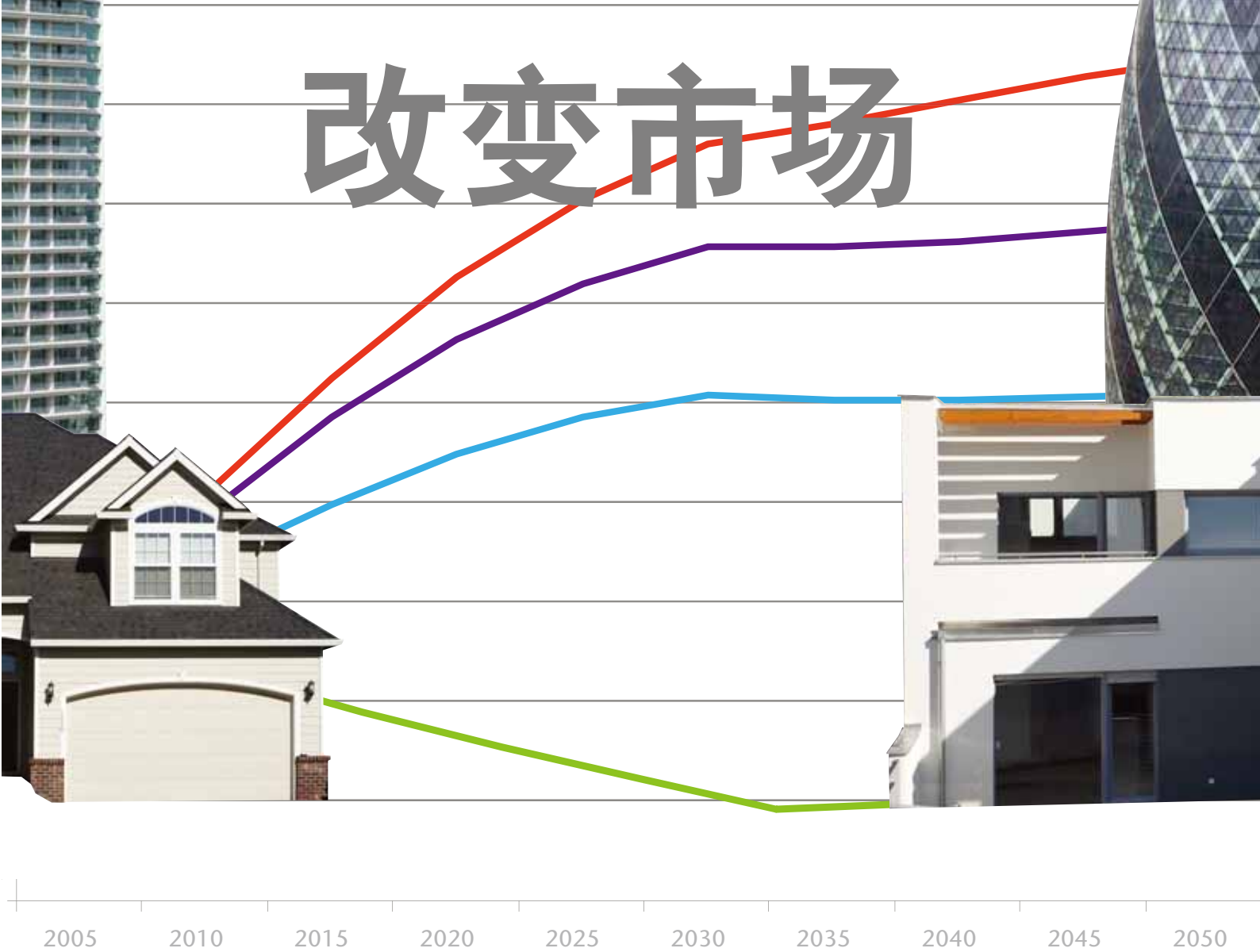


# 建筑节能

# 改变市场



# 目录

- 3 建筑节能项目
- 6 概述
- 10 第一章 大机遇
- 20 第二章 住宅、办公楼、商场：  
分类分析
- 51 第三章 为了改变采取行动
- 52 建议采取的行动
- 63 成本是多少？
- 65 说明与参考资料

## 关于世界可持续发展工商理事会

世界可持续发展工商理事会（WBCSD）由200多个国际企业组成，它们的共同承诺是通过经济增长、环境平衡和社会进步达到可持续发展。其成员来自36个国家的22个主要行业。此外，理事会还依托由58个国家级和区域性工商理事会和伙伴组织建立的全球网络。

我们的任务是提供企业领导，催化变革，朝着可持续发展方向进行改变，并且支持企业在这样一个日益由可持续发展议题主导的世界上持续经营、创新和发展，而获得社会认可。

### 我们的目标

**企业领导**—成为倡导可持续发展的领先企业团体

**政策制定**—帮助制定政策，以创立框架条件，使企业为可持续发展做出贡献

**商业价值**—推动和倡导可持续发展的商业可行性

**最佳做法**—展示企业为可持续发展做出的贡献，以及在成员间共享最佳做法

**全球发展**—为发展中国家和转型国家的可持续发展未来做出贡献

# 提高建筑能效—唤醒全新认识

建筑能耗及其相应的碳足迹占全球总量令人吃惊地高达40%，大大超过运输业的总和。建筑业比其他行业存在以较低成本和较高回报而降低能耗的巨大而诱人的机会。为支持实现“国际能源署”（IEA）把地球碳足迹相对于2050年的基线降低77%的目标，以达到“政府间气候变化专业委员会”（IPCC）要求稳定CO<sub>2</sub>水平的努力，这些降耗工作是十分重要的。

同时，为实现这一目标将需要大量投资。这将需要采取本报告号召的联合行动，包括建立建筑能效规范、投资补助、标识和报告机制、提高和培训工作人员的能力以及发展节能设计与技术等。所有这些都是为了提高全球的节能意识并影响消费者和投资者的行为和选择。

这些结论及其行动路线图来自建筑节能研究，该研究由世界可持续发展工商理事会（WBCSD）执行，由14个跨国公司资助，总计投入1,500万美元，历时四年完成。该研究提出的建议基于共占世界GDP70%的六个最大经济地区（巴西、中国、欧盟、印度、日本和美国）独特的建筑数据库，并按住宅、商业、既有和新建筑等类型予以区分。研究也为财务成本考虑相对于节能技术投入建有分析模型，以显示在多种情景下的成本和节能收益的情况。该报告数据的广泛和复杂程度为前所未有。

另外的成本和经济分析表明，按照今天的能源成本很多节能项目是可行的。以每桶石油60美元相应的能源价格并结合当地情况，若六个被研究的地区每年的建筑节能投资共计1,500亿美元，相关能耗和碳足迹将减少40%，计入贴现折扣，业主可在五年内收回投资。若另加1,500亿美元投资，进一步节能12个百分点，使节能减排总量超过50%，而这另加的投资可在5到10年内回报。以今天能源价格，按经济回报计算，为达到77%的目标而再追加投资将是不合理的，那需要在本报告中列出其他措施。

研究报告模型显示，提高能源或碳交易价格仅仅稍微推进建筑节能的落实。以今天的能源价格，若碳排放交易增至每吨40美元，碳足迹的减少仅从52%提高到55%。

因为我们非常珍视人的生命，一个多世纪以来，建立了一系列与安全相关的建筑规范和检查机制。美国的经验是这要增加5%的建筑成本。我们应该以类似的方式思考全世界的建筑节能规范和相关机制。今天，这些基本上没有。本研究报告得出结论是，若计入节能投资可实现的节能收益，甚至包括那些经济上不合理的投资，达到国际能源署目标增加的净成本将占全球建筑总成本的7%。这些规范要得到最好地贯彻，必需通过政府和建筑业的合作，并由政府为企业为符合法规所做的被动节能设计、主动节能技术和行业自律提供规章制度的监管、执法和财务支持。

建筑业存在巨大的障碍。排除这些障碍将降低气候政策的总成本，并在减轻对消费者的影响方面将特别的重要。

WBCSD将向其成员提出一份宣言，呼吁它们根据本报告而采取行动，并在它们所在市场推动对节能建筑的需求。政府和其他方面也可在本报告所做分析和结论基础上，考虑采纳实施报告所提建议和路线图。政府还需要与业界合作，继续对研究和产品开发予以财政支持，以增进建筑节能投资的回报。

在当前形势下，在任何领域要增加成本投入，都实非易举。另一方面，建筑的很多节能项目具有诱人的经济回报。此外，延误行动将只会增加为稳定气候而需要减少的CO<sub>2</sub>总量及相关成本，这是显而易见的。在当今世界，建筑节能对解决气候变化极为重要，并且我们深信，我们的建议和路线图将为唤醒人们、采取行动做出贡献。



**Gérard Mestrallet**  
Chairman and Chief  
Executive Officer of GDF SUEZ



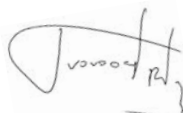
**Masataka Shimizu**  
President and CEO, TEPCO



**Lakshmi Mittal**  
President and Chief Executive  
Officer, ArcelorMittal



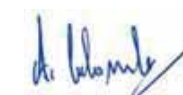
**George David**  
Chairman, UTC



**Rudy Provoost**  
Member of the Board, Philips Royal  
Electronics CEO Philips Lighting, B.V.



**Shosuke Mori**  
President and Director, Kansai



**Achile A. Colombo**  
Managing Director Falck Group



**Bruno Lafont**  
Chairman and CEO, LAFARGE



**Pierre Gadonneix**  
Chairman and CEO, EDF



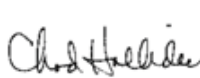
**Álvaro Portela**  
CEO, Sonae Sierra



**Peter J. Marks**  
President and CEO Robert Bosch  
North America Corporation



**Björn Stigson**  
President, WBCSD



**Charles O. Holliday, Jr.**  
Chairman and CEO, DuPont



**Lorenzo H. Zambrano**  
Chairman and CEO, CEMEX



**Johan Karlström**  
President and CEO, Skanska AB

## 质量保证小组主任的说明

面对气候变化和经济衰退两大威胁，工商界的作用至关重要。我本人对工商界通过本项目所提供的建议，这些建议以深入研究、基于市场的真实分析以及广泛的讨论为依据。以基础数据出发点的工作方法使之有别于该领域的很多其它项目。我也欢迎本项目将建筑业变革设定为目标的大胆行动。根据性的变化是关键。

建筑在降低能耗和减少温室气体排放中的重要性一直被低估，而这一报告将有助于改变这种看法。报告指出，仅靠市场不能取得必要的进步——为刺激市场并实现低能耗建筑，政策和行为的改变也不可或缺。

我希望，该报告将鼓励试验和多元解决方案。不同的国家，不同的文化必将找到各自的发展道路；在有更适合当地情况的办法时，我们不应试图推行全球统一的解决方案。

我欣然为本研究项目的进展提供独立的外部核查。我曾数次审阅该报告及其此前的报告，并参加在日内瓦、东京和斯图加特的会议。

我认为该报告是对全球能源问题讨论的重要贡献。这一讨论将会在2009年12月哥本哈根会议上达到全新高度。



**Prof. Dr. Klaus Töpfer**  
Chairman of the EEB  
Assurance Group, June 2009

## 建筑节能项目

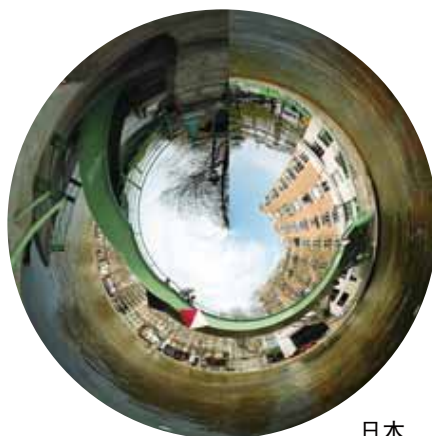
本文件是建筑节能(EEB)研究项目的最终报告。(全部内容见[www.wbcscd.org/web/eeb.htm](http://www.wbcscd.org/web/eeb.htm), 包括行业分析、案例研究和模型的全部说明。)

本项目侧重关注创造全世界一半以上GDP和生产几乎三分之二全球主要能源的六个市场, 它们是巴西、中国、欧洲、印度、日本和美国。第一阶段分析了市场和问题, 包括在建筑业专业人士中探讨建筑节能的全球市场调研, 该调研范围之广, 前所未有。2007年我们在《建筑节能: 建筑业现实与机会》中报告了调研结果。

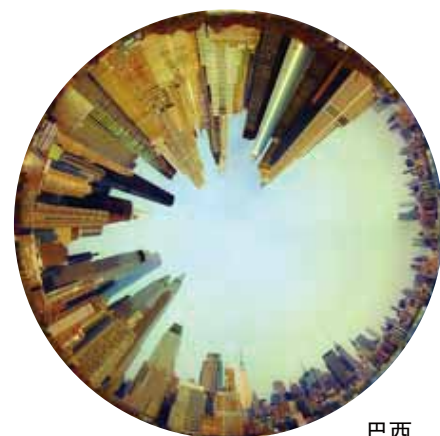
根据建筑业能源需求现状的最详实分析, 本项研究考虑了宏观的情况, 还采取自下而上、从市场驱动角度进行分析的方法, 理解降低能耗遇到的障碍。本项目运用独特的计算模型来模拟不同建筑类别中对能源投资的决策, 以便明确不同政策组合下可能出现的设计和施工选项方案(见第二章)。



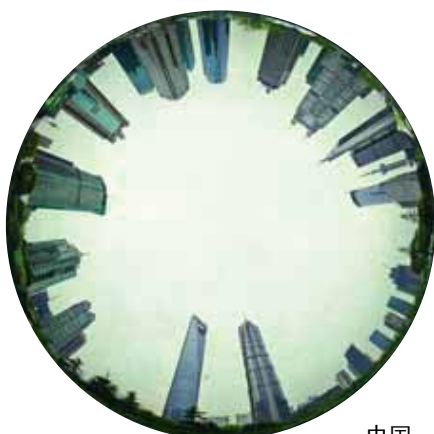
美国



日本



巴西



中国



欧洲



印度



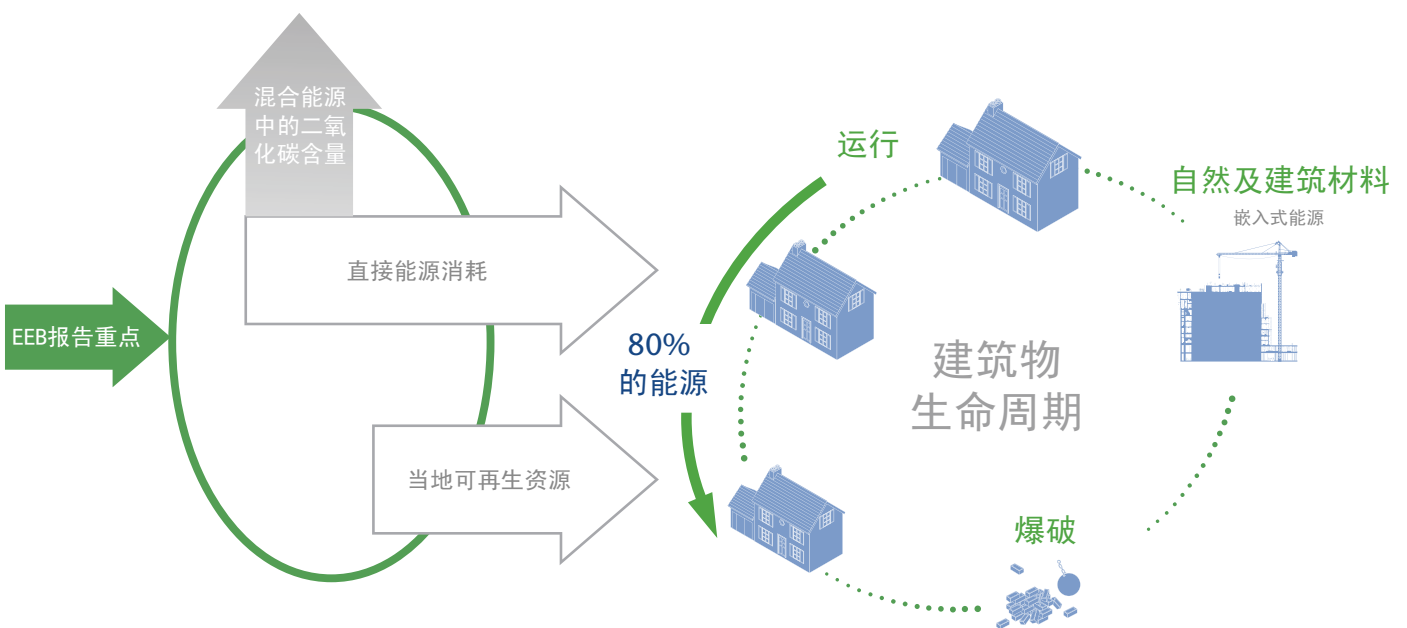
与涉及建筑业相关各方 — 企业负责人、政府领导和非政府组织 — 进行沟通是该项目的一个重要特点。我们在北京、布鲁塞尔、德里和圣保罗分别举行了四次重要活动，此外，还就特定主题举行了几次研讨会和听证会。我们还在下列城市参加或组织了各种活动：阿姆斯特丹、巴塞罗那、北京、波恩、波士顿、布鲁塞尔、布加勒斯特、艾恩德霍芬、日内瓦、格拉斯哥、哈特福德、香港、卢布尔雅那、伦敦、马德里、墨尔本、莫斯科、新德里、纽约、奥斯陆、巴黎、波尔图、伯茨南、里约热内卢、上海、旧金山、圣保罗、新加坡、斯德哥尔摩、东京、华盛顿、威尔明顿和苏黎世。

我们认识到建筑节能是一个复杂系统的组成部分，它包括交通和城市规划，对社会以及气候变化具有重大影响。能源结构在决定二氧化碳排放方面也是重要的。但是本项目主要针对建筑使用中的能耗。

建筑节能研究（EEB）是世界可持续发展工商理事会的一个项目，由拉法基公司和联合技术公司联合领导，此外还有12个成员，名单见本文件末尾致谢页所载。质量保障小组为本项目提供咨询和总体把关。该小组由联合国环境计划署前署长Klaus Topfer任主席，此外，还包括美国全球气候变化Pew中心主任Eileen Claussen、瑞典隆德大学工业环境经济国际学院院长及能源系统分析教授Thomas B Johansson、美国卡内基美隆大学建筑学院院长Vivian Ellen Loftness教授、日本早稻田大学建筑系田边慎一教授（Shin-ichi Tanabe）和中国清华大学建筑学院副院长江亿院士等。

图1

建筑使用中的能耗是EEB对新建筑关注的重点



## 我们的报告

建筑节能研究项目重点是能源利用，因此我们没有把可持续建筑的其他很多重要方面包括在内。交通、用水和食物选择等对能耗可能与建筑直接节能一样重要，但是它们超出本项目的范围。

能源供给方式在能耗结构中也是重要的，但是本研究注重需求一端。能源来源和结构，包括区域化供暖和供冷的潜力，也超出本项目的范围（世界可持续发展工商理事会的另一个项目侧重研究能源供给。）我们认识到，若能更多地通过电网使用非矿物燃料电力（诸如太阳能、风能、水电和核能）将有助于解决气候变化问题。但是减少能耗也是至关重要的，因为这有助于保护有限的资源，为企业和用户降低成本，可以比较容易地实现，而且非碳能源的贡献看来在未来几十年仍将受到制约。

我们的报告和本项目集中在建筑物使用过程的能耗。根据能源使用的水平，这可以占到建筑总能耗的80%，其余为施工、拆除和建材能耗（见图1）。我们也考虑了局部利用可再生能源，例如，屋顶太阳能发电对减少CO<sub>2</sub>排放所做贡献，但是减少电网发电的排放不在本项目范围之内（虽然在计算排放水平时，本研究将电网和当地发电释放的CO<sub>2</sub>考虑在内）。

## 对未来的设想

在对建筑能耗前景分析中，各工作小组设定了三种不同的变化曲线（如第一章所述）。这种方式影响了我们的前景模拟，但是我们没有试图预测在技术、社会机构、价值观和社会态度等方面的未来发展，所有这些必将随时间推移而变化。我们的详细结论需要读者结合自己对这些变化的设想予以审视。我们的广泛建议是为了当今即应采取的行动，因此是基于今天的现状。

我们对能源和碳交易价格信号的影响进行了模拟，但并未涉及碳交易定价的广泛问题。与世界可持续发展工商理事会的思路相一致，我们设想后京都协议的结果将是某种形式的排放税或交易机制，这些将对能耗和排放提供价格信号。

我们的项目始于2006年，当时全球经济蓬勃发展，而我们的报告今天在不同经济形势下发表。我们的关注是直到2050年这样的一段时间，因此我们设想在未来某一时间点，世界经济将回到稳定状态。我们的分析和建议基于这种设想和“正常”的经济增长环境。然而，我们知道需要采取更有力和更大胆的措施来减少排放和稳定气候。各个经济体面临日益增长的压力，需要利用提供长期回报的投资来刺激市场。我们所预测的大量投资可以作为经济发展刺激手段，并提供长期的能源安全和减少CO<sub>2</sub>排放的收益。



## 概述

为了实现一个节能的世界，政府、企业和个人应该通过多种行动，包括提高全球的节能意识，来改变建筑业。今天，建筑能耗占全世界总能耗的40%，其相应的碳排放比运输业的碳排放多得多。那些耗能过多的新建筑，每天都在各地兴建。当今亿万能效低下的建筑直到2050年还会继续矗立。我们必须现在就开始大规模地降低新建和既有建筑的能耗，才能使全球与能源使用相关的碳排放减少77%，或480亿吨（相对于2050年的基线），把大气CO<sub>2</sub>浓度稳定在“政府间气候变化专业委员会”（IPCC）要求的程度。

根据过去四年进行的广泛研究，建筑节能（EEB）研究项目提出改革建筑业的建议和切实可行的路线图。（见本报告末尾路线图例）。项目开始阶段建立了包括即有和未来建筑的广泛资料，建立了消费者取向和行为、设计和技术、以及政府节能政策的可能产生影响的分析模型。本项目集中在六个市场——巴西、中国、欧洲、印度、日本和美国——它们消耗世界近三分之二的能源。数据的详尽和模型的复杂程度前所未有的。

详细的分析显示，实现必要的节能减排有可行之路；而且到2050年建筑节能总量可以是今天运输业和工业耗能的总和。显然，个人、政府和企业必须克服财务、行为和认识上的障碍，才可能大胆有力地采取节能措施。此外，延误行动只会增加为稳定气候所需要减少CO<sub>2</sub>排放总量及相关的成本。

研究和分析为世界应对气候挑战在建筑节能方面模拟了三种情景：

- 满足现状和行动懈怠导致不能有效应对气候变化
- 行动不积极造成节能进展缓慢，以及一定程度上不能应对气候变化
- 协调而积极的行动改变建筑业并相应地为应对气候变化做出贡献

第三种情景显然是实现所需节能和减少碳足迹目标的唯一选择。我们需要根据不同地理环境和建筑类别的措施组合，包括提高全球的节能意识，来提供全面实现建筑节能的解决方案。其他做法包括建筑节能规范、标识和报告机制、合适的能源价格和碳排放成本、投资补助、培训和提高工作人员能力、以及采用被动和主动节能方法的、不断改进的节能设计和技术\*。这些措施综合起来降低建筑能耗，提高全球节能意识，以及影响消费者和投资者行为变化和选择，从而带来所需变化。但是，这些变化仅靠市场力量将无法、也不会自行实现。

\* 被动设计包括自然通风、利用昼光、建筑外形和朝向、热能利用、太阳能和遮阳等。

## 事实

- 建筑占最终能耗30-40%
- 全球建筑耗能的CO<sub>2</sub>排放（2005）：90亿吨
- 到2050年，本研究调查的六个地区预计增加：76%
- 2050年全球人口增长：27亿，或42%



按照今天的能源成本，很多节能项目是可行的。以与每桶石油60美元相应的能源价格来测算，六个被研究市场每年共计1,500亿美元的建筑节能投资，将可减少相关能耗和碳足迹40%，计入贴现，可在5年内实现投资回报。再追加1,500亿美元投资将提高节能12个百分点，5-10年实现投资回报，使节能减排总量超过50%。在此之上追加投资，以达到减排77%的目标，若按今天能源价格计算，将无法实现经济回报。这将需要在本报告中列出其他措施。

本研究的分析模型显示，提高能源或碳排放价格仅仅稍微增加建筑节能的落实。以今天的能源价格和增加每吨40美元的碳排放成本，碳足迹的减少仅从52%提高到55%。



## 为了改变采取行动

正如附在后面的行动路线图所述，改变需要整个建筑业的协调行动，从开发商和建筑业主、到政府和政策制定者。本组建议列出显著降低能耗和相应碳排放的必要措施。

### 为提高透明度加强法规和标识

政策制定者和各级政府应当扩大现有建筑法规的范围，以便将严格的节能要求包括其中（与各地气候条件相适应），并承诺逐步实施并强化这些法规。建筑业和政府还应该制定能效衡量和标识机制，要求非住宅建筑业主显示其建筑能效水平。

应当引入建筑节能检查和审计，以便衡量能效，识别改进机会，并确立落实节能措施的优先地位。在多单元住宅建筑中，应当让住户控制自己单元的能耗，并分别按耗能收费。在商业建筑中的这种节能检查应纳入现有消防、健康和安全检查机制。

### 激励节能投资

政府将需要提供税收优惠和补贴以推动回报周期较长的节能投资。应引入鼓励降低能耗和现场可再生发电的收费结构。通过适当激励推动市场行为，可完成所需每年3,000亿美元投资中相当大部分，以实现比IPCC 2050年基准降低52%的目标。其余减排量及根据当今能源价格需逾10年才能实现回报的投资，需要追加激励，以使之变成现实。企业和个人应通力合作发展创造性企业模式，从而解决和克服节能的初始成本障碍。

### 鼓励综合设计做法和创新

需要鼓励房地产开发商重新构架商业和合同条款，尽早引入设计公司、承包单位、供能方、以及用户，使他们成为整个团队的组成部分。政府应引入激励机制让开发商递交节能建筑申请。对用户节能改进的补助和其他激励应该与建筑系统集成相关联，旨在提高建筑的总体节能性能。

### 开发和利用先进技术推广节能行为

达到IPCC 77%降排目标所需投资仅有三分之一可在10年或少于10年实现回报，这是提高建筑节能技术的一个机会。政府机构需要对有效的节能建筑技术的研发提供支持和投资，这样，加快前进步伐从技术上和时间上才成为可能。

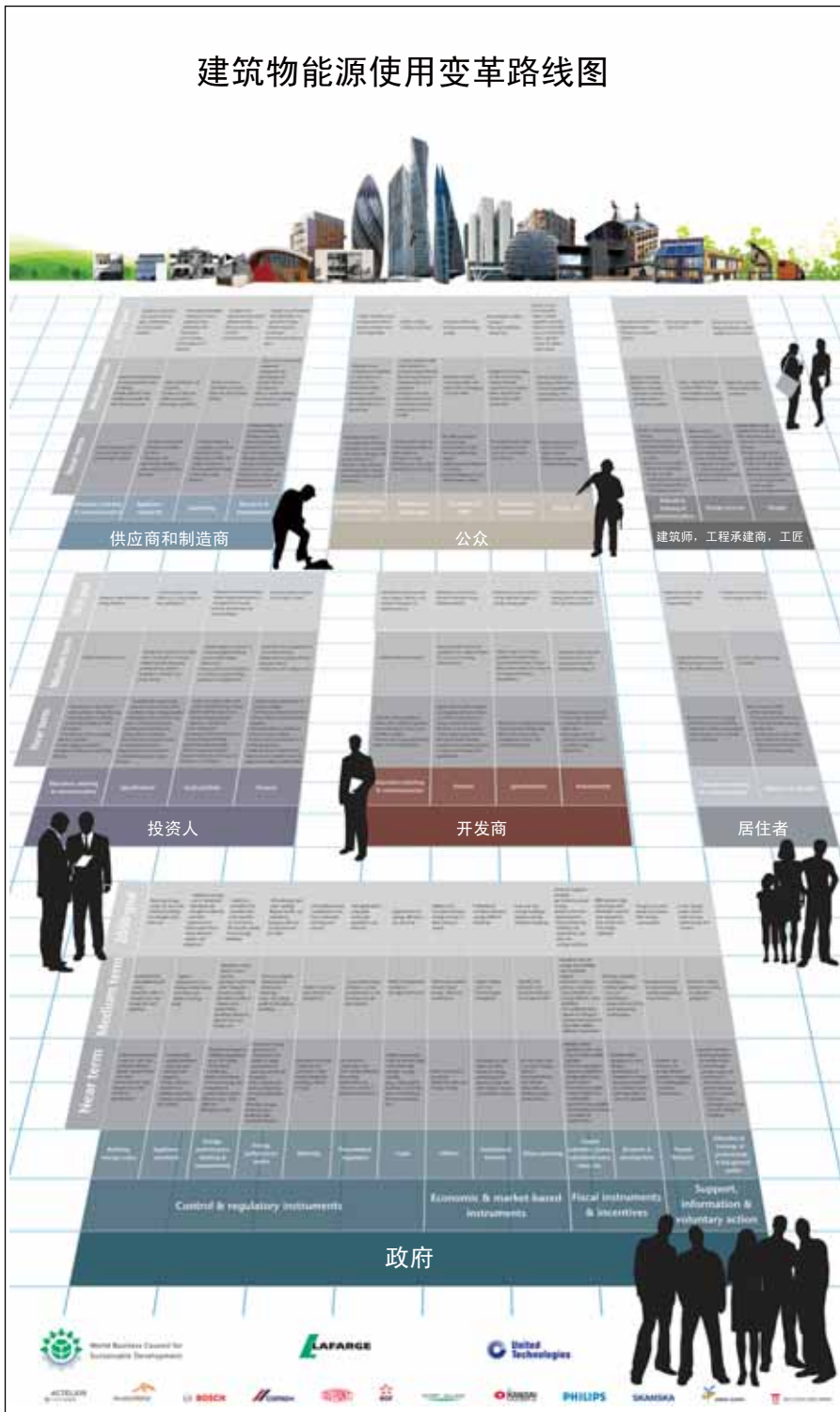
对新建和整修建筑的设计应该使用信息和通讯技术以降低能耗，并且随着技术进步易于更新，使建筑以最佳能效水平运行。今天，各种技术已经存在，而且可以改进，并运用到无数既有建筑结构中。供能单位也可通过在用电量说明中确认与最佳能效差距来参与推动节能。

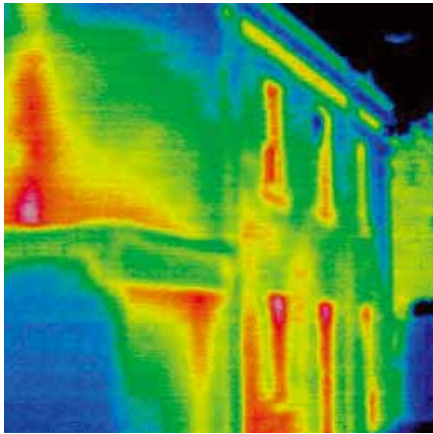
### 节能专业人员培训

建筑业应该为业内所有人员规范地创立和优先进行节能培训，并特别为建筑施工、改造和维护人员创办职业培训计划。同样重要的是发展“系统集成”专业来支援住宅类建筑的改造。

### 推广节能意识和文化

企业、政府当局和其他部门应该开展持续的活动，推进行为变化和和提高建筑节能意识。其中关键的是通过降低其本身所用建筑的能耗来展示对应对这一紧迫挑战的承诺。





“挑战迫使人们认识到挑战也是机会。”

—2008年10月EEB财务研讨会与会者

# 1. 巨大机会

如果各国要获得能源安全和控制气候变化，他们必须在建筑领域急剧降低能耗，现在就开始。某些发达国家将必须使建筑能耗相对“一切照旧”基准（BAU）至少低80%。高增长国家诸如中国和印度也应该使节能变革跨上新台阶。为此所必需进行的工作和投资也将对经济增长和就业做出贡献，特别是在建筑业。节能是减少温室气体的最廉价途径。<sup>1</sup>

这些重大削减是可以实现的。多数建筑能源由于设计低下、技术欠缺和行为不当而被浪费。企业需要应用专门知识技术和财力来开发和推行节能新做法，但是仅仅通过市场不能实现变革。建筑专业人员、业主和用户对节能的紧迫性意识不足，仍然无动于衷。“一切照旧”的惰性前进的阻力，短期财务目标砍掉许多节能投资。为提高对建筑能耗的了解，刺激商业模式的变革以迅速改变整个建筑业能耗 — 在每一个国家，在既有建筑以及新建筑中，在住宅以及商业房地产中，政府的行动是必需的。

建筑业的所有利益攸关方需要具有紧迫感，需要建筑节能绝对优先的新思维。企业只有顺应行业变革，采用颠覆性技术和企业模式才能取得成功。政策制定方需要引入强有力的法规框架来支持市场变革。

在世界应对气候变化的努力中，行动是关键，因为建筑能耗在大多数国家占总能耗<sup>2</sup>和二氧化碳排放的30-40%。通过降低能源结构中的碳矿物燃料的使用（包括使用可再生能源）可以减少排放，但是本项目研究重点在下列三方面：

- ① 削减能源需求 — 包括使用更节能的设计、材料和设备
- ② 当地产能 — 从可再生的和其他废弃资源中
- ③ 使用智能电网 — 将某些建筑产生的多余电能输入到电网中

参与向低能耗目标的稳定过渡，也具有商业合理性。能源对企业至关重要，企业在稳定的社会和经济环境中才能最好的发展。这种稳定性受到能源的不安全和气候变化的威胁。能源供给和价格的波动是破坏性的；严重气候变化带来的社会动荡将对经济、民生和环境造成破坏。使用更多的低碳和可再生能源将有所帮助，但是降低能耗至关重要，因为这些能源看来发展缓慢。因此现在需要采取真实的行动。

## 独特的量化分析

我们的结论和建议是对建筑能耗进行为期四年分析的结果，并基于广泛的建筑能效数据和本项目专门设计的计算模型系统。该模型根据不同建筑特征和不同类别建筑之能耗的详实数据，创新性地预测各种变数（如政策和法规因素、价格信号和行为变化）如何影响全球的建筑能耗<sup>3</sup>。我们的分析（见第

二章)清楚地显示出挑战的艰巨,以及按照目前节能改进的速度,我们将无法应对挑战。

我们的结论:在目前的财务和政策情况下,建筑决策者在节能上不会做足够的投入,即使是可在项目周期内得到回报的投资。住宅和商业建筑业主的财务时间表通常太短,以致不能进行节能、并可在开发项目寿命期内得到回报的投资。

## 存在巨大机会

寻求既能满足短期财务回报要求、又能提供必要投资的办法势在必行。这为企业开发新产品和服务提供了绝佳机会,这些产品和服务应能以良好成本效益,降低用户、国家和对气候产生影响的能源负担。这意味着9千亿到1.3万亿美元之间的市场价值。(见第三章。)

在设计和使用中采用被动和主动组合措施,可以使新建筑和既有建筑更加节能。在新建筑和既有建筑中纳入最佳设计和技术解决办法可以减少约三分之二的能耗,而且这尚未考虑提高建筑内所使用的小电器和设备的性能。一些耗能非常低的新住宅在很多国家已经存在,表明我们的能源目标在技术上可以实现(见整篇报告所引各项实例)。但是这些实例在全球很少显示有推广的迹象。低能耗建筑应该成为常态,而非仅仅是新奇项目。

*“企业变化通常是渐进的,而不是激进的。但是我们需要颠覆性技术。”*

—2008年8月  
EEB行为研讨会参加者

### 撬动变革的三个杠杆

在本项目一期报告中,我们找到由相应政策框架支持的三个商业杠杆,以变革建筑业。它们是本报告所述研究的基础:

- 适当的财务机制和关系,使能源被参与建筑开发、运行和使用的人们更加珍视,并激励节能投资。
- 整体化设计做法,从城市层面到单幢建筑,鼓励参与建筑全价值链的各方建立相互依存和分担责任密切关系。这意味着集成化设计,激励建筑整体而非仅局部的改进,以及运用先进技术作为降低能耗系统化方案的组成部分。
- 倡导行为变化、带动建筑专业人员和建筑使用者节能行动。需要用各种办法来鼓动人们,包括动员活动、清晰的激励、培训和教育等。

这三个杠杆需要得到政策框架的支持,包括具体法规、税收和补助、教育和培训等。



## 虚假的乐观滋生自满

在快速进步的道路上矗立着一些障碍。这些障碍包括从专业人员缺乏知识和理解造成的市场和政策失败，到建筑使用者行为等一系列问题。

某些分析找到有益的节能投资，如建筑的隔热等。这类投资以整个投资寿命计算仅具非常低甚或负成本<sup>4</sup>。另外一些人指出设计和技术的潜力是如此巨大，以致于碳交易成本相对小额增加（例如通过碳排放税或设定上限和交易制度）就能使增加的投资具有较好成本效益。

这类预测是过于乐观的。这样的评价不仅基于下文所述经济和结构方面的理由，也因为这些预测设想建筑节能已被视为重要和紧迫的，但这种普遍意识今天尚不存在。

首先，基于对不同建筑部门和其实际决策标准的分析，我们的模型表明，能够产生实际改进的措施看来不能满足通常财务投资要求，并且因此可能得不到落实。在正常财务标准下可以是合理的投资，可能仅仅有限地降低总能耗。住宅和商用建筑的投资决策通常基于短期目光。“一次成本”对住宅投资影响特别大<sup>5</sup>。因此，人们不为节能投资，即使这些投资可在项目寿命期内得到回报。

其次，即使财务上具有吸引力的投资，由于存在如下结构性障碍而可能大大阻碍其实施：

- 缺少能源使用和成本的透明度，造成建筑价值链中所有各方对能源成本关注有限，可行的投资机会被忽视，以及采用的技术没在最佳水平运行
- 公共政策未能鼓励最为节能方法和做法，甚或形成阻碍
- 对政策和建筑规范的执行延误或不力，所有国家都存在这种情况
- 建筑价值链复杂而分散，阻碍建筑设计和使用的整体化做法（在一期报告中已予阐述<sup>6</sup>）
- 缺少适当、立即可用的解决办法（可用于新建和改造工程、用户买得起和高质量、并适应当地情况的节能解决方案）
- 节能激励和收益由建筑业主和用户分享，这意味节能投资的回报没有给与投资方（见第二章）
- 在建筑专业人员中节能意识和对节能的理解尚有欠缺 — 本项目一期报告已提出 — 这限制了他们对可持续建筑活动的参与，造成用能设备的低劣安装。<sup>7</sup>

结果是节能进展不好，未能达到实质的节能。例如，我们的模拟分析表明，现行政策将不能阻止法国单户住宅和中国多户住宅耗能的增加。日本办公楼的能耗将下降，但是远不能达到足够的程度。

## 建筑节能的发展：三种情景

我们为建筑节能市场在未来几十年可能的发展设定了三种情景，指出采取变革性做法的需要（见图2）。这些情景是非此即彼的不同未来情况，而不是预测。它们有助于识别威胁和机会，并帮助企业做出应对各种情况的计划。这里所述的未来情景为我们的分析模型提供了构架和观念（见第二章），并帮助我们理解世界为消除建筑中的能源浪费所面临的挑战。

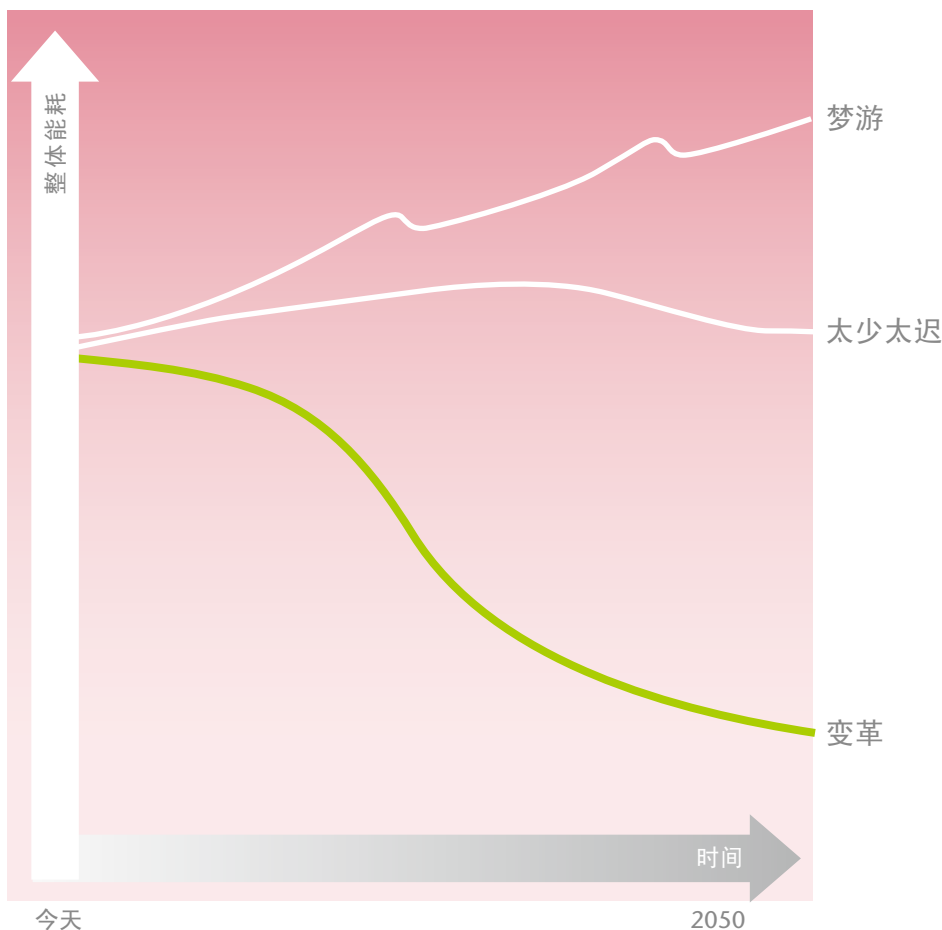


图2  
建筑节能的三种情景

### 梦游进入危机

梦游途径偶尔取得进展，但是不久即丧失，到2050年总能耗将高出许多。节能建筑的数量增长不稳定而且缓慢。

这种情景预示城市化、经济增长和能源利用的现有趋缓将继续下去，对解决节能问题不作持续努力。结果将是能源价格上升、供给受干扰和极端天气事件触发一系列经济危机。由此而反复出现采取严厉、被动应对措施的局面，造成动荡和不确定环境，阻碍行业发展和减少投资。在此情况下再提高效率，变得昂贵而痛苦，而恐慌性措施还可能有反作用。危机过后，人们又因循旧规，没有取得任何进步。

惊惶失措的反应会造成仓促制定法规，造成不确定性和动荡进而阻碍企业投资。

### 太少太迟

在这种情景中，节能建筑的发展仍然太慢，到2050年，能耗又回到现在的水平。

这一情景表明，“说得多、做得少”的现有格局将继续下去。节能意识不断增长，但行动却有局限而不协调有序。通过自愿或强制性标识以及其它规定，初步行动取得进步。行为有某种程度的改变，可持续发展意识及对个人可发挥的节能作用认识有所加强。节能建筑的投资增加，技术开发加速。

这些改变在一些国家出现，但是规模小，分散和局部化，无法深入。状况的改进相对于建筑数量和用能服务的增加，速度太慢而且规模太小。对于企业，机会太零散致使重大投资没有正当理由。

### 市场的变革

变革是唯一能使整个建筑业实现必需显著降低能耗的情景。

在这一情景中，能源价格高而稳定，鼓励人们降低能耗。对于新建和既有建筑，更严格的建筑规范得到贯彻；新的能源和气候变化政策得到实施；新的设计方法和技术得到开发和利用；新技能被人们学习掌握；新的融资机制出现。随着时间的推移，建筑能效标准要求建筑提高节能性能。这些应是为应对气候变化带来的经济、社会和环境威胁而全球采取协调一致做法的组成部分。

### 用能服务和能源影响

基于本项目有关降低资源利用的任务和整体目的，本报告的重点是能源利用和节能。能源的价值不在其自身，而在其所提供的功用。人们不需要“更多的能源”；他们需要能源提供更多服务：采暖、供冷、照明、通讯等等。

好消息是人们愿意耗费更少能源，只要这些能源提供同等服务。坏消息是因为能源未以其自身价值衡量，大多数建筑业主和运营商趋于不把节能放在优先地位。

建筑的总能耗可由三个明显的因素确定：人口数量、人均占有建筑面积和单位面积能耗，可用下列公式表达：

$$\text{总能耗} = \text{人口} \times \text{人均空间} \times \text{千瓦小时/平方米}$$

这些组成部分直接受几种力量的影响，间接受经济活动和一系列政府政策的影响。



主要的直接驱动因素是人口结构变化、社会和文化趋势、建筑和设备设计、以及气候。文化因素影响何种舒适度可以接受。社会趋势影响家庭规模，进而人均空间和能耗。例如，人口老龄化和生活方式变化导致更多的单人家庭。城市化、特别在发展中国家意味有更多的多户建筑，这通常比独户建筑更节能。但如果富裕鼓励人们不在城市中心居住、导致城市低密度蔓延，这种趋势可能逆转。

经济状况影响人口迁移，并决定其富裕程度。例如，欧洲经历了从东向西的移民，而经济下滑工厂关闭使很多中国农民工返回乡下。

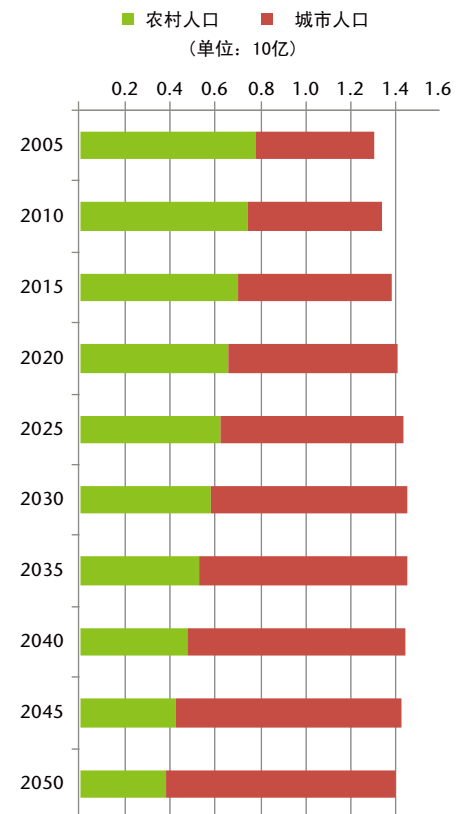
气候条件影响对用能服务的需求，特别是采暖和供冷。其中设计和对设备的选择决定能耗多少。

这些因素的结合产生两种明显趋势，造成建筑能耗惊人的增加：

- 发展中国家人口增长、更加繁荣和城市化加快
  - 预计2000年到2020年间中国办公楼面积的增量，为美国现有办公楼面积的两倍<sup>8</sup>。到2030年，中国人口城市化率将约为60%，而2005年为40%。
  - 城市生活、较高收入和更多接受技术造成住宅耗能增加，特别是在采暖、生活热水、家用电器和设备使用上。
- 发达国家现有低能效建筑，及其用能服务和家用电器使用的增长
  - 在发达国家，节能规定颁布前建造的很多老房子到2050年仍将被使用。例如，法国1975年采用第一部热力规定前完工的建筑到2050年大概占所有建筑的50%以上。
  - 在发达国家，1990年家用电器能耗占家庭总能耗的16%；但是2005年增长到21%，尽管家用电器能效得到提高。<sup>9</sup>（见图4）

图3

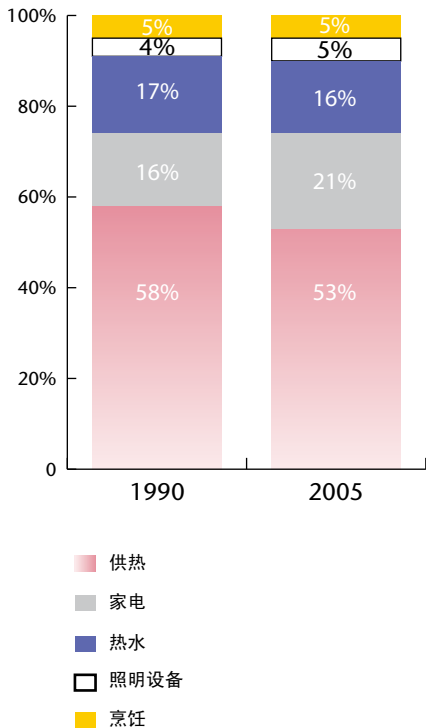
中国城市和农村人口预测



## 建筑节能的差距

图4

19个国家家用电器使用的增长



在大多数国家，建筑占基础能耗的30%-40%。<sup>10</sup> 在所有行业出现的、不利于可持续发展的能耗上升，与全球人口增长（预计2050年将比2000年增长近50%），以及因生活标准提高而增加的人均能耗有关。关键的挑战是满足发展中国家人口的增长和生活标准的提高，同时创造全球可持续的未来。

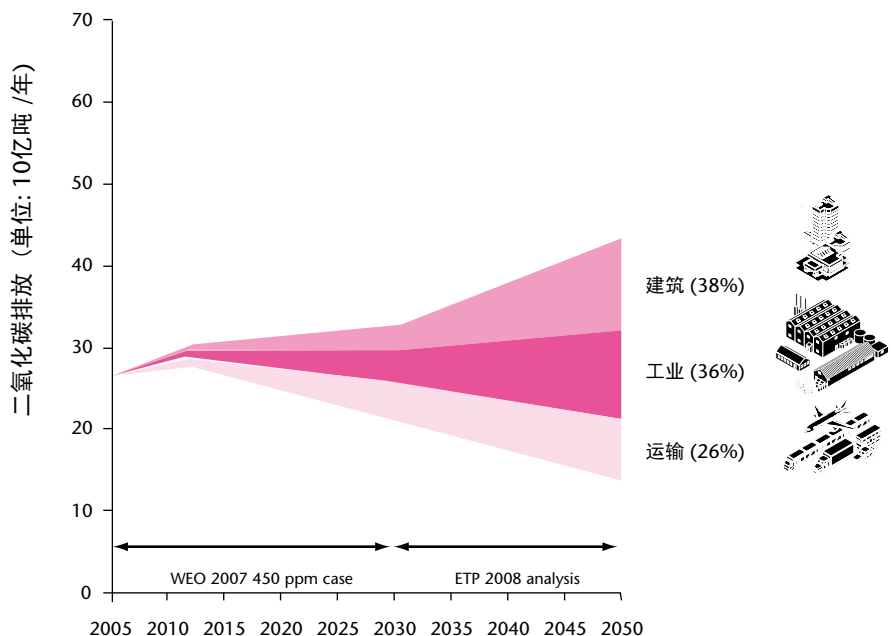
国际能源署（IEA）要求到2050年所有行业把总的碳排放相对于“一切照旧”的基准减少77%或480亿吨（见图5）。考虑直接和间接排放，在480亿吨减排中，建筑需减排约182亿吨，以及IEA要求直接通过建筑节能措施减排82亿吨。基于地理、气候、经济条件和文化使用格局的不同，不同建筑或建筑类别的必需减排比例可能相差甚大。此外，建筑业通过现场可再生能源和其他更有效的分布式能源系统可以有助于减少电力生产领域的碳排放，使建筑领域减排贡献超过要求的82亿吨。

我们对本项目所研究地区的预测显示，目前的趋势将使巴西、中国和印度达到联合国定义的“高发展水平”，但是在印度除外所有五个地区，建筑能耗的水平将剧增，超过国际能源署目标所确定的水平（见图6）。为实现国际能源署的目标，2050年人均建筑能耗将需要低于六个被研究地区的现有平均值。如果计入人口增长，六地区建筑能耗平均值则需下降60%，<sup>11</sup> 而能耗最高的国家（例如美国）到2050年将需要至少比“一切照旧”基准降低80%。假如生活标准不断提高而能源使用格局“一切照常”，这是一个巨大挑战。

图5

建筑节能差距：建筑到2050年需要贡献17%的减排

(来源：2008能源技术展望，IEA2008)

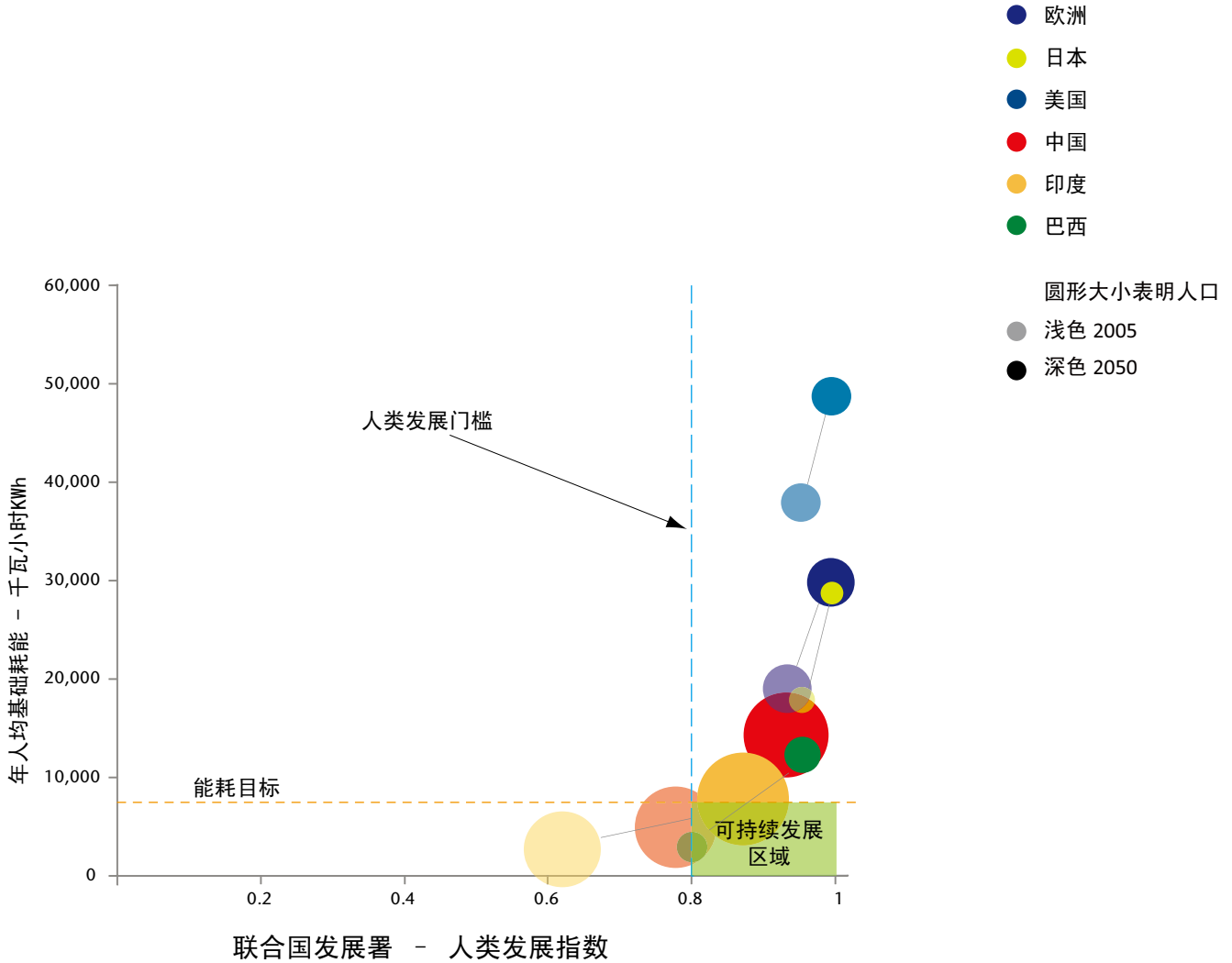


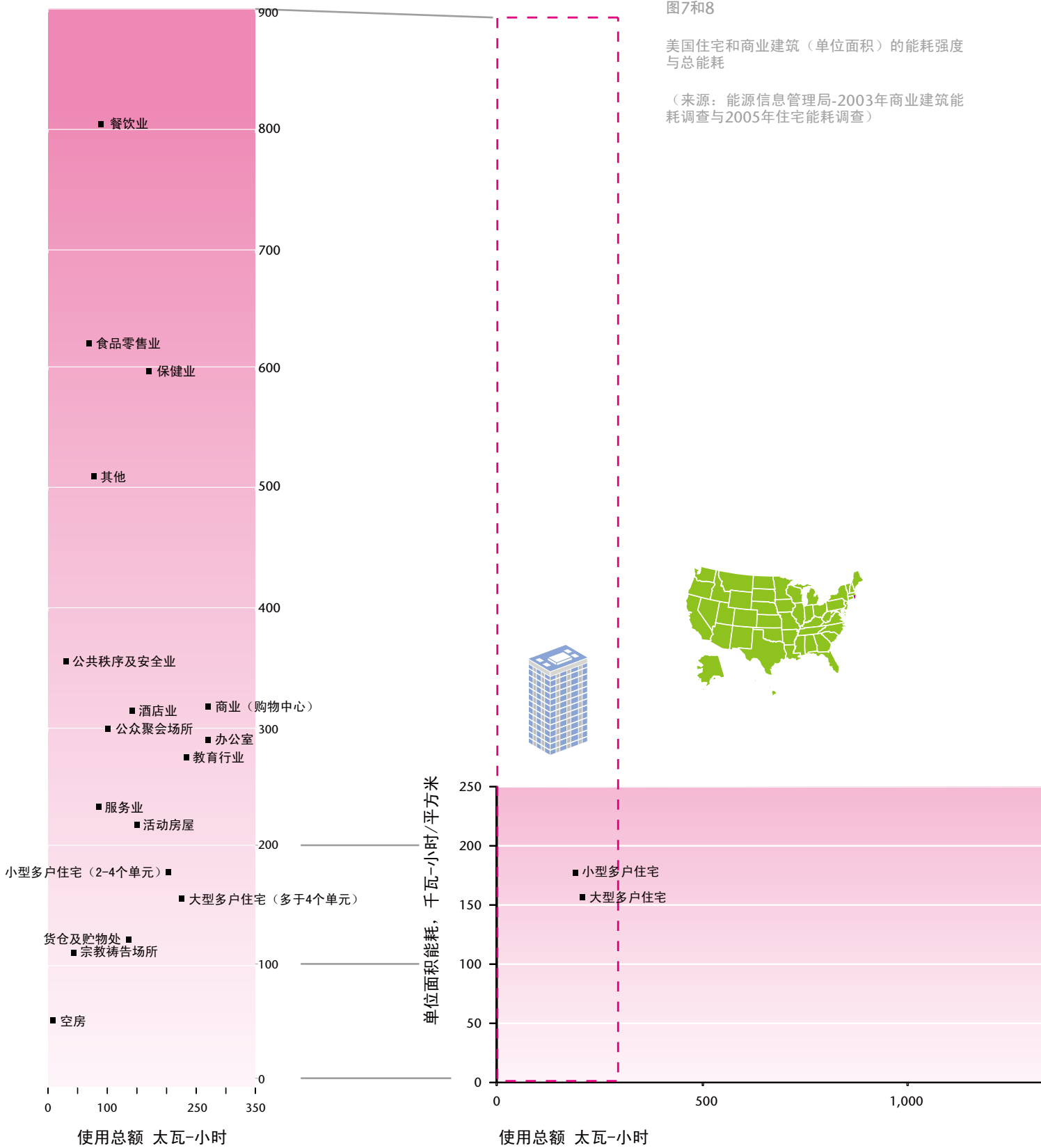
逐步渐进地提高能效而造成“太少太迟”局面，将远不能抵消建筑能源需求的增长，使得总能耗的必要下降成为泡影。

由于建筑项目的时间跨度，我们需要采取紧急行动。不象汽车，建筑可以存续几十年，在有些国家甚至数世纪。一个国家的汽车在十多年内就可以全部更新，迅速地为新技术和高效率腾出空间。但是现在完工的建筑将矗立到本世纪末。“一切照旧”和逐渐改进将不能达到目标。我们需要建筑业朝着零能耗的方向变革。

图6

2050年不可持续的发展





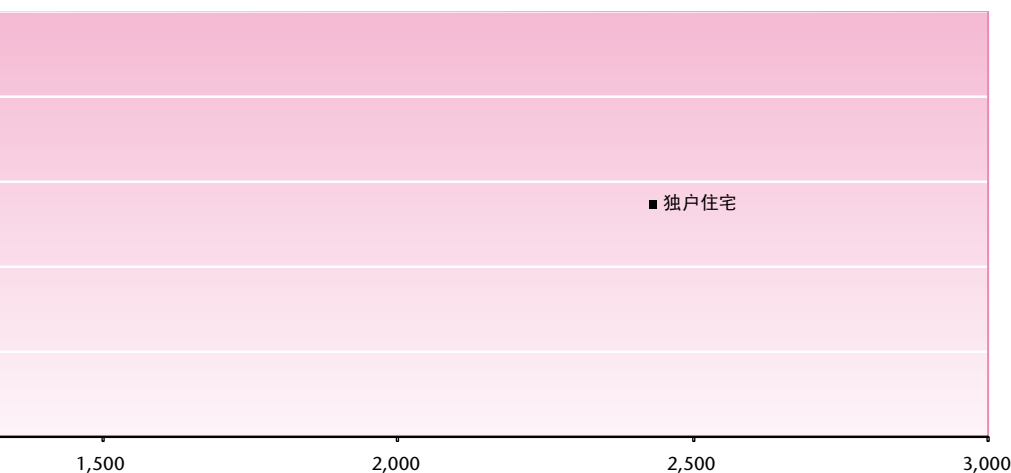
## 复杂的行业需要不同的做法

由于国度有别，气候差异，建筑类型不同，不同建筑及其能耗千差万别，这是一个复杂的行业。

建筑用能决策的性质意味着要采取“自下而上”的做法来识别节能障碍和克服方法，而不是根据一个经济体的总体数据和分析提出“自上而下”的方案，这是非常重要的。应该根据不同的用能特征，将这种自下而上的分析运用到各个不同建筑类别。

根据总体能耗水平，我们的选择集中在最大的几个建筑类别：住宅（按独户和多户建筑再分类）、办公楼和零售业。它们总共占本项目所包括六个地区建筑使用能源的一半以上。某些其它类别（诸如餐饮服务）能耗较高，但是在能耗总量中所占不多（见图7和8）。

我们考虑了与每个建筑类别直接相关的政策、施工选择、财务考量和行为，并使用这一分析来识别可能适用于所有建筑的共同主题。下一章将对这些不同类别予以分析。



## 实现变革

仅靠市场机制将不能取得必要的进步。市场力量需要辅之以有效的法规环境和行为的根本改变。为了理解节能建筑为何成为人类继续发展的关键，我们需要回答下列关键问题：

- ① 我们怎样才能提高建筑能耗的透明度，传播能源如何及在何处被消耗的知识？
- ② 我们怎样才能创建奖励进步、惩罚能效低下的激励制度？
- ③ 我们怎样才能为新技术的开发和商业融资？
- ④ 我们怎样才能克服阻碍节能投资的一次成本障碍和短期投资的视野？
- ⑤ 我们怎样在融资措施和机制，以及新技术和行为方面传播最佳做法和创新？
- ⑥ 我们怎样才能倡导节能意识，使节能成为现代生活方式和竞争优势？
- ⑦ 我们怎样才能开始行动：改变建筑业每个人以及建筑使用者的行为？

## 2. 住宅、办公楼、商场：分类分析

为了理解能源影响以及如何克服变革的障碍，我们考察了四个不同建筑类别的特征，它们共占六个地区内建筑能耗的50%以上。本章介绍我们的详细分析和模型，包括对法国（独户建筑）、中国（多户建筑）和日本（办公楼）的案例研究，显示若按现状或采取变革措施，到2050年将会出现的能耗情景（见21页框内的模型说明）

在明确障碍后，我们针对每个建筑类别提出建议。这些建议是最后一章全球性建议的基础。

### 收益分配错位

所有非直接拥有的建筑在节能方面有一共同的重大障碍，即收益分配错位。这包括住宅和商业建筑，其进行投资的人没有得到节能的收益。例如，业主可能负责节能投资，但是住户因能耗降低电费减少而获益。这意味着业主没有投资的直接激励（虽然房东可提高租金而受益<sup>12</sup>）。另一方面，如果房东支付电费，则住户就没有节能的直接激励。见表1所描述收益错位。

业主/租户关系也由费用支付惯例而变得复杂，租户可能并不按其实际用能多少付费。多用户的公寓和商业楼宇往往没有单独的供暖系统或计量表来测量实际耗热。暖气费可能包括在租金中，或者按照诸如面积这样的标准向住户收费。当住户按实际消耗付账时，用于供暖的能耗一般下降10-20%。<sup>13</sup>

表1  
节能投资与节约的分散激励

付费方	效果	
	业主	租住户
业主	有对投资的激励	对节能没有激励
租住户	无投资激励	对节能没有激励

## 建筑节能模型

本项目所用量化模拟模型对于建筑节能分析是一个独特做法。该模型模拟决策者们在面对一系列设计和施工选项及相应投资选择所采取的行动，预测市场对不同财务、技术、行为和政策构成情形的反应。

该模型模拟分析了近2,000万个不同物业的能耗，到2050年将增加到3,000万，并分析了500多个在24类与用能相关的建筑系统上的潜在施工选项。见图9的简化图示。

通过对不同选项所需投资额当前价值（净现值）的比较，模拟既符合财务标准、一次成本又属于最低25%部分的投资选择（作为最低投资基准）。（不同的模拟分析考虑了不同的假设条件。）该模型计算5年时间段的净现值。我们还把时间段延长到10年和20年以便测试投资回收期延长、财务标准放宽可能产生的影响。

对于不同国家、地区，本项目创立了几个“参照案例”来代表其不同建筑和能耗组合。本项目与四所重点大学联合建立了建筑数据库。<sup>14</sup>我们使用通用的建筑能源分析软件对不同参考案例和设计工程组合的能耗进行计算，包括了所有复杂的建筑系统组合。每个选项都用市场数据由成本专家予以定价。

该模型考虑了建筑内所有耗能建筑系统。节能选项包括已知或将会出现的能效改进措施，涉及建筑外墙系统、照明、采暖、通风、空调、生活热水和家用电器。现场发电主要考虑太阳能光伏系统。

该模型按5年间隔时间预测结果，直至2050年，并把该期间预计的建筑净增长以及设备的自然更换率考虑在内。模型输出信息有：

- 总能耗和净能耗（初级和现场水平），以及CO<sub>2</sub>排放（每座建筑以及各国/地区总量），包括现场发电
- 投资和运行成本（每户以及国家/地区总量）
- 与不同政策情景相关联的贷款、补助和税收
- 政策总成本
- 商机

EEB网站提供按所研究国家和地区案例模型和模拟的全部细节，网址：[www.wbcsd.org/web/eeb.htm](http://www.wbcsd.org/web/eeb.htm)

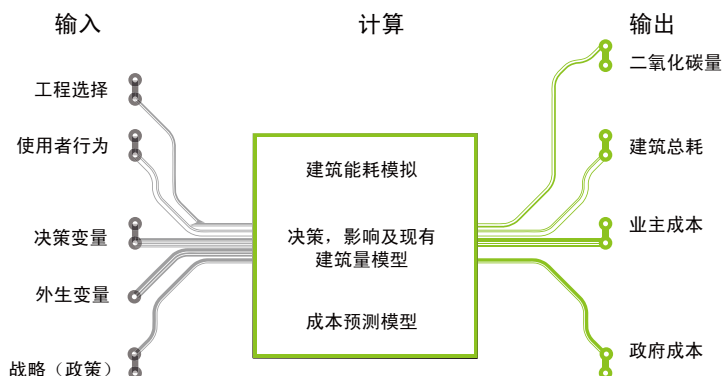


图9

简化的EEB模型



## 住宅类建筑

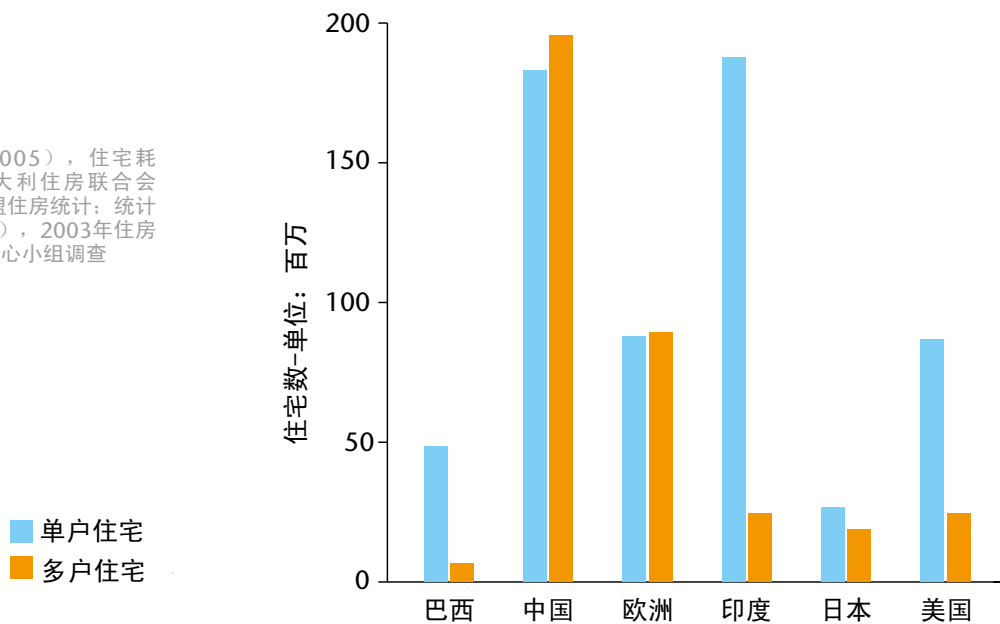
在项目所研究的六个地区，住宅类建筑比商业建筑明显耗能更多。分散的所有权是关键挑战——房屋的个人决策者们对比较少的能耗负有责任，但是由地方政府控制的大量公有住房除外。

为了理解具体能耗影响和节能障碍，我们分别考察了单户住宅和多户住宅。单户住宅在巴西、印度和美国占主导地位，而在其他地区单户住宅和多户住宅大致各占一半（见图10）。由于几个明显不同的趋势，这种比例可能改变：

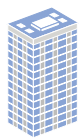
- 人口增加将鼓励更多的多户建筑，因为能更有效地利用土地
- 城市化日益发展将增加多户住宅，因为城市土地短缺
- 经济发展可能有相反的效果，随着人们富裕程度的提高，他们将趋于搬入单户住宅
- 老龄化人口将造成居住密度降低而出现更多的独居户

图10 建筑数据

来源：美国能源部 EIA（2005），住宅耗能调查；Federcasa，意大利住房联合会（2006）。2005/2006 欧盟住房统计；统计局，内务部和交通部（2003），2003年住房和土地调查（日本）；EEB核心小组调查



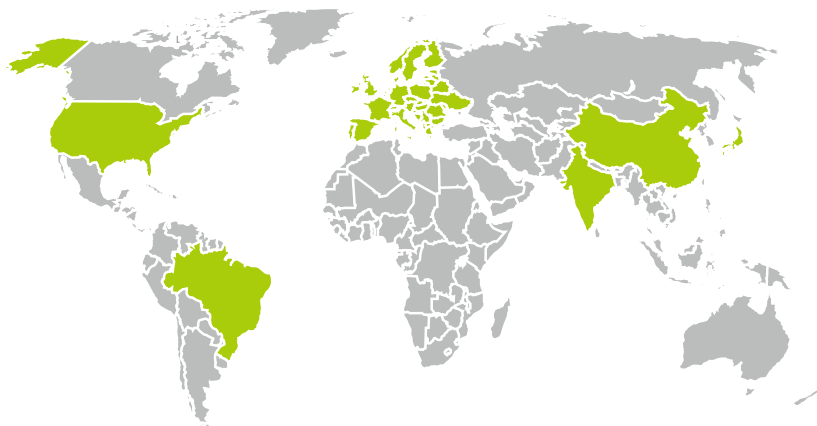
■ 单户住宅  
■ 多户住宅



多户住宅



单户住宅





例如，中国城市的家庭平均人口从1990年的3.5人下降到2006年的2.95人。在同一时期，人均年收入从1,516元上升到12,719元<sup>15</sup>（见图11）。

## 能耗

住宅能耗在所有地区都在增加。这反映住房面积增大，对舒适度的预期更高，家用电器增多。在发达国家，多户住宅比单户住宅耗能较少，主要是因为较小的墙体和楼层面积限制了热损失和吸收，以及较小的楼层面积意味需采暖、供冷容积亦较小。根据美国的数据，一般公寓单元年能耗大约是单户住宅年能耗的一半，虽然较小的面积意味着每平方米的能耗较高（见表2）。单户住宅的所有主要方面的能耗都明显较高。

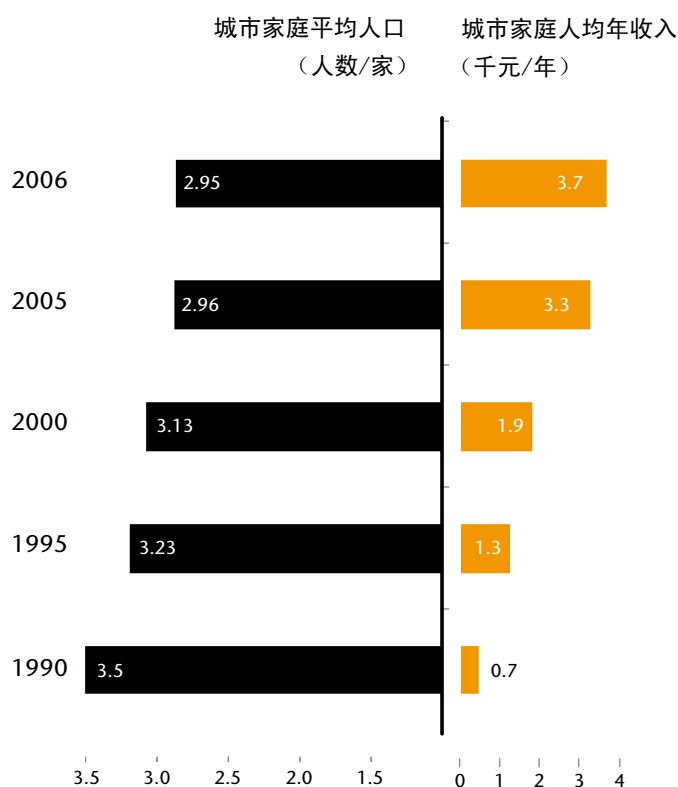


图11

中国家庭平均人数减少、收入增高

### 事实

- 国度不同，每户家庭人口多少各异，西欧平均2.4，印度农村5.2
- 印度70%的家庭住房不超过两室

表2

美国建筑总能耗和家庭单位能耗

来源：美国能源信息管理局（2005）住宅能耗调查

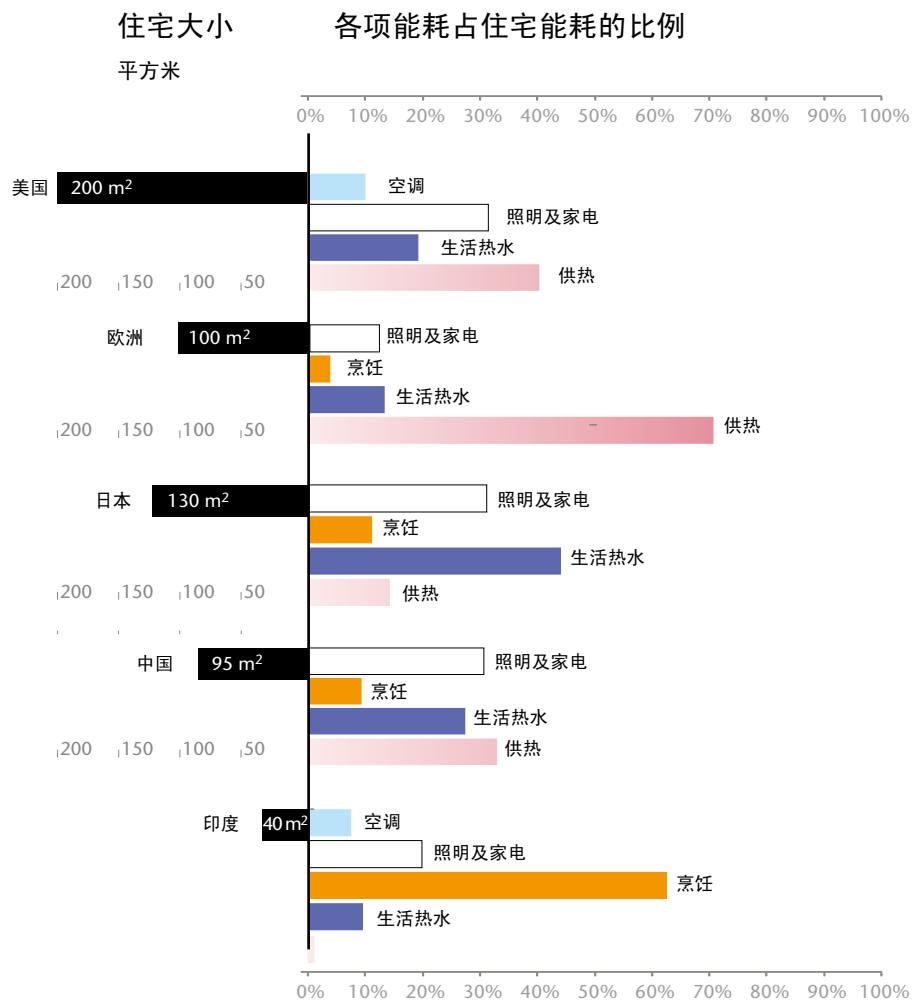
	公寓	独立式房屋
总能耗(太瓦小时)	264	2285
每户(千瓦小时)	15,760	31,730
每人(千瓦小时)	7,740	11,630
每平方米(千瓦小时)	212	126



由于文化、气候和富裕程度差异，能源使用大不相同（见图12）。在欧洲和中国北方以室内供暖为主，而在日本生活热水占相当比例。在印度农村，象在很多发展中国家，很多人无法用电，主要能耗是烧饭（利用生物质）。随着发展中国家富裕程度的提高将导致使用基本设备、家用电器和电子产品的能耗增加。

图12

不同地区住宅面积和能耗差异巨大



在很多国家，制定节能规定前建成的房屋到2050年将占住房面积总量的一半。在欧洲，现有住房的50%是1975年以前所建（见图13）。

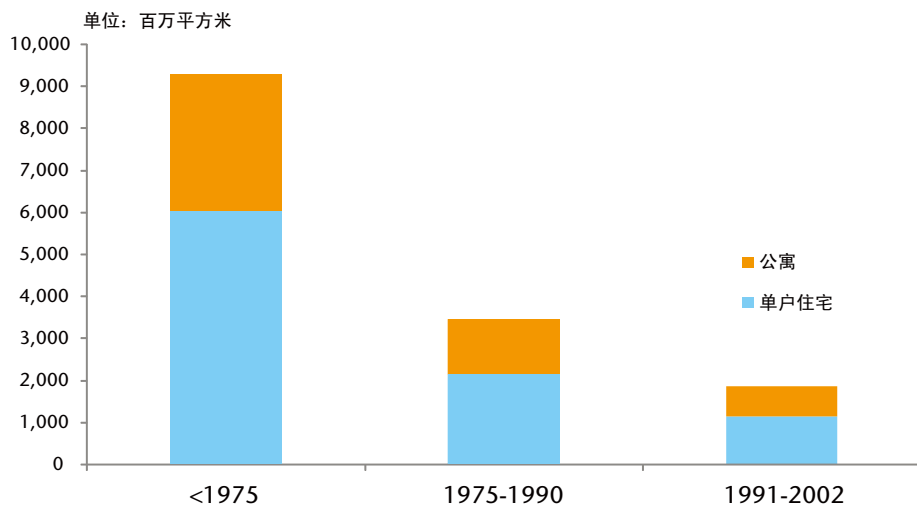
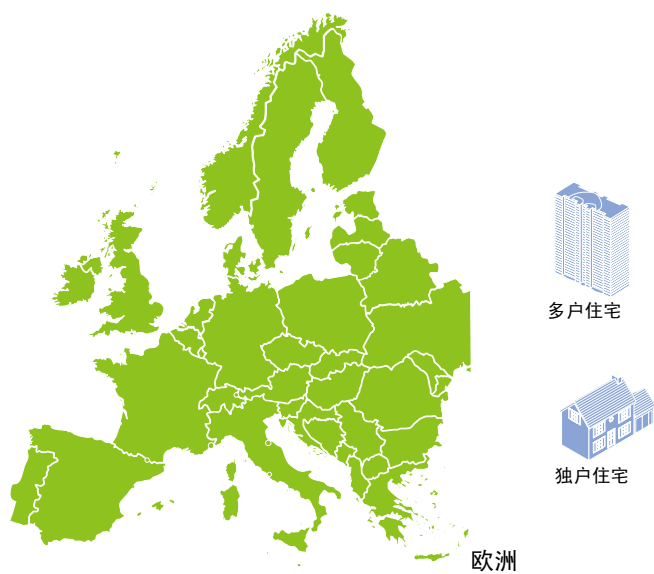


图13

老住宅在欧洲是常态





## 单户住宅

单户住宅作为一个建筑类别，其建筑数量、人均面积、能耗和CO<sub>2</sub>排放均属最大。在项目所研究的大多数国家，它在住宅建筑中占最大比例。日益富裕的人口将趋于喜欢较大和配备较好的单户住宅，若不采取明确的降耗措施，必将造成能耗的大量增加。节能措施可能会非常有效，因为这类房屋自有产权的比例高（有些国家高达90%）意味着激励错位不是显著因素（见图14）。

国度不同，住房的大小是最大的差异之一。美国的房子比其他国家大许多，而印度的房子处于尺度的另一端（见图12）。

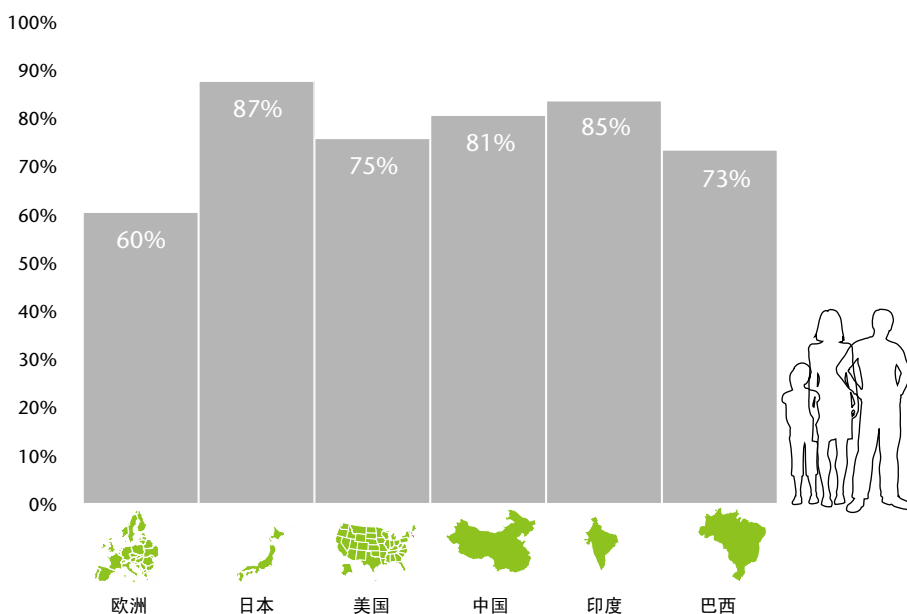
### 耗能特征

发达国家居民的住宅耗能比发展中国家居民住宅耗能多得多。这反应他们的房子较大、要求舒适度较高，家用电器较多。日本的耗能低得多，因为日本家庭通常并不加热其整个住宅，而只是其中一个房间。发展中国家的耗能随着人们更加富裕而在增加。

行为改变增加能耗，这一点对于居室采暖特别显著，而供暖在寒冷地区是主要的耗能部分。例如，过去10年，英国的室内温度平均升高了3摄氏度，采暖能耗需要增加20%。

图14

项目研究地区单户住宅自有产权比例高



## 降低能耗的障碍

### 欧洲

改造年代较旧、能耗较高的住房在欧洲是最大的挑战。房主决策主要受制于投资回报标准以及他们对舒适度和外观可能产生影响的判断（而不是具体的节能效果）。例如，在法国，人们安装太阳能板，部分原因是显示他们对使用再生能源的承诺，但更因为时尚，以及他们从电力供应商那里得到非常优惠的反送电价。同样地，更换窗户也非常广泛，受到退税的支持，可以降低一次成本。但窗户供应商说大多数房主希望改进他们房屋的外观而不是节能。较好的窗户的确隔声隔热，但是仅降低10%的热损失，而墙体和屋顶改进则可达30%。

对房主而言，缺少合适的“节能方案”是很重要的问题。人们需要适合他们具体情况的、明确和易于了解的解决方案。这应包括方案信息、咨询和提供安装的技术工人以及性能保证等。

把现有的再装修市场改革成节能市场存在两个关键障碍：

- 人们不知道在哪里找到可供选择的方案、价格和供应商等相关信息；没有“一站式”节能改造机构；
- 房主基本上根据一次成本而不是总体节能收益做决定

### 新兴国家

这里的关键障碍是缺少法规或实施欠缺，及融资渠道不足。在中国，建筑规范未能有效地执行。在巴西，据信75%的单户住宅由非正规行业所建造。

此外，为居民提供基本住房优先于节能需要。

### 日本和美国

这些国家的住房新开工比例高，在美国这将继续，因为人口继续增长。问题是，现有技术解决方案用户是否买得起，以及能否大规模推广。不同国家差异巨大，是新的独户住宅节能标准划一的主要障碍。

在美国，人均能耗非常高，部分原因是家用电器和电子设备的激增。住宅建筑规范在州和地方一级执行，通常包括对建筑外墙的节能要求。有些州没有住宅建筑规范，零乱的标准导致施工方法和设备各不相同。关键的问题是加强规范和改变行为。

在日本，单户住宅能效高，能耗相对较低，但是房屋的使用寿命一般仅有30年。因此，目标是通过改造而增加房屋寿命，而不是拆除，并应用高效热水设备，这在日本住宅节能潜力最大。

### 事实

在项目所研究地区,单户住宅一般:

- 占住宅总量的50-90%
- 其能耗占住宅总能耗逾三分之二
- 占建筑CO<sub>2</sub>总排放的40%以上



## 单户住宅案例—法国

法国单户住宅能耗代表欧洲的平均值。同时，就GDP和舒适度、人均能耗和现行法规来说，法国在六个地区也处于中间位置。不同之处是CO<sub>2</sub>排放率较低，因为法国使用的碳矿物燃料比例低，并且热力用电（供暖、生活热水）所占份额较高，因为电价较低。

### 法国单户住宅特点

- 按建筑数量（1,450万，占住宅总量的60%）、建筑面积、使用人口、能耗（占住宅能耗的三分之二）以及碳排放等，这是法国最大的建筑类别
- 特性混杂的建筑类别，具有许多不同施工特点（外墙、采暖系统、能效等）
- 采暖为主要能耗，占最终住宅总能耗的三分之二以上
- 更新率低（每年0.2%）。60%以上的房屋为1975年以前所建。主要节能挑战是改造既有房屋；1,200万幢房屋，即80%以上的现有单户住宅需要进行节能改造

这类建筑提供节能的巨大潜力：首先通过隔热、气密和更高效的设备来减少采暖能耗，然后改进生活热水和照明。但是成本高，要全面提高能效看来每家（不计入任何补助）需要1.5万到3万欧元，折合2万到4万美元（而目前每户用于节能改造平均只有3,800欧元，折合5,000美元）。<sup>16</sup> 需要新的融资方式。面临挑战是找出恰当的政策和其他措施组合，以使业主们进行这些耗费较多、回报期又较长的投资。

### 事实

法国单户住宅代表：

- 42%的建筑总能耗
- 住宅建筑总量的56%（1400万幢）
- 60%的居民（3600万）
- 67%的住宅总能耗（344太瓦）
- 75%的住宅建筑CO<sub>2</sub>排放（6,600万吨，平均每年每平方米38千克CO<sub>2</sub>）
- 70%的住宅建筑面积（16亿平方米=平均110平方米）

经验表明房主趋于花较少的钱进行局部改进，这通常不够节能；估计70%的节能投资主要是安装双层玻璃窗，而这不是最节能的选择，然后是门和墙体隔热。施工质量通常也低于节能建筑需要的水平。<sup>17</sup>

### 本项目模型

我们模拟了可用于法国单户住宅类建筑的很多选择，分析不同法规、资助和财政措施以及技术选择的效果。

在本文件中，我们主要分析两个情景：继续执行现政策（基准）和达到深度节能和降低CO<sub>2</sub>排放的政策（变革）。请注意，我们没有主张法国（或任何其他国家）落实本报告模拟的“变革”政策。它们代表为实现变革可能被采纳的果断行动。不同国家需要评价适合各自法规和政治环境的做法。这两个情景的关键数据如表3所示。基准案例代表现行法国政策，包括对节能设备和材料的补助以及按零售电价五倍计的太阳能光伏反送上网电价。

按现行政策不变，单户住宅的净能耗在2005年到2050年间将增加到约每年429太瓦小时（由于建筑总量增长），而CO<sub>2</sub>排放增长约14%。同时，人均单位能耗下降。目前的激励水平太低以致不足以改变房主的决策。（见图15。）

为实现变革，在基准之上增加了有力的政策，包括勒纳勒协议（Grenelle De l'Environnement）所规定的一些政策措施（例如，要求在计入建筑太阳能光伏发电量后，至2020年所有新建筑实现净“零能耗”），以及征收碳排放税每吨30美元。此外，根据五级建筑能耗分类系统（接近欧洲建筑能效指令A-G标识系统，但是基于建筑的所有能耗，因此按级别采用较高的能耗等级）对翻修和新建筑制订激励和限制措施。达到1级和2级标准的建筑分别得到投入成本的50%和25%的激励，4级和5级方案被禁止。到2050年这些强有力的政策将总体降低53%的能耗和减少71%的CO<sub>2</sub>排放（见图16）。主要的能耗下降到2020年可实现，随后因市场增长又稍微上升（新建建筑采用最节能的设备，因而不再增加新增节能量）。

到2025年大部分住宅都将过渡到1级和2级建筑（见图17）。太阳能光伏发电的普及、供暖设备的改进和建筑护围的改善是对节能的最大贡献（见图18）。（图18将不同耗能部分按对节能的影响从高到低排列，宽度表示截至2050年安装设备的数量。）太阳能光伏发电是接近净零能耗的关键因素。

图19表明根据不同模拟分析，到2050年建筑能耗变化。最上面的线是没有推行政策时的结果，下面的一条线是“变革”案例，中间的线为基准（现行政策不变）以及结合两项其他政策的情况。

对单户建筑类分析显示，需要组合强有力措施来显著地节能和减少CO<sub>2</sub>排放。提供激励措施可使人均耗能取得一些下降，但是最显著的进步要通过激励和限制措施组合来实现。我们为分行业提出七项具体建议。

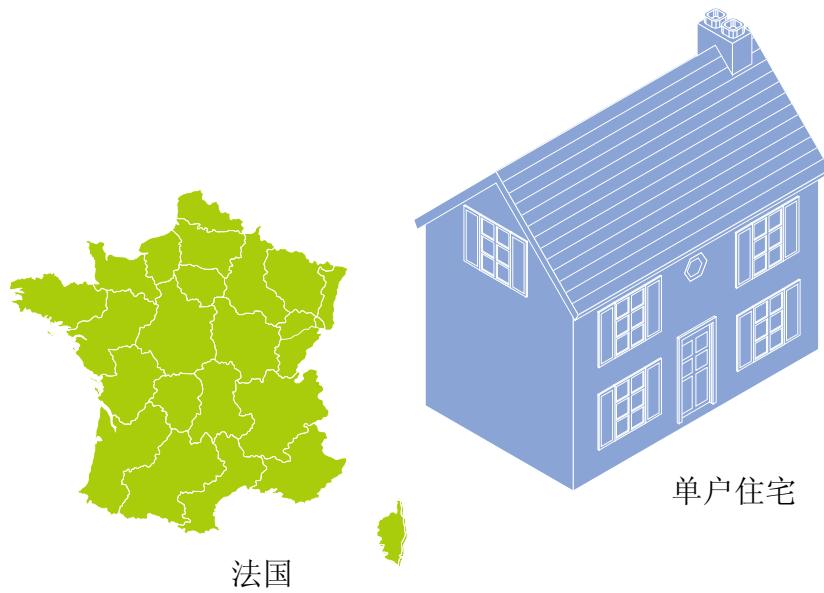
为实现本建筑类“变革”，渐进式投资平均为每年58亿美元，每年100亿美元的激励和每年平均100亿美元的节能收益。由于在“变革”模式下，较多采用太阳能光伏系统，投资相对于节能收益较高。其特点是每年170亿美元的高额补助和上网反送电价，即。平均每年给安装太阳能光伏系统家庭总额达170亿美元送电上网价，这些钱来自对电网全体用户收取的额外电费。但是，约20%的总“变革”成本是用于可在5年或少于5年实现回报的节能措施，这些可实现总节能量的67%。



表3

继续现行政策， 相对于实施可显著节能的政策

	2005	2050	
	初始情况	基准（目前政策）	采取变革措施
单户住宅类建筑总能耗(太瓦小时)	346	429	163
单户住宅类建筑净能耗(太瓦小时)	346	428	100
相对于2005年水平(%)		24	-53
相对于2005年水平(%)		23	-71
相对于基准水平(%)			-62
该类建筑二氧化碳净排放量(百万吨) <sup>18</sup>	67	75	14
相对于2005年水平(%)		12	-79
相对于基准水平(%)			-81



## 基准

法国单户住宅类建筑能耗和二氧化碳排放量在现有政策的情况下

## 变革

在变革的情况下，法国单户住宅类建筑能耗和二氧化碳净排放量

## 转变

在不断变革的情况下法国单户住宅类建筑能耗（包括所有能源使用）水平（五级）变化

## 不同耗能系统影响

法国单户住宅类建筑（2050年）不同耗能系统对建筑能效的影响

## 政策影响

不同的政策环境法国单户住宅类建筑能耗

图15、16、17、18、19





## 为单户住宅类建筑提出的“变革”建议

我们对该建筑类别和单户住宅的模型分析得出如何针对该类建筑实施变革的下列结论：

1 提供能保证节能效果的技术方案，全球性转让既有技术，利用研发降低一次性成本，以及为相应节能改造找出具体解决方案，包括为发展中国家提供有效技术和符合当地实情的解决办法

2 进行房屋的能耗和CO<sub>2</sub>排放审计，以此安排优先重点

3 逐步强化新建和既有的建筑的法规：

标识系统提供独立第三方信息逐步强化建筑节能规范、和有关家用电器和材料的法规低性能房屋的淘汰

要求2020年以后新建筑实现零能耗，使用被动和主动措施包括利用可再生能源

4 对新建的和既有建筑提高性能的给予高额补助

5 创立分段改造计划，包括给予分阶段对整个房屋的补助，例如：

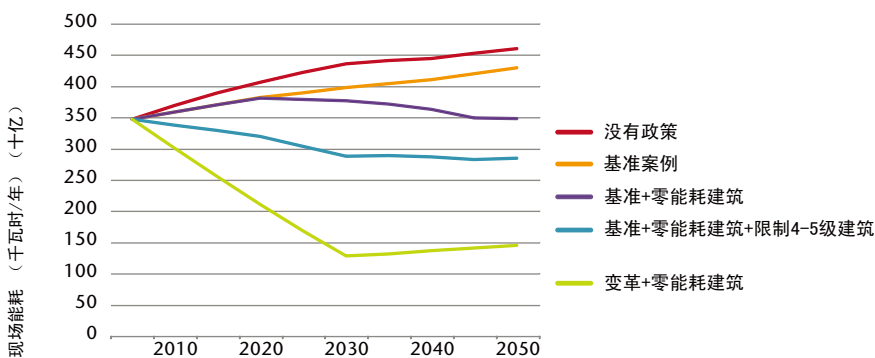
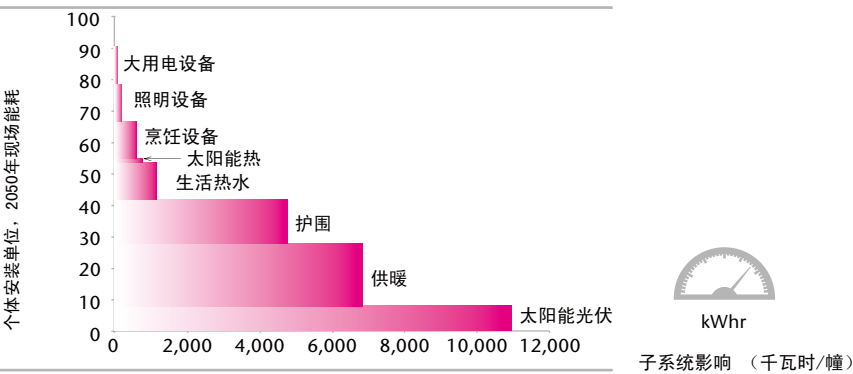
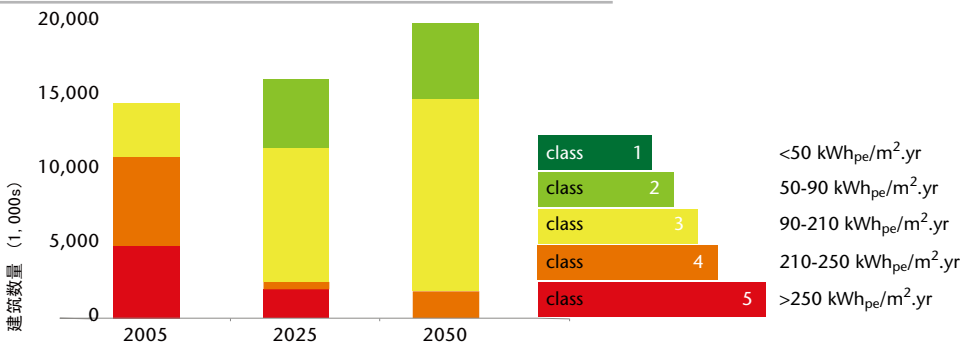
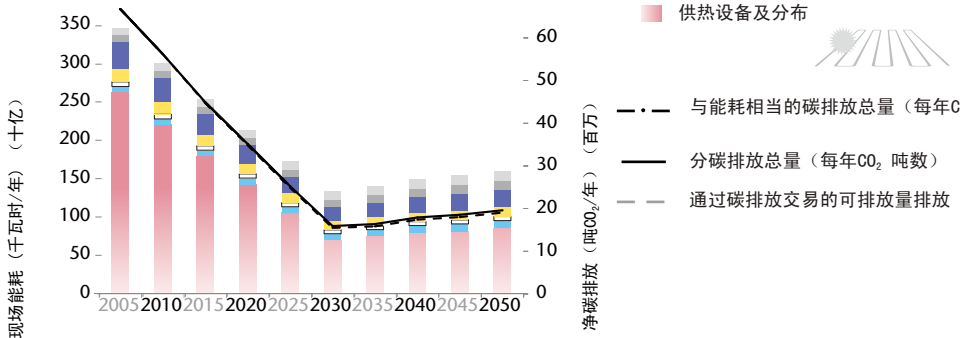
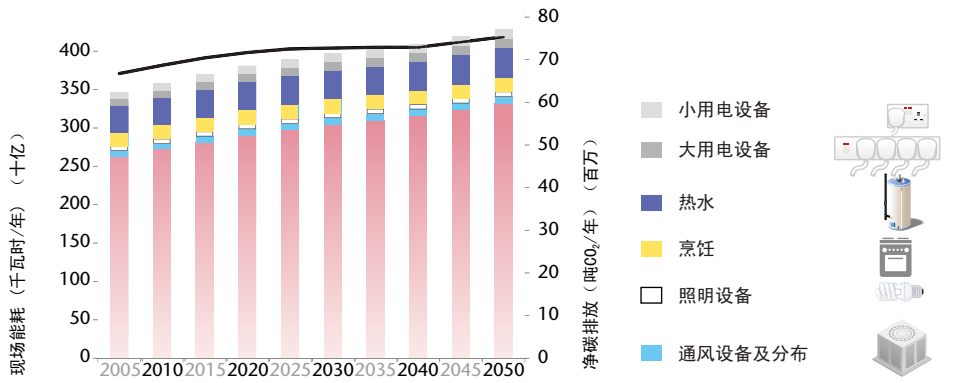
阶段1：外墙隔热性能

阶段2：高效设备

阶段3：可再生能源现场发电

6 介绍提高认识和发展有关通过能源机构落实节能的良好习惯运动

7 教育、培训和调教在建筑/改造行业工作的人员

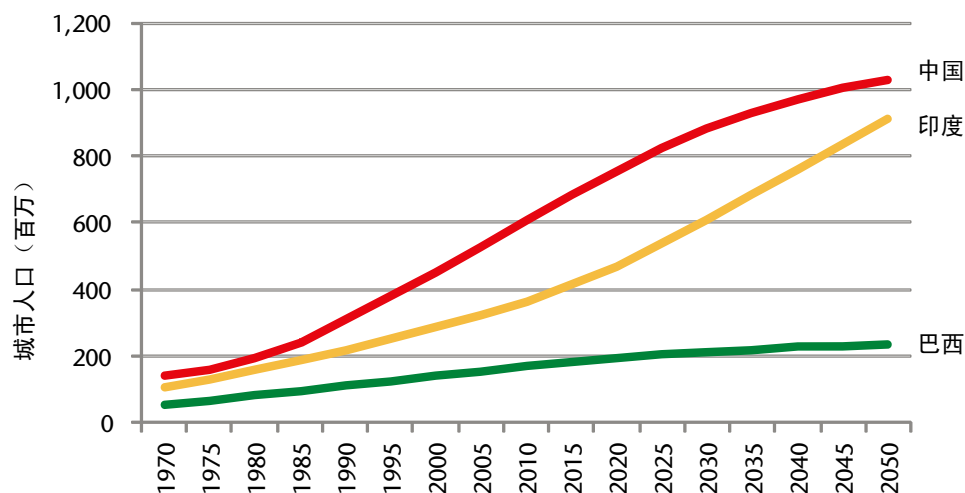


事实<sup>21</sup>

- 全球城市人口预计从2000年占总人口47%增长到2050年总人口的70%
- 2050年中国人口的73%预计居住在城市，而现在不到45%<sup>22</sup>
- 2025年孟买人口预计增长到2600万（2007年是1900万），德里从1600万增长到2300万

图20

发展中国家城市人口在增加  
(中国、印度和巴西)



## 多户住宅

多户住宅主要服务城市，在人口密度增大情况下可以很好地利用有限的空间。美国、欧洲和日本的多户住宅类建筑涵盖得到政府补贴的房屋到豪华公寓。这些地区的最受关注的是老建筑的低能效。在发展中国家，尽管有不同程度的城市贫穷，但城市居民通常与收入较高有关，而且家庭耗能也比乡村多。这就使发展中国家城市多户住宅成为降低能耗的最重要的方面之一。未来几十年这类建筑将大量兴建。

很多城市建筑土地的稀少鼓励凡是有可能就兴建多户住宅建筑，诸如新德里的德瓦卡和罗西尼新区。巴西比中国和印度城市化程度高很多，其城市化速度开始接近饱和程度。中国和印度的城市人口预计将继续快速增长到2050年（见图20）。

中国和印度都在发展新的途径来应对巨大建筑需求：

- 中国的“超级片区”：由城市提供一平方公里大小的地块，修建有主要街道。开发商在这样的地块上建设需要的所有建筑及设施，一般有2000到10000套住房单元。2008年，中国每天有10到15片这样的地块完成建设，每年增加1000万到1200万套住房。<sup>19</sup>
- 印度的综合城镇：在大城市郊区大块土地上一同开发住宅和办公楼。预计在未来5年有30到50个城市周边要兴建大约400个这样的城镇，每个城镇的人口达50万。<sup>20</sup>

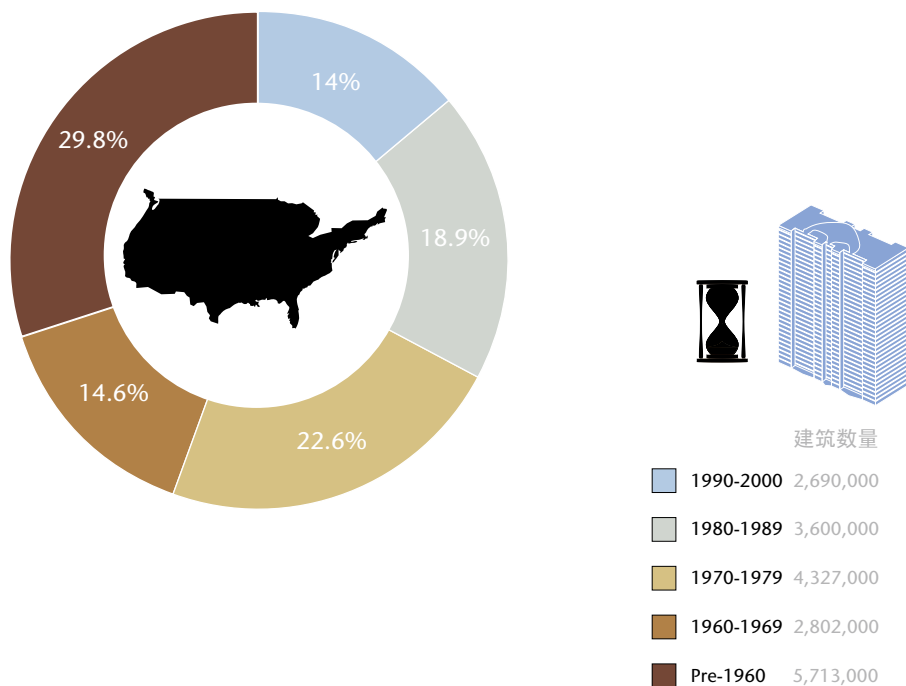


图21

美国的老龄公寓楼

## 既有住宅楼

在发达国家，主要挑战是存在大量较老的建筑，以及提高它们能效的困难和费用。

在欧洲，多户建筑大约占建筑总量的一半，但是公寓居民家庭所占面积比单户房屋少，仅占住宅总面积的三分之一略多。大多数公寓楼为1975年前所建。

在美国，45%的多户住宅建筑为1970年前所建。只有14%为1990后所建，采用更多的现代建筑节能技术。<sup>23</sup>（见图21。）

日本有4700万套居住房屋，<sup>24</sup>其中40%为低层和中等高度的多户公寓建筑内单元。98%以上的公寓为1960年后所建。

日本公寓面积平均为48平方米，这一数字从2000年到2005年每年增长约0.4%。而单户住宅面积一般为128平方米。绝大多数公寓出租而不是销售。

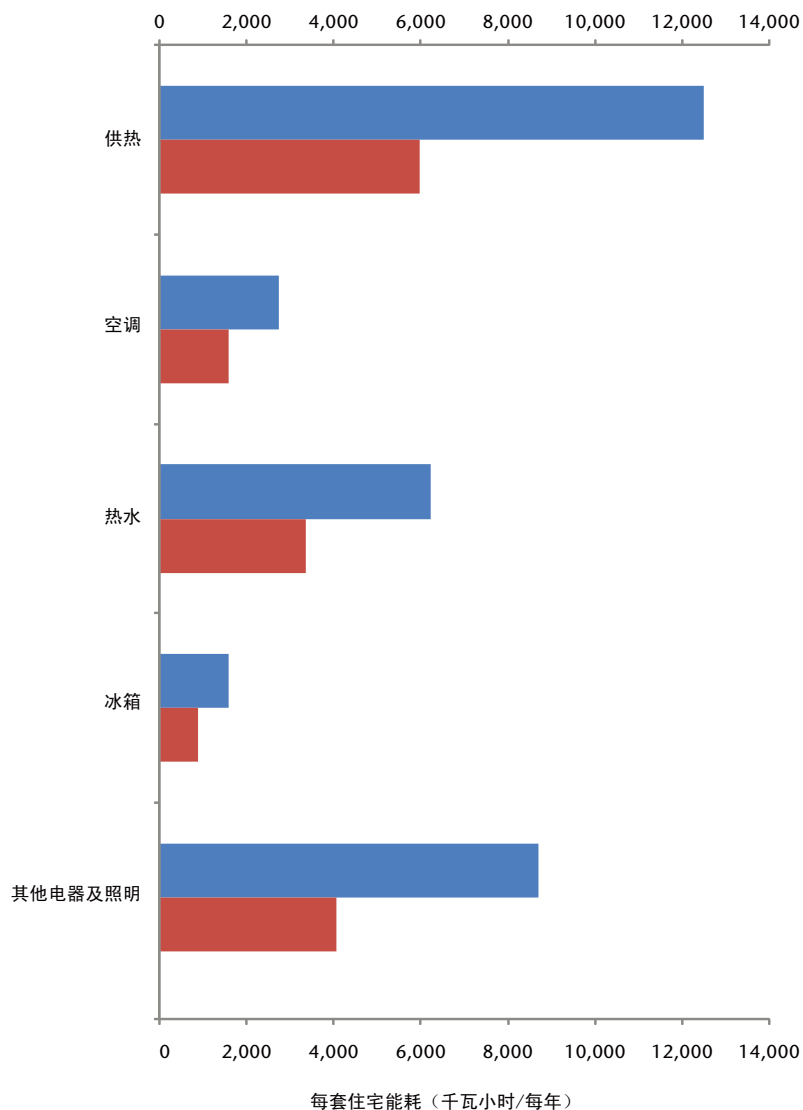
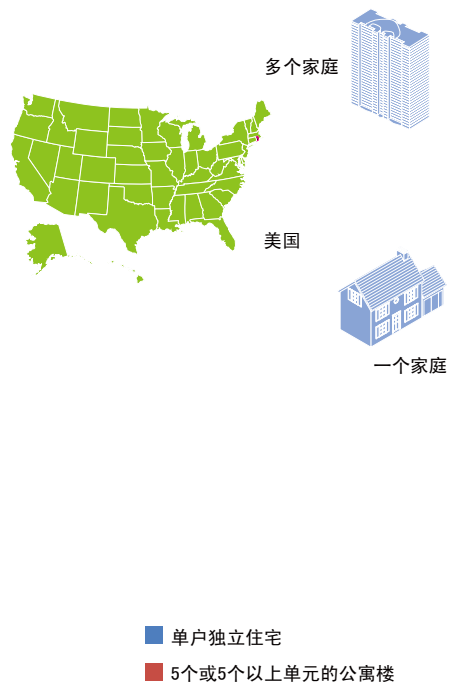
2005年，日本家庭住宅平均2.55人，1990年为2.99人，1960年为4.14人。独居住宅的数量在2000年到2005年间增长了12%，几乎占有所有住宅的30%。

## 事实

- 在法国1400万套公寓中，68%为1975年前所建
- 美国45%的公寓为1970年前所建
- 在日本，98%以上的公寓为1960年后所建<sup>25</sup>



图22  
5个或5个以上单元的公寓楼最终使用的能耗



事实

- 中国北方城市的采暖能耗为31.6瓦/每平方米-每天-每度，而乡村为2.34瓦
- 日本房屋出售和出租不带取暖和空调设备。住户自己购买他们的设备，搬家时带走。

能耗

公寓单元比单户住宅能耗低得多，因为它们面积较小，户内人口较少，外墙面积也较少。在美国，有五个或更多单元的公寓用于取暖、照明和其他家用电器的能耗只有一般单户住宅的一半，空调、生活热水和冰箱的能耗低40%以上。（见图22。）

在发展中国家，城市人口的生活标准和舒适度在上升，促使耗能的家用电器和设备普及度在增加（见表4），这就等于每户家庭的能耗增加，虽然家用电器效率的逐步提高可能部分抵消增加的能耗。在中国，空调销售量的增加将造成总能耗的增加，到2020年销量将翻三番，尽管效率提高40%。<sup>26</sup>

设备类型	市场占有率 (%)
彩电	137 (每个家庭超过一台)
洗衣机	97
冰箱	92
空调	88

表4

中国城市家用电器广泛普及

## 节能的障碍

多户住宅的高租金（见表5）造成房主和住户之间收益错位。供能和收费的方式也是问题。（这两个问题在本章引言中予以叙述。）

其它障碍有：

- 财务制约 — 多户住宅的住户大都是低收入家庭（特别是在发达国家）。虽然节能收益可占他们收入的相当比例，他们也比别人更难于拿出钱来用于有效投资，特别是为达到最佳节能结果进行全面翻新：围护改进（隔热和窗户）以及更换采暖和空调系统。效率提高50-75%曾经有记载，但通常都可达到30%。<sup>27</sup>
- 市场结构 — 市场高度分散：很多小房东，一些管理多座建筑的公司业主（通常在当地或地区市场），以及公有住房管理机构（大部分也是当地的）。
- 误解 — 在市场上人们仍认为建造节能的多户住宅比标准施工昂贵得多，尽管事实正好相反。在新建项目，能耗降低20%是可以达到的，若采用系统化做法后会更高。成本是有限的，在一项研究中，只增加2.4%的成本（共16幢建筑，每幢3个到90个单元不等）。<sup>28</sup>

### 事实

- 在美国，能耗费用包括在月租金中，四分之一以上的公寓住户是这样，主要是在比较老的建筑中。<sup>29</sup>

国家	多户住宅租用比例 (%)
法国	75
日本	75
美国	83

表5

多户住宅大都出租



## 多户住宅案例 — 中国北方

中国城市地区大部分房屋为多户公寓楼（很多城市超过90%）。城乡之间人口流动刺激建筑业快速发展，大大增加了能源需求。中国城市居民预计从2005年到2025年将增加3.5亿——比美国现在的人口还多。<sup>30</sup>

采暖占中国北方城市家庭能耗的三分之二以上，大都由以煤为燃料的区域供暖系统提供。

生活标准的提高和人口的老龄化使城市人均居住面积增加，从2000年的20平方米增加到2005年的26平方米。中国的住宅能耗也由于生活富裕度的提高而增加。到2020年城市电视机拥有率预计上升到每户1.6台，空调机每户1.2台。

### 节能的障碍

允许和鼓励低效采暖方式是节能的主要障碍，包括：<sup>31</sup>

- 造成围护结构缺陷的施工方法和不够严格的建筑规范
- 建筑节能规范尚未得到全面、严格实施
- 节能激励机制欠缺，因为不论消耗多少，供暖价格固定不变，而且没有全部反应生产和供应的实际成本
- 过时的供暖系统设计，包括燃煤、仅提供供暖的锅炉，以及户内没有合适的供暖控制

### 本研究的模型

我们对北京典型公寓建筑进行了分析：

- 有36个单元的六层公寓楼
- 每套平均面积77.3平方米，每套三个人居住
- 建筑量年平均增长率与中国城市人口预计增长率相一致

既有建筑总体构成用8个参考模式予以说明。未来构成的变化反应生活标准的提高，家庭能耗增加，预计到2020年的情况将相似于现今日本的情况：

- 空调和中央供暖更加普遍
- 热水消耗增加76%以上
- 照明用电增加200%，家用电器和电子设备用电增加325%
- 改善建筑护围（隔热，窗户）

## 模拟

我们分析了模拟以下变数效果会出现的不同情况：

- 没有新政策（基准情况）
- 为节能资本投入提供财务激励
- 在能源成本中增加CO<sub>2</sub>排放费
- 对整体能效高的建筑予以补贴，禁止能效低的工程
- 限制不利建筑节能的具体技术、材料和方法

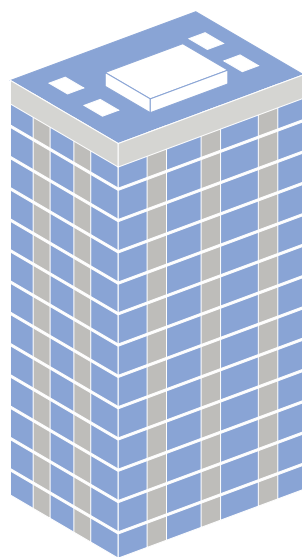
基准案例模拟结果显示本类建筑的总能耗从2005年到2050年增长

三倍以上（见图23）。在此基准情况下，对建筑的个别组成部分（部分护围结构、采暖空调设备、暖通空调系统控制以及生活热水）所提供20-35%的基本资助，产生的影响非常小。

甚至在采取代表“变革”的政策（如：补助节能建筑和禁止非节能建筑施工）情况下，到2050年能耗仍将增加61%，因为建筑总量的高增长和生活标准的提高，抵消了每座建筑能耗的降低（见图24）。但是，2050年的能耗和CO<sub>2</sub>排放量要比不采取新政策的基准情况要低一半。建筑能效等级在一段时期内的变化应在建筑舒适度水平的提高而能耗上升的背景下予以审视。因此，会出现向下变化，即到2050年大部分此类建筑将处于3级水平（该分级划分以2005年每户能耗为基准。）

我们还分析了与中国北方有关的其它几个模拟案例，包括通过加装热量表、户内控制阀以供业主调节、和按实际用热量收费等来改善区域供热系统的用户端控制所产生的影响（见图26。）这些结果表明，使这些方法成为新建筑和既有建筑改造的强制性措施，可以大大改善节能。模型显示，随着建筑进行如此升级改造，从2005年到2050年每座建筑的采暖能耗平均下降76%。节能收益大幅度超过成本。（见图27对每个模拟节能情形的总结）。

“变革”案例相对于基准案例的成本加价平均每年为120亿美元；但是这可以几乎由每年相等数量的能源成本节约抵消。可在5年或5年内实现回报的节能投资，约占建筑总投资的5%，可使能耗降低近60%。



多户住宅

## 基本案例

多户住宅类建筑的能源消费和二氧化碳净排放量在现有政策的情况下—中国北方多户住宅

## 变革

在转变的情况下，多户住宅类建筑能源消费和二氧化碳净排放量—中国北方多户住宅

## 转变

在不断变革的情况下交换现有的建筑能源—中国北方多户住宅

## 子系统的影响

2050年在独立建筑中安装子系统，它们对建筑能源的影响

## 政策案例

不同的政策下多户住宅类的建筑能源应用效果不同—中国北方多户住宅

图23、24、25、26、27

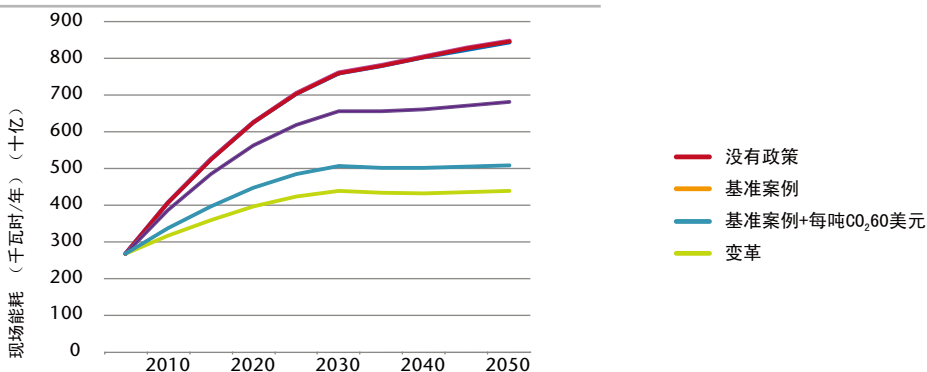
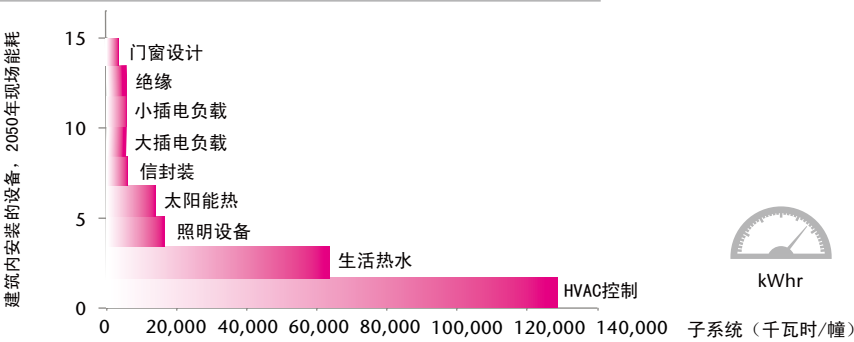
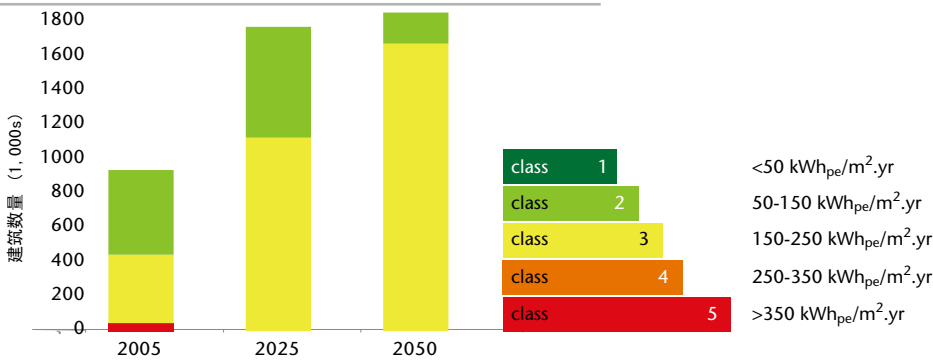
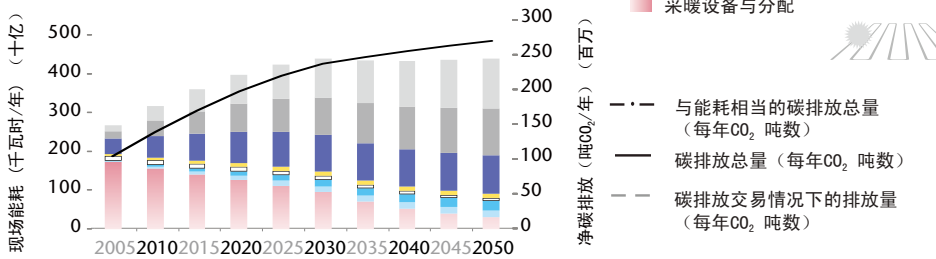
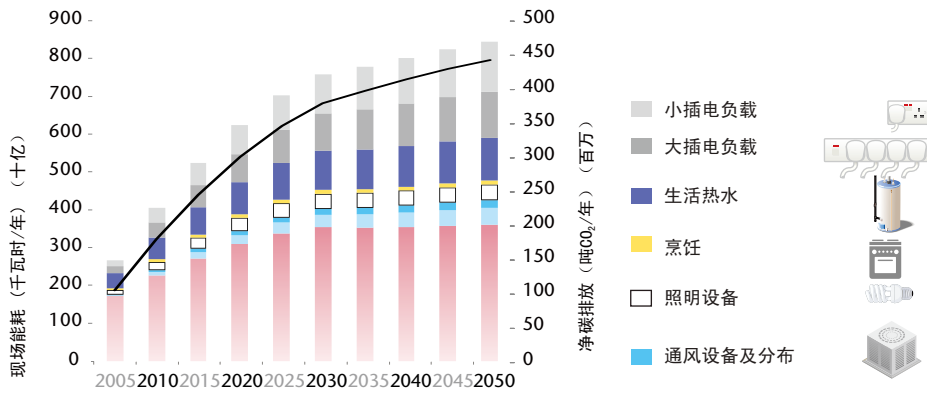




## 对多户建筑的“变革”建议模型

模型表明需要采取强有力的措施实现“变革”：

- 1 实现公寓建筑能效评测；引入标识系统以提供透明度，并且执行趋向严格的建筑能效规范
- 2 强化建筑规范实施，并确保充分的审计和实施监督能力
- 3 提供高额补贴以提高既有和新建筑的能效，包括对现场发电上网价格补贴
- 4 要求分表计量，分户控制、按实际用量收费
- 5 修订法律框架以克服公寓建筑集体改造的障碍
- 6 实行淘汰低能效建筑的规定，包括自2020年，新低层建筑实现零能耗
- 7 公有房屋的政府管理当局和其他业主应对其下属物业进行改造
- 8 动员和鼓励业主、项目开发商、住户改变行为，强化对改变行为的认识
- 9 教育和培训开发商、建筑师、工程师和建筑交易人员，提高对规范要求的理解，说明整体设计的优势，并减轻对较高成本的担忧
- 10 促使能源服务公司成为有效的能效管理机构，为建筑业主特别是公有房屋管理机构服务
- 11 倡导所有新建低层建筑的使用现场再生能源发电





“公司外包房地产；他们不把房地产看作公司的主业。”

— 2008年10月 纽约 EEB 融资研讨会与会者

## 办公楼

在大多数国家，办公楼是商业建筑中建筑面积最大的。办公楼建筑在中国的发展及其迅猛。在过去的几年里，每年新增建筑约20亿平方米。等于日本既有建筑面积的三分之一。

办公楼从小型、一层楼、多用户建筑到摩天大楼，形成了所有大城市的天际线。办公楼比其它建筑新。美国大约60%的办公楼为1970年后所建，意味着采用节能技术比住宅类建筑可能更普遍。

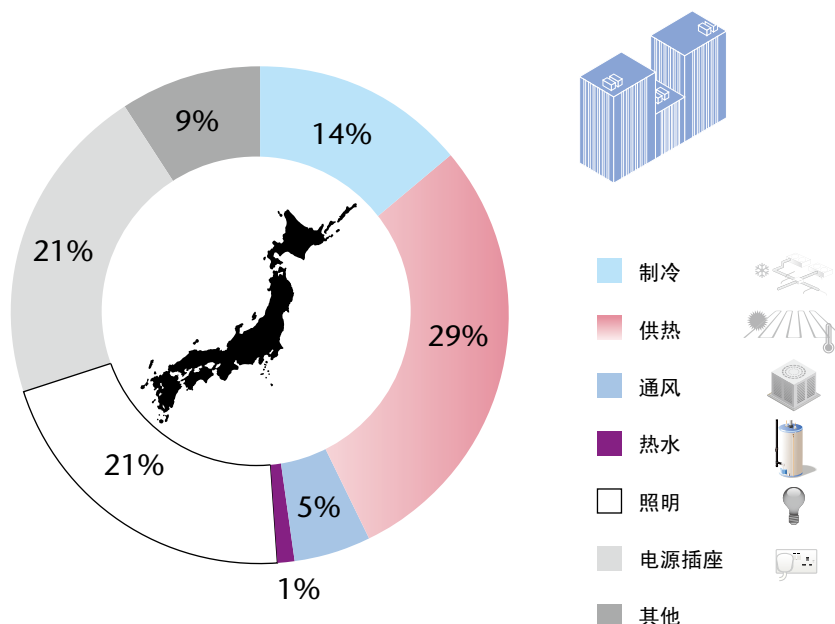
市场结构正在变化，因为新的工作方式使人均办公面积减少。外包、移动办公、使用信息和通讯技术意味着人们可以更多地在家里办公。结果可能是大型办公楼减少，空间更灵活。

很多办公楼归政府所有，特别是在印度，表明需要公共领导。其它很多办公楼属房地产投资公司所有，由租户租用，这会造成收益错位情况。

## 能耗

采暖、空调和照明是办公楼建筑的最大用能部分。取决于办公楼的类型、大小及所处气候环境，这几部分的比例有所变化，但是采暖在所研究的国家的此类建筑中均占最大的部分。在美国，采暖占办公楼能耗的25%，而空调仅占9%。在日本，采暖占总能耗的29%，是最大的部分。（见图28。）在新建筑中，采暖能耗趋于少得多，空调仍保持相当高，而插座电器负荷趋于成为主要能耗。电脑和其它办公设备的使用增多是这类建筑面临的一个挑战。IT设备（包括数据中心）的温室气体总排放每年增长约6%。<sup>32</sup>另外，除了这些设备的直接能耗，其使用中的散热，增加了空调和通风的耗能。制造商们在降低其产品的能耗，但是这些能效改进被更多的数据处理需要所抵消。

图28  
日本的办公楼能耗



## 地区要点说明

### 中国

办公楼宇约占中国商业建筑的三分之一，但随着零售业和学校建筑发展增长，这一比例预计到2020年将下降到29%。但是办公楼建筑预计增长70%以上，即在目前35亿平方米的建筑面积基础上，到2020年另增加25亿平方米以上。

办公楼宇总能耗预计平均年增长7%，直到2020年，但是采暖能耗预计保持相当稳定，因为建筑供热、隔热管理得到改进。相比之下，由于办公楼宇的总面积增大空调能耗将每年平均增长12%。其它用能部分，例如照明和办公设备，预计每年增长10%（见图29）。

### 法国

办公楼类建筑在建筑业最具活力，1986年到2004年增长54%。<sup>33</sup>办公楼的更新快，特别是与住宅建筑相比，大多数办公楼楼龄小于15年。

采暖是法国办公楼建筑的最大能耗。通风和空调通常被认为是主要的用能部分，但只占办公楼能耗的10%。

### 印度

办公楼建筑是印度增长最快的建筑类别，反映出服务业在经济中所占份额越来越多。为满足需要，新德里、孟买和班加罗尔的办公楼每年需增加近180万平方米。7,000多家IT服务公司主导着印度办公楼市场，这些公司需要现代化高质量建筑。

### 日本

能耗的最大部分用于室温调节（48%），其中采暖又占最大比例，约为办公总能耗的30%（见图28）。关于日本的详细分析见43页国别情况介绍。

### 美国

办公楼比其它商业建筑建成更晚些。一半以上为1970年后建成。

室温调节是主要耗能部分，占40%，而采暖占其中最大比例，约为办公总能耗的25%，其次是空调和通风。除室温调节，最大能耗部分是照明，再后是办公设备用电和热水。

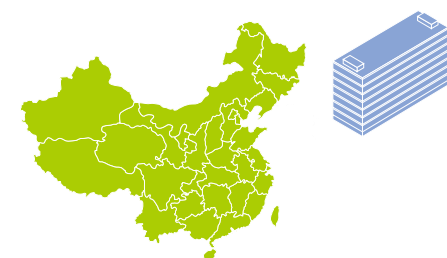
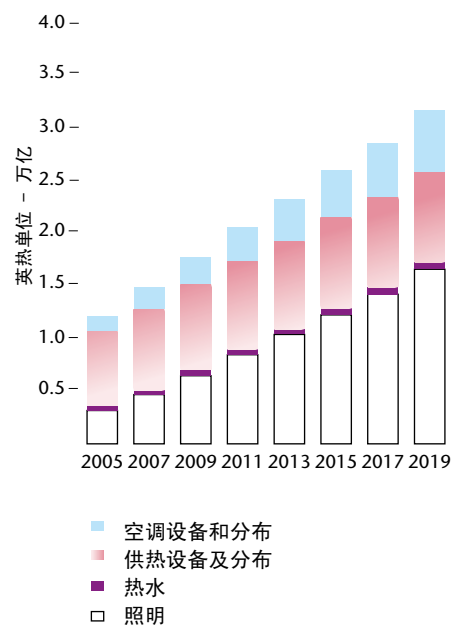
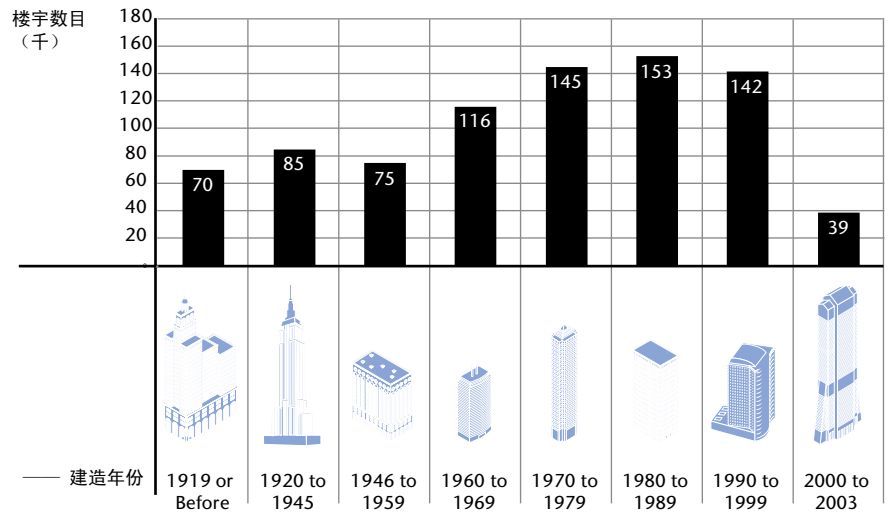


图29

按用途分，中国办公楼建筑能耗增长预测

图30  
美国办公楼建筑按建成年份划分

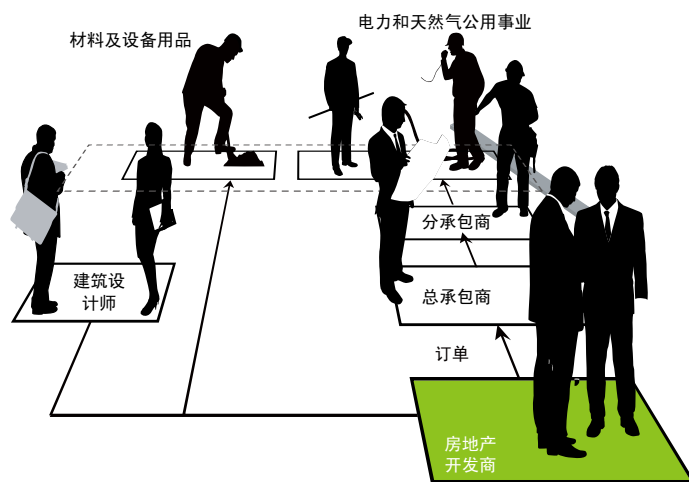


### 障碍

对办公楼建造有最终决策权的开发商或投资方阻碍了节能设计、技术和方法的采用。他们追求短期利润最大化，趋于强调初始成本而不是建筑寿命周期成本。能源成本对他们不是非常重要。尚无能使开发商和投资方把节能看得更重要的评级制度。

办公楼建筑市场的复杂性使挑战更为严峻。有很多相关方，特别是在供租赁的办公楼建造领域——开发商、建筑公司和材料设备供应商等（见图31）。还有很多业主和代理。开发商和业主有最终话语权，处在建造采购决策链的顶端。但是他们又未在工商界发挥领先作用。建筑业很少有大型国际企业，不象在汽车业和电气制造业内，世界领先的企业在节能方面发挥领先作用。

图31  
办公楼开发采购决策链



在低能耗办公楼建造方面，缺乏专业化技术、支援和领导力；没有内部能效审计师或工程师。不象工业部门的工厂，那里有专家负责节能设施。办公楼能耗比工业界少得多，因此对能源成本没有予以太多注意。

物理条件的限制也是能耗极低办公楼建造的障碍。在办公楼顶安装大面积光伏系统相当困难，因为与建筑规模相比，楼顶面积有限。

## 办公楼案例 — 日本

在上世纪八十年代和九十年代，日本政府支持推广夏季用电高峰期使用燃气制冷以节电。结果，日本很多办公楼安装了吸收式燃气冷机。由于电动热泵系统技术的快速创新，这种趋势发生了变化，就对全球变暖的影响而言这是更受青睐的技术。模型显示这一优势将继续发展（见图32）。

### 模型

我们采用模型分析了日本办公楼的能耗，并与美国的情况进行了比较。该模型基于日本关东地区面积3万平方米和美国东北部平均面积13万平方米的30层办公楼。日本的办公楼有九种不同建筑类型（参照案例）相应于各种不同组合的采暖空调系统、隔热水平、照明及其他特征，而美国有七个参照案例。

模型输出信息显示在不采取根本性措施，继续现行能源定价政策，建筑法规实施水平低，以及对购买节能建筑没有鼓励的情况下，每座建筑现场节能可以达到33%。日本办公楼数量增长为每年0.4%，总CO<sub>2</sub>排放到2050年略微下降。电网总电耗到2050年将没有太多改变，而燃气消耗将减少几乎50%，因为日本电网发电所用碳矿物燃料比例降低。

引进对节能设备的采购补贴使每座建筑的降耗提高37%（见图33），比基准案例有较小的改进。增加每吨60美元的碳排放成本没产生任何差别。如果在日本采用变革性行动和政策，CO<sub>2</sub>降低43%，每座建筑降低51%是可能的（见图34）。在“变革”案例中，建筑能效从2005年的4级和5级到2050年几乎全部变为2级（见图35）。我们发现采用现有技术和执行激进的综合政策每座建筑节能50%以上是可能的。但是在建筑增长率高的那些国家或地区，例如美国，降低总能耗和CO<sub>2</sub>排放不可能达到“变革”案例的水平。在那里，同时需要采用新技术和提高能效。

采暖和空调设备是降低日本（见图36）和美国办公楼能耗具有最大的潜力，而在美国东北部，空调设备是最具改进潜力的领域。日本的模拟表明，在这些地区吸收式冷机将被离心冷机所代替，烧燃气的吸收式冷机加热器将被热泵冷机代替。因为高效电动离心冷机将成为空调冷机主流，诸如热泵这样的技术是办公楼节能降耗的关键。

不同的政策调整方案也只使日本各种模拟情景的节能情况发生微小的变化（见图37）。只有采取“变革”措施模型显示出明显效果。我们的模拟表明即使不采取根本性措施，日本每座建筑降低33%CO<sub>2</sub>排放，美国东北部降低43%的CO<sub>2</sub>排放均有可能。但是总排放要减少相同的量会困难得多，因为美国办公楼总量每年增长1.5%。在美国，降低总能耗需要采取强有力的行动。这些发现反映在我们对办公楼提出的建议中。

收益在日本取得“变革”效果所需投资预计约为每年1.1亿美元。如果年节能8000万美元，年净成本为3000万美元。同在其他国家一样，采用仅需5年尽可实现回报的措施就获得较多比例的节能收益。

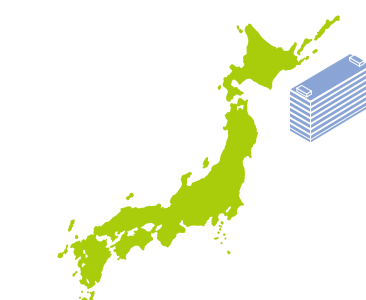
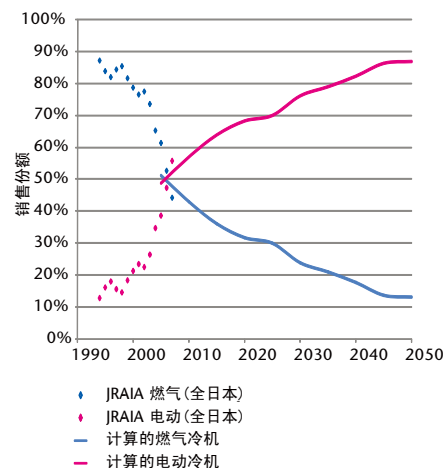
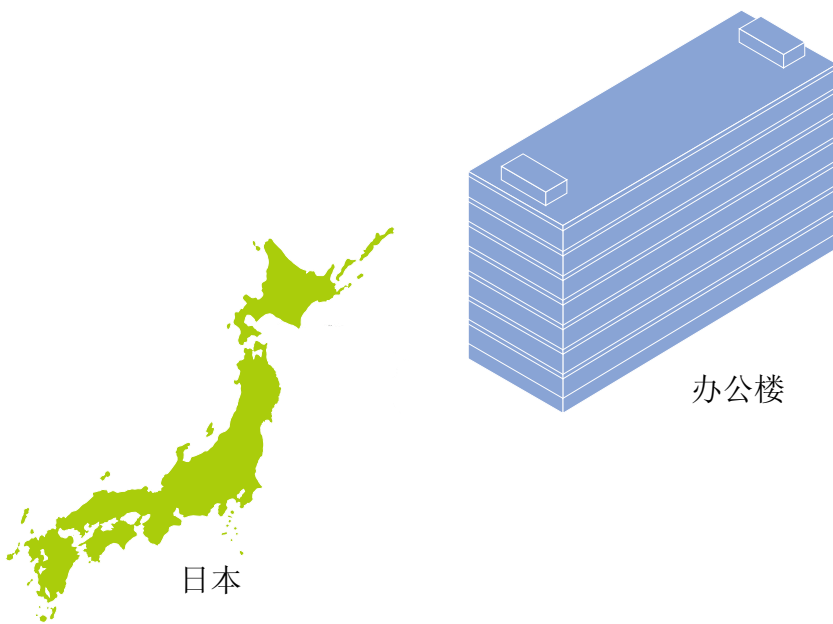


图32

日本燃气和电动冷机的历史和预测市场份额

（来源：日本制冷和空调业（JRAIA），基于计算的EEB模型）



## 基准

现行政策情况下本类建筑能耗及CO<sub>2</sub>排放-日本办公室

## 变革

变革案例中本类建筑能耗及CO<sub>2</sub>排放-日本办公室

## 转变

变革案例中本类建筑能耗级别变化-日本办公室

## 不同耗能系统影响

2050年建筑内设备安装基础及对现场能耗影响-日本办公室

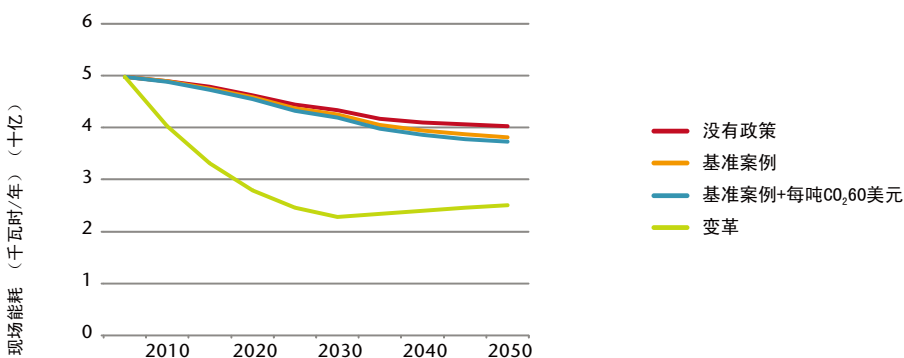
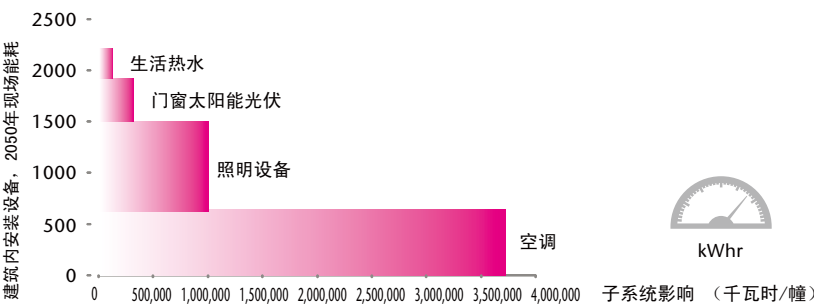
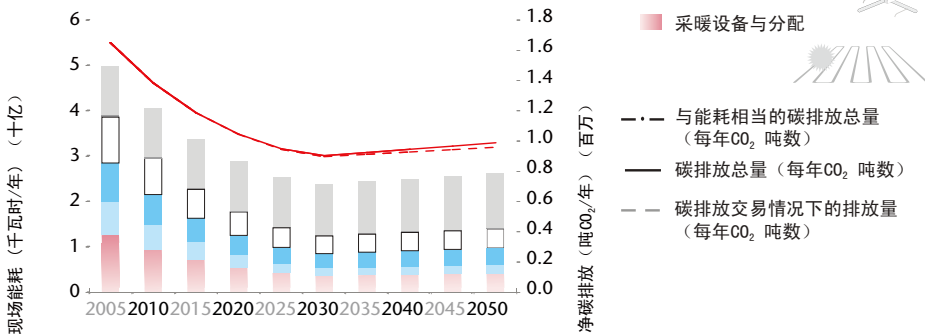
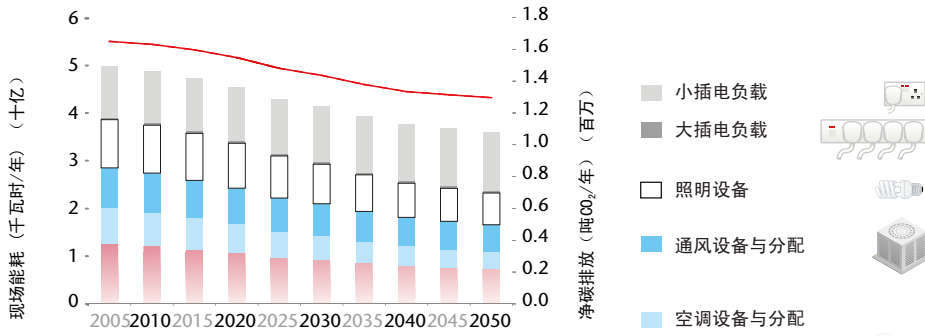
## 政策影响

不同政策情况下本类建筑能耗结果-日本办公室



## 为办公楼提出的“变改”性建议

- 1 审计办公楼能效；引入标识系统以提供透明度，并且执行日益严格的建筑能源规范
- 2 给与高额补助以获得既有和新建筑的高能效
- 3 制定淘汰低能效建筑、设备和照明的规定
- 4 在多用户办公楼中，要求分户进行控制，并根据各户实际使用收费
- 5 对采用集成化设计方法的开发商进行激励
- 6 推广能源服务公司，对大型办公楼宇，特别是公共建筑，进行有效的能源管理
- 7 推进节能设备和照明系统的研发
- 8 倡导所有低层新办公楼的开发运用现场可再生能源发电
- 9 为现场可再生能源发电提供技术方案，利用研发降低初次成本并确立改建方案
- 10 把节能纳入像健康、安全和消防检查一样的经常性检查，必要时作调整和重新验收，确保其达到设计标准
- 11 发起教育和提高节能意识运动以提高能耗和成本意识，提高设施管理工程师的地位，并鼓励更宽的舒适容许度





## 零售业

随着零售业从小店发展成复杂的购物中心，其能耗日益增加。在本建筑能效分析中，我们集中在“商业”部分，主要涵盖非食品类零售，尽管购物中心可能包括餐饮服务和超市。<sup>34</sup>

发展中国家效仿欧洲和美国的趋势，摒弃街道商铺，而发展了较大的超市和购物中心。我们集中讨论这些部分，因为这是正在发展的国际现象。此外，网上销售继续扩大市场份额，这一趋势看来将影响现有的商店。

商店耗能主要取决于销售量和销售面积，两者都在增长。2001年到2005年销售总额增长35%。

### 所有权

零售业仍然是一个比较零散的行业，但是集中度和国际化正在增长。规模经济可能有助于节能。

美国的集中度最高。印度是另一个极端，有1,500万零售网点，<sup>35</sup> 其中大多数是家庭店铺，每家只有几个分店和少量雇员。（见表6。）

表6  
销售业的集中度  
(来源: Eurostat completar)

国家	商店数量/千居民
印度	22
南欧（葡萄牙、希腊）	17
日本	10
英国、荷兰	7
美国	3.8

### 零售业能耗

美国商业零售部分占商业能耗的16%。欧洲零售共占商业部分能耗的23%。耗能强度取决于零售网点的类型。餐饮服务和食品销售比其他形式耗能多很多，而街道商铺耗能最少。

零售的主要耗能是暖通空调和照明。这对街道商铺和购物中心是同样的，但是购物中心比较小的商店空调所占能耗份额要多。

### 趋势

不像其它行业，零售业能耗强度新店比老店高（见图38和39）。在美国，单位面积能耗强度从1995年平均每年每平方米310千瓦小时增加到2003年的351千瓦小时，几乎增长15%。耗电的增加更加惊人，反应出照明和设备用电量较高。

#### 事实

- 排名前100家零售公司占美国总零售营业额的34%
- 中国前100家公司仅占零售市场的10.5%



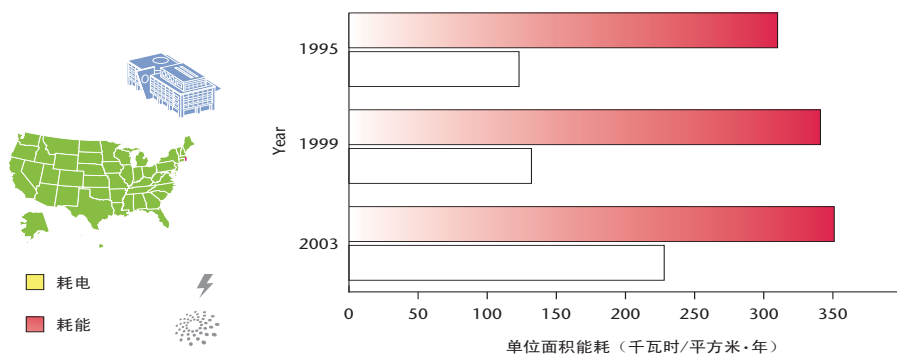


图38

零售业的能耗在增长

购物中心的耗电量增加特别明显（见图39），与1959年前建成的购物中心相比，1990年后建成的购物中心每平方米耗电多出一倍还多。<sup>37</sup>

### 障碍

零售业能耗强度增加有几个原因：

- 对零售业经理来说，能耗没有放在最优先位置，因其在经营总成本中所占份额小。
- 大多数零售业经理对复杂的能源问题知之甚少，不光跨国零售企业，小零售商更是如此。
- 照明占零售业最终能耗的份额巨大，但这杯看做是“销售力”的一部分，是吸引顾客的因素；因此，照明水平（和能耗）在很多形态的零售业中日益增加。
- 温度舒适有利于零售业的销售（顾客不应感到太热或太冷），大型购物中心需要有舒适的公共场所，以及店铺本身也应该舒适明亮。
- 商店延长营业时间（每天增加小时数，每年增加天数），导致能耗上升。

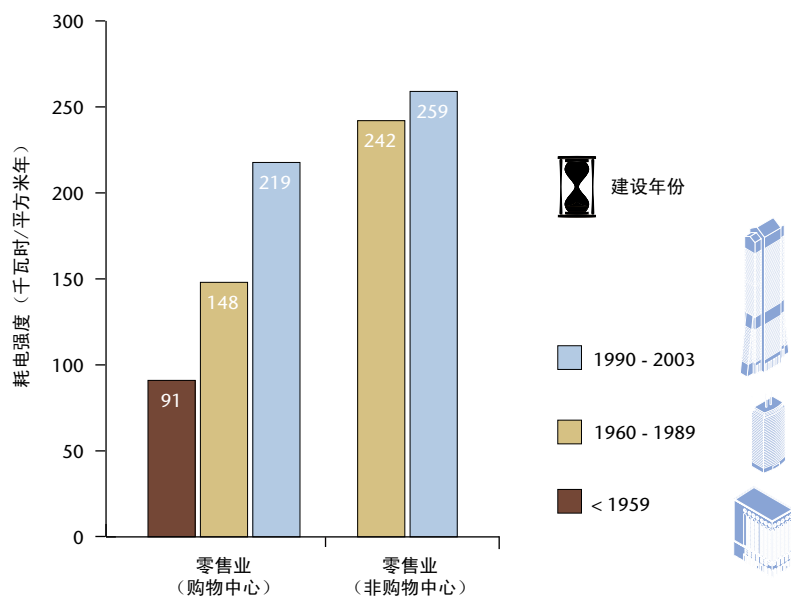


图39

新零售建筑耗电较多

## 购物中心的节能降耗

随着经济的发展，零售业趋于从小的街道商店搬迁到新的购物中心，以其店铺种类齐全和其他特色招徕顾客。

照明在温暖气候地区典型购物中心的总能耗中几乎占一半。其中大部分是在商店内而不是公共区域，店内耗能大约是总耗能的四分之三。其他主要耗能是暖通空调。餐馆是耗能大户，占购物中心总能耗的五分之一。（见图41）

这些平均比例值在实际中有较大差异，即使是在相似气候，采用相似技术的相似购物中心。例如，最节能的和最耗能的台柱店（购物中心的主要租户）之间能耗可以有三倍之差。

采取几项措施就能明显地降耗，而且投资回收期短：

- 安装智能计量表，这样购物中心的店铺就能知道各自的能耗，促使他们采取行动
- 太阳能光伏和热电联产替代一些网电
- 改变购物中心内外照明
- 改进空调和通风系统
- 外部玻璃幕墙的遮荫

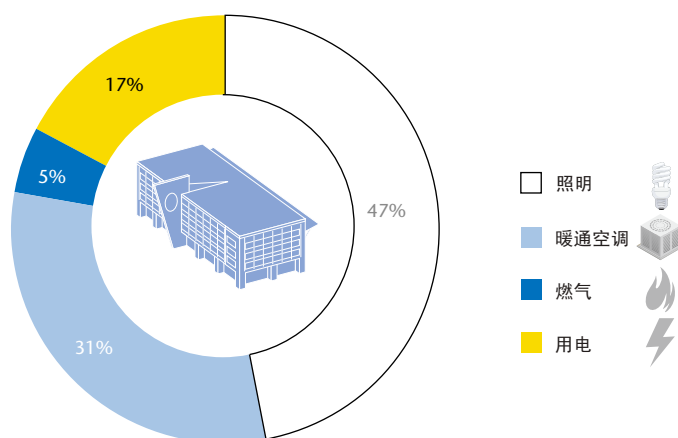
智能计量表促使店铺经理们改变行为，得到最佳经济回报，时间不到四个月，投资4万到13万美元，降低了能耗，成本不到每一千度电40美元。

但是这不可能产生大量节能的结果。但是其作用足以使购物中心在官方标识等级划分（诸如欧洲的A—G模式）中从一个等级上升到另一个等级，而节能可能不到购物中心总能耗的1%。

每个购物中心平均若采取上述全部措施需花费400多万美元，可以实现大量节能，并且不到四年就可以收回投资。

图40

照明是购物中心的主要能耗



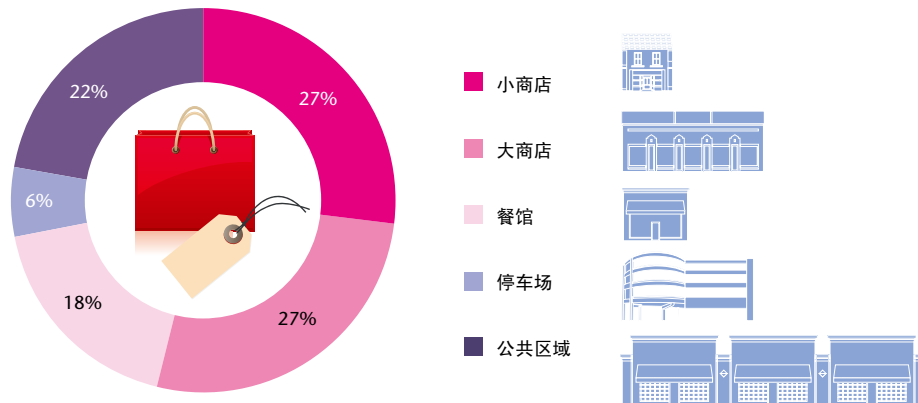


图41

购物中心的能源利用

有一个实例，一个购物中心的运营商投资不到300万美元，采取一套节能措施，使能耗下降37%。整套措施投资的回报逾五年。单个措施的回报期不等，从0.2年（利用外界空气自然降温）到近18年（改变外部照明）。

本实例中的最大节约来自安装光伏板和智能计量表。这两项占总投资的68%，占总节能的75%。平均投资回报期为4.8年。

## 超级市场节能

沃尔玛和乐购两家超市公司通过大胆的店面设计实现节能。沃尔玛公司正在试验节能超市，逐步100%地采用可再生能源。2008年1月，沃尔玛的四个新一代节能超市中首家开业，在2005年的基础上节能25%，冷媒使用减少90%。（另见乐购的案例研究。）

### 案例研究：乐购

乐购自2000年以来使其英国门店每平方米能耗降低一半。2009年曼彻斯特的一个超市开业，它比2006年建成的同等超市碳足迹减少70%。碳足迹的减少得益于设计、材料和技术的综合措施，包括用木框架代替钢框架，用屋顶自然照明减少人工照明，制冷系统采用CO<sub>2</sub>作为冷媒。在减少70%的碳排放中，31%通过节能措施获得。

超市的屋顶安装特殊窗户，使过滤后的自然光可以照射到地板。玻璃重量轻，两层中间充满胶质，光可以透过而不会使店内温度上升。在办公室内，镜面管道把光反射进来照亮暗处。随着自然光增强，照明系统自动把照明灯分别调暗。



## 为零售业提出的变革建议

- 1 审计零售业建筑能效；引入标识系统以提供透明度，并且执行日益严格的建筑能源规范
- 2 给以高额补助以获得既有和新建筑的高性能
- 3 制定淘汰低能效建筑的规定
- 4 为照明和暖通空调建立单位面积能耗限制
- 5 零售商参加节能意识公共活动，提高他们的节能信誉度和节能意识
- 6 提供改进的技术方案，利用研发降低初次成本，增加节能
- 7 要求购物中心内零售单位采用智能分户计量
- 8 对开发商采用整体设计工作流程而达到节能引入激励机制
- 9 为所有新建零售设施的倡导现场可再生能源发电



### 3. 为了改变采取行动

我们的模型和分析强调整个建筑业转型的必要。没有快速有效的行动，建筑业的能耗到2050年将等于运输和工业能耗之和。我们的研究显示，我们能够大幅度地降耗，节约的能源等于现在整个运输业的能耗。特别是推演了所研究的六个地区整个建筑业2050年的模型，我们预测节能和CO<sub>2</sub>减排可以达到60%，而这尚未计入反馈给电网的可再生能源发电。（见图42）

即使建筑数量预计大量增加，这样巨大的节能仍是可能的。但是，目前的政策、财务安排和行为将不会促使企业和个人做出必要决定。建筑业的企业将会不断有所改进，但是没有较强的市场信号和法规的改变不会发生所需的变革。

在不同建筑类别，存在共同的问题。初始成本和短期投资回报要求是住宅和商业建筑的主要障碍。我们发现人们对能耗和如何降低能耗普遍缺乏认识。能耗对很多建筑使用者不是优先考虑的问题。提高能源价格（在经济和政治可以接受的范围之内）不会对此有太大的改变，因为能源成本对大多数使用者通常重要性较低。即使认识差距消除，在目前情况下建筑业主和用户也不会进行必要的投资。其它非财务（或行为）障碍也意味着，即使投资在经济上是合理的，企业和消费者也不会投资。<sup>38</sup> 简言之，大多数建筑业主和用户并不太理解能耗，也不太关心能耗，因为初始成本太高，而且节约太少，致使惰性得到强化。

克服这些障碍不仅能够达到节能目标，而且还创造工作和商业机会从而支持经济增长。但是，只靠市场力量变革不会出现，因为财务、组织和行为障碍太大。只有出现下列情况时变革才会发生：

- 政治意志和企业领导把建筑节能放在头等优先地位，这样，行为改变、节能设计和技术就成为标准
- 节能投资具有优惠和可靠的经济回报，因为：
  - 能源价格（包括碳排放价格）一直居高不下，这将使节能收益显著
  - 创新型金融模型提供资金并共担风险
  - 设计和技术创新把初始成本降低到可行水平
- 企业、政府部门和其他方面通力合作，在发展经济中落实节能解决方案，以便在提高生活水平的时候限制能耗的绝对增长。

“政府和企业也应该做出正确行动。否则会给人们不采取任何行动的借口。”

- 2008年7月  
建筑节能行为研讨会与会者

“能源是看不见的。我们需要把它变成可见的。”

- 2008年8月  
建筑节能行为研讨会与会者

“碳排放税不是激励使用者行为改变的途径。每吨30美元的碳排放税没有多大财务影响。”

— 2008年10月  
建筑节能行为研讨会与会者

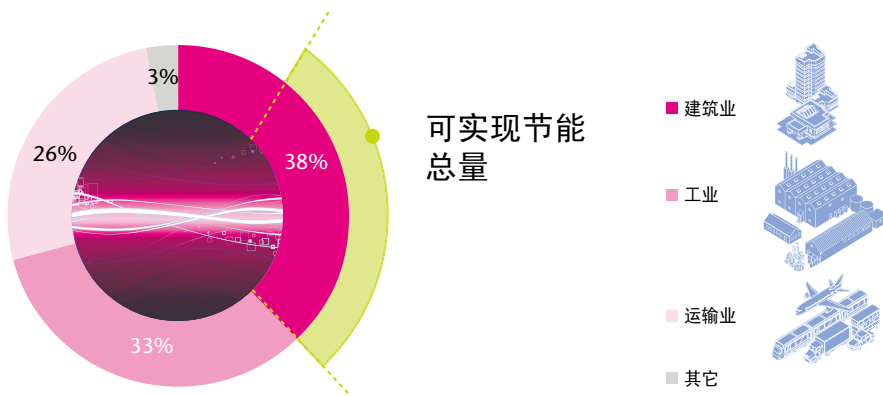


图42  
建筑节能等于今天运输业的耗能

## 行动建议

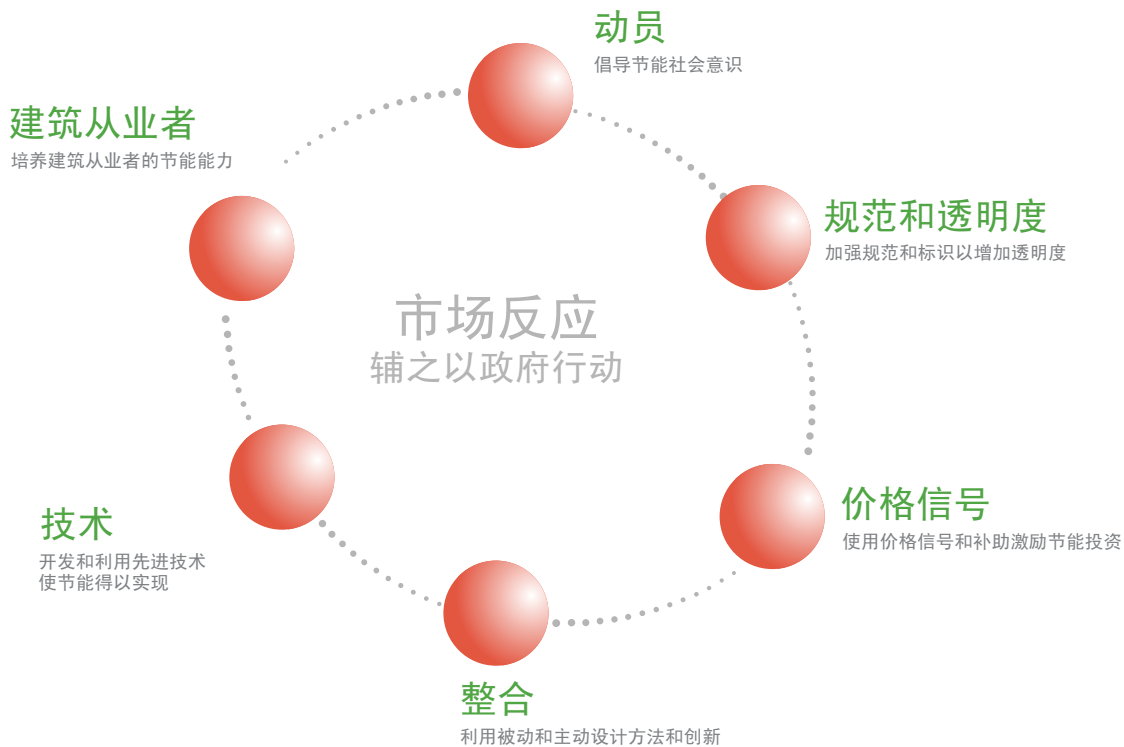
建筑业的必要变革需要企业、个人和政府立即和充分的行动。政策和许诺远远不够。参与决定建筑物能耗水平的所有各方都要行动起来。前一章叙述了有关不同建筑类别的建议，现在为六个更为广泛的建议以刺激建筑节能的供给和需求。

本项目研究侧重在建筑业，而未包括其它更广的领域，但是我们认识到建筑节能只是可持续发展的一方面，其它还有诸如运输、城市用水和食品等因素。我们还意识到电网的能源结构的重要性，但是这些都在本项目讨论范围之外。

我们的建议需要相应地运用于各建筑类别，但这些建议又是一个全面的方案组合，应被看作一个总体而不是可以分别或者按顺序落实的一套选项。它们相互重叠相互关联，并相互强化（见图43）。它们可适用于全球性范围，但因国度不同而重点各异。它们基于对后京都协议的假设，即全球一致作出大幅降低二氧化碳排放，以应对气候变化的长期承诺，并基于各国之间“责任共同但是各有侧重”的基本原则。

图43

相互支持的建议



## 加强规范和标识以增加透明度

我们的模型，没有其它因素刺激，市场的力量不能足够快地实现变革。例如，在我们的模拟中，即使以现有水平的激励，法国单户住宅能耗增加24%。

因为挑战的紧迫性，政策干预是必要的。正确的政策组合将支持市场向降低能耗的方向有效地转变，并刺激行为的变化。现有各种政策支持节能行动，<sup>39</sup> 包括财政和金融措施以及法规。政策措施需相互配合，而不应单独和局部地运用。例如，有效的能效认证对很多财政金融措施是必需的。各政府也需要在政策上合作，协调行动，在各市场之间保持一致，实现规模经济来支持节能投资。

**我们建议，贯彻建筑规范，提出严格节能要求，逐步强化标准及实施，并与当地气候条件相适应。**

政府部门应制定并实施建筑节能高标准，并明确那些标准将随时间推移变得更加严格。这将为节能意识更强的市场奠定基础。严格的建筑规范和设备节能要求应明确规定与各建筑类别及地区气候条件相应的最大允许能耗（基于相应的指标）。它们应该适用于建筑的实际能效而不是设计水平，因为很多设计良好的建筑达不到意向的节能水平。为此，需要建立通用的衡量标准和数据报告体系，而且还要有适当的规范实施监督机制包括经过培训的监督团队。

建筑规范的节能部分对规定新建筑的标准最有效，但是在发展中国家影响有限，因其很多非正规建筑，政府的政策和法律鞭长莫及。在发达国家，应优先提高既有建筑的节能性能。当建筑转手或翻修时，利用节能规范刺激节能投资。

建筑法规的节能标准是有用的，但是更严格的标准并不一定降低总能耗。例如，一个人居住在非常大的节能住宅内，仍将耗用大量能源。

这是“双冰箱综合症”。发达国家的家庭现在通常有两个大冰箱，各自都高度节能，但是比过去有一个不节能的冰箱耗费更多能源。同样，零售商提高了照明要求，这样虽然整个系统更节能，结果总能耗还是增加。这种节能潜力的丢失有时被描述成“反弹效应”，因为行为的变化而以其它方式用掉省下的能源致使节约的前功尽弃。研究发现，安装节能灯的人们延长开灯时间而耗用可省电量的12%，购买节能锅炉的人们因为调高了温度而多耗能30%。<sup>40</sup>

因为反弹效应和“双冰箱综合症”，采用一系列能源指标是重要的。提高能效可达到降耗，但是仅此还不够。需要建立其他涵盖能耗和CO<sub>2</sub>排放的指标：

- 绝对耗能（总使用量）
- 每人每年耗能
- 每平方米每年耗能量

制定上述指标使政府管理机构能够考虑反映当地能源需求和当地文化的全面政策组合。

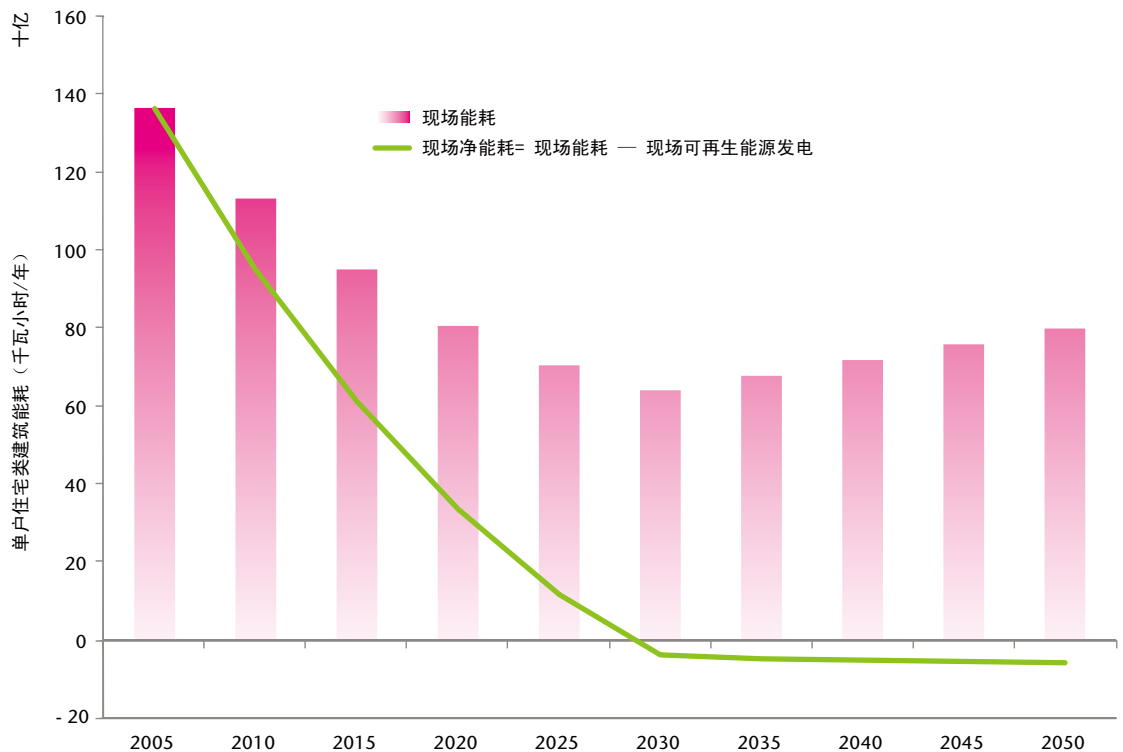
我们建议，制定适应各自地区气候条件的建筑能效衡量和标识标准，而且对非住宅建筑显示其能效水平。

如果要使节能信息对市场有影响，应当把信息公布于众。欧盟已经实施了强制性标识制度（通过建筑节能性能指令 — EPBD），这将提高对节能的重视程度，特别是在住宅方面。自愿标识制度（诸如BREEAM、CASBEE、Effinergie、LEED、Minergie和PassivHaus）已经提升了建筑可持续发展意识，尽管它们的重点不全都是能源利用。它们日益被采纳用来支持法规，并且正在开始影响市场价格。对瑞士9,000例住宅销售的研究发现，带有Minergie标识的住宅比没有标识的相同住宅销售价格高7%。<sup>41</sup>

这种标识增加透明度，刺激市场采用，并为法规提供基础。我们的模型表明，带有规定最低标准的标识计划如果能有效地落实，可以改变能源利用，取得住宅建筑零能耗的结果（见图44）。

图44

若采取“变革”案例的政策，美国东南部单户住宅类建筑将达到零能耗





标识支持市场力量，使人们便于在作有关建筑的选择时把节能包括在内。标准化的标识制度，为基于性能的严格建筑标准提供可衡量的依据。

**我们建议，引入建筑节能审计以识别节能性能，并确定改进的优先顺序。**

透明度至关重要。除非人们明了他们所使用的建筑中各系统能耗，他们就无法做出与节能有关的选择及衡量进步情况。同样，政府部门没有建筑能效的信息，他们就不能规划重大的改建计划。知识和数据不充分妨碍节能投资。

**我们建议，需要建立定期检查制度以检查建筑护围和关键系统诸如采暖和空调设备的性能。**

实际性能通常与设计有差别，并且随着时间推移而下降，除非安装正确，及时维修，并教育人们正确使用设备。例如，由于建筑结构的变化，窗户可能变得不密闭。在美国，环境保护署估计，门窗漏风通常占采暖和空调能耗的25%到40%。

**我们建议，多户建筑应采用单户控制以及按实际能耗收费的方法。**

收益错位是出租公寓和办公楼的主要问题（如第二章所述）。在多户住宅中，住户通常无法控制采暖，并且不按用量收费。这就意味着对改变行为或使用节能设备来降耗缺乏激励。提供控制和按用量收费将克服这一障碍。建筑物业主并不从用量降低中得到经济收益，但是我们的其他建议将鼓励这种投资，特别是使节能效果反应在建筑物租金时。

**我们建议，应把商业建筑执行建筑规范的情况纳入建筑健康、安全、消防和其他检查之中。**

法规的执行往往不够充分，在发达国家以及发展中国家，很多建筑超出正式批准的范围，商业建筑超出标准。这往往是因为缺少有效的检查人力，还因为建筑标准监督人员没有其他执法检查队伍（诸如健康和安全检查员）那样的权力。把建筑标准纳入与健康、安全和其他经常性审计相似的督察体系诸如商业建筑的消防检查，之中将提高执行力度。有些行业可以把建筑节能检查纳入他们的检查程序（例如餐馆食品安全检查）之中。

## 利用补助和价格信号刺激节能投资

投资者需要考虑风险，诸如未来法规和能源价格的影响。但是能耗问题对于大多数建筑业主和住户来说仍不重要，因为能耗在商业和住宅建筑业总成本中所占比例相对较小，而且其成本很少显而易见。

某些节能投资，若没有补助或其他激励，在经济上就没有吸引力。即使这些投资有经济意义，其回报期通常较长。节能投资的初始成本使个人投资者止步，回报期长阻碍公司决策者。我们的建议使建筑能效更显而易见，并更多反映在房产价格和租金收入之中。但是仍需要激励措施来帮助价格信号刺激市场。

**我们建议，政府要引入足够的税务和补助措施来刺激建筑节能市场。**

调整征税结构，使其比单一碳排放税对建筑节能投资发挥更大影响：

- 利用碳排放税收入进行补贴节能投资的初始成本
- 征收某种特定建筑税，以避免不加分别的能源税或碳排放税的潜在经济影响。这种税可以调整后的物业税形式、或单独附加，根据前面所述节能标识等级制定。这种税在整个经济中是中性的，通过对较低性能物业征税来补助较高性能建筑以增加对节能的激励。

补助此类计划应经过慎重考虑以避免意外的不良后果。例如，上世纪七十年代，日本希望分散能源利用而鼓励使用吸收式燃气冷机来制造空调。结果造成CO<sub>2</sub>排放的增加，而电动冷机效率高，并且日本电网电力CO<sub>2</sub>排放低。应避免采取激励措施鼓励对建筑的个别成分诸如窗户或锅炉进行的孤立改建，而应该把这些项目包括在对新住宅和既有住宅的总体节能设计中。

**我们建议，收费结构应该鼓励降耗和现场可再生能源发电。**

有两种途径可以使财务考虑朝节能投资方向倾斜——降低初始成本或增加早期节能。一个普遍认可的增加潜在节能的途径是提高能源成本，如果后京都协议能提高碳排放价格的话将会出现这种情况。这对较多经济体而言是有益的机制。但是我们的模型显示，如果碳排放价格定在政治和经济上可以接受的水平，其对节能投资决策产生的影响可能有限。即使较高的碳排放价格也不会增加足够的能源成本而使节能有足够的吸引力（虽然价格提高会突出节能的需要并影响行为）。

通过商业手段可能会提高潜在的节能。有些国家，电费收费做法可能鼓励浪费，因为用量增加到一定水平可享受打折。改变这一做法要增加较高消耗量的能源成本。日本已经是这种情况，第一个120度，每度17.87日元（18美分）。300度以下每度22.86日元（23美分），300度以上每度24.13日元（24美分）。

提高入网的可再生能源价格可鼓励对现场可再生能源发电的投资。在德国和法国等一些国家已经是这种情况。

我们建议，电力公司、企业和金融机构要发展创新商业模式，以克服初始投资障碍。

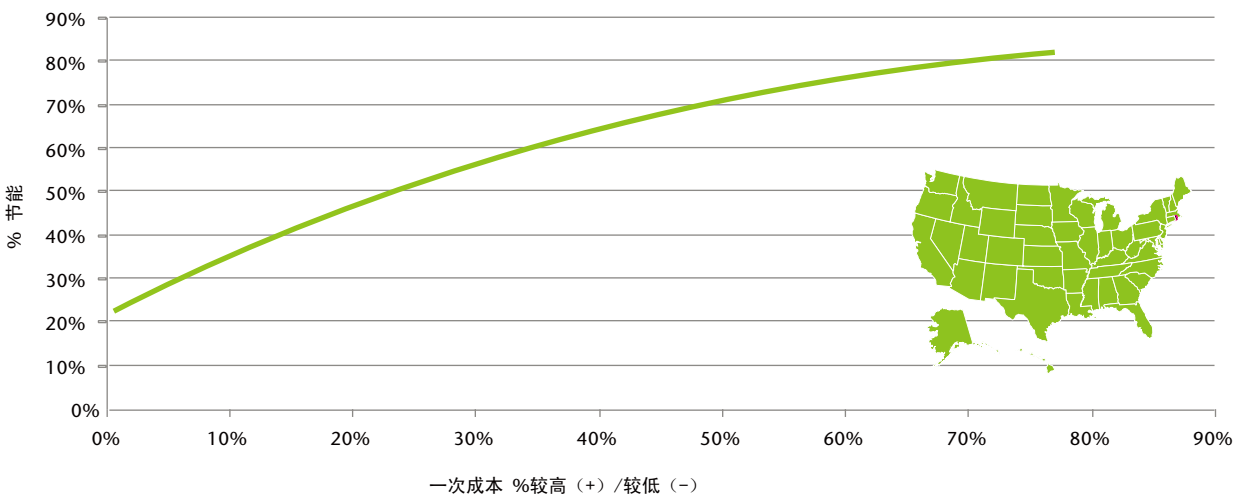
本项目模型清楚地显示，很多有潜在吸引力的节能投资达不到企业、投资者和个人的短期财务回报标准。尽管以比较适中的投资可获得显著的节能效果，对初始成本敏感的买方绝对不会采用变革性解决方案。（见图45）

一个解决方案是，向能源服务公司（ESCO）这样的企业模式学习最佳做法和经验，吸引新的资金来源。有几种机会可为节能投资打开融资大门：

- 节约扣除法 — 初始成本全部或部分由电力公司融资，然后按月收取附加费来偿还这笔费用；这些附加费针对房屋而不是特定用户
- 能源服务公司或其他供应商签约使商业建筑达到规定的节能性能，并与业主分享节能收入
- 节能合约计划使ESCO或其他各方能够提供创新性合同，来保证为客户提供的服务水平和节能收入
- 地方部门提供贷款为节能投资融资，并用物业税收费附加收回贷款
- 低能耗房屋按揭风险低，对有社会责任的投资基金有吸引力，使其更愿提供节能投资的融资。

图45

节能收益相对于初始—成本（成本效益最好的节能选择）基于美国东南部单户住宅的分析



## 鼓励整体综合设计方法和创新

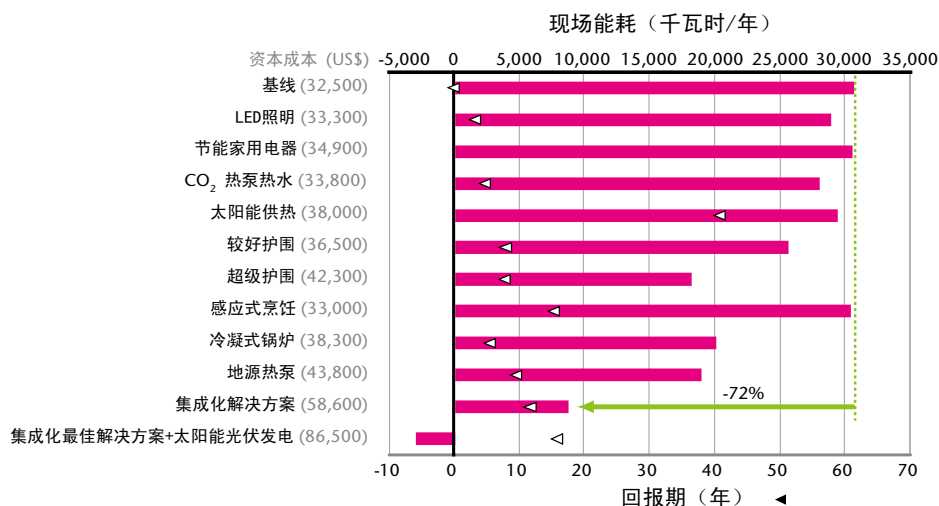
只注意个别设计或技术解决方案，例如自然通风或隔热，不会达到最佳整体效果。尽管每个组成部分节能均有意义，而获得最佳能效需采用对整体系统化方法，考虑所有的相关因素。例如，美国东南部一座房屋选项的模型显示，把各种最佳解决方案综合起来降耗达到72%，而单项最佳解决方案的降耗低于前者的二分之一（见图46）。

系统化设计从一开始就要相关各方参与。这可以避免后期采纳新的想法而引起的昂贵更改和耽搁。

综合被动和主动措施是有效建筑设计和施工的关键，因为所有单个因素共同发挥作用才能创造节能建筑。建筑护围是起始点，始于建筑的朝向和遮阳利用。其他被动措施包括热质、自然通风的昼光利用。主动措施在使用过程中节能，例如使用小型日光灯的照明和采用热泵技术的暖通空调。

图46

集成化解决方案获得最佳性能



集成化方法在建筑改建中同样重要。例如，安装节能的锅炉和热泵则节约更多的能源，若成为综合改建的组成部分（包括建筑隔热和对其它节能因素的注意）。但是采用集成化方案单项投资贵得多，因此需要分阶段进行以及（或）由其他融资措施予以支持。

我们建议，政府部门引入激励机制，鼓励开发商递交基于系统化方案的节能建筑申请。

包括被动和主动措施的整体设计方法可以降耗达70%。然而，建筑业的结构阻碍将相关各方集合到一个整体项目组中的尝试。代理人也去爱了技术创新，因为他们特别关注财务标准，导致在建筑设计上的保守做法。

需要采取措施来激励房地产开发商。现行的招投标过程妨碍系统化的解决方案的采纳。开发商的关键问题是项目得不到批准的巨大风险；大约90%的商业项目从来没有离开图纸。这就促使开发商在项目开始阶段尽量减少成本。将不同的专家在这一阶段集中到集成化设计小组中将增加成本，如果项目没获批准将增加损失。但是尽早集中会大大减少设计返工和建筑成本。

减少失败的风险对开发商是一个重大的激励。达到这一目的可以通过对采用系统化设计降低能耗的开发商，提供快速通道以及给与优惠地位，放宽某些法规也可提供某种激励，例如，允许高能效建筑比一般建筑有较高的容积率。

这样做的必然结果是，随着建筑节能规范和标准逐步严格，开发商只有通过采用全系统节能设计，才能以合理的成本满足法规要求。

**我们建议，房地产开发商应该重新构架商务与承包条件，以鼓励承包商作为综合小组的组成部分尽早介入。**

工程设计和项目参与者可能不愿意比通常较早地加入项目，因为存在潜在的附加成本，特别是影响其现金流。如果开发商采用新的商务模式，调整工程和建筑设计的典型费用结构以共担风险，让基础广泛的设计团队、系统化包括材料和设备供应商早期加入，这对开发商在金融上是可行的（如果项目在审批中获得优惠待遇），潜在成本可以得到补偿。

**我们建议，电力公司和其他利益攸关方与房地产开发商合作，特别是通过建立系统化设计小组来提高建筑工程的节能。**

有些地区的管理部门要求电力公司实现节能——开展诸如“节能积分”这样的计划，让其支持客户的节能努力，建立与建筑业的伙伴关系，承担达到规定的节能水平义务。如果电力公司可以指望新建筑节能设计取得实现节能效果，他们会愿与开发商合作创立系统化设计小组（包括整个建筑相关各方）。

**我们建议，对于具有正常程序和明确时间表的整体改进计划，应当优先提供家庭节能改进的补助和其他激励。**

家庭房产的节能改造是一种另类挑战。在这里，采用整体做法同样重要，因为进行零打碎敲地改进花费多而成效小。在隔热不好的建筑上安装高度节能的窗户对提高整体能效影响甚微。房主需要一站式商店，他们在那里很容易找到所需信息，以便以最节能和成本效益最好的方式，采用综合方法改建他们的房产。如果对系统改造提供补贴（可以分阶段进行），财务激励可以派上用场。



## 开发和采用先进技术，使节能行动得以实现

我们建议，政府部门应该为有效的建筑节能技术提供初始支援。

为了将提高能效的技术推向市场，为了降低初始成本和增加节能，研发工作是关键。对于现场可再生能源发电、提高设备和被动措施的有效性，以较低成本提高性能是必需的。政府的初始资金支援将加速这种发展和刺激市场。这将是有效的公共投资，因为市场扩大需要增加产量，最终达到降低价格。这一过程有助于最终取消为克服初始成本和投资障碍所必需的其他补助。

我们建议，新建筑和翻修建筑应设计成能运用信息通讯技术，减少能耗，并易于采用新技术和更新。

信息通讯技术可以降低设计、试运行和运营能耗。建筑管理系统（BMS）实现建筑服务诸如照明、采暖和空调的自动化控制。实例有：

- 远距监视和测量传感器
- 建筑自动化诸如遮阳控制系统
- 发电设备维护，诸如太阳能光伏系统

技术有助于提高人们对能源浪费的认识，降低浪费，特别是发达国家商业和住宅建筑的浪费水平。决策者们往往没意识到能耗实际水平，而技术只要使用得当，而不是用来替代重大节能措施，就可以提供有用信息来触发动。例如，指示家用电器耗电的智能计量表可以提示使用者不要浪费。简单信息提示就可以削减15%的能耗。<sup>42</sup> 未来的技术进步将帮助建筑运行自动化，从而进一步降耗。

我们建议，能源公司开发或改进向每个客户提供能耗信息，把潜在的节能方法告诉用户。

能源公司沿用智能计量表的概念，通过分析插电负载的状态，提供节能潜力的信息，使其成为用户端管理的组成部分。电力公司还可以在账单上提供能耗的比较信息，提醒用户能耗情况过多。在英国和日本已经为一些客户这样做了。还可以为交费人显示是否比同样大小和同类建筑耗能多。如果电力公司这样做可以降低高峰负载，他们将从这些措施中受益。对于为改善需求管理而开发的智能电网，这样的信息提供尤其重要。

## 培养建筑从业者的节能能力

我们预示，节能投资的宏伟计划必将需要具有充分技能的宏大建筑从业者队伍，他们能以比较低的成本进行高质量施工。建筑从业者的能力应得到提高以满足需求，包括重新培训他们来支持经济增长。这需要付出巨大努力，远远超过现有培训工作的水平。

在有些情况下，建筑从业者现有的技能被忽视了。在商业建筑方面，设施工程师在保证技术得到有效地运用方面具有重要作用，但是他们的地位相对较低，可能没给他们提供节能数据，因而提高能效的机会少，权限小，激励差。正如在我们的行为研讨会上位与会者所说，应该“把他们从地下室里请出来”让他们找出并落实最佳方法。

**我们建议，专业团体、教育机构等应该为所有与建筑相关方进行节能培训，并为建筑从业者提供职业培训计划。**

我们的研究发现，建筑专业人员和决策者一定程度上缺乏有效节能措施的知识。要使现有设计和专长在提高建筑节能方面得以应用，这种情况必需改变。

对所有参与建筑融资、设计、施工和运行的人员必需进行节能教育和培训。这应该包括在专业资格培训中，对那些没有专业资格的人也是必要的。将该教育和培训扩大到发展中国家的那些非正规建筑单位更为重要。为提供更多的有技能的建筑从业者，职业教育计划是不可或缺的。

节能专业资格认证不仅能够提高相关人员的技能，而且是支持我们其它建议所必需的。例如，当地政府部门可能要求开发项目参与人员的节能资格认证，而且可能给拥有获证专业人员的开发商团队，提供项目快速审批的激励。

**我们建议发展“系统整合人员”专业来支援住宅房地产的改建。**

技术工人的短缺会限制进行大规模建筑改建的施工能力，特别是把节能改建的各个不同方面整合起来的能力。改建通常由某一方面术专家做出设计并付之实施。要实现系统化改建，就必需培训建筑从业者，使他们具有管理和整合改建工程的技能。他们应该能够评估节能要求，制定整栋房屋计划，选择适合的承包商以及管理改建流程。



## 倡导节能社会意识

我们建议，企业和政府部门开展持久的树立节能意识文化的活动。

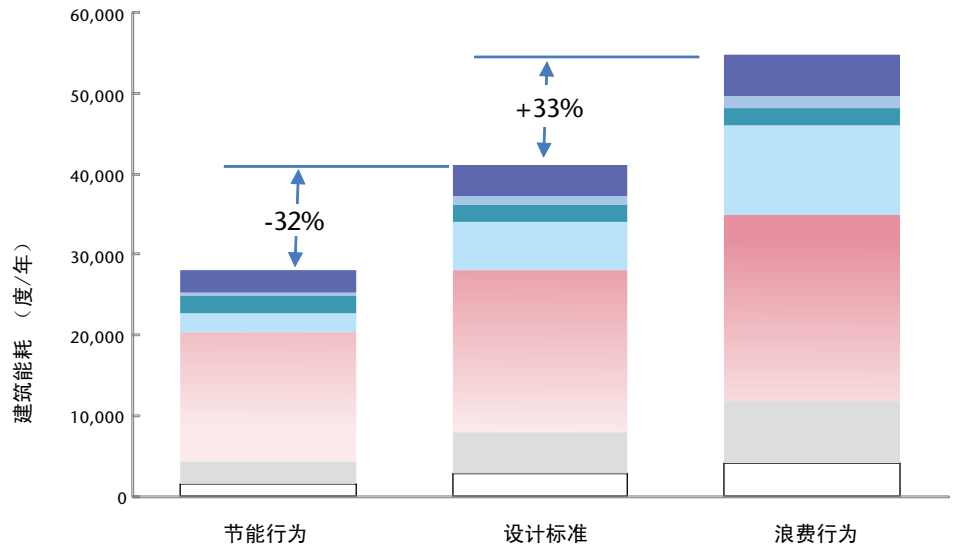
为创建节能意识文化以便实现宏伟节能目标，我们需要充分地改变行为和提升知识。变革建筑业的重要一步将是在整个行业、商界和社会提高节能的氛围。这为我们的其它建议奠定基础。

在建筑业所有利益攸关方中间树立节能意识、兴趣和热情至关重要。决策者们应该很好地了解节能的机会。这适用于住宅和商业建筑、新建筑和改建建筑、发达市场和新兴市场的决策者。

用户行为（正面的和反面的）可以产生大相径庭的结果。我们的分析得出结论，浪费行为可以使建筑能耗高出设计性能的三分之一，而节能行为可以减少三分之一（见图47）。浪费行为的能耗可以达到的最低能耗的两倍。

图47

用户的行为对住宅现场耗能的影响



改善有关能耗和成本等信息透明度将加强节能意识。但是仅有信息不足以改变行为。其它障碍包括：

- 缺乏了解和知识 — 其中，认为节能和气候变化问题太大，任何个人努力都于事无补。
- 缺乏动力 — 关于能源安全和气候变化的威胁耸人听闻而使人们泄气；人们可能不愿接受挑战，特别是当他们认为与己无关；怀疑新技术而固守陈规旧习；如果决策者不清楚采取行动的益处，情形尤其如此。

需要采取各种措施克服这些障碍。必需针对和人民利害相关的价值（可包括经济激励）来动员人们。通过政府和工商界的推广活动，通过情绪感染和提供信息，来号召人们参与。



范围广而持久的动员活动将产生新的思维方式。活动形式多样，从正式广告宣传到市场营销，以及通过间接路线诸如让小孩说服父母（“缠磨力”）。态度将改变，这样，看来不可能的或不实际的将变成可实现的。这种促进文化改变的活动在公共健康、安全和环境方面已带来态度的重大变化。

很多企业通过改变设想、常规和信念而树立安全文化（见图48）。<sup>43</sup>安全的重要性现在在企业中是理所当然的事。节能也需要被看得同样重要。

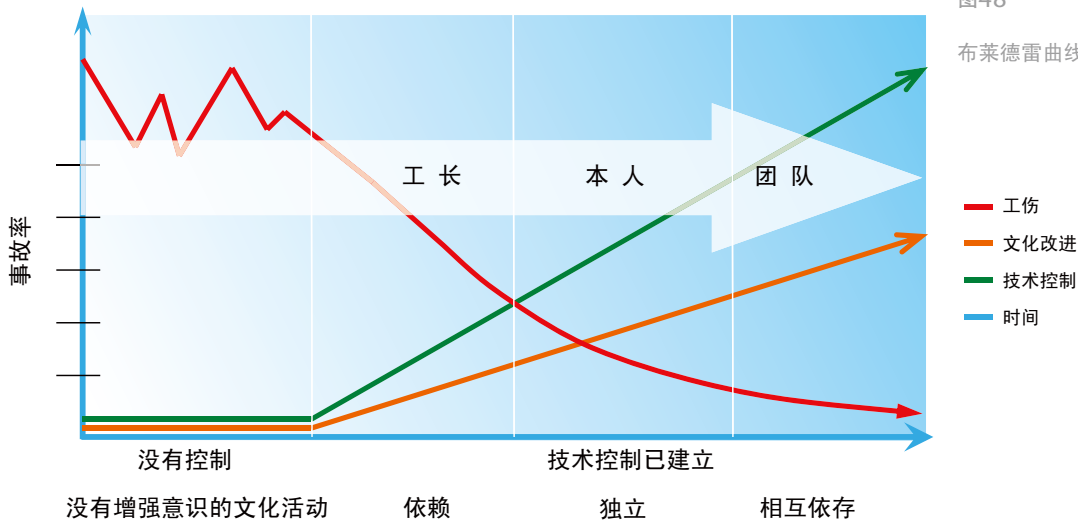


图48

布莱德雷曲线，环境、健康和安全管理模型

我们建议，企业和政府通过降低自有建筑能耗的紧急行动，来为建筑节能展示领导表率 and 身体力行的作用。

倡导节能文化，率先作用是关键。如果建筑的耗能大户对节能置若罔闻，鼓励降低浪费能源的行动将受阻。对于政府和企业，特别是在建筑业，防止虚伪并管好自用建筑的能耗十分重要。做好表率 and 兑现承诺也是对新技术的重要支持。



## 成本是多少？

变革建筑业的成本将是大量的，反映了真实的交易成本和市场反应，而不是基于项目寿命周期成本的理论分析。但是无所作为采购的成本更要大得多，而且对企业 and 市场稳定带来巨大风险。为达到节能降耗目标，提高建筑能效是成本效益比最高的途径之一。

变革的成本最终将落在整个社会，包括企业、个人 and 政府。共担成本是合理的，而且也与节能带给各方的收益相符。企业将开发出诱人的市场 and 改进的建筑。家庭将得到良好的节能住宅。政府将提高能源安全，保护环境，较快地达到碳排放目标并刺激经济发展。

正如我们所说明，仅靠基于市场的措施不能达到节能目标。我们的分析支持这样的观点，即法规是降低建筑能耗的成本效益比最高的手段。<sup>44</sup> 但重要的是不能实行过于严厉的法规，因为那可能导致效率低下。

按照今天的能源成本，很多节能项目是可行的。以今天的能源价格以及对于在本项目研究的六个地区，每年（平均）1,500亿美元的建筑节能投资，以五年或少于五年的贴现回报，将减少40%的相关能耗和碳足迹。按5到10年的回报周期，另加1,500亿美元将增加节能12个百分点，使总节能减排稍稍超过50%。按以今天能源价格计算的投资回报率，为达到77%的目标而追加每年6,500亿美元的投资将是不合理的，那需要在本报告中列出其他措施。

变革的额外成本可以部分地由节能收益抵消，并且剩余的社会成本将稍稍低于其它减少碳排放的措施。<sup>45</sup> 我们的模拟表明，六个地区用能户的净成本约为每年2,500亿美元。这是在今天总额达每年约7,000亿美元的能源成本已扣除节能收益和以可比价计算上网电价补贴之上取得变革的附加成本。<sup>46</sup> 这个数字是我们从详细的分析推论出来的。就全球而言，我们估计变革的净成本约为每年建筑施工成本的7%。这一比例相当于为达到美国建筑安全规范和检查要求而增加的5%成本。这一净成本的规模显示，为达到投资决策者的回报标准，既需要政府补助，又需要企业来开发以低成本节能的产品。

预计提高碳排放成本会增加在财务上合理的节能投资，从而造成碳足迹的下降。但是，分析模型得出结论，按今天的能源价格和增加每吨40美元的碳排放成本，碳足迹下降只有小幅增加，从52%到55%。以市场可以接受的价格，这些成本，单靠能源价格提高不可能收回，尽管可包括拟议碳机制提供的价格成本（诸如限额与贸易，碳排放税，或限额与收税）。为完全变革建筑业，需要采取广泛的措施组合，这些措施要与本报告提供的建议中所列措施相一致。显而易见，仅靠市场反应不能取得必要结果，辅之以政府行动才是根本必需。

要达到稳定气候变化所需的降耗和CO<sub>2</sub>减排，由工商界和政府分担上述规模的投资是重要的。零敲碎打的行动（如“太少太迟”情景中所述）将不足以解决必要的降耗问题。

与政府部门合作进行建筑业的变革，是至关重要的，因为：

- 建筑节能措施的净成本比其他行业类似措施的成本要低
- 建筑节能的改进有助于家庭和企业应对能源价格上升和变化，并可有更多收入用于取得更大经济增长
- 建筑节能措施可以立即实行，而其他行业的行动需要较长时间来制定和落实
- 节能投资使就业机会净增加，同样投资用于节能和电力供应创造就业的比例是2: 1

概言之，由于经济、社会和环境的原因，节能降耗的变革行动极为重要。建筑业是这种行动的重要部分。我们应该立即开始变革，这将带来企业成功地可持续发展，还将节能降耗，并进而遏止气候变化。

## 说明与参考书目

- 1 见IPCC第四个评估报告，住宅与商业建筑
- 2 “最终能源”指最终利用。“基础能源”指能源生产和供应。
- 3 我们使用“建筑类别”来表示全球建筑类型，诸如办公楼或单户住宅，使用“国家市场”来表示特定地理位置的市场。
- 4 例如，Mckinsey（2009）《通向低碳经济的道路》； Lend Lease Lincolne Scott Advanced Environmental（2008）：建筑业的减排。
- 5 给予消费者的25%到75%的隐含打折率在Fuller, M. (2208) “实现节能的投资 — 减少建筑业一次成本障碍的节能项目研究”中予以叙述。加州大学伯克利分校，加利福尼亚能源与环境研究所。
- 6 见WBCSD（2008）一期报告，建筑节能：商业现实与机会。
- 7 2008年法国Ademe研究。
- 8 劳伦斯-伯克利国家实验室（2007），《中国的能源利用，行业趋势与未来展望》。
- 9 国际能源署，15国，全球耗能与节能趋势。
- 10 这些数字包括建筑能源在发电和商业/工业耗能中的份额。见WBCSD（2007），《能源与气候：通向2050的道路》； IEA（2008），《全球节能趋势》。
- 11 这是一个近似数，因为它假设能源和CO<sub>2</sub>之间是1：1的关系，并且不包括现场可再生能源发电的贡献。注意，电网可再生能源发电的减排未包括在IEA分析中的建筑直接减排。
- 12 Levinson and Niemann（2003），《房东支付电费时住户的能耗》。
- 13 Meyer, A. S. and B.Kalkun (2208), 《中国：国家供暖定价与收费政策的制定》，世界银行正式报告330/08。
- 14 印度博拉技术学院，美国卡内基-梅隆大学，瑞典Lund，中国清华和巴西UFSC。
- 15 中国统计年鉴（2007）。
- 16 ANAH（2007）。
- 17 ADEME（2007），EtudeBIIS-OPEN。
- 18 这里所示结果没计算太阳能光伏发电反馈电网的CO<sub>2</sub>减排的收益，这在“变革”案例中应有相当数量。
19. Fraker, H.（2006），“开放的城市：新型‘封闭社区’能否逆转中国生态灾难？”加利福尼亚杂志，Vol. 118:5。

- 20 Cushman—Wakefield (2007), 《印度增长的势头: 印度房地产投资的活力》。
- 21 联合国 (2007), 《联合国 世界城市化前景报告》。
- 22 联合国 (2007), 《联合国 世界城市化前景报告》。
- 23 美国人口统计局 (2000), 美国的人口统计。
- 24 日本2003年住房与土地调查。
- 25 日本2003年住房与土地调查。
- 26 Zhou et al. 2007, 《中国能源利用: 分业趋势与未来展望》, 劳伦斯-伯克利国家实验室。
- 27 Brown 和 Wolfe (2003), 《多户住宅与节能: 概貌与分析》。
- 28 Brown 和 Wolfe (2003), 《多户住宅与节能: 概貌与分析》。
- 29 Levinson and Niemann (2003), 房东支付电费时住户的能耗。
- 30 麦肯锡全球研究所 (2008), 《为中国城市10亿人口做好准备》。
- 31 Junhui, W. “应对寒冬, 满足中国快速增长的城市供暖需求的挑战”。
- 32 气候小组 (2008), “明智的2020: 实现信息时代的低碳经济”, 代表“全球e-可持续发展计划”利用麦肯锡公司的分析所做报告。
- 33 SES, Crrren — EEB小组。
- 34 为本节我们参考了Innovologie (2006), 《谁是参与者、谁是决策者?》
- 35 印度零售业的各个部门 — 经济瞭望
- 36 Innovologie (2006), 《谁是参与者、谁是决策者?》
- 37 基于IEA能源数据。
- 38 Sullivan, Michael J. (2009), 《企业节能项目的行为设想》, 加利福尼亚能源与环境研究所 (CICE)。
- 39 见UNEP可持续发展的建筑与施工计划 (2007), 《对减少建筑温室气体排放的政策手段的评估》。
- 40 美国节能经济委员会, 今日美国 (2009年3月22日)。
- 41 公司责任与可持续发展中心, 苏黎世大学 (2008), Minergie Macht Sich Bezahlt。
- 42 环境变化研究所 (2006), 《能耗信息反馈的有效性》。
- 43 实例可参见 Bradley Curve [attelsafe.org/thebradleycurve.pdf](http://attelsafe.org/thebradleycurve.pdf)。
- 44 UNEP可持续发展的建筑与施工计划 (2007)。

45 见IEA（2007），能源技术展望。

46 特列沃·赫赛（Trevor Houser），皮特森国际经济学院（PIIE）访问学者，评价了WBCSD模型假设条件和结果，并独立评价了经济影响，并以“建筑节能 — 全球经济角度的展望”为题在PIIE的政策摘要PB09-8上予以报道。由于金融贴现、建筑业增长率、投资时机和综合节能以及具体减排目标等假设条件不同，结果与本报告略有差别。例如，PIIE报告预测为实现2050年82亿吨CO<sub>2</sub>年减排的平均年投资为10,000亿美元，而WBCSD的变化模拟情景分析预测，为支持全球六个地区（巴西、中国、欧洲、印度、日本和美国）91亿吨CO<sub>2</sub>减排，每年平均投资9,500亿美元。虽然分析方法和具体结构存在差别，但是PIIE的结论与WBCSD的EEB分析预测结果接近一致。

# 致谢

本报告由本项目14个核心小组公司的代表与WBCSD合作编写。UTC的石颂（William Sisson）和拉法基的Constant van Aerschot共同主持全面工作，Christian Kornevall 任项目总监，Roger Cowe负责报告文本写作支援，系统和策略研究所的Kevin Otto和Pat Casey负责模型开发。在整个过程中，我们得到对许多人的支持和协助，对此谨表衷心感谢。核心小组公司为提供支持的人员包括：

**ArcelorMittal:** Didier Bridoux and Thierry Braine Bonnaire

**Actelios (Falck Group):** Umberto de Servi

**BOSCH:** Ekkehard Laqua

**CEMEX:** Javier Vazquez and Claudia Maria Ramirez

**DuPont:** Maria Spinu

**EDF:** Dominique Glachant and Marie-Hélène Laurent

**GDF SUEZ:** Alexandre Jeandel, Anthony Mazzenga and Virginie Quilichini

**Kansai:** Shintaro Yokokawa

**Lafarge:** Constant van Aerschot

**Philips:** Dorien van der Weele and Harry Verhaar

**Sonae Sierra:** Rui Campos

**Skanska:** Roy Antink and Dan Haas

**Tepco:** Tetsuya Maekawa and Masahiro Yamaguchi

**UTC:** Andrea Doane, Andrew Dasinger and James Fritz



## 声明

本报告以WBCSD（世界可持续发展工商理事会）的名义出版发行。同WBCSD其它出版物一样，本报告是理事会秘书处成员公司和高级管理人员合作的结果。很多成员审阅了初稿，因此报告代表了WBCSD大多数成员的观点，具有广泛代表性。即使如此，并不表明每一个成员公司都同意报告中的每一句话。

Copyright © WBCSD. June 2009

ISBN: 978-3-940388-44-5



巴西

中国

欧洲

印度

日本

美国

**WBCSO秘书处**

Secretariat

4, chemin de Conches  
CH-1231 Conches-Geneva  
Switzerland

Tel: +41 (0)22 839 31 00  
Fax: +41 (0)22 839 31 31

E-mail: [info@wbcsd.org](mailto:info@wbcsd.org)  
Web: [www.wbcsd.org](http://www.wbcsd.org)

**WBCSO北美办事处**

WBCSD North America Office  
1744 R Street NW  
Washington, DC 20009  
United States

Tel: +1 202 420 77 45  
Fax: +1 202 265 16 62

E-mail: [washington@wbcsd.org](mailto:washington@wbcsd.org)

**WBCSO布鲁塞尔办事处**

WBCSD Brussels Office  
c/o Umicore  
Broekstraat 31  
B-1000 Brussels  
Belgium

E-mail: [brussels@wbcsd.org](mailto:brussels@wbcsd.org)