



INSTITUTE FOR
SCIENCE, INNOVATION
AND SOCIETY
UNIVERSITY OF OXFORD

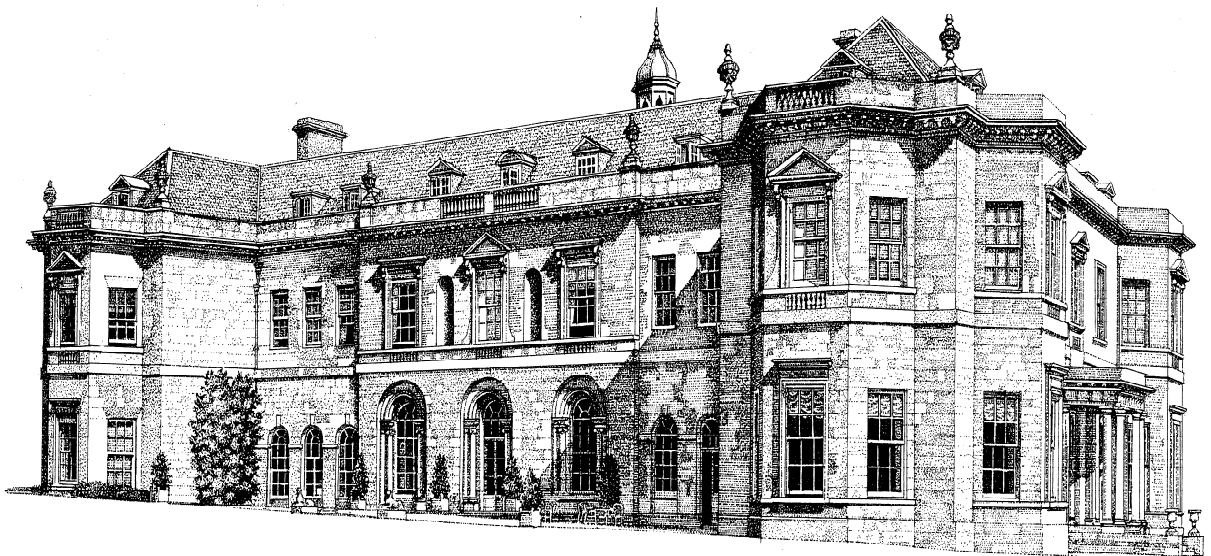


MacKinder
programme

for the Study of Long Wave Events

哈特維爾報告

繼 2009 年崩潰後
氣候政策的新方向



白金漢郡的哈特維爾莊園，2010 年元月 2 日到 4 日，作者們齊聚於此構思出本報告。

2010 年 5 月

作者

格温·普林斯教授，英格蘭倫敦经济学院麦克金德长波事务研究所

伊莎贝尔·加莉亞娜，加拿大麥基爾大學經濟系及全球環境氣候變化研究中心

克里斯托弗·格林教授，加拿大麥基爾大學經濟系

赖纳·格伦德曼博士，英格蘭阿斯頓大學語言與社會科學學院

麦克·哈姆教授，英格蘭东安格利亚大学环境科学学院，

爱特·科沃拉教授，芬蘭赫尔辛基大学環境科學系/環境變化與政策分院

弗兰克·莱尔德教授，美國丹佛大學约瑟夫-克贝尔国际研究学院

特德·诺德豪斯，美國加州奧克蘭創新突破研究院

小罗杰·皮尔克教授，美國科罗拉多大学科学与科技政策研究中心

斯蒂夫·雷纳教授，英格蘭牛津大学科学、科技与社会学院

丹尼尔·塞勒维兹教授，美國亞利桑那州立大学科学、政策与成果协会

迈克尔·谢伦伯格，美國加州奧克蘭創新突破研究院

尼科·斯托尔教授，德國齊柏林大学卡尔·曼海姆文化研究主席

手塚裕之，日本JFE鋼鐵公司（日本鋼鐵聯會代表）氣候變化政策研究組總經理

目 錄

前言	4
執行綱要	5
第一編 從《如何使氣候政策重入正軌》到《哈特維爾報告》	6
第二編 徹底重構	9
A. 我們的三大目標	11
1) 確保人人有能源	11
2) 確保生存环境免受各种因素的損害	11
3) 確保各个社会生存并应对气候风险（‘适应性’）	12
B 氣候变化在 1985 至 2009 年间被系统性误解的原因 以及由此产生的影響	13
C 對地球系统科学本质的誤解	14
第三編 堅決抵制氣候政策的“一切照舊”的做法	16
A 讓之前不受重視的非二氧化碳‘因素’重回台前	18
B 保證在这样一个复杂的世界里不因为过于求全， 反而一事無成的情况出現	19
1) 能源效率策略的政治前提	20
個案研究：能源效率行业解决方案的潜力和局限： 对钢铁业的全球行业解决方案的案例研究	20
2) 能源供应中加速低碳化的首要地位	21
C 經費从何而来：小额抵押（专项）碳稅的狀況	25
結論	28

前言

本報告源自在2010年2月於倫敦經濟學院召開的一次會議。會議的主題是討論2009年末氣候政策發展的內涵。

哈特維爾會議是按照查塔姆宮規則（Chatham House Rule）召開的私人會議。與會者來自世界各地，其背景包括了自然和人文科學的各個領域，是學術界和其他領域的專家。會議所形成的《哈特維爾報告》是系列中的第三冊，並將由倫敦大學和牛津大學合作出版。我在2007年曾與史蒂夫·雷納教授共同出版了《穿錯了的褲子：對氣候政策的徹底反思》（The Wrong Trousers: Radically Rethinking Climate Policy），並且在《自然》雜誌上對其中主要論點作了相關的總結（見“該是拋棄京都協議的時候了”，449，10月25日）。之後，在2009年7月，我們與更多作者聯手推出了《如何使氣候政策重入正軌》一文。但現在這份報告的作者較之以前有所變化和增加。

倫敦經濟學院的麥克金德項目致力於研究和發掘事物發展的深層次動力。這就如同火山的突然噴發，絕不僅僅是因為看得見的積累煙雲和火山灰。它跟巖漿和地殼構造板塊有關 - 也是一種地緣政治學，特別是包括許多文化特徵。因此，哈特維爾會議的宗旨是以長遠的角度來審視在2009-2010年冬籠罩全球氣候政策的危機各個方面。我們當中的很多人對氣候外交的失敗並不感到意外：早些時候我們就預見到了這一點。但我們對其他一些方面的問題並沒有預料到。因而，在2010年2月初我們想調查一下對現今的形勢及其成因的普遍看法。我們尤其想通過本報告的具體討論，對富有成效的未來行動方向進行展望和建議。

倫敦經濟學院非常感謝日本經濟團體聯合會（東京），內森·卡明斯基基金會（紐約）以及霍夫曼基金會（日內瓦）的資金支持。沒有他們的支持，這次會議和項目都不可能實現。我們還要特別感謝內森·卡明斯基基金會專案主席彼得·蒂格的建議與大力協助。當然，所有資助者對會議形成的報告不負有任何連帶責任。作為組織者，我謹向經濟學院研究項目發展部和發展&校友聯絡部的同事們表示感謝，感謝他們積極有效的協助，使得本報告得以在眾人支持下完成。

同時，我也非常感激我的同事，麥克金德專案的訪問學者約翰娜·莫寧；以及牛津大學的韋登菲爾德獎學者達裏波·羅哈克。感謝他們協助我組織這次哈特維爾會議。邁克爾·登頓以及哈特維爾莊園的工作人員為我們提供了開會的幽靜好處所，並為我們的電話會議提供了完美無缺的服務，使無法到場的印度和中國同事得以參與討論。我們對他們也非常感激。最後，我希望對所有參加的作者表示謝意，感謝他們密切無間的合作和積極地參與。

G·普林斯
倫敦經濟學院
倫敦
2010年4月

執行綱要

在京都議定書的框架下，氣候政策儘管已經在全世界範圍內得到多國政府的理解並且已經實施，但是在過去的十五年內，溫室氣體的排放並沒有實質性的減少。究其深層次的原因，還是在於聯合國氣候變化框架公約/京都（UNFCCC/Kyoto）模式在結構上存在瑕疵，因而註定會失敗。從1985至2009年該模式都將氣候變化的本質系統性地誤解為一個政策性問題。由於傾入了大量政治資本，這項當前主導性的方案業已具有巨大的政治影響力。但是，氣候政策在2009年底的崩潰使UNFCCC/Kyoto模式不可能再繼續了。哈特維爾報告將就這一歷程進行回顧，雖然這並不是其唯一或首要目的。

2009年氣候政策的崩潰為其新生也提供了一個巨大的轉機。本文主要動機和目的在於解釋並推動這一轉機的到來。要達到此目的必須理解並接受一個令人訝異的觀點，即形勢已經非常明朗，把減排作為實現所有目標的氣候政策是不存在的。但是，之所以全球經濟低碳的需求是如此迫切，還有很多其它的原因。因此，本文主張實施徹底重構性的——也是逆轉性的——方案，承認：低碳化只有在實現其它具有政治吸引力且確實具有實用性的目的後才有可能變成現實。

本文因而主張，我們工作的組織原則應是通過實現以下三大目標來提升人類的尊嚴感，即：確保人人有能源可用；確保我們的發展不會損害地球系統的核心運轉機制；確保我們的社會能應對因各種原因而導致的氣候風險和危險。

本文闡釋了降低人為非二氧化碳因素對氣候影響的基本且較實用的方法，認為提高氣候風險管理水平才是有效的政策目標，而不僅僅是關注碳排放方面。本文解釋了應把能源效益策略的政治前提作為第一步，並說明了如何才能實現真正意義上的減排。最重要的是，本文強調能源供應中加快低碳化的首要地位，並呼籲大幅增加對非碳能源領域創新技術的投入，從而實現能源供應技術的多樣化。這樣做的最終目的是使非碳能源的未補貼價格低於礦物燃料價格。哈特維爾報告倡導通過小額抵押（專項）碳稅方式資助此項工作，意在對如何有效的獲得資金方面作拋磚引玉之論。

圍繞人類尊嚴來探討氣候問題不僅是崇高的或者說極其必要的，而且這樣做或許比糾纏於人類的罪惡更有效，後者已然失敗並且成功無望。

哈特維爾報告信奉的箴言為：危機亦是不容錯過的轉機。

第一編 從《如何使氣候政策重入正軌》到《哈特維爾報告》

一年前，很少有人會料到，在2010年春天氣候政策在公眾面前會陷入如此混亂的局面。在2009年下半年的最後幾個月內出現了兩個轉折點：一個是政治的，一個是科學的。其間，經濟合作和發展組織（OECD）內的主要國家政府為制定並推動國際氣候政策，從而形成全球氣候政策所依據的種種說法和假設都被一一顛覆。曾經遵循了十幾年的氣候政策方向亦無法維持——因而氣候政策必須找到新的出路。這給我們提供了一個巨大的機遇重新審視氣候政策。本文的主要動機和目的就是闡釋並推動這一機遇的到來。

第一個轉折點發生在政府間和國家間的外交領域。哥本哈根氣候會議在12月18日結束，標誌著該政策已陷入迷茫而分崩離析。會議產生的協議立場不明晰，其作出的承諾也含糊不清。不僅未達成任何有實際效果的協議，而且就連通過大型定式會議展開多邊外交程序的做法也受到質疑。同樣受到質疑的還有歐洲之前在全球氣候政策領域裏取得的領導地位，中國、印度、巴西和南非更是採取主動表達了與以往主流共識所不同的見解。¹ 在聯合國氣候變化框架公約組織（UNFCCC）任職多年的德博埃爾（Yvo de Boer）主席，這些年一直在引導該程序並參與各種會議。但因為最近會議討論都越來越無成效，他自此宣布辭職並計劃進入私人機構任職。

第二個轉折點發生在研究氣候變化的科學領域。事情發生在11月17日。當天東英吉利大學氣候研究所（University of East Anglia Climatic Research Unit）的一千多封電子郵件被公諸於眾，從而嚴重削弱了氣候學界在公眾心目中的信任度。² 這些郵件的真實性不容懷疑，它們顯示氣候科學家們也許一直以來只是用一些公眾不懂的概念故弄玄虛，其目的是壓制異己。³ 此後不久，部分也是因為這件事造成的誠信問題，聯合國政府間氣候變化專門委員會（IPCC）也因為一些失誤和馬虎招致了越來越多（並且仍在繼續）的責難。很多國家政府都在這個組織都有代表，並且把該組織作為對內和民眾宣傳以支持其政策的一個完美的“黃金標準”。這些失誤和馬虎，很多是長期存在的，只是在其2007年的第四次評估報告中尤為突出。如今，很多大學、政府甚至聯合國都在對氣候科學和氣候科學家、學術官僚行為從各方面展開調查。一言以蔽之，氣候政策和氣候科學相關機構的權威性已無保證。

公平的說，哥本哈根會議的問題非常棘手，因為自1997年京都議定書發布以來的這些年內，很多困擾全世界的問題都融會其中並交織成一個難以解開的結，即“氣候變化政治”：生物多樣化的消失、發展模式的巨大不平等性、熱帶雨林的消退、貿易限制、對原住民權利的侵犯、知識產權等等，這個清單每月都在增長。哥本哈根會議給我們的啟示是：通過集中和誇張式的多邊機制來應對氣候變化是有局限的。氣候變化——至少是我們已經挑選來建構的所有版本——都不可能通過任何單一的、操縱和連貫的並且是可強制執行的“氣候政策”加以解決。⁴

2009年7月，一些來自亞洲、歐洲和北美的學者，其中包括本報告的很多共同作者，一起起草了一份題為《如何使氣候政策重入正軌》的報告。該報告闡釋了作為1992年裏約地球峰會發展延伸的京都方案緣何失敗而且註定會失敗，並提出了替代性方案，強調把全球經濟中加速低碳化作為首要步驟。⁵這份7月報告也暗示了當前氣候政策形成過程中的一個更深層次的致命缺陷：

這…是一個認識論的問題。它是複雜開放性系統的一個特點，並且會受許多被誤讀的反饋意見的影響，比如全球氣候問題就是一個典型的開放性系統，該系統其中一個特點就是缺乏一個自我顯示的指標，因而政策制定者們無法了解什麼時候知識已經積累到可以付諸行動的程度。可以說，政策制定者們也不可能掌握這種知識——分散的、不完整的、私密性的，缺乏連貫性並且數量不足——並做出準確的“自上而下”的指引。因此，會經常碰壁而且會產生意想不到的後果。⁶

如果對這個問題不重新再定位，任何新行動方針的確立和執行都無從談起，即便那些方針是有益的。因此，要重建氣候政策並恢復對專家組織的信任，就必須要改變並徹底改變我們的定位。

本報告作者的遴選不拘一格，有學術研究人員、分析師也有能源政策的倡導者，其政治或專業背景並不相同。我們來自經濟合作與發展組織（OECD）的幾個成員國——英國、美國、德國、日本、芬蘭、加拿大——儘管背景不同，分別來自學術界、科技界、研究界，或是工業界或政策制定群體，我們因對當前氣候變化的定位和氣候政策的共同關注而走到一起。先前的京都模式嚴重局限了我們的選擇空間，從而無法認真並現實地考慮能源和環境政策。我們期望能以氣候變化為中心為政策制定機制找到一條新的切實可行的道路。為此，我們在2010年二月齊聚於白金漢郡的哈特維爾莊園，而本報告便是我們的工作成果。⁷

我們從曾經備受爭議但現在看來卻無法回避的地方入手：要想在氣候政策方面取得進展，必須從基礎問題著手，而不僅僅是關注於各種程序性的細節而已。我們必須為氣候政策提供一個不同的、全面的方案以作參考。為此，本報告按如下內容展開：

在第二編A部分，我們將首先闡明我們的目標。在B部，我們描述了1985到2009年間“氣候政治問題”的發展歷程。從20世紀80年代有關全球變暖和氣候變化的假定開始，這些說法被政策制定者所運用，從而圍繞這些問題的政治較量日益升溫，為各種不同的目的所利用——各路經濟學家、理論家和積極分子立場殊異，各持一方⁸。第三編（C）部分則解釋了為什麼說期待科學為我們指明行動的方向是徒勞的，並是提供一個溫和並實際的方式來考慮與地球系統相關的科學問題。我們希望以這種徹底推倒重來的方式從三個方面來闡釋我們有關氣候政策的提議。

第三編，即本報告的最後一編，詳盡描述了我們認為自2010年以來對政策起核心推動作用的內容。我們意識到我們檢視之下該系統的巨大複雜性，實際上，第二編C部也對這種複雜性的特殊本質進行了闡述。我們的策略和建議的行動程序也主要是基於對這種複雜性的理解。因而，在第三編中，我們推薦了一些現實可行的方法，建議從相對緊急和易於實施的行為方式開始，再循序漸進到那些較為複雜和具有長遠效果的做法上。在本報告中，我們探討但不僅僅停留在對氣候的適應性問題上。

時至今日，氣候政策主要關注的仍是二氧化碳，甚至無視其它對氣候系統產生影響的人類因素。雖然回顧歷史可以理解的當時是為了增加其政治吸引力，我們認為這種方式一直是非常不明智的。⁹ 我們認為有鼓舞人心的證據顯示若對更大範圍內的人類影響氣候行為早些採取行動，效果會更快更顯著。因而，在第三編A部，我們對相關證據進行了評述並舉出案例予以說明。在第三編B部，我們先回顧了以提高能源效益來加速全球經濟低碳化的案例。提高能源效益做法的大有可為有著多方面的原因，但主要是在減排方面的短期利益。在當前全世界的經濟增長率面前，其潛力也是有限的。然而效益增加了，就會產生獲得利益和取得進步的雙重成就感，進而獲得政治吸引力。如果沒有政治吸引力，我們就只能像現在這樣紙上談兵，這也就是接下來要談的內容。通過對一項具有詳細記載案例的分析研究，我們將說明什麼是可實施的最佳實踐方法。加速全球經濟低碳化的第三步是最不可或缺也是最艱難的。因此，我們在第三編B部的第二部分提出了在之前的報告裏稱之為“Kaya恒等式”（Kaya Direct）的方案來加速低碳化。這樣做，我們並不是要建議建立一個全面、龐大的管理機構來取代已然失敗的機構。我們懂得：在這個複雜的世界裏，我們提出的解決方案在實際應用上並非是十全十美，反而相當笨拙，但我們希望能將我們對此的理解融入到所提的方案中去。¹⁰

最後就是經費問題了。我們在第三編C部裏提議應發展創新科技，加速低碳化，而這需要有機構或有人提供經費支持。我們贊同其他人的看法，即在設計複雜自上而下的規範機構中所投入的大量的精力，儘管某些人以意想不到和不受歡迎的方式獲利，其設定的目標以現在的眼光來看是空洞無用的，尤其是那些雄心勃勃醉心於設計那些區域性——更不用說全球性的——管理機構，寄期望於通過“總量管制與排放交易”規則（即通過價格機制）規範碳排放。¹¹

要尋求長久的效果，最佳的途徑或許不是從正面直入。十八世紀英國著名的園林景觀設計大師‘無所不能的’ 布朗的名言就是“忽略物體的存在，不要直接靠近（Lose the object and draw nigh obliquely）”。¹² 布朗也會裝飾一幢富麗堂皇的豪宅的入口，但僅僅是寥寥幾筆的，來客只來得及一瞥，曲折的車道就會帶著他蜿蜒穿行於令人賞心悅目的林蔭道，穿過寬闊的草地，沿途精心布置有瀑布和廟宇，再行走於橫跨於築有水壩的溪流和湖泊之上氣勢恢宏的橋梁，然後似乎是無意之間，才將心情無比放鬆愜意的來客送至正大門口。這裏展示了一種微妙的、富有政治價值的技巧，即用和諧自然的方式達成遠大目標的能力。對氣候政策的設計者而言，”無所不能的” 布朗也許就是一位良師了。¹³ 他的錦囊妙計也許就是通過實現其它目標來完成減排的目的，一舉而數得。

本報告中，我們對將碳排放問題與其它框架和議程糾纏在一起的做法始終甚為懷疑。我們提倡的間接方式乍看起來也許並無二致，因為它同樣採用了多重框架與議程。但其實不盡其然。當前，所有的框架與議程都以達到UNFCCC/Kyoto體系下的能源系統低碳化為核心目標，而我們的方案實際上是相反的，各種框架與議程皆以其自身權益實現為目標，根據其自身邏輯而制定，並將沿著適合其自身發展道路而發展。低碳化只是其伴生利益，並不是相容利益。這就是根本差別，也是方式上的逆轉。

在我們看來，當前的氣候政策類似一條不合理的直車道，由現在通往魔幻般的低碳未來，它遭遇打擊的失敗經驗正好啟示我們，也許一種更加間接且具包容性的方式才是唯一有可能取得實質上（不是修辭上的）成功的方式，這種方式通過達到不同的目的，而使得低碳化成為伴生利益。正如《如何使氣候政策重入正軌》一文中所述：儘管當前的氣候政策已經執行了多年，並且投入了大量的時間、精力與金錢，沒有任何證據表明京都式方案能給低碳化帶來任何明顯的進展：任何地點，任何地區都沒有此類的跡象。¹⁴

因此，我們認為，我們工作的組織原則應該是提升人類尊嚴，而在此追求的過程中，我們設定的主要目標有三個：

- 1) 確保世界上日益增長的人口的基本需求特別是能源需求能得到充分滿足。“充分”的意思是能源能夠同時具備易獲取、有保障和低成本三個特點。
- 2) 確保我們的發展模式不會損害地球系統的基本運行，近些年來共同關注的焦點就是大氣層內二氧化碳的累積，當然我們關注的不僅僅局限於這個方面。
- 3) 確保我們社會有準備應對變化無常的氣候所帶來的各種風險和危險，無論其起因如何。

按照‘無所不能的’布朗的名言，這些主要目標與減排目標是相伴相連的。

第二編 徹底重構

塔列朗是迄今為止法國歷史上最傑出的外交家，他成功的把效忠拿破侖的聯盟轉向復辟波旁王朝。聞及他的死訊，據說奧地利美特涅伯爵（Count Metternich of Austria）問了一句，“我想知道他這是什麼意思呢？”。

這則軼事不管是杜撰與否，揭示了任何外交場合都應該問的正確問題。說它正確是因為這樣會逼著我們去查驗有無隱藏的動機，或按社會理論語言的說法，這樣可以查驗並且確認一項聲明或政策的定位。問題越受到關注，其解決方式中就越有可能掩藏著多種定位或多項目的。單就氣候變化而言，本報告的共同作者，麥

克·休姆 (Mike Hulme) 早在十年前就提出了這個關鍵論點，而最近他又就其多重定位方式展開了詳盡的討論。¹⁵

實踐中能滿足這三個主要目標的替代性戰略方案應該是什麼樣子呢？它應該有政治吸引力，即只需一些小的努力就能產生快速的、看得見的效果，這樣有助於繼續推行。它應該有政治包容性，即方案本身就是多目標的。它還應該是實用主義至上的，即無論從長期還是短期來看都側重成效。在闡述這些目標時，我們假定人類起源氣候變化對 21 世紀前期世界的意義以及由此對實用政治的定位完全不同。

第一步是認識到能源政策與氣候政策並不是一回事。儘管這兩者聯繫密切，但不能偏廢一方。能源政策關注的是獲取可靠的、可持續的、低成本的能源供應，並且作為一種人類的尊嚴，直接面對世界上最貧窮人民的發展需求，特別是他們當前的對清潔、可靠、負擔得起的能源的需求。當今世界仍有 15 億人用不上電的，一個重要原因就是價格太高。顯然，如果能源能免費，供應問題就簡單了。即使這種需求可以通過供應礦物燃料滿足——可行但仍面臨爭議——出於成本和安全的理由這種需求也不應該靠對礦物燃料的長期依賴而滿足。¹⁶

向世界供應大量新能源以滿足可預見的增長的需求，並且同時積極為目前無能源供應的人民提供能源，這些都要求能源的多樣化供應。礦物燃料之外的能源多樣化必然要求加速低碳化過程。而這一多樣化應該成為未來能源供應低碳化的主要誘因。

因而，我們需要把處理短期氣候影響因子的政策及幹預措施與長期的區分開來，比如，沒有明顯和合理的理由要把減少甲烷排放的政策與減少鹵碳排放的政策聯系在一起。短期氣候影響因子如黑炭、懸浮物、甲烷和對流層臭氧等與長期氣候影響因子如二氧化碳、鹵碳和氧化亞氮等在物理特性、產生根源及應對政策方面都大相徑庭。在第三編中，我們列出了政策的優先次序，認為應該盡早對非二氧化碳影響因子採取行動，這是為了達成目標而邁出的根本不同但非常現實的一步。

第三，在 UNFCCC 程序失效的背景下，我們需要新的思路讓各個社會能更好的應對氣候危機。在某種程度上，所有社會對氣候危機都應變不足，換言之，氣候的極端情況和變化對各社會都會造成損失（當然，也會帶來收益）。因此，重要的是推動技術、機構和管理水平的進步，對可避免的開支和氣候造成的損失進行研究，而更重要的是形成適應氣候和社會變化——以及後續風險——的能力。無論對人類活動影響氣候的程度或者對氣候風險變化的速度看法如何，主動應對並分享好的對策都是有意義的，並且應對的對策不應拘泥於低碳化。

此三項戰略性目標無須——實際上是不能——糅合一起成為一個無法實現的一攬子政策，因為這樣的政策只會讓目的與手段糾纏不清。如果目的與手段含混不清，關於政策的討論就很容易陷入紛爭，比如爭論全球氣溫升幅應限制在攝氏 2 度以內——或其它任何類似的全球性目標——是否有充分的科學依據。同理，哥本哈

根會議上就地球危機的辯論由誇誇其談演變成為了許多非政府組織和發展中國家的滿腔怒火就很能說明問題。當富裕大國拒絕轉交所需的資金，就可以發現烏托邦式的全球會談和解決方案之下掩藏的是不同的利益訴求與動機。

A. 我們的三大目標

1) 確保人人有能源

在其即將出版的新書《氣候問題的補救》（*The Climate Fix*）中，羅傑·小皮爾克（Roger Pielke Jr）認為要滿足能獲得能源、供應有保障和低成本這三個條件，就必須使礦物燃料外的能源供應多樣化。而供應多樣化又必然反過來要求加速低碳化。如果能開發出更低價格的礦物燃料替代品，低碳化則大有希望。谷歌公司推出RE<C（一項旨在建立比煤的價錢更低的公用事業規模可再生能源發電倡議），比爾蓋茨也呼籲大規模投資其成本低於煤炭的低碳能源的研發工作，包括核能。¹⁷ 要實現這個目標則需要類似於國家投入到公共衛生和國防領域裏相當水平的時間和資金。

要理解為什麼能源供應需要多樣化，最好的方法也許就是從確保能源獲取的角度來考慮。據估計，全世界現有 15 億人還用不上電，而很多“成功的”扶持政策的設想對這麼多還處在黑暗中的人們不聞不問是令人難以接受。比如，國際能源署（IEA）2009 年的 450 號設想認為到 2030 年全球排放可致溫室氣體濃度應穩定在 450ppm 二氧化碳當量，而到那時仍有 13 億人用不上電。對那些人口眾多而能源匱乏的國家而言，這樣的設想必然會導致他們認為，比起世界上其餘地區經濟發展來說，富裕國家更看重限制排放。比如印度就一直明確表示對不講基本公平性的氣候戰略毫無興趣。¹⁸ 我們認為如果到 2030 年還有 13 億人用不上電，這本身就說明了政策的失敗。如果要擴大能源獲取途徑，不僅讓大部分現今還缺乏能源的人口獲得資源，並同時滿足世界其它地區可預見的能源增長需求，能源成本就一定要降下來。高品質的礦物燃料已經供應緊張了，如果要滿足這些新的能源需求，如果可能的話，則可能會出現相反的結果。能源成本反而會升高。因此礦物燃料的替代品必須要價格低廉。要達到這個目的，就必須要創新。¹⁹

2) 確保生存環境免受外力破壞

當今大多數環境政策都是基於伴隨效益理念，假定政策執行的首要原理是減少人類對氣候的影響，而這種政策產生的任何伴隨效益皆是第二位的，只是一種期望，而非必要政策的重點。按照‘無所不能的’布朗的理念，我們主張必須轉換這種邏輯，這樣才能為短期投資提供迅速的、具體的、並且有政治吸引力的效益。因而，以下所闡釋政策目標的首要原理是提高人類生活質量——通過確保發展中國家和發達國家的公共利益並妥善管理熱帶森林的多級天然資產。這些政策的每一個目標都可以把減少人類對氣候系統的影響作為伴生效益，即期望的但並非主要的效益。

杜絕黑炭的排放²⁰ 黑炭（煤煙）危及公眾健康，每年有約 180 萬人死於室內用火產生的黑炭。黑炭在區域或全球範圍內提高了大氣層溫度，占人類對氣候系統

影響力的5%到10%，特別是造成了北極的冰層融化。據保守估計，以100年來計算的話，1噸黑炭造成的暖化效應是1噸二氧化碳的600倍。通過制定並強制執行法規來杜絕黑炭排放是基本可行。²¹ 並且環境的回報也相對迅速，能產生巨大的公眾健康效益，特別是對發展中國家的最貧困人群。我們將在第三編深入討論此措施。

減少對流層臭氧 一氧化碳、氧化氮、甲烷以及其它不穩定有機物惡化了本來就很糟糕城市空氣環境。在對流層，這些氣體發生反應產生臭氧，而臭氧對人類以及植物包括農作物都是有危害的。據估計，臭氧每年導致了140億到260億美元之間的農作物損失。對流層臭氧占人類對氣候系統影響力的5%到10%。執行嚴格的防治空氣汙染法規並推行更有效率的城市交通系統，可以減少一半以上的臭氧氣體排放。發展中國家和發達國家的人類健康狀況將會得到改善，對農作物的損害也會降低。這項措施的伴隨效益就是人類對氣候的幹擾也將會減少。²²

對熱帶森林進行有效保護²³ 熱帶森林是人類未來的關鍵資產。這不僅僅是因為熱帶森林擁有豐富的碳儲備，而是考慮到其生物多樣性、木材、非木材產品以及它為原住民提供的更廣闊的生存場所。保護熱帶森林並不是要通過一個面面俱到的氣候會議來解決森林的管理問題，那樣只會羈絆於複雜的工業碳排放問題。管理森林應該在承認這些生態系統整體價值的方式上進行。而森林毀滅問題應該從氣候變化框架公約（FCCC）中剔除。

3) 確保各社會能適應並應對氣候風險（“適應性”）

人類歷史可以說是從自然變化和改變中得以解放的歷史。現今世界上的所有氣候帶都有相當數量人類居住。技術革新（如空調器、建築設計、農作物種類）和文化創新（如社交模式，飲食）的發展時而迅速時而緩慢，也反映人類對氣候的適應能力。文化的改變也讓人類在世界可居住的空間更加廣闊。

但是，在人類發展的歷史進程中，有效的適應皆發生於氣候的相對穩定期。也就是說大多數時候，雖然不總是，氣候的變化處在一定可預見的範圍內。歷史上，有發生意料之外氣候劇變的時候。比如16到18世紀的寒冬，就讓歐洲各社會承受了極端氣候之苦，布勒開爾（Breughel）畫筆下的冰凍博覽會就展示了這一點。現代氣候變化範圍條件既有希望亦有挑戰，然而，在氣候政策推行的歷史過程中，比起減排來氣候適應性一直以來都不受重視並遭到嘲笑。²⁴ 適應的目的是避免損失（並利用機會）。故一旦其重要性被理解，適應就是對風險作出的積極回應。²⁵

適應措施與緩解措施的關係並非互易關係，而是互補的。適應措施所針對的風險類別無疑比京都議定書下的風險類別要大許多，後者（錯誤地）認為適應措施會導致緩解措施失敗，故應避免。既然京都議定已經在哥本哈根會議結束，現在是大力推行適應性戰略的時候了。適應措施是對發展的重大挑戰，如同已經在其它地方廣泛爭論的一樣，適應措施必須與緩解措施一樣以多途徑多幅度的方式發展。但是本報告中我們的建議主要集中在能源和低碳化領域。這並不是表示適應措施不夠重要，而是為了提高效率其見。事實上，本報告的幾位共同作者一直以來

並將繼續致力於推動適應措施的發展。在報告的其它部分，我們也將詳細闡述這個問題。²⁶

B. 為何氣候變化在 1985 至 2009 年間被系統地誤解，以及由此產生的某些影響

京都方案的建立，是快速借鑒以往經驗以及其它處理臭氧、硫化物排放和核武器等條約的結果。對於那些在 1992 年裏約“地球峰會”上忙得不可開交的官員們而言，借鑒以前卓有成效的條約——蒙特利爾議定書、戰略武器削減諸約以及美國國內的限制硫化物排放政策——並非不合理。依據這些條約，他們按照各自政治領袖的要求，搭建這個全新的基本氣候規範框架。對他們來說，這也不是什麼新鮮事：如此情況下，外交官們往往都會照搬過去的成功經驗。

這項任務被納入了諾德豪斯（Nordhaus）和塞倫博格（Shellenberger）所稱的‘污染範式’了。但是，在這種情況下，這樣的類比在結構上並不合理。²⁷表面看來有道理，實際上他們並不具備起草者所設想的可行性，因為這些都是“平淡乏味的”問題（雖然複雜，但有明確的、可達成的最終狀態），而氣候變化則是些“危險”的問題（包含界限開放、複雜但並無完全理解的體系）。利特爾（Rittel）和韋伯（Webber）在論述城市規劃時最先論及這些“危險”問題。他們所指的是那些看起來易於解決實際上卻並非如此的問題。²⁸人們認為只要掌握了相關的技術性知識就足以應付這些問題，而京都政策就源於此理解；而這些“危險”問題往往還需要深入了解其與社會制度的結合、不可約化的複雜性以及其棘手的本質。我們將在下面詳細對比這個重要差別。

誤解的後果就是導致了根本的定位錯誤。氣候變化被認為是一個傳統環境‘問題’，並且能夠被‘解決’的，而實際上並非如此。

氣候變化在柏林墻倒塌之後一下子成為一個政策問題。儘管也有人持謹慎的態度，²⁹但氣候變化構成了全球性威脅，需要一個全球協同解決方案的觀念很快就被確立。在《穿錯了的褲子》（The Wrong Trousers）一書中，普林斯（Prins）和雷納（Rayner）指出，把氣候變化与其它影響FCCC和京都體系的國際以及環境問題進行類比是具有誤導性的。特別是在政策圈中盛行的認識共同體概念。³⁰強化了一個觀念，即要推動政策前進就必須對‘環境問題’共同診斷。制定有關臭氧政策的國際臭氧趨勢理事會和挽救地中海計劃的科學界所扮演的顯著角色進一步強化了這種觀念，儘管臭氧和地中海問題都還不算“危險”問題。

與其被視為一個有待解決的離散問題，不如把氣候變化視為一個必須解決的持續問題，並且只可能部分，或者或多或少的得以改善。³¹它只是一個更大的複雜狀況綜合體的一部分，包括了人口、技術、貧富差距、資源利用等等一系列問題。因此，氣候變化也不完全就是‘環境’問題。跟能源問題一樣，它不正自明的是一個經濟發展問題或者說土地使用問題，而且可能更好的方法是通過這些途徑解決，而不是通過改變人類利用能源的方式來管理地球氣候行為的問題。這一點在本報告的徹底重構方案中也有所體現。

一個問題之所以說是“棘手”的，是因為無法對其進行確定的描述。理解該問題的必要信息取決於人們對解決該問題的了解。並且，對這些問題的探索是無止境。我們不知道什麼時候我們了解的信息就足夠了，無需再作探尋。在這個相互作用開放的體系中，因果聯系並沒有盡頭，而氣候問題就是全世界的最佳例子。因而，每一個棘手問題都可以看作是另一個問題的癥狀。³²

對政治家而言，這一點確實令人沮喪。所以，政策制定者們對付這些棘手問題的常見做法就是對其宣‘戰’，先對其大加聲討，然後再拋之腦後。實際上，幾乎任何‘宣戰’，只要用的是比喻意義而不是字面意義，都表明其宣戰的問題是‘棘手’的。所以，我們對癌癥宣戰，對貧困宣戰，對毒品宣戰，對恐怖主義宣戰，而現在，我們對氣候變化宣戰。

公眾往往在最開始對這些宣戰聲明還十分激動和興奮，但是，隨著邪惡問題棘手性的展現，公眾對此很快就厭煩了。最近在許多發達國家進行的民意調查顯示，公眾已不再像以前那麼關注氣候問題，因為日益明顯的是氣候問題並非比貧困問題更亟待‘解決’。目前民意正集中關注那些人們認為更迫切的事務，比如經濟。³³

C. 地球系統科學本質的誤解

與錯誤照搬其它條約制定氣候政策同時發生的還有另一個誤解，這一誤解影響深遠且其‘錯誤的定位’也相當普遍，跟對科學的流行看法有關。此看法來源於科學信息的使用者，也反映於研究氣象科學的信息制造者，而後者還扮演了倡導者和活動家的角色。他們運用科學領域中的“缺陷模式”，向無知被動的公眾及其代表們灌輸知識，以此來彌補缺陷。公眾相信專家的知識水平和資歷，而專家則利用這種優勢引導無知的公眾，勾畫如何採取正確的行動應對專家們所描述的情形。

休姆（Hulme）曾對英國氣象局在2005年“危險的氣候變化”會議中所扮演特殊角色以及當時英國政府首席科技顧問的相關作用進行了詳細記載。遵照布萊爾首相辦公室的指令，該會議在格林尼格斯八國集團峰會之前召開。³⁴在2009年11月17日之前，聯合國政府間氣候變化專門委員會（IPCC）也反復不斷上演了相同的模式。該機構經常借達成協議的百分比和表示認可的科學家數量來引證其結論的不容置疑性。現在來看，媒體記者當時對這種按“缺陷模式”制造出的論斷過於盲從。就想很多研究11月17日之後氣候政策辯論的觀察家們一樣，這些媒體記者紛紛感覺被背叛了。這或許解釋了媒體為何如此花如此多精力高調調查氣候科學研究領域的內幕。

事實上，對這個流行的科學模式還有另外一種重要的見解，即在這種模式下，價值判斷可能起不了什麼作用。小羅傑·皮爾克（Roger Pielke Jr）在2007年寫的一本有關氣候政策的書中，用以下的方式解釋了這個問題。他說一個龍卷風的預報就足以讓人們採取行動而無需考量其它標準。這就是一個對預報來源權威性的信任問題。這種信任感之所以產生，不是因為這裏頭不存在價值判斷，相反就是

因為價值問題在這裏毫無爭議可言：大家都相信龍卷風要來時，沒有人想呆在原地不動等死。相反，一個人對墮胎的看法可能來源於醫學專家提供的信息，但我們都明白宗教和其它價值觀或許對公眾對這個問題的看法影響更大。皮爾克（Pielke）認為，因為“缺陷模式”對科學產生誤解的後果就是氣候變化政策的產生。雖然就像人們對墮胎的看法，這個政策存在多重模式，卻通常被認為是類似於龍卷風預測一樣的“價值——共識”情形。相應的，這種錯誤就產生普遍的、有問題的臆斷，即氣候變化的解決之道應該以‘科學為動力’，似乎科學上的共識可以導致政治上的一致。³⁵ 而實際上，正如我們已經看到的那樣，不同的政治主張對科學的看法顯然並不一致。結果就是關於氣候政治的辯論現在都偽裝成了關於科學的辯論，最終只是兩端都深受其害。

然而，就像我們一直竭力說明的，‘氣候變化’不是一個只有一種理解方式，一個解決途徑的問題。科學家讓政策制定者們關注到了氣候變化問題。從一開始，這些科學家就一並把他們傾向的解決措施搬上美國國會聽證會和其它政策論壇的臺面。‘科學’決定政策的觀念鼓勵著——實際上是指引著——那些並不喜歡那些特殊政策的人就科學展開辯論。³⁶ 所以，有關氣候政策辯論的一個顯著特點就是科學家們依據其權威地位宣稱他們的研究成果決定氣候政策應該如何，而政策制定者們則宣稱他們傾向的選擇就是科學的。雙方的做法似乎都是把‘科學’與‘政策’簡單並且機械的聯繫在一起，把應對氣候問題弄得像躲避即將帶來的龍卷風一樣。

當選的決策者們想要了解氣候變化如何影響其特定的政治管轄權，更重要的是想了解什麼類型的幹預會起作用，幹預措施需要多長時間，成本會是多少，對誰有利，對誰有害。但是，真正面臨這樣問題的時候，政治理念就像磁鐵一樣，其所屬的磁場將影響挑選和解讀科學的過程。就公眾辯論一直關注的氣候建模過程而言，很多各式‘投影式’設想（即，運用計算機模型經過大量設想和簡化對未來領域所作的貌似合理的探索）足以支撐任何想要的關於未來的觀點。³⁷ 但是科學家們制造出來的‘投影式’模型卻常常有意無意與政治家真正想要的模型暗中契合，被冠為‘預測式設想’，即對未來的精準預言。

政治不是理性的最大化，而是要找到讓足夠多的人能接受的妥協方式從而讓社會能朝正確方向邁步前行。故與我們所有的現代直覺相反，關於氣候變化的政治進程完全不能靠注入更多的科技信息推動。更多的科技信息不能自動減小不確定並增加公眾的信心，這只是普通政治家們的臆想。但是，這個臆想存在並起作用於氣候變化這個（或任何）政治熱點的後果就是，專家們不斷被誘惑將最近歷史已經清楚呈現的氣候問題誇大並簡單化。³⁸ 但正如尾註 33 中引用的 2010 年蓋洛普（Gallup）調查所示，這也是治療政治失望的良方。有意思的是，儘管調查也顯示公眾對氣候科學家們的言論有越來越不信任的趨勢，但直到今日，這種不信任還未使之覺醒並轉化為實際行動。³⁹

在基礎性研究領域，對了解的內容過於自信比承認無知更有可能讓我們誤入歧途，而且影響要比政治領域更為深遠。它只會讓我們陷入僵化的議程與定位，而走入比如說京都議定的死胡同，而不是保留開放式的多重、甚至是對立的方案，通

過學習和適應，進一步推動認識的深入。這種動態張力其實一直就是科技革命的推動力。⁴⁰

在激烈的辯論中以及對這個棘手且複雜開放體系的研究過程中，最有用的知識事實上是不同的。那是有關我們對未知領域的了解，或者說哪些地方還有疑問或異議，然後我們再考慮為什麼我們不了解或者存有疑慮。懂得了這一點能讓我們重新審視之前確信的事物，注意到那些意料之外情況的意義並且看到他人看不到的聯繫。比如喬絲琳·貝爾·伯內爾（Dame Jocelyn Bell Burnell）教授在1967年12月於劍橋大學讀研究生期間捕捉到了無線電信號，從而發現脈沖星；再比如拉伍洛克在尋找火星上生命跡象過程中提出該亞假設，即把地球的大氣層視為一個自我調節的、自我支撐的有機體。只有以這種方式我們才能取得令人信服的進步。⁴¹

但是我們也絕不應忽略未來影響氣候變化因素內在的不可知性，包括人口增長、經濟發展和技術革新等等。這些是無法解決的不確定因素，與我們對氣候科學了解的程度無關。總而言之，我們認為，我們顛覆了關於科學知識與政治之間關係的傳統觀念，而這種觀點已經影響到了FCCC/京都體系。認識到這種不確定性和未知性既有深遠的政治價值，也有研究方法論上的價值，因為它展示了系統性質疑的力量。掩藏在實證主義科學爭論背後的價值爭議也許才能得以通過民主協商方式大白於天下。若非如此，政治系統仍會陷入僵局，而每個人都深信自己掌握的才是確確實實的真理。

第三編 堅決抵制氣候政策中“一切照舊”的做法

第一編敘述了2009年發生的兩個轉折點，而轉折點的發生產生了無法避免的困難。這些困難源於長期錯誤地理解和運用外交程序及科技知識來解決‘棘手’問題，這些在第二編裏已經進行了闡述。至此，本報告的作者們一直想盡可能的清晰描繪出在2010年世界所面臨一系列錯綜複雜的問題，包括氣候變化、人類對地球生物物理系統的了解（特別是我們正日益意識到自己對這一系統神秘現象的無知）、以及自1992年（特別是自從2005年6月）以來政府及政府間在這個領域內廣泛採取的政治和經濟幹預措施。最後，這種錯綜複雜的關係將繼續瓦解公眾對專家體系的信任，而如果我們要想更有成效，他們的職業道德是必不可少的。

我們認為應先採取能夠獲得最廣泛支持並收到最快成效的行動。我們相信只要能獲得一些顯著成果，就有可能重獲公眾的信任，進而來自公眾的阻力就會減少，這是執行更困難任務的必要前提條件。我們的目標是獲得最廣泛的支持以全力加速全球能源經濟中的低碳化過程。我們相信，同時減少各經濟體內能源強度和能源碳濃度的間接方案比與碳排放問題作正面沖突更有可能獲得公眾認可，特別考慮到最近混亂的狀況。這是因為這項努力的背後有許多潛在的支持者和受益者，而與氣候變化的政治問題無關。

為避免誤會，有兩點必須要明確說明。第一，我們的意思並非為了實現低碳化這個遠大目標，所有或者任何行動都必須要在前期步驟——如提高能源效率——成功開始之後才能進行，更不會要求前期步驟完成後才能進行。下文將清楚說明，在小額碳稅資金支持下，徹底低碳化的研究、發展、示範及部署（RDD&D）各環節工作都可以並且應該馬上啟動。但是鑒於最近失敗的教訓，我們有意對其中的步驟進行了安排，盡力避免失敗。

第二，倡導不同的路徑並不意味著我們認為支持低碳化的現有科學依據不充分或者說不夠有力，而是，就像我們已經極力解釋的那樣，我們看待科學依據的方式與以往主要面對公眾的方式不同。2010年3月20日的《經濟學家》雜誌在其對氣候科學專項調查中寫道，“對氣候採取行動是正確的，這不是因為科學的確定性，而恰恰是因為它的不確定性”。⁴²該文的觀點與我們的很接近。我們認為，很多問題都要求採取行動，而這些問題往往被納入氣候變化的體系內。實際上，這些問題中很多是獨立存在的，與氣候科學研究狀況無關。在處理氣候影響因子的過程中，我們可以間接地將其擴散——同時從行動中的積極反饋中獲取經驗。因而，不只是科學無法決定氣候政策，單單只是氣候政策也無法決定環境、經濟發展或能源政策。

由於“科學告訴我們”之類的觀念容易被歪曲，而在高度政治化的氣候政策辯論場合有時候就是故意歪曲的，為避免誤會，我們把對現今氣候科學的觀點用最通俗的語言做了如下說明。

大氣中二氧化碳濃度從工業革命前的280ppm急劇增加到今天的389ppm，並且最近以每年幾乎2ppm的速度繼續升高。這是我們掌握的最準確的數據，也是當前辯論中爭議最少的部分，而這個增長速度是過去1萬年裏前所未有的。⁴³但是，二氧化碳這個明顯的增長趨勢與全球氣溫有什麼聯系，並且如何引發極端天氣，情況就沒那麼明朗了。⁴⁴逐漸升高的二氧化碳水平——以及其它人類因素——與未來氣候變化有什麼聯系，這一問題還有待進一步把理論、數據和地球上復雜系統裏最神秘部分建模之後結合在一起才能說清楚。而這樣的做法現在也備受爭議。⁴⁵但目前能確定的就是，上述的推斷是不確定的。

之前出於非科學原因把非二氧化碳要素排除在氣候政策外，對此我們已經悔恨不已，並將很快在未來行動首先考慮其中一些因素。但在我們看來，單單夏威夷莫拉諾亞山（Mauna Loa）天文臺監測到的二氧化碳曲線就足以讓立刻我們採取行動剎住其上升的勢頭了，即使——事實上就是因為——我們不能確定其原因是什麼或者可能是什麼。我們都一致認為，二氧化碳濃度升高是自十八世紀晚期以來人類技術革新的副產品，而盡快降低經濟生產碳濃度的歷史趨勢是極其明智的做法。⁴⁶但是，我們不主張通過損害經濟增長方的式來開展這項工作。因為在我們看來——同時氣候政策的歷史也表明——在保障知情權的民主國家裏，這種方式在政治上行不通。

A. 讓非二氧化碳‘因素’重回臺前

我們早前說過人類對氣候系統的影響不僅僅局限於二氧化碳，而是涉及到更廣泛環境範圍內的大量其它影響因素。但為了制定政策的方便而並非出於科學上的考量，這些因素被忽略了。但我們現在將優先考慮它們，因為對這些非二氧化碳‘因素’採取的行動可能會有更快的效果並帶來顯著且迅速的效益。比起那些漫長艱巨的目標，這些行動會有‘立竿見影’的效果。它們不僅能產生廣泛的實際效果，而且能因此重塑公眾的信心。

大部分這些其它因素，特別是黑炭（煤煙）及其它懸浮物、活性氮、對流層臭氧和甲烷，是汙染空氣的主要物質。減少空氣汙染對健康的好處眾所周知而且受到民眾的歡迎，很多國家通過國家空氣清潔法案並強制執行的做法都說明了這一點，包括具有特殊標誌性意義的英國1956年空氣清潔法案（在1952年倫敦大霧後通過）。⁴⁷ 非二氧化碳因素對氣候的影響體現在改變自然環境中大氣和海洋循環的特點，還包括太陽照射導致雲層蒸發並造成冰雪反照率改變；以及掉落在白雪和冰塊上的黑炭增加了對熱量的吸收從而加速冰雪融化。⁴⁸ 事實上，正如《如何使氣候政策重入正軌》中所指，黑炭或許可以解釋緣何北極圈內的冰雪融化速度加快，在新近觀察到的北極圈內暖化現象中，黑炭的作用占到了50%。⁴⁹

大多數細小的懸浮粒子，包括硫酸鹽、硝態氮和碳會把太陽輻射反射回太空中，導致大氣溫度下降。然而柴油機、低效廚竈、森林火災等產生的黑炭，吸收太陽輻射使大氣溫度升高。正是因為這些反射過程及其在大氣中的特點，在很多研究裏炭黑都被認為是繼二氧化碳之後最重要的全球變暖人為因素。⁵⁰ 但炭黑只是最近才被關注，且IPCC的報告尚未得到應有的重視。⁵¹

肖恩（Shine）和斯特奇斯（Sturges）估計人為溫室氣體（GHGs）在大氣中產生的熱量中有40%是二氧化碳之外的氣體造成的。⁵² 在一個最近的研究中，貝拉（Bera）等人分析了十多種與全球變暖有關的分子，試圖確定究竟是哪種化學物質或者物理特性在決定分子固有的輻射效率方面起關鍵作用，因而在全球變暖方面影響最大。⁵³ 他們發現與含有氯和/或氫原子的分子相比較，含多個氟原子的分子往往是強大的GHG。例如，一些氟氯碳化物（HFCs）和全氟碳化物（PFCs），至今仍用於多個行業，但在過去就被證明是強效溫室氣體，它們能吸收大氣紅外窗區的熱量；在某些情況下，在大氣中的生命週期據估計可達到數千年。這份研究得出結論：比起二氧化碳來，某些PFC和HFC對全球氣溫有更強的短期和長期影響。正是如此，在比較成功的《蒙特利爾議定書》中，對限制它們採取了立即的措施。⁵⁴ 某些高效HFC在導致全球變暖的潛力方面是二氧化碳的數千倍。例如，在100年間，三氟化氮導致全球變暖的能力可能是二氧化碳的17,200倍。

土地利用方式變化對溫室氣體排放的重要影響已經得到確認，自1850年以來有約三分之一人類活動產生的二氧化碳可歸因於土地利用活動。⁵⁵ 然而，越來越多的證據顯示，通過一系列生物地化機制，土地利用活動對目前的氣候變化有著重要影響，而這些機制與城市化地區最常見到的溫室氣體輻射效應無關。⁵⁶ 例如，斯通最近的研究表明，因為土地利用活動所造成的表面水分通量和能源的改變對區域

範圍內的氣候現象的影響，要比相關排放活動來得更直接。人類對區域和全球氣候變化的大多數——如果不是全部的話——影響在未來幾十年裏將繼續被關注。另外，迅速膨脹的城市人口整體上來說，在這個超速變暖的星球上也將會越來越脆弱。

因此，要應對這些導致變暖的大氣和地表因素，我們應當制定一項更全面並最終更有效的氣候變化緩解措施。首先，針對短期或長期氣候影響因素，我們需要制定相應不同的政策框架和幹預措施，短期影響因素——炭黑、懸浮物、甲烷和對流層臭氧——的物理特性，來源和對策與長期影響因素——二氧化碳、鹵化碳、氧化亞氮——大為不同。應該更加關注設計更好的材料，有極小的吸收能力，或者在大氣中壽命更短。

其次，可以通過政策調整人類的土地使用狀況從而緩解對氣候的影響。以區域而言，這意味著避免森林的亂砍亂伐從而維持水分和能源平衡，以及在城市加強林木保護。這些都應作為緩解氣候變化的一種方式。

最後，當前的緩解策略認為降低大氣中溫室氣體濃度（一般按標準化表述為二氧化碳當量）並且增匯是減緩或者遏制氣候變化的唯一機制。⁵⁷ 但是，增加這些傳統‘緩解’措施之外的其它管理方式，將會造福於人類健康、提高農業生產率和環境質量等。考慮到這些方式與環境變化的聯系，則顯然是有必要採取行動達到我們的預期目的。⁵⁸

B. 保證在這樣一個復雜的世界裏不因為過於求全，反而一事無成的情況出現

能源專家已經為有無可能提高能源效率從而減少能源使用辯論了幾十年，而最近他們又為提高能源效率在低碳化經濟活動中的作用展開了辯論。至少從1980年開始，降低國內生產總值（GDP）中的能耗已經成為全球經濟低碳化的主要方式。但是，儘管全球經濟體中能耗一直持續下降，能源使用及碳排放卻繼續上升。也因為如此，我們認為繼續甚至加快降低全球能耗並不足以加速未來的低碳化進程。一個最重要原因就是各個國際能源機構和主要能源公司幾乎都認定在未來幾十年裏能源需求將大幅增加。而且不像本報告所考慮的，很多他們的能源展望還未包括那些目前沒有可靠能源供應的15億人，以及他們將來對能源急劇增長的需求。就傳統估計的未來能源需求就已經難以應付了，而我們的目標應該還在其之上。未來能耗下降率將會影響到新能源的實際需要量。在能源需求不斷增加的情況，只要對二氧化碳排放做一個簡單的計算，就能清楚地看出能源供應中的低碳化應該在未來經濟活動低碳化起主導作用。

因此，儘管有關效率在未來能源需求中的作用長期以來一直是，現在也是，人們爭論的焦點，在本部分我們並不想提出什麼解決方案。我們也不認為有這樣做的必要。在很多情況下，即便不是大多數時候，就算不是為了低碳化，也應該努力提高能源效率。並且，改進能源系統並使其現代化就為能源系統的多樣化及低碳化提供了條件。增進效率的措施也能以這種方式為低碳化做準備。

1) 能源效率策略的政治前提條件

雖然加快能源供應低碳化是快速實現經濟活動低碳化目標的唯一長期方案，但是該方案並不那麼容易快速實現，而且前期研究、發展、示範及部署（RDD&D）各環節工作的經費還得由公眾掏腰包。這意味著要想推動這項工作開展，必須先讓納稅人相信對其有利。因此，這項政治目標必須要有技術優勢，使得提供給消費者的清潔能源要比骯臟能源更便宜——並且至關重要的是——這之間的價格差不能靠長期補貼維持。

民意調查顯示，經濟合作和發展組織（OECD）所屬的國家中大多數選民認為恢復經濟增長及創造就業機會比對人為氣候變化採取行動更為重要。此時推行在某種程度上能兼顧這兩個目標的政策則是有顯著意義的。不考慮減少碳排放產生的效益，單單能源效率方案能節省資金，提高生產率並實現其它有價值的目標就是一個更具政治吸引力的方向，非常值得一試。人們繼而會認識到降低能耗的重要性。而降低能耗也只有行業系統推行後才有顯著效果，因此首先應該集中力量於高耗能的行業，如發電、煉鋁、水泥和鋼鐵制造等。這些行業也是現代經濟的主要推動力。

案例研究的對象是全世界最不可或缺且高能耗的行業之一。全球鋼鐵制造業展示了靠在全行業推廣最佳的技術手段而達到減排的潛力與局限。一個有效的國際行業管理機構能有助於控制低水平生產商的替代性生產方式（比如之前所提到的亞太合作夥伴關係（APP）下的案例）。出於一些經濟因素的考慮，實行這些改進是有必要的。但是，正如案例所示，如果要最終達到二氧化碳減排的目標，這些改進並不能動搖對全球能源供應低碳化的長期需要。

能源效率行業解決方案的潛力與局限：對鋼鐵業全球行業方案的個案研究

全球鋼鐵需求一直增長迅速。在過去十年，發展中國家，特別是所謂“金磚四國”（巴西，俄羅斯，印度，中國）的強勁經濟增長，使鋼鐵需求猛增到60%。考慮到中國與印度的人均鋼鐵消費量分別只占發達國家的三分之一和十分之一，這一需求在未來幾十年還會繼續增長。⁵⁹ 滿足日益增長的鋼鐵需求的同時把二氧化碳排放控制在最低是鋼鐵行業面臨的重大難題。但是粗鋼生產過程中產生的二氧化碳是不可避免，因為要使用碳（焦炭）作為還原劑把鐵礦石變成生鐵。粗鋼生產也是一個高耗能的過程。因而，提高能源利用效率，包括能量回收和循環利用，不僅可以減少能源消耗，而且能夠降低每噸鋼成品的二氧化碳排放量。所以，對鋼鐵業而言，節約能源和減少二氧化碳幾乎是一回事。日本鋼鐵業的特別之處就在於增加產量的同時減少了能源消耗和碳排放。他們的經驗是一個很好的例子，說明了實踐中可行之處並且有助於形成鋼鐵行業的全球性方案。

從20世紀70年代的石油價格沖擊開始，日本鋼鐵業就開始開發並投資於各種節能技術。結果在過去30年裏日本一共節約了近30%的能源。⁶⁰ 因此，日本鋼鐵業

裝備了幾乎 100%現行可用的主要節能技術。亞太經濟合作夥伴組織（APP⁶¹）鋼鐵工作組羅列出了這些節能技術並對其在成員國內的使用率進行了調查。得出的結論是：如果這些節能技術能 100%的運用於APP六個原始成員國（澳大利亞、中國、印度、日本、韓國及美國）的鋼鐵行業，每年可少排多達一億兩千七百萬噸二氧化碳。⁶² APP鋼鐵工作組已經將這些節能技術制作為技術手冊，並公布於其網站。

63

國際能源署（IEA）也做出了類似的二氧化碳減排潛力估計。如果在全球範圍內推廣當前可行的節能技術，每年可以減排三億四千萬噸二氧化碳。⁶⁴ 而這個數字幾乎是 2008 年全日本二氧化碳排放量的 25%。

鋼鐵業的使命就是以最小的能源消耗（也即最少的二氧化碳排放量）滿足全球的增长需求，而這只能通過應用現行最新的節能技術來實現。

由於大多數節能技術，即使不算是很有利可圖的，也是‘負’成本的，它們在鋼鐵業的推廣則不僅能減少二氧化碳排放，也能為技術接受國的鋼鐵業帶來某些經濟效益。然而，以上提到的節能技術並不一定能在業內廣泛傳播。APP 鋼鐵工作組已經分析並確認了幾個應用障礙，其中包括投資回報周期長及發展中國家的鋼鐵業缺少工程技術能力。一個重要因素是在經濟增長迅速的發展中國家，擴大產量的內部收益率（IRR）往往比節能投資的內部收益率要高很多。因此，資本和工程技術能力等稀缺資源並不一定會被投入到節能投資領域。

由於鋼鐵業內的大部分節能技術已經商業化，而且在全球工程技術市場上隨處可見，故技術獲取並不存在什麼障礙。必要的是那些能對節能投資予以優待的公共激勵機制，這樣才有望減少投資障礙。

由於鋼鐵業二氧化碳排放強度高，故該行業的二氧化碳減排附加值要大大高於其它行業或經濟活動。因此，鋼鐵冶煉過程中節能投資所產生的二氧化碳減排量要比節能額外收益所產生的二氧化碳排放量要大得多。

總之，應當注意在全球範圍鋼鐵業推廣節能技術只是一個在中短期（10 到 20 年）有效的措施，一旦技術滲透率達到 100%，就再無可能依靠現有技術實現進一步節能或二氧化碳減排了。所以，能源效率方案只是低碳化的一條路徑，而且只是更根本方案的補充。

2) 加速能源供應低碳化的首要地位

近二十年來我們一直在努力以間接的辦法來 - 聽起來有些矛盾 - 直接控制排放。這些辦法主要以“自上而下的”方式規範能源的終端用戶。儘管雄心勃勃，包括試圖創建一個問題重重的碳交易市場，但這些辦法都未能達到減排的目的，或者更重要的是，未能加快各經濟體的低碳化進程。這些拜占庭式無比復雜的辦法在政治舞臺上剛剛敗北於哥本哈根。然而，由於已經投入了大量政治資源，特

別是在歐洲，這些做法也積累了巨大的官僚能量。民主國家的民眾將會對此越來越懷疑，而這些做法的繼續存在也將激怒更多這樣的民眾，因為這一‘京都’體系政策對家庭和個人生活的影響亦必然將逐漸暴露出來。我們還要看到的是當公眾了解到，大幅增長的電費單只不過是因為所謂的“綠色”原因，而並不是基於市場，他們會如何行使他們的選舉權。

了解到這一點，我們因此建議支持並推動一個已經得到廣泛理解的成功趨勢，以便通過直接的辦法——這樣聽起來就不矛盾了——間接地達到減排的真正實現。這種策略目的在於能耗，重點關注能源生產的供應端。我們對其技術前景很樂觀，也對其政治現實性有更多信心。與之前的‘京都’策略不同，該策略的思路源於我們之前設立的三個總目標。我們也積極追求並廣泛支持其它將產生的主要效益。該策略與經濟增長相應相承，這也是其在主要經濟體裏獲得政治吸引力的先決條件。奧巴馬政府在氣候問題上的一系列動作也說明了這個基本道理。

《如何使氣候政策重入正軌》一文對這一策略進行了闡釋，並且為了表示對茅陽一(Yoichi Kaya)教授的遠見卓識表示敬意，它被稱為“Kaya 恒等式”：

Kaya 恒等式顯示在減排過程中有四個——且只有四個——宏觀尺度的政策手段予以調節，分別是**人口**、**財富**、**能源強度**（即單位 GDP 能耗）和**碳強度**（即單位能源的碳排放量）。每一個因素都需要特定政策手段予以調節，而每一個政策手段都要求特定的實現方式。

如人口方面，調節手段是人口管理。財富方面，調節手段是縮減經濟規模。在能源強度方面，是增加能源效率。而針對碳強度，首要手段就是轉向碳排放少的能源類型。

按照 Kaya 恒等式，這四要素可以用數學公式表示為：

$$\text{碳排放} = C = P \times \frac{\text{GDP}}{P} \times \frac{\text{TE}}{\text{GDP}} \times \frac{C}{\text{TE}}$$

（TE 為能源總量）

我們的策略就是想方設法運用能源和碳強度手段。

即使不以人人享有能源為目標，國際能源署（IEA）預計到 2050 年全球能源消耗也會增長到今天的近 3 倍。（如果比較回顧一下，在二十世紀能源消耗已經增長了 16 倍。）在這樣的情況之下，要達到氣候政策討論裏建議的大量減排目標，從現實角度看只有通過大幅提升含碳量為零或者極低能源的成本和使用效率才有可能實現。在能源消耗增加兩倍的時候，把能源消耗產生的全球碳排放量按現有水平減少 50%，可以使全球能源供應裏的碳強度減少 87%。我們應該認識到，這是一個十分艱難的目標。與實現全球能源供應完全低碳化一樣，這需要在零碳能源技術的成本和效率方面有所突破，才能應用於實踐。

如果全球能源消耗增速慢一些，需要低碳化的全球能源供應可以稍稍少一點，但這不能改變低碳化挑戰的本質屬性。比如，儘管這不太可能，但如果全球能源需

求只增加一倍而不是兩倍，也就是說能源效率顯著增高，那麼全球能源供應則需要減碳75%而不是87%。因此，在高能源需求的設想中，幾乎與完全低碳化一樣，要如此大幅的降低能源碳強度則需要能源技術革命。

但是把全球能源需求的增長率限制在一倍而不是兩倍幾乎是不可能的，特別是考慮到國際能源署對全球能源需求的最低估計都導致了非常強勢的、亦是空前的低碳化設想，其要點就是全球能耗能以很高的比率逐年下降。在任何情況下，如果要使大氣中的二氧化碳沈積維持在低水平，就需要能源供應接近完全無碳。這個結論適用於任何能源設想。

所以，減少全球碳排放的長期公共政策必然要以全球能源供應的低碳化為焦點。⁶⁵ 這樣做的主要阻礙來自低碳或者零碳能源的高成本。礦物燃料仍然充足而且有許多優點，它們富含能源，便於運輸，廣泛存在，容易獲取，而且有自己的儲存機制。替代性低碳能源普遍比礦物燃料昂貴。在與其它能源的競爭中（除非在非常偏遠和貧困的地方），可再生能源（風能、太陽熱能、太陽能光伏、地熱、海洋能等）都更為昂貴，除非具有得天獨厚的條件，如位於最適宜的地點；臨近已有的傳輸線路；替代尖峰發電而不是基底負載，以及選民願意支付更高的費用。

在幾個OECD國家，由於政府慷慨提供補貼，可再生能源在低起點基礎上飛速增長，但是當可再生能源市場份額增長後，這些補貼在政治上就越來越難以維持。比如，美國現在的風力發電份額為2%，如果增加到20%，美國每年提供的補貼將達200億美元（這還不算為達到這樣一個規模需面臨的巨大技術挑戰）。⁶⁶ 我們已經看到在加州和德國有人反對提供補貼給太陽能光伏能源（PVs）。在英國，一位資深環保主義者正通過報紙媒體發動一項抵制對太陽能光伏實行大額的入戶補貼的運動。其理由是通過增加電費形式而獲得的這筆錢實際上“劫”那些既沒寬大的南向屋頂也沒充足財力的窮人去“濟”那些兩者都有的富人。⁶⁷ 歐洲特別是英國風力發電最近令人唏噓不已的歷史給我們一個有益的警告就是，如果政客和倡導者們罔顧能源經濟學的現實情況，把納稅人的錢大筆投向補貼，並運用法律和政治程序頒發特許區域準入許可，是不會有好下場的。這已經導致了風電設備挑選不善，性能達不到預期效果，並造成了嚴重的金融和社會影響，因為他們也嚴重擾亂了整體證券投資決策。⁶⁸

可再生能源發展的一個現存障礙是難以鋪設從風電和太陽能發電地到需要電力的城市和工業中心的傳輸管線。或許更大的障礙是如何發展對風電和太陽能電力這種斷斷續續產生的能源的產業級儲存技術，這需要重大的技術突破。奧巴馬總統的經濟刺激計劃中對新能源傳輸技術的投資有限，這使得某些專家懷疑可再生能源能否形成規模。⁶⁹ 對新能源的最後總預算因而只是奧巴馬總統原來目標的一個小部分。

這一失敗的政治與20世紀50年代美國修建州際公路的政治形成了鮮明對比。州際公路獲得了地方上的廣泛支持，因為地方想獲得一條主要州際公路經過所帶來的發展效益。而能源傳輸管線對地方沒有這樣的經濟效益，電力只會給生產者和遠方的消費者帶來好處，而不是管線之下的消費者或當地政府。同樣受到當地社

區抵制的還有英國政府試圖推行的海岸風場。人們出於審美或噪音汙染的原因而不願接受風場，並且越來越不相信他們犧牲景觀或寧靜會有什麼實際作用。其原因就是風電與生俱來的低裝機容量使其只有通過長期高成本或者如前文所提的長期用納稅人的錢提供補貼才有使用價值。

核電也許正在復蘇。在美國，奧巴馬總統宣布了對該行業提供新的貸款，而且在英國、日本和中國，核電都被視為重要的低碳能源。然而，出於對安全、廢料和核泄露等問題的擔憂，不管這些問題是真實存在的還是想象的，核電站的建造成本還是遠遠高於使用煤和其他礦物燃料的火電廠。⁷⁰

所以，期待中的低碳能源主要技術的發展並不容易。

因此，我們認為只要礦物燃料和低碳能源的技術和價格差依然很大，世界經濟迅速增長的地方就會愈發依賴礦物燃料。中國正在增加可再生能源和核電廠的設置，但是要知道的是，中國的行動並不僅僅是為了減少二氧化碳，而是為了增加其能源安全度，減少空氣汙染，擴大其市場領先地位。但是，中國部署可再生能源的速度並不足以在實質上延緩其火電的擴展速度，更不用說取代煤炭生產了。與印度一樣，中國已經非常明確的表示不接受任何對其經濟增長不利的外部限制，而這種增長的大部分是依靠擴大礦物燃料的使用。世界很多發展中國家和地方的情況也是如此。

因此，說到底，在低碳能源能持續以更便宜的價格穩定供應之前，加壞全球經濟低碳化不會取得重大的進步。而這需要當前低碳能源技術領域的重大進步。簡而言之，我們需要在當前所有的活躍領域努力發動一場能源技術革命。⁷¹ 我們要讓太陽能板更有效率的把陽光轉化為電力，讓生物燃料生產走向低耗即無需投入大量礦物燃料也不必損及糧食生產，要讓電池生產低能耗而且體積更小，能量儲存更多。單個風電機組能量密度低，這是物理學事實。除了空曠荒蕪之地大量安裝機組，沒有什麼別的好辦法。這些地方要有合適的風速，風多（如蒙古或者內華達山脈）並且不存在上文提到的輸送問題，這樣的地方並不是那麼常見。要降低核電廠成本，可得縮小它們的規模，既能批量生產，防泄漏並且易儲存，又能回收或者找到令人滿意的處理核廢料的方法。

顯然，現在面臨的技術挑戰是如何提高太陽能板的效率，提高電池和燃料電池的能源密度，發展第三代（纖維素）生物燃料並解決批量生產的小型自給防泄漏核電廠的設計和材料難題，清潔能源的研究、發展和部署工作應該對此重點關注。要想獲得成本上的降低和性能上的進步，沒有政府的堅定參與是無法實現的。

之所以說這些工作必須由公共部門主導，理由是：第一，全世界能源行業民間籌款開展研發工作比例都異常的低，因為鮮有任何創新的激勵機制。在美國，制藥公司投資研發的比例有20%，信息產業有15%，半導體產業有16%，而能源公司只有0.23%。⁷² 能源公司投資低的原因相當明顯：能源價格低廉，而且不同能源生產的電或者熱量並沒有什麼區別。但衛生保健領域就大不一樣了，美國對此領域

研發工作的公共投資每年有 300 億美元，而民間投資幾乎是這個數字的一倍，因為人口的老齡化，需要對許多難以治愈的急性或慢性疾病提出新的治療方案。⁷³

第二，能源技術的高成本——比如與軟件開發相比較——是民間投資這些全新的、昂貴的、並且前途未蔔的能源技術的巨大障礙。

開發新能源技術的民間投資障礙——包括成本高，終端產品差異度低，先驅者優勢有限，現有能源價格低廉，廣泛部署並且優化的現有技術——這可能是難以克服的。實際上，現在幾乎所有的低碳技術都是公共資金開發的，而非民間投資所為。⁷⁴

法國和瑞典分別在核電和水電領域通過公共投資的方式取得了超過其他任何國家的低碳化成果。與之相對的是，歐洲的排放交易計劃（ETS）以及其它以價格和市場為基礎的政策卻未能在實質上推動清潔能源技術的發展或應用。儘管創立了一個被大肆吹捧的“付費排碳”機制，但該機制卻極不穩定（在ETS短短的歷史中已經崩潰了三次）。⁷⁵

法國和瑞典的例子給了我們另外兩個重要的教訓。其中普遍性的教訓就是政府不僅要通過研發產品、制定標準和示範來推動創新，而且還必須以大宗先期採用的購買者身份來拉動市場對新能源技術的需求。實際上，自二戰以來，在從飛機和噴氣式引擎到電信系統和信息技術等主要新技術領域，政府作為購買者一直就是這些領域能出現技術創新的一個——或許是唯一的——關鍵催化劑。⁷⁶ 而這一點在能源技術方面的表現尤為突出，原因我們不再贅述。另一個特殊的教訓與經典的‘無所不能的’布朗理論相關，在兩個例子中，法國和瑞典的行動其實是出於另外的強烈動機，而發電項目不過是伴隨效益。就法國而言，世人皆知的主要動機是 1956 年蘇伊士運河事件後戴高樂不願讓法國的能源供應安全再次遭到英語強權國家的劫持。

幾乎可以肯定的是，擴大對低排技術實行的重額補貼並以此對全球碳排放造成重要影響將會受到政治和經濟因素的制約，在碳排放主要的發生地——發展中國家尤為如此。推動降低成本必須成為政策部署的明確目的和首要計劃，而從長遠來看，在未獲補貼的情況下能否持續降低清潔能源技術的成本將會決定該技術的存亡。

C. 經費從何而來：小額抵押（專項）碳稅的狀況

最近累積的經驗說明，雖然通過繳納碳稅的稅收手段調節消費者行為看起來比較直接，但受此影響的能源需求並無變化。而且，設立碳稅並沒有證明可以有效地減少需求或刺激創新並同時被富有民主精神的選民接受或者忍受。

設立這樣的一個價格機制作為直接調節手段是有缺陷的，原因有以下四方面。

第一，按照經濟學理論，解決排放問題的有效措施應該是排放的邊際成本等於邊際損害，而合適的氣候損害估算結果非常困難並且充滿爭議，從15美元/噸C到300美元/噸C不等。對當前排放行為所造成損害的程度和時間進行估值不僅僅涉及氣候模型的不確定性，而且涉及對公共產品（景觀，生物多樣化等）的主觀估價。即使假定有可能認同一個“有效的”碳價格，比如說40美元/噸C，也會馬上出現下一個障礙。⁷⁷

第二，如歐洲經驗所示，無法就碳交易市場達成全球性的政治共識，即會促使排放行為由限制碳排放的經濟體向非限制經濟體轉移，即使在限制碳排放的區域內，也會出現規避或者弱化規則的行為。⁷⁸

第三，歐洲的排放交易制度（ETS）是至今最為詳盡的此類試驗，但也一直存在一個問題，即政府認真對待減排的期望與不能得罪選民的欲望產生了嚴重沖突。清潔發展機制也就應運而生，在政治上顯得既實用又動人。⁷⁹

第四，也許是最重要的，缺乏之上一節討論過的‘清潔’能源替代性技術。認為對碳排放收費就會促使大部分公司開展必要的研發工作是錯誤的。⁸⁰這裏面的道理既簡單又充分，一般而言，基礎性的研究、開發和示範工作很難獲得專利，所以這個市場沒有投資的誘因。制藥業內圍繞控制和開放知識產權而進行的無窮無盡的商戰就說明了這一點。正如上文已詳細解釋的，由於大部分的能源技術革命都需要基本的R&D投資，所以，長期的公共資金支持是至關重要的，而這也是為什麼專項稅如此重要的原因。

案例研究中的日本鋼鐵業是一個最佳實踐的例外，但絕非定例。用行業推行的方法創造一個公平競爭的環境也是最佳實踐方法而非標準模式。大多數公司即使面臨高額的碳排放費用，也不大可能開展必要規模的研究。他們寧願搬遷到勞動成本低、監管少的地方或者就幹脆就偷排偷放。所以，這意味著對排放行為施行限制性的高價或者“總量管制”將造成經濟增速減緩，或者，另外還有一種可能，即所有“骯髒”行業將會向外轉移，常被稱為碳泄漏。兩種情形，特別是後者，已經在實踐中得到確認。

因此，如果創新活動在起始階段能獲得政府部門贊助（即使實際是由私人公司按照與政府的合同而開展的），我們現在都可以考慮採取一種“不相稱”（從嚴格的理論角度上來說）稅項對其加以支持：換言之，此稅與碳排放的邊際損害不相等，也不謀求相等。這裏，我們建議征收的小額抵押碳稅。與曾經風行一時的“總量管制和交易”規則不同，我們提出的這項碳稅並不是為了改變短期的消費行為。⁸¹同樣，我們要強調這種稅的形式和目的與法國政府在2009年9月推出的碳排放稅也大相逕庭，後者在2010年元月被法國憲法法院否決並在2010年3月23日被薩科奇總統擱置在一旁。⁸²法國人準確認識到了全歐洲征稅不會被輕易或在短期內被採納，但一國先行動起來是必要的。不過，其宣布的目標是為了大幅度改變人們的行為，並且利用法國行政力量強推這個稅項以影響到歐洲其他國家。該稅因而也會成為歐洲稅收統一的先例。所以，此稅也是具有多重目的的和在不同的民眾中分化嚴重，有人熱烈支持，有人強烈反對。

相比較而言，我們的策略就更謙抑和具體了。依照這項策略，政府政治優先考慮的就可以從‘京都’體系下的排放目標轉向令人信服的對能源創新領域的長期全球性投資承諾和辦法。⁸³ 一個緩慢升高但起始額度很低的碳稅的好處在於可以避免對經濟增長造成負面影響。我們清楚地知道，普遍而言政治家整個群體，特別是財政部長們，厭惡抵押專項稅這種做法，因為這讓他們受到了束縛。而我們則視此為抵押專項稅的優點之一，因為這樣可以讓這個問題從政治爭鬥中脫身，而且有助於恢復公眾的信任，特別是在很多民主國家裏政客的聲譽不佳的背景之下。所有這些並非只是空想，印度財政部長普拉納布·慕克吉 (Pranab Mukherjee) 在2010年元月的聯邦預算案中就設立了一項國家清潔能源基金，用以支持研發和示範工作，資金來源就是對國內和進口的煤炭按每噸50盧比所征的稅。⁸⁴

當然，我們也清楚要有合適的安排去管理來自碳稅的收入並用於直接投資，並且研究出創新性的模式。我們提供的是樣例，而非可以完全照搬的藍本。比如，經驗顯示，在這個領域裏，國家的行動比全球性的行動更可能有效。特別是中國、印度和美國對於多邊合作的熱情並不高。盡管如此，抗擊艾滋病、結核和瘧疾全球基金組織的經驗卻是很有意義的，因為它也曾必須努力提高那些‘不切實際’研究工作的效率，它避免“勝者困境”的方法就是幹脆拒絕指定偏好的特定研究模式，而是吸引有新藥物、新治療方案的人提出申請。然後該組織再投入時間和資金，通過技術評審小組與申請者一起進行高等級的細致評審程序，再對勝出的項目提供連續性資金支持，以保證資助成功的項目並停止對失敗項目的支持。⁸⁵ 其他的例子還包括全球疫苗和免疫接種聯盟 (GLOBAL ALLIANCE FOR VACCINES AND IMMUNIZATION, GAVI)。該聯盟最近宣布建立一個“預先市場承諾”機制，鼓勵制藥公司為貧窮國家開發疫苗。另外還有國際農業研究諮詢組織 (Consultative Group on International Agricultural Research, CGIAR)，它有一批極富創新精神的區域研究中心，為“綠色革命”提供科技支持。印度政府如何管理這項碳稅也將是人們關注的焦點之一。

我們認為全球基金這個概念模式很有創新精神，值得推薦，並且舉例說明，面臨新挑戰，這種創新體制是存在的並且必須加以發展。以上的三個例子則說明了我們能夠應對這些挑戰。

所提議的抵押碳稅將被用於孕育、開發並示範低碳或無碳技術。它將為低碳化進程中至關重要的研發經費提供一個可靠並且安全的來源。這項稅款緩慢增長的特點是一個價格上揚的信號，會激勵很多公司開展低碳技術研究並開發出各具特色的調節技術。⁸⁶ 緩慢增加碳稅的這兩個特點將會使低碳經濟駛上快車道。

專項稅能否成功將主要取決於政策制定者們能否認識到以往的錯誤，能否推出一個選民能接受的低稅額，並且能否做到令人信服的專款專用並且同樣令人信服地支持並且允許創新性機構有效管理這些投資項目。正如上文所提到的，歷史先例表明，政府可以充當主要購買者起到重要的‘拉動’作用——而不能提前決定採用誰的技術，也不能用補貼幹擾市場，那樣的做法一般都不會成功。

最重要的是“Kaya 恒等式”模式能讓公眾信任感恢復到何種程度。如我們在本報告一開始所言，要在這項重要而複雜、且被嚴重誤解和管理不善的氣候政策裏取得任何成果，恢復公眾的信任感是不可或缺的前提條件。

結論

本報告旨在圍繞人類尊嚴重新構想氣候問題。這樣做不僅僅是因為這是高尚的，或美好的，又或是必須的——雖然也有這些方面的原因——而是因為這樣做比圍繞人類的罪惡來探討可能更為有效，並且後一種做法已經失敗。確保人人，包括非常貧窮的人，能以低廉的價格獲得能源，是真正的解放。建立對反常和極端天氣的彈性適應力可以真正把全球人民團結在一起。提高人類呼吸的空氣質量是毋庸置疑的一項公共福利事業。這種方向上的調整需要我們解放思想並重新制定氣候政策。按照‘無所不能的’布朗的風格，我們認為通過間接途徑可以在實踐中而不僅僅是措辭上取得全球經濟裏低碳化進步。為達到這個目的，我們主張一種創新為主的策略，通過抵押碳稅獲得經費支持，並且稅額以政治上能夠被接受為上限。這個上限肯定是相當低的（切記法國政府在2010年3月擱置其制定的碳稅這些最近的教訓）。我們認為這樣的方案最有可能保證對任何一個——並因此對所有——問題的持續且有效的影響。我們沒有在報告裏詳細描述三大目標的相應策略。本報告的目的不在於此，這些問題也不可能在單單一份報告中解決。撰寫這份報告只是想開啟對我們所主張的徹底重構方案的討論，而不是就此下一個定論。

用這種方式重構氣候問題意味著要放棄之前的想法，即認為所有其它政策目標都可以塞進全球碳政策這只閃閃發光的多面寶石，借此發出炫目且讓人昏昏欲睡的光芒，繼而可以號令眾生，所向披靡。實際上這在現在和過去都並非如此。相反，應該逐個分拆到2009年底已經包羅萬象的京都模式氣候政策，按照每一個問題的特點找到相應的解決之道。氣候適應、森林、生物多樣化、空氣質量、公平發展等許多這些迥然不同的問題之前都與氣候問題混為一談，現在都應該獨立出來討論。我們認為，在很多情況下，這樣做比近些年來單單強調碳政策，把對美好未來的全部期望全部寄托於此更好，也更有可能帶動政治上的行動。同樣重要的是，它意味著我們不會因為某一項政策的制定而停滯不前。如果改善空氣質量的措施在一段時間內或者在某個地方難以實施，適應氣候影響的政治也許隨即有所回應。

對人類影響氣候的行為進行管理的政策也需要進行分門別類的，應冷靜的意識到這些行為的多樣性以及並且相應的對策。這需要一系列的政策和方法，現有的當然可以借用，但很多其它的政策和方法還有待發展。

氣候政策帶來的挑戰是永遠無法完全解決的，但是，正如我們始終強調的，應對氣候變化的方式有好有壞。我們希望能做得更好。借本報告，我們希望能說明人類如何才能更有效的開展這項重要工作。

¹ D. 維克托，‘哥本哈根之後的全球變暖政策’，《維拉德·W·科克倫公共政策演講系列》，明尼蘇達州立大學，2010年1月21日，手稿。

² 民意反映詳情見章節附註 33 和 39。

³ 受到關注的主要郵件內容見 A.W. 蒙特福德著《曲棍球棒的錯覺》，倫敦：斯塔塞國際出版社，2010年，402-49頁。該書的話題為詳細敘述氣候科學中的重要辯論，特別是古氣候研究，而這是氣候研究所檔案裏受到關注的主要部分。迄今為止，編者關於該書的批評未下定論，奧克斯堡評論僅作明確闡釋，未作深入調查（第9段）<http://www.uea.ac.uk/mac/comm/media/press/CRUstatements/Report+of+the+Science+Assessment+Panel>。

關於處理資訊自由的申述，同行評論程式的顛覆，氣候資料混亂的處理模式等等這些都仍在由大學領導的繆爾·羅素調查中，調查報告將於2010年春天出臺。事情的來龍去脈和問題在 M. 肯維爾撰寫的‘氣候門：郵件調查依然進行中’都有所揭示，見《BBC 新聞報導》，2010年2月11日，<http://news.bbc.co.uk/1/hi/8510498.stm>。

⁴ 這一觀點在 T. O’ 賴爾登等人撰寫的‘政治行為的體制性框架’一文已詳盡的闡述，（只不過在其後的政治實踐中未能得到重視）。見雷納和 E.L. 馬隆主編《人類選擇與氣候變化》，卷一，哥倫布：巴特爾（Battelle）新聞出版社，1998年，345-439頁。

⁵ 格溫·普林斯教授，倫敦經濟學院麥克金德長波事務研究專案負責人；馬爾科姆·庫克博士，（東亞區）悉尼洛伊國際政策研究所項目主任；克里斯多夫·格林教授，麥基爾大學經濟系；麥克·哈姆教授，東安格利亞大學環境科學學院；阿特·科爾霍拉教授，赫爾辛基大學生物和環境科學系；艾嘉麗塔·科爾霍拉教授，赫爾辛基大學哲學系；小羅傑·皮爾克教授，科羅拉多大學科學與科技政策研究中心；斯蒂夫·雷納教授，牛津大學科學、科技與社會學院；彭弘哲（退休名譽教授），東京大學先進科學技術研究中心，21世紀公共政策研究所高級行政研究員；丹尼爾·塞勒維茲教授，亞利桑那州立大學科學、政策與成果協會；尼科·斯托爾教授，齊柏林大學卡爾·曼海姆文化研究主席；漢斯·馮·斯托奇教授，漢堡大學海岸科學研究所，GKSS研究中心和氣象研究所，《如何使氣候政策重入正軌》，倫敦經濟學院麥德金專案/牛津大學科學、創新與社會研究所，2009年7月6日。

⁶ 《如何使氣候政策重入正軌》5-6頁和章節附註3，引自 J.C. 斯科特所著《國家的視角：那些試圖改善人類狀況的項目是如何失敗的》，紐黑文：耶魯大學出版社，1998年。很長一段時間以來，這一觀點已經被權威從不同的哲學立場進行的駁斥，但政策制定者對此視而不見。參見 F.A. 哈耶克，《自由秩序原理》，倫敦：勞特裏奇（Routledge）出版社，1960年，第27頁；另見 I. 柏林所撰寫的“西方烏托邦理想的衰落”一文，1978年，刊登於《扭曲的人性：思想史》，由 H. 哈迪主編，倫敦：皮姆利科（Pimlico）出版社，1990年，46-8頁。

⁷ 哈特維爾莊園與我們進行的工作頗有特殊的淵源，因為這並非第一次在此深入的探討氣候問題。1850年4月3日，在莊園圖書館，莊園主李先生召集了十位紳士舉行了一次會議，這其中包括未來的英國氣象協會首任主席塞繆爾·惠特佈雷德先生，並由此誕生了後來的英國氣象協會（後改為皇家協會）。

⁸ J. E. 漢森，D. 詹森，A. 拉希斯，S. 萊貝台夫，P. 李等共同撰寫的《大氣中不斷增加的二氧化碳對環境的影響》，發表於《科學》雜誌第213期（總第4511期），1981年，957-66頁；M. 休姆著《為什麼我們不認同氣候變化》一書，劍橋：劍橋大學出版社，2009年，多處引用。

⁹ R. 小皮爾克，《氣候問題的補救：關於全球變暖，科學家與政治家不說的秘密》，紐約：基本圖書（Basic Books）出版社，將於2010年9月出版

¹⁰ M. 費韋吉 和 M. 湯姆遜編，《複雜世界的笨拙解決方案：統治、政治與多元化觀念》一書，貝辛斯托克：帕爾格雷夫·麥克米倫（Palgrave Macmillan）出版社，2006年。

¹¹ 參見D. 埃爾姆所撰寫的“氣候改變政策：為何收效如此甚微”一文，並且特別是他剖析歐洲排放交易體系（EU ETS）的文章“批評：歐盟應對氣候改變的政策”，見D. 埃爾姆和C. 赫本所編《氣候改變下的經濟與政治》一書，牛津：牛津大學出版社，2009年。

¹² 除了園藝作品，‘無所不能的’布朗（1716-83）未留下任何文章。但是，引用他的格言已然成為園藝和品味作品的時尚。亞歷山大·蒲柏在《致伯明罕伯爵書IV》（1731年12月）中寫道（詩）：“讓無處不在的美麗無法得到窺探，當半邊天空巧妙地被掩藏，他瞭解了一切，雖困惑卻欣喜若狂，驚訝，變幻，束縛已然被掩藏。”（“Let not each beauty ev’rywhere be spied/When half the skill is decently to hide./He gains all points, who pleasingly confounds, / Surprises, varies, and conceals the bounds.”）但對布朗設計理念評價得最貼切的是申斯通（英國詩人），他說，“當從恰當的角度觀察一棟建築或者其他物體時，目光所到之處，足跡無法到達，忽略物體的存在，不要間接近近。”見 W. 申斯通，《園林偶感》，1764年。

¹³ G. 普林斯 和 S. 雷納，《穿錯了的褲子：對氣候政策的徹底反思》，倫敦大學經濟政治學院/牛津，2007年，38頁。

¹⁴ “如何使氣候政策…”圖1，5頁

¹⁵ M. 湯姆遜 和 S. 雷納，“文化綜述”，見S. 雷納 和 E.L. 馬隆編《人類的選擇與氣候變化：一項國際評估報告》，卷1，巴特爾（Battelle）新聞出版社，1998；M. 休姆，《為什麼我們不認同氣候變化》，牛津大學出版社，2009年。

¹⁶ R. 小皮爾克，《氣候問題的補救：關於全球變暖，科學家與政治家不說的秘密》，我們認為關於油氣峰值以及其他能源峰值的爭論無法提供足夠的框架基礎，因此，我們將不會採用其作為論據，此文就是證明。這些爭論過於激烈而且多採用的論調太過聳人聽聞，它們的主要論據來自於上世紀七十年代初開始提出的“增長極限”理論框架，但是這一說法的可信度遭到了質疑，因為由於人力所為或者是情況的改變，預測的資源開採峰值並沒有成為現實。參見 J. 伊斯廷，R. 葛蘭德曼和 A. 普拉卡什，“關於兩項極限的爭論：增長的極限與氣候變化”一文，《期貨雜誌》，（2010）付印中，索引號：10.1016/j.futures.2010.03.001。

¹⁷ <http://www.google.org/rec.html>;
<http://www.cnn.com/2010/TECH/02/12/bill.gates.clean.energy/index.html>

¹⁸ 例如：A. 阿嘎沃爾和 S. 納拉因，《不平等世界下的全球變暖：一項關於環境殖民主義的案例分析》，科學與環境中心，新德里，1991年；L. 拉賈馬里，“印度在氣候變化中的談判立場：合法但不合理”，政策研究中心，新德里，2007年，<http://www.cprindia.org/morepolicy.php?s=18>。

¹⁹ 參見<http://www.cgdev.org/content/publications/detail/1423191>

²⁰ 關於“為什麼以及如何達到此目的”的討論見於A. P. 格裏斯霍普，C. C. O. 雷諾茲，M. 康得力克爾和H. 道爾拉塔巴蒂，“減輕黑炭危害的困局”，《自然地理科學》，第二期，2010年，533 - 534頁。

²¹ T.C. 邦德和 H.L. 尚，“減少黑碳排放能否對抗全球變暖效應”，《環境·科學·技術》，39期，5921-5926頁（2005年）；C. 雷諾茲和 M. 康得力克爾，“空氣品質政策對氣候的影響：新德里使用天然氣公共交通系統的報告”，《環境·科學·技術》，42期，2008年，5860-5865頁。

²² 《IPCC（聯合國政府間氣候變化專門委員會）WGI第四次評估報告》，2007年，206頁（圖表2.22）。

²³ 見 O. 溫特, W.F. 勞倫斯, T. 拉瓦姆拉, K.A. 威爾遜, R.A. 福勒和 H. P. 波辛厄姆共同撰寫的“提高碳排放處罰來保護生物多樣性”一文，《科學》，第326期，2009年，1368頁；以及 U.M. 佩爾松和 C. 阿紮，“保護世界熱帶雨林資源：碳排放處罰可能也無法達到目的”，《環境·科學·技術》，第44期，2010年，210-215頁，減少森林砍伐和退化造成的溫室氣體排放計畫（REDD）之外的討論。

²⁴ 例如：阿爾·戈爾在《時代》週刊中說：“我們必須小心，不能將政治願望從操作中剔除掉，預防，並逐步適應” http://205.188.238.109/time/specials/2007/personoftheyear/article/0,28804,1690753_1695417_1695747,00.html，參見 H. 馮·斯托奇，“適應性：非關注重點”一文，《歐洲物理學雜誌——專題》，176(1)，2009年，13-20頁，索引號：10.1140/epjst/e2009-01145-0。

²⁵ N. 盧曼，《風險：一門社會學理論》，由尼科·斯特爾和聖哥達·貝希曼撰寫新版導言，新布倫茲維克，新澤西：奧爾代交易（Aldine Transaction）出版社 [1993] 2005。

²⁶ S. 雷納和 E. 馬隆，“給政策決策者的十條建議”，第四章，見 S. 雷納 和 E. 馬隆編，《人類的選擇與氣候變化》，第四卷，巴特爾（Battelle）新聞出版社，1998年，109-38頁；M.L. 帕裏, N. 阿內爾, M. 休姆, R.J. 尼科爾斯和 M. 利弗莫爾，《對無法避免變化的適應性》，《自然》，第395期，1998年，頁741；D. 塞勒維茲 和 R. 小皮爾克，“打破全球溫室效應的僵局”，《大西洋月刊》，286(1)，2000，55-64頁；R. 小皮爾克, G. 普林斯, S. 雷納, D. 塞勒維茲，“消除適應性的禁忌”，《自然》，第445期，2007年，557-8頁。

²⁷ 普林斯 和 雷納，《穿錯了的褲子：對氣候政策的徹底反思》，13-21頁；T. 諾德豪斯和 M. 謝倫柏格，《突破：從環保主義的死亡到政治的可能性》，奧蘭多：霍頓·米夫林（Houghton Mifflin）出版社，2007年，第五章，105-29頁

²⁸ H. 利特爾和 M. 韋伯，“總體規劃理論的困局”，《政策科學》，第四期，1973年，154-59頁，S. 雷納的演講“邪惡的問題：笨拙的解決方法——環境問題的診斷與醫治”也有所運用，傑克·比爾紀念演講，新南威爾士大學，2006年，<http://www.sbs.ox.ac.uk/centres/insis/Documents/jackbealelecture.pdf>

²⁹ L.P. 格拉克和 S. 雷納，“文化與全球風險的常用管理方法”，《人類學實踐》，10/3，1988年，15-18頁。

³⁰ P.M. 哈斯，“認知共同體與國際協調理論入門”，《國際組織》，46:1，1992年冬。

³¹ E. 馬隆和 S. 雷納，《人類的選擇與氣候變化》，第四卷，“我們從中學到什麼？”，巴特爾（Battelle）新聞出版社，1998；M. 休姆，《為什麼我們不認同氣候變化》，劍橋大學出版社，2009年，359-364頁。

³² 普林斯和雷納，《穿錯了的褲子》，13-14頁。

³³ P. 凱爾納，“大多數英國人不太關注氣候變化”（原文如此），2010年1月6日，英國尤格夫（YouGov）調查機構創始人的博客，<http://shakespeare.yougov.com/2010/01/06/peter-kellner-climate-change-a-low-priority-for-most-britains/>；益普索·莫利（Ipsos Mori）調查公司，“2010年氣候變化綜合調查”，2010年2月24日 <http://www.ipsos-mori.com/Assets/Docs/Polls/poll-climate-change-omnibus-results-january-2010.pdf>；F. 紐波特，“美國人對全球溫室效應的關注持續下降：多項指標表明關注減少，越來越多人認為過於誇

大其辭”，《蓋洛普（Gallup）民意調查年度更新》，2010年3月11日，<http://www.gallup.com/poll/126560/Americans-Global-Warming-Concerns-Continue-Dro.aspx>。

³⁴ 休姆，《為什麼我們不認同氣候變化》，缺陷模式，217 - 19 頁；202 - 6 頁和圖表 6.3（從 1996 年到 2007 年，英國報刊文章在同一句話中頻繁引用“氣候變化”和“恐怖主義”這兩個詞）。

³⁵ R. 小皮爾克，《最忠實的調解人：認識政策科學與政治》，劍橋：劍橋大學出版社，2007 年，40 - 2 頁

³⁶ D. 塞勒維茲，“抵禦氣候的報復”，《自然》，2010 年 3 月 3 日。

³⁷ B. 吉羅德，A. 維艾克，H. 米艾格和 M. 休姆，“IPCC 排放方案的發展歷程”，《環境·科學·政策》12(2)，2009 年，103 - 118 頁，埃爾塞維爾（Elsevier）出版公司，索引號：10.1016/j.envsci.2008.12.006。

³⁸ 對比兩種來源。一方面，極富視覺衝擊力的“科學：我們應對氣候變化的驅動力”宣佈它‘…是給懷疑論者的一種清晰並且不偏不倚的回應…’，這份檔由英國氣象局哈德利中心於 2009 年底出版，得到了政府三個部門的首肯，蓋著國徽和許多研究機構的標誌。而另一方面，卻可以在私人郵件往來中清楚讀到與此同時這些氣候科學家們對檔上信心十足的事情顯得懷疑和困惑。

³⁹ 2010 年 3 月 4 日至 7 日，蓋洛普調查公司开展了年度社会系列环境调查，该调查表明过去两年美国民众越来越不担心全球温室效应对人类的影响，越来越少的美国人相信温室效应已经发生作用。相反，越来越多的人认为科学家自己本身对温室效应的发生也持怀疑态度。这项调查显示 48% 的美国民众现在认为全球温室效应的严重性被夸大了，在 2009 年该比例为 41%，而在 1997 年，当该公司进行首次调查时，仅为 31%。一共有 1014 名美国成年人参加了此次调查，结果表明大多数美国人仍然相信全球温室效应是真实存在的—但比例在下降。百分之三十五的民众认为全球温室效应要么永远不会发生（占 19%），要么在他们的有生之年不会发生（占 16%）。同时，36% 的美国人相信科学家也对温室效应持怀疑态度，10% 的人甚至认为大多数科学家相信全球温室效应是不会发生的。
<http://www.gallup.com/poll/126560/Americans-Global-Warming-Concerns-Continue-Dro.aspx>

⁴⁰ 最有名的解釋為“範式轉變”，出自 T. 庫恩，《科學革命的結構》，芝加哥大學出版社，1968 年。

⁴¹ 關於這種力量最好的解釋由 J. 範西納提出，“系統性的懷疑方法在歷史探究中的力量”，《非洲歷史》，第 1 期，1974 年，139 - 52 頁；喬絲琳·貝爾·伯內爾說明了在發現脈衝星的過程中系統性的懷疑方法的力量，參見，<http://www.bbc.co.uk/programmes/p0077gdm>；J. E 拉夫洛克，（英國）皇家學會會員，《蓋亞女神：地球生命的新觀察》，牛津：牛津大學出版社，1979 年，第三章：“對蓋亞女神的重新認識”，表 2：（金星、火星和地球的大氣成份），39 頁。

⁴² “螺旋、科學與氣候變化”，13 頁和“未知雲層”，81 - 84 頁，《經濟學家》雜誌，2010 年 3 月 20。

⁴³ 大氣中二氧化碳的發展趨勢，《毛納羅峰記錄二氧化碳的近期報告》，（美國）國家海洋和大氣局，<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/>。

⁴⁴ “…如果經濟活動入場，到 2050 年二氧化碳含量將會達到前工業時代的兩倍，到本世紀末，將會達到三倍…最新 IPCC 研究引證了大多數人依然對二氧化碳含量與氣溫變化的密切關係持懷疑態度…”，諾德·瑞茲，（英）皇家學會會長，“科學面臨的挑戰”一文，《文化講座》，2008 年 9 月。

⁴⁵ 《全球溫室效應是否已達到導致災害的程度》，英國皇家協會，2010 年 2 月 5 日，<http://www.rigb.org/contentControl?action=displayEvent&id=1000>；R. 小皮爾克，《氣候問題的補救：關於全球變暖，科學家與政治家不說的秘密》一文中多處引用。

⁴⁶ 計劃經濟毫無例外地缺乏活力，而且能耗高。前蘇聯、東歐社會主義國家以及毛澤東時代的中國都是很好的例證。

⁴⁷ P. 布林布尔科姆，“清洁空气法实施的五十年”，环境科学系，英国东安格利亚大学，2002，http://www.iapsc.org.uk/presentations/1206_P_Brimblecombe.pdf。一般情況下，這樣的法案剛出現時都會在社會上引起很大的爭議，自1998年以來，就曾因為以法律形式強迫公共交通系統使用壓縮天然氣而導致騷亂發生。然而如今，印度擁有全球最大數量的壓縮天然氣公共汽車和人力三輪車，結果空氣品質得到極大的改善。參見雷諾茲和康得利卡爾，“空氣品質政策對氣候的影響：新德里使用天然氣交通系統的報告”一文，出處同前文。

⁴⁸ J. 漢森和L. 納紮仁科，“煤煙氣候的持續與冰雪的返照率”，《美國國家科學院學報》，101，2003年，423-428頁。

⁴⁹ J. 托爾弗森，“危害氣候的黑煙幽靈”，《自然》，第460期，2009年7月2日，29-32頁。

⁵⁰ M. Z. 雅各森，“大氣氣溶膠與黑炭混合所產生的強烈放射性熱源”，《自然》，第409期，2001年，695-697頁；V. 拉馬納坦和G. 卡邁克爾，“黑炭造成的全球與區域性氣候變化”，《自然地理科學》，第1期，2008年，221-227頁。

⁵¹ 哈德利中心在其2009年的合集《科學：我們應對氣候變化的驅動力》中對黑炭有記載。

⁵² K. P. 肖恩和W. T. 斯特奇斯，“二氧化碳不是唯一的氣體”，《科學》，第315期，2007年，1804-1805頁。

⁵³ P. P. 貝拉，J. S. 法蘭西斯科和T. J. 李，“追溯全球溫室效應的分子起源”，《物理化學雜誌A》，第113期，2009年，12694-12699頁。

⁵⁴ M. 莫利納，D. 薩伊克，K. M. 薩爾瑪，S. O. 安德森，V. 拉馬納坦和D. 卡尼阿魯，“採用蒙特利爾議定書以及其他立法行為輔助二氧化碳減排行動來減少氣候的劇烈變化”，《美國國家科學院學報》，2010年，索引號/10.1073/pnas.0902568106。

⁵⁵ R. A. 霍頓和J. L. 哈克勒，‘ORNL/CDIAC-131, NDP-050/R1’；美國國立橡樹嶺實驗所：橡樹嶺，田納西州，2001年。

⁵⁶ R. A. 老皮爾克，“氣候變化中的土地使用因素”，《科學》，第310期，2005年，1625頁；J. A. 福利等，“土地使用的全球性後果”，《科學》，第309期，2005年，570頁；B. 小斯通，“減緩氣候變化中的土地使用因素”，《環境·科學·科技》，43(24)，2009年，9052-9056頁。

⁵⁷ 《IPCC（聯合國政府間氣候變化專門委員會）第四次評估報告》，2007年。

⁵⁸ B. 小斯通，“減緩氣候變化中的土地使用因素”，《環境·科學·科技》，43(24)，2009年，9052-9056頁。

⁵⁹ 《世界鋼鐵資料》，2009年，世界鋼鐵國際鋼鐵協會，見國際鋼鐵網站：<http://www.worldsteel.org/?action=publicationdetail&id=90>

⁶⁰ 來源：《後京都議定書的氣候措施》（日語），日本鋼鐵聯盟，2009年11月，見日本鋼鐵聯盟網站：<http://www.jisf.or.jp/business/ondanka/kouken/post-kyoto/index.html>

⁶¹ 亞太綠色能源及環境夥伴關係。

⁶² 《亞太夥伴國（APP）鋼鐵工作組，重點專案》，立石讓二所的演示報告，2007年10月15日，第二屆部長級會議（新德里），見APP網站：http://www.asiapacificpartnershi.org/english/second_ministerial_meetpresent.aspx。

⁶³ APP 網站：http://www.asiapacificpartnershi.org/english/steel_tf_docs.aspx。

⁶⁴ 《2008年度能源技術》，國際能源署。

⁶⁵ 這個方案最早的權威論述出現於 M. I. 霍費爾特, K. 卡尔德拉等撰寫的“未來大氣中二氧化碳物質的穩定對能源政策的啟示”一文中,《自然》,第395期,1998年,總6705期,881-884頁;M. I. 霍費爾特, K. 卡尔德拉等,“通往全球氣候穩定的高科技之路:綠色地球的能源政策”,《科學》,第298期,總5595期,2002年,981-987頁。

⁶⁶ 政府為風能提供生產補貼為每千瓦小時2.1美分,總共補貼了7億9千萬千瓦小時,占2009年總發電量的20%。隨著發電量的增加,補貼數將會高達200億美元。美國能源部,美國能源情報署,《電力月刊》,2010年3月15日,表格1.1, http://www.eia.doe.gov/cneaf/electricity/epm/table1_1.html。

⁶⁷ <http://www.guardian.co.uk/environment/cif-green/2010/mar/09/george-monbiot-bet-solar-pv>。

⁶⁸ 眾所周知,這兩項因素對風力渦輪機是否能被安裝在風力欠發達地區影響極大。運轉資料表明風力的發電能力整體過差一遠遠低於政府的估計。然而,在某些特殊情況下,這一問題會變得更加嚴重。2010年1月4日,英國國家電力供應公司第二次發佈了天然氣負荷警報,控制用氣大戶的用氣量,引導他們使用電能。三十年來,在冬天最冷的時候,能源需求將會達到高峰。然而,因為天氣寒冷往往伴隨著高壓,自然界幾乎無風。從1月4日至7日,風力發電僅占國家電網發電總量的0.6%,而火力發電占到43%,天然氣占一半以上,排在第三位的是核能。www.bmreports.com/bsp/bsp_home.htm。但是,現在主要的核電廠都在老化,又無其他接續力量,而且,受《歐盟氣候政策:大型火力發電廠指導意見》的影響,到2015年,許多以煤炭(或者石油)為原料的火力發電廠將會逐步被淘汰,而暫時還沒有合適的方案來替代這些產能,那麼,民眾對天然氣的需求將會急劇上升。那些老化的、產能不足的煤炭和重油發電廠也只好繼續運轉僅僅為了滿足民眾的照明需求。T. 洛奇,《逐漸減少燃氣的使用:為什麼過度依賴燃氣會危害英國》,CPS,2009年,附錄二“計畫2015年底關閉的電站”,31頁,(占全國總裝機容量770億瓦中的192億瓦)。

⁶⁹ 參見 M. 沃爾德,“電網升級將會遇到的困難(非投資性的)”,《紐約時報》,2009年2月6日, <http://www.nytimes.com/2009/02/07/science/earth/07grid.html>。

⁷⁰ 約翰M. 多奇伊等,《MIT關於核能未來的研究(2003)》,2009年, <http://web.mit.edu/nuclearpower/pdf/nuclearpower-update2009.pdf>。

⁷¹ 這個恰當的說法來自查里斯·韋斯和威廉姆·邦維利安,《構建能源科技革命》,劍橋,麻薩諸塞州:麻省理工學院出版社,2009年。

⁷² 美國國家科學委員會,《2010年美國科學與工程指標》,阿林頓,佛吉尼亞:美國國家科學基金會(NSF 10-01),附錄:表格4-14。

⁷³ 同前文，附錄：表格 14-17；也見於G. F. 內梅特和D. M. 卡門，“美國能源研究與發展：減少投資、增加需求與擴張的可行性”，《能源政策》，第 35 期：2007 年，746 - 755 頁。

⁷⁴ 關於早期美國政府對可再生能源和核能的支持，參見F. N. 賴爾德，《太陽能、科技政策與制度的價值》，劍橋大學出版社，2001 年；也參見 H. 阿基，Z. 阿諾德，G. 班尼特，C. 奈特，A. 林，T. 沃爾頓和A. 澤梅爾，“美國創新的案例研究”，《突破研究所學報》，2009 年 4 月。

⁷⁵ 《一項關於歐盟排放交易體系現狀的報告》，三菱研究所，東京，2010 年，和D. 埃爾姆（同前引文：見章節附註 11）。

⁷⁶ 參見 V. W. 拉坦，《戰爭是經濟增長的必要因素？》，牛津大學出版社，2006 年；J. 諾頓，《互聯網-從神話到現實》，倫敦：韋登菲爾德和尼科爾森（Weidenfeld & Nicholson）出版社，2000 年。

⁷⁷ 理查·托爾，“氣候變化的經濟效應”，《經濟學展望雜誌》，23 卷第二期，2009 年，29 - 51 頁。

⁷⁸ D. 埃爾姆，“批評：歐盟氣候變化的應對政策”，見D. 埃爾姆和 C. 赫本編《氣候變化下的經濟與政治》，牛津大學出版社，2009 年。

⁷⁹ 同前文；H. 羅賓遜和 N. 奧布萊恩，《歐洲骯髒的秘密：為什麼歐盟排放交易體系不起任何作用》，倫敦：開放歐洲（Open Europe）出版社，2007 年。

⁸⁰ G. F. 內梅特，“需求拉動、科技推動以及政府引導的非增量科技進步的刺激機制”，《政策研究》，第 38 卷，2009 年，700 - 709 頁。

⁸¹ 參見D. 埃爾姆和C. 赫本編，《氣候變化下的經濟與政治》，牛津大學，2009 年，第二章和第五部分；“限排與貿易的最後一次歡呼”，《經濟學家》，2010 年 3 月 20 日，48 頁。

⁸² “碳稅：生態夢想的完結以及誰扼殺了碳稅？”（Taxe carbone: la fin de l'ambition écologique' et 'Qui a tué la taxe carbone?），《世界報》，2010 年 3 月 25 日，1 - 3 頁；L. 大衛斯，“碳稅計畫擱淺後，薩科齊處於風尖浪口”，《衛報》，2010 年 3 月 23 日；A. 埃文斯-普理查，“碳稅擱淺引起法國民眾不安”，《每日電訊報》，2010 年 3 月 24 日，B8 版。

⁸³ I. 加利亞納和C. 格林，“讓我們開始全球科技賽跑吧”，《科學》462，570 - 571 頁（2009 年 12 月 3 日）。

⁸⁴ 見 2010 年 2 月 26 日演講稿的第 66 段和 第 154 段，<http://indiabudget.nic.in/ub2010-11/bs/speecha.htm>。

⁸⁵ <http://www.theglobalfund.org/en/rounds/applicationprocess/>。

⁸⁶ I. 加利亞納和C. 格林，《關於以科技為主導的政策來對抗氣候變化的研究》，2009 年，<http://fixtheclimate.com/component-1/the-solutions-new-research/research-and-development>。