻璃，如落地窗、玻璃门、玻璃隔断等，除必须采用安全玻璃外还应采取保护措施；保护措施应视易发生碰撞的建筑玻璃所处的具体部位不同，分别采取警示（在视线高度设置醒目标志）或防碰撞设施（设置护栏）等，对于碰撞后可能发生高处人体或玻璃坠落的情况，必须采用可靠的护栏；两边支承的屋面玻璃，应支撑在玻璃的长边；屋面玻璃必须使用安全玻璃，当屋面玻璃最高点离地面大于5m时，必须使用夹层玻璃；玻璃的最大应力设计值应按弹性力学计算，不得超过强度设计值；用于屋面的夹层玻璃，夹层胶片厚度不应小于0.76mm，以及屋面玻璃受力计算的有关规定。以上规定均为强制性条款。

由于人们对小概率灾害的漠视、对建筑安全玻璃价格和性能比的错觉，在很多应该采用安全玻璃的场合还没有使用安全玻璃。随着人类文明的进步，“以人为本”的观念日益受到重视，安全性的要求越来越高，对小概率灾害的防范也开始提上日程。经济越发达，人们对小概率灾害的防范范围扩得越大，相对于当今人类经济发展水平，《建筑玻璃应用技术规程》已经对建筑玻璃的安全性提出了足够高的要求。一些地方性法规所提出的更高要求与经济发展水平不相适应，如高层垂直窗、幕墙玻璃等亦强制采用安全玻璃，笔者认为为极小概率灾害花费了超过经济水平的投资。

对于高层建筑的外窗和玻璃幕墙，在风、地震和其他偶然因素作用下，也有可能发生高空坠落。对这种极小概率事件通常的做法是建筑物周边不设人行道，用绿地隔出安全带，也可以采用半钢化玻璃提高抗风压和耐地震能力。在我国部分城市颁布了地方性法规，对高层建筑使用的建筑玻璃提出较严格的安全性要求。关于玻璃幕墙是否应强制使用安全玻璃国内外一直都存在不同见解，在世界各国的国家级标准或规范中均未作强制性要求。应该区分情况，不能笼统地使用一个原则，可作如下的分析：安全性与经济性始终是一对矛盾，安全性是不可能提高到百分之百的，在提高安全水平时需多大的经济付出要进行分析。偏重经济性

↑ (图1) 按使用功能对建筑玻璃分类
↑ (图2) 热反射玻璃可以阻挡阳光中的红外部分进入室内，具有降低空调负荷的节能效果
↑ (图3) 低辐射玻璃的节能原理图

考虑时,可以采取玻璃小分割或半钢化的对策;偏重安全性考虑时,则采用安全玻璃。对人群密集地区的建筑物可以区别对待,如采取广州的做法,提出强制性要求。对非人群密集地区的建筑物,可以采取绿化带隔离等办法。另一方面,使用安全玻璃提高造价并不仅仅获得安全性的效益,还有提高强度减小玻璃厚度(如钢化玻璃)、改善隔声性能(如夹层玻璃)、增加防盗功能(如采用夹层玻璃和自动锁紧窗框可免去防盗网)等多方面的效益,从经济与性能比去评价不一定不划算。

五、多功能化成为趋势

建筑玻璃的品种开发得越来越多,多功能化是现在和未来的主要发展方向。在诸多的建筑玻璃功能中,最主要的待发展功能有:进一步提高节能指标,与建筑节能相匹配,从目前的 $2.5\sim 4.0\text{ W}/(\text{m}^2\text{ K})$ 提高到小于 $2.0\text{ W}/(\text{m}^2\text{ K})$ 的水平;更充分地利用太阳能,提高可见光的透过率,发展太阳能集热和太阳能电池技术;提高隔声效果,防止噪声侵扰;净化信息环境,阻隔电磁污染;在保证使用功能的前提下,发挥更好的装饰效果;进行多功能组合,一个玻璃组件具备多项功能等。

如何进一步提高节能指标,从国外发展趋势看,第一是提高现有建筑玻璃产品的性能指标,第二是研发新品种。采用干燥空气层的一般中空玻璃,传热系数在 $3\text{ W}/(\text{m}^2\text{ K})$ 左右,欧洲国家已越来越多地采用充有惰性气体的中空玻璃,传热系数能够提高到 $2\text{ W}/(\text{m}^2\text{ K})$ 左右,这要求具有更高水平的周边密封技术。真空玻璃是一种节能新产品,将两层玻璃间的空气抽除形成真空,较之中空玻璃有更好的保温效果,传热系数能够提高到 $1.6\text{ W}/(\text{m}^2\text{ K})$ 左右。真空玻璃最早在日本进入商业化应用,近几年我国也开始有产品出售。

玻璃是能够使阳光进入室内的惟一围护材料的选择。为了更充分地利用太阳能,就要想方设法提高太阳能的透过率,办法不外乎两个,降低玻璃的吸收率和反射率。用于太阳能集热器的玻璃和太阳能电池盖板采用高透过率玻璃,“超白”玻璃的透过率能够达到 $88\%\sim 90\%$,目前还依靠进口产品,我国也有玻璃厂正在建设“超白”玻璃生产线,很快将有产品供应市场。降低玻璃反射率的方法是在玻璃表面镀膜增透膜,可以使玻璃的透过率提高 $5\%\sim 6\%$,由于膜层质量还有待提高、产品成本也需要降低,广泛应用还有待时日。

防止噪声侵扰是城市居民关心的环保问题之一,门窗洞口是建筑物隔声的薄弱部位,玻璃的隔声效果较大程度决定了建筑的降噪水平。表1列出建筑玻璃主要品种的隔声指标,其中以真空玻璃的隔声效果为最佳。欲进一步提高声屏蔽质量可以采取叠加的办法,如真空与中空结合、夹层与中空结合,可以使声能透过损失提高到 40 dB 以上。

人类已经进入信息时代,科技进步带给我们通讯和传播的便利,同时也造成了电磁污染和信息泄露。阻隔电磁污染达到室内信息净化,门窗洞口的屏蔽效果是关键环节。目前市场

透过玻璃单位面积入射室内的太阳辐射能按下式计算:

$$q_1=0.889\text{ SeI} \quad (1)$$

式中 q_1 ——透过单位面积玻璃的太阳得热, W/m^2 ;

I ——太阳辐射照度, W/m^2 ;

Se ——玻璃的遮蔽系数,按现行国家标准《建筑玻璃 可见光透射比、太阳光直接透射比、太阳能总透射比、紫外线透射比及有关窗玻璃参数的测定》GB/T2680测定。

通过单位面积玻璃传递的热能按下式计算:

$$q_2=U(T_o-T_i) \quad (2)$$

式中 q_2 ——通过玻璃单位面积传递的热能, W/m^2 ;

U ——玻璃的传热系数, $\text{W}/(\text{m}^2\text{ K})$,其计算应按照《建筑玻璃应用技术规程》的有关规定进行;

T_o ——室外温度, K ;

T_i ——室内温度, K 。

辐射热与传导热之和是通过玻璃单位面积的总热能,按下式计算:

$$q=q_1+q_2 \quad (3)$$

式中 q ——通过单位面积玻璃的热能, W/m^2 。

有三种电磁屏蔽建筑玻璃：夹网玻璃、导电膜玻璃和网膜复合玻璃。采用金属丝网夹在两层玻璃之中，对低频段的电磁波有较好的屏蔽效果，屏蔽效果与金属丝的材质、直径和网孔密度有关。在玻璃表面镀覆金属或金属氧化物膜可以有效屏蔽高频段的电磁波，膜的材质和厚度决定了屏蔽效果。将金属丝网和导电膜结合使用能够兼顾高频与低频的电磁屏蔽，一般在1GHz可以衰减30~50dB，优质产品可以衰减80dB。

建筑玻璃的装饰效果一直为设计师所重视，今天的玻璃装饰技术已经提供了多种选择，在色彩、造型、图案和光的运用等方面，都可以充分发挥设计想象力。近年国内在建筑装饰玻璃的应用方面，除历来关注的彩色玻璃、热反射玻璃、釉面玻璃、热弯玻璃等品种外，还有更多的装饰玻璃品种受到重视。如用于墙体材料的玻璃砖和槽型玻璃，既有透光不透明的效果，还兼有保温和隔声作用；又如用于饰面装饰的微晶玻璃、玻璃马赛克、玻璃面砖等品种，具有光泽好、吸水率低、花色多的优点；还有很多艺术类的装饰玻璃、雕花玻璃、印花玻璃、压花玻璃等等，极大地丰富了装饰玻璃市场。

一个玻璃组件具备多项功能是建筑玻璃发展的重要内容之一，通过不同品种的组合可以使多种功能集于一身，如节能、安全与装饰相结合的钢化镀膜中空玻璃，又如隔声、安全与装饰相结合的彩色夹层玻璃，组合的方式可以有许多种来满足建筑工程的不同需求。

六、玻璃幕墙与幕墙玻璃

玻璃幕墙是当今建筑立面设计的主要风格之一，众多建筑设计师优先采用玻璃幕墙设计，但在设计、选材、安装、使用中存在一些不恰当的作法，在建筑工程上表现如光和热的污染问题、结构胶的寿命问题、有色环境的副作用、节能与装饰的关系、大板

表1 建筑玻璃隔声指标（STC）一览表

建筑玻璃品种	平均透过损失
单层普通平板玻璃	≈ 20dB
夹层玻璃	25~30dB
双层玻璃	≈ 30dB
中空玻璃	25~30dB
真空玻璃	30~35dB

表2 玻璃幕墙结构形式

有框玻璃幕墙	明框玻璃幕墙
	隐框玻璃幕墙
	半隐框玻璃幕墙
无框玻璃幕墙	吊挂玻璃幕墙
	索结构点支玻璃幕墙
	桁架点支玻璃幕墙
双层玻璃幕墙	

面玻璃存在的问题等等，影响了玻璃幕墙优点的发挥。下面讨论几个典型问题。

玻璃幕墙的结构形式主要分为有框和无框两类，表2列出常见的各种玻璃幕墙结构。明框玻璃幕墙是最早应用于工程的建筑玻璃结构形式，从建筑立面看玻璃框架呈网格状，鸟笼一般的视觉效果不甚美观，但其优点也非常明显，结构稳定可靠、施工简单、维护方便，至今仍然是玻璃幕墙的主导结构之一。隐框幕墙解决了建筑外观分隔过多的缺点，玻璃之间仅有很窄的密封胶外露，远观整个幕墙浑然一体，但是其施工、维护、耐久性均不如明框幕墙。半隐框玻璃幕墙介于前两者之间，可分为横隐和竖隐两种，横向采用明框竖向采用隐框的设计更多一些。

无框玻璃幕墙具有最好的视觉通透性，其使用的单块玻璃尺寸一般都比较大，如吊挂玻璃长度可以达到10m，点接幕墙的玻璃从3~4m²到10m²均为常用规格。随着无框玻璃幕墙的大量使用，在工程中出现沿点接部位开裂、吊挂玻璃底边开裂、中空玻璃结露发霉等问题。用于无框玻璃幕墙的建筑玻璃，冷加工的质量要求比较高，尤其是边部和孔洞，吊挂玻璃的底边要确保处于无约束状态，特大尺寸的深加工玻璃要有保证质量的措施。

双层玻璃幕墙是最近几年在欧洲推广起来的，有人称其为会呼吸的幕墙，主要优点是在两层幕墙之间设置有通风、采暖和空调系统，室内窗打开可以直接与通风系统换气而不是与室外换气，其他如隔声、保温、装饰效果均优于其他结构玻璃幕墙。如果说双层玻璃幕墙有缺点的话，其一是占用了较多的建筑有效空间，其二是工程造价高于其他结构玻璃幕墙。

生态幕墙探讨

■ 龙文志

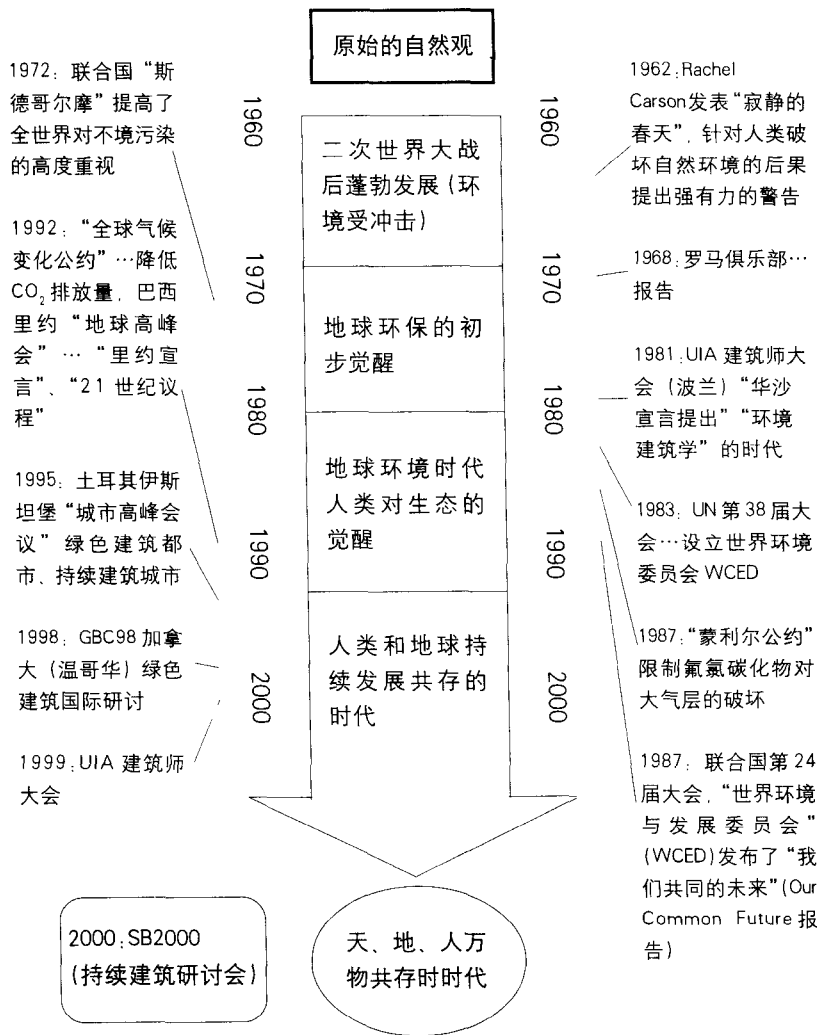
持续发展理念

有关持续发展、生态建筑演进过程如图1、图2所示。

健康建筑、绿色建筑、生态建筑、持续建筑

建筑是人们价值观及进展的具体表现。1970年代石油能源危机的影响，现代建筑对环境问题回应，从节能建筑开始；为了节能，建筑注重健康不够，造成许多疾病发生，觉醒了建筑师的环保健康意识，提出了‘健康建筑’（Healthy Buildings）和‘绿色建筑’（Green Buildings）的理念；一些发达国家的建筑师根据德国生物学家赫克尔（Ernst

Heinrich Haeekel）提出的《生态学》基本概念，将人类的建筑活动纳入到生态系统，重新评价人、建筑和环境之间的关系，提出‘生态建筑’（Ecological Buildings）的理念，美国著名的建筑师麦克哈格（Ian L. McHarg）所著《结合自然的设计》的出版，标志着生态建筑学的诞生。随着人们对全球生态环境的普遍关注和可持续发展思想的广泛深入，建筑回应从能源、健康方面扩展到全面审视建筑活动对全球生态环境、周边生态环境、居住者所生活环境的影响，这是空间上的全面性；同时这种全面审视还包括时间全面性：即审视建筑



→ 1