

# 交通和建筑节能是可持续城市能源发展的重点

杨富强

能源基金会—中国可持续能源项目

城市是现代文明的表征。城市的发展充分体现了时代的政治、经济、文化的变迁和进步。在城市繁荣和发展的同时，也需应对许多尖锐严峻的问题。这些问题严重阻碍着城市的发展，诸如经济和社会发展失衡，土地利用效率低，交通拥堵，污染增加，城市环境质量恶化，人类健康受到威胁，资源供应短缺等。其中，城市能源问题被认为是最亟待解决的核心问题之一。

## 一、 城市能源的可持续发展面临着重大的挑战

1、城市的能源问题主要表现在优质能源供应不足，利用效率低，浪费大。能源利用是城市空气污染的元凶，也是废水、有害重金属和固体废物的主要来源之一。2004年，全世界人口64亿，其中30亿居住在城市，占总人口的48%。据联合国人口基金会的预测，到2030年，全世界人口将达到82亿，60%以上的人口将居住在城市。与此同时，中国的人口2004年为13亿，城市化率40%。至2030年，中国人口将达到15亿，城市化率60%，如图1所示。2002年至2030年，世界经济平均每年增长3.2%，而中国仍将持续6.5%以上的年增长率。到2030年，全球和中国的一次性能源消费比2003年增长近60%和150%。矿石燃料仍然占主导地位，如图2所示。2030年中国的矿物能源占全世界的矿物能源需求的18%左右。

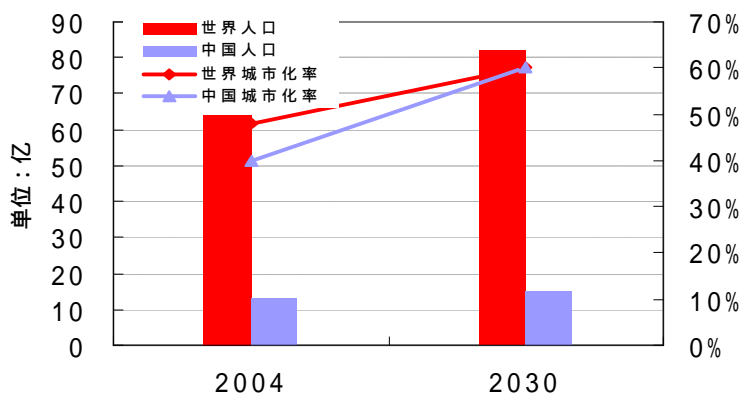


图 1. 人口与城市化率的比较

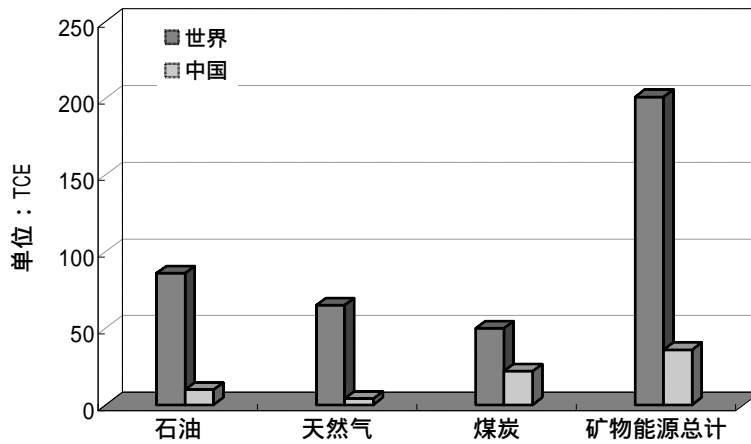


图 2. 中国与全球的矿物燃料需求

世界城市消费三分之二的能源。经济增长和人口增加，即给有限的矿石资源带来日益沉重的压力，也增大了对城市环境质量和公众健康的威胁。全球温室气体的排放也随之增加。城市的社会综合可持续发展受到前所未有的严重挑战。

2、中国城市能源可持续发展面临的形势更加急迫和严峻。从 1980 年到 2003 年，中国的 GDP 年增长率都在 7% 以上。2002 年，全国一次能源消费量为 14.8 亿吨标准煤。其中煤炭占 66.1%，石油 23.4%，天然气 2.7%，水电 7.1%，核电 0.7%。但是，中国近年来的经济发展揭示着深刻的矛盾，按中国目前粗放型的增长模式，严重的消耗资源和危害环境，是不可持续的。粗略地估算，中国 GDP 只占世界 4%，耗用的钢铁、石油、煤炭、水泥却分别占世界总消费量的 30%、7.4%、31% 和 40%。中国在人均 GDP1000 美元的条件下，却出现了发达国家 3000-10000 美元期间出现的环境污染。

城市化进程加快。2003 年中国的城市化率为 40%，比世界平均水平低了 10 个百分点，与同等收入国家相比低了近 15 个百分点。未来一个时期，中国的城市化进程将加快发展，2020 年中国的城市化率将达到 55-60%。当前城镇人口年均消耗能源为农村人口的 3.5 倍，依此规律，本世纪头 20 年城市化水平即使每年提高一个百分点，每年也将增加至少 1300 万城镇人口，需要大量的新增能源。

按照目前的能源消耗方式预测，中国在 2020 年需要一次能源 33 亿吨标煤以上，其中煤炭 28 亿吨，原油 6 亿吨。全社会用电需求将达 4.2 万亿千瓦时，发电装机容量达 9.5 亿千瓦。能源消费比 2000 年增长 2.5 倍多，碳排放量达到 19.4 亿吨。

2003 年中国进口石油达 1 亿多吨，2020 年预计进口达到 2.5-3 亿吨，进口依存度将高达 70% 以上。

如果这种发展趋势不加以改变，2020 年仅 SO<sub>2</sub> 产生量就可能达到 5000 万吨，而环境容量和承载能力只有 1250 万吨。目前全国的环境形势严峻，污染排放总量远远超过环境容量和承载能力，大气空气质量继续恶化。如果情况不加改善，2020 年将会有 4.5 亿人暴露在空气污染中（超过国家二级空气质量标准）。中国的大气污染损失已经占到 GDP 的 3-7%，到 2020 年估计将高达 13%。考虑到中国人口众多和人均资源占有量不足的基本国情，再加上经济全球化和环境保护等鲜明的时代特征，中国面对的情况和挑战比发达国家曾经历的时期要复杂的多，严峻的多。

3、中国城市的节能潜力大。根据国务院发展研究中心的研究，如果强化节能、可再生能源以及清洁能源的发展，2020 年的总能耗可从 33 亿吨标煤降到 25 亿吨标煤，节约 8 亿吨标煤。与 2000 年能耗相比，仅增加 90%。与此同时，碳排放量也下降 40%，年人均碳排放量不到 1 吨，约为目前 OECD 国家的 33%，世界平均水平的 93% 左右。2020 年环境的各项污染指标应低于 2000 年 30%-60%，社会经济损失要减少一半。在 2020 年全面实现小康社会的发展目标下的能源需求，在强化可持续发展的政策情景中，能源需求约为 25 亿吨标准煤，同 33 亿吨的趋势照常情景相比，能源需求量降低了三分之一。由此可以看出，只要政策选择和组合适当，在目前和可以预计的未来内外部环境条件下，中国完全可以以当初发达国家一半的能源供应实现其相应的人均经济发展目标。图 3 说明了可持续能源政策所带来的预测情景的不同。

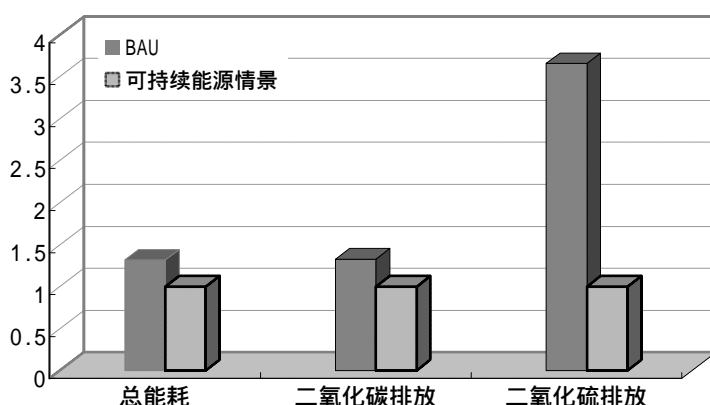


图 3. 采取可持续能源政策前后的预测情景

## 二、 借鉴国际经验，促进中国可持续城市能源发展

1、中国与发达国家的能源消费构成和利用效率比较，有很大的不同，主要有以下几点。

(1) 中国的大多数城市即是当地政治文化中心，更是经济中心。城市经济占全国 GDP 的 70% 以上，工业占城市 GDP 40% 以上。较高比重的高耗能的工业座落在城市或市郊。工业耗能占总能耗的 67% 以上，造成城市能源消费高、污染严重。尽管有些城市将工厂搬迁到远郊，但对城市环境质量仍有很大的影响。

(2) 中国的能源系统效率为 33.4%，比国际先进水平低 10 个百分点左右。中国 2000 年能源效率大致相当于欧洲 90 年代初的水平，日本 70 年代初的水平（日本 1975 年能源效率为 36.5%）。中国能耗强度为世界平均值的 2-3 倍以上。中国 11 个高耗能产业的 33 种产品能耗比国际先进水平高 46% 左右。

(3) 城市居民生活用能增长空间很大。如图 4 所示，2000 年，我国一次商品能源人均消费量为 1050 公斤标准煤，相当于美国人均 9%，经济合作与发展组织国家平均值的 16%，世界平均值的 50%。全国城市居民生活人均年用电量约 300 千瓦时，仅为美国的 7%。中国人均能源消费在 2020 年仍不到世界平均水平。

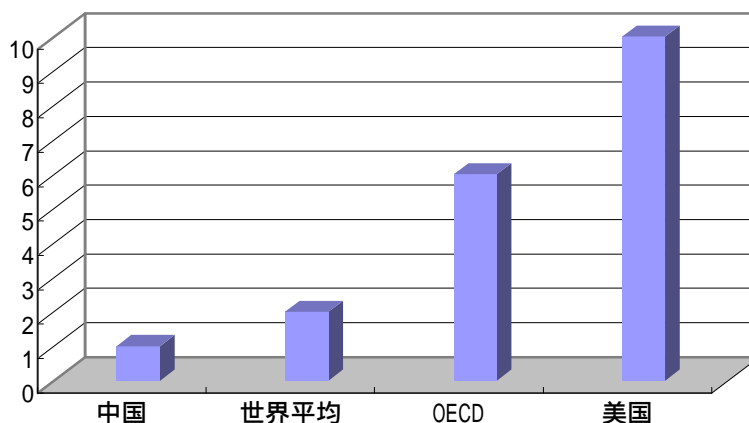


图 4 中国人均能源消费与世界比较，2000

注：以中国的人均能耗数据为基准数值

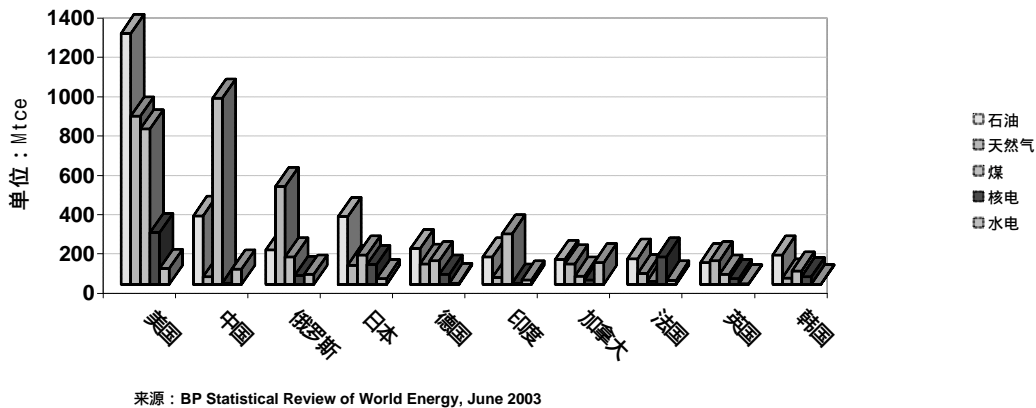


图 5. 主要国家一次能源构成对比

(4) 如图 5 所示, 2003 年中国的煤炭资源消费占总消费的 60% 以上, 而发达国家只占 21%。以煤为主是中国城市能源的主要特征, 这导致中国烟尘排放量的 70%, 二氧化硫排放量的 90%, 氮氧化物的 67%, 二氧化碳的 70% 为燃煤所致。使得工业和人口集中的城市大气污染严重, 有些地区和城市已产生了酸雨并发的趋势。2003 年中国有 340 个城市, 空气质量二级以上 142 座, 占 41.7%, 低于三级标准 91 座, 占 26.8%。长期暴露在空气污染严重的城市, 与环境相关的疾病也呈上升趋势, 空气污染程度超过了世界卫生组织的标准。在我国主要城市中, 影响到儿童肺功能, 每年有 17.8 万人由于大气污染的危害过早死亡, 几千万人患有呼吸道疾病, 造成工作日损失达 740 万人年。

(5) 近几年机动车燃油排放正迅速成为中国大城市空气污染的另一个主要来源, 尤其是硫化物和氮氧化物。小汽车拥有量的迅猛增加, 使北京、上海等大城市机动车排放的一氧化碳、碳氢化合物、氮氧化物、硫化物、细颗粒物的大气污染迅速上升, 对空气污染的分担率已超过 50%, 这种趋势仍在上升。机动车尾气污染已成为中国大城市空气的第一大污染源, 正步世界其他大城市的后尘。

(6) 中国车辆的尾气排放水平和控制比发达国家落后 10 年左右, 单车排放的污染物是发达国家的 5-10 倍。当前我国汽油品质标准同世界燃油规格还有很大差距, 特别是铅、苯、烯烃和硫的含量仍然具有对大气质量的危害, 对发动机控制系统形成一定潜在的破坏性。就柴油而言, 无论是品质还是标准, 我国都同国际水平相差很多。柴油内的高含硫量限制了符合欧 1、欧 2 要求的高性能清洁柴油机在中国的

推广。目前中国柴油质量的状况是，轻柴油的合格率约占总量的 42%，其中催化裂化组分约占 40-50，合格品的十六烷值低（40-50），安定性较差，胶质高，芳烃含量高。轻柴油中的硫含量为 0.1-0.2%。如图表所示，中国汽、柴油的含硫量比国外高几十倍以上。

表 1. 各国燃料含硫量比较

单位：百万分之一（ppm）

	中国	美国	欧洲	日本
汽油	800	15	10	<50
柴油	2000	15	10	<50

(7) 据统计，到 2000 年末，我国建筑年消耗商品能源占全社会终端能耗总量的 27.6%。随着城市化的进程和人民生活质量的改善，这个比例还会持续上升至 38% 左右。2020 年全国建筑面积将接近 2000 年的 2 倍，而目前我国新建的房屋 95% 以上属于高能耗建筑，既有的近 400 亿 m<sup>2</sup> 建筑中，99% 是高耗能建筑，单位建筑面积采暖能耗为发达国家新建建筑的 3 倍。全国空调高峰负荷已达到 4500 万 KW，相当于 2.5 个三峡电站满负荷出力。仅以建筑供暖为例，如图 7 所示，北京市在执行建筑节能设计标准，实施前一个采暖期的平均能耗为 30.1W/M<sup>2</sup>，执行节能标准后一个采暖期的平均能耗为 20.6 W/M<sup>2</sup>。而相同气候条件的瑞典、丹麦、芬兰等国家一个采暖期的平均能耗仅为 11 W/M<sup>2</sup>。

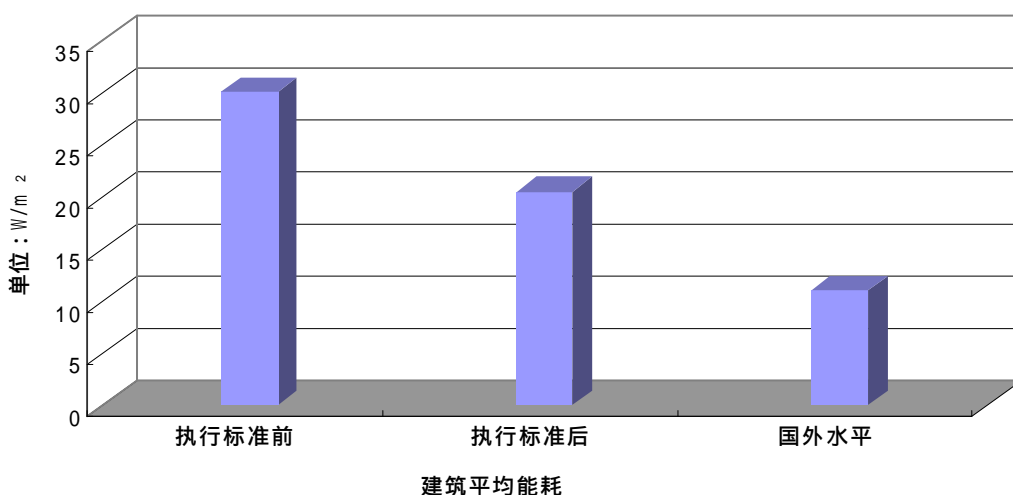


图 6. 北京建筑节能标准执行前后的对比

## 2、政策的引导、激励措施和实施监督体制的建立

国外城市能源政策措施可以概括为下面四句话：强制性和激励性政策的结合；政府引导和市场机制的结合；自愿参与和义务规定的结合；政策制定和实施体制的结合。城市主管部门重视城市可持续能源发展，采取的主要政策措施综述如下。

**城市立法。**立法集中了社会各个阶层和公众对能源规划和政策的需要，以法律形式加以固定，并在城市的本地立法中，不断加以细化。立法机构可授权有关政策主管部门，制定相应的具体措施。例如，美国 1987 年制定了耗能器具节能法（NAECA），并授权能源部制订实施了 13 类家用耗能器具强制性能效标准。

**强制性的环保法规和标准推动城市可持续能源发展。**城市人口密集，环保的要求特别严格和严厉。由于关系到环境质量和大众身体健康，环保的法规和标准多为强制性，容易得到公众的赞同和支持，实施有落力点。在欧洲，空气质量的要求逐步加严，对汽车尾气排放也随之更为苛刻。在环境法规和标准的驱动下，炼油厂生产符合尾气排放达标准的燃料，汽车制造商也采用新的技术达到排放标准。

**规划制定和定期修改。**在立法的指导下，城市各主管部门制定发展规划。规划中要明确总体目标是什么，采取什么样的政策措施筹集资金，有什么多样化的选择方案。规划需公布于众，使公众了解城市规划。对规划的修改和补充有明确的规定，规划有章可循，不因人因政府换届而变异。美国洛杉矶在治理空气污染和光化学烟雾时，制定规划和路线图，经过十几年不懈努力，使空气质量大为改观。

**制定能效标准和标识。**能源标准标识是实施效果最佳的政策措施之一。在发达国家，大都对主要耗能器具，例如汽车、家用电器和主要工业耗能设备，制订最低强制性能效标准。日本政府对汽油和柴油的轻型客货车制定了一套燃油经济性标准，根据这套标准，到 2010 年，汽油客车的柴油经济型将达到 15.1 公里/升，比 1995 年提高 22.8%，对缓解石油进口贡献显著。

**标识的作用是为消费者提供可靠的准确的信息，供购买时参考。**标识的实施效果明显，消费者可根据自己的愿望和能力，购买节能效率高和价格合理的产品，从需求端推动高能效产品的市场占有率。欧洲实行的标识制度将厂商产品按标准分为若干等级，清晰明了。标识能使高端的节能产品与其他产品明显的区别开来，提高了市场占有率。

**财政和税收政策。**具体办法有税收减免、补贴和贷款支持。市政府对于节能的建筑和设备提供财政和税收的支持和激励。例如，美国有的城市从 2001 年对能效比 15 以上的空调系统税收减免额度为购置价格的 25%；节能洗衣机、热水器减免

50—200 美元；地热采暖、太阳能热水和采暖系统最多可减免 1500 美元。对节能之星建筑，可申请低息抵押贷款。

**公共效益资金。**为了支持公共项目、节能和开再生能源活动中超出正常经济活动的增额成本，由政府提供公共效益基金抵消增额成本。例如高效电冰箱购后回扣。同时公共效益资金也可用来补贴低收入家庭的节能设施购置。公共效益基金是在每度电征收 1—2 厘附加费筹集的。

**推行节能新机制。**节能服务公司是通过绩效合同与用户签订节能合同，节能服务公司按合同规定提供能源审计、筹资、设计、购置、安装、调试、运行和维护等服务。从合同期内实施节能措施产生的节能效益（如电费节省）按规定比例提取回报。这种形式在美国比较活跃。在欧洲，企业与政府签订合同，自愿在合同期间按规定节省能源和减少排放。如果执行的好，可受到某些特定的优惠奖励，如低息贷款。否则，则按合同处罚。

**加强技术研发，鼓励技术示范。**政府和有关的企业组成伙伴关系，加强技术研发。美国匹兹堡政府在一些老街区的建筑搞节能技术示范，采用新型的低成本的建筑节能材料和门窗，回收循环利用旧材料等。该计划提升了老街区建筑节能功能，使社区焕发新春。

**政府采购。**利用政府的大批量采购，促进高能效器具和节能环保汽车的发展。政府采购计划受到公众的监督。政府要求政府机构和公共部门（政府资助）的建筑要按节能标准进行改造。

**公众宣传。**市政府为公众提供免费的节能和可再生能源利用的宣传材料，推广实际有用的节能措施。旧金山市的节能中心展示了各种各样的节能器具，解答参观者关心的问题。另外，技术工程人员也可提供免费的专家咨询。

### 三、 可持续能源发展是中国城市能源规划的基础

中国城市能源必须走可持续的、清洁的能源发展之路。中国城市发展的旧有模式是扩大城市工业生产的能力和规模，片面追求 GDP 增长，忽视或牺牲环境质量和资源浪费等公共利益，这种发展模式是不可持续的。政府的职能要从抓经济到抓综合发展，从行政管理到政策制定和监管、从以物为主到以人为本的根本转变。



## 1、 全面协调的科学发展观和以人为本的理念是决策的根本原则

城市可持续能源发展的目标是为了满足城市居民生活和经济活动日益增长的能源需求，提供低成本的、可靠的和清洁的能源，与此同时，力求能源的开发、转换和利用所产生的外部成本和社会成本最低。具体地说，能源的高效利用，尤其是终端的高效利用，以及清洁和可再生能源的开发利用是实现这个目标的具体措施。

迄今为止，中国人大已制定了一系列的法律法规。各地方政府也相应出台了地方法规和实施办法。在实践中出现的主要问题是执法不严、实施不力。城市居民建筑的节能标准是强制性的，但不到 10% 的新建建筑没有达到节能标准。市场监管不严，许多伪劣的产品冒充节能产品，使消费者上当受骗，深受其害。造成节能产品市场混乱，好的产品销售不畅。在规划、审批、设计、施工、竣工验收和物业管理全过程中加强建筑节能审核和监督。政府对市场的监管很重要。对不合格的产品要清理出市场；也可利用市场机制，提倡企业自查自律，以及公民举报和投诉。

目前，各城市缺乏监管人员和机构的建设，上海的节能监察中心为节能市场监管提供了一个可行的办法。政府可通过财政预算、公共基金和节能专项拨款支持监管机构，也可通过委托授权的方式要求某中立机构承担政府市场管理的职责。经费来源的办法有公共效益基金、市场监管收费等。缺乏执法体系的建设 and 强有力的监管监督，可持续能源和环保法规和政策只能束之高阁，造成社会资源的巨大浪费。

充分发挥公众参与的热情，培养公众的节能环保意识，建立资源节约和环境友好型的社会。公众积极参与政府政策的倡导和制定，购买高效节能产品，提倡乘坐公共交通，骑自行车和步行，改变旧有的消费价值观念和消费行为，培养新的消费风尚和习惯。

节约能源是可持续发展的重要措施。中国城市政府应加强对节能工作的领导，大力加强政府领导节能工作的综合决策能力和协调管理能力。政府应加强节能管理，转变政府职能。政府对节能的管理，包括制订价格和税收政策，制订、实施法规和标准，支持节能技术研究开发，引导和协调各种节能组织的活动，以及政府机构自身节能。节能激励政策包括尽快制订节能项目和产品的税收减免政策，节能投资的优惠政策。设立节能管理专项资金，用于节能政策法规和标准的研究制订、公众宣传、教育培训、信息服务、奖励表彰等活动。《节能法》实施十分重要，但目前实施措施有待强化。

当前，要注重从营造政策环境、培育中介机构、加强信息导向、扩大国际合作等方面。基于市场的节能信息传播机制，通过制作和发布节能案例，促进节能新技

术、新经验、新工艺、新设备的推广应用，克服节能信息障碍。通过电力需求侧管理方法，引导电力用户自觉节约用电；通过节能产品政府采购机制，使节能产品进入政府采购目录。制定详细的节能规划，明确节能的目标、方针、原则、工作重点、政策措施和组织保障。

## 2、环境保护和公众身体健康是可持续能源发展的推动力

环境不仅是中国城市能源发展的制约因素，更重要的是引导和推进能源开发利用的杠杆。加强环境法规、政策和标准的制定，推动能源向清洁和低碳化的方向发展。环境友好的可持续发展应当减少能源利用对公众身体健康和环境的不利影响，减少自然资源消耗，实施循环经济，实现节约型社会的要求。具体的环境措施有：应将环境友好的资源节约型社会树立为城市可持续发展的根基；实施城市污染物排放总量控制及减排目标和时间表；随着时间的推移和法律规定的期限，不断强化和提高环境保护和排放的标准与法规；用环境友好的标准衡量评价政府的政策、法规和标准，以及社会民间的活动，不符合环境友好的项目，应重新制定和审查；快速公交系统收费和建筑物能耗价格应考虑全社会成本，包括交通拥堵造成的损失；按照城市区域功能的划分，确定污染收费标准和道路使用收费标准；谁污染谁付费的原则；污染收费的一部分应用于城市环境友好的项目，如快速公交和高效家用电器；推动循环经济的应用和实施。

## 3、环境外部成本和公众健康是决策的重要依据

以人为本理念的一个具体体现就是关注公众的身体健康。中国城市的空气质量持续恶化，必须加以遏制和扭转。长期暴露在污染空气下的公众健康受到极大的威胁。如果这种趋势不加以改变的话，这种威胁随着城市的扩张和农村人口向城市的移动而增大。以人为本是城市决策的出发点。但目前，在城市发展项目的选择和发展模式的规划上所产生的重大失误，很大原因就是环境外部成本和公众身体健康的损失没有在决策的程序和评审中得到重视和考虑。例如，山西是产煤基地，首府太原是空气污染的重灾区，如果将这十几年的开采和利用煤炭所造成的环境生态和公众健康的损失计算在内，GDP 为负增长。因此，当我们在评价和规划城市能源发展项目时，应将外部成本内部化列入决策程序中。这样，决策的目标就会更加明确，避免和减少失误。

#### 4 抓重点和关键能源发展项目，加快城市可持续发展

在城市能源的规划和决策中，有许多效益高的节能和可再生能源措施。市政府应集中精力和资源，着手抓好下面几个关系大局的重点项目。

优先发展城市公共交通。城市的交通部门是目前能源消费增长最快的一个部门。城市拥堵已经成为中国城市可持续化发展的瓶颈，特别是近年来小汽车交通的迅速增长，造成城市交通拥挤程度日益增大，城市交通效率急剧下降。交通拥堵不但造成巨大的经济损失，还浪费能源和严重污染城市空气环境。轨道交通由于投资费用太



高，很难在短期内解决城市交通的拥堵问题。据估计，由交通拥堵导致的工人生产率降低使上海的 GDP 降低了 10%。在一些城市中，道路上的平均行驶速度低于每小时 20 公里。

城市交通资源是有限的。城市交通的总体目标应是以人为本，以最小成本和便捷的方式实现人和物的移动；与此同时，使交通运输所产生的对社会环境和公众健康的不利影响最少。在资源占有的公平性的分配上和运输效率上，应优先发展公共交通，尤其是扶持和发展快速公交系统，为所有的城市居民，包括低收入家庭，提供一种便捷、舒适、高效、快速的低成本交通方式。

快速公交系统是将道路、车站与交通枢纽、车辆、线路、收费系统和运营保障系统有机综合起来的一种公交模式。与传统的轨道交通模式相比，新型快速公交系统具有投资少、运力大、建设周期短、运行成本低、转轨灵活等优点。另外，在突发的自然灾害和人为破坏面前，快速公交系统的应变能力较为灵活。快速公交系统要形成网络，与其他交通方式相互衔接配合，优势互补，发挥快速公交系统的最大优越性。不同交通方式的综合发展才能满足多种多样的交通与社会需求。我们应更新观念，从只注重工程与技术措施转变到满足社会不同交通需求，从单纯模式转变到全面多方式之间无间歇的综合交通上。快速公交系统是解决城市交通拥堵的一条有效的途径，但不是包治百病的灵丹妙药。建设快速公交系统，应与地铁、轻轨、普通公交、市郊火车、小汽车、自行车和步行相互配合，实现不同交通方式之间的方便换乘。在限制小汽车使用率的同时，加大公交车的路权和道路设计与改造。

政府在交通公共财政资金的分配上，应将建设快速公共交通系统放在首位，或从国家在轨道交通的投资预算中切一部分给快速公交系统。应鼓励私人部门和企业参与规划和投资。快速公交系统只需轨道交通投资的 10%，却能达到轨道交通的相同运力；建设周期缩短三分之二，能较快缓解严重的交通拥堵。在规划设计上，要充分考虑如何发挥快速公交的优点，尤其在基础设施（道路、站台、通道）上一次到位，避免建设—改造—再建设所造成的资源浪费。发展快速公交系统要从政策机构体制、管理、收费与价格、基础设施建设和投资等各个方面同时入手解决才行。在当前调整倚重小汽车交通的错误方向时，也要特别提倡自行车和步行。从设计、保护和优化上统筹考虑，建设环境优美、人性化的自行车道和步行路。



交通的可靠性或可预测性，比单纯节省时间更安全重要。在快速公共交通的设施上，应采用高新技术设施和装备，增加道路的运输能力和避免交通事故的发生。在环境保护和减低污染物排放方面，大容量的运输系统可采用天然气、高清洁柴油、高效内燃机、混合动力和燃料电池，做到污染排放小和经济可行。在城市发展规划中，即使有大量的公共交通投资和建设，也需要公众的参与和配合，以及出行行为和习惯的改变。否则将事倍功半。与此同时，公众的配合和支持也相应会加速快速公交系统的发展。

在拉丁美洲，已经以较低的成本建设了一些 BRT 系统。在巴西的圣保罗和哥伦比亚的波哥大，客车单方向的旅客运送量达到了每小时 35,000 名乘客。世界上其他十几个城市已经成功地建立了 BRT 系统。中国各城市的政府机构正在不断寻求解决城市交通问题的方案。在过去几年中，中国许多城市对 BRT 的热情高涨。昆明市已建设了若干条具有 BRT 雏形的公交路线，目前正在完善和提高。北京市政府在南中轴路建设一个 BRT 的示范走廊。这条走廊将市中心与南部卫星城连接在一起。该项目将于明年建成和投入使用。

**加速推动燃料经济性法规的实施。**燃料经济性法规被认为是政府控制机动车排放最有效的手段之一。中国标准委员会在 2004 年 10 月 28 日正式宣布该标准将于

2005年7月1日实施。预计2020年机动车耗油节省15-20%。我国汽车保有量增长很快，根据分析预测，2010年将超过5000万辆，2020年将达到1.4亿辆。参见图7，根据中国机动车增长的预测和标准的限值，可以预测如果能够按照上述方案实施该标准，到2030年，采用该标准可以累计节约用油2600万吨，如果能够进一步加严标准，使中国车辆节能技术同世界同步，并同时扩展标准覆盖的车型，到2030年则可以累计节油8亿吨，仅2030年一年就可以节油8500万吨，相当于2002年石油总的进口水平。

**制定和实施严格的燃油质量标准。**目前，北京实施欧洲2号标准，并在2010年要与国际水平接轨。纵观国际上机动车污染控制的经验，随着机动车污染物排放限值标准的不断加严，当汽车排放污染控制技术发展到一定阶段后，燃油作为一项基础条件，其品质的好坏就成为制约整个污染控制计划的瓶颈。由此可见，燃油品质在机动车污染控制战略中已经处于举足轻重的地位。根据目前的情况，采取有效的政策措施，改善油品的质量以满足改善城市环境质量和引进先进车辆技术的需求，已经迫在眉睫。国际经验表明，政府的政策调控手段，是推动企业进行技术改造，生产更清洁燃料的最有效的方法。应协调各政府部门之间的合作，建立油品质量的标准并加以颁布和监管。考虑经济激励和税收调节的手段推动燃料质量的改善。各个城市可根据本地条件和环境要求，细化空气质量标准和燃油质量标准，并加强市场监控和实施力度。

**建筑节能是城市能源可持续发展的重点。**我国目前建筑能耗大约占总能耗的23%。随着人民生活水平的提高，建筑用能会逐渐增加。至2020年，建筑能耗约占总能耗的38%以上。城市建筑消耗近一半的能源和其他主要资源。建筑节能的目标是以最小的能耗和污染排放，满足舒适的居住要求，达到人与自然的和谐共处。经济增长和城市扩张拉动房地产业的迅猛发展，建筑能源消耗急剧增加。各城市应抓住机遇，落实建筑节能各项工作。推广建筑物节能标识，细分建筑物节能等级供市场消费者选择，如建筑物能源之星标准。政府的鼓励和激励政策应以建筑物节能标准和标识作为依据。新建建筑应做为建筑节能标识的重点。政府机构节能是建筑节能的一个重要组成部分。政府机构节能约占总能耗的4-5%。政府的表率作用将对节能工作有巨大的推动作用。

**改革建筑物能源消费的政府补贴政策 and 积极推进供热体制改革。**逐步取消政府对消费者的补贴，实行谁消费谁付费的原则。采用新的政策，补贴低收入家庭。使

消费者有节能的动力和义务。采用竞争机制，打破垄断，促使能源供应商（热力、燃气、电力等）降低成本以减少政府补贴。现有的建筑物的节能技术改造中，应建立投资伙伴关系，以政府的资金调动社会的投资，弥补政府投资的不足。改革方案应经过专家咨询后提出，政府要制定改造的时间表和具体措施，公众参与监督和评论。

采用可再生能源，如太阳能电池、热水器、地热、地温等技术，与常规能源相辅助，逐步达到零排放的绿色建筑。到 2002 年年底，全国太阳能热水器使用量达到 4000 万平方米，太阳能热水器产量达 1000 万平方米；已安装太阳能光伏电池 3 万千瓦。2020 年时，太阳能热水器已经进入商业化发展阶段，预计热水器保有量将达到约 2.7 亿平方米集热面积，总供热量相当于 4500 万吨标准煤。

制定强制性家用电器的最低能耗标准以及节能产品的认证制度和标识制度。倡导家电企业积极承担社会责任，积极研发、生产和销售高效节能产品。提高公众的支持和购买高效节能产品的认识。政府在政策、激励措施和节能信息传播上应起主导作用。有关分析表明，仅冰箱、电视机、洗衣机、房间空调器、照明设备的能效标准在未来 20 年带来的节能量，就相当于 10 个 100 万千瓦电厂的发电量。我国将实施强制性的能效等级标识（能效信息标识的一种，对产品能效进行分级）。2004 年国家将强制要求电冰箱加施统一的能效标识。

现阶段在推行能效标准和实施能效信息标识的同时，加强超前性能效标准的研究以有效提高能效标准的指标水平。应建立一套行之有效的独立监督机构，强力推动节能标准。充分利用市场转换机制，清除低劣能耗高的产品，宣传高效节能产品，促使消费者积极购买节能的家用电器和设备，使高效的节能产品能迅速地占领和扩大市场，同时也培育和推动新兴节能材料和产品产业的发展。

工业节能抓主要用能设备的能源标准和市场监管。工业主要用能产品的单位能耗比世界先进水平高 40%。电机、空气压缩机、风机、水泵、变压器、能源利用效率水平上，这些量大面广的高耗能设备则要远远低于西方发达国家的同类产品，举例来说，我国电动机提供单位动力的耗电量相对国际平均水平要高出 5~10%，工业锅炉的热效率只是发达国家平均水平的 80%。工业节能的重点应放在制定主要的设备耗能标准，从源头上就使进入市场销售的设备具有能效高的优点，改变从前在能效低、效益差的设备上投资搞技术改造的被动局面。

需求侧管理不仅是应对电力短缺、也是长期节电的最有效的手段。近几年，尤

其是今年的电力严重短缺要求我们要更注重电力节约和提高能效。电力需求侧管理是最经济有效的节约用电和削峰填谷手段，是反映最迅速和低成本的办法。应将节电和提高能效做为最直接有效的措施。政府部门应建立激励的经济手段和设立鼓励节能的基金，强力推进 DSM 和提高能效的市场机制。从终端用电来看，我国电力利用效率很低，如果采用需求侧管理节电降耗提高能效，则每年有约 2000 亿 KWH 的节能潜力。如果采用需求侧管理减少电力需求，可节电 5%及降低高峰负荷 5%。需求侧管理采用激励手段，鼓励需求方（用户）节约能源。资金成为需求侧管理的要素之一。在电价所含的城市附加费中提取 1 厘/KWH 作为管理专项资金。它为需求侧管理项目的实施、缓解高峰时段调峰压力及避免拉闸限电提供资金保障。若这种政策推广到全国，则今后每年可以筹集到资金约 10-40 亿元，用于需求侧管理项目的宣传、培训、技术推广、典型用户的奖励、可中断负荷的补偿、节电设备的补贴、示范工程、项目评估、咨询服务等。保证今后每年移峰和节约 1000-4000 万 KW 的资金需求。这是实施需求侧管理的必要条件。

建立合理电价体系。DSM 的主要目标是通过改变电力用户的用电方式如削减峰荷，转移峰荷及节约电能达到更有效地合理的使用电力。要达到这个目标，对电价提出新的要求，即合理的电价结构：如分时电价，可中断电价及可靠性电价等。

利用清洁能源。在城市的能源消费结构中，要大力开发利用清洁能源，如天然气、LNG、LPG、煤制气和其他气体燃料来替代固体煤的直接燃烧利用。气体燃料的燃料效率高，使用和控制方便，计费准确，污染小。政府应制定有关政策，推动城市气化和克服市场障碍，尤其是价格定位。

## 5 技术创新是城市可持续发展的动力

科学技术与经济生产和社会发展密切相关，是长期效应中最重要的因素，发挥着牵引力的功能。中国能源利用率低的主要原因除了能源消费结构和能源管理水平落后等问题以外，能源开发技术和用能技术水平低是主要原因。依靠科学技术进步，我们能够降低能源需求总量，增加能源资源的多元化和可利用资源量，减少能源生产和使用所带来的环境污染，提高能源的可供性和安全性，开发利用后续能源。加紧研发新的能源技术，尤其是终端节能技术，保证未来充足、安全、优质、经济的能源供应。过去 20 年，高新技术的应用极大地提高了能源效率。中国 2002 年紧凑型荧光灯在用量达 6.55 亿只，与普通白炽灯相比，紧凑型荧光灯可节电 70% 以上。丰田和本田的混合动力汽车将效率提高到 40% 以上。

展望未来，技术节能潜力巨大。研究表明，中国若能采用现有的最先进的技术，人均能耗只要 1.1TCE（大致相当于我国目前人均能耗水平），人民生活就能达到西欧国家的水平。未来重要的关键技术选择有：

#### (1) 煤气化多联产技术

以煤炭气化为基础，在发电的同时，联产工艺用蒸汽、车用液体燃料、合成氨、高价值化学品、氢等产品；系统转换效率可达 90% 以上，成本效益大大改善，污染物接近零排放。

#### (2) 绿色建筑

把高性能围护结构、高效照明、先进的被动太阳能组件、光伏发电系统、热泵和计算机控制系统组合在一起，可节能 85%。在建筑节能科技方面，需要进一步深入研究热电冷三联供技术，和光辐射半导体照明(LED)等先进照明技术。

#### (3) 高效和替代燃料机动车

研究开发高效汽柴油车发动机、混合动力发动机、替代燃料等技术。

#### (4) 工业节能科技

需要重点研究能量传递或输运过程中的新理论、新技术以提高热量交换和电流输送效率，大力发展变频器用电力电子技术以提高电机拖动系统的系统效率。

#### (5) 分布式发电技术

包括小型和微型燃气轮机、光伏发电、燃料电池等。分布式发电技术有可能成为 21 世纪终端能源利用的主导技术之一。小型燃气轮机冷热电联供系统，转换效率可达 80%。

#### (6) 高效热泵

开发利用低温余热和热源的高能效比热泵，用于采暖、空调和工业工艺。

#### (7) 高效太阳能电池

研制光电转换效率高的太阳能电池，使光伏电池的发电成本下降到 15 元/峰瓦的水平。

#### (8) 膜技术

在许多能源密集工业工艺中利用具有特殊分离功能的无机或高分子材料，使含有不同物质的流体分离、纯化或浓缩，实现节能、减污、提效。这是一种很有前景的节能技术。

#### (9) 先进的探测和监测技术



应用微电子机械、化学传感器、纳米技术以及人工智能、模糊逻辑等技术，使传感和执行机构结合成一个系统，在能源生产、工业工艺、交通、环保等领域，进行实时计测和在线控制，减少能耗和污染物排放。

#### (10) 燃料电池技术

提高燃料电池的技术水平，将重点应放在用于固定式发电的固体氧化物燃料电池(SOFC)技术和车辆用质子交换膜燃料电池(PEMFC)技术上，包括以 SOFC 为主的大规模发电用燃料电池示范工程；以 PEMFC 为主的车用燃料电池示范工程；以分布式供电/供热/供冷为目的的燃料电池热电冷三联供系统示范工程。

#### (11) 氢燃料

氢能是未来可持续能源系统的主要能源载体。研究开发用于汽车、建筑和工业就地发电的氢燃料电池，实现污染物零排放。

#### (12) 污染物控制技术

对 SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、可吸入颗粒物等污染物的控制技术；开展 CO<sub>2</sub> 收集和封存的基础性研究，结合多联产示范电站进行 CO<sub>2</sub> 收集和封存技术的研究和示范。

#### (13) 资源回收利用技术

研究开发先进的废贵金属、废橡胶、废塑料等回收利用技术，废家电和电脑、报废汽车的再生利用技术，废镉镍电池、废润滑油、废油漆、电子废弃物的无害化处理技术。

### 四、 可持续城市能源发展的指导原则和展望

可持续城市能源要树立长期的和近期的具体目标，达到环境和资源的可持续性，公共财政和投资的可持续性，社会和经济发展的可持续性，政府部门政策的可持续性和公众参与的可持续性。可持续城市能源发展的指导原则可归纳为：政府主导、公众参与、环境友好、协调发展、强化节能、结构优化、立法执法、监督监管、科技先行、市场培育。

- **政府主导, 公众参与。**政府主导是可持续城市能源发展的动力，主要表现在指导城市规划，制定和贯彻实施政策，建立市场激励措施，严格执法和市场价格监管，保护公共利益。制定与实施各项技术标准，最为急迫的包括城市环境排放标准、空气质量标准、燃料经济性标准、燃料质量标准、建筑物节能标准和家用电器标准，以及标准和标识的认证、宣传和实施。实施价格和税收引导

政策。积极的税收政策包括燃油税、能源消费税和节能税收减免等。充分发挥 NGO 作用和公众参与的热情，培养公民的节能环保意识，建立资源节约和环境友好型的社会，做到公众参与的可持续性。NGO 和公众应积极参与政府政策制定，倡导和推动立法，积极配合执法。

- **环境友好, 协调发展。**环境友好的可持续性应当减少能源利用对公众身体健康和环境的不利影响，减少自然资源消耗，实施循环经济，实现节约型社会的要求。实施城市污染物排放总量的控制及减排目标和时间表。不断强化和提高环境保护和排放的标准与法规。快速公交系统和建筑节能应当与城市可持续发展的其他目标和任务协调和结合起来。在全部资源的总成本限制下，优先发展快速公交系统和建筑节能，对经济效益高的项目给予优先权。
- **强化节能，结构优化。**节能是可持续能源城市发展的核心，是最经济的低成本的一种能源供应方式。在最低能源标准的基础上，制定高效能源标准。在立法或法规中，要对标准加严的时间做出明确的规定。对违反法律和节能标准规定的，实施经济、行政、吊销营业执照和法律处罚等制裁措施。鼓励使用清洁能源和能源消费的低碳化。
- **立法执法，监管监督。**缺乏立法执法体系的建设 and 强有力的监管监督，节能和环保的政策只能束之高阁，造成社会资源的巨大浪费，这是执法中的痼疾。根据本地区的条件和要求，制定更为严格的排放标准和节能标准。推动公交系统和建筑节能法规的建立。加强执法体制的建立和完善，政府监管和民间自检自律体制相结合。完善地方执法体制的能力建设和运行管理。提高财政投入，支持建立监管机构和充实人员编制，加强建筑市场耗能产品的监管，减少和杜绝腐败行为和现象。
- **科技创新，市场培育。**科技在长期的发展规划中起着决定性的作用。批量化、规模化和商品化发展可再生能源，利用市场机制，降低成本。利用市场培育机制，推动节能领域中的新技术、新材料和新产品的产业化发展。

参考文献：

- 1、《中国能源展望》，清华大学核能与新能源技术研究院《中国能源展望》编写组，清华大学出版社，2004年9月
- 2、《中国能源发展战略与政策研究》，中国能源发展战略与政策研究课题组，经济科学出版社，2004年11月
- 3、《国家能源战略政策指导分析研讨会资料》，国务院发展研究中心，2003年11月15日