

# 创新与环境友好型社会<sup>1</sup>

## 前言

在过去的 30 年间，中国无论是工业、经济还是社会发展上都取得了举世瞩目的成就。四川汶川特大地震灾害及时有力的应对、2008 年北京奥运会的成功举办充分说明了中国正在发生巨大的转变。

然而，经济的发展是有代价的。空气、水体和土地的污染给人民的身体健康、生活水平以及生态系统造成了严重的影响。减少污染排放的需求在中国非常迫切。中国的领导层充分意识到了问题所在，并采取了许多措施和步骤，设定了单位 GDP 能耗减少的目标。然而，根本问题并非单位 GDP（或人均）排放，而是人民健康和生态系统所受到的影响程度。因此，必须设定绝对总量基础上的污染物削减目标。要将现在的绝对基础上的总量污染水平削减至环境友好的水平，中国需要一场全新的变革，需要进一步开发全体人民和各部门的创造和创新潜力。

本报告中，我们评价了中国的科技体系，分析了目前所采取的一系列措施，以提高创新能力和进行有效环境治理。我们还分析了推进环境创新和建设创新型社会的必要条件。从基础研究到应用研究、再到竞争前研究、新公司创立、示范和应用这一连续的过程，以及这些要素之间的相互作用，都在发生迅速的变化。这个整体可称之为“创新生态系统”，因为其中各个要素都是相互作用的。正如我们在报告中所述，科技创新机遇之大，前所未有。

本报告共分七章：第一章是引言；第二章论述了中国环境创新的现状；第三章描述了环境创新的基本规律；第四章分析了中国环境创新体系；第五章阐述了环境的规制、标准与执行；第六章是公众参与与环境创新；最后部分包括结论与政策建议。政策建议主要包括以下内容：

我们提出，全球科技发展突飞猛进，为环境问题的解决创造了独特的机遇。

---

<sup>1</sup> 课题组组长：中方：冯之浚，国务院参事；外方：斯特兰奇韦，加拿大英属哥伦比亚大学前校长

课题组成员：孟伟，中国环境科学研究院院长；王凯军，清华大学教授；柳卸林，中国科学院研究生院创新管理研究中心主任；王春法，中国科学技术协会调研宣传部部长；薛澜，清华大学公共管理学院院长；Kelly Gallagher，哈佛大学肯尼迪政府学院教授，Granger Morgan，卡内基-梅隆大学工程管理学院教授；Tom Preststulen 埃肯公司亚洲区副总裁。

参与本专题政策研究的其他专家：周云、宋秀杰、祝超伟、戴鸿轶、姜江、简明珏、程大军、吴婕赟、沈晓悦、闫静、胡京南

课题顾问：Larry Sproul，加拿大英属哥伦比亚大学教授

我们建议制定一个国家环境创新行动计划。本报告讨论了该行动计划的要素，包括从研究开发到扩散的创新过程。同时，国家环境保护等有关部委需要加强实施这个计划。

与此同时，我们都知道，创新的开展要求有坚实的市场需求。在环境领域，这样的需求若没有强有力的法规框架支撑是无法出现并持续下去的。政府制定的明确的标准和严格执行的法规是创建环境创新市场的必要条件。

没有强有力、明确、稳定和统一执行的法规和标准，就没有环境创新的市场，也就不会激励对创新型环境科技开发和广泛应用的投资。

为了建立更有效的全国法规环境，促进公众参与，我们迫切希望创建国家环境信息体系（NEIS）。该体系将由中国环境保护部（MEP）管理，以公众能够获取信息的开放形式进行污染信息的收集、处理和报告。

政府对国家环境创新行动计划的相关要素进行投资是十分必要的。

另外，除了国家环境信息体系的创建和对其的支持，中国还需要采取一系列措施和步骤来加强其环境能力。在快速发展的清洁技术（CT）领域，中国正处于开发其全球竞争能力的地位。本报告依据下列三个主题对个多方面进行了说明。

- 1) 环境保护和可持续发展的技术创新；
  - 2) 法规、标准和执法；
  - 3) 公众参与。
1. 在技术创新部分，我们提出了一系列的想法。由于创新过程的许多要素与环境相关，它们都需要得到加强，应当继续强化基础研究、创建创新中心、发展行业研究所、创立环境创新支持网络以协助中小型企业、建立激励机制以达到能源效率标准、为国际合作提供资金、支持产学研合作、创立国际认可的奖励机制并发展循环经济。
  2. 法规、标准和执法对创新而言是至关重要的。在国家环境信息体系下，守法的成本应当低于违法的代价，需要设定并执行国家标准和国际标准。
  3. 众所周知，污染最大最直接的影响发生在地方或区域层次，在处理这些环境影响中，公众参与和当地非政府组织的作用十分重要。中国正采取措施加强地方层面的公众参与，同时中国还需要鼓励、动员地方和区域层次的公众积极行动起来解决其社区的环境问题。加强公众参与有许多方式，包括环境教育和提高公众意识活动。通过从独立的国家环境信息体系中获取信息，公众

参与的力量将得到极大的加强。

中国已经做出了许多努力，但其创新能力还有待进一步释放，使中国为世界可持续发展提供一个典范。中国的发展目标应该是：在 GDP 持续增长的同时，通过技术创新、制度创新和社会创新，削减环境污染，创建环境友好型社会。

## 第一章 引言

### 1.1 创新、环境和发展：挑战与机遇

当今，全世界似乎仍然没有找到一个公认的以可持续发展为导向的经济增长模式。全球资源和环境形势已经超出了地球的承载能力，工业国家努力消减高人均消耗的影响，很多发展中国家面临着缓解环境恶化的同时又要进行战胜贫穷的挑战。中国正面临着在实现现代化、消除贫穷的同时实现经济快速增长的双重挑战。环境恶化影响了人类的生命健康和生态系统的安全。

尽管各国政府、国际组织和非政府组织做了大量工作，试图扭转日益恶化的环境态势，然而，这种渐进式的环境改善还不足以应对不断增加的消费和快速的人口增长带来的生态、健康和发展挑战。技术、制度和社会的创新是缓解快速增长与环境恶化之间矛盾的唯一途径。这意味着在创新过程中，我们必须更快、更广泛的采用目前已有的清洁和高效技术。因此，全球范围内将出现前所未有的大规模的可持续发展技术的开发与应用。

作为一个快速追赶国家，自 1978 年以来，中国经历了快速的经济增长，并在这三十年间在经济和社会发展上取得了骄人的成绩。但是，这些成绩的取得是以资源和环境为代价的。今天，经济增长与资源环境的矛盾愈发尖锐。如果政府和企业不在法规、执法、支持体系和强化管理方面作出重大的变革，这些问题将难以解决。今日中国，渴求应用环境科技的呼声前所未见，这是任何其他国家所未经历过的。只要抓住机会，中国就能够在环境友好技术方面引领世界。

中国独特的增长方式、所存在的危机和新的机遇是有其根源的。首先，中国是一个世界制造中心，为世界制造了大量的商品，但污染却留在了中国。其次，中国正迈入工业化进程中的重化工时代——一个伴随着高污染的时代。最后，中国过去很长时间一直存在着不匹配的战略：政府强调经济的增长，却忽视了可持续发展的重要性。随着国家整体实力的提高，政府和人民纷纷要求在环境问题上采取行动，这给变革带来了机遇。

变革的机遇还来自于中国特有的优势。这些优势包括：现阶段人均消费水平低、人民的学习适应能力强、较低的制造成本，使中国能够生产并在世界范围内

销售环境友好产品，如太阳能电池板。中国政府立足于科学发展（包括制订中长期科学技术发展规划），承诺建设创新型社会。此外，中国通过外国直接投资获取的知识、资本和技术几乎超过了其他所有国家。

中国政府决定到 2020 年建成环境友好型社会。环境友好型社会作为一种发展理念于 2005 年正式引入中国，其基本内涵可概括为以环境和自然资源的承载力为基础、以自然规律为准则、以可持续的经济、技术以及文化政策为手段，致力于倡导人与自然、人与人和谐的社会形态。其基本目标就是建立一种高效的生产体系、适度消费的生活体系、持续循环的资源环境体系、稳定高效的经济体系、不断创新的技术体系、开放有序的贸易金融体系、注重社会公平的分配体系和开明进步的社会主义民主体系。

国务院总理温家宝进一步指出，应给予环境保护与经济发展同等重要的地位，应在发展经济的同时关注环境保护，而不是等到经济发展之后才关注环境保护。应该采取一系列环境措施，包括经济的和自愿的措施，而不仅仅是命令和控制式的法规手段和措施。所有这些手段都将推动环境行动的开展，改变中国目前环保措施高成本，以服从为目标的特点。

行动必须朝着创新的方向发展，应该重新设计面向工业和社区的政策和激励手段。同样，只要有创新性的技术，无论是外来的还是本土的技术，我们都需要共同努力，扩大这些技术的应用范围。新的创新方法能够随之出现，使中国在提高资源效率和创造更好的环境条件的同时，走向新的繁荣。

通常在通往可持续发展的道路上，有一个风险管理非常重要的阶段。一个例子是化学工业，它需要在特定环境下正确的操作并获得保险和金融的持续支持。上个世纪 80 年代和 90 年代，在美国、加拿大和欧盟国家，化学工业界意识到有必要采取创新的方法。这不仅是为了清洁环境，同样是为了从实质上减少或消除生产过程中的有害物质。企业面临着社区、银行、保险以及法规的巨大压力。工业协会引入了“责任关怀项目”（The Responsible Care Program）。项目的实施迅速促进了有害物排放的减少。该项目是由风险管理驱动的，但促进了实质性的环境改善。“责任关怀项目”是自愿性的，目前已被引入到其他部门和国家，包括中国。

然而，现在我们的行动必须提升到另一个水平，包括创建新的技术平台，促进现有技术的有效应用，从可再生资源中寻求能源，用生物能源代替化石燃料，如农业和木制纤维等。这些急需的任务可被视为可持续发展技术，有着潜在的利益回报，且能解决环境问题。

从被动服从的适应到风险管理行为，再到主动的可持续发展，在这个过程中，

环境保护创新的需求将会不断增长，并且变的更加复杂。目前，中国处于着重关注是否守法和执法力度的阶段。但是很多的部门，尤其是大型的重工业部门，将会有有一个快速的转变，并跨越这一阶段。例如，一些现代钢铁企业已经发生了这一转变。很多中小企业并没有处于这一命令被动适应的阶段。相反，有相当多的大型企业和中小企业致力于环境保护，倡导废物回收再利用和可再生能源的使用。因此，中国的环境创新形势很复杂，在可预知的未来还是需要同时强调被动适应、风险管理和可持续发展。

当前，中国面临的一个显著问题是：虽然中国已经引进或开发了很多先进的环保节能技术，但是缺乏严格的技术管理来指导它们的生产应用，这些技术也因此没有得到充分的应用。一些发达国家相关的技术并未进入中国的企业或家庭。中国发展本土技术的目标强调了环境和可持续发展，但由于没有环境和可持续发展创新整体战略，如何实现这一目标的措施还不明确。

加快环境和可持续发展技术并使之融入经济活动中是国家环境部门的迫切任务。基于此，本研究旨在从国家创新系统（NIS）和环境可持续发展管理的角度，为中国在 2020 年实现环境友好型社会提供切实可行的方案，并为 2030 及至更远将来的创新模式打下基础。

与此同时，世界面临的巨大挑战需要从全球的范围去解决。近年来，美国国家工程院描述了工程技术的重大挑战（见表 1.1）。表 1.1 概述了一定或可能发生的重大挑战和机遇。其中许多挑战从不同方面强调了可持续发展。可利用的科学机会的确很多，中国拥有巨大的机遇去利用这些机会，成为世界的领先者，同时也满足自身的需求。

### **栏目 1.1 “工程技术的重大挑战”——美国国家工程院，2008 年 2 月**

“可持续的食物、水和能源供应；免受人类暴力、自然灾害和疾病的侵害；完全享有学习、探索，交流和娱乐的乐趣——这些是全世界人类共同的目标。”

- 在防止或改变环境恶化的同时寻找新能源（如太阳能，核能，碳捕获和储存）
- 控制氮循环问题的对策（如烟雾控制，农业氮利用的改进）
- 增强水质和水量（如改良的大型和小型水净化装置，海水淡化）
- 实现“个性化治疗”的目标以及开发治疗新疾病的新药物（如生物 IT 技术应用，检测和快速疫苗运用技术）
- 更新、维护城市基础设施的同时，保护生态（如控制城市扩张和选择清洁技术）

- 改进与娱乐相关的教育和学习方法（如计算机虚拟现实）

## 1.2 中国在环境与发展上处于转折点

快速的经济增长给中国带来了史无前例的资源 and 环境压力，也带来了一系列社会问题。与上世纪 80 年代相比，中国生态与环境问题无论在类型、规模、结构、性质以及影响程度上都发生了深刻变化。

这些问题的增长具有以下一系列特征：

- 1) 全国范围内主要污染物排放已超过环境承载能力。污染与破坏已从陆地蔓延到近海，从地表延伸到地下，从单一污染发展到复合污染。工业结构性污染呈现不同空间尺度的梯度性转移和变化；在一些重要经济区域和流域形成了点、面源污染共存，生活、生产污染叠加，各种新旧污染物交织，水、气、土壤污染交互影响的复杂态势。
- 2) 新污染物质和持久性有机污染物的危害逐步显现。一些新型污染物质如抗生素、内分泌干扰素、藻类毒素、杀虫剂、氧化副产物等对生态系统、食品安全、人体健康等存在着更大的风险和更久远、更难以预料的潜在影响。
- 3) 生态与环境问题变得更加复杂、风险更加巨大。一系列重大环境问题，如湖泊与近岸海域水体富营养化，区域酸沉降与城市大气复合污染，土壤与面源污染，有毒有害污染物排放，区域（流域）生态系统退化，生物多样性减少，外来物种入侵和遗传资源流失，以及突发的重大环境污染事件等，越来越多地危及社会稳定与环境。生态修复和建设给国家和地方财政造成了沉重的负担。
- 4) 能源消耗的快速增长，对煤炭的过度依赖，以及对其他化石燃料使用的快速增长正在引起新的环境问题，如局部烟雾，区域空气污染以及气候变化。
- 5) 环境问题成为新的外交热点。在当前经济全球化、市场一体化的过程中，资源与环境的国际贸易争端与摩擦不断加剧，履行国家环境义务、改善全球环境质量、保障自然资源供给、突破绿色贸易壁垒等，已成为中国外交事务的新热点和基本内容之一。

栏目 1.2 列出了最具代表性的中国环境挑战。 这些挑战并不算是中国特有

的，但每一种挑战在中国特定的环境下形成了自身的特点，因此，需要用中国的方法来解决。

## 栏目 1.2. 需要创新来解决的中国环境与可持续发展挑战

- 能源
  - 煤的可持续利用 - 开采、运输、清洁使用、排放削减、碳捕获
  - 低碳经济 - 节能、低成本和环境友好型可再生能源、核能的安全使用，包括核废料贮存和处理
- 水的可持续利用
  - 在各行业提高水的利用效率，特别是农业
  - 改善水质，使用创新的方法进行污水处理
- 循环经济
  - 在各行业 and 全社会全面实施循环经济
- 污染防治和总量削减战略
  - 工业的重新设计需考虑工业生态、工业布局，使废物能够被重新利用
  - 除目前已有的目标污染物，还需考虑更多污染物，如地表臭氧、重金属、持久性有机污染物、二氧化碳
- 城市环境设计
  - 超低能源消耗模式，包括减少原材料的使用和太阳能的利用等
  - 环境友好性社区
  - 交通网络和社区的设计，尽量减少公务和私家轿车的使用
  - 用经济高效的方法改善城市水和空气质量，解决不断加剧的固废问题
- 可持续农村
  - 减少农业消耗，增加农业产量
  - 恢复生态和生物多样性，保护森林和草原
  - 农场、农村家庭和农村社区基础设施的环境友好型建设和实用技术，包括清洁水和废水、食品和纤维制品加工、动物废物处理

- 应用对环境安全、对农民和农村社区有益的生物技术，包括害虫管理、农业药品和疫苗、新基因品种、选择能增加收入的新能源领域，如先进的生物燃料技术
- “智能”公用设施设计和网络
  - 电网、能源管道、高效水和污水配置、供应/需求管理

尽管中国在可持续发展的进程中面临极其严峻的形势，但中国政府在立法和减少单位 GDP 污染排放方面采取了许多措施。这代表了中国政府的庄严承诺。“十一五”期间，中国政府制定了单位 GDP 能耗降低 20%，污染物排放总量降低 10% 的目标。这对于中国来说是一个了不起的目标。但我们认为，这种削减强度还是不够的。随着 GDP 的增长，污染排放总量必须削减的更快。为实现这一目标，有必要以科学发展观为指导，运用先进技术开展循环经济，通过创新加速建设资源节约型和环境友好型社会。这些努力也是实现社会经济又好又快发展的基础。

到目前为止，所取得的成效尚不明显。例如，2006 年的废水排放总量比上年高 2.3 个百分点，烟尘排放总量减少了 7.9 个百分点。然而全国 26% 的主要河流的水质仍然没有达标。全国 75% 的湖泊出现了不同程度的富营养化。3.6 亿农村人口喝不上符合卫生标准的水。据测算，中国目前二氧化硫、二氧化碳、化学需氧量等主要污染物排放量远远超过环境容量。

2007 年，国合会（CCICED）的研究报告表明，中国进入了环境与发展的转型期，环境行动的步调将会加快。污染控制投资额的显著增加就是一个例证。2007 年，中国环境污染控制总投资 3387.6 亿元，是 2002 年的 2.5 倍左右。

中国领导层作出了几个重要的决策。首先，在经济增长方式上，在继续投资和扩大出口的同时，更加强调消费和国内市场需求。第二，从产业结构的角度，中国应该更加重视知识密集型产业和清洁制造业。第三，发展的基础应由自然资源密集型向人力资源和技术进步转变。第四，关于资源利用，资源—产品—废物的单向线性过程应该被资源—产品—废物—资源的循环经济过程取代。总的目标是使中国的经济增长基于更好的经济结构、更高的技术含量，不断提高人民生活质量，并建立一种新的增长模式，这种增长模式具有低投入，高产出，低排放，再生循环，可持续的特点。

为了改善人民生活水平，中国计划在 2020 年 GDP 翻 4 倍，在这一过程中：

- 1) 为了中国人民乃至世界人民的利益，污染排放的绝对量比当前排放水平必须大幅度削减。

- 2) 当前中国“世界工厂”的产业发展战略必须向知识密集型和清洁生产模式转变。
- 3) 中国的消费模式必须是资源节约和环境友好的。

中国现有技术创新是渐进式的并且很多是引进的。但技术创新需要逐渐地变得更自主，更突出需求导向，技术投入应用的时间需要缩短。

我们很难预测中国或者其他国家能否在如此短的时间内（从现在到 2020 年）完全实现这种转变，并在这一过程中完全调和环境和经济的矛盾。从环境、通货膨胀或其他角度来看，目标和战略之间可能会存在严重的冲突，因为目前中国正处于重化工时代的中期，基础设施建设所需的大量能源供应仍然高度依赖煤炭。环境退化也许还会继续，即使有科学技术的大量投资，这种趋势也很难遏制。这是一个巨大的挑战，一个我们必须应对的挑战。

### 1.3 环境创新战略如何发挥作用

在未来 10 到 15 年建设小康社会、环境友好型社会和和谐社会以及实现可持续发展的转型期内，我们必须：

- 1) 贯彻执行环境保护的法律法规；
- 2) 为企业、个人和其他主体建立一个更好的创新激励体系；
- 3) 制定充分发挥企业创新主体作用的战略；
- 4) 为环境和可持续发展创新创造市场；
- 5) 建立政府、企业、研究机构、大学和个人有效互动和参与的环境创新体系；
- 6) 建立开放的创新体系，使中国和发达国家能共同为环境创新而努力；
- 7) 激励、支持公众对环境问题和技术创新的参与；
- 8) 加强生态文明建设。

在实现这一转变的过程中，技术创新是源泉，制度创新是保证，社会创新是基础，促进资源节约和环境友好型技术的开发和应用是核心。

### 1.4 创新的挑战

创新是一个自下而上的过程，不是自上而下的过程。中国需要激励机制来鼓励创新思路。从长远角度出发，很多新思想都需要得到支持，因为仅有很少一部分创新思想能够在短期内实现商业化。某些领域的基础研究，如信息和通信技术、纳米材料技术、生物技术，及快速发展的清洁技术领域，都需要在全球竞争的水平上进行扶持。有些技术能在短期内实施，而有些将创新的长期持续发展打下基础。创新是一个持续的过程。

尽管中国政府在应对环境污染问题上做出了庄严的承诺并取得了巨大的进步，但是，我们还需努力确保污染排放总量能在现有的水平上减少。今后十年要实现经济的持续增长，这将是一个巨大的挑战。

要通过创新来解决环境与发展的矛盾，中国还存在着以下差距：

- 1) **缺乏有效的激励机制去创造必要的市场。**市场潜力创造的机会从很大程度上驱动了创新。在环境技术创新中，政府必须为创新者创造市场条件。良好的政府采购政策是创造这类市场需求的重要因素。
- 2) **有效的制度。**有效的制度必须为建立和实施激励机制提供保障。法规和标准的实施是创造环境技术创新需求的关键。要建立一个与法律和标准相匹配的、完全公开的环境状况监测和报告体系。监测信息必须直接向中央部门报告，可靠的信息必须保证在全国范围内随时获取。
- 3) **公众参与。**公众必须能完全获得当地和区域环境形势的可靠信息。个人、团体或者各种非政府组织(NGOs)需有获取信息的渠道，需鼓励他们发表意见，并倾听他们的意见。
- 4) **技术创新。**如果上述过程坚决实施，并且有独立的数据中心作为支持，很多国内外的技术创新将会被采纳。创新过程包含一些交互过程：基础研究、应用研究、新企业创立和竞争前研究(precompetitive)、示范工程和小范围推广、大规模技术推广和扩散等。对创新型中小企业的支持会促进新技术的应用。中国必须在这条交互链条的每一个环节都做强，建立从一个阶段到另一阶段的反馈机制。一些创新也许现在就能投入使用。基础研究必须达到最高国际标准，这样才能确保中国在下一代技术创新过程中发挥关键作用。
- 5) **金融。**创新过程各环节的资金支持是十分必要的，如对基础研究的支持，对竞争前研究的支持，对新创建企业的支持，对示范工程的支持，以及对污染信息搜集和发布综合中心的支持。通过法规标准和适当定价带动的新技术采购以及市场将使中国满足其迫切的需求。这同样会开拓潜在的国外市场，因为中国获得了主动，并引领世界。

一个成功的创新系统的关键要素在于其文化环境：鼓励企业尝试新思路，允许失败，并为其提供再尝试的资源 and 机会。

创造性和创新虽然具有不同的含义，但很大程度上是同一个概念。中国同很多其他国家一道，已经将其教育聚焦于发展高级专业技能。这些技能在全球化的今天显得很重要。但是，发挥个人和团体的创造潜力在今天看来是同样重要的。

创造一个打破陈规的文化氛围，对科学、技术、制度和社会创新是十分必要的。

## 1.5 小结

我们的观点是，中国无论从人力或是财力上都有能力，也有必要在可持续发展和环境技术创新上成为全球的领导者。在这个过程中，中国有能力在实现经济增长和社会发展目标的同时解决严峻的环境问题。

## 第二章 中国环境创新现状

### 2.1 环境科技创新概述

中国的环境保护事业起步于上世纪 70 年代。1980 年代中国开展了环境背景值、环境容量和环境影响方面的评价和研究，为环境管理奠定了基础。1990 年代，在重点流域、区域、城市、水体开展了酸雨防治、湖泊富营养化防治、清洁生产及以污染治理新技术为基础的环境管理和工业污染控制方面的研究。进入新世纪以来，开展了持久性有机污染物、污染物迁移转化等基础研究，科学地揭示了某些污染物的环境迁移规律；开发了脱硫除尘、有机污染物去除、水体生态修复等一批关键技术，缩小了与国际先进水平的差距；组织实施了国家环境管理的关键支撑技术研究，为完善国家法规标准、强化宏观环境管理、加强国际环境合作提供了有力的技术支持。

总的来说，中国环境技术创新主要采用国外技术引进和国内技术开发相结合的模式。中国环境科技创新的总体趋势表现为，在许多领域与国际先进水平的差距在不断缩小，部分技术领域已达到国际先进水平，比如清华大学等部分高校的研究成果已经具备了相当的竞争力。然而，中国环境技术研究的重点仍较多地侧重于污染排放的治理方面，对于预防与减少污染物排放的清洁技术以及多样化高效回收技术的开发和推广应用仍重视不够。

### 2.2 政府科技计划实施效果显著

科技创新是环保工作的基础，是建设环境友好型社会的重要技术支撑。政府科技发展项目所取得的一系列关键支撑技术及成果解决了众多环境难题。

“十五”期间，为了解决河湖水系的污染控制问题，国家先后启动了《湖泊富营养化过程与蓝藻水华暴发机理研究》等重大基础研究(973)项目，以及《水污染控制技术与治理工程》等高新技术领域(863)专项，有效提高了中国部分地区及流域的污染控制能力，为改善环境质量提供了支持。

“十一五”科技攻关项目组织开展了部门行业的环境应用技术的研发工作。其中最大的项目是新一代铁回收处理技术。该项目耗资近十亿元人民币，有望将来在中国广泛应用。另一个重要研究项目“农村地区生态监测与恢复”项目的完成将帮助建立一个无线通讯系统，用于监测农村地区的水源、土地以及空气质量状况。

在水污染控制研究领域，特别是在生物强化处理、催化氧化和膜生物处理等高新技术处理难降解废水及高效有机高分子絮凝剂领域，开发出了一批适合中国国情的城市污水处理实用新工艺、新技术和新产品。这些技术的应用与实践，为解决全国重点流域水污染问题提供了有效技术支撑。“三河”（淮河、辽河和海河）、“三湖”（太湖、滇池和巢湖）流域已经建成和正在建设的污水处理厂达416个，日处理能力2100万吨；流域内的5000多家重点污染企业，按设计标准，80%以上能够实现达标排放。

据统计，2002~2006年，由于环境新技术的采用以及污染防治能力的增强，中国COD的排放强度明显下降。2006年，COD排放总量从1370万吨微增至1430万吨。单位GDP的COD排放强度从2002年的11.36（1000吨/10亿元）下降至2006年的6.8（1000吨/10亿元）。

1992年联合国环境与发展大会后，中国组织制定了《中国21世纪议程》，并综合运用法律、经济等手段全面加强环境保护，取得了积极进展。中国的能源政策也把减少和有效治理能源开发利用过程中引起的环境破坏、环境污染作为主要内容。

在大气污染控制领域，科技创新也为大气污染控制提供了有力的支持。

“十五”期间，通过组织实施燃煤电厂、大中型工业锅炉烟气脱硫技术及设备产业化、燃煤电厂锅炉烟气微细粒子高效控制技术与设备、柴油机氮氧化物净化技术、柴油车微粒捕集器关键技术等科技攻关，为大气污染控制高新技术研究及产业化打下了基础，为国家建立“两控区”（“酸雨控制区”和“二氧化硫控制区”，“两控区”的酸雨与二氧化硫已经超标，且覆盖了全国总面积的10%。）提供了技术支持。国家在“两控区”内通过推广清洁燃料和低硫煤、在大中城市禁止民用炉灶燃用散煤及使用燃煤锅炉污染控制技术进行能源结构调整。这些措施为有效地遏制“两控区”的大气污染起到了重要作用。

通过对包括城市污水处理、饮用水源污染、有机工业废水、清洁煤技术、废弃物焚烧技术本地化等方面的研究，中国开发出了一系列针对大气污染、城市污水、固体废弃物处理以及生态保护等方面的关键技术与设备。烟气脱硫技术取得了明显的进步，在燃煤电厂脱硫方面得到了广泛应用。

通过工业污染控制战略调整并结合环境科学技术的研究和发展，中国在主要行业的污染控制方面取得了巨大成就。以污水排放为例，2002 年的污水排放量大约为 439 亿吨，2006 年为 537 亿吨，但此期间 GDP 翻了一番，单位 GDP 的排放强度有所下降。

2006 年中国能源消耗总量约为 2002 年的 1.62 倍。但单位 GDP 的能源消耗量一直保持下降。

### 2.3 创新技术的推广推动了环境保护水平的提高

为促进科技成果的产业化，国家环境保护总局（现国家环境保护部）在 1991 年成立了国家环境保护总局最佳实用技术评审委员会和环境保护最佳实用技术推广办公室，并在全国范围内开展了国家环境保护最佳实用技术的筛选、评价和推广工作。

1999 年，原国家环保总局（现国家环境保护部）启动了名为“国家重点环境保护实用技术项目（NKEPPTP）”的工作，目的是传播最佳实用技术信息。企业可以申请将其技术列入国家重点环境保护实用技术档案。通过评估后，国家环境保护总局负责将这些技术信息在全国发布。鼓励各级政府和相关企事业单位优先采用这些技术。政府可以为采用这些技术的相关单位提供政府补贴。2008 年，环保部选出约 49 种技术，其中最大的一项是 600 兆瓦发电厂的脱氮技术。该技术拥有者为中国大唐集团。

据不完全统计，到 2000 年，与环境新技术的应用相关的总投资人民币达 181 亿元人民币，并产生了 145 亿元的经济回报（通过资源回收、节水和节能）。

“十一五”时期是中国环保产业发展的黄金期。实施和推广国家重点环境保护实用技术在环保产业污染减排方面发挥着重要作用。

### 2.4 案例

在不同发展阶段和不同地区，中国见证了在环境改善和可持续发展方面所做出的不同努力。保定、宁波和乌海的案例见附录 3、附录 4 和附录 5。这些案例是基于完全不同的发展阶段。保定经历了巨大的变革和发展，成为以材料科学和感光产品为基础的（如光伏产业）的新能源城市。宁波是一个制造业城市，环境行动和公众参与程度很高。乌海市位于内蒙古，是一个以煤为基础的重工业城市，污染排放量相当高，公众参与度较低。

### 2.5 小结

中国政府十分重视环境保护工作。自上世纪 70 年代以来，中国在环境保护的诸多领域均取得了显著进步。国家已经建立了强大的科学技术发展战略，这将为环境科技创新创造良好的基础，但宏伟的计划与设想尚需要有效的执行与落实。如，脱硫技术尽管已经比较成熟，但是相关的应用也仅仅是近年才开始。正如上述案例所示，在中国的不同地区，环境保护与可持续发展都处于极为不同的发展阶段。

### 第三章 环境与可持续发展的技术创新

“创新是交互的，是一个由砖砌成墙的过程。”

Mike Lazaridis，动态研究创始人，“黑莓”发明者

“创新是一个自下而上的过程，而非自上而下的过程。”

Daniel Dudek，环境保护基金

#### 3.1 环境与竞争力

当今中国对技术创新的需求非常迫切且持续增长。与此同时，变革的机遇前所未有。例如，美国国家工程研究院在“工程学的巨大挑战”一书中列举了这些机遇（见附录 1）。其中，很多巨大挑战与机遇是众所周知的，一些则与环境和可持续发展直接相关。新兴的研究正不断地为人们提供新的机遇。

1995 年，Michael Porter 和 Claas van der Linde 发表了一篇引人注目的关于环境保护和竞争力关系的文章。文章指出：生态与经济之间存在斗争的观点建立在环境规制静态观基础之上。然而，我们却生活在一个动态且不断变化的世界。他们提出了一个环境-竞争关系的新思维。

“通常认为，环境目标与产业竞争力的关系涉及到社会效益与私人成本的权衡。问题是如何平衡社会的环保需求和产业的经济负担。在该理论框架下，环境改善成为一种“掰手腕竞赛”。一方推出更严格的标准；另一方则试图努力突破标准的束缚。”

“我们的主要观点是，关于环境与竞争力之间存在矛盾的观点是错误思维的产物。生态与经济增长之间存在无法避免矛盾的说法起源于环境规制的静态观点。在这种静态观下，技术、产品、流程与客户需求都是固定不变的。在这个静态的世界中，一旦企业做出成本最小化的抉择，环境规制不可避免地会导致企业成本提高，并减少本国企业在全全球市场的份额。”

“然而，当今世界，竞争力范式的定义已脱离了静态模式，尤其是在最近

20 年到 30 年间。国际竞争力的新范式是一个动态的、建立在创新基础之上的范式。这种范式的转变由 Porter 在《国家竞争优势》中首次提出 (Porter, 1990)。产业竞争力来源于更高的产业生产力, 或者来源于比竞争对手更低的成本, 或者来源于提供高附加值产品方面的能力。来自不同国家上百个产业的具体案例研究显示, 具有国际竞争力的企业并非成本最低或规模最大的企业, 而是具有持续改善和创新能力的企业 (这里的创新是广义的, 包括产品或服务的设计、制造、营销以及售后服务等)。竞争优势既不依赖于静态效率, 也不依赖于既定约束下的优化, 而是依赖于创新与改善的能力。” (Michael E. Porter 和 Claas van der Linde)

在环境创新中, 创新能力很大程度上取决于规制和标准的合理设计与建立。中国已经建立了规制和标准, 但这些规制和标准尚未得到有效的实施。目前, 在中国, 人们经常有可能忽视或避开这些规制和标准。由于对违规的惩罚很小, 因此, 违规罚款比遵守规范和标准的代价要低。这意味着, 在中国, 规制和标准的创新激励作用不能得到发挥, 因为“合理设计的环境标准能够激发创新, 从而部分或超额地弥补遵守标准产生的成本” (Porter 和 van der Linde)。

### 3.2 环境与经济增长

若干年前, Grossman 与 Krueger (1991) 分析了贸易壁垒的减少对环境产生的影响。他们建立了一个经济增长影响环境的分类框架, 由于中国的经济也快速增长, 因此, 这一分类框架也适用于中国。

1. 规模效应——指扩大现有经济活动的规模。在中国, 当前的经济活动造成大量环境污染, 那么, 只是单纯的扩大经济规模就意味着污染的进一步加剧。

2. 结构效应——指改变现有产业结构。对中国而言, 这意味着低污染行业更多的增长和高污染行业较少的增长甚至萎缩。

3. 技术效应——这里指技术创新能够在高污染活动过程中带来环境绩效改善, 并催生新的清洁产业。由于中国必须降低目前的总量排放水平, 中国的重点应放在总量减排方面的创新。总量减排的达标要求提出之后, 很多的创新将随之而来。

史无前例的环境污染问题和经济增长方式缓慢转变之间的矛盾使得中国很难和谐处理经济与环境之间的关系。一方面, 民众对于改善环境有着迫切需求, 另一方面, 环境管控措施需要长时间才能见效, 这一矛盾已经成为“焦点”问题, 也激发了社会矛盾。国内不断加剧的污染与国内外环境标准更高的要求之间也存在矛盾。

这些矛盾不在于它们能否被解决，而在于必要的改变多久才能诉诸于行动。

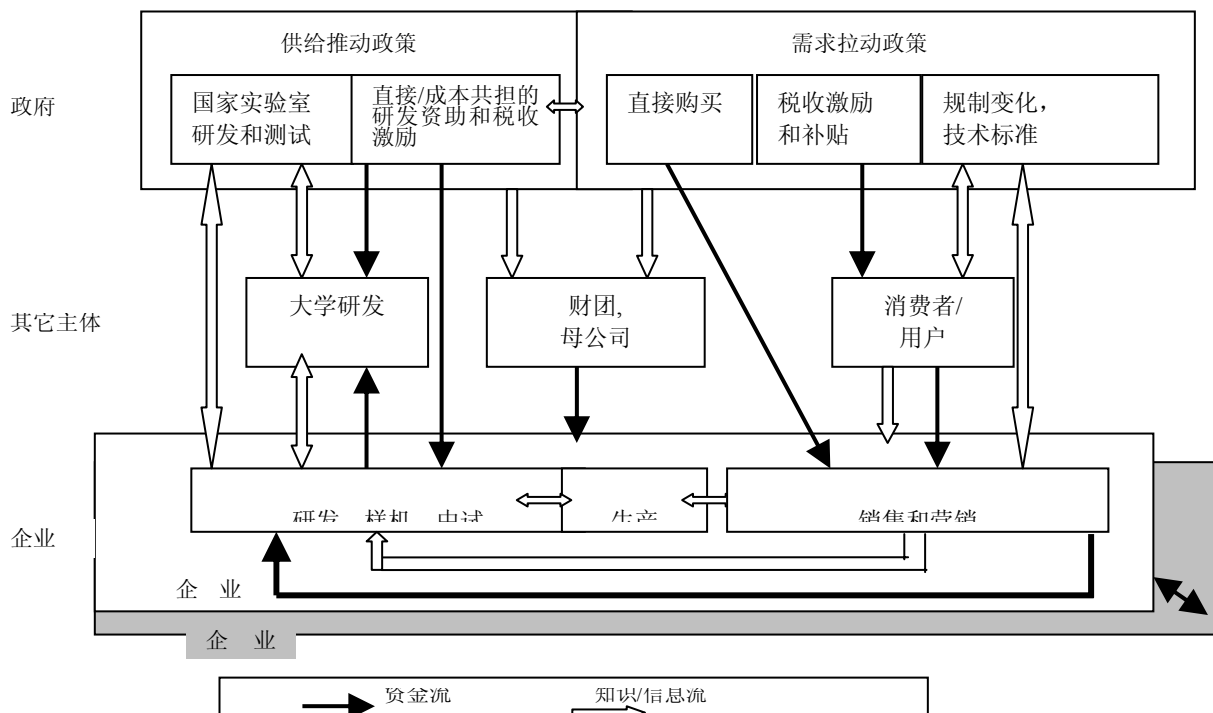
### 3.3 创新过程

在一部有关产业创新和环境规制的著作中，Kamp 阐述了如下内容：“在大多数国家，环境政策和创新政策并没有得到完全地或准确的整合。然而，人们广泛认可的是，在创新、环境保护和进一步的创新之间存在持续的相互影响。考虑到许多国家，尤其是在北半球的国家都至少有一项正式的环境政策和创新政策，我们下一步要做的是尝试将两个政策的目标结合在一起。创新政策可以通过对环境技术研发的支持来促进环境保护。” Parto and Herbert-Copley (2007)

Gallagher et al(2006)曾在一篇文献回顾中全面描述了能源技术创新（ETI）。虽然该文章聚焦于能源领域，但其对创新过程的描述对于创新的所有方面都是非常有用的。

“能源技术的改进是一种改变，这种改变可以减少进行既定能源服务的资金成本，或者在既定成本下提高能源服务质量，或者减少提供既定能源服务所带来的环境影响或政治影响，减少这种影响所需的成本被认为等值于减少影响所带来的社会效益。ETI 是一套流程，在这个流程中，能源技术的改进（以技术改良或技术替代的形式存在）包括了从实验室到商业化过程中的构思、研究、建立、示范、改良以及最后应用的整个过程。创新不仅包括研究与开发，只有在新的技术或改进得到广泛应用后，创新才算真正完成。”

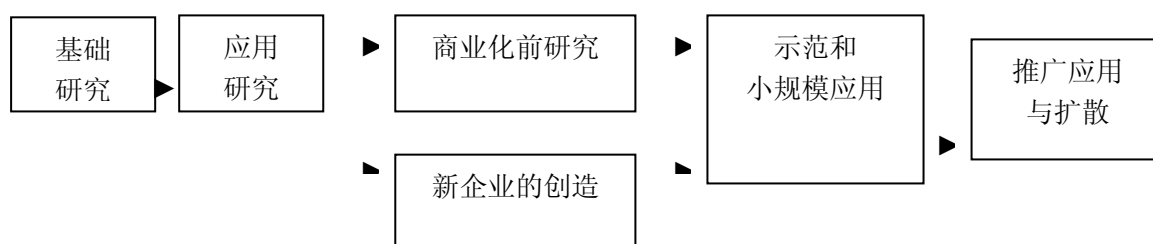
Gallagher 等人还描述了创新的要素，并指出这些要素并不像通常所描述的那样呈线性关系。创新的每个阶段与其它阶段相互作用。新技术可以带来新的基础研究。新技术的实施可能会以一些无法预料的方式开启人们的思路，从而找到新的更好的方法。Gallagher et al (2006) 记载了 Margolis 所做的工作，并用图形展示了一系列典型的阶段以及彼此间的动态反馈效应。



### 栏目 3.1 创新流程

栏目 3.1 中的创新流程图一方面将创新的流程划分为供应方与需求方，另一方面划分为各种参与者，包括政府、大学、科研院所和企业。这种划分是对各种参与主体的有效描述。新的研究想法和技术来源于研究或供应方，常常是这些新想法和技术创造了需求。

由于创新流程的每一要素都是交互的，创新过程的要素还可以通过下列方式展现出来。新研究带来新技术，新技术带来新的研究突破。



#### 3.4 基础研究

基础研究基本在大学和研究所进行。大学和研究所通常是公共资助的，同时建立在同行评议的竞争基础上。与基础研究相关的各方面都需要得到支持。今天，我们都在强调平台科学与技术，传统的平台技术包括：信息与通讯技术；纳米科学与技术；生物科学与技术。考虑到环境问题的重要性，我们加上一项：绿色科学与清洁技术。

通常，我们用总研发支出（GERD）占 GDP 的比重作为衡量国家创新潜力的指标。

北欧国家（如芬兰、瑞典）拥有最高的 GERD/GDP 比例，高达 4%。一般来说，3%是大多数发达国家的目标（如美国 2.7%；德国 2.5%；日本 3%）。在 2006 年发布的“中长期科技发展规划”（MLP）中，中国的目标从 2005 年的 1.34%调整到 2020 年的 2.5%，这将保证中国有能力与欧盟/美国/日本进行全面竞争(Cao et al, 2006)。

列举一些基础科学作为创新重要驱动力的例子是有益的。随着科学的不断发展，新的机会将出现，例子会更多。

#### ▪ 生物燃料

生物燃料尤其是纤维素生物燃料是重中之重。我们面临的机遇是显著的，并与当今功能基因组学、酶合成、基因突变以及合成生物方面的生命科学革命直接

相关。院际委员会（Interacademy Council）的报告对此进行了详细记录。本报告栏目 3.3 和栏目 3.4 很好地对此做了描述。《经济学家》（6 月 21 日，2008）指出该类技术的企业正不断兴起。正如 Krupp 和 Horn 所说，风险资本也正在急剧地涌入这些新企业（2008 年）。

### ▪ 光伏技术

附录 5 描述了光伏产业在中国的发展现状。太阳能光伏电池功能改进依赖于纳米技术的突破。如今，纳米技术的发展使得我们有望通过创造能量吸收表面膜来提高太阳能的转化效率。位于中国无锡，由施正荣先生创立的尚德公司已发展成为世界最大的太阳能光伏电池组件制造商之一。施正荣 80 年代求学于澳大利亚，毕业后在大学的一家附属公司工作，他最早在玻璃上低温培植水晶硅。（《新科学家》，2007 年 11 月 10 日）

### 3.5 应用研究

基础研究和应用研究之间的界限并不明显，而是连续的。例如，针对专门某种疾病的医学研究是应用研究，但现在越来越依赖于基础的基因组学和蛋白质的研究。对工程和农业应用研究的资金支持则是为了解决实际问题。

正因为如此，产业合作关系得到了有效发展。产学研合作应当繁荣，专利产出将增多。这将导致新兴衍生企业（Spin-off）的产生或大型组织的转型和应用。

大学科技园成为企业家创新活动的孵化器。中国一直积极在全国范围内创建与大学关联的科技园。

### 3.6 商业化前研究与新企业的创立

中国缺少商业化前研究中心来满足产业部门的需要。这些研究中心可以支持产业共性问题研究，如纸浆、造纸、林业和其他特定产业的共性问题。中国现有的研究机构已经转变成为盈利的研究中心，主要解决某一企业特定的问题而不是满足产业范围内的需求。创新过程的这一要素在中国并未得到很好的满足。我们应在环境保护部下建立一系列的这种研究中心以解决各部门面临的环境问题。这些中心应建立在非营利的基础上，由政府、各种团体组织和企业联合资助，由 CEO 层次的产业领导者来主管其运营，明确最需要解决的问题。

研究中心应当与大学或科技园毗邻，成为增强集群的要素。

其它各国的案例：

- 澳大利亚——澳大利亚创立了一系列合作研究中心，它们由产业部门和政府资助。这些研究中心作为大学和产业的工会，针对相关产业的需求开展研究。
- 德国——德国创立了两种研究所。一种是著名的侧重基础研究的 Max Planck 研究所。另一种是侧重应用研究的 Fraunhofer 研究所。这些研究所共同为各部门的特定研发需求提供技术支持。
- 加拿大——加拿大的一些研究机构由联邦政府、地方政府和产业部门联合资助。它们的应用研究致力于直接解决产业部门和公司董事会的问题。纸浆与造纸研究所和林业产业技术研究所是典型的例子。

栏目 3.5 对“加拿大可持续发展技术中心”（SDTC）进行了概述。该机构由加拿大政府创建，目的在于协助满足可持续发展领域不断出现的技术需求。它是独立于政府并接受团体提案的实体。这些提案涉及到商业前需求、创业前帮助以及示范项目。为了获得对可持续发展以及生物燃料进行投资的资格，项目必须由私有部门承担，并与研究机构有典型的合作关系。这种共担资助的机制为私人企业提供了重要的激励，保障了项目开发到商业化阶段的顺利运行。

项目的选择取决于专家建议。治理结构以私有部门成员为主导。这种模式已在很多地方得到验证。

加拿大另外一个类似的实体——加拿大创新基金会（CFI），是由联邦政府出资 35 亿美元设立的，目的在于确保仪器和设备可以为加拿大的研究者使用。同样这也是一个共担资助机制，为大学、医院、政府机构和私有部门的合作者提供支持。提案必须由基金会提出，同时基金会必须从其它来源找到 60% 的资金。基金会必须说明该提案能给加拿大带来的利益，包括与产业潜在的联系或者创造衍生企业的可能性。该模式已广泛地应用于其它国家。

### 3.7 示范和小范围应用

示范和小范围应用是创新链条中非常重要的一部分，项目开始进入真正的实施阶段。中国有许多处于这一阶段的项目。例如，在二氧化硫减排（附录 6）的案例中，我们看到许多示范项目都已经开始或正在进行。其中许多项目是由相关产业资助的，因为这些产业决定了如何以最低的成本最好的满足规章和标准。北京奥运会期间有许多优秀的示范项目。从这些示范项目中我们可以汲取不少经验教训。

### 3.8 推广和扩散

大量的环境科技正在推广中：汽车产业环境标准的不断提高引发的新技术应用（附录 7）；宁波和其它城市大范围的相关活动（附录 4）。包括太阳能光伏、风力发电在内的多项技术都在广泛应用中。截止到 2007 年，脱硫系统已经安装于 12% 的火力发电厂（附录 6）。中国已经致力于绿色发电机项目，预计到 2015 中国将建成世界上第一个全面实现零排放的火力发电厂。

### 3.9 创新生态系统：重新审视创新过程

Judy Estrin (2008) 在她的新书《填补创新鸿沟》中写了一篇关于创新的文章。Judy 是 Cisco 的 CTO，曾在硅谷创立了许多成功的公司。

她把创新过程描述成创新生态系统，这一概念强调了所有的要素都必须存在且相互作用。创新的各种内在价值必须得到满足，且相互平衡。这些内在价值包括：1. 质疑；2. 风险承担；3. 开放性；4. 耐心；5. 信任。她认为可持续创新应该是领导能力、资金、政策、教育和文化的和谐统一。

### 3.10 全球学习网络

全球化对创新有着巨大的影响。创新能发生在任何地方，既可以发生在发达国家也可以发生在发展中国家。印度和中国是向发达阶段迈进的最显著例子。

由于中国已经培养了高素质和受到良好教育的群体，并创造了具有全球竞争力的研究热点，中国已迅速成为研究与创新的外包中心。

目前，中国产业界正逐渐成为全球学习网络中的成员之一。中国正在欧盟、美国等专业知识云集的发达国家设立研究机构。在某种意义上，中国正加入世界其它地区的“创新集群”，而其它地区也正在参与中国的“创新集群”。最近，据中国日报报道（2008 年 9 月 25 日），2007 年，中国海外投资额已达到 186 亿美元。考虑到中国对环境和可持续发展的强烈需求，随着世界范围内人员的流动，这种全球学习网络的融合过程将更好的服务于中国。正如当今的问题必需跨越学科界限一样，现今的想法也是无地域边界的。

### 3.11 清洁能源中的风险投资

风险投资是指向极具潜力的新建企业或中小企业提供股权资本的投资行为。国际经济合作和发展组织(OECD)则将风险投资定义为：凡是以高科技与知识为基础、生产与经营技术密集的创新产品或服务的投资。风险投资是一种将高科技和现代金融相结合的投融资模式。它在促进高新技术产业化和经济发展方面发挥着重要的作用，在环保产业同样如此。

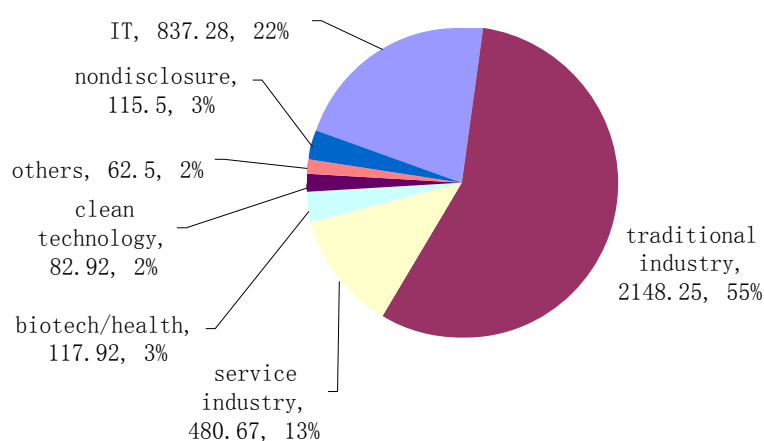
近年来，中国的风险投资市场高速发展。2001 年，中国风险投资总额仅为 518 万美元，2008 年仅两个多季度这个数字已经达到 3845.04 万美元，在不到 8 年的时间内增加了近 7 倍。尤其是近两年，风险投资案例数和投资总额都保持了高速增长，平均增幅超过 50%，见表 3.1 和图 3.1。

**表 3.1 2001—2008 年 8 月中国创业投资市场年度投资总量**

年份	案例数 (个)	变化率	投资额 (US\$M)	变化率
2001	216	—	518.00	—
2002	226	4.6%	418.00	-19.3%
2003	177	-21.7%	992.00	137.3%
2004	253	42.9%	1,269.00	27.9%
2005	228	-9.9%	1,173.00	-7.6%
2006	324	42.1%	1,777.42	51.5%
2007	440	35.8%	3247.05	82.7%
2008(截至 8 月)	198	—	3845.04	—

数据来源：清科研究中心，其中，07 和 08 年数据根据清科网站相关数据加总计算获得

从行业分布来看，广义 IT 业，传统行业，生物技术业，服务业等是风险投资涉足较多的行业。从 2008 年前 8 个月的数据来看，这四个行业的风险投资总额占到了全部风险投资的 87%。（见图 3.2）



**图 3.2 中国的风险投资额，2008 年 8 月前 (百万，美元)**

值得一提的是，近年来，随着传统能源价格的不断上升，太阳能和风能等清洁能源的商业价值不断提升，政策导向也催生了更多清洁技术的市场需求。包括

长期投资家们在内的风险投资家们正在将他们的投资方向锁定在太阳能、风能和其他可持续发展能源领域。

2007年，清洁技术市场如火如荼地发展起来了。据清科研究中心的统计数字显示 ([www.zero2ipo.com](http://www.zero2ipo.com))，2007年全年与清洁技术新能源相关的风险投资已逼近1亿美元。而2008年仅8月份清洁技术领域的风险投资就已达7000万美元，占该月总投资金额的19.2%。尽管投资项目数尚不多，但是，清洁科技行业已经在稳定中向前发展，行业机会进一步凸显。

在中国，清洁技术和新能源领域的需求和投资越来越多，这并不是偶然。全球有9%的能源投资是在中国(清科科技，2008)，而截至2006年，中国大约16%的电力来源于可再生资源。到2020年，我国将以可再生能源的占比提高至23%为目标。毫无疑问，仅仅从电力来说，16%~23%的增长空间就已经提供了一个惊人的新能源市场。根据清科的报道，2007年陆续投入太阳能行业的资金共100多亿元，从硅片、硅电池到太阳能的整个系统，以及太阳能的相关产品。对新能源的热情同样洋溢在国际投行的高管们身上。据悉，高盛如今在清洁能源行业的投入已达10亿美元，从风力发电企业到乙醇生产企业；摩根大通公司也已投资了17个风力发电厂，正在进军太阳能和地热发电厂；“股神”巴菲特经营的哈萨威公司投资了3.85亿美元用于风力发电厂的建设。

风险资本和地方政府的扶持从很大程度上支持了中国清洁技术公司的发展。例如，成立于2001年的无锡尚德公司发展迅猛。2004年一年的收益是前一年的20倍。2006年，尚德公司在纽约证券交易所挂牌上市，成为光电产业市场价值最高的公司。公司主席和首席执行官施正荣博士成为中国首富。政府通过风险资本和商业风险资本支持尚德公司步入正轨。之后，中国出现了太阳能光伏产业投资的热潮。该产业的许多公司，比如江西赛维，河北英利，和南京的中电光伏都纷纷上市融资。

### 3.12 中国的环境与可持续发展范式——“中国优势模型”

除了在减排方面有迫切需求，中国还拥有一系列优势。中国拥有公认的全球制造优势，快速增长的国内市场，在价格、熟练工人、灵活性和速度方面具有出口优势。中国在高校和科研院所进行了大量的投资从事科学研究，同时构建国际竞争力，打造知名度，并吸引杰出人才。通过教育和培训，以及派遣大量人员到国外接受教育，中国的熟练劳动力群体正在发展壮大。中国致力于循环经济的发展理念。中国建立了定位明确的集群和学习网络，大学、科研院所、企业和供应链能够相互学习。中国政府致力于包括基础科学、技术、国家科研机构在内的创新型社会发展理念，并提高公众理解科学的能力。

在交通和家电产业，以海尔、华为、联想为代表的企业借助国内巨大的市场成为各自产业的全球领先者。我们相信，中国的相对优势也将促使中国企业成为环境领域高度创新的全球企业。

### 3.13 创造性思维

“中国必须建立既能促进创新成功又能容忍创新失败的研究文化。”

“研究常常没有创意，不仅浪费资源，同时阻碍创造性和独立思考。”（Cao 等，2006）

要实现国家中长期科技发展规划的目标，必须在中国科技团体中培养创造性思维。

在产业、企业和政府层次，创造性思维理念愈发成为创新的必要条件。正如 Daniel Dudek 在企业论坛上所说的“在这里，有必要创造一个具备更广阔基础的激励项目。中国创新面临的挑战是扶持和激励广大的企业家。创新者是高度创造性的人群，他们的思想不受也不应受传统方法的束缚”，甚至是失败的束缚。

当今世界，专业化程度不断提高，创新要求个体和组织超越专业化，打破各种边界的限制——这包括国家内部或国家之间学科边界，政府部门的界限和不同辖区的界限。我们有必要对所有层次教育体系的目标进行重新思考。创造性、想象力和企业家精神能否成为教育课程的一部分，个人能否得到授权和激励，他们能否成为冒险家。Judy Estrin（2008）描述了 T 型人才的需求，这类人才拥有跨学科的知识背景并精通各学科。

### 3.14 未来需求和技术

2006 年 1 月，中国颁布了中长期科技发展规划。目标是在 2020 年建成“创新型国家”，这将促进中国发展“本土创新能力”。到 2020 年，中国的研发投入将达到 GDP 的 2.5%。鉴于 GDP 的快速增长，届时研发的绝对规模将比现在大得多。

环境创新也包括在中长期科技发展规划中，包括生态、能源和环境科学技术的创新。为了完成这个宏伟目标，中国将在环境科技和创新方面投入更多的资金。中国必须为新能源和其他需求寻求解决办法。同时，为了实现快速可持续的经济增长，中国还必须寻求清洁制造机制。这些都会导致中国在清洁科技领域快速成为全球引领者。

目前，环境保护领域最重要的科技项目是“水体污染控制与治理科技重大专

项”（简称“水专项”），该项目由环境保护部监督和管理。“水专项”的预算包括 141.68 亿元的中央财政资金和 214.83 亿元的地方政府和企业资金。项目将在 2007 年到 2020 年的 13 年间实施，总预算为 356.51 亿元人民币。

## 汽车污染

20 世纪 90 年代以来，随着自身技术能力的提高以及汽车排放标准的阶段性实施，中国逐步改善了机动车排放处理水平。利用政策对尾气排放控制进行强制要求，这也激励了国内外的汽车制造商进行机动车排放控制技术的转移和开发（见 Gallagher 2006）。

## 清洁煤技术

Zhou 和 Gallagher（2008）记载了中国通过煤气化等技术实现清洁煤利用的历程。中国预计在 2015 年建成第一个零废气排放的火力发电厂。为了实现这一目标，目前中国正在发展绿色发电机组项目，该项目由中国领先的能源企业“华能”牵头。这个煤气化循环联合发电厂（IGCC）将在地下收集并储存二氧化碳，同时氢也将用来提供燃料电池所需的能量，所有的这一切将造就一个高效的热电联产电厂。

全球范围内科学技术迅猛发展，新机遇不断涌现，尚德公司抓住了这一机遇。F.Krupp 与 M.Horn 的《地球：续编》一书详细描述了能源领域的创新（Krupp 是环境保护基金的主席）。他们将当今时代视为新的产业革命时代。最近《经济学家》上的一篇文章从能源相关创新综述的角度对这一思想进行了补充。

Krupp 和 Horn 描述了诸多领域的可喜进展。他们给出了科学技术作为创新必要条件的具体案例，展示了创新过程的要素，包括基础研究、示范工程、风险投资等。从供需的角度，我们列举了一些对中国未来发展具有重要意义的技术领域。

### 1. 太阳能电池、光伏（PVs），太阳能热能技术（STT）以增强型地热系统（EGS）

虽然中国拥有巨大且持续增长的太阳能光伏出口市场，这种技术的大规模应用仍然成本很高。在不久的将来，全球范围内的研究成果可能会解决价值链中的成本竞争问题（附件 5）。若能将太阳能热能技术用于沙漠地区的大规模发电，可能比光伏发电更具成本优势。此外，热能可以被储存在绝热的管道中，当天气状况不允许但急需用电时，热能可以被传送到发电机。目前，中国有众多的太阳能热能企业，它们的发展挑战包括太阳能收集器（如用平板菲涅尔透镜）成本的

降低以及热能储存系统的开发。除了满足国内的能源需求，中国还可以开拓这种能源的出口市场。事实上，中国正在实施许多这方面的课题研究。

增强型地热系统（EGS）不需要蒸汽推动涡轮机。EGS 系统的优势在于不依赖于特定的地理条件。优先目标是温度最高、最接近地表的最丰富的地热资源。随着技术的不断改进，研究范围将扩大，甚至包括低温条件。

## 2. 风能和新核电系统

在可再生资源利用方面，中国落后于先进国家。水能、风能以及核能的利用仅占能源总量的 7%。中国地域辽阔，许多地方都有充足的资源，风能在中国有良好的发展前景。中国在风电制造和安装方面已成为领先者。2007 年，中国风电装机容量约 605 万千瓦，位居世界第三。

新一代核能也是重要的潜在能源之一。中国将新建大约 30 个核能发电厂以改善能源结构（到 2020 年时，核能相当于总电力供给的 6%）。然而，中国在核能及辐射安全上远远落后于其他国家。主要体现在以下几个方面：(i) 核电站缺乏风险控制技术，以及阻止或减轻严重事故的方法和手段；(ii) 由于大多数核能安全软件来自于海外，软件的国产化和应用还需要很多研究工作的支持；(iii) 缺乏在核能安全风险评估、辐射废弃物污染控制、核能与辐射优化管理以及电磁辐射与环境安全方面的工作 (iv) 核能设备的废弃技术研究尚处于较低水平 (v) 高能量辐射废弃物（包括废燃料）的处置研究尚处于初级阶段，距离应用还有很长的路要走 (vi) 核原料的安全研究（尤其是快速识别与探测技术）远落后于其他国家 (vii) 反核辐射恐怖袭击技术研究仍处于萌芽阶段。

## 3. 碳捕获和碳储存以及煤气化循环联合发电系统（IGCC）

火力发电厂为中国提供了超过 70% 的电力供应。在未来的几十年内，在满足能源需求的同时大量减少煤的利用几乎是不可能的。在工业化国家，虽然有很多关于先进煤技术和深层地质储存的讨论，但实际进展缓慢。事实上，中国在这些技术开发和示范方面可能已经相当于甚至领先于其他国家。在一系列强有力措施的推动下，中国将在该领域成为世界的领先者，不仅为中国和全球环境改善做出贡献，同时成为先进清洁技术的主要国际供应者。Gallagher 描述了中国利用煤气化循环联合发电技术（IGCC）迈向清洁煤利用的进程。该项目将运用 IGCC 超临界技术，二氧化碳将被收集并存储在地下，氢气将用来为燃料电池供电，产出的是联产的热能和电能（cph）。

#### 4. 盐水淡化

中国与世界上很多国家和地区都面临着不断加剧的淡水供给问题。随着气候变化问题的日益严峻，世界范围内淡水缺乏的地区将会增多。当今，反渗透是海水及其他盐水淡化的首要技术。这个技术虽然昂贵，但目前成本已大幅度降低，这使该技术得到了越来越多的应用，尤其是在世界上富裕的地区。还有其他各种技术可以以更低的成本来进行淡化。如果中国能开发这种技术，将一方面满足国内不断增长的需求，另一方面提供持续增长的出口市场。

#### 5. 节能建筑物与基础设施

建筑物消耗了能源总量的 1/3。节能建筑和基础设施的建设可以为中国节省很多能源。在这一领域，新技术将得到广泛应用。

#### 6. 生态保护、更新造林以及草原开发

中国的生态环境破坏表现出一些新特征：首先，生态环境破坏已经从小的区域扩展到大的范围；其次，单一因素造成的生态环境破坏已经发展成为区域性的功能破坏，这导致了许多重要生态区的严重退化，甚至丧失生态功能。重视生态环境承载能力研究，加强生态系统健康管理技术体系的发展，实施典型地区的生态环境监测、评估和研究是非常必要的。

#### 7. 循环经济发展中的关键技术

作为中国可持续发展的重要战略目标之一，循环经济在提高资源利用效率以及建设资源节约型、环境友好型社会中都具有重要作用。这代表着技术发展的长期和未来方向。为了实现这种发展，尽快开发循环经济平台技术是十分必要的。在污染控制和环境管理方面，首先是开发环境污染评估与控制技术，为废物回收提供支持；同时建立与回收利用相关的国家政策和制度。其次是开发有效的清洁能源利用技术，即，清洁生产技术。应挑选典型城市和重要产业开展示范活动，同时开发重污染产业的替代技术。最后，建设企业共存网络、产业生态系统、生态工业、生态农业技术；探索生态友好型城市和国家的建设模式。

### 3.15 小结

环境和可持续发展领域的技术创新是一个包括多方面和多要素的过程，包括从基础研究到技术应用等诸多阶段。我们生活在新产业革命时代，这个时代呼唤新思想和新的技术应用，以支撑环境保护的发展。创新在这一过程中扮演着非常重要的角色。不仅仅是单位 GDP 的排放量，总排放量也必须减少。

创新的最优结构可以描述为创新生态系统。在该系统中，诸多要素相互作用，确保新想法尽快实施，以恢复污染的环境，并减少污染物排放。这个过程包括许多主体，有政府，高校和企业。这些机构必须通力配合，满足各自需求。在创新的世界，新的科学研究和技术供应可能成为需求的来源。

中国是一个大国，各地发展不均。某些地区需要渐进地发展，某些地区存在跨越式发展的机遇；而在另一些地区，中国极有可能出现突破性的技术进展。

## 第四章 中国的环境创新体系

通过对创新体系的描述可以认识不同主体在知识创造、知识提炼和知识推广中的相互作用。中国的环境创新体系同样如此。

### 4.1 大学和政府研究机构

中国主要的研究机构都从事与环境保护相关的研究工作。目前，中国已经创建了环境科学技术研究体系。该体系由四部分组成，包括中科院系统，高等教育系统，工业部门系统和环境保护部所属研究系统。中国目前最重要的知识创造者是大学和政府研究机构。

环境保护系统在全国、省和区一级有 230 多个三级科研机构，近 10000 名科研人员和行政人员。环境保护部下属科研机构的研究方向与中国科学院，高等院校和工业部门有很大不同。它们的主要目标是国家和全球的环境问题和满足国家环境管理需求，为国家环境保护战略政策提供技术支持。

他们在环境创新体系的作用可见表 4.1。大多数的经费来自政府，如“863 计划”项目。生物，新材料和先进制造业领域是发表论文最多的领域；信息、新材料和先进制造排在专利申请的前三位。

表 4.1: 2004 年 863 项目资助情况

领域	研究生培养人数	发表论文数量	专利申请数	发明专利数
信息	3777	2818	1022	590
生物和现代农业	2787	6871	2115	1479
新材料	2852	5244	1557	1102
先进制造	4452	7833	718	190
能源	561	1169	380	270
资源环境	1117	1951	632	476
总计	15546	25885	6424	4107

数据来源：中国科技部在线数据库

中国研发体系的一个主要问题是，科技部资助的政府研究机构以及大学所研究开发的项目不能完全满足工业部门的需要。大量的研究成果被锁在实验室，不能应用于工业实践。

与此同时，许多应用型科研院所已转变成盈利性机构，这样就在基础研究和应用型科学研究以及科技咨询服务之间形成了一条鸿沟。在产业通用技术领域，如标准制定和示范，也缺少真正的研究工作。中国迫切需要建立公共和私营部门合作的科学技术合作体系，以解决产业和区域层次的环境问题。

## 4.2 本土企业

总体而言，在中国的创新体系中，企业是重要的主体。但是，对于环境创新体系而言并非如此，由于长期缺乏良好的监管，公司没有强有力的创新动力。

目前，政府采取了更加严厉的环境保护措施。大型国有企业面临较大的压力，担负更多的责任，环境创新问题已成为他们业务实践的一部分。他们正在采取适当的行动来解决面临的环境问题。

发达国家的跨国企业对环境保护往往有更多的承诺，因为他们各自国家的法规和商业惯例要求做到环境保护（见 Porter， 1995 年）。他们注重能源节约和环境保护，因此他们积极参与清洁生产和污染控制的技术研发，并以此作为良好商业行为的要素。

中小企业（ SMEs ）分为两个团体。有些中小企业在其所在行业是技术创新的引导者，另一些则往往滞后。他们的确在环境保护方面进行了某些投入，但仅仅是迫于地方政府的压力。

另一重要的角色是新型环保企业。经过多年实践，中国已经形成了不同类型和规模的环保产业。截至 2004 年底，有 11623 家单位年销售额超过 2 百万元，并拥有 159.5 万雇员。这个行业年度收入已经达到 4572.1 亿元人民币，实现利润 393.90 亿元人民币（ 96-05 环境保护白皮书）。

在中国，大型私营企业正在成为环境创新的主导力量。中国 500 强企业中有 98 家是私有企业。其中有些是环境创新的领头羊。例如，无锡尚德太阳能电力有限公司的电力输出达到 364 兆瓦，销售收入超过 100 亿元人民币，位居全球光伏电池制造商第三位。中国河北省保定天威英利新能源有限公司。ENN 是一家位于河北廊坊的公司。这家公司是最大的清洁能源供应商。2007 年，企业收入达到 120 亿元人民币，员工 20000 人。该公司还发明了一种把煤转化为供发电厂、家庭和车辆使用的二甲醚的清洁煤处理技术。它的优点之一是燃烧时不产生二氧

化硫和烟尘。在风力发电部门，金风公司已占有中国市场的 33%。2006 年，“金风”风力发电能力达到 442 兆瓦。

虽然国内的环境工程公司在一个时期内实现了快速增长，其核心技术和关键装备仍然需要从国外进口。此外，大多数用户都不愿意购买国产设备而宁愿购买国外的设备。这样的结果导致是国内技术和设备的利用程度较低。

目前，环境保护投资方面可行的方法之一是大幅提高违反法律的成本，降低服从法律的成本，甚至给予相应的正向激励。现在，企业没有进行环境创新的动力。要完善法律和执行，使违法者付出高成本，创新者得奖励。

### 4.3 产学研联系

产学研联系是知识从学术机构转移到工业部门的桥梁。尽管中国政府千方百计鼓励这种联系，但仍需要更多的努力才能真正达到这个目的。在中国科学院系统，2007 年之前大约有 1265 项专利申请，但只有 20 项属于与企业联合的专利申请。清华大学也是如此，环境科学与工程系大约有 155 个发明专利申请，但其中只有 15 项与产业有关联。

中国需要通过增加研发资金的投入，鼓励更多的产学研联系。

### 4.4 政府的作用

政府环境创新体系建设中发挥着非常重要的作用。

环境保护部等政府机构都参与了中国的环境创新体系建设，包括国家发展和改革委员会（NDRC）、科学和技术部（MOST）等。环保部和发改委负责环境问题的宏观管理。中国已在法律制定，标准制定和实施方面取得了很大进展。中国的机构改革正处于转型期。在这一时期，中国的环境保护法律和政策基本上遵循“命令与控制”的理念。事实上，末端污染处理仍然是污染控制的重点。法律法规的执行依然存在着极大的挑战，因为在某些地区，地方环保部门无法独立操控。

科技部通过各种不同的国家科技计划分配环境科技资金，首先，研究机构的运行经费，包括新产品试制费，中试费以及重大科研项目补助金。其次，国家科技计划项目经费，他们是研究资金的主要来源，最大的一笔环境科技经费是最近用于水污染控制与治理，项目经费超过 300 亿元人民币。第三，部分排污收费也可以用于研究目的，其中部分是用于环境保护机构污染治理有关的能力建设，部分用于企业和科研机构，特别是地方科研机构的科研活动。

中国环境创新体系的最大挑战在于缺乏体系内部的协调。中国有着良好的协

调传统，她拥有五年计划和各种专业委员会。但是，环境问题是一个横向问题。各专业职能部委对解决跨部门环境问题仍然存在较大的困难。本报告后面部分提议建立的全国环境信息系统超越了不同的政府管理机构、企业和公共机构。

水污染是一个典型的例子。淡水资源的调配、保护、监督和管理由水资源部管辖，但海水资源由国家海洋局管理。水资源配额以及工业、建筑和生产用水则由包括国家发展和改革委员会、水利部、建设部，交通部等在内的部门来决策和管理。污水处理设施归建设部而不是环境保护部管理。然而，向地表（湖泊和河流）排放污水归环境保护部管理。向海洋排放污水则归国家海洋局管理。机动船的污水排放也不属环境保护部的管辖范围，而是由交通部管理。

另一个例子是用于技术研发和扩散的资金。环境保护部负责环境问题的监督管理。他们清楚解决问题所需要的创新，但并不掌握所需要的资金。科学技术部掌握主要的科研经费，但并不了解真正的环境科技需求。同时，清洁技术的政府采购非常不足。创新过程中的小试阶段没有机构负责。

#### 4.5 全球联系

改革开放以来，世界银行等国际组织以及许多发达国家在法规、标准制定和最佳实用技术转移等方面给予中国相当大的帮助。

以清洁发展机制（CDM）为例。清洁发展机制是根据京都议定书（1997年）建立的机制之一。清洁发展机制是一个双赢的机制，因为它既为发达国家降低履约成本提供了更多灵活性，同时为实施清洁发展机制的众多发展中国家提供了新的资本和先进技术。

截至目前，世界银行与中国签订了9个碳采购协议。这些协议涉及能源（甲烷、水电站和风力发电）、能源效率（钢铁生产过程中的废气回收）、固碳（林业）以及工业气体分解（HFC - 23），中国是世界最大的氟氯烃排放国家。2005年12月，世界银行与两个中国政府资助的项目单位签署了一项迄今为止注册金额最大的清洁发展机制贸易采购协议，协议包括两个HFC-23减排项目，减排数额超过1.29亿吨。在世界银行的支持下，中国提高了在全球清洁发展机制信贷市场的市场份额，占60%的全球份额。世界银行在中国签署的9个采购协议总价值11亿美元，可减少1.7亿吨的温室气体排放。这种全球性工具不仅使中国从中得到经济利益，而且加强了中国当地能源工业的节能能力（中国和世界银行：鼓励创新关系，2007年）。但清洁发展机制是否会带来创新和技术推广是一个重要的问题。清洁发展机制在创新驱动方面的有效性必须仔细进行研究，该方面存在着对立的观点。对这一问题的研究会于2009年哥本哈根会议之前完成。

国际直接投资（FDI）是知识转移的另一个重要因素。对于 FDI 的作用，存在着不同的意见，我们发现，许多发达国家的跨国公司具有良好的环保意识和社会责任感，因为他们以母国的法规为基础，必须达到严格的标准。然而，由于较低的污染排放标准和缺乏良好的执行力度，中国吸引了一些重污染行业。张静和付小兰的研究发现，FDI 偏好环境法规相对较弱的区域。他们提出了一些中国作为污染避风港的证据。他们还发现，在环保方面，发达国家的跨国公司比港澳台企业做得更好。部分外资企业使用低技术在中国造成严重的污染，尽管其行为符合中国的排放法规的要求。但在很多地区，大量的跨国公司在环境保护中脱颖而出，成为楷模。我们期待，跨国公司对供应商的绿色采购可以帮助当地企业获得相关的知识。

#### 4.6 小结

中国的环境创新体系还不完善，本土公司因为缺乏必要的法规和使创新成为提升竞争力的动力，因此没有足够的动力去进行研发工作。大多数高等院校和政府科研机构倾向于基础研究，而不是技术转移。因为缺少高水平的应用性研究机构，技术研发和商业化之间缺乏纽带。协调与投资体系有待加强，以对创新进行中试和验证。外商直接投资和与世界的其它联系可以帮助中国获取最新技术。跨国企业通过向当地供应商进行绿色采购，能够帮助当地企业获取相关知识。

## 第五章 规制、标准和执行

### 5.1 法规和标准的执行对推动创新的必要性

环境技术是集中管理的，政府实施由人民代表大会通过的相关法规和标准，并要求企业和其他单位遵守。在社会主义市场经济体制下，市场相关主体的偏好各有不同。地方政府和中央政府的利益通常是不一致的。地方政府以获得最大利益作为决策的基础，而现行环境法律体系和执法状况并不能激励企业遵守环境法规。

最理想的状态是有严厉的环境法规和标准，并能被严格执行，对企业违法造成污染的处罚应高于其执行法规和标准的成本。这样企业守法运行的收益将远远超过其违法成本。企业就会有动力去寻求可能降低污染控制成本的先进技术。市场需求越大，推动创新的力量就越强，这样就使创新得到市场回报。问题的关键取决于法规和标准的建立及执行，前提是能够得到相关的污染信息。这些信息的获取需要大量的成本，并且会遇到很多困难。政府已经制定了一系列法规、政策和激励措施，并开展了宣传和教育活动，其目的是鼓励技术推广和应用。

只有提供相应的组织保障并推动制度改革，才能扫除国家创新体系中环境创

新过程中的障碍。现有的组织系统必须予以改革，创立一个新的系统，使环保技术在开发者、推广者和用户之间得到顺畅的应用。政府、企业、高等院校、研究所、中介机构和个人都要参与到这个过程中。企业是国家创新系统运作的主力，而政府则负责实施和执行环保规定、创造市场条件和校正系统失灵。

目前我国已有大量的法规和标准，并常被评估和更新。随着时间的推移，中国的法规和标准不断与国际接轨。显然，中国有一系列有效的法规和政策，但在不同管辖地区，这些法规和政策并未得到完全一致、同等严格和公正的执行。保定、宁波和乌海三个案例（附件 3，4，5）充分说明了中国不同行政区域所存在的巨大差异。在这些案例中，可以明显地发现，很多中小企业能够避开这些法规——有些时候，它们能够在一个地方被关闭，却在另一地方重新开张。

课题组明确地作出以下结论：

“没有强有力且统一的法规和标准执行，就没有市场，也就不能吸引对创新环境技术的投资或促进创新环境技术的应用。”

创建清洁技术市场最大的激励是良好的法规和标准，以及法规和标准在所有层面上的严格执行。

## 5.2 建立清洁技术市场

中国在有着产品和服务需求的国内外市场中获得了巨大的经济增长。但对清洁技术（包括对现有生产过程的污染控制技术和新的高效技术）尚无明确的市场需求时，市场发展持续缓慢。从全球角度，我们可以看到工业化国家是如何完成向更清洁和更可持续经济方式的转变，其中包括以下关键因素：

- 公众对清洁和高效产品的强烈需求,依赖信息的获取和有效的机构来支持立法和最佳技术的持续采用。
- 好的环境标准应该在技术上和经济上可行,并被严格、一贯地执行,并随着技术的进步，这些标准将更加严格。
- 把环境成本纳入资源定价（如煤炭和水），通常通过税收等方式进行。

在保定的考察中，我们发现国家发展与改革委员会的“春风项目”为中国风能产业的发展做出了贡献。风力发电的高价格以及与国家电网整合在一起的风力发电补贴，激励了该产业在中国的蓬勃发展。不少地方和当地发电公司都积极地在所在地，依据政府财政项目开展风力发电站实施工作。

有些情况下，自愿的标准可以导致环境的改善，但很多时候，在发达国家，自愿的标准并未成为促进创新的重要手段(栏目 5.1 美国案例, Simpson 等, 2007; 加拿大案例)。另一方面，在发达国家，一旦出台严格的标准，市场以及与降低成本相关的创新就会快速发展。例如，在美国，二氧化硫污染控制技术的创新就是在严格的排放控制规定实施之后大量涌现的(栏目 5.2 美国加州大学伯克利分校)。

同样，与机动车排放减少相关技术的创新也是在严格的排放控制法规出台后出现的。在中国，我们同样可以看到此类现象，机动车污染控制标准一旦颁布，汽车尾气排放控制技术很快就得到转让、开发和应用(Gallagher 2006, 附件 7)。

错误的实践产生的高成本也是市场强有力的信号。这种情况有时是市场运行过程中自然出现的，但政府必须干预并征收附加税。例如，中国目前煤的利用效率远高于从前，这在一定程度上是由于价格的上涨。同样，美国消费者青睐更小、更节能的汽车(清洁汽车)，主要是由于汽油价格的成倍增长。

公众的支持、强有力的法规、严格的执法和正确的定价对创建清洁高效技术市场是非常重要的。改善环境质量、促进清洁和可持续生产过程和技术方面还有两个起重要作用的因素：

- 企业、特别是企业中的领军人物，不断地形成一种以“行业最佳”为骄傲的文化，这样就给同行业中的“后进者”造成压力。
- 政府为示范先进技术产生的额外费用提供直接(如补贴)和间接(如税收优惠)的支持，虽然这些支持目前尚不足以弥补成本，但具备很大潜力。

### 5.3 跨越和标准

对发展中国家而言，对现有技术的跨越式发展是一种很有利的选择。在中国已经进行了跨越式发展的实践，而且被纳入中国中长期科技规划。但是该过程高度依赖支持性和可行的立法体系。每种跨越都需要根据其各自优点进行综合考虑。Gallagher (2006) 列举了汽车工业跨越式发展的案例。

“中国汽车缺乏跨越式发展，主要是因为中国政府没有制定必要的政策来实现环境和能源技术的跨越式发展。巴西政府颁布了一系列复杂的政策以鼓励乙醇燃料机动车的应用。相反，中国政府至今尚未成功制定完善的激励政策来推动能源技术在国内的跨越式发展。出于企业和社会责任，外国汽车商也应承担一部分清洁技术转让的责任”。

中国有很多跨越发展的机会，下面就是几个具有国内外应用潜力和代表性的例子。

**(1) 能源储存技术：**随着像风能等可再生能源使用的不断增加，以及削减燃油机动车污染排放的不断努力，对可多次循环利用的高效、低成本能源储存技术的需求也在快速增长。当今，最具影响力的是先进的电池技术。其他技术包括：超级电容器，动力能源储存（飞轮），以及电子化学系统，如双向燃料分子。如果在此领域能够开发出有效的新产品，中国将会有巨大的国内外市场，同时也会对环境质量的改善做出较大贡献。

**(2) 先进的材料分离技术：**中国产生大量的固体废弃物，同时还从世界其他地方进口大量废物和产品（如废旧电子产品）。目前无论是在中国还是其他许多国家，从废物中分离可循环利用的有价值物质技术，利用废弃物中残存能量技术方面都还处于相当原始的阶段。针对先进分离技术方法的开发和商业化的研究与创新，不仅有助于改善中国的环境质量，还会形成非常有利的出口市场，因为大多数发达国家和发展中国家都面临着相似的问题和需求。

**(3) 低成本固态动力电子学：**除了间断性（容量系数 $\leq 20\%$ ）因素外，造成光伏发电成本高的另一个原因是其“系统平衡”成本（将直流电转为交流电所需的能量）。电力电子还在风能、电机控制、能源系统控制等很多领域的领先应用中起到关键作用。如果中国能开发出低成本的“成套机组”执行单一工作，如直流电转换为交流电，电机控制的多频三相交流电合成，以及类似能以低成本大力提高能源利用率的产品，中国将获得广阔的国内外市场。

**(4) 碳捕获和深层地质储存：**煤炭是中国能源经济的核心组成，也是包括美国和欧洲大部分国家在内的许多国家的核心。未来 10 年，全球大幅削减二氧化碳排放量、不继续使用煤炭而满足能源需求几乎是不可能的。虽然工业化国家不断讨论先进煤炭技术和深层地质储存，但收效甚微。事实上，中国现在对这些技术的实际开发和示范已经赶上或超过了其他国家。在大力推进下，中国有可能在此领域引领世界，不仅能减少本国和国际的环境负荷，还能成为国际先进清洁技术的主要供给国。

**(5) 太阳能技术：**尽管中国拥有巨大的和不断增长的太阳能光伏出口市场，但这种技术的大规模应用还是相当昂贵的。通过加热工作介质（高热容）生成用以发电的蒸汽的太阳能技术比在沙漠地区进行大规模发电的光伏技术更为有效。另外，热量还可以保存在绝缘器皿中，在阴天或太阳落山后的用电高峰时，用这些热量来发电，以缓解高峰压力。虽然现在有很多太阳能发电厂已经投入运行，其发展前景仍面临挑战，包括降低收集器成本和开发能量储存系统。除了满足国内能源需求外，中国也可以为此类技术开发实质性的出口市场。

**(6) 盐水淡化：**中国的淡水供给面临着日益增加的严重问题。许多其他国家也面临着同样的问题，而且由于气候变化不断加剧，世界上缺少淡水资源的国家和地区在不断增加。当今，反渗透技术是海水淡化和盐水淡化的主导技术。这种技术虽然昂贵，但由于成本大幅下降，目前该技术的应用得以不断增长，特别是在经济发达地区。还有很多其他能够支持低成本的盐水淡化技术。如果中国能开发出这样的技术，不但可以满足日益增长的国内需求，还可以开拓不断增长的出口市场。

以上是中国在达到现有标准或颁布新的符合环境和可持续发展要求的标准和技术过程中，跨越不同技术发展阶段的几个例子。高标准和标准的有利执行有助于创建市场，引导创新者不断探索。同时，政府的政策和投资可以加快跨越发展。从保定、宁波和乌海（附录 3、4、5）的案例中可以发现：中国落后地区可以在较发达地区经验的基础上实现跨越式发展。环保部可以考虑就该专题举办一次研讨会，为私营企业融资开发相关项目提供机遇。

#### 5.4 执行

众所周知，中国缺乏标准和法规强有力且统一的执行，国合会许多课题组曾对此多次提出建议。执法是中国面临的严峻挑战。正如我们所看到的，强有力的执法体系对于激励创新是十分必要的。供给方只依赖新技术是不够的，还必须鼓励激发需求方。这就是各级政府对标准和法规执行的必要所在。如果一个公司意识到自己必须达标，那么它就会寻求最先进、最经济的方法。

值得关注的是，世界可持续发展企业理事会正在创建新的系统，系统中成员公开与环保技术相关的知识产权。这个“知识产权共享地”正是用来加强环保技术在全球的推广。

我们从火电厂二氧化硫污染控制的案例（附录 6）中可以看出，随着减排装置的大量安装，强制性标准已经开始产生效益。

但是在这个阶段，我们发现中国缺少有效的监测体系。地方环保局一般向当地政府汇报工作，这意味着可获取的数据可能可靠，也可能不可靠，因为没有独立的监测系统。所获取的数据通常已经处理与合成，往往与是否达标存在很小的关联或一点关联都没有。

美国早期颁发的政策之一是《有毒物质排放清单(TRI)》。随着时间的推移，该清单已发展成为有效的监测工具，并独立管理。结果是数据公开。如此一来，整个企业文化发生了改变，各个组织不断寻求成为优秀典范。

美国《有毒物质排放清单(TRI)》：鼓励全民参与战略

1986年，美国国会通过了《应急计划和社区知情权法案》(EPCRA)，法案全文在美国环保局网站([www.epa.gov/tri/](http://www.epa.gov/tri/))上。

EPCRA 第 311 和第 312 部分要求企业向州政府和地方政府上报其化学品贮存数量和存放地，目的是帮助社区准备应对化学品泄漏和类似紧急情况。EPCRA 第 313 部分要求美国环保局和各州每年收集工业设施中特定有毒化学品排放和转移数据，并将有毒物质排放清单向公众公布。1990 年国会通过了《污染防治法案》，要求根据此清单，报告废物管理和消减废物源方面的数据。该清单的目标是通过信息共享和公众参与，使企业和地方政府对有毒化学品的管理负责。

当这些要求首次提出时，引起工业和学术界的不少争议。争议的焦点是数据的不准确性，只简单地上报排放总量，而不对实际暴露和毒性予以评估是没有用的。但该法案继续执行，这些数据对排放的减少发挥了重要的作用。这表现在两个方面，一方面，有些企业对公布使他们难堪的数据感到尴尬，因此不得不采取措施减少排放量，以提高它们的公众形象。更为重要的是，环境和社会团体用这些数据向企业施压来改善当地的环境质量。

这些数据如何被非政府环境组织应用的最好例证，就是“记分板”网站([www.scorecard.org](http://www.scorecard.org))。该网站 1998 年由环境保护基金([www.edf.org](http://www.edf.org))这个非政府组织创建，现在网站由名为 Green Meida Toolshed 的非政府组织维护([www.edf.org/article.cfm?contentID=4940](http://www.edf.org/article.cfm?contentID=4940))。

任何人可以登录“记分板”网站，查看包括毒性加权数据在内的全国污染排放数据图，用户还可以通过输入当地邮编查看所在地污染排放源情况。

## 5.5 国际标准

全世界范围，不同的行政管辖区存在着成千上万的标准。在某些情况下，这些标准可以为任何一个行政管辖区所用，如林业法、动植物防疫检疫法、生物多样性公约及其他很多标准。这些标准的采用可以成为创新的主要激励。最为知名的例子便是蒙特利尔议定书中关于 HFC 部分。

1973 年中国出台了第一个标准，该标准针对三种废物：废水、废气和固体废弃物。目前中国环保领域的标准约有 1000 个。标准可以驱动环境的创新，为企业制定一个实现的目标。因此，它将驱使企业找到可以达标的新的解决方法。在新方法的探寻过程中，随之而来的便是创新。例如，ISO14000 标准就大大推

动了中国企业的清洁生产。许多大型公司是引进该标准的重要力量。该标准是环境保护管理创新的推动力。例如，宝钢及时采取了措施在整个公司系统中推广 ISO14001 标准，从设计到生产再到供应环节。这一举措在能源节约和污染控制方面产生了正面的效应。同时，原国家环境保护总局还将该标准推广至区域层面，尤其是高科技区和经济开发区。

标准的制定在一些行业中举足轻重。例如，机动车和发电行业的标准制定就是环境创新的关键。自 20 世纪 80 年代，中国便引进了机动车排放标准。1993 年开始对旧标准进行修订，旧标准中排放的限制仍然十分低。随着时间的推移，根据欧盟标准制定了不同阶段的机动车尾气标准。现在，国标 4 的碳氢化合物、一氧化碳和氮氧化物的燃油汽车排放限值比国标 1 实施之前限值的 10% 还要少。对于重型机动车而言，其氮氧化物和颗粒物的排放限值约为国标 1 实施之前限值的 10%（见附录 7），并达到现有的欧盟标准。

## 5.6 国家环境信息系统

我们建议授权国家环境保护部建立国家环境信息系统。该系统若想真正发挥作用，各级环保局需从当地政府部门独立出来，并直接将信息上报环保部所属的中央信息系统。该系统将建立在国家环境监测系统下的 3000 多个监测站的基础上，并对其功能进行实质性地拓展，由国家环境信息系统提交年度报告。各级政府也许不赞同这样做，但这样会使环保部处于第三方监测和审计的位置。环保部环境信息系统的统计结果将被公开并可广泛获取。这种信息的可获取性将保证国家环境信息系统中的全部信息可以被公众、社会团体和非政府组织实时浏览。

这需要花费大量的时间、人力和财力，但要确保达标还有很长的路要走，因为标准将随同信息一起公布。违法行为应被查处。独立的“审计”对促进创新将会产生重大的影响，不论创新是引入的还是本地的。随着中国寻求环境技术的出口，这种创新反过来会提高中国的信誉。环保部应建立咨询委员会以协助实施创新，同时确保最佳技术能被应用到监测和公开上报系统中。

通过建立咨询委员会，中国不仅能够促进技术创新，而且还会促进制度创新，因为单位和企业将决定如何以最好的方式处理污染信息公开上报问题，同时还可建立评估制度来监测这些技术的应用效果。例如，这种评估可以用来记录已经实施和正在实施的各种清洁发展机制项目中的实际效果，反过来新的法规和标准将在该信息基础上得到不断更新。

主要环境信息数据库的开发和运行的确是一项工作量很大的任务，需要统一收集许多关键数据。这需要日常的更新，当然也需要硬件和软件上新技术的开发和应用。全国范围实时统一信息的提供，避免任何层面的干扰需要大量的创新。

该中心的建立和运行，将产生新的创新活动。与该中心相关的活动可构成新型清洁技术研究平台。现在，这一类中心的信息收集可以通过无线技术和卫星。这种类型的中心本身能够为清洁技术平台提供稳定的创新信息，其作用类似于太空控制中心。

## 5.7 小结

如果要发展环境技术创新的市场，需要良好的法规、标准及其严格且公平的执行。目前中国环境执法尚需进一步加强，因此，建议开发并实施国家环境信息系统。该系统必须是公开的，并且可以为所有感兴趣的团体提供准确、可靠的信息。公开的系统能够让公众了解经第三方审核的环境信息，从而增强公众对环境保护的信心。这是一项工作量很大的任务，能够促进各自利益下的创新。这样的环境信息系统将为制定全球标准并促进跨越式发展提供机会。

## 第六章 公众参与和环境创新

近年来，在环境问题和环境技术创新方面，公众参与发挥着越来越大的作用。环境保护问题既是政府的问题，也是事关企业、民间社会团体和公众切身利益的问题。本章探讨公众和社区组织在可持续经济和社会发展中的作用。为了让公众能够更好地在政府-企业-民间社会这三方关系中发挥作用，需要确保信息最大程度的透明。这些信息包括现有的污染状况、发展可能造成的新的污染问题、减少这种污染的可能性以及污染对健康和生活质量影响等方面。在充分授权公众方面，中国已经取得了许多成就，但仍然需要做很多工作。

### 6.1 公众参与的重要性

公众参与是理解环境污染对社区的影响以及进行环境创新的前提。首先，公众是企业产品的终端用户。环境问题的复杂性以及环境问题影响的普遍性所带来的问题仅由政府和市场来解决还远远不够。我们需要确保公众有参与环境管理的权力，让公众充分认识到今天污染的影响以及未来项目的潜在影响，从而发挥公众在环境问题上的关键作用。第二，和谐社会的本质在于人们如何在区域经济发展中分享利益。企业和当地群众，政府和当地企业之间可能存在冲突。企业可能只会带走项目的利益，而把环境污染留给公众。公众的介入可以将利益相关者引入发展过程，从而减少企业和当地社区之间的矛盾。第三，只有当公众以关注环境的方式介入时，经济才有可能持续发展。地方政府如果能与其他管辖区域竞争，使其所辖地区成为环境友好型区域，他们不仅会在经济上成功，而且有助于建立和谐社会。公众享有信息知情权且提出的意见能够被采纳，是建立和谐社会的关键。这意味着在“致富光荣”的环境里，要想实现持续致富的目标，就必须做到与环境友好。如果中国的环境形势继续恶化，对人民生命健康造成严重影响，那么，

经济也会随之蒙受损失。

## 6.2 公众能够发挥作用

西方国家环境保护事业的发展与公众的积极参与是密不可分的。很多环境问题都是通过公众参与得以解决的，特别是那些环境污染的受害者。环境污染受害者同时也积极参与环境保护行动。这些行动会促使政府的环境立法，采取相应管理措施，建立环境评估程序。

中国的环境保护是由政府主导的，但有必要在环境保护和环境技术创新过程中充分考虑公众的意见。以下就是公众参与的一个典型实例。2005年4月，原国家环保总局对圆明园的防渗漏工程举行了第一次公众听证会，2006年2月颁布了《环境影响评价公众参与暂行办法》，同时，内容更加具体、范围更广的《公众参与环境保护办法》也将颁布实施。在事关公众切身利益的环境政策制定实施中，公众参与起到了至关重要的作用。此外，环境保护非政府组织的迅速发展也很重要。非政府组织可以帮助集中公众的意见，形成政策建议并且使决策制定者做出回应。

通过个人、社区组织和非政府组织，公众能对当地环境问题的解决产生巨大的影响，同时影响到政府和企业。很多环境问题是通过环境创新解决的，而公众能促进这些创新并评估其效果。现在，通过发挥各类通讯媒体的作用，包括互联网的强大力量，公众参与的渠道得以大大拓宽。

值得一提的是，最近的蓝色地球奖颁给了积极参与全球环境保护的杰出公民（该奖项1992年由朝日玻璃基金建立）。如果中国能够设立一个国家层次的环境保护奖项，将其授予对环境保护和环境科技创新作出杰出贡献的公民或社会团体，这将对中国的环境保护事业起到极大的激励作用。对于科技创新体系中的公众参与，公众应该有知情权，甚至可以监督可能造成重大环境影响的开发项目。公众监督体系应包括公示、听证会、新闻发布会、环境影响评价中的监督，以及相关公众舆论系统。

加拿大的萨德伯里(Sudbury)是公众参与的一个很好案例。近一个世纪以来，采矿业、伐木业和冶炼业毁掉了该城市周围数千平方公里的土地。当地公民和团体开始行动要求改变现状。最终，公司、当地政府、省政府和联邦政府共同努力对这个饱受污染的地方进行有效的生态恢复。这里已成为世界上最成功的生态恢复项目。这向我们展示了即使是污染最严重的地方也能在公众参与的努力下重新恢复绿色。

中国也有越来越多的公众参与案例。最近厦门的公众参与，使一个造成严重

污染的化工厂重新选址就是一个很好的例子。按照现有法律，政府在该地建造大型化工厂的决议是不能被反对的。但是公众的压力改变了政府的决定（《新京报》2007年12月8日）。

宁波的案例启示我们，公众的参与有时候会特别有效。而乌海的例子则说明，为了更好地保护当地的环境，需要更好地发挥公众、社区组织和非政府组织的作用。

## 6.3 公众参与的方式

### 6.3.1 公众的信息获取

公众参与的前提是信息获取，我们提出的全国环境信息系统有助于解决这一问题。政府和企业有义务披露相关信息。

在第五章中，我们建议应授权国家环境保护部组建一个国家环境信息中心，该中心不受地方利益的控制。独立的科技顾问委员会将为该体系提供建议。该体系将使公众有能力监督政府和企业的环境保护行为。

考虑污染对人口健康的影响，有必要通过该信息中心收集和发布对健康影响的数据和信息。如果只关注单位排放量，而不是总排放量，那么，当总排放量快速上升时，会给政府造成错误的安全感。通过公开发布权威的结果和相关的标准，公众、社区组织、当地非政府组织和国际非政府组织就能正确判断结果是否符合相关标准。

### 6.3.2 公众听证会和监督

现在，环境立法、环境影响评价、环境科学和技术政策中定义的听证体系只在有限的范围内存在。在环境立法方面，原国家环保总局在2004年8月6日首次对“污染排放许可条例”进行了听证会，这标志着环境立法听证体系的建立。从此以后，环境立法的咨询活动经常开展。

环境技术创新过程中的公众监督有两种方式：一种是个人对于企业违反法律法规的投诉，另一种是相关环境保护组织和非政府机构所采取的各种措施。个人投诉和监督行动的方法主要包括固定的“投诉箱”，环境保护机构的举报热线“12369”及其网站。个人代表也可去相关机构举报。相关环境保护组织和非政府组织对环境科技创新的监督模式包括公众会议、建立公民绿色组织等。这些环境科技创新的监督行为不仅确保环境技术真正得到应用，而且有利于环境友好性公共政策的制定，同时评估这些政策措施的有效性和风险性。公共监督

强调了环境保护的社会利益。公共利益由公众管理和评估，这将有效解决几个层面上的“市场失灵”或“政府失灵”，甚至同时解决两者。

公众也是很多产品的消费者。他们可以选择环境友好型产品。开发绿色产品是中国的优势，如太阳能热水器。山东省的日照就是一座以太阳能闻名的城市，在太阳能热水器应用方面，开了先河（《新科学家，2007年11月10》）。在家电设备的使用上，中国公众越来越多地选择环保型产品。因此需要有大量的技术创新在提高环境标准的同时稳定价格水平。

### 6.3.3 充分发挥社会团体、非政府组织和志愿者的作用

中国解决环境问题的主体是政府和企业，对政府和企业无法解决的环境问题，社区组织和非政府组织可以弥补空白。

社区组织是社会的基本单位。要建立资源节约型和环境友好型社会，首先要求我们将社区建设成“环境友好型社区”。中国传统上并不重视社区这一概念，不重视基层社区的社会监督功能。现在社区已经成为社会管理，公共服务和社会支持的网络。在社会福利、社会救济、社会慈善、职业支持、公共安全、计划生育、卫生服务、环境保护、社会争端调解和生活服务方面，社区组织应该发挥积极的作用。

在世界上，非政府组织在环境保护和创新方面起着重要的作用，中国这方面的作用在加强。截至2005年，中国共有2768家非政府环境保护组织，其中包括1382家由政府牵头成立的非政府环境保护组织。非政府环境保护组织共有224000名成员，包括69000名专职员工和69000名兼职员工。每个组织平均拥有25名专职员工，大约有30%自发的非政府环境保护组织只有兼职员工而没有专职员工。虽然中国的非政府环境保护组织发展非常迅速，但数量仍然有限，规模仍然不大。它们在环境保护行动中所起的作用尚不明显。非政府环境保护组织应该在创新体系中起到更重要的作用，因为它们能够有效的评估当地的需求，评估污染造成的影响，以及对未来发展潜在的影响。创新是由当地需求驱动的，如果能够获得公开和透明的信息，非政府环境保护组织就能衡量当前工作的有效性，并呼吁技术和环境管理的改进。

志愿者是推动环境创新的另一股重要力量。他们能够弥补政府和非政府组织留下的空白。很多志愿者能够采纳最佳环境实践并将其在社区中进行推广。例如，在北京，为了节约能源，一个志愿者提议将26摄氏度作为室内空调温度的下限。这个倡议被政府采纳。

## 6.4 公众的教育，培训和宣传

我们应该通过公众教育、培训和宣传鼓励公众参与以底层为导向的监督，这样才能加速环境技术创新的发展。让公众理解并接受可持续发展和环境保护的科技创新是非常重要的。这意味着要让广大中国公民了解，并不断提高他们的意识并加强教育。

## 6.5 小结

通过个人、社区组织和非政府组织的参与，公众在环境问题中扮演着越来越重要的角色。正是通过这种渠道，创新的需求才能得到展现。在政府、企业和民间社会团体三方关系中，要想发挥民间社会团体的关键作用，必须促进社区组织的建立，信息必须要全面公开。公众需要通过国家环境信息系统获得信息，并让政府和企业对其环境行为负责，以确保公众知情。

# 第七章 结论和建议

## ----2010-2020 年国家环境创新行动计划

本报告对创新和环境友好型社会建设的诸方面进行了论述。从中我们可以看出，中国在减排问题上迈出了一些重要的步伐：设定了单位 GDP 污染减排的目标并取得了重要进展；包括碳捕获碳储存（CCS）技术项目在内的一系列重大项目（如绿色发电机组）正在建设中，建成后电站将实现零排放；中国的 GDP 将以更快的速度增长，增速超过减排速率。因此，我们应清醒地看到，中国的环境污染水平已经超出了环境友好型社会的承受能力，我们还需要做很多工作，建立总量减排的控制目标。此外，由于土地、河流、湖泊、空气和海洋的生态受到了极大的污染和破坏，生态修复工作也很艰巨。

中国的环境创新水平总体而言处于较低的水平，中国的环境技术主要来源于国外，引进消化吸收改造的多，自主创新少。与中国经济可持续发展的需要形成巨大的差距，也与其它产业的创新水平相差甚远。

产生差距的重要原因有：一是基本没有摆脱先污染后治理的发展模式，没有形成环境保护与经济互相促进的体制与机制。二是在环境创新中，重行政命令轻制度环境，没有形成一个有效的促进企业主动进行环境创新的制度与政策体系。三是因为缺乏进行环境技术向商业转化的产业应用技术研究中心和产业共性技术实验室，缺乏相应的管理协调机制，使环境科学技术研究与技术成果商业化之间存在着严重的脱节。四是环境信息采集与发布的制度和技术的落后，造成公众参与的程度非常低，使公众没有成为环境创新体系中的重要一员。

在过去的三十年，中国抓住了世界信息技术革命的机会，缩短了与世界的差距。如今，中国与世界的差距主要在核心技术的掌握和环保技术层面。面对中国经济快速发展的需要和资源环境所面临的瓶颈，又正逢全球正在酝酿清洁技术（CT）革命，中国亟需抓住这一机会，通过环境技术的革命，实现中国经济发展方式的转变，真正实现科学发展。没有一场深刻的清洁技术革命，中国很难走上科学发展的道路，全面建成小康社会。我们说全球面临一场清洁技术革命，主要是因为全球石油价格的不断上升，全球变暖效应的加快，不可再生资源的不断枯竭，环境恶化对人类健康影响的加深，使世界各国都加大了对清洁技术的投资。一批具有广泛应用前景的清洁技术正在酝酿之中。在将来，环境保护将不仅依赖现有技术的改进，更要依靠新技术的开发以及制度创新。清洁技术（CT）包括了新能源，清洁制造技术，新材料(NM)，生物技术(BT)，相关的信息和通信技术(ICT)。

我们认为，中国面临复杂的现状，它同时受到生产和日常生活排放的双重污染，点源、面源的复合污染同时存在；新旧污染物交织；水、空气和土壤污染严重。中国必须加强本土创新能力，依靠科学技术来促进和引领环境保护的发展，综合运用各种创新手段解决环境保护问题。在目前形势下，我们有必要继续引进先进技术，但这种情况将会随着时间的推移而逐步减少，因为中国将成为环境技术创新的领导者。

为此，我们提出了“2010-2020 年国家环境创新行动计划”的方案设想。之所以提出这一设想，一是我国已经把环境友好型社会作为 2020 年实现小康社会的目标，可持续发展是重要国家战略之一。二是创新已成为中国科技发展战略的重要组成部分，也是国家创新战略和《中国中长期科技发展规划（2006—2020）》中的重要内容。三是环境创新作为一个系统的过程，需要持久的创新行动，才能起到应有作用。

中国必须在与可持续发展相关的各个创新环节都保持强大的行动能力。创新过程的各个环节不仅要满足短期需求，还要随时准备迎接未来的挑战 and 机会

2010-2020 年国家环境创新行动应该包括技术创新，制度创新，社会创新，组织的创新，包括重大环境创新行动和和环境创新科技投入的增长。

## 7.1 技术创新

### 7.1.1 加强中国对环境领域的原始创新能力

按照我们的研究，仅用国外已有的技术，依靠引进消化吸收再创新，已经不能应对中国经济发展与环境创新的需要。中国未来亟待要加强的是环境领域的原始创新能力。中国需要一大批突破性的创新。否则，中国的可持续发展将会遇到严峻的挑战。因此，中国需要大大加强对环境科技领域的投资，以实现在清洁技术革命中对世界的追赶与跨越。

为此，中国需要大大加强基础研究投入。基础研究能力的提升是下一代创新的基础，也是中国迈向知识密集型经济形态的基础。在基础研究领域，中国正在开展一些工作，但是，我们必须继续努力，以确保中国具备全球水平的竞争力去吸引最好的研究人员。通过支持竞争性研究，引入奖金、奖学金，加大加宽对大学的支持力度等措施，中国将提升其在全球学习网络中的地位。

另一个提高中国国际原始创新能力的激励措施是在大学、国家研究机构内建立一批高水平的“国家环境创新研究中心”。通过建立大学科技园，中国已经开展了很多工作，建立了一些校办企业。但是，这里强调的是更加关注技术转移，关注产学研合作，关注企业在这一领域的主体地位。要通过企业与政府，高校及研究所共同投资的形式，建立此类创新研究中心，以促进研究型企业与知名研究机构之间的合作。这将会增强技术引进的效率，同时节约国有资本。

### 7.1.2 设立重大清洁技术创新专项

要针对中国目前存在的水、大气和地区以及产业制造中面临的重大环境问题，凝炼出一些重大清洁技术专项。如，国家重大水处理专项就是其中的例子。在绿色制造方面，新型钢铁循环清洁制造，绿色发电机组也都是清洁技术中的重要例子。特别值得关注的是，清洁煤生产、坑口发电等清洁技术领域以及水泥生产等领域需要加大研发力度，因为这些领域潜力极大。

以下是我们提出的国家环境创新重大专项的一个清单。

- 汽车污染治理
- 煤清洁燃烧技术
- 太阳能
- 风力发电
- 新型核能
- 碳储存
- 节能建筑
- 生态恢复技术（可在不同地区实施）
- 清洁生产技术（可在不同产业实施，钢铁，化工，水泥）

### 7.1.3 建立环境产业研究院

中国的大部分应用类研究院已转变成为盈利机构。这意味着它们解决产业共性问题的能力在下降，因为这对于它们来说似乎无利可图。

尽管中国目前的各级环保系统机构有 11555 个，各级环境科研所 266 个，但是，目前的省级以下（包括省级）的科研院所出于生存的需要，大部分以环境影响评价和污染治理工程的环境咨询服务为主，较少从事环境科研。据调研，目前我国一个省级环科院从事环境保护科研的人员不足 10%（直辖市的科研院所高于 10%，但不足 30%），从事的科研工作也仅限于为本省环境保护管理服务类的工作项目；一些具备科研条件的院所（主要是直辖市和国家级环境保护科研院所），因培养学生的需要做一些基础的研究，也开展一些对污染治理技术机理和部分设备的改造方面研究，这部分技术创新仅占很小的比例；大型国有企业和外资企业，从社会责任和企业自身节能降耗及环境保护压力方面，对技术进步有明显而迫切的需求，他们积极参与清洁生产和污染治理的技术研发；民营企业和中小企业对利益的追求，往往出于地方环境保护的压力才承担环境保护治理的投入，没有技术研发的动力。中国的中小企业对环境技术的研发很少，对新技术的应用效果也不理想。

因此,我们需要建立解决产业急需共性问题的产业研究院，如在化工、钢铁、造纸等污染较高的产业，要率先建立这种产业环境研究院。这些研究院可以为创新链条中的竞争前研究提供服务，并开展工程示范研究。这些产业研究院应由政府和产业资金共同出资建设，形成政府产业合作的方式，以实现新型产业研究院的运作和管理模式，实现环境产业研究院的可持续发展。环境产业研究院可以由许多转制院所的重组而成。

“国家环境创新行动计划”将为此类研究院提供政府的经费。这些研究院可以挂靠在各个产业协会下进行管理运作。

同时，环境产业研究院应该优先为本地中小企业的环境治理提供服务，应该在环境标准制订，技术开发和转移中发挥重要作用。

### 7.1.4 建立跨学科的综合性的国家环境创新实验室

在中国，建设环境友好型社会的方法之一是建立跨学科和跨文化的合作项目。这些项目鼓励和吸引中国和国外的科学家、研究人员、设计者、建筑家、艺术家、哲学家、政治家以及商人走到一起，共同研究如何实现可持续发展。这些项目的研究一方面促使不可再生资源的使用大幅度减少，另一方面也向人类展示了一种高标准的生活方式。这种生活方式没有废物产生，所有物质都实现了循环

利用。中国具备多样性的生态条件，因此，在中国启动这类项目非常有益，可以此作为全球的示范。根据中国的环境条件，可以在东南西北依靠地方政府合作各设一个国际环境创新实验室。

## 7.2 政府环境科技投入与金融

### 7.2.1 大幅增加国家环境创新行动的科技投入

改革开放以来，特别是“十五”末、“十一五”初国家不断加大对环境科技的投入力度。随着环境污染的日趋严重，国家对环保治理投入不断上升。“八五”期间增长至 800 多亿元，占 GDP 的 0.8% 以上；“九五”期间的环保投资总额达到 3600 亿元，占 GDP 的 0.93%。到 2007 年，我国的环境保护投资达到了 3387.6 亿元，占 GDP 的 1.36%。

在美国，自 1990 年以来，约有 9% 的联邦研究开发经费投入到环境领域中。我国 2006 年的政府科技资金约有 1000 亿元，但我国投入于环境保护创新的经费十分有限，大量的技术是引进的技术。为了满足中国清洁技术创新的需要，中国需要投入更多的经费，以支持本建议所说的重大清洁技术专项、环境保护技术专项、相关研究机构的建设、国家环境信息中心的建设等。

### 7.2.2 制定发布政府绿色采购法规

在中国，政府采购概念的内涵已经扩大，包括了为本土创新提供的特别支持。当前的政府采购主要是为了降低政府行政支出成本，并没有把清洁、环境友好的绿色采购放在重要位置上。世界各国的实践表明，清洁技术的政府采购应该放在头等重要的位置。但我国政府的这一资助，力度太低。而且，更为关键的是，当前的政府关于环境标志产品的政府采购，主要是面向节能（如汽车）和环境安全（如建筑材料）的产品，并没有促进环境技术创新的内容，也没有直接补贴消费者购买节能降耗产品的内容。

目前，欧盟的公共采购占其成员国国内生产总值（GDP）的 14%，其中绿色采购占公共采购的平均份额为 19%，瑞典达 50%、丹麦 40%、德国 30%、奥地利 28%、英国 23%，均超过欧盟的平均值。2005 年，德国环境标志产品已达 7500 多种，占全国销售商品总数的 30%。

因此，为使拥有创新技术的企业获得更多的市场份额，并提高企业的竞争力。我们建议，规定地方政府预算转拨投入清洁技术的最低资金比例，中央政府为地方政府和国有企业实施绿色政府采购提供激励。面向绿色技术的政府采购资金的比例，应不低于总政府采购的 20%。

同时建议，为保证政府绿色采购的有效实施，制订相关的政府绿色采购法律法规。

### **7.2.3 环境创新的金融行动计划**

首先是完善风险投资机制，要想开拓“新的产业革命”，中国必须不断加大风险资金投入。

其次，中国应该制订环境企业优先上市的强制措施，以鼓励环境类企业更快地得到社会资金的支持。

第三，在信贷上，要建立环境创新企业优先得到信贷支持的绿色信贷政策。现在，一些经济较发达的地区已经开展了此项工作。我们建议应该将这一政策上升为国家的基本政策。

第四，对进行重大环境创新的企业，采取长期低息贷款的政策给予扶持。

## **7.3 环境基础设施建设**

### **7.3.1 建立国家环境信息系统 (NEIS)**

应授权并支持国家环境部建立一个全国范围内独立的环境信息系统，这一系统应独立于地方政府，并提供可信的信息。这些信息从全国范围内收集并受国家环境部的独立审计。信息应公开，应能够公开获取。这个公开的、有保证的信息库将成为环境执法的基础，为创新者提供正确的需求信息。环境友好的企业将获得相应的激励，并通过供应链促进供应商创新。环境信息系统可由国家环境保护部下属的信息中心来管理。各种非政府组织可以获取环境信息系统的信息，并在专家的帮助下评估环境污染对健康和生活质量的影响。

因此，政府需要大量的资金，用于设备的投入、安装、使用和维护，并需要对相关人员进行培训，包括设备的使用和数据的解读。将数据与当地企业的环境表现，经济发展，社会发展结合起来。

## **7.4 企业创新**

### **7.4.1 提升企业尤其是中小企业的创新能力**

中国的环境创新系统有一缺口，那就是中小企业。当前的法规和支持系统通常都未触及中小企业。在将来，我们急需强硬的手段去帮助中小企业获得清洁技术信息，帮助他们引进，应用新技术，新知识，并给予金融支持。有些中小企业

是大型企业的供应商，在产品标准上更应该严格要求。同时，各地设立的环境产业研究院，应该优先为本地中小企业的环境治理提供服务。

要通过政府规制、税收政策、政府采购、标准制订等行动，使环境创新成为企业一个高回报的投资。强化企业家尤其是国有企业领导的环境社会责任。

## 7.5 体制创新：法规、标准和执行

只有建立稳固和公平的强制性标准体系，我们才能把国际上的创新带进中国，并进一步增强中国自身的创新能力，一方面满足国内需求，另一方面开拓国外市场。虽然中国建立了一套较完善的法规和标准体系，但是这些法规和标准却没有严格的执行。中国需要更加关注法规的执行，并针对环境违规事件建立更好的监测系统，违法成本要大大高于守法成本。

### 7.5.1 创造市场

企业是环境技术投入的主体，因此在环境友好型社会的建设中扮演最重要的角色。为了使中国能开发和应用清洁高效的技术，必须利用综合的激励体系建立环境技术市场。我们确信，通过法规的强制执行，自然资源的有效定价（如水、能源），税收激励、补贴、采购等激励措施，目标一定能够达到。但企业普遍反映，尽管中国政府已经给他们一些补贴，但这些补贴不足以补偿他们的成本。因此，中国需要大幅度提高这种激励水平，如对脱硫发电的电价，要更大幅度提高，鼓励企业采用环保设备。

创造市场的另一个重要政策是对消费者购买节能降耗产品的直接补贴。德国和美国通过对太阳能发电的政府采购支持，促进了一大批太阳能企业的发展。我国的风能产业和太阳能产业的发展也对消费者进行了一定的补贴，促进了这一产业的发展。但我国的类似补贴政策用得很少，且没有上升为一个基本的制度。

### 7.5.2 加强不同部门和机构之间的政策协调

在技术创新和实践的过程中，政策制定者经常只关注自身的部门，而不是从全局的角度来思考问题。因此，我们建议，在环境创新问题上，环境部应成为综合协调部门，以更有效地协调环境创新政策和行动。

环保部应该在环境创新行动计划中扮演重要角色。包括对环境产业研究院，国际环境创新研究中心，国家环境信息中心这几大体系中管理和以及参与重大环境创新项目的协调管理。

### 7.5.3 充分发挥各类行业协会的作用

行业协会代表了企业集体的意愿，是技术创新和转移，标准制订中的重要力量。行业协会是政府与企业之间的桥梁。应该重视各类行业协会在环境保护和清洁技术创新中的重要作用。

## 7.6 全球化与环境创新

### 7.6.1 国际合作/全球学习网络

中国与国际社会应该共享发展的经验。国际合作的机会会有很多，如碳捕获与储存，生物精炼，清洁煤。中国已经开始成为某些合作的领导者。很多中国的机构和企业已经发展了全球学习网络。中国可以派遣学生和雇员到国外学习或参加合作研究，也可以邀请国外专家参加中国的研究中心网络。为了利用全球创新网络，中国企业已经开始加强与国际企业合作并在海外建立研究机构。

在国家环境创新行动计划中，应该有一部分资金面向中国与国际的合作。促进跨国公司参与中国的环境创新行动。对参与中国环境创新行动的跨国公司提供优惠的政策支持。

中国应该积极参与国际环境合作，因为这将有助于中国建设环境友好型社会。

### 7.6.2 知识产权与跨越

为了推进环境友好型社会的建设，中国应加快引进消化吸收外国先进技术的步伐，并加强知识产权保护。

使用过时技术治理环境的成本会远远超过获取或投资于新的清洁技术的成本。因此，我们建议，中国应从外国企业引进一些先进技术。

保护知识产权有利于扩大中国的出口市场，包括发达国家市场，也包括发展中国家市场。

对先进清洁技术的投资将使中国跨越进入一个更加先进的技术基础阶段，而这反过来又会对所投资技术的未来研发创造竞争性的激励。

## 7.7 社会创新与公众参与

我们知道，在环境问题上，公众参与是创新的关键环节。因为最终是公民从可持续发展模式中得到实惠。

中国已经开始赋予公民和非政府组织在环境问题上的参与权，确保公民可以提高生活质量。这一点必须得到更进一步的发展。这些组织必须保持独立，与政府保持距离，才能在环境问题上发表有效的声音。

### **7.7.1 增强公众意识**

应该加强公众环境意识教育，提高环境意识，获取可信的信息，采取相应的行动。充分利用地方和社团组织，开展各种绿色文明创造活动，如绿色区域，绿色社区，绿色学校，绿色公园，绿色城市，绿色单位，中国能够逐步形成全员参与绿色行动的社会氛围。为了激励这些行动的开展，要进一步加大环境科普的力度，发起公民和团体最佳环境实践的地区性竞赛，通过电视节目向公众播放，增强公众的环境意识，提高公众运用环境知识参与环境行动的能力。这同样也包括商业上的最佳技术创新和环境实践，包括国际合作。绿色公众行动和绿色意识将会加速环境友好型社会的建设，作为中国公民，将以此为骄傲。

### **7.7.2 公众参与地区环境保护**

在建设环境友好型社会的过程中，随着公民教育水平和意识的提高，公众应有权询问和监督那些对当地环境产生破坏的项目。通过开通公众上报和意见反馈渠道，公众将有机会直接参与当地的环境保护。此外，这会使得国家环境信息系统的工作更加容易，效率更高。

### **7.7.3 鼓励公众成为创新家族的一员**

公众作为环境产品的消费者和用户，可以在环境创新中扮演独特的作用。创新的空间无限，公众的创新能力无限。只有人人出点子，动手和加入到环境创新行动之中，中国的环境友好型社会才能实现。因此，应该开展公众环境创新大赛，通过媒体，实现公众，企业和专家的互动。

### **7.7.4 教育系统应更加强调创新**

中国在过去一直是一个具有创造力的国家，如今也仍在快速发展。中国的教育体系需要更加强调创造力的培养而不仅仅是书本知识的学习。今天出现的各种问题，如可持续发展问题，往往都不是传统的单一学科能够解决的。这种单一的学科教育体系统治了很多国家。创造性需要容忍失败和重复的努力。在中国，犯错误通常会导致惩罚。中国面对的机会和挑战没有边界。各学科之间的边界，政府部门之间的边界，不同层级政府之间的边界都需要减少，变得更加透明。

### **7.7.5 建立环境损害评估与赔偿机制**

随着环境污染问题的发展和公众意识的提高，由此而来的环境损害也越来越成为一个突出的社会问题，在一些地方甚至发展成为严重社会冲突。建立环境损害评估与赔偿机制，有利于推动企业将环境成本内部化，从而走上依赖技术创新实现可持续发展之路。

中国有能力，也有必要成为全球可持续发展和环境技术创新的领导者。

(本报告文本由课题组提供)