



建筑节能技术与实践丛书

江亿 主编

超低能耗建筑技术及应用

薛志峰 等著

Building Energy Efficiency

Technology and

Application

中国建筑工业出版社



建筑节能技术与实践丛书

江亿 主编

超低能耗建筑技术及应用

薛志峰 等著

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

超低能耗建筑技术及应用/江亿主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2005
(建筑节能技术与实践丛书)
ISBN 7-112-07284-0

I. 超... II. 江... III. 建筑—节能 IV. TU111.19

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 020665 号

超低能耗建筑是指在围护结构、能源和设备系统、照明、智能控制、可再生能源利用等方面选用各项节能技术, 能耗水平远低于常规建筑的建筑物。内容包括建筑节能综述、智能围护结构、室内热湿环境控制系统、能源及设备系统。

责任编辑: 姚荣华 田启铭 石枫华

责任设计: 刘向阳

责任校对: 刘梅 李志瑛 王金珠

建筑节能技术与实践丛书

江亿 主编

超低能耗建筑技术及应用

薛志峰 等著

*

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

北京嘉泰利德公司制版

北京密云红光印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 18½ 字数: 450 千字

2005 年 3 月第一版 2005 年 3 月第一次印刷

印数: 1—4500 册 定价: 47.00 元

ISBN 7-112-07284-0

(13238)

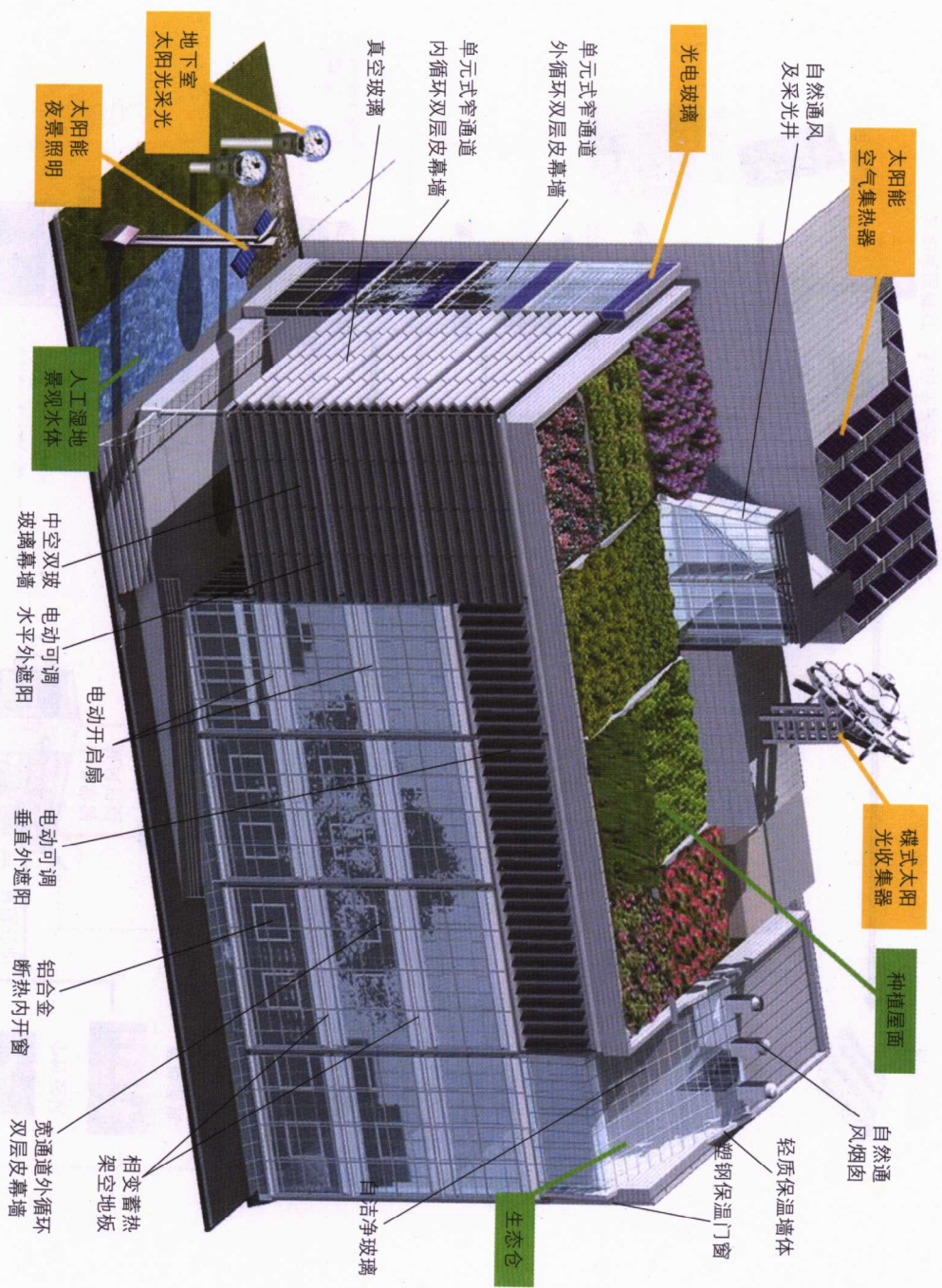
版权所有 翻印必究

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>



太阳能
空气集热器

自然通风
及采光井

光电玻璃

单元式窄通道
外循环双层皮幕墙

单元式窄通道
内循环双层皮幕墙

真空玻璃

地下室
太阳光采光

太阳能
夜景照明

碟式太阳
光收集器

种植屋面

自然通风
风烟囱

轻质保温墙体

塑钢保温门窗

生态仓

自洁净玻璃

相变蓄热
架空地板

宽通道外循环
双层皮幕墙

铝合金
断桥内开窗

电动可调
垂直外遮阳

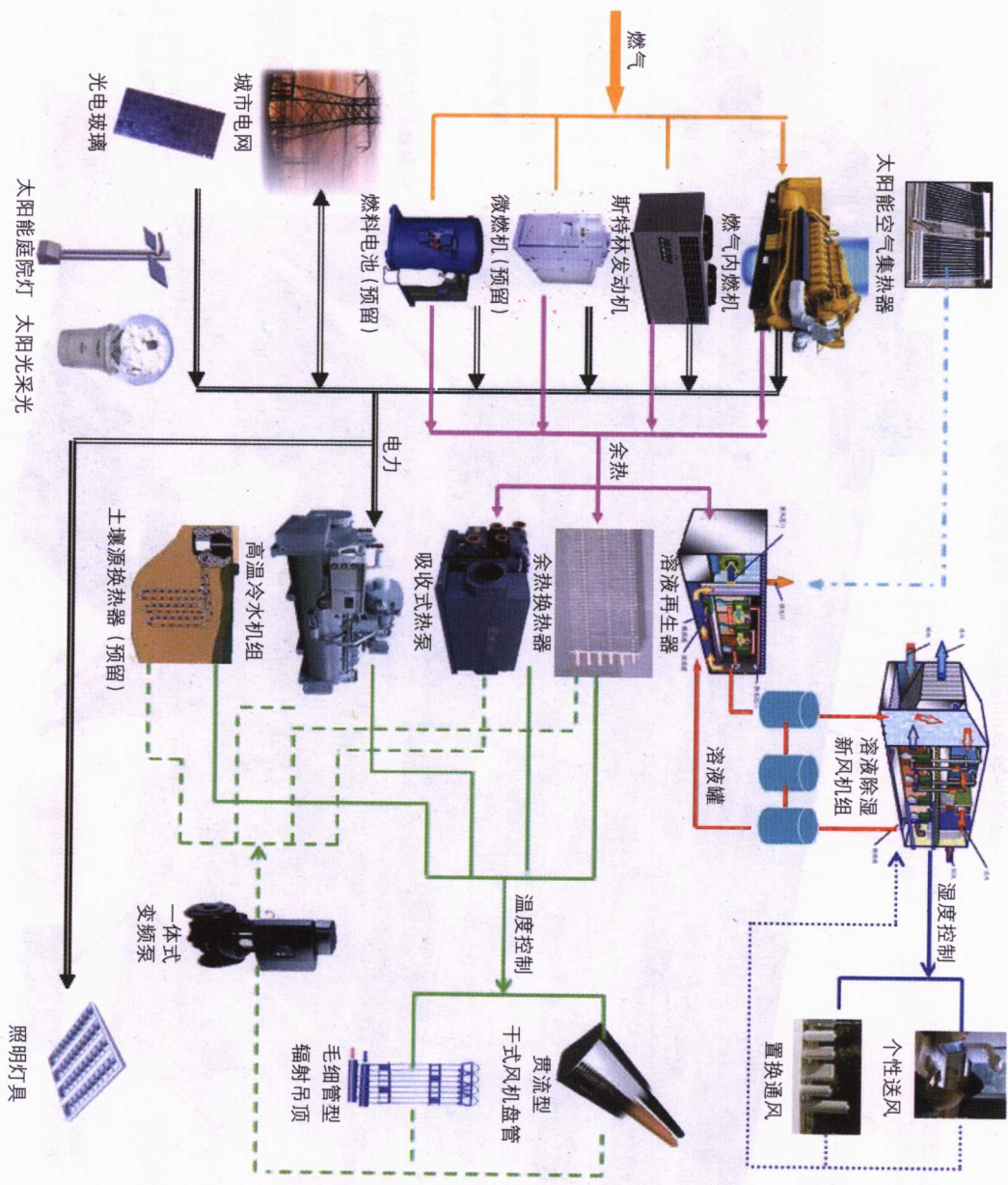
电动开启扇

中空双玻
玻璃幕墙

电动可调
水平外遮阳

人工湿地
景观水体

清华大学超低能耗示范楼围护结构示意图



清华大学超低能耗示范楼能源和设备系统示意图

建筑节能技术与实践丛书

编委会

主 编 江 亿

编 委 朱颖心 张寅平 付 林 田贯三

薛志峰 林波荣 刘晓华 燕 达

《建筑节能技术与实践丛书》总序

能源是中国崛起的动力。要贯彻十六大报告中全面建设小康社会的历史任务、保证中国经济 2020 年比 2000 年翻一番，就不得不先解决能源问题。不容置疑的是，中国能源发展正面临着越来越严峻的挑战，能源供不应求和末端低效利用的矛盾越来越突出。而长期以来受“先生产、后生活”的计划经济思想影响，我国政府一直偏重于工业节能而忽略了建筑节能。据统计，到 2000 年底，能够达到建筑节能设计标准的建筑累计仅占全部城乡建筑总面积的 0.5%，占城市既有采暖居住建筑面积的 9%，绝大部分新建建筑仍是高能耗建筑。

需要注意的是，伴随着我国的城市化的飞速发展，建筑能耗所占社会商品能源总消费量的比例也持续增加，对国民经济发展和人民的正常工作生活的影响日益突出。例如，我国空调高峰负荷已经超过 4500 万 kW，相当于 2.5 倍三峡电站满负荷出力。由于这期间工业结构调整导致电力消费持续下降，空调负荷的增加才没有使得电力供应不足的问题过于凸现。然而，随着工业结构调整的完成和经济的继续增长，工业生产能耗的降低将难以补足建筑能耗的飞速增加，建筑能耗增加导致能源短缺的问题将更加突出。据统计，目前建筑能耗所占社会商品能源总消费量的比例已从 1978 年的 10% 上升到 25% 左右。而根据发达国家经验，随着我国城市化进程的不断推进和人民生活水平不断提高，建筑能耗的比例将继续增加，并最终达到 35% 左右。因此，建筑将超越工业、交通等其他行业而最终成为能耗的首

位,建筑节能将成为提高全社会能源使用效率的首要方面。

建筑节能的经济效益和社会效益无疑是十分重大的,然而长期以来单纯依靠建筑节能设计标准中强制性条文实施却难以得到推动,这既有政策法规的原因,也与缺乏深入地开展科学建筑规划与设计、加快节能新技术的开发及应用有关。

20世纪90年代以来,清华大学建筑技术科学系在优化建筑规划设计(从小区微气候模拟预测优化到建筑单体节能模拟设计优化)、加强新型建筑围护结构材料和部品与应用与开发、高效通风与排风热回收装置、热泵技术、降低输配系统能耗、新型空调采暖方式开发(如湿度温度独立控制系统)、区域供热与能源规划研究、建筑式热电冷三联供系统研究等领域开展了全面的科研和实践工作,并得到了国家自然科学基金委、科技部、建设部、北京市科委、北京市政管委、北京市发改委等各级部门的大力支持,完成了大量理论成果和应用成果。本套系列丛书即是这些成果的纪录。

清华大学近年来承担的与建筑节能相关的大型项目

项目名称	项目来源	期限
住区微气候的物理问题研究	自然科学基金委重点项目	1999~2004
与城市能源结构调整相适应的采暖方式综合比较	建设部	2001~2003
北京市采暖方式研究	北京市政府科技顾问团项目	2002~2004
新建建筑能耗评估体系与超低能耗示范建筑的建立与实践研究	北京市科委	2002~2004
区域性天然气热电冷联供系统应用研究与示范	北京市科委	2002~2004
绿色奥运建筑评估体系及奥运园区能源系统综合评价分析	北京市科委	2002~2003
奥运绿色建筑标准研究	科技部 奥运十大科技专项之一	2002~2003
SARS在空气中的传播规律	自然科学基金委	2003
湿空气处理过程的热力学分析及应用	自然科学基金委	2003~2005
溶液除湿空调系统应用研究与示范	北京市科委	2003~2004
天然气末端应用方式研究	中国工程院咨询项目	2004~2005
降低建筑物能耗的综合关键技术研究	科技部 “十五”科技攻关项目	2004~2006

建筑节能是一个系统工程，应该立足于我国不同建筑的用能特点和建筑的全生命周期过程，在规划、设计、运行等各个阶段通过技术集成化的解决手段，降低建筑能源需求、优化供能系统设计、开发新型能源系统方式、提高运行效率。基于此，本套丛书对相应的技术方法、要点进行了系统全面地阐述。其中既包括前沿基础技术研究成果的综述与探讨，也提供了工程应用背景强的技术成果总结；既突出了先进技术研究在建筑节能中的指引作用，也注重对一些经验性成果进行总结和罗列来直接指导工程设计。特别地，还通过“清华大学超低能耗楼”这一集成平台，把各种技术的集成应用给予了示范。

本套丛书能顺利出版，得到了中国建筑工业出版社张惠珍副总编和姚荣华、田启铭、石枫华编辑的大力支持，在此表示深深的谢意。

衷心希望本套丛书的出版能对我国建筑节能工作的全面开展有所助益。

江 亿

2005.3

前 言

超低能耗建筑是指在围护结构、能源和设备系统、照明、智能控制、可再生能源利用等方面综合选用各项节能技术，能耗水平远低于常规建筑的建筑物。本书介绍的清华大学超低能耗示范楼就是基于上述理念而建成的一个旨在展示、试验、培训、推广最新建筑节能研究成果的技术集成平台，并集成了节水、绿色建材、结构体系、室内外绿化等绿色建筑和可持续发展技术方面的前沿性研究成果。

示范楼汇集了当今世界范围内建筑节能的最新产品、设备以及相关技术，代表了中国在建筑节能以及绿色建筑领域未来十年乃至二十年的技术发展方向。项目自2002年进入前期方案优选和技术论证，历时700多个日夜最终完成，期间项目参与者和大楼建设者付出了辛勤的劳动。大楼的竣工得益于清华大学建筑技术科学系的集体智慧，更得益于相关科研合作单位和一大批有志于建筑节能事业的合作企业，参加者抱着奉献的目标共同见证了国内首个示范性超低能耗建筑的落成。

本书是对清华大学这一科研成果的全面介绍，书中详细阐述了示范楼应用的各项节能技术的基本原理、设计方法、系统特性等内容，包括智能围护结构、室内环境控制系统、能源和设备系统、智能控制等四个主要部分。本书可作为投资方及业主选用新技术的参考，并用于指导设计施工单位应用新技术、新产品。

本书各章节的执笔者依次为：

- 第1章 薛志峰、杨秀、江亿
- 第2章 曾剑龙、林坤平、唐振中、袁圆、张寅平、朱颖心
- 第3章 刘晓华、魏庆芄、赵彬、李晓锋、赵荣义
- 第4章 刘晓华、耿克成、陈晓阳、李震、李辉、张群力、
付林、狄洪发
- 第5章 姜子炎、江亿

超低能耗示范楼的建设得到了政府各级主管部门、合作科研单位及多位专家的支持和帮助，在此也一一感谢。

北京市科委

科技部农社司

北京市发改委

建设部科技司

北京市建委

欧盟援亚项目 (Asia Pro Eco Programme)



北京市可持续发展科技促进中心 滕树龙 邢永杰 陈闯

北京节能环保服务中心 张凤华 张希庆

北京市城建技术开发研究中心 孙四海

建设部政策研究中心 林润泉

建设部建筑节能中心 杨西伟

建筑节能委员会 涂逢祥 白胜芳

中国建筑科学研究院物理所 林海燕 刘月莉

中国农业大学 李树华 殷丽峰

清华大学环境系 胡洪营 申欢

上海建筑科学研究院 汪维 杨卫疆

中国建筑材料科学研究院 同继锋 赵平

中国工商联住宅产业商会 聂梅生 任华

国家发改委能源研究所 郁聪

清华大学建筑学院 秦佑国 栗德祥 王余生 詹庆璇 鲍朝明

王丽娜 周正楠

清华大学建筑设计研究院

由于数十项技术为国内乃至世界范围内首次应用，建设过程也是新技术的探索过程，同时作者水平有限，文字表述也可能存在疏漏，恳请读者批评指正。

目 录

第1章 综 述	1
1.1 我国建筑节能现状及技术发展趋势	1
1.1.1 我国建筑能耗状况和节能潜力	1
1.1.2 建筑节能技术的发展趋势和我国应发展的重点领域	3
1.1.3 相关政策机制和技术推广	15
1.1.4 总结	19
1.2 超低能耗示范楼综合介绍	20
1.2.1 建筑功能布局与结构形式	23
1.2.2 智能围护结构	25
1.2.3 室内环境控制系统方案	31
1.2.4 能源和设备系统方案	34
1.2.5 可再生能源利用	37
1.2.6 其他生态技术	39
1.2.7 测量和控制系统	42
第2章 智能围护结构	47
2.1 智能围护结构概述	47
2.1.1 围护结构所面临的矛盾	47
2.1.2 智能围护结构的定义与特点	51
2.2 透光型围护结构热工性能	54
2.2.1 玻璃的透过特性	54
2.2.2 保温、隔热性能	58
2.2.3 综合热工性能评价	66
2.2.4 超低能耗示范楼玻璃门窗的应用	70
2.3 双层皮玻璃幕墙技术	73

2.3.1	双层皮幕墙的种类	74
2.3.2	双层皮幕墙的特点	79
2.4	遮阳技术	94
2.4.1	遮阳的种类及特点	94
2.4.2	内、外遮阳的区别	100
2.5	超低能耗示范楼玻璃幕墙技术	101
2.5.1	窄通道式内循环双层皮幕墙	101
2.5.2	窄通道式外循环双层皮幕墙	104
2.5.3	宽通道式单层通风双层皮幕墙	107
2.5.4	宽通道式多层通风双层皮幕墙	110
2.5.5	水平外百叶玻璃幕墙	111
2.5.6	垂直外百叶玻璃幕墙	114
2.5.7	性能模拟分析	116
2.6	相变蓄能围护结构	120
2.6.1	相变蓄能材料简介	120
2.6.2	定形相变蓄热材料	121
2.6.3	超低能耗示范楼中定形相变材料蓄能高架活动地板	124
第3章	建筑室内热湿环境控制系统	127
3.1	室内温湿度独立控制调节策略	127
3.1.1	问题的提出	127
3.1.2	温湿度独立控制策略基本思路	128
3.2	基于温湿度独立控制策略的干式末端装置	130
3.2.1	辐射板	130
3.2.2	干式风机盘管	142
3.3	基于温湿度独立控制策略的送风末端	145
3.3.1	置换通风末端	145
3.3.2	个性化送风末端	157
3.4	自然通风	160
3.4.1	建筑通风的原理与方式	160
3.4.2	建筑通风的分析方法	165
3.4.3	示范楼的建筑通风设计	168
第4章	能源及设备系统	173
4.1	能源及设备系统的发展方向	173

4.2	热电冷联产系统	175
4.2.1	楼宇式燃气热电冷联产系统	175
4.2.2	烟气冷凝余热回收技术	189
4.2.3	示范楼热电冷联产系统介绍	190
4.2.4	小结	195
4.3	溶液式空调系统与设备	195
4.3.1	溶液处理空气的基本原理	195
4.3.2	溶液-空气热质交换的基本单元	197
4.3.3	溶液式新风处理设备	200
4.3.4	溶液式空调在示范楼中的应用	208
4.3.5	小结	211
4.4	高温冷水机组	212
4.4.1	离心式冷水机组	212
4.4.2	利用盐溶液制备冷水的冷水机组	214
4.5	可再生能源技术	215
4.5.1	可再生能源技术	215
4.5.2	太阳能在建筑中的应用技术	217
4.5.3	太阳能在示范楼中的应用	223
第5章 智能楼控		233
5.1	楼控系统对改善建筑运行的重要意义	233
5.1.1	全面掌握系统状况	234
5.1.2	动态能耗计量分析	234
5.1.3	控制调节和节能优化	235
5.1.4	改善设备管理	235
5.2	超低能耗示范楼对楼控系统的需求	236
5.2.1	控制调节功能需求	236
5.2.2	测量系统需求	245
5.3	楼控系统信息点的选择	254
5.4	超低能耗示范楼通讯网络	255
5.4.1	通讯网络的设计思路	255
5.4.2	通讯网络概述	258
5.4.3	网络设备	261
5.4.4	通讯网络的信息传输模式	266
5.4.5	超低能耗示范楼通讯网络的配置	271

5.5	楼控系统的应用软件	273
5.5.1	应用软件的功能	274
5.5.2	应用软件工作方式	275
5.5.3	安装位置	275
5.6	系统安全	276

第 1 章 综 述

- 1.1 我国建筑节能现状及技术发展趋势
- 1.2 超低能耗示范楼综合介绍

1.1 我国建筑节能现状及技术发展趋势

1.1.1 我国建筑能耗状况和节能潜力

我国目前城镇建筑消耗的能源为全国商品能源的 23% ~ 26%。此数值仅为建筑运行所消耗的能源，不包括建筑材料制造用能及建筑施工过程能耗。目前发达国家的建筑能耗一般在总能耗的 1/3 左右。随着我国城市化程度的不断提高，第三产业占 GDP 比例的加大以及制造业结构的调整，建筑能耗的比例将继续提高，最终接近发达国家目前的水平。根据近 30 年来能源界的研究和实践，目前普遍认为建筑节能是各种节能途径中潜力最大、最为直接有效的方式，是缓解能源紧张、解决社会经济发展与能源供应不足这对矛盾的最有效措施之一。

我国城镇建筑能源消耗按其性质可分为如下五类：

- (1) 北方地区采暖能耗；
- (2) 除采暖外的住宅能耗（照明、炊事、生活热水、家电、空调）；
- (3) 除采暖外的普通公共建筑能耗（办公室、中小型商店、学校等）；
- (4) 除采暖外的大型公共建筑能耗（写字楼、星级酒店、大型购物中