時報出版

virtual water

Tony Allan

湯尼・艾倫 著
張美惠 譯

煮一杯咖啡需要多少水？

生活事物背後的虛擬水

突破性的「虛擬水」新觀念，揭露日常消費背後隱藏的用水量與環境問題。

時報出版

EARTH 09

生活事物背後的虛擬水

煮一杯咖啡需要多少水？

VIRTUAL WATER

湯尼・艾倫 著
張美惠 譯

virtual water

Tackling the Threat to our Planet's Most Precious Resource

煮一杯咖啡要用掉多少水？

這答案可能會讓你嚇一跳：140公升！

這是你手上那杯咖啡的豆子在種植、生產、包裝、運送、沖煮的過程中實際用掉的總水量。你口中的漢堡要耗水2400公升，你喜歡的那條牛仔褲更不得了，要耗去11,000公升的水量。

從食品、服飾到3C產品，你我購買的所有商品，背後全都藏有用水成本，只不過是以「虛擬水」的形式存在；而「虛擬水」概念正是本書作者、2008年斯德哥爾摩水獎得主湯尼・艾倫讓水危機的嚴重性變得通俗易懂的方式。

地球的含水量中97.5%為海水，淡水只佔2.5%，而淡水中可供使用的更僅占其中的0.1%。人類要如何因應「水」這項地球最寶貴的資源正面臨的威脅？本書突顯現代生活方式對水資源的真實影響，進而讓你我從生活中的小處開始，以善待地球的方式，保護珍貴的水資源。

© Virtual Water Icons and Illustrations Anders Morell 2006/11

聯合推薦

朱　平（滴滴人基金會董事長・肯夢創辦人）
汪中和（中央研究院地球科學研究所研究員）
吳東傑（綠色陣線執行長）
徐文彥（生態綠創辦人・台灣公平貿易協會理事長）
陳建志（台灣環境資訊協會理事長）
蕭代基（中央研究院經濟研究所研究員）
蕭政宗（國立成功大學水利及海洋工程學系教授）

ISBN978-957-13-5764-5 (554.61)
9 789571 357645 00430
DKB0009 NT$430

Tony Allan

湯尼・艾倫 | 著
英國地理學家，倫敦大學亞非學院名譽教授，現為英國倫敦大學國王學院的地理學教授。湯尼・艾倫公認為探討水議題的世界權威，也是為水資源永續發展請命的領導健將。2008年，以提出革命性的「虛擬水」概念獲頒斯德哥爾摩水資源獎，表彰他對促進世界了解水議題的創新貢獻。

張美惠 | 譯
臺大外文系畢，輔大翻譯研究所肄業，現從事專職翻譯。曾獲梁實秋文學獎譯詩組佳作，譯作《Y染色體：男子漢的本質》獲第三屆吳大猷科普著作獎（翻譯類佳作獎）。譯有《EQ》、《綠色EQ》、《破壞性情緒管理》、《超級關係》、《偉大的追尋》等書。

Designed by #12 DESIGN STUDIO
www.12-studio.tw

煮一杯咖啡需要多少水？

生活事物背後的虛擬水

Tony Allan

湯尼・艾倫 著
張美惠 譯

tackling the threat to our planet's most precious resource

Contents

推薦序：
水，一個要十分珍惜與慷慨分享的資源／汪中和……013

聯合推薦……016

前言……018

Chapter 01
認識人類和水的關係……021

Chapter 02
表面之下
——聰明用水指南……041

Chapter 03
糧豐水足報酬佳
——工業國家的用水與農業補貼……094

Chapter 04
大而美
——金磚五國如何拯救世界……181

Chapter 05
勉強求生
——開發中國家的不同經驗……241

Chapter 06
滴水不漏
——虛擬水「貿易」與人類浮沉……294

鳴謝……339

虛擬水總覽

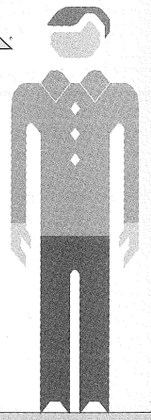
有用的數字：換算表

公制度量衡		美制度量衡
1升	→	2.113品脫
1立方公尺	→	244.172加侖
十億升＊（百萬立方公尺）	→	810.71畝-呎
1立方公里＊＊	→	810,713畝-呎

＊ 十億升等於一百萬立方公尺，可寫成1 mn m^3。又等於十分之一立方公里，可寫成0.1 km^3。

＊＊ 一立方公里等於十億立方公尺，可寫成1 bn m^3。可寫成giga-metre或1 gm^3。

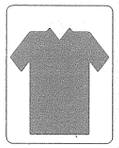
美制度量衡		公制
1品脫	→	0.473升
1美式加侖	→	0.003785立方公尺
1畝-呎	→	1233.5立方公尺



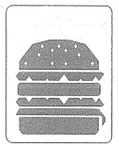
小麥
一公斤1,300升

大麥
一公斤1,300升

玉米
一公斤900升

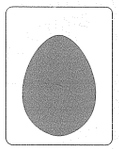


T恤
一件2,700升



漢堡
一份2,400升

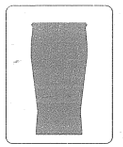
牛奶
一升1,000升



蛋
一顆200升

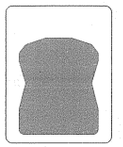
咖啡
一杯140升

紅酒
一杯120升



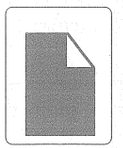
啤酒
一杯75升

蘋果
一顆70升

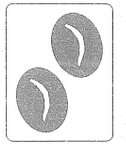


麵包
一片40升

茶
一杯30升



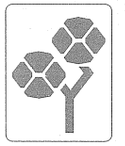
A4紙
一張10升



咖啡豆
一公斤21,000升

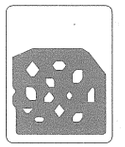
皮革
一公斤16,600升

牛肉
一公斤15,500升



棉花
一公斤11,000升

羊肉
一公斤6,100升



乳酪
一公斤5,000升

栗米
一公斤5,000升

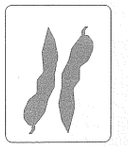
豬肉
一公斤4,800升

馬肉
一公斤4,100升

山羊
一公斤4,000升

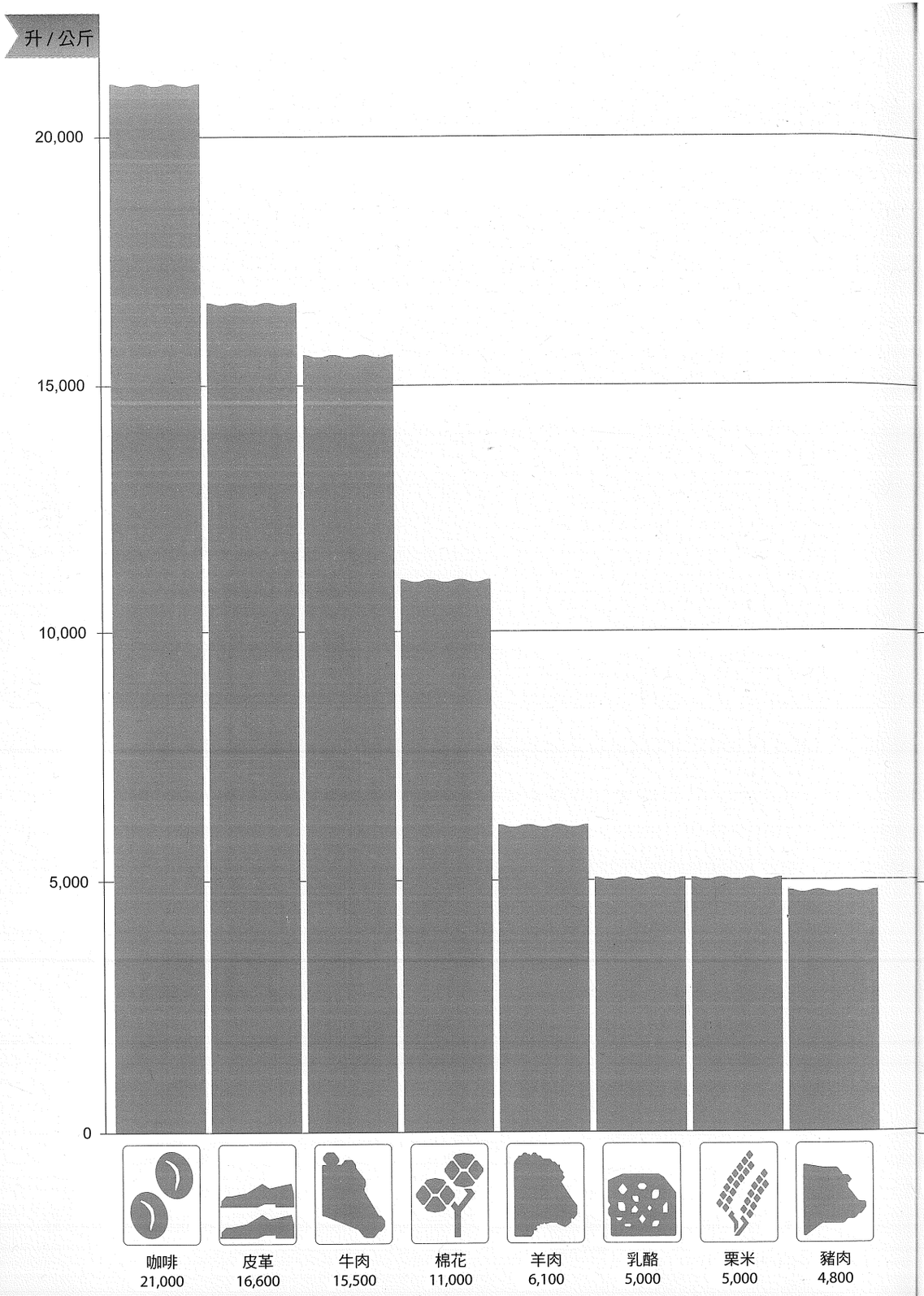
雞肉
一公斤3,900升

稻米
一公斤3,400升

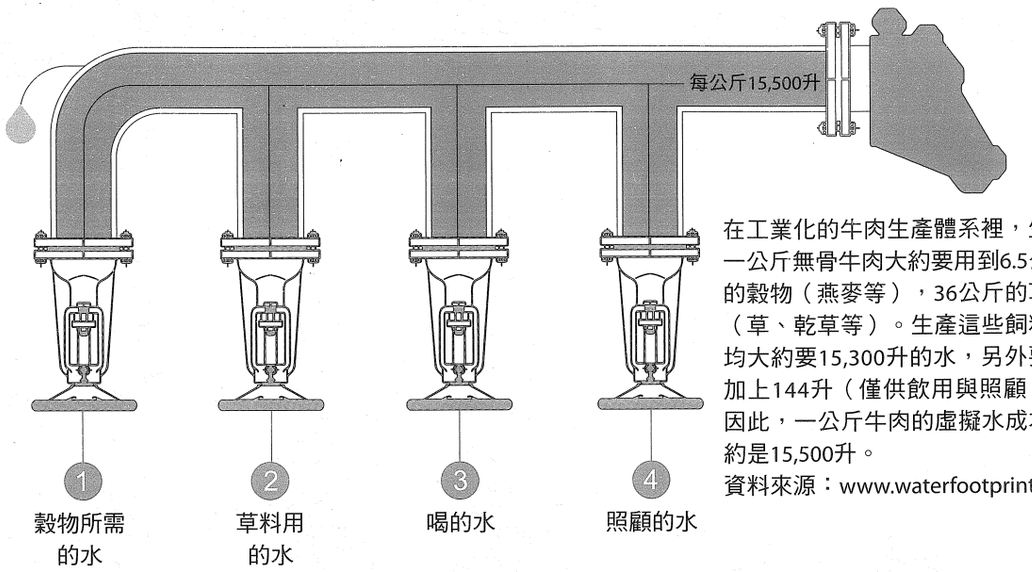


大豆
一公斤1,800升

糖
一公斤1,500升

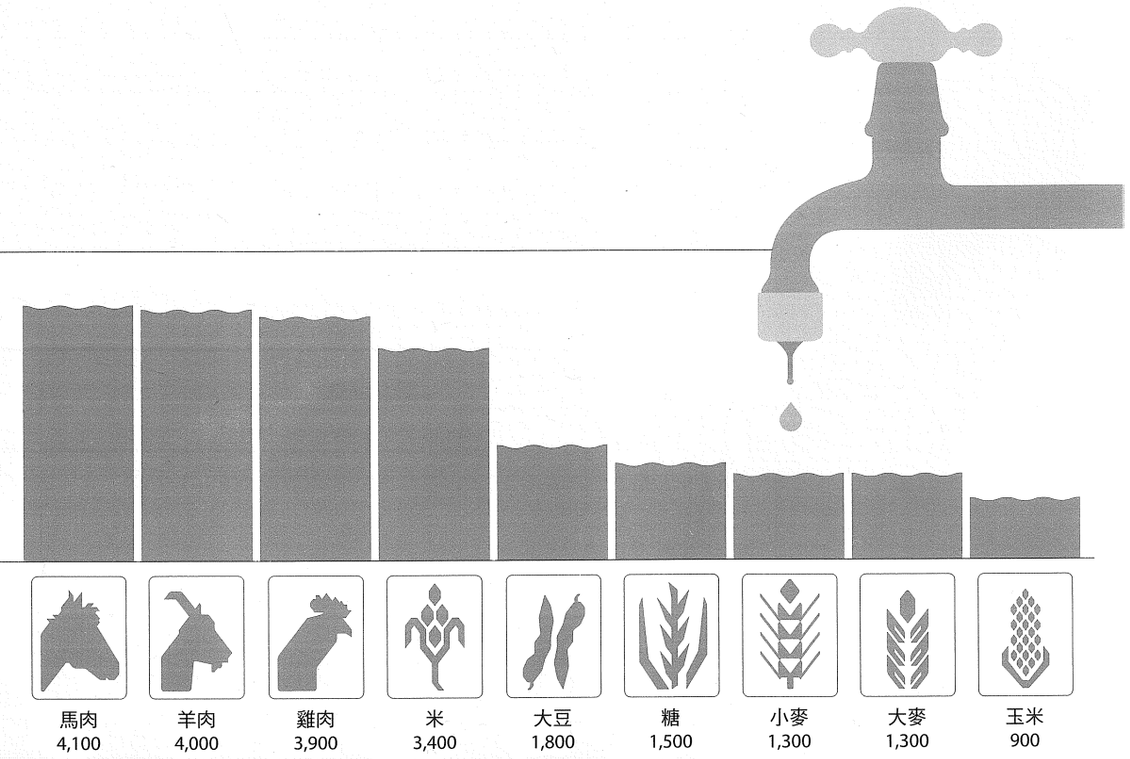


舉例來說，試考量牛肉的虛擬水成本。



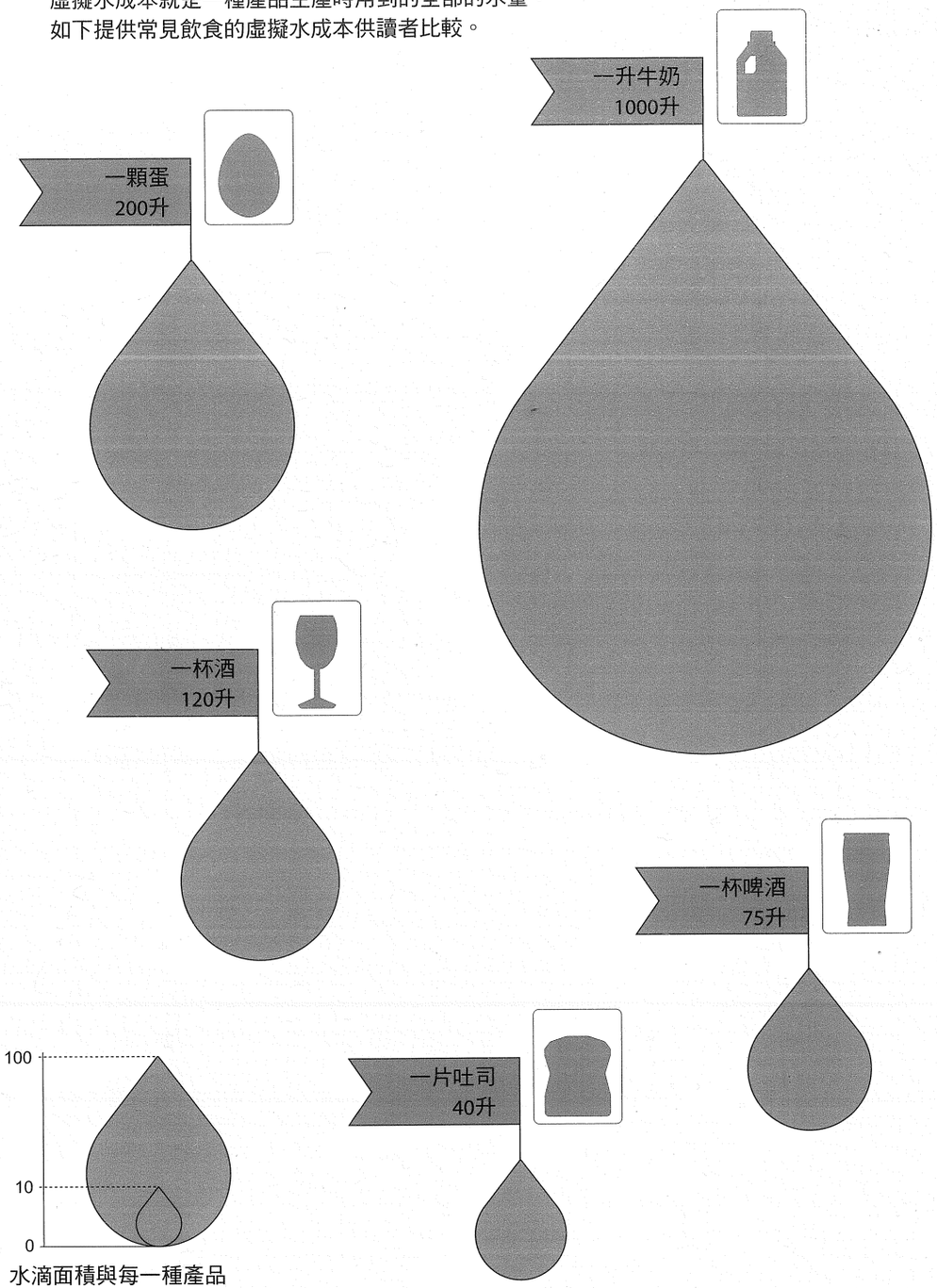
在工業化的牛肉生產體系裡，生產一公斤無骨牛肉大約要用到6.5公斤的穀物（燕麥等），36公斤的草料（草、乾草等）。生產這些飼料平均大約要15,300升的水，另外要再加上144升（僅供飲用與照顧）。因此，一公斤牛肉的虛擬水成本大約是15,500升。

資料來源：www.waterfootprint.org

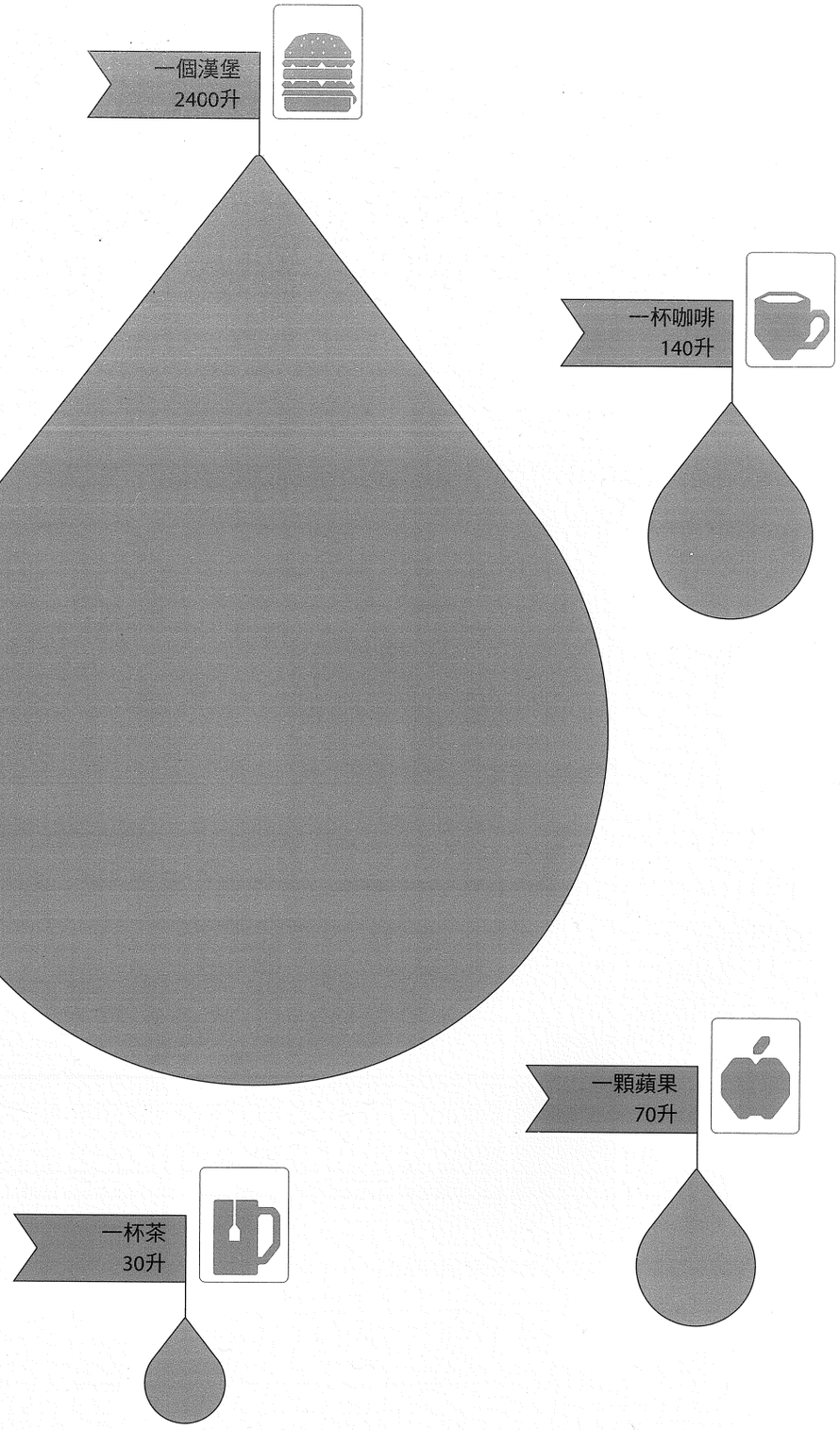


我們不只是喝水，也吃下很多水

虛擬水成本就是一種產品生產時用到的全部的水量。
如下提供常見飲食的虛擬水成本供讀者比較。



水滴面積與每一種產品
隱含的虛擬水成正比。



◉推薦序

水，一個要十分珍惜與慷慨分享的資源

汪中和
中央研究院地球科學研究所研究員

這是一本值得推薦的好書。作者艾倫教授不但長期關注水資源議題，更提出頗具創意的「虛擬水」觀念。經由他生動的娓娓傳述，讓我們每個人都能了解「水」在地球表面是多麼的珍貴與有限，更在文明社會中扮演了無可取代的角色。

透過艾倫教授的「虛擬水」概念，我們好像戴上了一副3D眼鏡，用一個全新的角度去透視我們生活的世界。如今我們才恍然知道，除了自然的水文循環作用外，人類也在大量地移動水資源。藉由農業生產，商業經銷，我們不但將地表水資源從一個大陸運往另外一個大陸，同時因為大量抽取地下水，我們還將千年至萬年以前儲存的地下水取出使用，轉換成食物或商品，運銷到世界各

處。因此，我們人類對地球水文環境的改變，不只是空間的轉移（從一洲到另一洲），還有時間的變換（將古水拿來今用）。這真是史無前例的遷移行為，也可看出人類對自然環境的改變真是相當驚人。

艾倫教授在書中還指出一個重要的事實：與能源一樣，水資源也是先天性的分布不均。然而卻可藉著先進的科技與完善的管理制度，再透過公平的貿易，即可進行以豐濟枯的補償功能，滿足人類的共同需求。可惜的是，人類的貪婪自私本性卻走往相反的方向，若不快速導正，將會帶來災難性的後果。

在艾倫教授研究工作中最熟悉的中東地區，三千年來就流傳一個故事，講的是以色列的英主——大衛王。「耶和華差遣拿單去見大衛。拿單到了大衛那裡，對他說：在一座城裡有兩個人：一個是富戶，一個是窮人。富戶有許多牛群羊群；窮人除了買來養活的一隻小母羊羔之外，別無所有。羊羔在他家裡和他兒女一同長大，吃他所吃的，喝他所喝的，睡在他懷中，在他看來如同女兒一樣。有一客人來到這富戶家裡；富戶捨不得從自己的牛群羊群中取一隻預備給客人吃，卻取了那窮人的羊羔，預備給客人吃。大衛就甚惱怒那人，對拿單說：我指著永生的耶和華起誓，行這事的人該死！他必償還羊羔四倍；因為他行這事，沒有憐恤的心。拿單對大衛說：你就是那人！」（聖經撒母耳記下十二章一—七節）

在這段故事裡，先知拿單嚴厲的責備大衛王藉著權勢欺負下屬，霸占人妻；並以大衛王自己的話語，照明他暗中的過犯。其實，我們生活在一個相對富裕社會的人，都忽略了我們也都是那個沒有憐恤心腸的人。藉著我們的經濟力量、科技優勢，我們不斷擴張自己的生活享受。我們在開心地享受廉價的商品與美味的食物時，根本沒有想到自己在不經意中掠奪了遙遠貧窮人民的珍貴資源，不單是包括這本書所提到的水資源，其實也包括能源以及生態環境的健康。

艾倫教授在書末的結論清楚表明，要維持水資源的安全，一定要有公平的貿易，一定要維護社會的正義。同時，我們每個人都要珍惜每滴水，每一口食物，每一件商品。因為這些背後，都是地球上最珍貴的水資源所支撐出來的。

在台灣彰化鹿港古蹟保存區的瑤林街上，有一個著名景點「半邊井」。半邊井其實是一口完整的井，只是被一道牆隔成兩半。在牆內的一半，是主人家自己使用的；露在牆外面的那一半，則是供給沒有能力鑿井的人自由汲水取用。古時鑿井取水，並不是家家戶戶都有財力可以隨意做的事。因此這戶人家為了照顧鄰居，鑿了井一半露在外面，讓大家都可以取水使用，真是「為富存仁」，牆裡牆外皆大歡喜，是非常有創意的善行。這樣美善的古風，正是我們現代應該學習的分享功課。

全球暖化正方興未艾，未來因氣候的極端變化，水資源的運用將會面臨更大的挑戰，也會更加困難。這本書所啟示的觀念，具體有效的建議，都是我們最實用的參考。希望讀者不但能用心閱讀，也要認真地在生活中實踐。

聯合推薦

作者知識淵博、觀念清楚，發展出虛擬水的觀念，很清楚地分析全球水資源永續利用所面臨的各種問題，例如，隨著糧食與商品貿易，大量進口與出口虛擬水，雖然一方面解決了進口國水資源不足的問題，但另一方面出口國卻大量超抽地下水資源及汙染水源，實為不可永續的流血輸出。作者不但提出這些問題，而且建議解決方案，甚值得我們每人包括政府、個人與企業劍及履及，以免後悔不及。

——蕭代基　中央研究院經濟研究所研究員

誰消費了有限的環境資源？誰承受環境資源損耗的惡果？生態災難的背後是環境資源分配的公平問題。虛擬水提供了一個分析全球資源流動的評估方式，讓我們用另一個角度瞭解全球貿易所衍生的政經與環境問題。

——徐文彥　生態綠創辦人，台灣公平貿易協會理事長

虛擬水的概念透過簡要的數據，說明隱含在產品，特別是農產品裡的水成本。且呈現水資源分配的正義，最缺水的地方將水隱含在用水密集的作物，然後出口到水資源豐富的地區。

對於消費者，繼碳足跡之後，水足跡將會出現在產品的標籤上。

而台灣如何善用水資源，包括海水，是我們的挑戰。

——吳東傑　綠色陣線執行長

一沙一世界，作者藉由一杯再平常不過的咖啡，透過虛擬水的概念評估食物及一般商品在生產和運送過程中所需消耗的水資源，卻也揭露出隱藏於人類日常生活中的驚人耗水量。雖然人類因善用水資源而創造出數千年的璀璨文明，然而近年來過度浪費水資源的行為已經危害到地球的環境，甚至會威脅到人類的生存。過往人定勝天式的大規模工程與破害環境行為，在未來必須轉變為與大自然和諧共存的永續發展，才能讓這無可取代的水資源繼續成為未來世代可用的資源。

——蕭政宗　國立成功大學水利及海洋工程學系教授

前言

二、三十年前，一些有志之士體認到人類不能再以錯誤且愚蠢的方式對待水環境。即使做得不太好，人類也得開始做對的事。全球人口快速增加，加上工業化、都市化與民營化的發展，共同對地區的水資源形成強大壓力。農民總希望能不斷從有限的區域水資源取用更多的水，危險的後果已愈來愈明顯。有些地方的氣溫讓居住者需要使用昂貴的空調，在這類地方不當種植作物會嚴重破壞大片土地。中亞的世界最大內陸湖之一、美國的主要河川、中國的河流都因過度使用而乾涸。資本主義與共產主義顯然有同樣的自毀傾向。

環保運動者最早發現到人類往往將錯誤的事做得太「透徹」。全人類賴以生存的全球大氣層遭暖化污染，導致氣候變遷。地面水資源與地下水被超抽、污染，有些地方已可明顯看出水資源嚴重受損。每一次發生地區性危機都會強化弔詭之處：最缺水的地方將水隱含在用水密集的作物裡，「出口」到水資源較多的地區。

從一八〇〇年到一九七〇年代，政治人物很喜歡推動各種工程建設。生活的不便利、疾病、社會衝突似乎都可透過建設工程改善。但到了一九七〇年代，水利工程師發現關於水的價值已有了新定義，他們必須與時俱進。一些急迫的問題都與不確定的重大環境因素有關，這些問題無法再透過具體的基礎設施自動化解。為環境請命的聲音改變了討論的內容。

筆者肯定水利工程的重大貢獻，但本書旨在提醒讀者注意兩股非常重要的行動力量，這將在未來決定世人能否享有水資源安全的生活。第一個是農民，第二個是食品消費者，也就是我們自己。農民是否能提高用水效率以創造高產量，取決於能否以明智的方式善用各種生產要素。我們這些在供應鏈另一端的消費者，以及我們對食物的選擇，將決定有多少水會被移用至生產作物與家畜。我們對食物的偏好、浪費食物的傾向、壽命增長與其他人口發展都會影響水環境承受的負擔。

本書旨在幫助消費者與農民了解自身對未來全球水資源的安全與否有很大的影響。食物供應鏈的其他參與者——食品貿易商、食品加工與零售業者——也都是很重要的目標讀者群。世界上有些國家強大到足以扭曲全球貿易，希望那些政府也能看看這本書。

主權財富基金有很大的能力可決定全球的糧食與水資源安全，以及是否能以永續集約的方式達到此目標——這在未來的全球金融市場裡恐怕影響力只會愈來愈大。

筆者會利用虛擬水「貿易」和水足跡的概念來探索食物供應鏈與食品貿易，說明全球的商品生產與貿易如何促進地方的水資源安全。虛擬水的概念是在一九九〇年代初創造出來的，其所揭露的真相引發了許多憤怒的反應。有些政府與社會因虛擬水貿易，貌似享有幸福的水資源安全，輕易建

構出另一套論點來反駁虛擬水的概念。二十年過去了，這個概念如果會讓人民不安，政府與社會還是會想辦法把它壓制下去。但現在在進行水資源安全分析時，虛擬水常常占據很重要的地位。了解虛擬水對全球水資源安全的關鍵影響，有助消費者、政府與企業做出明智選擇，確保世人能享有安穩的生活、安定的社會以及地球的未來。

本書使用的統計數字應視為約略性質（first approximations），主要是由霍斯特拉（Arjen Hoekstra）與其研究團隊發展出來的。過程中不可避免會採用新的方法、大膽的假設、仰賴全球資料。我們希望依據更精確的方法得出更精準的數字，這些目前在國家以及國家以下的層級都有人研究。

Chapter 01

認識人類和水的關係

本書會讓你大吃一驚，從此以全新的角度重新思索水的問題。簡單地說，人類根本不了解水的真正價值，我們與自然界龐大但卻有限的水資源的關係已到了沒有本錢再無知下去的地步。人類的過度消耗與不當管理，對水環境及基本的水利產業已造成非常嚴重的影響。

我們無知得厲害，多數人對自己日常生活中用了多少水完全沒有概念。二十世紀初的全球人口總數僅十億，這樣的無知還沒有關係。因為水與人的比例簡直就像取之不盡、用之不竭一樣，然而事實並非如此。全球人口如今逼近七十億，缺水問題不只是可能發生，對許多人已是既成事實。

我們能憑想像了解遙遠地方的缺水問題，想像新聞報導或慈善機構在呼籲捐款時提到的乾燥沙漠，或是乾到裂開的土壤和用水不潔的危險。缺水是飢荒、霍亂、走路五小時才能到達乾淨水井的世界的問題。工業國家只要打開水龍頭或扭開瓶蓋，永遠都有乾淨的水，我們連無水可用的可能都無法想像。能享有如此便利的用水，乃得利於一連串的水文與經濟流程，就像一隻看不見的手在我

們平常關注的範圍之外運作。但這隻手已經在顫抖了。

你早餐喝了多少水？

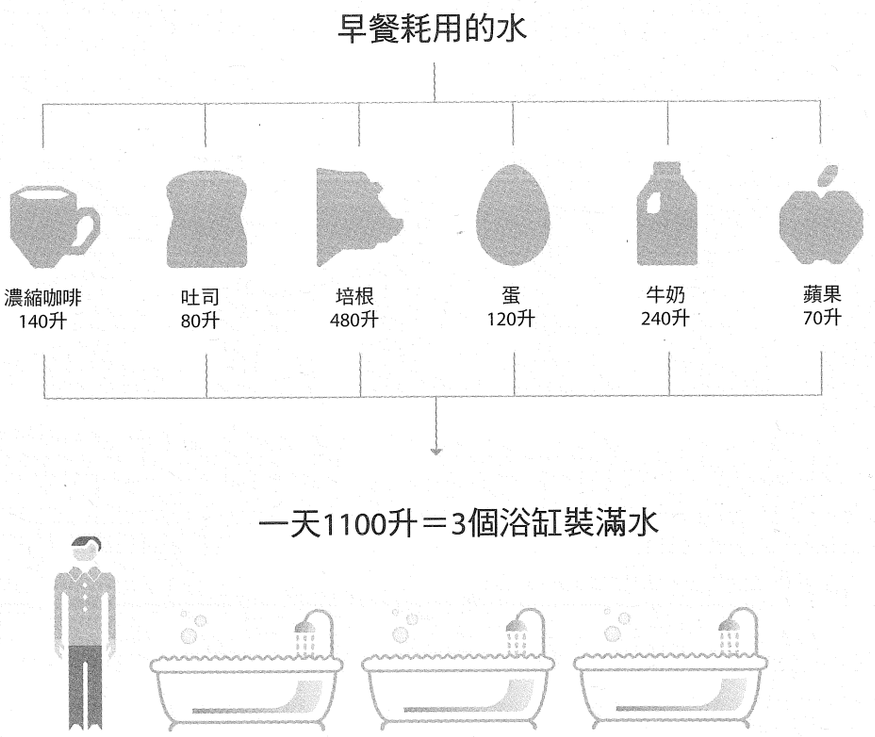
我們對水的過度消費已成癮，卻不自知。

請思考一個很簡單的問題：你早餐喝了多少水？你或許以為沒有喝水。你想起來，當然，你喝的茶或咖啡裡有水。還有牛奶，技術上來說，牛奶裡是不是也有一些水？所以你至少喝了三〇〇至四〇〇毫升，對吧？

且再看仔細，試以美國或英國一般（或許稍微豐盛一些）的早餐為例。一杯茶或咖啡，一兩片吐司，可能再加上培根和蛋，也許再一杯牛奶、一點水果好重視健康與身材。這有多少水？我們先從咖啡算起。你可能會說，我喜歡喝濃咖啡，裡面幾乎沒什麼水。也許……但如果我說，你那一小杯濃縮咖啡裡有一四〇升的水呢？沒錯——一四〇升。你可能以為我瘋了，但那是隱藏在咖啡裡的**虛擬水**，是用以栽種、生產、包裝、運送咖啡豆的水量。這就是所謂「虛擬水」成本的簡單例子。我相信您一定同意，這個水量比你原以為的多出許多。但這還只是你早餐所含的虛擬水的冰山一角而已。

還有吐司。光是那一片吐司要送上你的餐桌就得耗掉四〇升的水。這是製作、運輸與最後烤吐

圖1.1　英國或美國早餐用掉的水



這三大浴缸的水有超過三分之二是用於製造牛奶、蛋和培根等動物性產品。葷食者實用的肉是一生中單一最大的耗水因素。歐美葷食者的飲食平均每天約消耗五立方公尺，等於每人每天用掉十五個浴缸的水量，只用於單人的吃飽喝足。

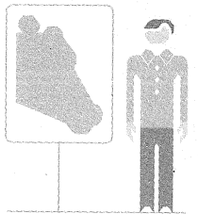
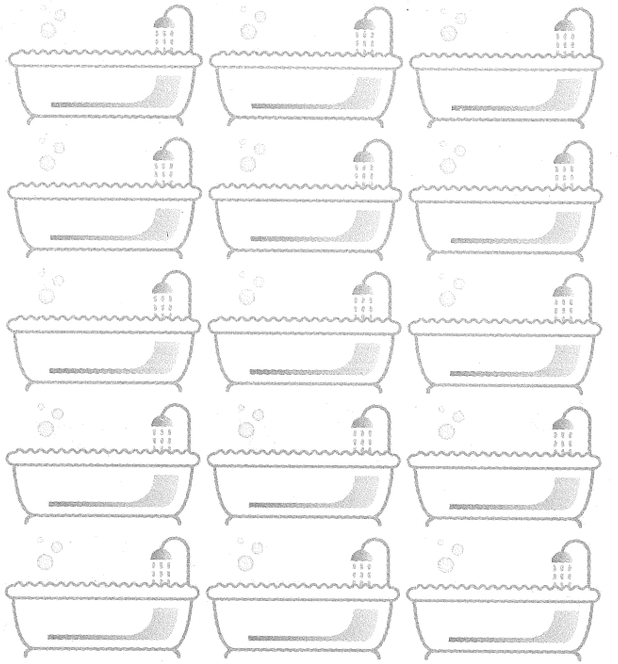


圖1.2　葷食者每天飲食的耗水量：每天5000升，等於裝滿15個浴缸的水。



素食者的耗水量比較節省一點，每天用掉八個浴缸的水量。想想西方世界數億的人口及多少浴缸的水量，那是非常龐大的數字。

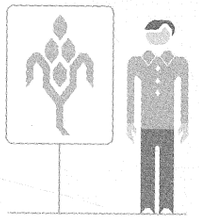
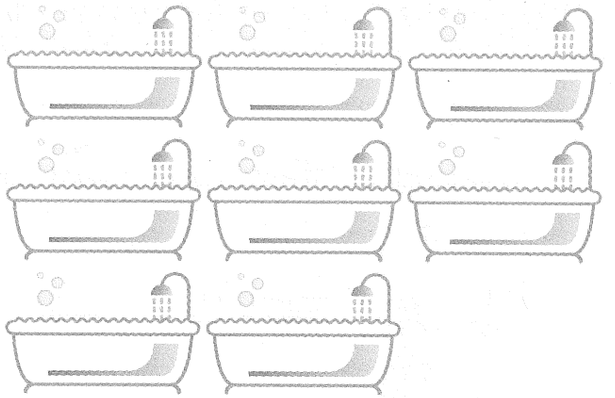


圖1.3　素食者每天飲食的耗水量：每天2700升，等於裝滿8個浴缸的水。



司耗用的水量。蘋果要七〇升，蛋一二〇升，一杯牛奶再加二四〇升。還有培根一份四八〇升。總計，這份豐盛的英式早餐約用掉一一〇〇升，稍微超過一立方公尺的水。如果你很難想像一立方公尺的水是多少輛，請想像三個裝滿水的浴缸，那就是你早餐用掉的水。

這些是工業國家的數字，那麼新興的「金磚五國」呢？且看看印度人的早餐。素食者的早餐是穀類、蔬菜和植物油。你在南印度早上醒來可能會吃米製蒸餅、油炸鹹餅、煎餅、鹹米粥，最後再來一些熱扁豆燉蔬菜，以及至少一種的酸辣醬。這樣的早餐總共用掉約三〇〇升的水。中國人的早餐比較豐盛一點，也比較可能有肉類及麵包、麵條和粥，平均約六〇〇升。巴西人早餐愛吃肉，因此耗水量和西方國家差不多，甚至更多。

世界上其他約一六〇個國家，包含極富有的阿拉伯油國，以及極窮的撒哈拉以南的非洲國家。若是扣掉油藏豐富的國家，中東人每天平均耗水量是歐美的一半到三分之二。我們在本書中會一再發現，金錢與水幾乎總是朝相同的方向

金磚五國和水

金磚五國在經濟學、地理政治學和學術界的論述中已有明確定義，但很多人可能並不熟悉「BRICS」縮寫字。它代表巴西、俄羅斯、印度、中國，有時還加上南非。偶爾會看到金磚六國（BRIICS），這只是再加上印尼。這些經濟體會被特別挑出來，是因為不符合北半球及紐澳的工業國家模型，也不符合南半球工業化程度較低的開發中國家模型。他們對虛擬水或全世界的重要性值得一再強調。若將全世界視為一間房子，金磚五國將攸關房子是否穩固，這或許是不太高明的雙關語，卻絕不誇張。

流動。

讀到這裡，你可能已約略知道自己一年耗用了多少水。如果你是歐美的葷食者，要知道你每年大約的耗水量，不妨想像一幢不錯的三層樓房子。每一層都有三大房，寬度和深度都是十公尺，想像把屋內每個房間、每條走廊都裝滿水，直到窗戶受壓嘎嘎作響，整棟房子彷彿隨時會突然爆掉，這就是你每年耗用的水量。當然，這當中只有一小部分是喝掉的，一個大衣櫃就足以讓絕大多數的人解渴。另外，洗澡、淋浴、烹飪、洗手、洗衣、上廁所——有些時候，清楚、刻意、直接用水的耗水量則多一些，可能要一個房間。我們購買的所有非食物商品占掉另一個房間。讓人驚訝的是，其餘耗量全為食物。你耗用的水大多都是透過飲食造成。在馬桶水箱多放幾塊磚省水不是重點，吃素省下的水量比跑幾輩子廁所都還多。所幸歐美國家的工作多半相當省水。以薪水三萬到十五萬美元的服務業而言，只耗用幾衣櫃的水就能有不錯的報酬。已開發國家能用極少量的水擠出最多的收入，這絕非偶然。我們或許能建議以此做為富裕工業國家的定義：亦即以每公升的水能獲得最大的財務報酬。

水是生命所需，不只是用於飲用而已

水是生命的關鍵成分，若沒有水，人類很快就會死掉。所有的生命都需要水，那是活細胞的組成基礎，也是所有體液的基本元素；水在人體管道內流動，占人體組成七〇%以上。若沒有水，營養素無法在人體裡運送。水對糧食生產同樣重要，糧食基本上是大自然高度演化的成品，結合了空氣、水和能量成為植物。如果人類高踞食物鏈的頂端，水則是在最底層，人類吃喝的每一口食物都有水的貢獻。當底層搖晃時，最上層便可能坍塌崩壞。

大自然就像所有的慈母，對我們這些孩子都有些缺乏節制的過度溺愛。地球表面有七〇%是水，但其中有九七．五%含鹽，用途有限。剩下的二．五%裡，只有一小部分的品質可供生物利用。你可能會想，這算什麼母愛。

全球每年約有十一萬立方公里的雨水落下，等於每年都有一公尺厚的水包覆整個地球。在全球的淡水量中，有略過半數的量會蒸發或自植物表面蒸散掉。另外三六%落在溪河湖裡，最後流到海洋。人類只使用了

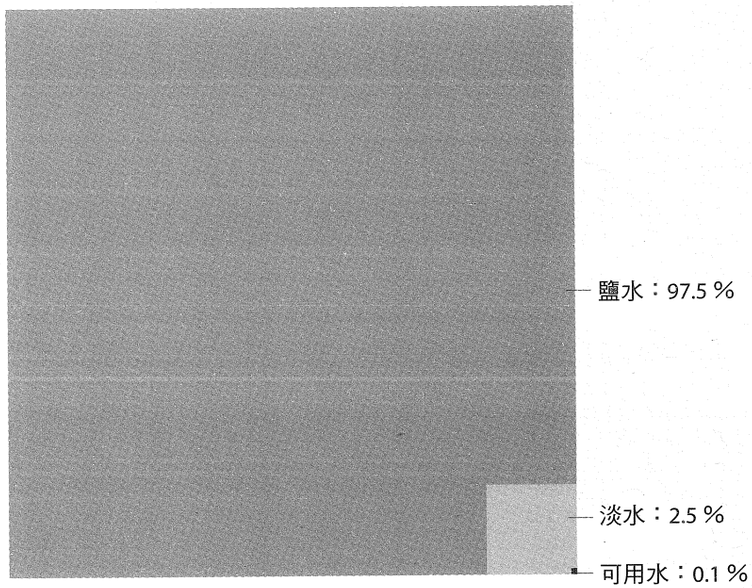


圖1.4　水很多，但不如你想的那麼多。

六．五%的雨水。

當人類清除了野生植物，將土地重新規劃生長作物，同時也等於將大自然的水引入人類的經濟。然而，經濟學家將土地與原料納入理論上的生產要素時，通常沒有將水計算進去；本書將探討為什麼應該改變這個現象。水已是全球經濟活動中無形但重要的元素，甚至可能是最主要的元素；雖然有局部地區完全缺水，但問題仍有緩和餘地。人類一直抱持以土地為中心的態度，因而將一個大部分區域都是水的星球命名為「地球」，同樣地，人類對於水在世界經濟中扮演的關鍵角色依舊固執地視而不見。這種集體的知覺偏差該如處理？

或許可從人類與水的關係演變史中找到答案。

用水簡史

缺水本來不是問題。一直到晚近之前，全球人口數因為人類容易早夭，繁殖能力又不佳，一直維持在十億的門檻內。由於人口少，社會又未達工業化，人類使用的水少很多，全世界一年約用掉一千立方公里，不到可用淡水的一%。

人類在大部分的演化歷程中都在學習如何善用水資源。首先我們得從樹上下來——這大約是七百萬年前；接著又經過五百萬年，人類才變得像目前的樣子。但直到大約西元前一萬一千年的新石器時代，我們才發展出農藝學（arable farming）。在此之前，人類使用的都是直接看到的水，不是飲用就是洗滌，量都很小。到了一萬年前，人類不知不覺地將水轉移到耕作上，隱含在食物內。

就像許多基本的行為巨變，這項改變對水的重要影響在當時並未引起注意，只有相隔一段歷史距離，我們才能看清其重要性。再過兩千年，人類學會馴養家畜，在此之前，人類的能量主要來自兩個基本來源：火和自己。這時我們有了牲畜為奴：牛馬成了主要的能源，可馱運人類和物品，協助耕田，若無法提供勞務則會被當成食物。接著，不過兩百年前，歷經經濟、社會、政治與科技的演進，人類的能量供應出現了巨大的變革。在二十世紀中期短短幾十年內，北美與歐洲多數地區已不再仰賴牲畜耕田、協助生產勞務或馱運。

人類直到很晚近的工業發展之前，在將近七百年內，並未真正學到污染環境。地球上的人類太少又太分散，除了一些低層次的宰殺動植物，我們在地球上並未留下多少印記。水資源大可吸收人類的污染，輕

名稱的意義

艾爾頓．強、鮑伯．狄倫、瑪麗蓮．夢露和虛擬水有什麼共通點？答案是都需要改過名字才能引起注意。一九八八年，我開始談「隱含」水（embeded water），但這個概念似乎沒有引起多少迴響。一九九二年在倫敦一場夜間研討會上，偶然的一句話讓我創造出「虛擬水」一詞。按照我的經驗，玫瑰若換成另一個名字，肯定不會那麼芬芳。也許虛擬一詞在執迷數位熱的九〇年代較易引起共鳴，總之，虛擬水一詞很快就流行起來。這很奇怪，因為「隱含」似乎比模糊不明確的「虛擬」更精確，更能傳遞訊息。但「虛擬水」畢竟留傳下來了，現在世界上所有的水務部長對此名詞都已熟悉。再見了，諾瑪．珍（Norma Jean）〔夢露的本名〕。

鬆地繼續運作，完全沒有變化。神奇的是，過去幾十年裡，工業國家的人民才開始重視有志之士對水環境管理的呼籲。有愈來愈多人都覺察到，以工業化方式利用水環境將會付出高昂代價，但這些成本卻未納入用水密集的產品與服務的售價中。

iPods、飛機和水

我們人類是「使用者」。這句話絕無貶低之意，事實上，這是很重要的技能，讓我們能在地球上超越其他物種，大抵掌控支配地位。人類能夠不知其所以然地憑直覺使用複雜的科技，而且用得很自在。我們在運用大腦和其他生理功能時也是如此——不了解但會使用，人類可說是天生的使用者與剝削者。例如我能愉快地使用符合人體工學的iPhone聽數位音樂，躺在電子躺椅上，以生物學上不可能的速度與高度越過大西洋，而且毫無困擾，因為我只與介面互動——iPhone觸控螢幕閃亮簡單的世界以及免稅商品雜誌。多去思考二進碼、隨身碟、氣壓煞車和波動角度只會益增混淆，甚至驚慌。

水也是如此。

我們看到雨水落下，河水東流，海浪翻滾，打開水龍頭就有水流出，這些看來再平常不過。我們很少去想水在雲朵和草地之間發生了什麼事。我們努力搜索記憶，也許會想起以前上課學過水循環，在筆記本裡用大大的藍色箭頭畫出水通過土壤的過程。我們甚至可能會記起蒸散的概念，雖然腦子裡只有非常模糊的定義：植物以某種方式讓水回到大氣。我們不認為這些知識對時時刻刻的用水有什麼重要——其實我們大錯特錯了。

關於水，人類在工業時代之初只知道四件事：雨水會落下來；溪河會流動；特定季節裡濕潤的土壤能栽種作物；海水是鹹的，不能喝。由於產業迫切需要資源，驅使人類對知識愈來愈好奇，開始對水有更多認識。人類發現淺水井只是水系統的一小部分，還有龐大的地下水等著我們利用新發明的鑽具和幫浦去取用。

下去的必然會上來

自己努力往上爬

無論是全球或局部地區，陸地或海洋，水都是垂直運作的。水蒸氣在大氣層凝結，直到地心引力伸手一拉，水便墜落下來。但地心引力的作用還未停止，如果有足夠的水，引力便將土壤中的水往下拉，拉進底土內，讓地底深處的地下淡水愈積愈多。

蒸發或蒸散？

兩者都是水回到大氣的途徑，蒸發是從水面，蒸散是從植物與作物。

地下水位（water table）

地下土壤或岩石充滿水的水位，水位以下幾乎每個縫隙或空間都是水。此外，下面還有一點點空氣。

不過，水也會往上升，否則人類就慘了。我們在這裡將一窺水的循環背後重要、複雜、神祕的過程。

首先，水喜歡往上爬，事實上，水往高處走。你不妨倒一杯水，用放大鏡觀察，你會看到杯緣的水緩緩上升，彷彿要爬出杯子——事實的確如此。這種上升的趨勢在緊壓的土壤內更為重要——這稱為毛細上升（capillary rise）。有些土壤內的水可垂直上升超過一公尺，但相較於世界最強大的幫浦，這算小巫見大巫。

世界最強大的幫浦

世上最強大的幫浦是什麼？你可能會以為是大英帝國及工程師布魯內爾（Isambard Kingdom Brunel）的偉大傑作；或是美國某項重大土木工程，能將某處河谷的水移到另一處；或是極高明的日本科技產品，既輕巧且功能強大。事實上，你只須只需走一小段路就能看到這些超強幫浦；這些裝置在大自然中處處可見——那就是樹木。

有些樹木能將水向上抽吸逾二百公尺。一座森林的抽吸力，沒有任何人造科技能及，這是很驚人也很重要的自然科技。自然界的植物系統能讓大量的水移動一段遙遠的距離，傑出的程度讓任何工程師都只能嘆為觀止。後文探討虛擬水時，我們會發現經濟系統也有同樣的功能。自然與經濟的水力負載（hydraulic capacities）都是隱形的，超乎人類的控制或設計，不過我們如今已有相當的認識，接下來必須進一步深入了解。

科學已突顯出人類只是過客，不是地球主宰的事實。談到水，把水拉下來的是重力（物理系統），把水推上去的是植物（生物系統）。同樣的道理，當水水平移動時，主要是因為氣壓梯度（pressure gradients）與風的自然力量。我們也看到大量的水在空中移動數千哩，彷彿這是輕鬆、簡單、永恆的過程。其實不然，如果這套系統一夕毀壞，人類的技術絕對無法取代或複製。

對水無知

從社會的興衰來看，失去水就注定失敗。水資源安全是人類文明的基本要素。文字會發源於古代四大河谷——尼羅河、印度河、黃河、美索不達米亞的肥沃月彎——並非偶然。只要水的供應確保無虞，人類就享有糧食和貿易的優勢，這又會帶來財富、權力、豐富的飲食、發展文化所需的時間和金錢。

旱災和水患危害生命的速度與程度更甚於戰爭，甚至能摧毀國家。更直接地說，一個社會與水的關係決定了自身的浮沉。

但人類也不是那麼笨，不能妄自菲薄，除非是自作聰明。我們本能會移往可靠的水資源——人類的歷史可依據追求水資源安全的方向分析。從史前大遷徙到目前中東的權力政治，人類一直在測試水的環境和供應，努力了解水的限制與生產力。

通常這些測試似乎就已足夠，但我們逐漸明白原先的發現是錯的。若只是誤解水文和植物系

統還無大礙，這些系統依然會順暢地運作下去，不會被我們打斷。同樣地，我們大可安心地在無知裡輕鬆度日。不知道雨如何落下或井水從哪裡來有什麼關係？只要有水用就可以了。人類自欺欺人地自認是以聰明的方式運用大自然的資源。其實不然，只是因為當時人類的影響太小，才能這樣執迷不悟下去。但現在人類的影響增大許多，智慧卻沒有增長。當人類不解系統運作但需求尚能滿足時，維持無知還無傷大雅，但現在情況已非常危急了。

從美索不達米亞的教訓學習——水如何引發黑暗時代

在美索不達米亞，偉大的帝國與城邦其興衰常取決於對水的渴望與水資源是否安全。有人稱這個地區為文明的搖籃，但當地與水資源的關係是很矛盾的：水確實能載舟，亦能覆舟。

水是生存的根本。美索不達米亞源自希臘文，意指「兩河之間」——幼發拉底河和底格里斯河。當地人非常了解水的重要，相較於其他文明，也更擅於運用水。美索不達米亞地區的居民是灌溉、儲水、運水的專家，使用的技術要到數千年之後才傳到西歐。

不過他們對灌溉的了解不如他們自認的那麼完整。他們的知識主要在於將高處的河水引到低田。他們自認凡人能有此智力與成就很了不起，不認為這只是利用地心引力與水的簡單關係。美索不達米亞人沒有進一步思索水往何處去，只知道作物從土壤裡吸取水份，這是他們的目標，因此，只要作物獲得滋養，水就不再具有重要性。所幸，灌溉水雖不可能再回到河中，田地似乎也沒有被水浸滿。他們簡單地以為水被引入灌溉，然後被作物吸取走了。

但土壤表面的蒸發會產生隱形的漸進效果，終而毒害土壤，破壞經濟，摧毀一度強盛的帝國，其中的知識是美索不達米亞人不知道的：水蒸發之後會在土內留下礦物鹽的沉積，還會將較底層的礦物鹽吸到上層。幾代下來，無人注意到土壤最上層的礦物鹽慢慢增加。正如溫水煮青蛙，美索不達米亞人穩定、勤奮、不知不覺地毒害肥沃的土壤，直到土地變成毒性太高不堪使用。水和糧食的安全原本是這個強盛文明的基石，這時慢慢被侵蝕破壞。飢貧取代了和平繁榮，戰火摧毀了貿易。當你無法以貿易進口糧食和水，就必須用刀劍強奪。美索不達米亞在接近西元前二世紀時自內部崩潰，經歷數百年後才得以重建。這是第一個因水而滅亡的帝國，但不會是最後一個。

午餐中的水……又是水

我們必須了解一個看似簡單但很重要的觀念：我們「吃掉」很多虛擬水。人類自古以來一直自欺欺人地看待再生水的生物與物理過程，如今對於食物與水之間的重要關係也抱持同樣態度。

史前自助餐廳

早期的人類是素食的，主要因為植物不會跑走，也不會咬人。非洲草原上的其他哺乳類行動比人類快許多，這具有雙重影響：人類抓不到牠們，碰到共同的敵人時牠們又跑得比較快。談到史前食肉族，當時的人類主要是盤中飧，而非座上客。

直到兩百萬年前，人類才約略有了今日的面貌。除了腦容量增大，自我覺察、社會組織力與溝通能力也有相當的進步。人類身處敵人環伺的世界，跑得慢又沒有利爪，只能運用智能求生。人類的生物構造雖不利獵食，卻靠聰明才智而成為吃腐肉專家。人類的飲食史可理解為技術發展史——主要是武器方面的發展。丟擲石頭趕走其他吃腐肉的競爭者，這個能力讓早期的人類開始能持續取得肉類。發展出棍與矛後，更是比多數哺乳類掌握了更強大的優勢。而後人類能宰殺獵物，移到安全所在。有了火之後，更可將肉變軟，因而吃得更多。技術與肉食的發展同時並進，技術的進步讓人類更容易取得肉類，常吃肉又能增加腦容量，智能的增長促使技術的改良，如此形成良性循環。

但這和水有什麼關係？

多元飲食與經濟

新石器時代的農耕方法促成了最早的都市發展與經濟多元化。並不是人人都須擲矛獵食，但都會中心需要農耕與打獵帶來的食物；於是貿易誕生了。一開始，城鎮的糧食貿易其實就是虛擬水「貿易」。當農人將穀物、蔬菜、牲畜帶到都會區，同時也帶去隱含的水。今天，每一噸穀物約有一千立方公尺的虛擬水含量；這個數字讓我們對於過去需要的量有相當的概念。自古以來，住在都會區的人一直都不了解自己到底消耗了多少水。恐怕從都市誕生以來，人類對於都市人的用水需求便一直存有錯覺。

隨著社會與經濟發展，國際貿易也隨之蓬勃。早期的地中海、北非與亞洲文明會進行主食與蔬菜油貿易。他們在不知不覺中藉此彌補水的短缺——當時會出現缺水問題，是因為他們沒有足夠的知識發展綠水和藍水資源，以確保糧食自給自足。虛擬水貿易並不是現在才有，而是和職業的多樣化一樣古老。

口渴的消費者

口渴感在許多方面影響了你我的生活，但我們往往並未察覺或了解。近年來購物科學頗有進步，關於產品擺放、消費者行為和店內裝潢都有實證研究。據知，超市會在麵包區施放麵包香氣，或移動關鍵商品，以便吸引你我走入較不熟悉或沒去過的區域。店家雖重視人們隨意參觀的傾向，但對背後原理同樣不甚了然。超市業者只需知道消費者在店內走動時，會被不定點掛放、包裝鮮艷的甜食吸引；他們不需要知道為什麼。

答案是水。早期人類要滿足水需求，主要不是直接飲水，而是吃路邊灌木垂下的紅橘藍各色的鮮艷莓子。這些水果讓我們的祖先能以方便、清涼、提振精神的方式吸收水份，最重要的是，這水完全隱形。場景換成現代的商店，商品雖然又貴又不營養，卻是模仿遠古時代水果自然的顏色。請想想那些知名飲料罐是不是多使用鮮豔的紅、橘、藍色。

後面還會提到，我們雖然看不見食物中的水，卻不該被迷惑；這個錯誤人類已經犯了幾百年。從虛擬水的角度思考，有助於了解人類如何仰賴貿易與經濟力來滿足水需求。我們這些住在工業國家都會區的人更是仰賴複雜網絡的「虛擬水」來解渴——真的是處處都有水。

為什麼此刻寫這本書？

水隱於食物中——這個事實可遠溯至人類史前史。當時水很豐沛，加上人口相對稀少，隱而不見且無傷大雅。但面對二十一世紀用水需求的困境時，就不是如此了。

虛擬水是紓解地區水資源不足的辦法，其作用在未來也會繼續發揮。但若要讓人了解個人對全球水資源的集體影響，首先得了解虛擬水的概念。虛擬水的概念不難了解，了解之後就容易運用。

新概念總是會受排斥，虛擬水也不例外。但近二十年來虛擬水愈來愈常被討論，這個名詞可幫助消費者了解，個人對國家、乃至更難想像的全球水資源安全的集體影響。如果我們能深入了解這個概念背後的意義，即能養成更理性的消費行為。認識虛擬水的概念並不表示這世界的用水問題就可神奇地解決，但確實可為社會指引有用的方向。但這個概念能讓我們看清水的特質以及我們如何運用。一旦我們看到且接受這些特質與弱點，才有機會因應水資源背後水文與經濟的基本原則，做為個人與集體決策的依據。簡言之，一旦能真正了解水，才能發揮智慧善加運用。

這就是**為什麼**要提出虛擬水的概念與撰寫本書。至於為何選擇**此刻**出書？我的迫切作為理由並非單一，而是有六十八億個理由——每天都有六十八億個飢渴的人不自覺地消耗二至五立方公尺的水。

「水往高處流，流往金錢和權力。」

這是美國環保人士與記者賴斯納（Marc Reisner）敏銳有力的觀察結果。本書第三章對加州的評量極大部分要歸功於他的研究與見解。

歷史上，水都是從貧窮地區流向富裕地區。工業國家的富裕都會區對水的需求很大，滿足方式是透過全球貿易網，讓虛擬水隱含在進口的食物與其他產品，不成比例地「流」向富人。真的是水往高處流。

如此重要的資源卻發生配置不當現象，其中的核心問題是：狀況隱而不現。但其中也蘊藏解決的契機。一旦我們了解虛擬水的「流動」，即可發揮強大的政治意志，利用貿易進行更有效的水資源管理，以確保水資源安全。我們在後續篇章會看到虛擬水「貿易」如何讓世界上水資源匱乏的人口得以確保水資源與糧食安全，此一神奇、隱形的經濟過程甚至能讓人類避免陷入已有預測即將發生的水資源大戰。

無知的問題一旦被看到、被了解，就能得到解決。同樣地，虛擬水提供觀念的鑰匙，幫助我們看清、從而能解決水資源的難題。人類一向不擅預測未來，往往只知使用過去的模式，然而舊的模式本質必然不足以滿足未知的需求。當人類自覺無知，並努力超越那道不斷前進的界線，通常都能發揮最大的才智與潛力。我們有能力觀察、了解與適應環境，但一定要依據這個順序。本書以及虛

擬水的觀念可幫助我們以讀者、市民、文明一份子的立場，認清自己如何以不當方式用水，接著，我們每個人都有責任去了解和適應環境。

而且腳步要快！

Chapter 02

表面之下：聰明用水指南

當水井乾涸時，我們就會知道水的價值。

——富蘭克林（Benjamin Franklin）

親愛的讀者

你很可能屬於世界上非常幸福的一群人，有幸生活在有安全的自來水與污水處理的國家。全球人口只有五分之一像你這麼幸運。如果你生活在富裕的工業國家，你和你的祖先可能已享受這樣的設施五代了。但這是例外，不是常態。

一個國家或許擁有歷史悠久的用水與衛生系統，卻未必擁有最好、最可靠的水資源。擁有最多水資源的國家，提供高品質飲水給人民的紀錄也未必最輝煌。這代表什麼？代表人們能否獲得現代化、可靠的用水服務，最重要的因素不在於是否擁有方便取得的水資源。一個社會供水的品質要看科技知識、管理能力以及最重要的——金錢。我們再次看到，水往金錢流。

工業革命如何供水（以及讓水變混濁）

民間企業的大失敗

十九世紀時，歐洲與北美工業國家能成功發展飲水與家庭供水系統，其實是建立在一個常被忽略的大失敗上。到十九世紀後半已可明顯看出，民間部門無力提供充足的用水服務。其中牽涉到龐大的組織與工程條件，任何民間業者都難以負荷。

然而，當充滿活力的民間部門無能為力時，公共部門的官僚反倒表現得很好，這在現代人聽來或許刺耳。工業化世界各個地方政府同時開始發展都市用水服務，當民間資本與謀利動機陷入停頓，反而是公民的驕傲與稅金發揮了作用。在很短的時間裡，歐洲與北美城市的住家、職場、工廠都有了高品質的水，以及高成本的污水設施。

但這其中有一個積非成是的錯誤，嚴重到我們無法想像另一種不一樣狀況。各個城市與民族國家都決定，供應給家庭的用水都必須符合飲水標準。

請想一想：你也許只會到廚房取水喝，但其實並沒有理由不能到浴室、洗衣機的接水管或甚至馬桶水箱取水喝；主要管線輸送的水都是同樣的品質。現在我們有了歷史的智慧，或許會批評十九世紀這些用水服務的設計者太愚蠢。因為他們的選擇，導致如今無論是淨身、洗床單，或沖廁所用的水都經過昂貴處理，達到可飲用的標準。同時間，根據世界衛生組織（WHO）估計，全球超過十億人無法取得安全的飲用水。這是很可怕的數字，可以想見，欠缺可靠飲用水的都是較貧窮的開發中國家。

但在工業化與後工業化國家，我們輕率地使用經過代價高昂地處理方式取得的飲用水來澆花。

如同前章所討論的，我們很少去思考自己用了多少水，甚至從未想過。我們對浪費視而不見。考量這些水經過昂貴淨化到飲用標準，更突顯出浪費的程度。請試想：你每次淋浴、泡澡、沖廁所、洗車擦車，都在使用別人費盡心思想取得的寶貴資源，澆花這件奢侈的事突然讓人近乎不快了。你

飲用水（potable water）

可安全飲用的水可能來自純粹的泉水，或經過處理淨化的水。這兩種水都須經測試，確保無受污染。輸送飲用水需要花錢，主要不是因為水本身，而是處理的費用，尤其是網絡的安裝與維護，包括管線、幫浦、水錶，以及確保高品質、安全的水持續輸送的大批工程師、資訊科技與其他人員。別忘了，飲用水在生活中僅占極小部分，結果卻扮演比實際上更重要的角色，因為我們拿飲用水來洗車和沖馬桶。不過在工業化國家裡，每人每天仍只需要一百至二百升，大約只占食物所需用水的一〇%。

不相信？不妨裝個水錶，看看在家中用水澆花在財務上是否明智。

我們不知道自己用了多少水，也不知道水的價值，那是因為水在已開發國家很便宜。水費在進步的經濟體內很少超過家庭收入的二%。任何一位經濟學家都能立刻看出問題所在：了解水資源與節約用水的財務誘因很薄弱。可惜的是，我們對家庭用水不夠了解，也未能好好利用（家庭用水占全部用水量五%）。我們隨心所欲地沖水、澆水、噴水。刷牙時任由水龍頭開著，洗滌時沒有把水孔塞起來，全部都是使用最高品質的水。這已經夠糟了，但更糟的是，我們完全不知道我們的食物在生產的過程中用了多少水。高達九〇%的用水隱藏在食物裡，而我們既不知道此事，也不知道其成本。

但世上有許多人知道水的成本與價值。真正貧窮的人很清楚水井是乾的，水很稀少，價格很高，每天提回家的水或用以灌溉作物的水多麼寶貴。

窮人補貼富人

在進步的經濟體裡，很少家庭生活在水資源貧窮中。這並不是說富裕國家都沒有這樣的情形，任何地方的窮人都會面臨水資源貧窮的威脅。在英國，按照自來水消費者委員會（Consumer Council for Water）的定義，凡是用水支出超過所得三%就屬於水資源貧窮。反之，有些開發中國家的家庭要花費二五%的所得在數量不足、品質又低的用水上。別忘了，影響人們取得用水的原因不是欠缺科技或資源，而是欠缺公共投資與購買力。每個國家的富人享用的水利服務幾乎都一樣——亦即依據十九世紀工業國家發展出來的模型。但在開發中國家，富人能更方便地享有更多更優質的水，而且通常成本更低。

對於亞洲與非洲一天只有一美元生活費的廣大人民而言，根本無法負擔進步的輸水系統。地點也是一個問題，城市較貧窮的地區較難有適當的用水基礎設施，孤立的鄉區更只能自求多福。財富吸引用水設施就如糖蜜之於黃蜂，有了基礎設施才可穩定供應充足又平價的可飲用水，但也只能送到經確認的住家。這世界的秩序建立在產權的基礎上，任何民間公司或地方機構都不會將管線拉到不合法的住宅。因此，就水供應而言，都會貧民窟和鄉下的居民往往得仰賴民間賣水的商販。這些商販索價較高，水質又沒有保證。但解渴是生命最根本的需求——為了今天能活下去，即使喝下去明天會死，人類也會喝。

開發中國家的窮人不僅很清楚水的重要與價值，也了解自己的消耗量——以及重量。一旦用水必須自己挑，你會非常清楚自己用了多少。如果已開發國家也得這麼做，如此的限制對於減少用水浪費會有多大助益呢？這倒是個有趣的問題。我們可能就不會那麼常淋浴，洗碗機不會只裝一半就啟動，不會安裝用水過多的灑水裝置。我們也許自認很有知識，但想到開發中國家一個赤貧的婦女對自己的用水量有那樣敏銳完整的了解，遠勝於我們，你我應該會感到謙卑。請注意，通常負責取水給全家用的都是婦女。因此，這項極重要的直覺知識掌握在地球上最弱勢的人口手中：開發中國家的貧窮婦女。取水是弱勢者的工作，政治卻主要在滿足另一群人的需求：那些人很幸福地對自身的用水需求一無所知。多麼愚蠢，聽從無知者的聲音，卻傷害了掌握知識的人。多麼愚蠢，又多麼

危險。

富人也有可能注意到自身用水的重量——當他們到超市購買昂貴的瓶裝水時，而且他們是開車去買的。

皇家起司漢堡

讀者都喜歡聽故事，不喜歡數字，更不喜歡處理複雜事物。更糟的是，若被要求在兩套系統間變換，可能一怒之下乾脆不聽不看。

政治的影響無遠弗屆，度量衡也無法倖免。我們忍受重重困難，穿梭在不同的計量單位之間；就度量衡而言，我們彷彿還在巴別塔倒塌之後的第一天。大英帝國的統治與繼承其後的美國，在度量衡的國際語言上留下無法跨越的鴻溝。

伊索寓言警告：「如果你想取悅所有人，最後誰也取悅不了。」無論如何，我們要嘗試取悅所有的人，列出公制與英美常見度量衡的關係（後者奇怪地稱為imperial system，直譯為帝國制，一般譯為英制單位）。取整數會比較方便。一品脫等於半升，一美式加侖等於四升，二五〇美式加侖等於一立方公尺。另有一種有趣的單位在澳洲特別盛行，叫做gigalitre。giga是十億，等於美語的billion，因此gigalitre等於十億升，或十分之一立方公里。

討論少量的水時，問題還沒那麼嚴重。使用英制品脫或公制的升都可以，一品脫或一升牛奶是每天都在使用的。我們能想像兩種量，輕鬆地轉換。又因為汽車無所不在，我們每週加油時也很習慣以美式加命或公升計。基於歷史因素，要討論較大的量時，英制就不是那麼好用。這也迫使能源生產者與交易商發明出新的單位——桶（barrel；桶也可換算成公噸，視原油密度而定）。

表2.1　公制與美制約略換算表

公制		美制
1升	→	2品脫
1立方公尺	→	250美式加侖
1立方公里	→	80萬英畝-呎

美制		公制
1品脫	→	0.5升
1美式加侖	→	4升
1英畝-呎	→	1200立方公尺

大量的水無法以品脫、加侖或升來計算，這裡說的量已超出我們的直接經驗。我要甘冒被誤以為立場偏袒的危險，但在這裡我們看到公制有一套很完整的邏輯。當我們說一個人每日用水在二五〇〇至五〇〇〇升，實在很拗口：數字似乎很大，在頁面上看起來孤立而突兀。於是，公制以二．五—五立方公尺來代表。這對嘴巴、眼睛、腦子都輕鬆多了。更棒的是，公制是一套很方便的單位制。舉例來說，一立方公尺的水重量就是一公噸。

英制就沒有這麼方便了。呎、碼、鍊（chain）、弗隆（furlong）、哩、畝各有特色，但欠缺算術的優點。公制有立方公尺，英制則是英畝—呎。英畝—呎約等於一二〇〇立方公尺，是農耕與工程界的發明，在這兩個領域裡當然實用，但

若用來理解水量就不是這麼回事了。此所以當水專家談到大河床、國家經濟或虛擬水「貿易」時，自然偏好使用公制的立方公里。

水資源安全的重要

無窮盡的母乳難題

嬰兒對母乳沒有太多了解，事實上嬰兒與母乳之間常會發展出不太健康的關係。每當嬰兒哭泣時，有時候甚至沒有哭，也會被餵食母乳，直到他不想再喝。嬰兒會維持一段時間的滿足，然後又肚子餓，再重複同樣的循環。嬰兒的智能還未發展，知識還不完整，因而無法區分因與果。母乳是為了解除飢餓，既然每一次都能解飢，接下來應該也會持續下去。似乎只要有需求存在，就必然會有人供應。永遠隨伺在側以及萬無一失的供應創造出一個錯覺：母乳是無限量的，只要肚子餓就會變出來。

早期的人類與自然界也是如此。

永遠會有更多空間，更多動物，更多植物，和水。

我們已經擺脫多數錯覺。物質的稀少，以及將稀少性納入經濟學，讓人類發展出一套理論與實務的架構，珍惜土地與動植物。土地都有主人，即使是市公園或海岸這樣的公共土地，也隸屬善意的當局所有，提供我們使用權。做為寵物或糧食的有用動物都是各有其主，植物也是。

但雨水歸誰所有？

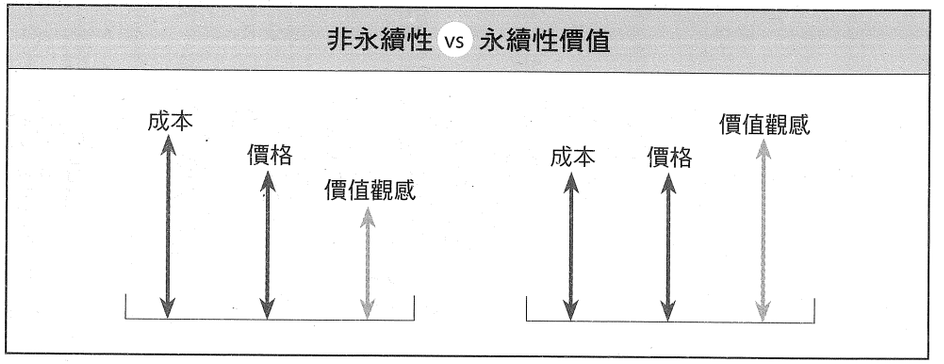
就像風和陽光，雨水無法被控制。但我們的經濟體系，我們的社會與生存都仰賴這三者帶來的益處。當我們要將這三者融入經濟體系，必須以一套方法去系統化整理，而那可能會讓在工業革命前出生的人詫異。風和陽光是公共財，不具排他性或競爭性，由宇宙賜與，不會因使用而耗竭，可視為取之不盡、用之不竭。但水卻不是如此。將水誤當作公共財，等同嬰兒看待母乳的邏輯。人類依理性與直覺追求水資源；不這麼做的人通常會夭亡。這些人無法現身說法，證實水資源安全是原始經濟裡存亡的關鍵。

我們必須很快找出一套方法以計算水的成本。否則，就連工業化國家都將無法取得足夠的糧食和水。過去誤以為國家享有糧食與水資源安全的錯覺將會消失。現在已有人開始在這方面努力，最後一章會再探討這個問題。這個問題若無法成功解決，我們將永遠無法以經濟觀點表現水的價值。既缺乏以經濟表現的迫切性，就不可能有多少作為了。

但為什麼？

因為我們不會擔心沒水，我們不了解水不是免費的。我們模糊地知道在某個環節上有付錢，但用水與負擔財務成本之間的關連很薄弱。我們不僅以為水是免費的，甚至常忘了水的輸送需要額外成本。水不會從樹上長出來，也不是自然而然地從水龍頭流出。除非我們將水（包括隱含的水）視

圖2.1　水的價值：非永續性vs永續性的價值立場



資料來源：Jack Moss、Gary Wolff、Graham Gladden、Eric Guttieriez（2004）。《確定水的價值有助管理：如何促進對話，以平衡社會、環境與經濟價值》（*Valuing Water for Better Governance:How to promote dialogue to balance social, environmental, and economic values*），日內瓦：世界企業永續發展委員會（World Business Council for Sustainable Development）。

為實質、具體的成本，否則絕無法了解必須為水付出多少經濟與環境的代價。目前我們還完全看不出代價是多少，但我們每次用水，某個地方總有某些人正負擔這兩項成本。就全球來看，我們等於是從自己不知道的帳戶領錢，每一滴水都正加深我們的負債。就我所知，如上這張圖最能說明這個情況。

依我們目前的非永續發展狀況，成本超過價格，主要是因為水的環境成本沒有包含在經濟考量內，因而未能表現在價格裡。但價值觀感還遠遠落後成本與價格，水在我們心目中的價值甚至比我們付出的價格更低。這是人類經常會犯的錯，我們總是偏好錯誤的觀感甚於讓人不安的真相。

要進展到水資源的永續運用與價值評定，成本與價格必須一致。否則，供需的經濟力量會驅使我們更加表現出在環境與經濟上有欠考慮的用水習慣。最重要的，我們必須更珍惜水。事實上，我們的價值觀感不僅應符合成本與價格，價值觀感更應超越成本與價格。水很珍貴，乃生命之所需，不只是飲用而已，它也同時是食物。

水不只是水

這一點很重要，本書會一再回到這一點：水是食物不可或缺的。獲得適當的飲用水不會太難，但很多人不了解。不太難是因為我們每天需要的量很少，每天大約只需要三升。除了最貧窮國家裡最貧困的地區，每天取得三升的飲用水鮮少構成挑戰。飲用水不是問題，糧食才是。古代的屯墾地都很靠近水源，不只是為了飲用，還為了種植、食用以及更後來的貿易。這部分每人每天約需二到三立方公尺：大約是每日所需飲用水的一千倍。因此，糧食是一大問題。在人類歷史的最初幾千年，可靠的雨水與自然的洪水灌溉是生產糧食不可或缺的。尼羅河盆地與亞洲河川盆地能支撐最早的精緻社會，正因為幾條主要河流每年都氾濫。人類在地球行走千萬年，毫不在意地取水用（直接或透過隱含在食物中），就像呼吸空氣一樣輕鬆。我們哺乳類演化出鼻子和肺部以吸入氧氣，同時也演化出嘴巴和消化系統。我們使用這些系統的方式是一樣的；但在生物學上，我們卻錯誤地將水的容易使用與空氣的容易取得畫上等號。

今天我生活在倫敦，從空氣裡吸入氧氣，幾乎就和兩千年前同一個地方一樣輕鬆——雖則依康拉德（Joseph Conrad）的觀察，當時的倫敦是「地球上極黑暗的地方之一」。雖然空氣污染可能引發呼吸道疾病的恐懼，只有最偏執的疑病症者才會想以某種方式處理或淨化空氣。基本上，空

氣就在那裡，免費而且容易取得。不須經過中介，取之不盡，且隨手可得，任何人只要吸入就可以了。但水可就要經過很多過程，要經歷漫長複雜的路徑才能進入我的胃。以飲用水而言，絮凝（flocculation）、沉澱（sedimentation）、過濾（filtration）只是這個複雜歷程中最為人知的三項。至於隱含在食品中的虛擬水，複雜程度更是難以估計。你我就和許多人一樣，飲食仰賴全球數十個國家生產的商品，透過交互連結的國際貿易送到手中。這種水的處理歷程不易了解，處理成本難以估算。

自給自足之後

在工業化初期與十九世紀的貿易之前，每一個原型民族國家（proto-nation state）都曾經能大致維持糧食與用水自給自足。那時全球人口約有十億，每個人都能享有本地的糧食與水資源安全。但這一切經歷了多大的改變！到上個世紀結束時，只有十國自認擁有水資源剩餘（surplus）。人口的成長導致多數政治經濟體落入用水赤字。所幸富國可以交易，糧食交易讓水資源匱乏的國家仍能維持糧食安全。但如此一來，卻也可悲地模糊了社會與其水資源的關係。只有仰賴灌溉的家庭實際體驗到種植作物需要多少水。但由於多數作物都是使用雨育土壤的水，不難想見，就連種植糧食作物的人也不了解用水的量與成本。我們這些在千里外的城市餐廳裡用餐的人又怎會了解？

十八世紀末一個悲觀的聖公會牧師如何指引我們正確的用水方向

歷史並未善待牧師教授馬爾薩斯（Thomas Malthus）。最主要可能是因為他引發了重要人物的憤怒和批評，最有名的是馬克思和雪萊（Percy Shelley），兩人分別嚴厲批評他是「人民公敵」和「太監」。為什麼有這麼深的敵意？

不論是好是壞，馬爾薩斯的名聲建立在他提出的簡單真理上：人口會呈幾何成長，基本生活所需卻是呈算術成長。這是什麼意思？意思是人口的成長速度永遠比糧食增產速度更快。講得更直白一點，若不加限制，人類會因瘋狂繁殖而餓死。馬爾薩斯在《人口論》（*An Essay of the Principle of Population*）裡的說詞更具說服力：「人口成長的力量永遠大於這個世界生產食物供人類生存的力量。」

再加上馬爾薩斯抱持堅定的宗教觀，認定廣大世人之所以會承受飢荒之苦與挨餓的威脅，實為神意要引導人類走上美德與努力之道，這就不難理解他的發現為何會觸犯某些人。但我們縱使對他的說教反感，但也不該一筆抹煞其論點的基本真實性。他身處理想烏托邦主義的時代，科技與工業大幅進步，而且似乎沒有止境，人類對社會、哲學與政治的了解也同步增進。誰也不願意破壞樂觀的氣氛，根本沒人想聽這位意志堅定、在講壇上悲觀預言的壞脾氣牧師提出的警告。一個美麗新世界近在眼前：工業、經濟學與啟蒙思想都是要消滅不必要的貧窮，改善所有人的生活水準，迎接人類真正的黃金時代。這些成就背後有一個重要的基礎，就是國內與海外新開發地區的農業要能大幅改善。

我不想托賴他人的成就，但有時候——當發現政客、公僕、產業領導者面對用水管理不當的危險，卻緊關眼耳心時——的確會對馬爾薩斯牧師有種親切感。卡珊德拉（Cassandra）的詛咒未必次次正確，但幾乎總被世人忽略。〔譯註：卡珊德拉是希臘神話中的女預言家，預言能力準確，然而無人聽信。〕

關於無知與永續發展

兩種類型

我們看到人類對於環境永續性有兩種無知，第一種情有可原，第二種則不可原諒。

首先，我們對於未來會有哪些進展當然是無知的，未來的事誰也無法確定。人類本來就有發明的天賦，從新石器時代的工具與武器，一直發展到今日的微創手術、電動車、漸趨小巧多功能的手機。科技能輕易為我們的永續性難題提供解決方案——即使不是治本，至少也有緩和作用。我能大膽預測太陽能與海水淡化科技的潛在正向影響，但必然仍有攸關未來生存的科技是目前尚未得到證實或發想出來的，很值得我們期待。我們的無知情有可原，雖則我們會遺憾永遠看不到這些未來的偉大進步。未來的科技是神祕的袋子，裝著已知與未知的未知。二十世紀後半有許多發展都非常特別、前所未見、完全超乎預期，包括人口成長、富人壽命延長、飲食與食品貿易改變、科技發展等；對於未來，我唯一能預測的是：將會出現讓人驚奇的發展，可喜卻也可驚。

我們的第二種無知就不那麼奇特或值得原諒：亦即對「WAVSE」缺乏意識。縮寫字會引發觀者常見的直覺反應：漠然接受。縮寫字很像穿著反光夾克的工人，我們一看到，就會關閉腦中質疑的部分，假定他們在進行某種有用的功能，細節不勞我們操心，最好不要干擾，讓他們做好該做的工作；我們知道，將來自然可以享受果實。我們要停止這種懶人思考，至少在用水永續性上不能如此。

WAVSE代表什麼？水、空氣、植物和太陽能，基本上就是環境。但這個縮寫字背後有一個重要概念：這四項元素其實相互共同作用成一個高度複雜的整體。人類基本上無法知道未來的科技，但WAVSE環境系統絕對是可知的。這並非意謂我們對這個領域已經全部探索完畢。在我們就WAVSE系統收集周詳完整的觀點之前，還有很多工作需要科學家貢獻。例如目前我們就沒有能力對自然系統裡空氣、水蒸汽、水、碳的量，計算到科學上可接受的精準度。如果有任何人能提出經過證實的方法，一定有很多科學家會興奮地急著想知道。後面的篇章會談到，要計算商品裡隱含的虛擬水量，幾乎也是同樣困難。

但我們的知識雖然不完美——意思是不完整，以及在某些地方建立在未經證實的假定上——卻絕不能做為民眾普遍無知的藉口。現在是我們該要關注與了解的時候了。很重要的一點是，必須一開始就捐棄成見。從演化的角度來看，很難看出WAVSE被忽略有什麼益處。事實是對WAVSE缺乏意識深植於我們的基因構造裡，成為根深柢固的一部分，就像我們會逃離吼叫的獅子，會跟著音樂跳舞，會調情與進行後續發展一樣。

像WAVSE意識或糧食與水的關連都是很宏大的觀念。人類向來很不善於將宏大的觀念納入公共討論。例如達爾文的天擇論一開始也是被忽略，繼而被嘲弄，最後還歷經在法院、學校、講壇的抗爭才終於被廣泛接受。請注意，即使是今日的英國和美國，仍有人極力要將創造論

（Creationism）或智能設計論（Intelligent Design）納入科學課綱。有些知識是由社會所建構的，一旦建構了，任何事若可能威脅長期建構的知識，社會便會透過惰性與偏見抗拒。

幼兒與用水量

我們很不善於處理「需要」這個概念。每次聽到幼兒說他們需要棒棒糖、盪鞦韆或新玩具，總讓我覺得有趣。但如果是成人無法區別想要與需要，就沒那麼可愛了。如果是一國政府，那更會對環境構成致命威脅。

那麼我們究竟需要多少水？過去兩百年來，水的基本需求幾乎沒有改變。而且有什麼理由改變？人類在生理上並沒有多少變化，除了一些腦部大小與功能上非常可觀（但營養上不太重要）的改良之外，未經歷什麼重大的演化進展。現在的玫瑰花需要的水不比當時多，人類也是一樣。這反映在用水量的數據上，以全球平均值來看，每人每年約需要（所謂「需要」只是代表「消耗」）一二〇〇立方公尺。

在十九世紀工業革命以前，該數據大約是每人每年一〇〇〇立方公尺，且似乎可回溯至史前時代。目前的全球平均值有些失真。美國人平均每年消耗約二四〇〇立方公尺（雖然在減少中），中國人平均只需七〇〇立方公尺（雖然在增加中）。這些簡單的統計數據裡隱藏了很多有趣的訊息。工業國家的用水從最近的高點逐漸減少，這遲來的改變讓人欣慰，而中國人用水量增加則較讓人氣餒，這恰恰印證了「水往富國流」的假設。GDP與用水量多半平行成長。後文會再回到這些統計。事實上，中國在補貼工業國家的用水，而且我們會發現，這並非單一案例。

我們必須釐清的是，你確實比史前祖先耗用了更多水，但主要是因為飲食——因食用牛肉與家畜產品而額外多用水。這些飲食改變可解釋二至三成的用水量增加現象。隨著社會發展，家庭為了維護健康與改善生活方式也會多用水，這部分在用水量增加上僅占一小部分：從史前社會的低於〇．五％增加到約三％。影響個人與國家用水預算最主要的是糧食的水足跡。居家節約用水具有經濟重要性，但絕對無法支持一個社會的水資源安全，或對管理水環境有多少幫助。而且，七〇％的家庭與工業用水可清潔後再使用。

個人每年平均消耗的一二〇〇立方公尺的耗水量當中，家庭或非農業用水都必須是淡水。這占全部水需求極小的比例的少量淡水需求，自工業化以來便呈指數增長；十九世紀初每天十到二十升，現在每天大約要二〇〇升。讓人驚訝的是，這並不構成問題，世界上幾乎每個國家在小水上都可自給自足。意思是，每個國家幾乎都有足夠的水可滿足所有需求——除了農業之外。問題在**大量**的水，飲食所需的水。一九六〇年，世界總人口為三十億，現在已增加一倍有餘，飲食也變得更密集用水。由於流通的水量是固定不變的，表示人類將來會面臨明顯的算術問題。

依目前表現出的大水需求，必然無法依現在的形式維持下去。

期待人口突然劇減當然很不人道，就地理層面來看，增加水量又不可能，這個方程式裡唯一的變數只剩下飲食。目前社會已有明智的力量促使我們改採更具智慧的飲食方式（基於個人健康的考

量）。但還有更強大的力量（通常稱為市場力）將我們推往另一個方向，促使我們增加用水量，而且方式更不明智，這對健康與水環境都是不好的。

一大杯水vs一杯大水

你不太可能憑直覺立刻知道我的意思，所以請容我稍加說明。小水較容易定義，每當你直接接觸到純自然形式的水，那就是小水——例如喝下、沖掉、洗滌、噴在汽車或澆在蜀葵上。那什麼是大水？大水是食物。用於種植，以及讓食物能送到你口中的各種職業和機制所需的水。我們只消想個幾秒就會知道，桌上的番茄顯然需要水才會生長，我們甚至在花園裡就種了一小株番茄，這總要澆澆水吧，不是嗎？我們了解這如何運作，至少有一定程度的了解。我們比較無法直覺了解的是衣服、汽車、丁骨牛排背後的龐大用水成本。大水的核心有一個可怕的弔詭：大水大約占據我們全部用水量的九成，而且完全隱形。若只從小水來討論水的缺乏與使用——可悲的是多數政治人物與民眾都是如此——就好像要發展能源政策，卻限制只能考慮使用AA電池。

因此，當你喝一品脫杯子的水，那是小水。但睡前喝一小杯的熱牛奶則是大水。為什麼一大一小？很簡單，以用水量來說，小水是所見即所得（增減處理與輸送過程中些許的漏水或損失）。大水呢？就連你加在茶裡的少量牛奶，用的水都比你每天的小水需求量更大。我們之所以稱之為大水，真的是因為量大了很多。

淡水的相反

你可能還保有以前讀過的二分法：淡水與鹽水。拋掉這個觀念吧！我們的確就像英國詩人柯立芝（Samuel Taylor Coleridge）描述的老水手：「水啊，水啊，到處是水，卻無一滴可飲。」世界各大海洋的水量多到幾乎超乎我們的理解，但對人類卻幾乎沒有用處。「幾乎」，因為海洋是水循環的重要階段，這樣想會讓人感到謙卑。但如果採取普遍、非以人類為中心的觀點看待地球，地球的發展其實等於水的移動。每一滴水遲早會占據海洋各處。但我們要討論的是人類的用水，這龐大的鹽水幾乎不具意義。

現在你應該抱持的二分法是：淡水與土壤水。這種二分法直接對應於另一種二分法：藍水與綠水。淡水／藍水在河流、溪水、湖泊與地下水裡，土壤水／綠水是下雨後存在土壤裡的水。雨水浸入土壤，被飢渴的植物吸收並儲存，但主要是蒸散掉。我們已經能計算淡水的成本。就像多數自然資源，一旦你開始移動水，水便有了清楚、容易計算、雖然可能不受歡迎的經濟價值。我們將淡水處理後供應家庭，或是裝瓶後送至商店，我們也用來灌溉作物。這些時候總有人向他人索取運送費。

然而，我們很容易相信所有的水都像雨水一樣，而且是免費的——這就導致我們不理解水市場的運作。認為只有瓶裝水是理所當然可以買賣與從中獲利；其他透過管線送到家裡的小水雖然同樣安全，而且至少便宜千倍，卻必須與反對經濟定價的強大力量抗衡。奇怪的是，我們厭惡直接送到家裡的超便宜水，卻不辭辛勞往返超市，購買貴得離譜的不環保塑膠瓶裝水。但如果我們強力反抗對水管輸送的小水進行經濟訂價，我們恐怕需要更強烈的字眼，才足以形容人們對農業灌溉用的大水索取經濟價格的普遍性反彈——也許應稱之為「攸關生存」。有時候會看到新聞報導貧窮國家發生都會區暴動，因為人們自覺無法負擔水管提供的小

水。相較於這些小紛爭，要求為大水付費所引發的衝突則是持續的冷戰，而且看不到結束的徵象。

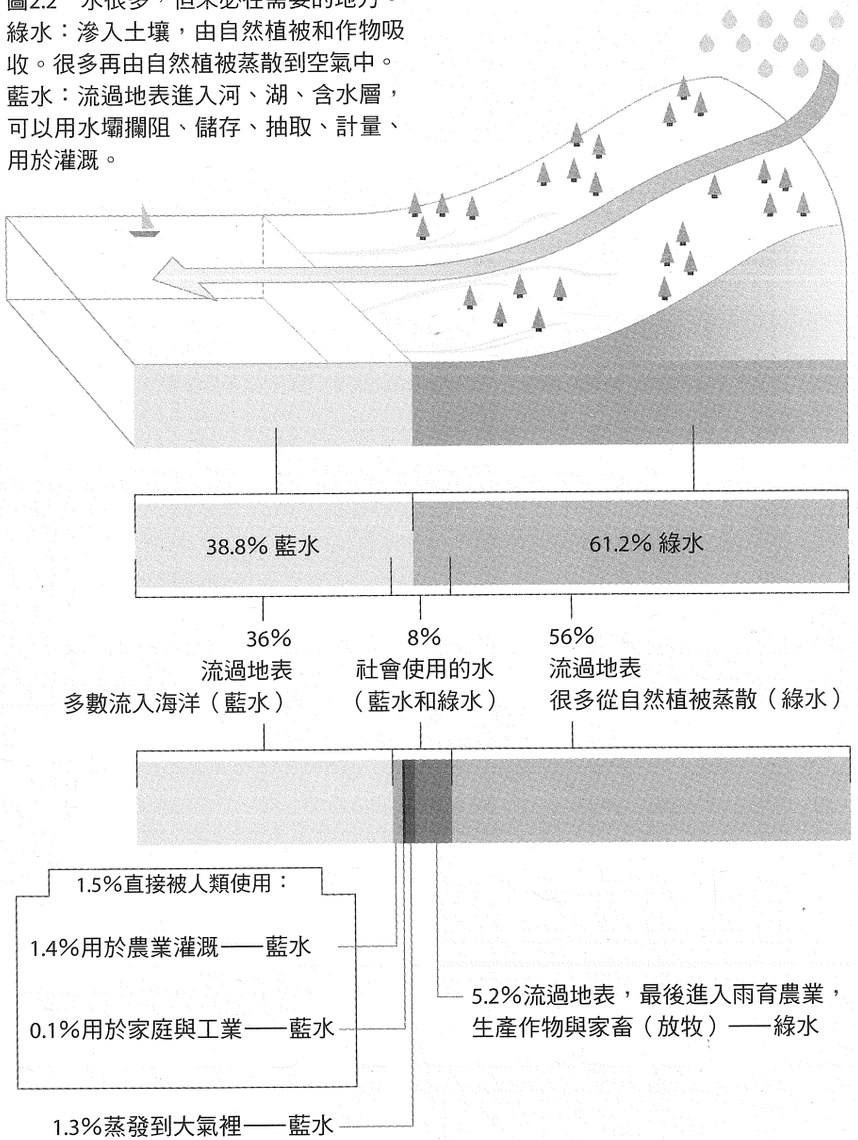
但沒有人計算土壤水的成本，水的移動仰賴水文（hydrological）與生物的過程，沒有人需要出半點力——事實上也沒有人能做任何事。你不妨問問旱災時的祈雨人，那不是人力所能控制的。事實顯然與個人的偏見或人類集體自我意識不相符。目前，土壤水並未納入我們的經濟模型裡，沒有引起注意，更被視為理所當然，就好像我們認為工廠勞工吸入廢氣是理所當然的一樣。這是非常愚蠢的態度。以量來說，土壤水是生產糧食時最重要的單一元素。土壤水是地球上最必要的資源，對生存不可或缺，讓我們免於飢餓，但在政治與經濟上卻是隱形的，人們也視而不見。我們就像在汽車後座睡著的孩子，完全不知道是什麼載著我們朝前行進。

以顏色標誌水

藍水與綠水

藍水可以喝，可以抽取，是看得見、用得到的水。綠水則隱藏在樹木、灌木、其他的植物和生物群裡。綠水遠比藍水多：六一．二比三八．八。這兩種水都以雨水形式落地，接著藍水往兩個方向走，有些停在表面——河、湖、溪，這是唯一真正可見的陸地水（相對於海洋水）；其餘絕大部分的藍水則滲過土壤形成地下水。就像綠水一樣，這部分也是看不見的。

圖2.2　水很多，但未必在需要的地方。
綠水：滲入土壤，由自然植被和作物吸收。很多再由自然植被蒸散到空氣中。
藍水：流過地表進入河、湖、含水層，可以用水壩攔阻、儲存、抽取、計量、用於灌溉。



上頁圖以簡單但清楚的圖示回答兒時的疑問：雨水都跑去哪裡了？讓人驚訝的是，只有一．五%的雨水被人類積極使用。多數都被植物吸收與蒸散，其餘的大半落在海洋。

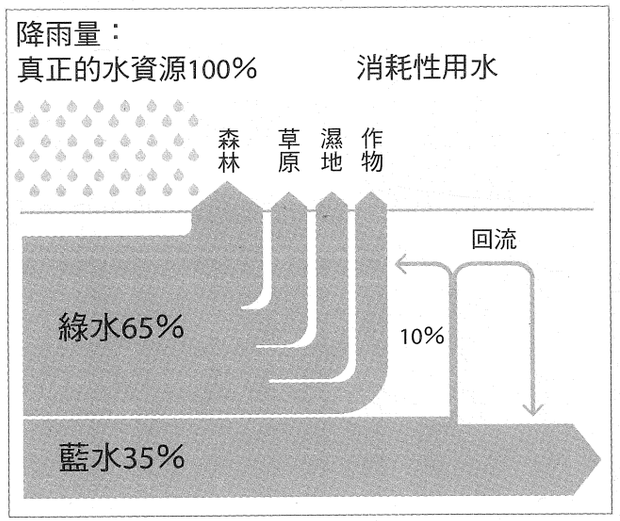
每個地方都有綠水——除了沙漠這樣最乾燥的地方。你在任何地方都能看到一抹綠色閃過——即使只是小小的一片綠葉，也代表那裡存在綠水。藍水儲存在地下水庫時很容易被忘記，只要有雨的地方就有藍水，藍水和綠水的一大差異是可取得與可使用的程度不同。關於綠水，我們能做的很有限，大抵只能坐著欣賞大自然的運作。綠水從土壤被植物吸收，最後釋回大氣中。但藍水可以儲存，可用於灌溉，可用水壩攔阻，可以抽取和計量。

這裡面突顯出一個驚人的事實，人類幾乎完全仰賴自然的恩賜，而那是完全超出人類可掌控或命令的。萬一綠水突然消失，人類會很快跟著消失。全世界的森林與草原所提供的水在使用當下是免費的，由自然之母買單。農人栽種的作物與放養家畜的草地幾乎也都是如此。如果我們的恩人斷絕來源，我們就完了。

綠水從頭到尾對人類都很重要，影響深遠，不可或缺。但我們直到現在才開始了解和討論——雖然這是決定我們能存活或可能餓死的關鍵要素，雖然證據顯示在人類大部分的發展史中，社會都是起源於綠水充足到可用以生產糧食之處。

我們很自然地、本能地從藍水取得飲用水，用綠水栽種作物——到目前為止也都沒有問題。過去兩百年來，我們開始使用相當多的藍水栽種作物，主要是透過先進的灌溉技術。到上個世紀末，農人已使用相當大量的藍水。凡是使用藍水灌溉之處，便會水源耗竭。我們賴以維生的作物超乎想

圖2.3　綠水和藍水的流動



來源：由Johan Rockstrom及Malin Falkenmark 提出，D. J. H. Phillips 進一步發展。
消耗性的水無法再使用。消耗性的水一大部分用於生產糧食。水進入大氣，無法在當地再使用。高比例的小水可再使用。一立方公尺的家庭用水實際價值是一．七立方公尺，因為〇．七立方公尺可再使用。

綠水

瑞典水文學家法肯瑪（Malin Falkenmark）提出藍水和綠水的概念。她突顯出綠水的量以及在作物生產上的重要性，改變了我們對水與水資源安全的看法。

像的飢渴。

當我們沒有關水龍頭

上個世紀後半，人類打開了水龍頭，之後就沒再關上。我們與世界上的藍水資源的關係不再協調，卻又未做任何努力以重回和諧。人類似乎未能明白，當我們與自然無法諧和時，受苦受難的不會是自然，而是人類自己。

六十年前，我們似乎將實現成為地球主人的偉大信念，讓自然屈從於人類。這種狂妄自大的態度還不只於看待水資源而已。籠罩人類未來的環境災難正是源於自以為是的錯誤掠奪心態：地球理所當然要交出豐富的資源和祕密，從最深處的油藏到原子的隱藏力量，一切都要供人類支配。我們不只過度剝削地球，還要這個世界養活眾多人口，遠超過地球曾經被迫承擔的負荷。我們假定人類永遠在進步：我們會讓地球不斷提供資源養活人類。當我們決心要增加人口，我們就會同步發展出一定的能力，從地球開採物資餵飽增加的人口。簡而言之，我們真的忘了馬爾薩斯的教誨。

人類成了剝削專家，土地與用水的生產力大幅提高。一個地方的人口通常不會超過作物的收成——情形恰恰相反。在英國，人口自一八〇〇年增加為五倍；雨育小麥的產量增為十倍。我們很難完整了解生產力的進步與需求的增加有何關係。容我講句俏皮話，水是很滑溜的。要取得詳盡的測量是龐大複雜的工程，無論在財務或科學上都很困難，何況基於政治與社會的理由也只能靜觀其

變。

根本問題是：人類的用水偏好既是如此，政治人物的資訊又不足，大眾便仰賴不加批判的信念與假設繼續過活。這對他們是既容易又自然的事，因為一直以來都是如此。短期來看，不加批判的方式是政治上的權宜之計，長期下來卻會讓潛在的問題更形惡化。政治與社會建構的知識係建立在「過去的經驗可證明未來的政策是對的」這樣大錯特錯的簡單假設上。說來奇特，人口成長的速度這麼快，我們竟然能以如此刻意傲慢的態度向前衝。這等於是在漆黑的夜裡開車衝下懸崖，還把燈光關掉，因為怕到不敢看。人類的水資源安全如此虛幻，我們卻如此頑固地拒絕承認實際的境況，這種愚蠢已經構成更重大迫切的危險。不論情況多麼可怕，眼前的景象也許會讓人震驚，但唯有正視再無他法能找到應該走的方向。

如何睜眼正視？雖然有很多人努力導正現況，相關研究還是少得可憐。我們需要的政策必須以下列幾點的觀察與監測為依據：實際資源、實際使用趨勢、資源使用的效率及其發展趨勢——而非成為這些作為的阻力。這一切都要考量到污染造成水環境敗壞的實際狀況。

二十年前，當時我還不太了解中東的水資源安全。一九九〇年代，我明白了政治與社會的通貨是建構的知識，不是科學。建構的知識係依據誤導的經驗、歷史和文化而成，雖不安全，卻總是凌駕實際觀察而來的科學。社會與政界都有人對水資源（尤其是水資源安全）抱持建構的知識且信之不疑，本書希望能幫助這些讀者質疑自己的信念。

搶水大戰會發生嗎？

經常被預言發生的搶水大戰所幸並未成真。不幸的是，這種好運氣繼續鼓勵我們採取危險的自由放任法。是什麼因素讓我們至少在現下仍能避開社會動亂、國際衝突與更嚴重的飢餓？

基本上就是運氣。

具體而言，這個運氣表現在虛擬水貿易，這個解決方案是無形中、自然而然、經由類經濟（quasi-economically）的過程所形成。這不是由上而下、靠政策引導的水文方案；當我們還在摸索問題時，「市場」這個反覆無常、不可知又沒有道德指南的不穩定力量，已經給了我們答案。

全世界許多國家與地區，目前與未來的人口對水的需求都已超過可用的水資源。在中東和北非地區——軍方取其縮寫稱之為ＭＥＮＡ——全部約二十個經濟體，都有某種程度的用水不足問題。非、亞、澳與北美的半乾燥和半潮濕國家也是如此。衣索比亞、肯亞和薩赫勒帶國家的水資源承受的壓力格外嚴重。策略上極具重要性的尼羅河、黃河、巴基斯坦的印度河、南印度神聖的考未立河（Cauvery）都乾涸了；相對較小的河如約旦河和歐朗提斯河（Orontes）更糟糕。隨著本書的討論，讀者會逐漸明白，水的不足不只會導致限水而已，而是和飢荒有關。

虛擬水的概念誕生自「即將發生搶水戰爭」的激烈爭論。預測戰爭將起的人相信，中東和北非地區會是衝突的主要戰場。理由很明顯，也很容易理解。這個地區財富嚴重不均，近年來又有民眾騷亂與國際關係不和諧的鮮明歷史。更糟糕的是，這裡很多經濟體仰賴少數具策略重要性的河流，例如從較潮濕地區流到中東和北非地區的尼羅河和底格里斯河及幼發拉底河。有些國家間的關係很不和諧，互相爭奪約旦河及其支流雅莫科河（Yarmuk）的稀少水源。從一九七〇年代之後，資深的中東和北非地區領導者與官員便發布搶水大戰一觸即發的嚴重警訊。這些人並非傻瓜、怪人或歇斯底里。其中一位是約旦國王胡笙（King Hussein），另一位是頗受尊敬的聯合國前任祕書長蓋里（Boutros Boutros-Gali）——他到今天仍然預言會發生搶水大戰。

但他錯了。最後一次搶水大戰是一九六二年到六四年敘利亞和以色列之間的小衝突，之後再沒有人為了搶水爆發暴力衝突。分享稀少的共用水源很容易引起衝突，但並沒有武裝暴力發生。儘管全球水資源危機日益惡化，但並未出現進一步的戰事。經濟上無形、政治上無聲的虛擬水貿易避

薩赫勒帶（Sahel belt）

從大西洋到紅海之間的生態區，介於北邊的撒哈拉沙漠和南邊的蘇丹草原地區之間，塞內加爾、茅利塔尼亞、馬利、布吉納法索、尼日、奈及利亞、查德、蘇丹共和國和厄利垂亞（Eritrea）都在這個地帶（或一部分在裡面）。

半乾旱（semi-arid）

本書會經常用到這個複合詞，有時也稱為草原氣候（因為那就是草原的氣候），特點是雨量少，每年約二五〇至五〇〇毫米。讀者可以想想澳洲內地或你看過的西部電影。

開了實際衝突的需要。世界各地依然經常發生爭水紛爭，但從來沒有公開的戰爭。災難被延後了，所有缺水最嚴重的地區都達到某種程度的糧食安全；政治領導者在這個過程中既沒有刻意採取什麼行動，也沒有完全了解發生了什麼事。地區性缺水問題因為用水密集商品的交易而得到緩和（雖則這是看不見、政治上無聲無息的交易）。在我們沒有注意時，虛擬水溜進人類全球化的空間內，暫時解決了衝突。就像精靈與鞋匠的童話故事，虛擬水在我們昏睡時賣力工作，阻止災難發生，讓世界的輪子繼續轉動，養活原本可能會餓死的人。

進口水？

到一九五〇年代，很多ＭＥＮＡ經濟體已無水可用。人口成長讓這些經濟體的糧食和水資源不再安全，到了七〇年代，整個地區都出現了嚴重的缺水問題。

但如果我把這些事實告知任何一個當時住在當地的人，一定會被指控頭腦有問題。我能想像眾人憤憤不平地呼喊：哪裡有糧食短缺？水龍頭何時流不出水了？缺水對經濟發展的影響何在？事實上，這樣的場面我無需想像，現實經驗中就常常聽到。

我如何回答？「親愛的兄弟們，你們一直在進口水。」

得到的回應更激烈：進口水？胡說八道！指給我們看，在哪裡？如何進口？

以ＭＥＮＡ裡人口最多的經濟體埃及為例。埃及自一九七〇年代初期就出現了嚴重缺水現象，但無人知道。埃及面積廣大，大約四％的地方可生產糧食和其他作物。在七〇年代以前，灌溉地主要是尼羅河岸及其富饒的三角洲。尼羅河低地以外的沙地若有水與其他生產要素，也能生產出作物。七〇年代初期，埃及嘗試將灌溉面積擴大二〇％，同時開始進口主食，如小麥及後來的玉米與大豆。擴大灌溉面積的計畫失敗了，但事實證明，貿易是因應缺水問題一項無聲但非常有效的方法。這些進口的糧食都是以明顯的大型船隻運送，顯而易見。但也因為太明顯而有了隱藏效果，埃及人以為他們只是進口糧食，卻看不見其中的虛擬水內容。

所以說，埃及是在進口水。

這並不是刻意或有計畫的作為。讓人驚訝的是，這套解決方法並非源自中東的水政策制定者，而是源自北美與歐洲工業國家的糧食補助。歐洲的共同農業政策（Common Agricultural Policy, CAP）相當有名，甚至可說是惡名昭彰；這可能是歷史上單一最嚴重的市場扭曲案例。任何人稍微觀察即可注意到，目前的全球自由貿易非常不自由，要談公平更是天差地遠。歐盟和美國提供了可觀的貿易與生產補貼，讓他們的農企業（agribusiness）可將大量廉價農產傾銷到其他市場。不論這項政策有多少缺點，但確實提供了誘因，讓缺水國家能進口糧食。這些主食用水極度密集，因此，埃及的政治人物或一般大眾都不知道自己在參與水資源安全維護，以為只是進口廉價糧食——這些水是看不見的。

正如問題本身可能就蘊含了解決之道，而解決方法裡往往也暗藏著未來新問題的種子。國際貿易能帶來糧食與水資源安全，卻不能創造自給自足。而且，國際貿易如此快速且不費力地解決問

題，會讓人容易忽略其缺點。容易，而且危險。住在嚴重缺水地區者會對我表現出憤憤不平的自衛反應，就是因為水的進口是無形的。當我說他們在進口水，他們說我有幻覺。事實上，有幻覺的是他們。再談到政治人物，那就涉及生存競爭了。試想像，如果你向選民宣布，你們有缺水問題，表面上擁有糧食與水資源安全，其實是任由其他國家宰割，自給自足只是幻覺，這會有什麼政治後果。試想像這一宣布之後會如何、會引起怎樣的騷動。

政治人物的角色就是與「不確定」共舞，這個醜陋的不速之客是最不受歡迎的舞伴。為了滿足「不確定」的需求，政治人物有時不得不重新安排資源配置，甚至是調整行為。但政治人物要控制「不確定」，永遠要面對無法負擔政治成本的危險。

孜孜不倦的科學家則是在相對確定的概率領域努力，通常都看不見充滿變數與敵意的政治環境。科學家從來不注意是否會被盛重邀請參加光鮮的舞會，因為他太專注在顯微鏡、試管或文字處理器上。

MENA政治人物的行為不過是理性與專業的表現，他們觀察並認為，水資源管理問題並不比十年前更嚴重。對政治人物而言，去掉一個問題就是一件可喜之事，也就有更多的政治資本可抵消善變的「不確定」必然會引起的成本。有什麼誘因能要求政治人物專注在講求防患未然、注重概率、對政治盲目的科學訊息？完全沒有。政治人物與科學家走在兩條平行線上，唯有當社會建立起能夠「進口」虛擬水的多元強健的經濟，藉此達到資源安全時，兩者才可能有交集。經濟多元化是另一個強大的隱形力量。

「也許那是第三世界；也許是他的第一次接觸」

這句歌詞出自保羅．賽門（Paul Simon）《雅園》（Graceland）專輯裡的「叫我艾爾」（Call Me Al），表達歌曲中那位天真良善的主角的感動經驗和情感連結。主角迷失在詭異又讓人困惑的地方，多少反映出賽門內心疏離的情感世界。

但這首歌的意思可能也很普通：合理地批評當時將各國分類或排列為第一、第二和第三世界。一九八〇年代末，隨著大半的共產主義失勢，這種略嫌傲慢的分類法也遭揚棄。較貧窮的國家依序被貼上「未開發」、「低開發」、「較未開發」的國家，無非是委婉地表示這些國家的經濟相對弱勢。較樂觀、易為人接受的另一說法是「開發中國家」，近幾十年來很常使用。

但我們的研究也是使用三種分類法。

先進北半球經濟是非常不準確的常見用語，如南韓與澳洲等國都被列入，這些國家需要一個標籤。我用一個總括性的名詞全部涵蓋：工業國家或OECD（經濟合作與發展組織）國家。這些國家擁有先進、多樣化的經濟，生活富裕、豐衣足食，多數工作能創造很高的用水報酬。金磚五國是最容易歸納的，單純依五個國家的名字縮寫而成：巴西、俄羅斯、印度、中國和南非。

即使是這種較為公平的分類，也隱含三個層級。圖2.4與2.5依工業國家、金磚五國、低開發國家，由上而下排列。我們很難擺脫歷史或根深柢固的偏見與思考模式，至少在圖2.4裡，圖中的數據或許可合理化排序方式。

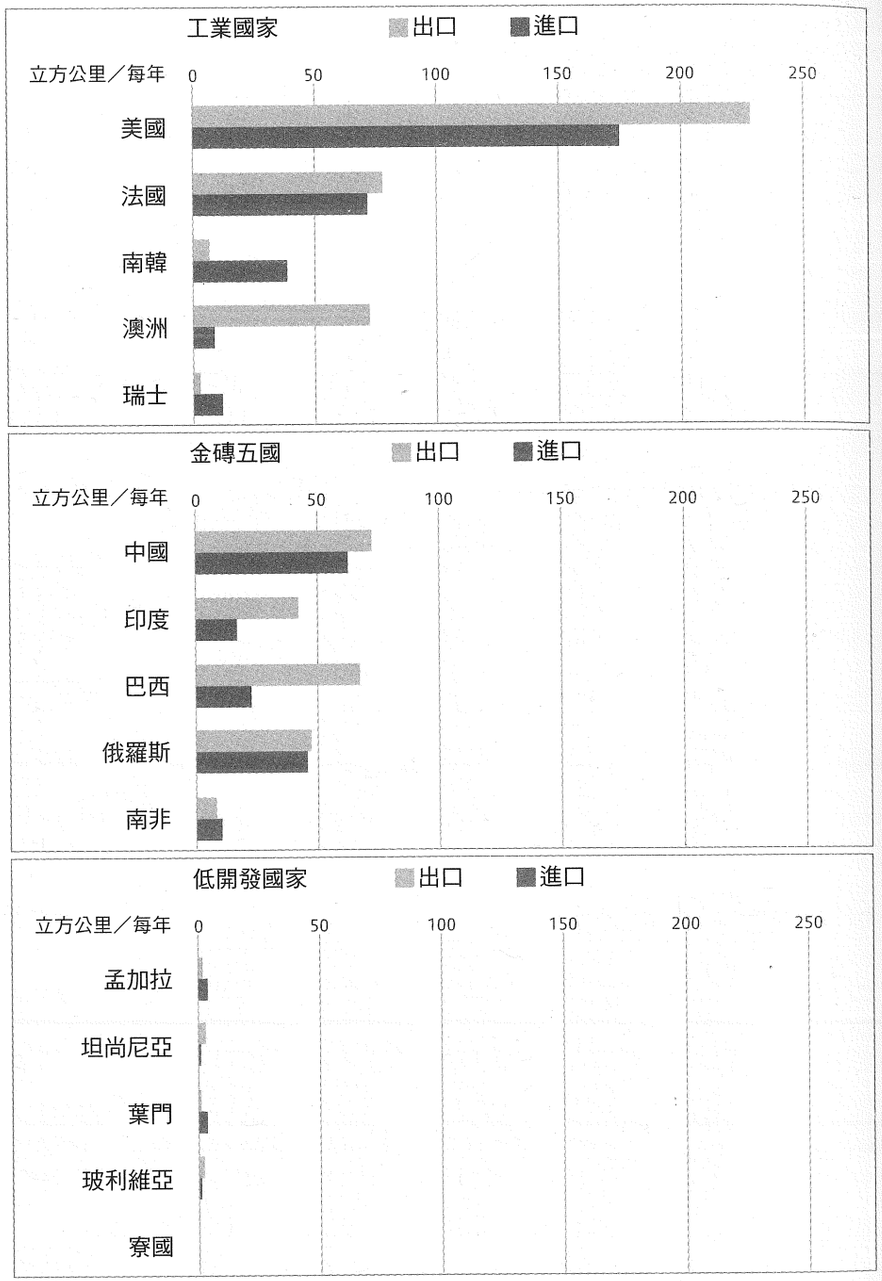
跟著金錢走

富人的運氣延伸到生活中每個領域，水也不例外。新加坡的水資源故事讓人驚訝，這裡只舉一個驚人的基本事實：新加坡所需的水量只有五%可自給自足，但沒有任何跡象顯示水源不足，或是很多人以為的，一個島嶼經濟在嚴重缺水的情況下，必然會導致經濟發展受限。新加坡用水總需求量的九〇%透過食品貿易帶入，其他非本地的五%一直是從海峽另一頭的馬來西亞進口，直到最近才比較減少倚賴。主要是因為新加坡投資了海水淡化，而這項技術的成本日漸低廉之故。這些做法對新加坡而言都算相對容易，畢竟這是一個多元化、已開發經濟富國。

新加坡透過大力投資人力資源，得以避開水資源不足的問題。透過投資教育來解決水危機並不符直覺判斷，但確實有效。除了教育，再加上許多極富創意的投資和事業，創造出多元經濟，也就掌握了強大的貿易武器。新加坡的例子告訴我們，要解決水資源安全的問題，答案可能在水文之外。事實證明，綜合看不見的社會與經濟過程可悄悄發揮效果。試想，新加坡若要動員本地的水資源以滿足需求，在水文學上會是多麼可怕的工程；相較之下，用貿易解決是多麼輕鬆優雅。

這是富國的故事，窮國就沒這麼順利了。窮國進口的水通常只能滿足一〇%的需求，且這類進口通常既不頻繁也不規律，反而對當地農村的經濟有害。有時候，要等到自然災害發生才能從外面帶進需要的水。種族暴力、內戰和其他武裝衝突常伴隨死亡與飢餓。衝突會打斷貿易，也就打斷了

表2.4　虛擬水「出口」與「進口」，每年的量，1997-2001



資料來源：A. K. Chapagain； A. Y. Hoekstra，《國家水足跡》（*Water Footprints of Nations*），二〇〇三年，荷蘭台夫特市的國際水利環境工程學院（International Institute for Hydraulic and Environmental Engineering；IHE）。

糧食與水資源安全的幻覺。

那麼，誰擁有水，又是誰在用水？

前頁第一張圖表顯示各國的水貿易，以每年多少立方公里為單位。第二張是一樣的，只是改以每人多少立方公里來計算。

此處選擇的工業國家，三十個ＯＥＣＤ經濟體的人口約占全球一七％，相較之下，金磚五國高達三八％。剩下四五％的人住在油藏豐富的波斯灣或貧窮經濟體，我們將兩者併稱開發中國家。

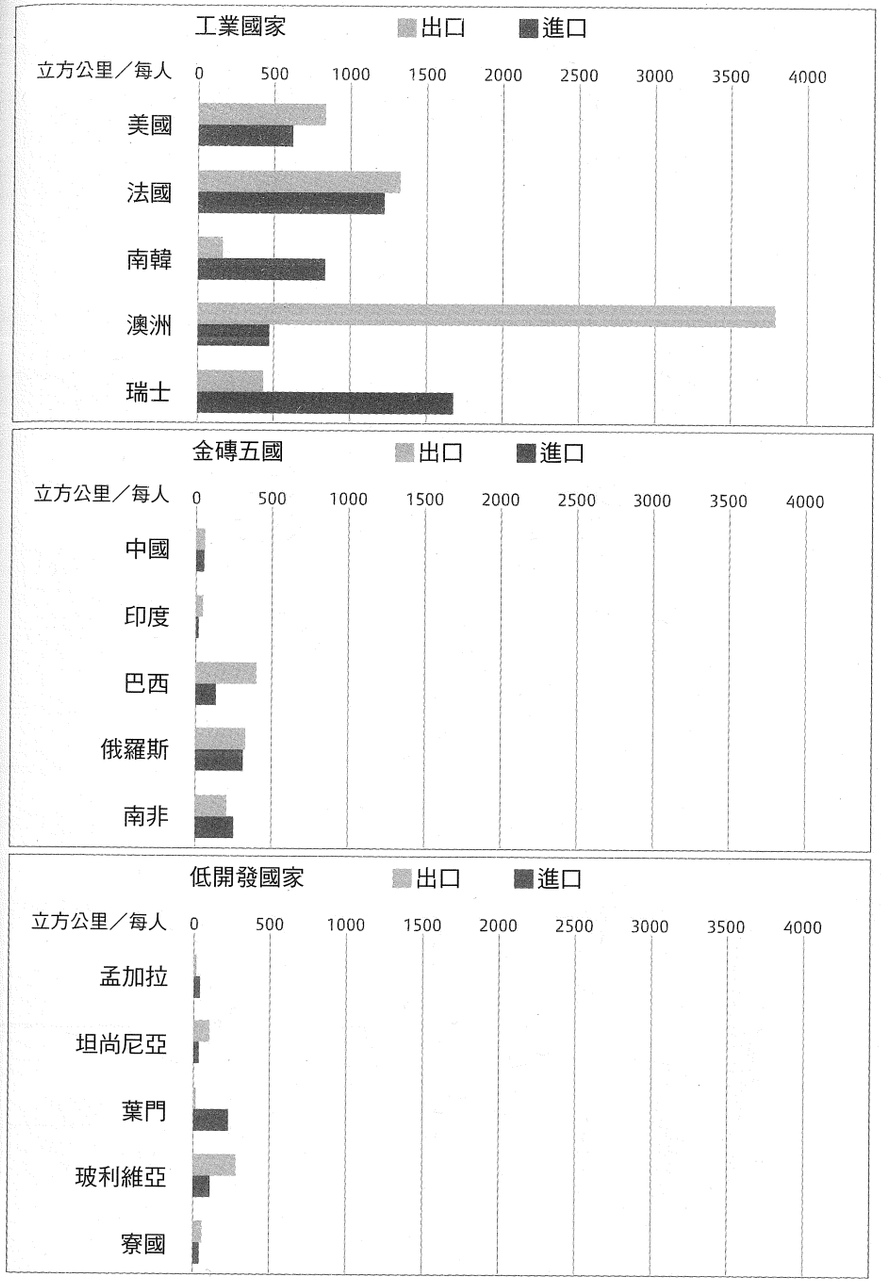
法國、美國、澳洲是世界三大糧食出口國，這可以從圖表上清楚看出來。表2.5裡，澳洲的數字激增，那是地極廣人極稀的結果。表2.4突顯出另一個重要的問題：低開發國家並未參與虛擬水的遊戲。再更深入探討，我們會看到另一個引人注目的趨勢：大型多雨的農業國，如巴西、印度、澳洲，出口「水」（隱藏在糧食裡）到人口多的小國，如瑞士和南韓——這些國家既沒有土地也沒有水可滿足人口的糧食需求。

縮寫字：OECD

經濟合作與開發組織（The Organisation for Economic Co-operation and Development），共有三十個會員國，基本上包含歐洲（波羅的海、巴爾幹半島、前蘇聯等地區的國家除外）、環太平洋國家如日本、南韓、紐澳和美國、加拿大、墨西哥。

前頁兩張圖表還顯示其他有用的資訊與見解。俄羅斯與南非的人均進口量比其他金磚國家高，但兩者的理由完全不同，而且是圖表裡沒有表達的。俄羅斯是相對低開發農業經濟，南非則是缺水。

表2.5　虛擬水「出口」與「進口」，每人的量，1997-2001



資料來源：同上

糧食與水資源安全的幻覺。

那麼，誰擁有水，又是誰在用水？

前頁第一張圖表顯示各國的水貿易，以每年多少立方公里為單位。第二張是一樣的，只是改以每人多少立方公里來計算。

此處選擇的工業國家，三十個ＯＥＣＤ經濟體的人口約占全球一七％，相較之下，金磚五國高達三八％。剩下四五％的人住在油藏豐富的波斯灣或貧窮經濟體，我們將兩者併稱開發中國家。

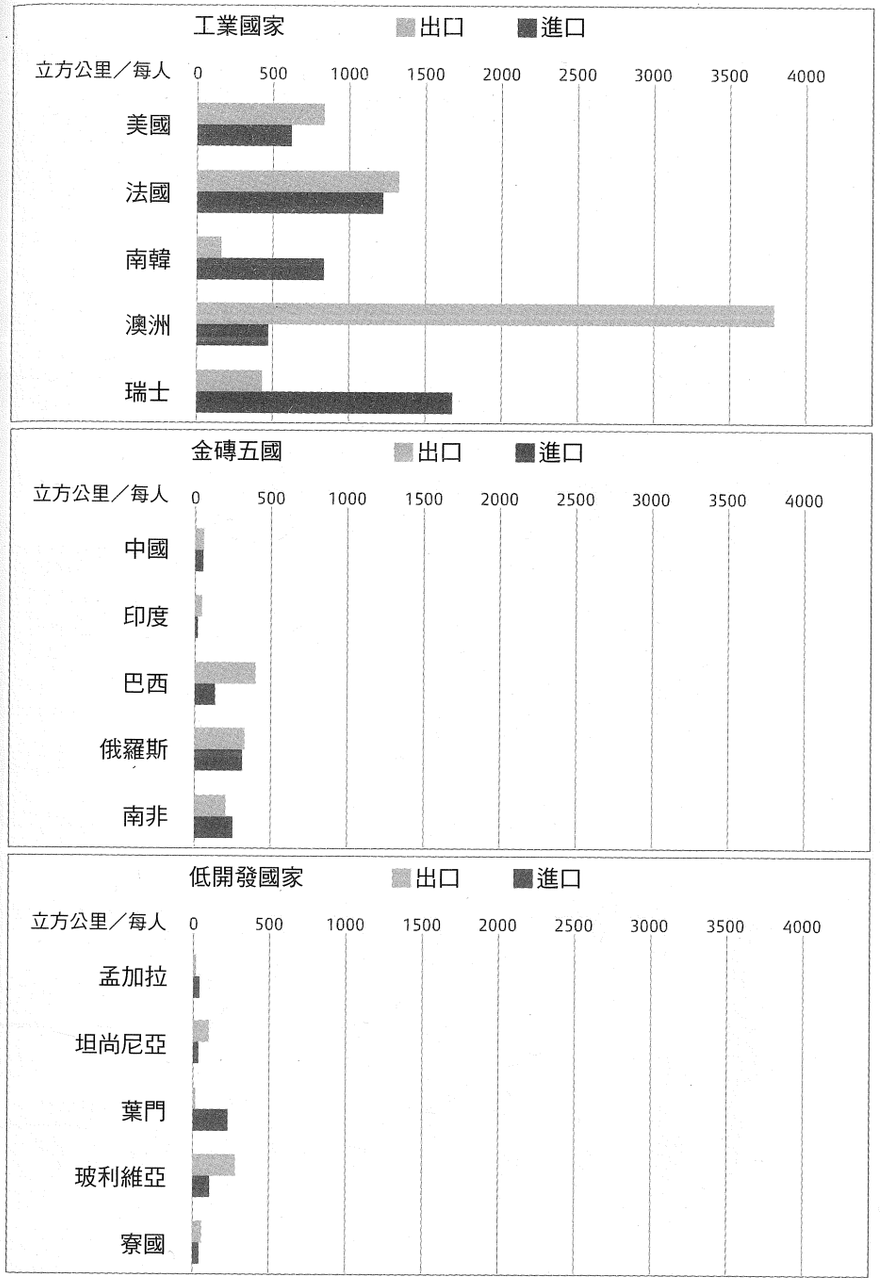
法國、美國、澳洲是世界三大糧食出口國，這可以從圖表上清楚看出來。表2.5裡，澳洲的數字激增，那是地極廣人極稀的結果。表2.4突顯出另一個重要的問題：低開發國家並未參與虛擬水的遊戲。再更深入探討，我們會看到另一個引人注目的趨勢：大型多雨的農業國，如巴西、印度、澳洲，出口「水」（隱藏在糧食裡）到人口多的小國，如瑞士和南韓——這些國家既沒有土地也沒有水可滿足人口的糧食需求。

縮寫字：OECD

經濟合作與開發組織（The Organisation for Economic Co-operation and Development），共有三十個會員國，基本上包含歐洲（波羅的海、巴爾幹半島、前蘇聯等地區的國家除外）、環太平洋國家如日本、南韓、紐澳和美國、加拿大、墨西哥。

前頁兩張圖表還顯示其他有用的資訊與見解。俄羅斯與南非的人均進口量比其他金磚國家高，但兩者的理由完全不同，而且是圖表裡沒有表達的。俄羅斯是相對低開發農業經濟，南非則是缺水。

表2.5　虛擬水「出口」與「進口」，每人的量，1997-2001



資料來源：同上

中國默默拯救世界

中國這個一向沉默的大國有許多地方值得稱許。但任何稱讚都不應減損對中國言論自由與人權等議題的合理批評。中國在這方面當然落後工業國家，後者晚近才爬到現在的水準，領導者與人民也就忘了二十世紀上半經歷過可怕的工業化殺戮。不過，中國確實拯救了世界，至少從用水方面來看是如此。世界其他國家多半忽略用水危機，中國卻默默地處理自身的水資源不安全，並透過管理自己的水需求，順帶處理了世界的問題。

中國是從三個看似互不相關的層面做到的。第一，中國在純粹的水文政策上堪稱世界領導者。他們在家庭、工業與農業上致力提升水的生產力，唯有共產黨六十年來從上而下的嚴格統治，才能產生這種專注與決心。

第二，中國透過進口低價值、用水密集的糧食來「進口」虛擬水。

但中國並非透過這些方式拯救世界，而是因為一九七九年採取一項不人道、極權且違反自然的政策；這個政策的官方名稱是家庭計畫政策，非官方與國際上則被稱為一胎化政策。家庭被限制只能生一個孩子，且這項政策有法律效力，以罰款與坐牢等罰責強化。這是強硬調節人口成長的方式，在民主制度裡絕不可能辦到，因為立法者必須對選民負責。

一胎化政策有什麼影響？減少人口出生，也就減少後續的人口繁衍。據估計，全球大約因此減少了三億人口增加。這已相當於美國的人口，而若以較高估算值來說，還要再加上加拿大。這和水有什麼關係？用水量大約減少了二〇%。換句話說，每年省下了三〇〇立方公里的水，這麼多的水足以滿足所有ＭＥＮＡ經濟體、舊歐洲與一半的非洲。這個數字對全球相當重要。不容否認，沒有任何社會對全球水資源安全能有這麼大的貢獻。要說對水資源安全的正向影響，唯有經濟多樣化可與中國這項集體社會實驗相提並論。在中國，與人口控制同時進行的是非常有野心的人力資源提升，以及因此帶動的工業化快速發展。再沒有一項決策對全球水資源管理的正向影響比中國的一胎化政策更大，此一論點很站得住腳。

快速展望未來

餵飽五千人〔譯註：典出聖經路加福音〕

人類太會繁殖，卻又太不容易死。自一九五〇年以後，人口成長便呈指數增加。全球人口在六十年裡增加了四十億，這是壞消息，即使工業化國家的人口成長趨緩，甚至有減少的趨勢，也無法抵消這個壞消息。世界上一百個最貧窮國家的人口成長快速，未來幾十年將再增加二十億。但這個問題的嚴重程度還不及一九五〇年以來世界人口增加四十億的狀況。

技術上來說，人口可以無限制成長，水當然不行。地球上循環的水有一定的量，不會再增多了。人口愈多，每個人分到的水量愈少。我們必須了解一個簡單的事實——我們這些過度消費（尤其是消費肉類）的人，用掉了太多水，這對個人及環境健康都很不利。若要防患未然，我們必須改

變飲食，維持未來能承擔的消耗量，而不是放任過去無知的揮霍習慣繼續下去。地表水逐漸被耗盡，河流也需要恢復流量，所有的國家都必須減少水消耗。減少水的消耗意味減少糧食生產，不論我們喜不喜歡，每個人都要節制飲食。

但相對的，我們有很強的經濟動機增加水的消耗量。我們這些生活在工業國家的人總是盡可能多用水，未作深思。我們食用大量肉食，有周全的供水與污水設施，以及各種用水密集的商品。目前金磚五國和低開發國家還未達到這種用水浪費的程度，但將來一定會走到這一步。隨著人類生活水準提高，水的消耗已經同步增加。這就是人類被商業市場培養出來的結果：消費為王。

但情勢並非全然悲觀，農業用水效率的改善便讓人振奮。俄羅斯與部分非洲國家還有相當大的糧食生產潛能尚待開發；即使按照較悲觀的估計，全球糧食生產應該仍可增加三成。這當然是好消息，因為根據預測，全球人口到二十一世紀中也會增加三〇%。等到地球被九十億有些人挨餓，有些人太飽的人口重量壓扁，卻再也沒有額外的效率能提升，屆時就會出問題了。

適合世人的飲食

這或許聽似膚淺，但我們能靠「吃」解決這個問題，或者應該說不再讓自己吃到無路可退。這需要許多統計數字佐證，但研究顯示，改變飲食能讓工業國家的每人耗水量減少達四〇%。親愛的讀者，這裡說的就是你，我們討論的是你的飲食，你吃的肉，你丟到廚餘桶的食物，你浪費掉的水。但這並不容易，不僅要抗拒我們的生活習慣，也要力抗整個文化。但只要眾人串連起來，就能改變這個文化。過去十年來，大眾對資源回收與能源使用的態度有了驚人的大轉變。水為什麼不行？用水問題的急迫性一點都不亞於前者，也是個人更容易貢獻己力的地方。

金磚五國的情況比較棘手。以素食為主的印度已無法再多做什麼來減少國人的飲食對用水的衝擊。中國富裕中產階級的興起帶動國內肉類消耗，但中國政府有能力及意願為了集體利益而縮減個人自由，同時也會透過進口食品因應用水不足。

可是，我愛吃漢堡

減少肉食不是唯一的答案，我們還能想到其他對應方法，但這些方法對目前而言太過遙遠，不像改變飲食那麼簡單而且能有廣大影響。

便宜可再生的電力是經濟、生態與政治的聖杯。低成本的太陽能可生產平價的水，而且不會污染大氣。以石油和天然氣為燃料的海水淡化廠則會污染大氣。若是以乾淨的太陽能生產平價水，便不會污染大氣，就生態上是很可行的，有助確保糧食價格不致高漲。但要利用乾淨的太陽能推動海水淡化，恐怕還需幾十年才能實現及應用。世界各地都有海水淡化廠生產高品質的水供應家庭與工業之用，但每立方公尺成本要價〇．五至一美元，用於灌溉作物實在太昂貴。

談午餐

第一章談過早餐，現在要談午餐，因為午餐將是人類改變與拯救世界的關鍵。

浴缸與水桶：關於改變或無改變的一些觀察

促成改變的過程不是以規律、漸進的步驟直線進行，平穩累積出成果，最後走向快樂的結局。要在這世界促成改變，就像用一只漏得很厲害的水桶裝水，許多努力都會流失。如果你放慢速度，便會喪失重要的優勢。資源投入與最終成果不是等比，投入的心血有可能會流失掉。

改變的過程可以簡約成三個主要階段。改變的支柱有三，其一是知識：必須讓世人知道有這樣的問題、機會或新的思考方式。其二是意圖：光是讓世人知道需要改變還不夠，一定還要爭取到世人的支持。最後，政治體系必須分配資源以提供改變誘因。

社會上對吸菸的態度與行為改變就是極佳的例子。科學界在五十年前首次確認抽菸與肺癌互為因果，想想看這半個世紀來投入了多少研究、宣傳與資源配置——包括科學研究、壓力團體的努力、反吸菸廣告等。這個過程是由各方人士透過各種經常相互衝突的方法推動出來的。世人為了是否要立法禁菸、提高或降低稅捐爭辯不休，但眼見吸菸人口愈來愈少，還是讓人感受到情勢的改變。香菸業者也許會試圖駁斥二手菸背後的科學論點，但過往由醫生為香菸品牌背書的日子已不再了。「九成的醫生推薦較溫和的駱駝牌香菸！」這種廣告詞目前已不可能再出現。情況確實正在改變，這過程或許稍顯缺乏規則與秩序，對沒有耐性的人而言太慢，對保守派而言又太快，但確實在改變，而且仍持續進行。

那麼，為什麼要談午餐？

因為我們要做的是開始討論，或起碼展開對話。我們還在促成改變的第一步：散播知識

從數字談水

得獎的是……

有些事看似一個人的成就，其實總有一大群人才在後面支持，虛擬水也是如此。

虛擬水概念背後重要的貢獻者霍斯特拉（Arjen Hoekstra）是一位優秀的水科學家，管理一個模型研究團隊。他的模型研究中有一項重要貢獻，對吸引水科學家注意非常重要。對很多科學家而言，模型研究是科學的語言。霍斯特拉和他在荷蘭的國際團隊把注意力放在虛擬水上，不久之後又注意到個人與國家的水足跡。

模型研究者所做的……

霍斯特拉與其團隊檢視世界二百個經濟體裡一四〇國的水消耗與貿易，包括全部的工業國家與金磚五國，以及大約三分之二的開發中國家。他們從近十年前開始著手，以上個世紀末世界人口約六十億來理解研究數字。

他們的研究有一個極重要的創新：運用的是生產與貿易的資料集，而不是估計各產業的用水，因而自動會將綠水和藍水都納入考量。別忘了，綠水是土壤水，也是我們的敘述中最被忽略的一環。雖說綠水對這世界的運作與糧食的生產非常重要，卻因為在經濟上看不見而常被排除於研究之外。既然沒有人去抽取、銷售、運送，便很容易就被錯誤地歸類為公共財，或完全被忽略。霍斯特拉二〇〇〇年的模型首度將綠水納入，對於人類真正的全球用水情況提供稍微精確的描述。

計算結果是一年七千五百立方公里。

這麼大的數字實在讓人不知道該怎麼辦。我們多數人能估計一公里或一百公里的距離，猜測一公頃的面積。但當我說一千七百萬平方公里的面積，那這是比較接近大峽谷、俄羅斯還是月球？（答案是俄羅斯。）一旦超過某種規模，人類便會出現演化盲目的現象。但重要的不是看清整座森林，我們只須看清樹木。在這個有藍鯨、非洲象、巍峨高山、滔滔巨河的地球上，人類是渺小緩慢的動物。

以亞馬遜為例，多數人知道亞馬遜是世界最大的河流，年流量估計為八千立方公里。粗略地說，我們一年用掉一條亞馬遜河。誠然，亞馬遜不只是世界上最大的河流；以流量而言，更是非洲剛果河和南美奧里諾科河（Orinoco）的五倍（這兩者與其規模最接近）；大小是印度恆河與中國長江的八倍，是美國南方大河密西西比河的十倍。一般估計，尼羅河是世界長度最長的河流，但年流量僅一百立方公里，相較於亞馬遜只算一條小河。

有趣的是，檢視河流流量讓我們對人類與淡水之間的關係，有了另一番體會。我們不喜歡太大的東西。大家都知道亞馬遜上沒有半座橋。原因不是多數人以為的無法建造，而是因為沒有人**需要**亞馬遜上的橋，因為那裡沒有真正大型都會中心。同樣的道理，除了少數例外，沒有人喜歡住在世界最大河旁邊，古今皆然。人類憑直覺一向偏好年流量低於一百立方公里的河流。這些小河吸引人類定居，創造了人類史上多數最了不起的城市。

我們且將眼光轉向歐洲。歐陸最大河是多瑙河，美麗壯觀的河流，歷史豐富。但坦白說，從全球的角度來看多瑙河算是偏小的，若放入亞馬遜很容易就不見了（亞馬遜大約是多瑙河的三十三倍）。但多瑙河流域並不是歐洲人口最多的。歷史上來看，較多的人口都移到年流量較穩定的小河，如萊茵河、羅亞爾河和隆河——這些河的年流量大約六立方公里，或

我應該吃麵或牛排？

食品的水成本幾乎都是隱形的。生產一噸的穀物至少要一千噸的水。聽起來似乎很多，但飼養一噸的牛肉所需的水量是這個數字的十六倍。如果將這個差異反映在價格，公平地將食品全部的環境成本都計入，你會多久吃一次牛排呢？

是更小的河如塞納河，或非常小的如泰晤士河（年流量只有二立方公里）。我們且快速地將這兩個數字並列，形成強烈對比：亞馬遜河的年流量是八千立方公里，泰晤士河只有二立方公里。先將這兩個數字放入腦中，再加上第三個：全球每年用掉的水是七千五百立方公里。

這麼做不只是要突顯亞馬遜河有多大。我們必須了解，這些水資源可以再生，但不是取之不竭。河流會乾涸，就連亞洲與中東極具經濟重要性的河流也不例外。河流改道與過度使用已對半乾燥地區的河流造成無法彌補的傷害。科羅拉多河、尼羅河、印度河、黃河都在乾涸。讓人驚訝的是，這些河流流量的統計數字很難取得。不同派別的政治學、經濟學、地理學都認為河流的長度與流域大小很重要，很寶貴，卻不知為何從未花太多時間或精力發布流量資訊。這是極端不智的表現，沒有任何其他資訊能更有助了解一個經濟體可使用的水量，這些數字卻成了水文學者嚴密防衛的祕密。

了解與運用數據

七千五百立方公里的水非常多，這個明顯的事實我們都能接受。這麼多水用到哪裡去了？霍斯特拉及其團隊計算出其中約有五%是家庭用途，一六%為工業用途，其餘的近八〇%則用於耕種畜牧以提供糧食，以及生產棉類纖維。全世界的家庭用水都是藍水，多數工業用水也是。至於農業，主要使用目前為止仍未估算的綠水，約占農業用水的七〇%。估算出全部的藍水與綠水用量只是霍斯特拉眾多貢獻之一。

透過他們的模型，我們得以看到虛擬水的「流動」，可以找出淨「出口國」與淨「進口國」。最重要的是，他們的模型突顯出國家的經濟仰賴全球貿易系統，才能確保水資源與糧食的安全。純粹從量來看，工業國家是虛擬水的主要「貿易國」。他們利用財富確保內部的水資源不安全都可透過貿易隱藏起來。金磚五國也積極參與此貿易。但並不是人人都能因這套系統而受惠，開發中國家便很少參與。就連人口眾多的國家（如孟加拉）也很少參與商品貿易。從每人貿易數字可看出全球嚴重不對稱，富國和金磚五國透過貿易確保糧食與水資源安全。窮國在這部分就像在許多其他領域，遠遠被拋在後面。

水足跡

你可能約略知道「水足跡」是什麼意思，這一點恰足以印證這個時代的精神。在上個世紀，除了科學界以外，「碳足跡」一詞罕為人知，今天我們卻隨處可聞，從教室到汽車展示間，從超市結帳櫃台到機場報到處，碳足跡的概念已深植人心。

我們都知道水長什麼樣子，對於如何量化也都有點概念。水就是水，所有的產品與服務都是透過水足跡轉化成我們皆了解的樣貌。當我告訴你，霍斯特拉及其團隊發現，煮出一杯咖啡背後的水足跡是一四〇升，這個數字的衝擊力道很大，因為這涉及的行為太稀鬆平常，而一般總以為這對環境無害。

關於國家與個人水足跡的第一項評論與分析是由霍斯特拉與查帕干（Ashok Chapagain）合作完成的——後者當時是荷蘭台夫特市的國際水利環境工程學院（UNESCO-IHE Institute for Water Education）的研究員。

他們的研究對於相關出版與公共討論的影響深遠。在他們之前，工程師與經濟學家相當抗拒虛擬水的概念。當然，這些人並不否定虛擬水概念，但質疑其用處——而且砲火猛烈。經濟學家認為只要分析商品交易就夠了，工程師對於土壤水與貿易則是抱持哲學的懷疑。他們的世界講求水利建設，要解決的是務實、具體、真正清楚看到的問題。對他們而言，水資源不足很真實，絕非虛擬，當然也不可能有興趣尋求虛擬的解答。

但霍斯特拉與查帕干的研究改變了人們的觀感。有了強大的模型後，代表虛擬水不再是抽象的白日夢，背後有深具意義的重要數據支撐。這兩人的研究還有一個更實用的影響——讓我們能比較各國飲食的水足跡。這一切都正促進知識累積——速度雖緩但影響重大。

水足跡與大企業（製造一片微晶片要用掉多少水？）

不久前，我有機會和一群科學家同僚共坐，同桌的還有一些非政府組織——主要是聰明用水（Waterwise）和世界水資源論壇（World Water Forum, WWF）——那些天真又熱誠的環保運動者，以及英特爾、雀巢、聯合利華、金百利（Kimberley-Clark）等公司的資深經理。我們聚在一起是為了以霍斯特拉的計畫與資訊服務——水足跡網（Water Footprint Network, WFN）——為基礎，做進一步努力。

在討論環保議題時，企業的角色常為壞人。上焉者疏忽觸法，下焉者刻意為惡，直到透過運動或立法迫使企業善盡社會責任。讀者腦中可能浮現浪漫的畫面，想像年長的學界人士聯合起來，在某位活躍的環保運動健將領導下，揪出沒有臉孔的國際企業，就其邪惡的浪費水資源惡行施以揭露真相的致命一擊。如果你有這種想像，恐怕要失望了。

這些資深經理與研究主持人來到這裡不是要掩蓋資訊，而是要分享資訊。事實上，企業在許多方面比學術界或環保運動者走在更前頭。如果有什麼是重視長期獲利的大企業真正做得很好的，那就是稽核。這些企業針對他們的水足跡收集了大量資料。多年來，他們一直評量自身與供應鏈的水管理，共同參加這次聚會就是要分享評量結果。

當我在席間聽到英特爾代表說，製造電腦晶片要用掉很多水，我很驚訝。英特爾在以色列有規模相當龐大的製造與研發設施，當地並非適合大量用水產業之處。無疑的，其中必有一樁破壞企業名聲的醜聞正在蘊釀。一家重度污染的企業在水資源不足的中東不當用水，這可不是什麼正向的新聞題材。但事實證明，英特爾的故事簡直讓人感動。他們一發現製造過程用了多少水，立刻改正，現在已經會將廢水處理再利用。英特爾在水資源匱乏的以色列原本可能會成為全民公敵，現在卻為當地的經濟及水環境做出正面貢獻。

當然，我無意對企業界的善行之舉過度天真。公民營企業的營運動機有限，而環保絕不是直接的一項。追求獲利當然是企業經營的鐵律，水資源管理效率有時只是削減成本與擴大獲利的手段。這麼做即使本質上不算好事，當然也沒有壞處。但因為現代公民社會的環保意識與行動力日益抬頭，企業也愈來愈理解聲譽受損的風險。因此，企業會投入大量時間、精力與心力，依據企業重視的核心價值，建立企業認同與聲譽。現在是企業與品牌畫上等號的時代，沒有人願意危及自己的

形象。人類基於本能會認真看待水源匱乏的問題，這一點必然深植於人類的基因裡。口渴會讓人恐慌，那種身處乾旱邊緣的滋味我們都體會過。

英特爾的故事很有意思，但如果只是單獨的事件，恐怕無法帶給我們多少信心。不過，這並不是單獨的事件，雀巢與百事可樂發現他們在上游部分用水量最大，特別是在可可豆、咖啡豆、茶葉的栽種上，這些原料是他們行銷全球、具高度成癮性的產品中的核心成分。反之，聯合利華發現下游作業有很大的節水可能，同時努力為缺水的印度開發新的清潔劑。該企業的新清潔劑號稱可用較少的水產生大量泡沫，但又更容易沖洗，每滴水可達到更大的清潔效果。在我們致力提升水資源的管理之際，這是產業界能做出的貢獻。會議中有一點讓人欣慰，我發現與會的企業都很認真看待水足跡的觀念。所謂認真是指他們不僅接受，還積極務實地運用在自己的用水行為上。他們嘗試了解自己的用水方式與用量，努力在這兩方面做改善。但民間產業遭遇和科學界一樣的問題：如何取得有用的資料。

要就一家公司的水足跡收集相關資料相當困難，因為要處理的是動態過程，而非靜態的模型。輸入的資料與得出的結果無論在品質、數量甚至性質上都一直在變。我們在此處同樣看到企業的能耐，他們能掌握業務、產業、個別流程與公司背後基本的經濟原則。許多公司說得出每一塊錢的用途——考量跨國企業的規模與範圍，這真的很了不起。但在水資源的利用上，目前仍看不到如此的紀律與嚴謹。水在人類歷史的大半時期內，都被視為免費且取之不竭的資源。耗費寶貴的時間與金錢對如此豐沛、且財務上無關緊要的資源進行嚴格稽核，確實有違企業直覺。但產業界已開始改

變，若要改變每個人的行為，我們也需要產業界支助的一臂之力。

比真實更美好

似乎總是要等到象徵性的事件發生之後，價值觀的重大改變才會被主流社會接受。二〇〇三年便發生了這樣一件象徵性的事件——世界最大的飲料品牌在印度一個不為人知的小地方中劍落馬，證明不當的水資源管理確實可能對企業聲譽造成巨大的損害。這裡說的是飲料界巨擘可口可樂，對抗這隻大鯨魚的小蝦米則是喀拉拉邦（Kerala）小村莊普拉奇馬達（Plachimada）的地方議會。四月七日，地方議會拒絕發給可口可樂在印度的瓶裝廠新的營運執照。當地的井水在可口可樂一九九九年前往設廠之前，足供村人和鄰近地區使用。這家汽水大廠設廠不過幾年，井水便已乾涸，剩下的水源因工業污染嚴重受影響。公司同時被指控嚴重超抽地下水。

二〇〇四年，瓶裝廠停工，訟訴案繼續在印度曲折的法律體系裡進行。普拉奇馬達的用水問題似乎也和天然旱災有關，問題是，在易生旱災之處設立大量用水的瓶裝廠是不是不太聰明？可口可樂在這個事件裡的角色是不是壞人，基本上是理論層面的問題，企業聲譽實質上的損害已經造成，一切蓋棺論定。現在可口可樂很用心投資印度廢水的再利用與處理，公司再也不會認為水資源管理在經濟上無關緊要，因此可稱之為象徵性事件。

來自地底的啟發

世界上約有二百個經濟體，各以自己的方式測試全球水文系統的能耐是否能提供長期的水利服務，以供應糧食、生活所需與水環境的維持。

工業國家的發展顯示，科技對於改善用水的生產力助益極大——包括工業與雨育農業。值得注意的是，這些國家深信灌溉農耕是萬靈丹，能解決人類不斷成長的糧食需求，並將這樣的信念實際推行到近乎毀滅的極致。最值得慶幸的是，工業國家透過無意識的行為，而非刻意的創新，證明了解決用水問題的方案可能來自水利產業之外。這些國家致力發展用水生產力較高的多元產業，避開用水密集的農業，透過貿易與虛擬水「進口」彌補糧食不足，得以減輕地方供水不堪負荷的真實負擔。姑且不論人類對肉食難以維持長久的倚賴，我們對工業國家的進步還是有樂觀的理由。這些國家每年的用水量愈來愈少——一方面因為人口維持穩定甚至逐漸減少，另一方面，每人的用水量也一直在減少。

金磚五國在用水生產力方面有很不錯的表現，但還有許多地方需要努力。巴西依舊是世界的水塔，中國透過人口控制與水資源管理，在全球水資源安全上為全世界貢獻不少。隨著用水生產力提高，加上這些國家愈來愈了解虛擬水「貿易」的力量，將來他們在全球水資源的管理上將扮演更重要的角色——甚至可能是決定性的角色。

最底層則有開發中國家，這部分的挑戰比較大。這些國家要靠誰來幫忙，別人又為什麼要幫助他們？虛擬水「貿易」的良性循環大可避開窮國——錢多水多的國家可以彼此交易。開發中國家或許可透過平價補貼穀物傾銷間接受惠（雖則虛擬水「進口」的益處會因本地鄉村經濟受傷害而抵消），但如果我們要建構全球性的方案以解決水資源分配的問題，並沒有經濟或科學的理由必須將這些國家納入：這些國家根本沒有財力能透過貿易或基礎建設確保水資源安全。當然，還有另一個理由：同情。目前那雙主宰全球虛擬水「貿易」的無形的手，是市場經濟與工業貿易，這些因素大概不會為了同情而妥協；但我們做為個人、選民、國際公民當然可以。因此，要確保最寶貴的資源能有效率、永續、公平地分配，關鍵在於我們的觀念與力量。正因為這是我們能做到的，我們就有責任去做。

水資源不足的棘手問題

什麼是棘手問題？就是問題複雜到無法適當量化或有效建立起模型。複雜的問題通常具有高度不確定性，而且很迫切。別忘了，政治人物身旁總是圍繞著「不確定」。他們太習於與不確定性共存，累積幾百年的經驗，擅長將問題轉向或重新建構。唯有當社會支持政治人物面對問題時，他們才會去面對。換句話說，那要靠我們的努力。我們必須釋出訊息給政治人物，表達我們的支持。全球水資源管理對這些環境科學家構成棘手的問題，因為裡面包含已知事實、可知的未知與不可知的

未知。基本上，已知事實就是現況，亦即目前的科技、人口、水的消耗量、運用水的能力。可知的未知是指不可預測的政治與社會過程，例如國際人口將出現哪些曲折的發展？非洲的農民是否能提高作物的生產力？

最後還有不可知的未知，這該如何解釋最恰當？一九九〇年代曾出現一種政治哲學論述，宣告歷史已走到終點，自由主義、自由市場的民主制大獲全勝，但本世紀初的發展卻證明此一論述多麼幼稚。

問題的棘手性就是從這裡開始一發不可收拾。

我們在二十一世紀面臨一些很危險的威脅，其中很多威脅係肇因於二十世紀後半世人自信滿滿與樂觀地採取了若干措施（雖則是無心造成的結果）——氣候變遷就是最明顯的例子。我們雖解決了遷移、工業、生活品質、和平與繁榮的問題，卻沒有水晶球可以預知這會衍生出全球暖化的棘手問題。人類或許能預測未來，但沒有人能以先驗的證據證明這樣的結果。同樣的道理，水資源管理（尤其是灌溉的大水）導致河流流量變少，環境受毒害，壓低糧食生產力。這些無法被準確預測，但現在這些未知的事物都已變成現實，我們便必須面對。

棘手之處在於：我們無法知道現在的作為會再將來會產生什麼結果，只能等到將來回顧時才知道這些未知的事。人類擅長將問題轉化為解答，但碰到棘手問題時，解答會變成全新、讓人意料不到的問題。

工業國家的情形便是如此。

面對能源、運輸、糧食、產品——當然，還有水——的需求，我們的「解決方案」卻又變成和原本的資源匱乏問題一樣嚴重，甚至比我們想逃離的問題更嚴重。事實證明未知的問題非常棘手。

人類的繁殖速度很快，對水資源的需求愈來愈大，是否能確保用水無虞是一個非常迫切且棘手的問題。因為我們——包括個人、社會與國家——根本不了解自然體系。科學與技術解決這個問題的成績大抵只能說是好壞參半。

即使是虛擬水本身也有棘手的一面，這也是我們在下一章一開頭要探討的問題。

Chapter 03

糧豐水足報酬佳：工業國家的用水與農業補貼

人類無法承受太多真相。

艾略特（T. S. Eliot），《四首四重奏》（Four Quartets）之〈燃燒的諾頓〉（Burnt Norton）

我有一個惡夢

以這句標題開場恐怕很難激勵人心。這個道理過去已有很多人提出，此處我刻意借用美國環境學家謝倫伯格（Michael Shellenberger）的說法。他的觀察很有道理——嚇唬人確實不是贏得支持的長久之計。我們聽到壞消息後的復原能力極佳，自然充耳不聞。當年二十萬人齊聚林肯紀念堂聽金恩博士演講，如果他談的是惡夢，必然無法抓住那群人的耳朵、感情與想像力——談夢想才能奏效。

虛擬水——就像市場、環境和吃角子老虎——沒有道德指南，不會感覺到對任何個人或國家有義務。虛擬水有光明面，也有黑暗面，我們在評估時必須兩者兼顧。

工業國家一直在享受虛擬水的光明面。虛擬水在這個面向上帶給富裕的工業國家和其他許多經濟體水資源安全，幫助了世界上的富人與窮人，節省全球寶貴的水資源。這些都是非常正向的。

但工業國家也承受了虛擬水的黑暗面。首先，虛擬水會隱藏：意思是環境與經濟的許多重要的潛在基本原則我們都看不到。我們必須知道這些原則，才能確保永續管理世界的水資源。但虛擬水「貿易」將這個知識隱藏起來，誤導用水者、決策者和政治人物。我們看不到問題，便錯誤地以為沒有問題。這表示社會原本能學習適切地了解水的價值與管理方法，虛擬水「貿易」卻讓這方面的進步減緩速度。

簡而言之，光明面：**確保安全，提供助益，節省用水**。黑暗面：**隱藏知識，誤導我們，減緩改革**。

我們看到一個善的聯盟正在形成，那是由水科學家和行動主義者在非正式、偶然的情況下組成的。我們希望讓大家知道問題所在，但黑暗面的誘惑非常大，因為看起來似乎是那樣簡單而無傷大雅。很多人擁抱黑暗面，相信那就是光明。政治人物只聽說隱形的經濟力毫不費力地解決了水資源

不足的問題——其他的都沒聽見。他們的耳朵只對夢想開放，卻對惡夢關閉，因而故意對問題視而不見。漸漸地、百般不情願地，工業國家開始面對導致資源短缺與污染環境的潛在基本原則。政治人物漸漸開始對抗自己的直覺，不再只看到黑暗面的簡單答案——一個因隱藏、誤導而延緩改革的解決方案——而能面對水資源管理讓人不安的真相。

人類樂於無視風險，直到風險顯現成事實。二〇〇八年全球會發生嚴重的經濟危機，就是因為金融界對於接受風險的真實成本懷有本質的恐懼。債務可以延遲一段時間，可以全部整合傳遞下去，但終究還是必須付清。事件過後，風險已成真，每個人都變成專家，憤憤不平，不懂這樣的騙局怎麼會發生。我們都在無意間成了參與者，金融業那套證券化與高度槓桿操作的歪論創造出大家都樂於無視的狀況，目的是讓個人與社會低估風險，錯判自身的決定會造成多大的影響。借貸雙方形同共犯，我們熱切渴望完美到不可能存在的債務。同樣的，用水的人也是毫不謹慎地向環境借貸，理應看守環境與社會水資源安全的政治人物就是共犯。虛擬水「貿易」當然是進一步鞏固此一盲目危險的共犯關係。

金融危機看似抽象，但人們在經濟衰退時承受的悲慘與痛苦卻很真實。金融情勢可以恢復，歸根究底的關鍵在於數字，而數字可以無限延伸。

水卻不是無限的，我們不能假定大氣與水環境能讓我們予取予求，或是能承受我們給與的一切。有些地方我們取用太多，有些地方則是過度污染，兩種作為都無法長久。

但虛擬水「貿易」能促成平靜、有秩序、和諧的系統，讓我們誤以為一切都進行得很順利，而且會以同樣的方式持續下去。我們就像溫水煮青蛙，根本不覺得有必要跳出去。但我們非跳不可。

上帝為證，我永遠不要再挨餓。〔譯註：電影《亂世佳人》中女主角的台詞。〕

全球兩大重量級工業國已經交纏半個世紀了；過程異常激烈，且造成了意想不到的後果，讓全球農業貿易系統都受到影響，尤其是其他的小麥出口國和仰賴此一用水密集作物的進口國。這段漫長的全球纏鬥決定了所有參與者的作為——不論是互相競爭的出口國或進口國——此處所指的雙方是美國和歐盟。

一九五七年，歐洲六國簽訂《羅馬條約》，致力因應現代歐洲兩次可怕的機械化殺戮引發的後果。他們自知不過是舊帝國榮耀的影子。這些工業國家的政府擔憂的不是帝國的消逝，而是如何為歐洲人民提供安全、免於暴力的生活。

歐洲經歷過戰亂，以及遲至二十世紀中因戰爭引起的食品貿易的斷層，突顯出地區與國際的飢荒是真實可能發生的危機。歐洲因仰賴貿易而危險地暴露在糧食不安全的風險中。隨著歐洲走向療傷止痛，政治階層的注意力轉向確保歐洲人民永遠不再飢餓。但他們採取的行動後來卻造成了可能是人類史上最嚴重的貿易扭曲，對某些自然環境以及開發中國家的經濟造成難以言喻的傷害。歐洲既開始朝這個方向走，美國不得不回應，這一回應便導向全球小麥價格競相走低。

但首先要提供一個從整體脈絡來看很有用、但也令人驚訝的事實：小麥價格已下跌了一千年。

這句話非同小可，怎麼可能有這樣的事？這是因為農業的生產要素、生產制度、行銷與銷售的持續改良發揮了相當的影響力。

而且小麥價格下降是持續的趨勢。二十世紀後半在農藝與技術方面有長足的進步，人類尤其擅長改良肥料。過去的做法是比較沒有計畫的，只是略加改良大自然隨意產生的肥料灑布，慢慢地，施肥變成了融合頂尖知識與財務資源的生物科學。但我們會一再發現，小麥的成本會造成誤導。經濟學未能將環境成本納入考量，除非轉化為政府課徵的環保稅。以現代採用殺蟲劑、除草劑、肥料和耗能耗水的耕作方式來說，真正的財務與生態成本並未反映在小麥價格上。但這應該要反映其中的。

但過去六十年來將小麥價格進一步壓低的，並不是神奇的化學藥劑或是新穎的科技，而是因為歐洲的政治人物尋求糧食安全，以及美國以補貼政策因應，聯合導致這個世界有半價的小麥過度供應。

後來的歐盟開始透過共同農業政策補貼主食，保證以固定價格購買過剩產品。農人有很大的誘因去大量生產，實際上也的確這麼做。歐盟倉庫裡有數量龐大奶油和牛奶，以不可思議的虧損價格銷

EU、EC、EEC

歐盟（European Union；EU）是一九九三年根據馬斯垂克條約（Treaty of Maastricht）所建立，先前經歷過一段時間的發展。二次大戰一結束，西歐與中歐國家便開始走向建立政治聯盟與共同市場。一九五七年的羅馬條約創立了歐洲經濟共同體（European Economic Community；EEC），簽約國包括義大利、法國、西德、比利時、盧森堡、荷蘭，這些國家構成歐洲經濟共同體的六個創始會員。

售，對國外市場造成極嚴重的破壞——恰可證明這種不顧一切追求生產力的動力有多麼成功。一九五〇年代在新成立的歐盟（當時稱為歐洲經濟共同體），每一公頃的小麥產量高達三公噸，到一九九〇年增為三倍（九公噸）。同樣的，美國也因聯邦政府出手補助農民，使得產量大增。過去五十年裡，美國或歐洲共同經濟體／歐盟會員國內每一株小麥都是在補貼制度影響下生產出來的。

這對世界上多數人的飲食是很棒的發展。但成本與痛苦卻是由開發中國家的農民以及環境來承擔。

本章的內容

本章將好好檢視三個非常不同的工業國家，探討他們與水及虛擬水的關係。

首先是美國。美國在全球虛擬水「貿易」的劇本裡原本沒有角色，短短兩百年卻躍居主角。別忘了，虛擬水「貿易」從人類史前時期就已存在。

第二是英國。由於這個擁擠的小島擁有漫長的貿易史，因而特別值得

壓低成本與CAP的代價

儘管自世紀之交以來出現了一系列改革，共同農業政策依舊占了近半數的歐盟全部預算。二〇〇六年，這個數字是四九八億歐元，比二〇〇五年的四八五億歐元更多。

關注。英國自從兩百年前人口達到一千萬，便開始透過彈性的穀類貿易，仰賴虛擬水「進口」。英國的人口現在已到達驚人的六千六百萬，對貿易的倚賴程度很深，同時也管理得很好——雖然並不是所有的人都是贏家。

最後是西班牙。任何人只要曾享受過伊比利半島的溫暖氣候，應該都猜得出來，西班牙在所有的工業國家中，在用水方面特別會有問題。依工業國家標準，西班牙的水資源嚴重不足。但水龍頭還是繼續開著。此外，西班牙人仍享有糧食安全，這同樣是透過貿易達成的。連同以色列及新加坡，西班牙是對缺水威脅最具警覺意識的工業國家。西班牙政府與社會非常了解這個問題。我們在談到西班牙時，會提到愈來愈進步的措施：這個國家在虛擬水方面基本上處於光明面，雖則南部有很嚴重的問題。

第一部

美國：全球永續性水資源安全的關鍵角色

水資源漸減的危機就和我們曾面對過的戰時危機一樣嚴峻，攸關生死存亡的程度就和珍珠港或阿爾岡林山（Argonne）或蓋茨堡（Gettysburg）或薩拉托加（Saratoga）一樣嚴重。

——萊特（Jim Wright），美國議員與前眾議院議長

美國的大小與重要性也許被過度渲染了，但相較於為數不多的人口，美國的水資源確實具有全球重要性。美國在「消費」上無疑獨占鰲頭。美國人消耗的食品、購買的物品、使用的燃料比其他各國的人更多，美國人也用掉更多水：美國人的平均水足跡是全球平均值的兩倍。其他經濟體也有水足跡很高的，最明顯的是油藏豐富的中東國家。但相較於美國的三億人口，這些國家的人口數是比較少的，很重要的一點是：預計到二〇五〇年，美國的三億人口將增為四億五千萬人。

每個美國人平均每年消耗二五〇〇立方公尺的水，理由很多。一般美國人堪稱富裕，多半攝食許多肉類和其他家畜產品，如牛奶和乳酪，而且時常旅行，主要利用汽車或飛機。一般美國人也消耗多種產品與服務，無論是種類或數量都比其他地方多，而每一種產品與服務都包含水的成本。

數字背後

我們且更深入探究平均每人每年消耗二五〇〇立方公尺是什麼意思。

美國的水足跡大約有一九%來自虛擬水「進口」，這部分的一一%是農業商品，八%是工業商品。但美國在全球的重要性在於虛擬水「出口」。美國是極重要的淨「出口國」，每年的虛擬水「貿易」餘額五三．五立方公里。

這可是非常大量的水，美國的虛擬水淨「出口」足以滿足非洲撒哈拉以南全部四十三個國家的需求（除了奈及利亞）。只有澳洲超越美國，每年「出口」六四立方公里。澳洲人口相對較少，僅

二千萬，每人每年的虛擬水「出口」高達三三六立方公尺。儘管澳洲許多地方極度乾燥，廣大的領土仍有足夠的藍水與綠水足以自給自足，甚至還能滿足很多缺水國家的需求。

表3.1簡單地總結了各大陸虛擬水「貿易」的順逆差。世界其他地區的水資源安全都仰賴北美、澳洲和南美。北美與澳洲各供應約四〇%的全球水順差。目前南美僅提供二〇%。我說「僅」是因為南美是水資源最豐富的大陸，超出其他洲相當多。南美顯然還未發揮其潛能——這是非常值得慶幸的。有一天，南美的水資源順差將會變得很明顯，超越北美與澳洲的總和。這是很有用的——當那一天到來之際，我們會迫切需要那些水。

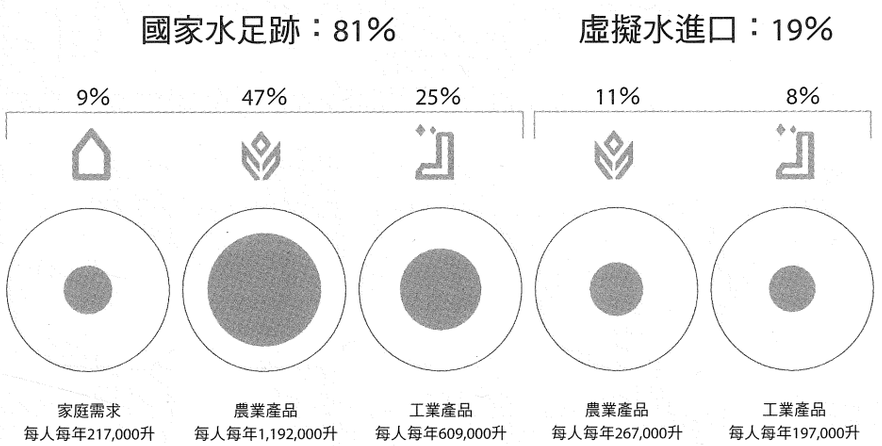
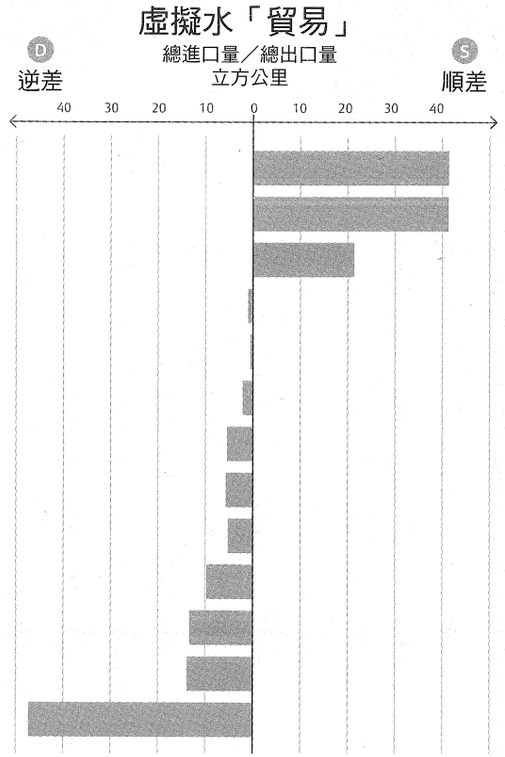


圖3.1　美國的水足跡。資料來源：查帕干與霍斯特拉，《國家水足跡》，二〇〇三年，國際水利環境工程學院。



順差　北美：41.37
順差　大洋洲：41.29
順差　南美：21.35
逆差　東歐：0.83
逆差　中非：0.44
逆差　南非：2.01
逆差　北非：5.35
逆差　西歐：5.61
逆差　中美：5.16
逆差　前蘇聯：9.64
逆差　中東：13.16
逆差　東南亞：13.83
逆差　南亞與東亞：47.23

表3.1　各地區依水與貿易的關係排名，一九九五-九九年。資料來源：查帕干與霍斯特拉，《國家水足跡》，二〇〇三年，國際水利環境工程學院。

美國的水歷史

前現代到現代後期只經過一百年

今日的價值觀和優先順序往往無法適用於昨日社會。我們如今應該以「審慎灌溉」為準則，因為只要進行灌溉，就會產生水源耗竭。

美國西部的水歷史很容易記錄，因為這段歷史很短。一八一二年美國與英國的戰爭雖然導致白宮被焚，華盛頓特區夷為平地，卻也讓這個年輕的國家大膽起來，開始懷抱愈來愈大的野心朝西部太平洋岸發展。此一發展對原住民與西班牙裔的墨西哥人造成了傷害——後者對該地區有限的水資源掌控甚少。到了一八六一年內戰時，美國已成為北美的主宰（當時的國界與現在差異不大）。

加州、新墨西哥州和德州是美國西南方新增的重要領土，這些全部都取自墨西哥。今日的亞利桑納、內華達、科羅拉多、猶它、內布拉斯加、達科他在當時是廣大空曠的土地，至少到內戰時（亞利桑納甚至到二十世紀初）都還不是州，而是合併的領土。這段簡短濃縮的歷史帶來啟示是：美國西部確實很年輕，土地本身雖是刻意取得，未來的發展卻是斷斷續續又沒有計畫，主要的影響因素不是什麼偉大的計畫，而是追求個人理想的淘金者、尋求牧草的牧場主人和分得土地的移民。

西部農場與牧場的發展是資本主義積極發展的典型例子——對自然資源的環境價值很盲目——結合資源、知識、科技、技能與家庭勞力，充分利用公家與民間在鐵路、港口、貨運與農場技術的投資。隨著資本主義的網絡向西擴展，同時也改變了土地，創造出新的現實。原本沒有基礎建設與經濟發展的地方，現在成了創造財富的農地，帶來跨越國界的移工，短短幾十年將美國西部變成全世界最富庶的農業區。

水的需求隨著財富西向移動。一九二〇年代，美國聯邦政府史無前例地大筆投資水利工程。無論從環境或社會來看，一九二〇與三〇年代的「水利工程熱」當然是極危險的。這背後的驅力考量的是經濟而非環境，目的在推動新農地的成長（亦即生計與獲利的成長）。在那個時期，環境永續發展與管理的概念是不合時宜的，大概沒有人想過可能會發生超建水壩的問題。超建水壩是個彆扭的用詞，突顯出人類的觀念還未能跟上現實。我們欠缺一個清楚、專用的字詞，描述美國政府在二十世紀初透過廣建水利工程對河流的所作所為。我們往往是事後才收集相關的用詞與概念，總要當發生災難後，才有適當的語言和知識能進行清楚有效的討論。

從二〇年代到七〇年代末，超建水壩傷害了水環境，也對美洲原住民社會與許多野生動植物造成致命傷害。美洲原住民社會一向比較能與自然維持均衡的和諧，他們是環境的守護者而非主人。但水利工程熱完全沒有考量古時候人與自然之間的微妙平衡。自然界與自然界的水——被現代人依據產業與意識形態的考量傲慢操縱——並不被人類視為夥伴，而是可被人類意志改變、展現野心的場域。

此舉的結果造成美洲原住民社會瓦解，生活與生計被破壞，其他部分的生存環境幾乎也蒙受致

命損害——五千萬頭野牛幾乎全數滅絕。西部的農地革命似乎創造了大筆財富，但其實並沒有想像中那麼可觀。如果經濟學有一套公式能計算二〇年代野心過大的水壩興建對環境與社會造成的傷害，如果農人與美國政府曾被迫省思商品貿易價格對環境的衝擊，故事的進展會很不一樣，現在也就不需要透過政治操作努力扭轉水權的過度配置。我們應該以「審慎灌溉」為準則，因為只要實施灌溉就會發生水源耗竭。

但我們不能以今日的價值觀與優先順序來看待昨日。到二十世紀末，世界上多數經濟體已在某種程度上倚賴來自美洲的虛擬水。二〇年代的水利工程熱在其中扮演重要的角色。聯邦政府將水壩、抽水和其他調水設施送到家庭農場，後來又送到企業農場，讓後者地位在全球市場舉足輕重。然後，這些農場的產品透過貿易提供全球各地所需的糧食與用水。美國讓水無限制地工業化，事後證明，讓美國經濟能以史無前例的速度擴張，對國際社會也有益，大幅增進了世界其他地區糧食與水資源安全。但輸家是美洲原住民、野牛和科羅拉多河；贏家則是水資源稀少但油藏豐富的國家。虛擬水的概念闡明了這個過去被隱藏的交易。

用更少的水獲得更高的價值——水的生產力

水的取得會產生成本，即使社會不願正視，也不能否定這個事實。幾乎各地的灌溉水都是以很低的收費輸送，因為農人希望也預期水是免費的，就像落在土壤的雨水一樣。一般人習慣付費取得家中可飲用的自來水，費用可能比農夫所負擔的高十倍至千倍。農工服務業使用的水才有生產力，一立方公尺的水能產出一杯或十杯的小麥。工廠可以減少生產汽車使用的水，汽車業者也常在企業官方網頁上驕傲地做此宣示。一個農夫使用一立方公尺的綠水及、或藍水，若能賺得〇·二美元就屬幸運了，他們一年使用的水可是數萬立方公尺。一個老師用掉的水不多——一年二至五立方公尺——每立方公尺的藍水所創造的服務價值相當於每年數千美元。高階銀行家使用的水一樣少，獲得的報酬是數十萬美元。一位經濟學家主張，當某項生產要素不足時，我們必須盡可能將那項生產要素的運用——以及相關就業——重新分配到更高價值的活動。農夫與政治人物對這些潛在基本原則不像經濟學家那麼信服。我們會發現，正確了解水的價值是根本的問題，但至今我們仍無法讓水的價值呈現在市場與供應鏈。

小麥成癮

美國農民與了不起的家庭式農業貿易公司從十九世紀中期開始，將小麥運銷到世界各地。這是虛擬水「貿易」持續性、策略性運用在全球的明顯例子。別忘了，生產一噸的小麥需要約一千噸的水。因此，出口小麥就是「出口」大量的虛擬水。自此之後，世界上多數的經濟體都仰賴美國農民與貿易商。可說你我皆對虛擬水「貿易」成癮。具體而言，許多國家因美國的小麥出口而能和平地確保糧食與水資源安全。

水的生產力與二十世紀後半

多數人若是很努力，在職場上一年可節省〇·五立方公尺的水。但在家裡，只要飲食適當，不要丟棄食物，一天就可以省這麼多。

世人通常對五〇年代持負面評價，但不論那十年的成敗如何，從那之後，水的生產力確實有大幅增長。水的生產力可簡單地定義為生產一美元的價值所需用到的水。在美國，水的生產力在整

個西部開拓期與二〇年代的廣建水利工程期都不斷穩定進步。從七〇年代中之後，儘管人口持續增加，生產力仍急遽進步。此一生產力變革的背後發生了什麼事？

首先，淡水的使用量趨穩，灌溉用水也減少了；同時，灌溉農產品的價值卻提高了。第二，美國的工業與服務業原本就呈多元發展且頗富生產力，其間兩者的產出與價值也都增加了。美國的水資源史帶給我們一個重要啟示：應致力利用較少的水獲得更大的價值。

基本上，美國工業與農業在用水上愈來愈精明。以工業而言，業者顯然有獲利考量，因此很願意處理用水成本：他們使用的是相對較昂貴的藍水——一立方公尺一美元。套用經濟學家用語，業者還未能將生產活動涉及的所有環境成本內化，也尚未負責恢復受損的水環境。立法機構雖朝該方向努力，但環境成本還未能完全納入農業與製造業商品的價格中。工業界的成績比較好，二十世紀最後二十五年裡，美國多數產業都能將減少約一半的藍水使用量。紙漿造紙業減少許多的藍水使用量，獲利因而得以提高。在這裡，環境與水資源管理的益處是正面的副作用。更晚近的發展是，企業責任觀抬頭激勵了企業制定政策以減少水足跡，但這主要是基於道德而非財務的考量。相關議題逐漸引起跨國企業注意，他們會將部分、甚至全部議程的重點放在企業責任、供應鏈正義以及「創造共同價值」上。

圖3.2和3.3顯示美國的用水生產力有明顯的改善。圖3.3右端的三角形印證了業界在該領域的創造力。我們能從用水中努力獲取的價值愈大，對世界上每個人的益處也就愈大。其中有一個值得慶幸的好消息：經濟進步能提升用水效率。這可成為水資源管理的聖杯，但首先我們必須讓社會有能力

圖3.2 美國用水的經濟生產力，單位是每立方公尺創造多少美元的國內生產毛額（GNP）（一九九六年）。

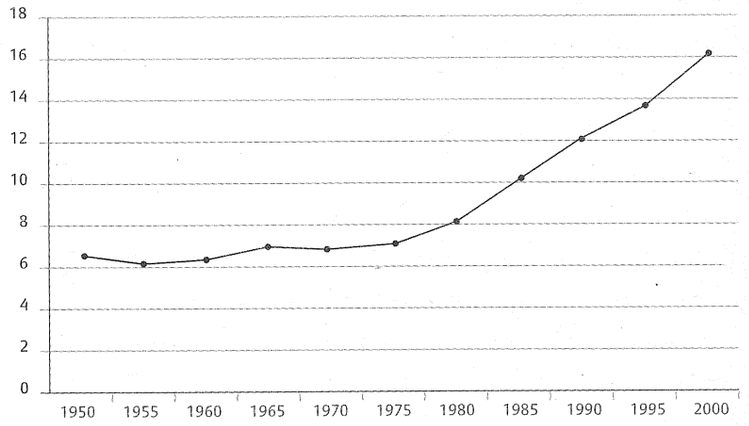
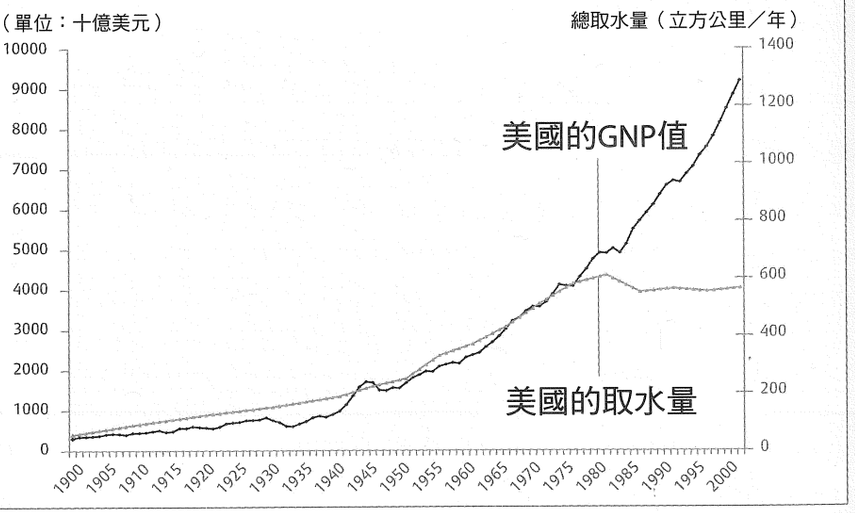


圖3.3 美國的GNP值與取水量（water withdrawals）



想像這個聖杯。有些人自認用水是個人權利，完全不顧集體利益。提高效率未必能矯正這些人過度用水的問題，不幸的是這是相當普遍的情況。

想想看，隨著經濟發展，民間、公家、志願部門（voluntary sector）皆創造出更多工作機會。無論是政策制定、教育、醫療、零售、娛樂與休閒、金融服務、知識、關懷經濟，這各式各樣的工作領域都有一個共通點——用水效率很高。他們每年創造出一萬至十萬美元的收入，每年每位員工或志工卻只需用到二到三立方公尺的水。放大範圍來看：別忘了，素食者一天的飲食用掉二．五立方公尺，葷食者更高達五立方公尺。投入這些公民營或志願部門的人，一年工作用掉的水還不及這一點點數量。一年可是有三六五天！我們在工作中多用點心，一年可省下〇．五立方公尺。但只要吃得對，不要浪費食物，我們在家裡一天就可以節省同樣的水量。值得注意的虛擬水「交換」正在工業國家發生。在一個經濟體系裡，這些虛擬水含量很少的工作讓家庭得以取用含大量虛擬水的日常用品。

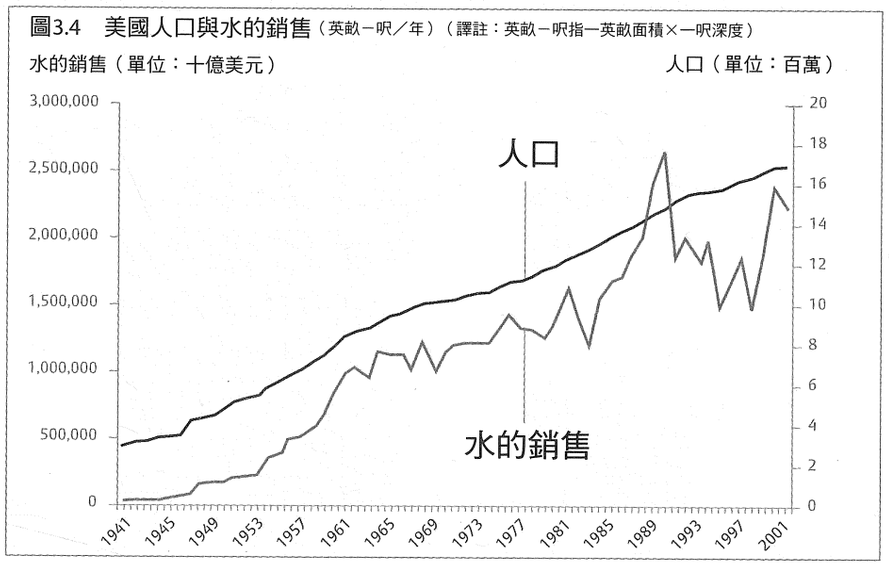


圖3.4　美國人口與水的銷售（英畝－呎／年）（譯註：英畝－呎指一英畝面積×一呎深度）

資料來源（圖3.2、3.3、3.4）：《美國的軟性做法》（*Soft paths in the United States*），收在布魯克斯（D. Brooks）等人所寫《善用既有的水資源》（*Making the Most of the Water We Have: The soft path approach to water management*），倫敦：地球瞭望出版社（Earthscan）。

水與經濟流程關係密切，因而產生了用水極有效率的產業。

工業部門的工作可能用水較多，但每份工作每年的平均用水量也只有一百立方公尺，比一般葷食者一個月的消耗量少很多。以耗水—財富創造的比例來看，農耕是較不利的產業，這部分的工作一年會用到十萬立方公尺。

本書的用意是幫助用水者了解自己與水的關係。包括在什麼地方用了多少水，使用的是哪一種水，尤其要協助用水者安享水資源安全——這要透過職業多樣化與貿易達成。對人類而言，這些過程還很新穎，無論是個人或集體的想像，都還未能跟上水資源安全的現實。在工業社會裡，多數產業與服務業的工作者都不自覺地以非常高效率的方式用水。但我們同時又嚴重忽略一個可能的發展：本國與世界其他國家的農民有潛力能進一步提高水的生產力。我們也嚴重忽略了不當飲食以及購買超乎需求的糧食再浪費掉有多麼愚蠢。水的生產力極為重要，我們不能因為不顧及人類與環境的健康而讓高生產力的奇蹟破功。人類該爭取每滴水生產更多作物、創造更多工作、付出更多關懷。世界再無他處比美國更需了解這三句格言。我們在本書討論中一再發現，解決水資源缺乏的問題若要跨出地區水資源的狹隘範圍，要仰賴水利產業以外的經濟流程。

展望未來：需求管理

或許我能提早宣布，工業國家大興水利的時期已告終結。我們看到讓人振奮的改變。在這些國家中，人們不再期待水利產業透過興建基礎設施滿足社會愈來愈大的需求。過去社會一味追求更大的水壩和抽水、儲水、運水的設施，但那已經過去了。現在的目標是提供誘因讓用水者更有效率。換句話說，供應面的管理退位，取而代之的是需求面的管理。

但要如何管理？

工業經濟遵循的是所謂「軟性」管理法，亦即透過規範與誘因改變用水者的行為。相對的，硬性管理法則是著重儲存、運送、抽取更多的水。自一九七〇年代以後，硬性管理在工業民主國家已是政治禁忌。只有碰到極端的災難時（環境、社會、醫藥或軍事方面），這些經濟體才可能再度使用硬性管理法。

軟性管理法有一些缺點，最主要的是這些方法非常耗費組織力。水的供應必須有一套可靠的方法量測與計算，必須任命管理者，還必須告知、勸誘、吸引消費者。這些都要花時間和金錢，要耗費政治與財務資本。以美國的用水為例，軟性管理法導致聯邦政府與美國農業遊說團體這個世界上最強大的遊說組織之一產生直接衝突。

美國的農業遊說團體是多頭蛇怪，組成分子包括不符經濟效益的小農場耕作的個人農民以及大型農企業。美國農民握有相當大的政治影響力，理由很多。為什麼要努力讓務農產業幸福繁榮？除了一般了解的經濟、社會、政治理由之外，還有情感與文化因素讓農民享有優勢地位。他們理直氣壯地自認是美國的支柱。美國夢，尤其是向西拓展的昭昭天命，根植於這塊大陸的土地與綠水，而最接近土地與水的莫過於農民。

但那些大大小小的農民並不孤單，身旁還有深具影響力的盟友，包括設備製造商、種子與肥料業者、重量級國際食品貿易商。當代全球規模的商品貿易誕生於十九世紀的美國，最早交易的商品是小麥、玉米、牛豬。同一時間正好是最後一次重要的西進，也是二十世紀前半水利工程熱的開端。若說現代全球資本主義是因為美國在西部拓建農業與基礎建設而奠基，或許太過誇張。但這句話就像所有誇張的論述，還是具有真實性。

因此，今日的農業遊說團體會有那麼大的勢力也就不足為奇。美國的政治人物得罪不起具有傳奇地位的特殊利益團體；農業遊說團體正是其中第一個、也是最特別的一個。繼任的美國政府與立法機構追求的政策都很支持他們，尤其是布希兩任總統任期內。這麼做有很多重要理由：畢竟這個產業扮演了拯救世界的主要角色。諷刺的是，這個產業也把世界帶向毀滅；不但破壞環境，還在不知不覺中摧毀低開發國家貧窮農民的生活。

十字路口的美國

美國面對一個歷史的抉擇：必須決定如何運用土地、水、太陽能的潛在龐大資源。首先，美國可以選擇繼續滿足本國大部分的糧食需求。第二，可以透過虛擬水「貿易」，繼續滿足其他水資源

匱乏地區的水與糧食需求。第三，可以進一步轉而生產生物燃料（這是由政府支持的計畫），利用作物與其他植物取代石化燃料做為運輸能源。但從糧食轉移到能源生產有其缺點，因而逐漸喪失吸引力——一般認為在環境或經濟上都無法長久。在我看來，最後的選項會是一場災難。從環境的角度來看，轉移到生物燃料號稱對氣候變遷有益，但這會因大量耗用土地與水資源而削減益處。利用糧食作物如玉米生產生物乙醇的水足跡太大，大到足以抵消任何潛在的環境效益。如果美國追求第一個選項而未向第二選項讓步，同樣令人擔憂。我們已變得極度倚賴美國的虛擬水「出口」。如果美國停止餵飽全世界，地球會變得既不穩定又不安全，而且是一夕之間就會變化。想起來就讓人心驚；我們或許要問，美國會覺得欠我們什麼嗎，何必要承擔這種英勇的國際責任？

用水生產力提升

如果這段簡短的美國水資源史沒有讓你吸收到什麼，請注意一個重要的事實。在改善全球用水生產力上，自一九三九到四五年的世界大戰結束後，美國得到一些了不起的成果。美國農地的綠水生產力以及灌溉地的藍水生產力提高了一倍以上。因此，美國能滿足本國人民大幅增加的需求，同時繼續「出口」虛擬水到全世界四分之三的國家。

但用水生產力的統計數字常會掩蓋其他重要的事實與過程。從某種意義來說，經濟多樣化有助省水。任何漸進的多樣化發展都能創造更多薪資優厚的工作，從而減少對地區水環境的需求。財富與水交織出讓人眼花撩亂的迴旋舞，互相牽引著向前向上走。即使後來分手了，舞步仍然繼續下去。

美國與虛擬水的光明面

確保安全

二十世紀中的美國有許多值得驕傲之處。無疑地，美國成功確保了人民的水資源與糧食安全，歷史上少有經濟體能長時間維持這項成就。不僅如此，美國還滿足了將近五十個水資源與糧食不安全國家的需求。美國透過貿易填補了這些國家飲食需求的不足，包括工業化歐洲的大部分國家與波斯灣地區全部經濟體。

從一九五〇年到二〇〇〇年，需要「進口」虛擬水來補足糧食與用水需求的國家增加至一五〇個。美國的農業有補助（仰賴其他國家難以比擬的水利工程建設），很樂於配合。我們看到一個水資源豐富、經濟多樣化的國家，透過虛擬水「貿易」很有效率地餵飽其他國家。這確實實現了虛擬水的光明面。美國滿足了自己與其他國家的糧食需求，幫助了窮國與富國，同時又能促進全球省水。美國的貿易官員自誇美國是負責的貿易國家，確實所言不虛。

幫助窮國與富國

便宜的進口主食對全世界的窮國與富國都有幫助。不論是日本這樣的工業化貿易夥伴或中東與

北非的石油富國都受惠良多。比較不幸的是較貧窮、資源又匱乏的撒哈拉以南國家。

例如埃及就是大贏家。埃及自一九六〇年代後期以來，以便宜主食的形式「進口」愈來愈大量的虛擬水。到本世紀末，每年「進口」近四十立方公里，為埃及總需求水量的一半。絕大多數埃及人收入不高，平價食物是很重要的生活條件，而政府則竭盡所能地保護該條件。美國的農業補助讓貧窮的埃及人三十年來能吃飽喝足，這是很了不起的國際作為。近年來，澳洲與南美的農民承擔起供應小麥給埃及的部分角色。但澳洲與阿根廷的農民必須與歐盟及美國的不公平價格競爭。

美國在過去十年來將聯邦補助轉移到生物乙醇作物。美國無疑為世界上的窮國提供了平價的糧食。雖然這並非出於純粹的利他主義，但美國政府部門與民間貿易公司都很喜歡將美國塑造成正面形象——很負責任地生產與出口糧食。這個形象或許有些偏頗，也不夠完整，但與事實並沒有太大差距。

美國也是全球最主要的糧食援助國。每當世界上某處的窮人遭遇天災或政治人禍，國際社會便會動員提供人道援助，其中許多是採糧食援助的形式進行。可以想像，其中有相當大的部分來自美國。相較於全球食品貿易的量，援助量就好像兩顆小麥隱藏在七十升的穀殼裡：數量小到微不足道。但及時可用很重要，這裡便突顯出美國與歐盟以大量剩餘糧食救助非常有幫助。當災難來襲時，容易取得的平價糧食可以救命。不過，這對開發中國家的農民收入有負面影響。

很有用的比較優勢概念

經濟學理論有許多法則；很多時候，現實會扮演心甘情願的共犯。首先應該解釋一下何謂絕對優勢。這是很簡單的概念，若是在生產某種產品時擁有絕對優勢，即表示能以同樣的產入創造更多的產出。比較優勢稍微不同，意指甲相對於乙擁有某些優勢，因而能以較低的成本生產某種產品。例如擁有更多更廉價、甚至免費的水，或更多更廉價的勞工。

美國的貢獻：改善全球的水資源不足

美國的經驗清楚顯示了虛擬水「貿易」能改善水資源的不足。這個過程或許是無心、隱形、虛擬的，但改善的效果卻很真實。

透過用水密集糧食的貿易，水得以從一個經濟體「移動」到另一個經濟體。站在環境科學家的角度來看，理想的貿易是讓水從過多的地區「移動」到不足的地方：例如從美國水源充足的平原移到阿拉伯被烈日炙烤的沿海區，或是移往非洲旱災飢荒頻仍的開發中國家，或「人口過多」的新加坡。需要解渴的經濟體太多了，迫切需要每一滴虛擬水「貿易」。國際虛擬水「貿易」能做的是突然、戲劇化、很有效率地將水、或者說水的虛擬效益，轉移到最需要水的國家，快速靈活、高效率地發揮工程或水利建設無法達到的速度與數量。

經濟學家對哪些事應優先處理可能會有不同的看法。只要對環境或社會不致造成負面影響，將寶貴的水從水資源匱乏的國家移走也可能符合經濟效益。當出口高價值商品如番茄和水果，以及乳製品與畜產品時，這些影響便很明顯。從經濟的角度來看，這是合理的，但從環境與社會的角度來

看確實很瘋狂。這樣的貿易會讓貧窮的農耕社區流失水源，而且這些社區的水環境通常已瀕臨過度使用，人們時時活在乾旱威脅中。市場無法整理和納入這些成本，便當作不存在。這是鴕鳥心態，把頭埋進沙裡，以為看不到危險，危險就不存在。由於美國在國際貿易中掌握絕對影響力，可說是全球節省用水的關鍵角色。當美國透過食品貿易將虛擬水「移往」缺水的國家，如埃及，便是透過高效率用水（美國的農民可從用水中得到高報酬）、可持久的方式從本地環境取水，讓另一個較不具彈性的水環境減輕缺水問題。這可以達到全球省水的效果，為水資源缺少的國家奠定水資源管理的基礎，但實際情況未必總是如此。

在食品貿易的領域中，國家若擁有豐富的自然資源（如土地和水），以及眾多勞工，理應享有農業競爭優勢。不幸的是，我們在這裡卻也看到農業補貼的現實打破了經濟法則。商品的生產力理應選擇生產要素（包括水）能得到最高報酬的地方，補貼卻會扭曲這個邏輯，所以開發中國家的農業會被工業國家傾銷的補貼貨打趴。這些工業國家其實應該專注經營用水報酬更高的產業。

農耕與水

最後的邊界

今日的社會已沒有多少神話，英雄更少。我們對宗教領袖抱持懷疑，不信任政治人物，冷眼旁觀地接受媒體的黨派色彩。老師、軍人與醫生成了較不受敬重的職業，因為政治環境往往將之與財務負擔及政府缺乏效率緊密相連，看待民間機構則是將之與冷血資本主義聯想在一起。

也許現在只剩農民還能構成偉大的文化傳說，從美國的浪漫牛仔到開發中國家那些在第一線對抗飢荒、讓人肅然起敬的村民。不論世界在政治或經濟上如何重建，不論地圖界線怎麼劃分，議會大樓或市政府上面升的是哪一面旗，世人總要進食，只有農民能把大家餵飽。

但這些英雄不像運動明星、流行歌手或好萊塢演員那樣被歌頌；他們享受不到財富、風采、名聲和崇拜。務農是世界上最辛苦的職業之一，雖然各地的耕法與作物不同，但都有一個共通點：不確定的時代、官僚體系和自然界難以掌握的因素，聯手讓農人的報酬極不穩定，遭受打擊時會非常慘烈。不論是在美國西部或印度次大陸，情況大致相同，無論地理環境如何，當地農人的自殺率通常都很高，甚至是全世界最高的。世界上最貧窮國家的農民境遇更悽慘，但無論在哪裡，農民相對而言都屬於職業最底層。

像美國這類工業國家有一個很重要的特色，就是能保護農業免於環境與市場的風險；世界上多數農民都沒有這樣的安全網。大自然之母的脾氣難以捉摸，簡直有如滿懷恨意，提供給我們的水往往少到不足以生產作物，要不然就是多到毀天滅地。貧窮的農民受制於氣候的反覆無常，原本就屈居劣勢，再加上土壤品質相對較低，更是雪上加霜。對開發中國家的農民而言，他們的命運可以一語概括：仰賴環境的慷慨。他們的武器只有土地、水和努力。工業國家的情況誠然大不相同，農民能取得的生產要素不只有三樣，而是可以多達一〇三樣。

我之所以要專注探討農民（而且是美國這類進步國家的農民），是因為他們對於全球人口的水資源安全非常重要。他們會餵飽本國的消費者，甚至還會將糧食送到國際市場——前面說過，多數國家能享有某種水資源安全，便是透過這個無形的方法。

我也要強調農民遭遇的困難，因為我們這些消費者的糧食與水資源安全都要仰賴農民。有人主張我們應該支持透過政策提供農民誘因，同時保護農民不受大自然與市場的變動影響。進一步確保全球水資源安全當然是可以實現的目標，但不能單靠市場的力量，必須有適當的水資源加上高明的決策，讓農民在管理水資源的同時，也能提高水的生產力。

美國農民與大自然及市場的奮戰大抵是成功的。不同於其他地區的貧窮農民，美國農民的生產力目標尚不致受土壤貧瘠或氣候多變的阻礙。在工業國家，當農民努力從大地擠出每一分生產力時，背後有龐大的科學與產業力量支持。以生化領域來說，他們有工業肥料、各種殺蟲劑和基因改造種子等多種武器。此外，農業機械非常先進，足以讓任何反對機械化的人擔憂到失去行動力。不僅如此，這一切的背後都有其他力量在支撐——組織與管理完善的農產品市場、各種食品處理設備、極佳的運輸與通訊基礎設施。可以想見，工業國家的農業發展很少憑運氣，整個過程採機械化、結構化，效率很高。窮國的農民面對的是雙重打擊，除了大自然會和他們作對，還有社會的動亂，例如內戰與缺乏法紀；富國的農民則是享有補貼、價格保證以及相對穩定的市場。

美國的農民就和所有先進ＯＥＣＤ國家的農民一樣，因為水的生產力高很多，因而能夠省水——若以噸計，今天農民的生產力是以前的五倍以上。能有如此成績，可是歷經了一個半世紀前未有的大農場政治學（big-farm politics）才促成必要的經濟與政治過程。我們能從各個面向探討這項發展的影響：首先，這項發展雖對農民造成重要影響，但並未讓農耕變容易；其次，對美國經濟的影響很難斷定；對全球經濟與糧食安全是必要的，一般而言也很有利，但對非洲撒哈拉以南的貧窮農民則有負面影響。另一方面，其對美國的環境也構成艱難的挑戰，因為集約耕作未必都能長期維持，但對全球環境具有重要的意義：約有一五〇個位於水資源較少地區的國家因而能保護本地的水資源，而不致過度利用。

水從不靜止

最能真實表現這句話的，莫過於虛擬水貿易的運作模式。這不是靜態的：目前是由水資源豐富的工業國家「出口」到水資源較少的地區。此外，工業國家彼此之間也廣泛進行貿易。二十世紀中以後的工業國家以及較晚近的金磚五國，生產力大幅進步，這種情形將會在開發中國家複製。隨著人口成長與財富增加，這些國家的用水需求也會跟著提高。同時，環保意識提高會促使世人將用水從農業轉移，目前工業國家已可看到這種現象。

為什麼說數字像野餐的煮蛋

因為硬一點遠比軟一點好。野餐時若是帶一顆煮得不夠硬的蛋，剝開後會是很難看的一團黃。太仰賴軟性數據的結果也是同樣糟糕。就像水煮蛋，數據有軟硬之分。硬數據是經過確認與證明的，在不斷變化的世界裡，硬數據可能是最接近真實的東西。軟數據則是無法取得硬數據時所使用的，或是用來為有權者的利益服務。別忘了，建構的知識能建立在軟性或硬性數據上，這種知識很容易顛覆觀察所得的科學——科學不可能使用軟數據。

軟數據以大膽的假設、常識、可靠但未經確認的資料混合而成。本書撰寫時，很多虛擬水的統計皆建立在軟數據上。虛擬水是新興概念，還沒有足夠的時間和資源產生硬數據。全球兩百個國家的環境與社經條件差異極大，使用軟數據是無法避免的。要創造出硬數據需要許多科學家與模型專家投入數代的研究時間，即使如此，收集到的部分資料也可能過時。真實世界的運轉速度比科學快得多。

但軟數據還是有其用處，不僅能闡明虛擬水的概念，也讓同樣有用的另一個概念——水足跡——更容易了解。因為有這些軟數據，透過虛擬水貿易達到的「流動」與「節約」便更容易量化。我們在此討論的是全球與地區水資源安全的急迫議題，就此目的而言，軟數據已足夠了。

奶與蜜之地：在加州沙漠種橘子

當加州在一八五〇年成為美國第三十一州時，幾乎沒有人住在那裡，但在發現黃金後，一切都變了。加州目前是全美人口最多的一州，有將近三千七百萬人。加州的成長未經協調或計畫，幾乎毫無合理之處，而人類的發展向來如此。加州的爆發與持續繁榮證明了確實存有一種不顧一切、無法駕馭的東西——也就是人類的精神。

到了二十世紀第一個十年結束時，南加州就已經沒有水了。百年後的今天，這裡卻是全美最主要的農業基地。若說這樣的轉折違反直覺，根本是太過輕描淡寫。就整個國家來說，美國的水資源足供所需還綽綽有餘。美國享有廣闊肥沃的土地，多數地區的水資源都屬中上。但因為一連串奇特的決定與偶然，導致美國大半農業都發展在西南部水源稀少的加州與亞利桑納州。

農民總是追著陽光和錢跑，水只能隨後趕上。加州為了將北部與東部的水引到陽光充沛的西南部，投入許多工程專業與納稅人的錢。他們建造大型水壩與管線，將水送到這個乾燥的地方儲存，農民與農業公司再據以創造出土地與水前所未見的神奇生產力。

加州的農業肯定會讓環境決定論者驚歎與不解。這個水源稀少的地區竟生產了近四百種不同的食物，包括全美國二二%的牛奶以及近半數蔬果和堅果，著實讓人吃驚。其中多半來自乾燥的南部。光是加州前二十大作物與家畜產品就貢獻了超過三百億美元的歲收；這等於是全美農業產值的一二．八%。如果加州七萬五千個農場、牧場和食品加工業者宣布獨立，他們的ＧＤＰ會超越世界上多數國家。美國人在沙漠上發展出不可思議的農業，創造出的經濟價值超過一百個國家。

這些糧食有大量出口到許多國家。二〇〇七年，加州一六%的產品出口到全球二百國中的一五六國，金額高達一〇九億美元。其中，歐盟、加拿大和日本占了五七%的出口市場——而這些

地方的自然水環境都比加州豐富太多了。加州的發展故事違反邏輯，一個乾燥的地區竟然可以每年出口約十立方公里的虛擬水。

被忽略的細節

這也許聽起來美好到不像真的，因為確實如此。坦白說，以「無法永續發展」形容加州的用水根本太輕描淡寫。水當然跟著金錢走，可能就像有些星球會將其他質量較小星球拉進軌道一樣。星球會因引力坍縮而向內縮入黑洞，加州龐大的農業也可能因為太興盛而不勝負荷。歷史上從來沒有出現水與能源的應用如此密集、快速、規模龐大。在財富與意志力的推動下，高明的技術與管理讓我們能發揮超越平常的能力。加州農業的故事或許可以一語以蔽之：有能力就去實現，不必問應不應該。

加州居民的家庭水足跡是全球平均值的兩倍，每人每年達二四〇〇立方公尺。他們對能源的需求同樣極大，每人的能源足跡在美國各州中排名第五。別忘了，美國的平均能源足跡是每年將近三十噸碳，為國際平均值的十四倍之多！三千七百萬加州人過度消耗能源與水的情況很嚴重，儼然將形成自然資源的黑洞。

簡短探討加州的水

你要如何買賣天空，或土地的溫暖？這樣的概念在我們聽起來很奇怪。新鮮的空氣與清澈的水既不為我們所擁有，如何能購買？地球上每個部分對我的人民都是神聖的。

——西雅圖酋長（Chief Seattle）

在北美洲的歷史裡，北美原住民的歷史可能是最具悲劇性的插曲。他們與環境和平共存，是地球的守護者。這並不是發生在遙遠的史前時代，在二十世紀初以前，北美原住民一直追求生態平衡。

簡而言之，從水的觀點來看，他們非常成功。西班牙人在從墨西哥進入加州以前，加州大約只有幾萬名原住民，一八五〇年成為美國的一州時，人口也只有九萬三千人，一九〇〇年增加到一四〇萬，上個世紀中大增到一千萬人，之後成長速度減緩，至今三千七百萬人。其中三分之二的人違背直覺地選擇住在非常缺水的南部。

金礦、龐大的灌溉農地、飢渴的綠色草地、家家戶戶後院維持一定溫度的泳池——這一切嚴重破壞了加州與鄰近各州原本就很稀少的水資源，如此強烈的貪婪絕不可能是無心造成的。無法規範

的地下水被超抽，水環境被過度使用到超乎理性的程度。

簡短檢視未來

但我們還是看得到希望。謹慎的觀念與掠奪的力量同時存在，正顯示出這個美國最特殊的特例充滿奇妙的矛盾。二十世紀末以來，加州也是全球綠色運動的首都。雖然還是過度消耗，但加州的用水量從一九八〇年開始減少，七〇年代以後用水效率也有顯著提升。我們看到了一線光明，只是還不足以提供具體的希望。

加州很特別，是政治經濟學的典範。結合了民間農民、州與聯邦的水利專業與雄厚稅金、龐大的勞動市場（包括穩定進入的外來移工）、領先世界的食品加工與行銷體系、社會與環保運動者能揮灑的空間，幾乎是沙漠的南加州一躍成為全球經濟與農業重鎮。妥善的水管理確保當地與世界其他國家的需求得以滿足。窮國與富國同樣得到幫助，國際上則達到節水的效果；可以說符合虛擬水光明面的所有標準了。

但這裡面有一個基本的問題。

這個奇蹟絕對無法永續維持。讓加州寫下出口佳績並從中獲利的水是補貼來的，水的成本是一則美麗謊言，背後隱藏著不美麗的事實。除了直接的農業補貼，南加州能享用外地送來的水，是因為州與聯邦都願意建設龐大、昂貴、說得天花亂墜的水利工程。這套供應與保存水的體系既不可行，也不容易複製。這些投資的成本加上超抽地下水以及從周圍引水的環境成本，完全沒有反映在加州出口產品的市價中。

改革已在進行，但步調由政治決定。強大的農業企業體系在華盛頓與加州首府沙加緬度都有無比的影響力。加州用水的真實成本是隱藏的，國際貿易的可觀獲利讓人產生錯覺，誤以為用水管理很明智也很有效率。虛擬水的所有黑暗面在加州也都可見。

加州的水奇蹟很矛盾，一方面看似發揮了預期成效，另一方面又像誇大不實的騙局。在造成傷害時似乎矯正了一些問題，在矯正問題的同時卻也造成了傷害。我們必須對虛擬水「貿易」裡看不見的力量有更深的了解，對水環境的限制有更成熟與務實的因應之道，才能讓缺點變成優點。我們已擁有必要的技術，也有足夠的了解，現在只需要誠實和意願。

第二部

英國：資本主義危機管理的縮影

歷史不過就是發生了一件又一件該死的事。

——湯恩比（Arnold Toynbee）

這部分的討論要利用英國的經驗，告訴其他地方正遭遇緊急用水問題的讀者（不論是質或量的問題），如何透過水利部門之外的方法有效解決。如果我們有強勁的經濟，能在分配與管理上有所選擇，水的問題是可以解決的。水的問題若發生在不夠多元的脆弱經濟體，便會釀成悲劇。此外，文中會指出，英國的經濟能享有水資源安全，虛擬水貿易扮演了重要的角色。

從最初開始

這是《愛麗絲夢遊奇境》裡紅心王（King of Hearts）的建議。但若要分析英國與水及虛擬水的關係，從結尾——或至少從現在——開始最有啟發性。

英國的用水歷程其實是比較少見、偶然、隨機、高度不穩定的成功故事。就如同這個擁擠小島上的許多事，最初並沒有清楚的目標，也沒有刻意協調的作為。英國人有一種心態，認為事先規劃違反運動精神，幾乎就像欺騙一樣。盎格魯薩克遜的菁英階層深以懷抱實用主義自豪——尤其是市場實用主義，雖則遭遇過幾次幾近市場失靈的嚴重後果。

但無論從農場的大水或個人與產業使用的小水來說，水的管理確實成效卓著。從一八〇一年簽署〈聯合法案〉（Act of Union）之後，英國農業的用水效率提升為十倍。也就是說，儘管同時期人口不可思議地成長了六倍，水資源安全卻優於兩百年前人口不到一千萬時。這乍聽似乎有違直覺，若再考量這些統計數字發生在大量都市化時期，恐怕就更難解釋了。都市的人口從來就達不到糧食與水的自給自足，歷史上只有鄉村能夠做到，而且有些地方至今仍然可以。

大頭針不只是大頭針（譯註：亞當．斯密在《國富論》裡以大頭針工廠為例，說明分工如何讓生產力增加。）

亞當．斯密是一個頗具爭議的人物，在過去兩百五十年裡被不同的意識形態與哲學派別擁護與拒斥。他是現代經濟學之父，自由貿易的知識先鋒，是印在英國紙鈔上的第一個蘇格蘭人。從馬克思主義者到貨幣學派的整個政治光譜，對他是既愛又恨；閱讀其作品的人和誤解的人一樣多，在在證明他的著作與理論有多麼重要。

他最重要的著作《國富論》可能是經濟學理論文獻中最具影響力的一本。勞動分工、看不見的手、勞動價值理論等概念常被人隨意議論，但這些人可能從來沒有翻閱過他那五大冊的巨作。我們在此處探討英國的水歷史，與此相關的是史密斯的一個論點：若容許自利與競爭蓬勃發展，便可結出經濟繁榮與社會幸福的果實。此一精神與英國人的性格與脾性非常吻合，根本已成為其後許多政治、社會、經濟決策與計畫的必要條件。

英國很重要的政治與經濟理論——新自由主義計畫（neo-liberal project）——將會從這個觀念的種子中衍生而出。內容厚實的《國富論》隱然將英國的重商主義打入冷宮，現代的市場資本主義於焉誕生。

新自由主義計畫

英國是第一個工業化的國家——當時的英國野心勃勃地要實現帝國夢，更是全球最重要的貿易國。我認為就是這個緣故，英國的水資源雖不足以滿足快速增加的糧食大水需求，還是應付得過來。英國雖沒有農業技術可提高水的生產力，滿足人口增加的需求，但有能力「爭取」美洲與其他地區的虛擬水。沒有人注意到英國愈來愈倚賴隱含在食品貿易裡的水，也就是其他國家的水。

英國的經濟快速走向多樣化，也讓政府有足夠的稅收可提供用水與下水道的設施，此外，小水的挑戰也能獲得妥善的處理。

資本主義的危機

英國的政治經濟學經歷人口成長、快速的經濟與社會變遷而存續下來，但過程中差一點夭折。馬克思在十九世紀中突顯資本主義的第一次挫敗，失敗的原因和水資源無關——這要到一個世紀後才會成為問題。資本主義似乎注定無法處理生產的主要元素——勞力——到最後自行調整，改善勞工的命運，同時體認健康的勞工更有用處，更具生產力，而勞工的健康又與水的供應與處理息息相關。

英國國內希望新自由主義失敗的人數一直不足。除了熱情的革命派之外，一般皆同意繼續含混度日比較符合共同利益，這種敷衍的態度常需要強烈的自欺。

新自由主義在處理勞工問題時經歷過第一波可能要命的失敗，現在正經歷第二波失敗——人們思慮欠周地對環境予取予求，已近失控。這次的失敗在於將工業廢棄物與含化學成分的農業廢水倒入河川、土壤和含水層，破壞了淡水與土壤水的資源。

不過，環保運動者已成功地將資本主義過去二十年來未能維護環境的議題推上台面。他們直指社會不該假定自然資源取之不盡，並堅信水與其他自然資源都是有價的。水不是免費的，也不應太過廉價，不能為了滿足人類的工業需求而將地球繼續當作水壺和廁所。企業與消費者不顧任何理性判斷，不顧擺在眼前的證據，硬是把地球變成毫無怨言的排水

生產要素

所謂生產要素，基本上就是用以生產產品與服務的元素。在十九世紀，生產要素只有勞工（工作能力）、資本財（所需的工具）和土地（使用到的自然資源）。到了二十世紀又加入帶有神話色彩的第四要素，企業精神。很重要的一點是，土地這項生產要素包含**水資源的充分利用**。要到亞當．斯密去世許久之後（不過幾十年前），保護自然資源才被納入考量。

破壞可以救命—其他措施也可以

流行病學與麻醉學之父斯諾（John Snow）在一八五四年時，拯救了倫敦蘇活區許多都會窮人的性命。他拿掉當地抽水幫浦的把手，讓居民無法為了滿足生物需求而毒害自己，從而避免霍亂大爆發。有時候，在用水這件事情上，面對知識不足的人確實有必要忽略其便利與假定。在當年那口致命毒井不遠處，有人開了一間豪華酒吧，便是以斯諾為名。有些人認為，酗酒者的便利與假定也應該被忽略。但談到水的價值與取用的方便，要如何忽略社會的便利與無知呢，這將是另一個會一再出現的議題。

溝，將集約農業與骯髒的工業污染全都倒入溝內。但環保運動者透過不懈的努力，已將環境議題推到集體意識的最前端。二〇一〇年，環境議題得到極大的政治關注，幾乎不下於十九世紀末麻煩的勞資談判，或是二十世紀華爾街與其他國家證券交易所的弊端。

世界仍在轉動

以上述關於勞工與環境兩項根本的失敗來說，不論在國家或國際層次，都和目前新自由主義的全球發展關係甚密。勞工、國際金融與環境：這些都是正在發生的問題。輪子還在轉動，燈光還沒熄滅，世界並沒有逐漸停止運轉或因毒害而滅絕，至少目前還沒。我們對問題的了解與因應進展緩慢，雖然已開始處理人類的放縱行為，但任務尚未成功，仍需繼續努力。

英國用水簡史

那雨啊它天天下。〔譯註：莎劇《第十二夜》（*Twelfth Night*）裡小丑費斯特（Feste）最後唱的歌。〕

英國人擅於發揮水資源的最大功用。在不列顛諸島，很少有什麼地方與明顯的水源相距太遠。無論從實質或象徵的意義來看，相較於多數國家，水資源絕對是英國的一項優勢。但很少人知道，英國水資源不敷使用的時間比多數國家更長。

十九世紀初是戰勝用水問題的重要時期。技術創新帶來用水供應與衛生的重大進步。快速都市化造成環境髒亂，伴隨而來的是可怕的傷寒與霍亂，但也因此讓人有動力與野心解決都市供水與污水系統，最後終能克服了這些問題。有了普及且可靠的飲用水與污水系統，力抗小水需求的戰役不久便得到勝利（小水是指供應高品質的自來水給家庭與工廠）。但這個過程卻忽略了糧食安全的大水需求。這是因為英國人主要是靠綠水種植的作物填飽肚子。以量來說，綠水是英國經濟的主要來源（約占八〇%）。這是免費的，也就沒有被列入考量。但一項作物不論是以英國的綠水或海外的藍水種植，價值並無二致。

一個明顯的例子是泰晤士河流域。這裡的水資源大約可餵飽與提供用水給二百萬人，但到了二〇〇〇年，泰晤士河流域供應的人口達一七五〇萬人。這是如何達到的？答案就是透過虛擬水貿易。倫敦大水不足的問題透過商品貿易補足，泰晤士河流域因而能輕易滿足家庭與當地用水效率極高的金融、零售、媒體、教育、公共服務等不算大的需求。

除了都市化、工業用水需求較低、貿易網很完備，還有一個因素讓英國對於用水資源不安全享有特別幸福的無知。那就是天氣，在英國更常被稱為**該死的**天氣。英國經常下雨，非常頻繁。如果這裡的土地翠綠美麗，應該感謝的不是詩人與藝術家豐富的想像力，而是雨水。因此，十九世紀的英國並未使用灌溉系統，到今天也用得不多，全部可耕地裡僅不到五%有灌溉設備。英國豐沛的雨水和土壤水很容易被視為理所當然，這已深植於國人內心，成為無可反駁的事實，就像每天日升日落一樣不需政策干預。十九世紀的英國政府當然不可能考慮綠水的經濟重要性，那就像發明電話的貝爾（Alexander Graham Bell）會發簡訊一樣時代錯亂。

紅綠燈獨缺藍色

我們根本不會想到水，水被嚴重漠視。這是很奇怪的，因為高品質的水和空氣一樣是具體、有限的資源，對生命絕對必要、又不可取代。我們的媒體與環境充滿水與水的意象，例如在廣告裡、都市的水景與公司裡讓人有安詳感的魚缸。我們直覺地明白水是生命的象徵。當我們傳送探測器到火星、月球或宇宙，我們搜尋的是水。我們腦中有一個簡單的邏輯，只要有水就有生命，如果沒有水……

自從世紀之交開始，英國的消費者對資訊愈來愈敏銳。超市貨架的產品詳列產地、到期日、糖、脂肪、鹽的含量、包裝過程、使用建議等。有時候甚至會看到農民的親切照片，附上簡短的訪問。要吃雞，雞的生活品質通常由動物權益組織把關；要吃牛，我們會知道那是什麼品種的牛；你要在大街買顆蘋果，很難不知道是哪裡種的。

但是水的成本卻完全沒有標明，雖然糧食公司與超市已在密切注意這個問題。由英國糧食標準局（UK Food Standards Agency）推薦的交通號誌標示法引起了激烈辯論，內有紅、黃、綠三種，獨缺藍色。沒有任何機制能告訴消費者他買的產品用水有多密集。也許他們想像的消費者腦中已塞滿商品的重量、成本、出產國、歐盟認可的食品添加物的E編碼、飽和脂肪含量等資訊，無暇顧及商品生產的用水量。商品包裝上的標示已過度擁擠，消費者的腦中或許也是如此？

同時，國際食品製造商與超市非常用心地研究供應鏈的水足跡。較貼近消費者的業者如雀巢、聯合利華、可口可樂、百事可樂與沃爾瑪確實都很樂意採取具公信力的必要措施，以降低企業聲譽受損的風險。至於「處理」更大量虛擬水的其他重要業者——如ADM、Bunge、Cargill和Dreyfus——到目前為止都拒絕被說服，不承認他們在全球的虛擬水貿易中承擔了很重要的比重。這些是私人企業，不必對股東或消費者負責；事實上，消費者對這些企業或他們的策略性市場實力都不甚了然。

不僅如此，農民也不習慣以這裡使用的分析方式理解水資源安全，但他們偏偏又比任何行業承擔了更多水資源管理的工作。試想像你在本地的農民市場對一位農民解釋：英國之所以沒有用水危機，實仰賴他所扮演的關鍵角色。那就好像說這個農人是個消防員或醫生一樣突兀，農民不會聯想到他大幅改善產量與水資源保育有什麼關連。對所有的非農民而言，怎麼可能會聯想到呢？水是免費的，經常從天空落下，頻率可靠到讓人覺得枯燥。這些是直接用水的人，卻不夠了解水的重要性，對於全球水資源有多稀少，或是他們在此缺水危機裡扮演的策略性角色太過無知，不知道自己在共同的水資源管理中正扮演關鍵的個體角色。他們只知道產量增加了，卻未將增加十倍的成績解讀為水資源安全的奇蹟，而且對於國家與全球都有很重要的影響。

圖3.5清楚顯示出英國的農耕生產力與用水效率有顯著的進步。圖左的馬爾薩斯缺口（Malthusian gap）張大嘴巴，看起來有些危險，閉合後在上個世紀後半反轉。從一八〇〇年到一九〇〇年人口明顯劇增，從九百萬增加兩倍以上成為三千萬。之後又增加一倍。耕地面積在十九世紀成長二五%，到二十世紀後半又以同等比例縮減。但還有一個重要的趨勢未被稱許，就是英國農耕

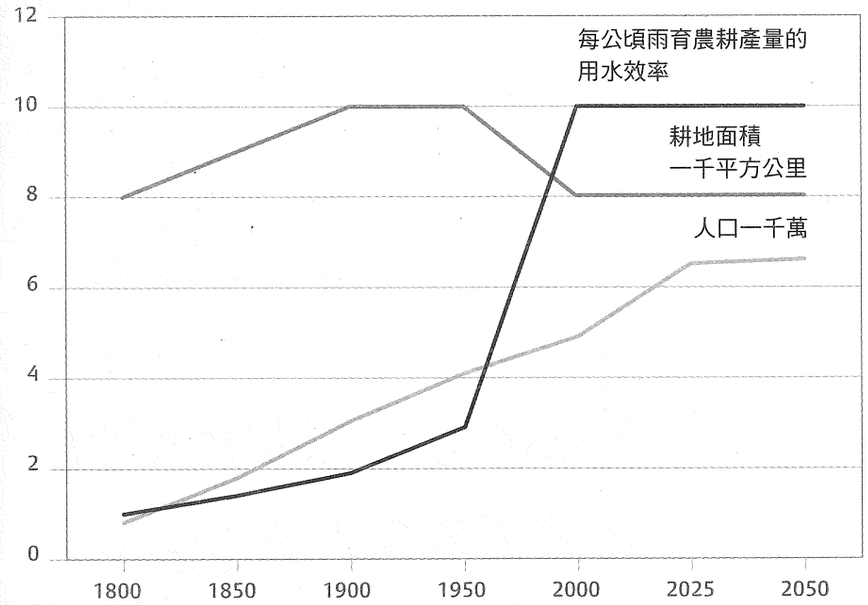


圖3.5　一八〇〇年到二〇五〇年英國人口與農耕用水生產力提高的情形。資料來源：英國國家與農業統計資料。

的用水效率呈指數成長。從一八〇〇年到一九五〇年，雨育土地的生產力增加為三倍；從一九五〇年到二〇〇〇年再增加為三倍。

農耕生產力的政治學

玉米不是雞飼料

英國人似乎習慣與歷史進展稍為不同調。有時候比較落後：例如文藝復興與宗教改革都比較晚一點；但有時候又跑在別人前面。到了十七世紀，英國終於耗盡了對內戰的狂熱，在這百年裡，英國也嘗試共和主義與革命。一七八九年法國巴士底監獄被衝破時，英國的憲政危機已經過去了。一八三

〇年與一八四八年歐洲發生革命，英國幾乎沒有感受到一點漣漪。一九一七年，俄國的布爾什維克（Bolsheviks）與孟什維克（Mensheviks）成員爬入冬宮，英國人搞不懂，其他國家怎麼沒在幾十年前、甚至幾百年前就把這些不愉快的事拋諸腦後。

保護主義之死也是如此。每當有人提及共同農業政策的改革，法國便本能地退縮，轉移目光。美國的政治人物無論左右派、無論聯邦或州，都能自在地譴責生產與貿易補貼，同時賣力推銷自己的出口產品。中國人會禮貌地微笑，心想你一定是瘋了，才會建議廢除政府對產業的所有資助，讓國際市場那隻看不見的手不受阻礙地靜靜介入。但在英國，早在一八四六年通過了〈進口法〉（Importation Act）時，就已對貿易限制揮出致命一擊。事後證明這在經濟上是合理的，因為用水密集的糧食作物能輕易地以低價進口。在政治上也很可行，因為勞方勢力薄弱，還是願意受雇於新的產業。對快速發展的英國經濟而言，遭遇水資源不足的問題不會引起注意，也不構成問題。至於現代貧窮的非多樣化經濟體，例如非洲與亞洲的很多國家，則是很難去正視水資源不足的問題。

十九世紀初，面對國際貿易的日益重要，英國的地主階級仍嘗試保存財富與權力。一八一五年通過的〈穀物法〉（Corn Laws）是他們的最後一試。〈穀物法〉的正式名稱是〈進口法〉，主要是為了保護國內物價而對所有的進口貨課徵懲罰性稅金。此法為當時的英國農業帶來無價的財務健全與保護感，但與當代英國的政治哲學嚴重不協調。整體而言，自由貿易對帝國時期的英國非常有利。

如果不了解十九世紀初的英國農耕，便不可能了解與追蹤虛擬水對英國的意義；而要對當時期

的英國農耕有絲毫了解，必須對〈穀物法〉的重要性有一些概念。穀物法在政治上是當時極具爭議的法律。一八四六年，廢除〈穀物法〉導致執政的托利黨（Tory Party）分裂，主張自由市場的皮爾派（Peelites）跟隨去職的首相皮爾（Sir Robert Peel）投入輝格黨（Whigs）與改革派（Radicals）的懷抱，最後形成英國現今的自由黨。

英國在拿破崙之後的歐洲的優勢地位已是愈來愈明顯的事實，注意力自然轉向內部的改革與重整。話說回來，一八四六年〈穀物法〉的廢除並未讓英國的資本主義一蹶不振，但對於富有的地主階級與鄉下的窮人確實產生極為負面的影響；鄉下的窮人必須前往不斷擴充的都市中心裡糟糕至極的工廠工作。他們只能跟著錢潮走，這可能很符合亞當．斯密的預測。十九世紀後半發生的礦業與製造業的勞工危機，比穀物法引起的爭議更明顯，猛烈的衝擊促使資本主義走向了改革。勞工在工業中心比在分散的鄉村更容易組織起來，農民革命在英國向來不太成功，這一點與中國大不相同。

再論共同農業政策

〈穀物法〉廢除後，英國的糧食生產與用水效率還能繼續累積發展的動能，這當然有違常識判斷。但在二十世紀前半的窮兵黷武與經濟危機之後糧食生產與用水效率突然大增，卻完全可以理解。前面說過，歐盟（當時稱為歐洲經濟共同體）的共同農業政策提供貿易保護與生產誘因，包括以保證價格收購保證數量。以市場干預來說，共同農業政策遠大於〈穀物法〉，就像世界大戰的大屠殺遠遠把拿破崙為一統歐洲的野心所造成的破壞比下去。到了二十世紀，歐洲已沒有工業屠殺的胃口，改革與合作似乎更有希望。

有些人主張競爭永遠能帶來最高的效率，或是國家的相對優勢永遠必須凌駕國際的集體主義，但近代歷史經驗提供了非常清楚的反證。共同農業政策的實驗讓歐洲的農業生產潛能發揮到極致，透露出兩個重點。第一，採取高產入與高產出的農耕能創造超高的用水報酬；若將資金投入技術與科學，成果能明顯反映於用水的報酬。第二，共同農業政策清楚顯示，政府高層提供的價格保護與其他誘因，會對經濟與環境造成負面的影響。

很多評論家認為共同農業政策很荒謬，他們通常是政治右派。很多人是我所謂的基本教義派經濟學家，任何事若是會讓他們的理論純粹度受到些許污染，他們都拒絕承認其中存有任何價值。理論家的立場就是這麼讓人「羨慕」；只要與其觀念相符的就是正確性已獲證明，是經驗現實（empirical reality）應該趕上來才對。

反對共同農業政策的人能提出許多批評。一九七〇年代與八〇年代傳說中的奶油山與牛奶湖是真的，那是過度補貼農業所留下、會朽壞的遺跡。這種過度生產的衝擊對實施共同農業政策的國家微不足道，農民的努力都能得到回報。至於接收傾銷補貼產品的其他國家，其所受的衝擊則是另一回事。對於沿岸城市快速擴充的開發中窮國而言，這些產品在經濟上是幾近致命的鴉片。開發中國家會倚賴這些廉價食品，本地農業同時會被削弱，導致窮人更多，更倚賴進口。因補貼而成本減半的產品被送到窮國的海岸城市，這比從遙遠農地用卡車沿崎嶇道路運送更容易，接著該國便會陷入經濟萎縮與貧窮的惡性循環。

但對水專家而言，共同農業政策、美國農業補貼、美國對水利基礎建設的龐大投資等等都極具價值。這些實驗顯示稀少的水能有多少生產潛能：大體而言，我們看到的是很正向的結果。英國的例子顯示，我們愈來愈善於將水資源，尤其是綠水資源，用於農耕。隨著一國走向經濟多樣化，重心移向用水較少的金融與服務業，自然能提高用水效率。更值得注意的是，隨著國家財富增加，農業本身也會提高用水效率。很重要的一點是：誘因、補貼、價格保證等或許有太多人為的成分在內，但產量增加是很真實的。因此，同樣程度的生產力應該也能在政治經濟紛紛擾擾、市場機制又不完美的「現實世界」裡達成，無論在物理、地理或環境上都沒有理由做不到。我們能將共同農業政策視為一個**龐大的實驗**，目的在於回答：農業能達到多高的用水生產力？如今我們已經有了答案。接下來要探討的是：如何在管理水環境的同時複製此生產力，而不需要用到無法永續發展與不負責任的補貼？

我們已從共同農業政策得到一項確切的知識，在面對各種不確定因素時，可以去除一項變數了；這是很可喜的。歐洲或許值得為此付出稅賦成本，開發中貧窮國家承受的負面衝擊卻未必值得。歐洲在運用水與其他自然資源時自有一套方式，與遵循自由市場原則的農耕經濟（尤其是無視環境原則者）截然不同。他們讓農業生活維持不變，協助鄉村因應作物與家畜生產集約化的新挑戰。這種轉變通常並不容易，若是沒有共同農業政策的保護，又會更加艱難。在法國與擁有龐大農業人口的其他歐盟國家，支持共同農業政策的聲音仍然很大，他們讓鄉村能以較人性化的速度轉型。

競爭或許能鼓勵謹慎創新，絕對的財務穩定則有利另一種創新——勇往直前、富想像力，有時候甚至是徹底革命性的，例如用水生產力的改善。

過河拆橋

比較與對比

理論上，文化與金融全球化對所有的國家都一視同仁。事實上，財富、生活品質與壽命等標準是由工業國家設定的。在國際經濟競賽中，其他國家只能拼命追趕。有些國家憑藉財力、軍力或資源優勢，得以享受所謂的「加速發展」（accelerated developed）——按照西方人的傲慢定義，這意思不過就是比其他國家更快速地變成和西方一樣。日本便是快速超越過去的較繁榮的國家，其他國家仍舊瞠乎其後。

若是拿今日開發中貧國的農民（尤其是非洲）與十九世紀初的英國人相比擬，這種比法並不誇張。兩者的經驗與情況都很類似，最大的差異是前者的處境還更為艱難。一八一五至一八四六年間的英國農民受益於重商主義與保護主義的最後奮力一搏。英國透過與歐洲的貿易得以降低主食的價格，這一點恰符合亞當．史密斯的觀點。便宜的進口貨多得是，人們何必購買昂貴的國貨？英國的地主不甘心被黯然淘汰，不甘心產業與歷史的經濟優勢就此終結，他們決定反擊，但最後失敗了，

而且是慘敗。

乍看之下，十九世紀初的農民與現今開發中國家的農民極相似。今日的工業國家將廉價、且通常接受補助的農產品傾銷到開發中國家。在這場經濟戰裡，雙方的競爭實力完全不對等；相較之下，大衛與巨人歌利亞就像大象與蒼蠅一樣「均衡」。開發中國家天天都在本地市場與已開發國家狹路相逢，被痛宰壓制。台面上，一部分戰事是透過世界貿易組織進行。開發中國家被命令要開放市場，被禁止課徵進口稅或補貼自己的產出。工業國家被勸告重新考量保護措施，被督促要控制自己的農企業不要太衝。命令弱國，引導強國，這是一貫的作法。棉與糖最糟糕的問題倒是得到處理，但這是較少見的例子，而且是經歷了數十年的爭辯才達成的。

這樣的比較若有啟發性，對比的結果則讓人不安。弱國完全沒有勝算，他們不像兩百年前的英國有快速工業化與多樣化的經濟。維多利亞時代初期的英國農民紛紛前往工業城鎮追求另一種生活，但那樣的生活在今日非洲撒哈拉以南卻找不到。維多利亞時代的都市移工追求夢想，對今日非洲撒哈拉以南千萬貧窮的農戶而言，等待他們的不過是殘酷的折磨。他們困在作物生產力愈來愈低與用水生產力更低的循環裡，經濟環境不夠多樣化，對未來無法抱持太高的期望，其他的就業機會又很少。一八四六年，英國離鄉背井的鄉下居民能安慰自己，還有機會變身成世界霸主大英帝國的無產階級。他們或許只是史無前例的經濟機器裡的小人物，但畢竟還是個人物，還有能力餵飽自己。非洲撒哈拉以南的農民卻沒有一個強大的工業帝國經濟在等著他們。

上述比較中唯一的例外是南非，這個金磚五國裡的「S」。不同於非洲撒哈拉以南的其他國家，南非享有相對較為多樣化與進步的經濟。南非在農業方面的用水生產力與報酬率有相當的進步。增長的幅度雖不能與工業國家在高度激勵、受保護、金融穩健下所扶持者相比，但與廢除〈穀物法〉之後在英國所見的差異不大。

地球只有一個：水是不能忽略的議題

水在農業上是限制性的環境資源，沒有水什麼都免談。我們有人力資源、有農耕技術，甚至已能相當程度掌控穀物與蔬果的基因。我們還有土地、許多的土地，但農民或全球投資人對太多的沙漠土地沒興趣，雨育土地才有用，或至少必須是工程師能引水過去的土地。

一地能否取得水主要乃由環境決定，水的生產力卻不是，水的生產力取決於至少二十種的生產要素（但農民未必全都能取得），以及這些生產要素的組合方式。開發中國家的農民被迫陷入愈來愈嚴重的貧窮，又無法透過政府協助脫貧，根本無法提高用水生產力，更遑論像十九世紀工業化時代的英國，或像歐盟因採取共同農業政策而創造驚人的進步。

你應該向政治人物陳情，調整你的購買行為，甚至走上街頭，抗議開發中國家的鄉村陷入嚴重的貧窮。理由很多：這會貶低我們和他們的人性；會導致每年數百萬人、尤其是孩童無辜喪命；會破壞地區政治的穩定，助長區域、國家與國際間陷入武裝衝突。現在你又有一個新的理由：水。凡是會造成鄉村持續陷入貧窮的問題，都會直接影響地方與全球的用水生產力，同時對全球的水資源安全產生對應的連帶影響。貧窮對水資源確實是很不利的因素。

用水效率的政治學

提升用水效率不只需要技術，還需要資金與政治。十九世紀與二十世紀上半的英國農民利用相對低產入與低產出的生產模式，讓用水生產力成長為三倍。從農耕技術與取得水資源來看，英國從十九世紀末到二十世紀上半並沒有多少改變，但一九五〇年之後，農民在溫帶作物上卻能達到自給自足的程度。到底什麼地方不一樣了？答案是政治。

試想像，若有足夠的政治意志提供誘因給農民，金磚五國與開發中國家將會對全球釋放出多少潛能。印度讓我們對這個充滿機會的美麗新世界多一份了解與期待。儘管印度人口狀況頗富挑戰性，二十世紀後半的印度在用水生產力與作物產量兩方面分別增加為四倍與五倍。當然，這需要新的技術以及新的種子。但更重要的是為生產者提供市場保護與財務誘因，包括棘手的能源補助。還有水，以及用水效率的提升，尤其需要有足夠的政治決心來推動這些創新的做法。

現今全球約二百個國家中有一九〇國在做的事，正是十九世紀英國所做的。請坐好，放輕鬆，讓虛擬水貿易代勞。這一切甚至不需要正式運用到虛擬水的概念，世界上有哪一國的政府將虛擬水的概念用到水資源管理策略上？沒有。但情勢正在改變，英國長期以來一直從虛擬水貿易獲益，很可能成為理論的先鋒。這一次英國或將證明自己站在歷史上正確的一邊。

浮在虛擬水上的島

虛擬水為我們做過什麼？

虛擬水為英國做過什麼？列出來洋洋灑灑。若沒有虛擬水貿易，不列顛群島過去兩百年的歷史將會完全改寫。十九世紀時，英國從新世界的廉價主食，例如小麥，「進口」虛擬水，才能維持穩定的經濟，一步步邁向糧食自給自足與水資源安全。

大英帝國在二十世紀中逐漸式微，蕞爾島國大約只能做到四〇%的糧食自足，逾百年來都是靠虛擬水「進口」彌補不足。英國歷經兩次慘烈衝突的後遺症（尤其是一九四〇年陷入可怕的孤立），糧食與水資源安全如此仰賴其他國家，在政治上與情感上都非良策。戰爭期間赤裸裸的痛苦因此促生出保護主義的萬靈丹，也就是一九四七年的〈農業法案〉（Agriculture Act）。

該法案反映出四〇年代末英國與統治階層間的氛圍，其目標是確保有效率的農業生產與適當的農業條件。

我們且快速看一下法案內容，尤其是關鍵的章節與步驟：

> 立法之目的是為農產品……提供保證價格與穩定的市場，以促進及維持……穩定有效率的農

業，能在符合國家利益的情況下在英國生產本國所需之糧食與其他農產品，並能以最低成本生產，前提是讓農民與農工獲得適當的酬勞與生活條件，讓產業界投入之資金獲得足夠的報酬。（文中隻字未提環境或水利產業的管理！）

讀者若覺得這內容似曾相識，那是因為真的很相似：這是經過社會主義過濾的〈穀物法〉，可怕的戰爭讓人更加一心一意朝此方向前進。內容中談到確保「適當的酬勞與生活條件」而不是地主的利益，但其他方面和穀物法差異不大。

〈農業法案〉發揮很大的效果：雨育農地的作物與家畜生產力爆增，讓我們見識到用水生產力的革命。英國到了一九七〇年代，再次達到溫帶作物自給自足，不再是小麥的淨進口國。對虛擬水「進口」的倚賴從六〇%降到四〇%。很重要的一點是，這四〇%裡有很大一部分是英國從未生產過的東西（除非因劇烈氣候變遷的意外導致作物也發生變化）。

肥水不落外人田

二十世紀後半，歐洲共同市場創造了食品貿易熱。英國的參與程度不算小，一九七三年加入歐洲經濟共同體後貢獻更大。

全球虛擬水貿易有極大比例是在歐盟會員國之間發生。上個世紀末，歐盟內部平均每年的貿易量是六十九立方公里。擴大範圍來看，依據聯合國機構的資料，全球十三個區域之間的虛擬水貿易平均二一〇立方公里。其中大約三分之一是由歐盟包辦；若考量歐盟人口僅三億，這個統計數字更驚人。最近因歐盟擴大，人口增加到五億。對比之下，北美地區的美國、加拿大、墨西哥總人口約四．五億，一年貿易量只有十九立方公里。當然，如果將美國視為四十九個次經濟體，內部的虛擬水貿易將和歐盟內部一樣多，甚至更多。相較之下，東亞與南亞的二十六億人口占全球三分之一人口數，卻只占國際虛擬水貿易很小部分：約一〇．五立方公里。

從這一連串統計數字能得出很多有趣的結論。很重要的一點是，可看出貿易仍是富國的專利。富國的貿易量很大，窮國相對很少。當然，更引人注意的是，歐盟的虛擬水貿易量超乎比例。

WTO與承擔環境管理的觀念

WTO：刻意忽略的議題

WTO（世界貿易組織）——及其前身烏拉圭協商（Uruguay Round）——的談判速度奇慢無比。WTO處理糖補貼的方式充分顯示其荒謬與遲滯。依據純粹的常識判斷，若能妥善協調全球秩序，必能有助促進高雨量國家生產甘蔗。從經濟的角度來看也行得通：這些國家幾乎毫無例外都很窮，勞工便宜，氣候適合生產少數幾種糧食作物，加上豐富的土壤水，顯然享有簡單的相對優勢。這些國家的貧窮農民必能因全球對其產品需求強大而獲益，畢竟每個人都需要糖。

從上述例子可以清楚看出，自由市場只對工業國家的傻瓜有利。熱帶貧窮國家的農民必然感受到自己遭受粗暴對待。工業國家對於大力補貼自己生產的甜菜並沒有哲學或意識形態上的反對理由——至少不見決策者極力明確表達出來。從政治面來看，共同農業政策的設計者認定糖的自給自足很重要，美國的立法者同樣如此認定。一項政策一旦被奉為神聖的觀念而入法，必須耗費很大的力氣才能從政治體中拔出保護主義的梗刺。美國與歐盟的農工業者握有極大的勢力與影響力，任何改革都可能立即被其阻遏。沒有一個產業會主張削弱自己的利益，沒有一個國家會甘心將寶貴的GDP拱手讓人。

因此，在英國、歐盟與美國的農業政治運作下，經濟學、常識與正義就被輕易地忽略掉。這一切的背後蘊藏著用水效率的問題。讓雨水豐沛但缺乏資金的國家公平地在糖市場競爭，不僅符合經濟考量與社會正義，也能讓全球用水效率提高許多。水不知道國界，也不在乎補貼或GDP。很少有國家擁有水的主權，如果要協調如何運用一項全球共享、愈來愈稀少的資源，便沒有道理主張惡性競爭。工業國家的決策者縱使靠著補貼甜菜生產而能在政治上加分，這在一個糧食用水遭受嚴重破壞的世界裡也沒有價值。我們再次看到，影響用水效率或無效率的主要因素並不是萬能的市場或小心保護環境的態度，而是追逐自利的國家政治與市場政治。

環境管理及其對水資源管理的影響

環境意識過去曾是熱中護林的環保運動者或被嘲弄的學究派的專利，但現在已被主流接納。環保運動者走在最前端，學界跟著採用他們的訊息，到了七〇年代，科學家也加入陣營，提醒世人不應誤以為地球能無止盡地提供資源與吸收污染，這是很危險的錯誤觀念。

行動主義者從五〇年代開始逐步闡明他們的論點。八〇年代開始則有文化上的改變：愈來愈多人主張，面對環境與自然資源的態度，應考量永續性的問題，而永續性在當時是新的詞彙與概念。政治人物雖有強大的相反傾向想壓低政府的角色，同時大力推崇民營化，畢竟也逐漸聽進了這些聲音。過去三十年來，我們在推動保護水環境的政策上看到了堅實、不可逆的進步。其中，美國的腳步最快，在一九七一年成立環保局（Environmental Protection Agency）。英國實驗過各種機構，目前是在環境、食品暨鄉村事務部（Department for Environment, Food and Rural Affairs）底下設有環境局（Environmental Agency）。二十世紀第一個十年尾聲時，環境相關立法已有不錯的成績——除了制定規範，也力求實踐。雖然不免遭遇到利益團體的政治阻力——其中包括歷史悠久、強大的農業遊說團體，以及較年輕、較具活力的種子、肥料、農藥業者——導致進步速度較緩與成效不如預期，但我們不會再走回頭路。環境是政治機器處理的議題之一，農民愈來愈能體認自己是環境的管理者。農民不只是生產者，同時還扮演了管理者的角色，這一點已開始得到社會重視。

領導世界……或者未必

一九八九年，英國將水利產業民營化，被宣揚為英國領導世界的絕佳例子，酷愛民營化的佘契爾夫人更是大力讚揚。這個做法後來被非正式地稱為英國模式，在此模式下，供水權與主要由地方擁有的資產與設施可被出售。反之，依照法國的民營化模式，國家保有資產的所有權，由地方政府機構與民間企業負責分配。

法國的模式已被全歐洲複製，德國百年來一直採取類似做法，英國模式無人模仿。若說英國模式能提升水的品質，反映的主要恐怕是一九八九年英國飲用水的艱難狀態，而不是大規模民營化的成效。不過，全世界目前仍有約九成的飲用水與衛生系統未民營化。佘契爾夫人一九八九年的實驗——以及造成的水貧窮（water poverty）、戶外用水限制、基礎建設的投資零零落落等社會後果——確實證明對世人是一則很有啟發性的案例，雖然這效果可能與佘契爾夫人的期望背道而馳。英國的民營化模式雖然奏效，但是否能永續發展還有待證明。目前，資本主義的核心——紐約市與共和黨大本營德州的中心——仍抗拒家用供水服務的民營化。

請注意，英國藍水的民營化著重處理家庭與工業的水利服務，亦即小水。英國的農業很少用到藍水。

英國與藍水法則

這是一個簡單的法則：凡是實施灌溉的地方就會耗竭水源，毫無例外。英國的藍水史出奇的短，在英國住過的人都會同意，雨育農耕實為大宗。英國的可耕地到一九五〇年只有一．五%有灌溉設施，這個數字到了二〇〇〇年，仍然只有五%。在英國，能因灌溉而獲益的耕地恰好是缺乏藍水的地方。舉例來說，東安格利亞（East Anglia）是英國雨水最少的地方，幾乎是半乾燥狀態。那裡的大部分耕地本來就是利用北海（North Sea）邊的沼澤地勉強形成的。在水資源方面，氣候變遷的預測也沒有帶來什麼好消息。如果夏季雨水減少，灌溉的需求會提高，但灌溉的潛能會降低。農業必須調適，亦即盡可能發揮綠水的最大功用。

不可避免的未來

泰晤士河蜿蜒流過倫敦，流得很緩慢，一切都是慢條斯理，急迫感只存在他方。英國家用水的效率問題也是如此——雖然有進展，但很緩慢。

從農地到糧食

二〇〇一年爆發口蹄疫危機之後，英國農漁業及食品部（Ministry of Agriculture, Fisheries and Food）在政治上喪失了信用，英國的環境食品暨鄉村事務部便是在這樣的餘燼中站起來。很多人對這項改變嗤之以鼻，認為不過是美化形象。口蹄疫之前其實已發生過一連串的災難，其中包括最出名、長期以來對狂牛症的恐慌。但改變名稱及其重新制定優先順序仍具有意義與啟發。

名稱中的農業與漁業不見了，被以前並列其中的食品所吞沒。文字的力量很強大，但並非萬

能。重點從農業轉向食物，或許標示著政治浪潮已從農業遊說團體轉向，重心已從產入移向產出，從供應端移到需求端與消費者。食物很重要，農業的重要性只反映在提供食物時。

二〇〇九年八月，環境食品暨鄉村事務部舉辦食品二〇三〇論壇，我受邀提供小小的貢獻。從許多方面來看，這無異是一脈相承自一九四七年〈農業法案〉的延續。這裡約略介紹論壇的目標：

> 食品體系面對許多挑戰：包括人口成長、自然資源減少、氣候變遷等。同時，與飲食相關的疾病繼續造成經濟與社會的負擔。我們的網頁提供機會討論這些挑戰與影響食品體系的其他議題，也提供一個平台討論如何形塑未來的食品體系。食品二〇三〇論壇不僅要探討英國生產與消耗的食品，還包括如何以永續方式提高全球的食品生產。

有些地方與一九四七年的法案形成強烈對比。一九四七年的法案有一個簡單不複雜的目標，亦即提供誘因確保農民生計，以提高糧食產量與生產力。這是為了因應先前數十年間社會陷入極為嚴重的敵對關係。決策者面對未來的挑戰，卻彷彿那是昨日的戰爭。環境未被列入考慮，水資源更是連蒙受些許口惠都沒有。健康問題提都沒提，氣候變遷的概念根本不存在，也沒有人想到英國的高產入與高產出模式可能影響世界其他地區（例如非洲）夥伴的經濟。

時間快速回轉到二〇〇九年，我們已知道明日的威脅不是因為致命的敵對關係會破壞貿易。未來的威脅是在國際間，而不是在國內；是長期的狀況，而非急性的威脅。一九四七年籠罩在糧食不安全的陰影下，這確實是棘手的問題——急迫而且充滿不確定。社會往往匆促抓住一種解決方案，卻引發出另一個你我不願發生的棘手問題。看似能解決糧食不安全的方法導致出目前的兩個棘手問題——氣候變遷與水污染。這個例子再次證明，如果我們以昨日的武器面對未來的挑戰，不僅會失敗，還會讓結果更惡化。

現在，政府採取比較宏觀的做法，把重點放在範圍大上許多的自然資源、糧食生產、消費與浪費上。看來政策會朝產出導向而非產入導向發展；換句話說，重點是糧食而非農地。此一發展似乎受到人口成長的嚴重後果與糧食消耗達到危險程度所影響，畢竟土壤與水資源已經很吃緊，卻又要做最大的利用。也可能是因為有些官員讀了馬爾薩斯的作品。此外，他們也開始重視英國的糧食生產與貿易對全球的影響。

水—糧食—貿易的關連已走向全球化，政府政策也必須跟著調整。此外，英國環境食品暨鄉村事務部承認，疾病會對財務與社會造成負擔，而疾病又與人類的消費選擇不夠明智有關。無疑的，當政府官員談到心臟病、糖尿病與腸癌的病例創下歷史新高時，基於法律，我們不能把責任怪到無法阻擋的超市裡即食餐漸增的趨勢，以及無所不在的速食餐廳。

但這裡要提醒讀者注意，在「食品二〇三〇論壇」表達的目標裡，政治的角色被刻意淡化。同樣的故事總是一再上演：任何政策都不可能脫離政治。與英國環境食品暨鄉村事務部打交道的人最好能記住，農業遊說團體與相關農企業的運作與施壓方式具有高度的政治性。若忽略這一點，注定會在政治上鬥不過這些有經驗、有資歷的玩家。事實是未來任何食品政策都必須與英國的食品生產

者打交道，這是無可迴避的。我們被迫配合他們的利益。英國食品生產業的發展不會是由水的生產力來引領——這種反客為主的情況絕不可能發生。從務實的角度出發，我有兩個希望。第一，能設計出適當的誘因與規範，確保世人能以理性、永續的方法生產糧食，並將水資源管理納入重要的一環。第二，希望有知識的數百萬消費者能開始採取對自身健康與水環境都有益的飲食。

妄想達到自給自足是危險且不實際的夢想——對經濟與水環境都很危險。有些農作物與家畜商品可輕鬆地透過貿易從水源不吃緊的地方取水，若是提供生產補貼，無論道德或財務上都得付出高昂荒謬的代價。但財務誘因無論在何處，對未來的農耕都有重要影響。適當的誘因能帶給生產者安穩的生活，促進更高的用水效率與更好的環境維護。儘管過去七十年來綠水的使用效率已有大幅提高，但我們仍希望未來將進入綠水使用效率逐步再提高的時代。重點在於務必設計出一整套誘因，引導農民安全有效地生產糧食——他們可是英國**實際上**管理水的人。作物與家畜的生產搭配必須同時合乎經濟與環境要求。舉例來說，提供誘因鼓勵農民生產豆科作物能對環境產生附帶效果，減少硝酸鹽（nitrate）的毒性（硝酸鹽的碳足跡很高）。解決方案是存在的，有些我們已經知道，有些還在耐心地等待被發掘。為了讓這些方法廣為世人所知，我們必須挺身而出。

英國在許多重要的關頭都走在歷史前面，用水效率可能會是下一個有用的創新，這只能等待時間驗證。但也有些事情讓人憂心。第一，英國農民在農地上實際管理大水（綠水），卻不知道自己對英國的水資源安全有重要貢獻。農民不知道自一八〇〇年後，水的生產力增加為十倍。第二，英國消費者對自己的水足跡毫無概念，也不知道飲食選擇對水足跡的影響。第三，農業貿易、農企業和超市都不了解如何才能影響農民，讓他們以更省水、對水環境更友善的方式運作。這裡的訊息很清楚，但英國的人民與社會對於英國水資源安全的性質依舊非常無知。

第三部

西班牙：讓巨大的油輪轉向

勿促倒水入瓶，濺出的水比倒入的更多。

西班牙諺語

沒有一個地方像加州……也許除了西班牙

第一次到加州的人可能會驚訝，西班牙的語言與文化在當地竟如此普遍。無論是地名、食物、居民，這些似乎源自伊比利半島的成分更甚於源於當年在普萊茅斯石（Plymouth Rock）上岸的北歐清教徒祖先。這也不足為奇，畢竟加州原本就是墨西哥的一部分。

比較讓人訝異的是加州似乎也沿襲了西班牙的地理條件。西班牙面積五十萬四千平方公里，

大約比加州的四一萬四千大上兩成。西班牙人口相對較多，有四千三百萬人，加州則為三千七百萬人；但兩地人口密度相當。兩地都有翠綠茂盛、多山的海岸區，大片的沙漠。兩地同樣大致可區分為水源豐富的北部與供水吃緊的南部。

值得注意的是，兩地南部氣候都非常適合全年生長作物，但缺少水。歷史上，這對西班牙南部的農民是一大問題。對年輕的南加州而言，歷史就像今早才剛發生的事。加州一發現南部水資源不足的問題，便立刻矯正（雖只是暫時性的，且付出很大的成本），方法是前述的大型水利建設工程。

但缺水對加州與西班牙這類經濟體沒有太大影響，因為他們有高度多樣化與工業化的經濟。或者，說得更直接一點，因為他們有錢。只要有錢，就有水。加州與西班牙從地方水源、其他流域以及藉由虛擬水「貿易」從其他國家取水，以滿足自身的用水需求。到過加州與西班牙的人必然都會注意到，當地的氣候不僅適合作物生長，也很宜人。兩地都不難吸引眾多技術人才，也都以提供舒適的生活方式聞名。面對缺水問題時，這些因素都能帶來極大助益。加州與西班牙雖然水資源嚴重不足，但有技術性的專業勞動力、充沛的資金再加上一些巧思，還有強勁到不可思議的農業。

當然，兩地還是有一些差異。南加州進口的是真正的水，二十世紀初的美國在水利建設上創造了傑出的成就，現在每年能運送超過二十立方公里的水到該南加州，該地區之後再「出口」至少同等量的虛擬水。西班牙則是利用虛擬水「進口」來滿足需求。西班牙透過農產品大約「進口」了二十七立方公里的水。這些農產都是低價值的作物，如此可讓西班牙的農民將稀少的水資源分配到高價值的產品：肉類、乳製品與高價蔬果。過去十年間，西班牙虛擬水進口的來源發生了根本的改變。一九九七年，西班牙非常倚賴美國的進口。大約從二〇〇六年開始，西班牙大部分的虛擬水需求改由自巴西與阿根廷供應。

西班牙雖然仍是虛擬水的淨「進口國」，該國的出口量已急遽增加。過去十年來，光是透過家畜產品「出口」的虛擬水，就已從六立方公里大增到十立方公里。同時，產業界透過動物飼料「進口」的虛擬水量從三立方公里微幅增加到四立方公里。這些數字代表西班牙農業的經濟生產力有相當的進步。農民利用相對便宜的虛擬水「進口」做為愈來愈有效率的生產要素，投入生產高價值的畜產品，從等量的水裡擠出更多報酬。在進口量差不多的情況下，西班牙畜產出口業不斷提高生產量，一九九七年剛超過十五億歐元，二〇〇六年增加到三十五億。

那可是非常多的火腿。

伊比利火腿

從名稱不難看出來，伊比利火腿只有西班牙才有——專門指伊比利黑豬肉。生產過程嚴格控制與管理，豬隻品種純粹、使用的飼料、醃製的品質都絲毫馬虎不得。伊比利火腿非常好吃，柔軟、多脂又美味，吃在嘴裡異常滑嫩。但對水研究而言，伊比利火腿的重要性在價格，因為那是世界上最昂貴的火腿。從水的角度來看，代表用水的財務報酬非常高。

西班牙的雨主要落在……無何有之鄉

在西班牙西北角及多山的法國交界處，夏季有足夠的土壤水可養活蔬菜與作物，但其他地區基本上都很貧瘠。西班牙南部山區有一些疏林地與森林，其他地區幾乎都沒有作物與蔬菜，但南部有一些小區域的灌溉農業，在半室內或溫室內種植；這些灌溉地的重要性在於創造相當程度的經濟價值。這就是西班牙的故事精髓：這個國家利用稀少的水資源創造了獲利極高的經濟。

西班牙並不全然屬於歐洲。以可用的水來說，該國多數地方比較像是北非，因此，西班牙水資源的故事與歐洲其他地區大不相同。他們的水利工程建設與水資源管理方法與歐洲的鄰國沒有多少共通點。西班牙雖享有溫帶歐洲的工業化經濟，地理上卻與北非較相似。

通往天堂的三個步驟

愈來愈精於追求進步

人類擅長解決問題。通常我們會快速果決地找到方法，接著便以老虎跟蹤獵物的決心窮追不捨。人類必須等將來回顧時才會明白，最初的方法也許長期來看不是那麼可行。人類對當下的重視永遠甚於永續發展。過去幾十年來，最重要的社會改變可能是由環保人士推動的，我們在文化上愈來愈能從未來而非當下的觀點分析自己所造成的衝擊。

追求水資源安全的方式也呈現同樣的演變。

採取的第一種新方法通常是供應管理。我們需要更多水，於是我們儲存、調用、抽取更多淡水，以滿足更大的需求。這兩句話便足以涵蓋水利工程熱的歷史。繼供應管理之後則是稍為進步的需求管理。此處的重點不是取得更多的水，而是嘗試改變用水習慣；基本上就是少用水，同時要提高用水效率。

接著是第三種方法：永續集約農業（sustainable intensification）。從字面上看來，也許不是多麼讓人振奮或感動，但對水科學家而言意義非凡。這個方法顯示出世人已體認到必須保護水環境，同時也代表對水的態度隱然發生改變，從以人類為核心轉變為以水為核心。

虛擬水「進口」在永續集約農業上能扮演重要的角色。一國的用水若有供不應求的狀況，而且會造成政治問題，都可能由進口虛擬水來彌補。但虛擬水貿易本身要靠經濟多樣化支撐；經濟愈是多樣化，貿易的機會愈多，也就愈可能明智、策略性地利用虛擬水「進口」強化本地的水環境。

西班牙的水歷史

靠水利工程走出水資源危機

西班牙值得列入研究對象，原因是西班牙在二十世紀後半的極短時間內，快速經歷了上述三個階段。從社會、經濟、文化等許多方面來看，二〇一一年的西班牙與五〇年代歷經戰爭、殘破、貧窮的威權國家完全不同。西班牙追求水資源安全的方式也同樣經歷深刻的改變。

西班牙比歐陸多數國家略早擺脫機械化殺戮的陰霾。三〇年代血腥的內戰是死亡的頭期款，意思是西班牙得以走出接下來十年的破壞，讓人民進行穩定時期會做的事：吃與繁衍。隨著人口成長，西班牙自然需要增加作物的生產。

西班牙首先採取的是供應端的解決方案——水利工程建設：包括建造水庫供應灌溉農地，建造水力發電廠與水壩來發電。但西班牙的地表水有個大問題——非常容易發生乾旱。地下水可靠許多，可抽水補充耗竭的地表水。這其實是西班牙第二波水利工程熱，早在許多年前，伊比利半島就開始水利工程建設。

談到廣建水利工程，歷史的奇怪轉折讓西班牙在建設速度上默默超前加州數十年。十九世紀末，西班牙在加勒比海與太平洋地區的帝國勢力崩解，使得許多西班牙的專業人士急速撤返回國，其中包括一群水利工程師。西班牙的殖民夢陷入最後的垂死掙扎，讓國家的集體意識蒙上陰影與不安，亟須追求某種能展現雄心壯志、不斷進步又不具爭議的目標。另一方面，隨著帝國財富與資源的終結，隨之而來的是面對用水與糧食自給自足這項很基本、世俗的需求。種種因素相加，使得西班牙將目光轉向有助恢復國家信心、團結一致的工程計畫，藉以修補受傷的國家自尊與強化財政實力。

心態改變

但這種供應管理式的做法在七〇年代恰好不再流行。執政近四十年的西班牙獨裁者佛朗哥將軍在一九七五年去世，其後三年憲法與國家重整，逐漸改變該國看待水的態度。隨著公民生活愈來愈多元開放，水的管理遂成為公共辯論的議題。還是有很多人希望持續傳統的做法，他們的口號很簡單：不論對環境造成多少傷害或財務成本多高，就是要動用更多的水。但反對派日漸人多勢眾，要求提高用水效率，更周詳考量環境的影響，把重點放在永續集約農業。當然，兩派的爭鬥鮮少發生在鄉下過度調水與過度抽水的灌溉區，而是在全國與地方的政治舞台、科學界，有時候也在西班牙街頭上演。

厄波羅河爭議

西班牙關於用水的政治衝突，在近代社會史的關鍵時刻達到白熱化。上個世紀末，西班牙計

畫推動龐大的輸水計畫，並緩緩朝一連串執行步驟推進。這是典型愚昧又錯誤的想法。推動如此艱難、昂貴、不顧環境衝擊的水利工程，反映的是已經過時半世紀的水資源管理意識形態。他們計畫從北部的厄波羅河（Ebro River）將水引到南部安達魯西亞省（Andalusia）與穆爾西亞省（Murcia）的灌溉農地。這項計畫就像許多慢慢進入公共討論的觀念，能維持下去並非因其本身的優點，而是因為支持者的影響力與財力。強力推動計畫的是南部灌溉業者與水利工程熱時期支持興建水壩的舊勢力，兩個團體都能具體影響兩地的立法者。在此再次可見農民與工程師不僅能一起發揮善的力量，往往也能一起為惡。

但到二〇〇四年，上述計畫成了國家選舉的重要議題，農民與工程師發現自己在歷史上站錯邊了。馬德里火車爆炸案後，掌權的社會主義政府信守政見承諾，捨棄上述計畫。經過近一世紀愈來愈激進的水利創新，西班牙人體認到厄波羅河運水計畫實在太誇張了，特別是對預定輸出水的潮濕的北部地區而言。南部工程計畫的超大規模讓北部人害怕：這等於他們被迫要解決南部的缺水問題，而這個問題其實源於過去採取對無視環境的水資源管理方法。更糟糕的是，現在這套解決方法本身也是對環境非常盲目——此一運水規模之大在西班牙史無前例。運水計畫被否決等於是向根深柢固的舊利益團體釋出清楚強大的訊息：終於有新的水利政治學主宰西班牙了。值得注意的是，新的政治氣象是由各方人士聯合引領營造的：包括環保運動者、社會主義者、北方的公民組織與政治人物。這些邊緣聲音如今被聽見了，大聲讓偏重南部的遙遠的馬德里聽見了。但不要忘記，政治的論述不是直線進行，是循環性的。很少有任何結果是永久的，鬥爭依然持續。西班牙比多數國家更

受全球不景氣影響，房地產泡沫嚴重破滅，失業率居高不下，社會主義政權已無多少政治資本。短時間內，像厄波羅河運水的計畫恐怕在政治上不易重見天日。

水壩與運水之外的選擇

二十世紀的西班牙水資源管理史有幾項特色：水文與經濟資訊不夠完善，管理法令的審核與實施遭遇許多阻力，管理成效不彰。即使有了法令，實務上的價值也很低。當然，傳統訴諸水利建設的做法已不再是不假思索的自動選項。西班牙社會如今能夠容忍環保與社會運動者挺身表達抗議與反對。自從一九三五至四五年的戰爭結束後，現在的西班牙比任何時候都更能跟上歐洲的主流思維。在歐陸，環境主義與保護水環境已普遍被接受，而且在歐盟的協議中愈來愈被制度化。大肆興建水壩與運水工程的時代在歐陸已經過去，至少目前是如此。但表層的理性可能因突發的危機就被刮除。過去十年裡，西班牙只要發生旱災，便有人提議從法國運水為巴塞隆納解渴。巴塞隆納位於水資源豐富的西班牙北部，但在政治上，供應管理的直覺反應還是比需求管理更可行——所謂需求管理是指針對巴塞隆納鄰近厄波羅河

二〇〇〇年十二月歐盟水資源管理方針

這是歐盟水資源管理立法的重點。根據此指導方針，會員國必須確認每一處流域，並指派給地區管理當局。此外，該指導方針設定一系列時間表，必須分析每一個流域的水資源用途與生產力。此法令迫使各國擬訂計畫，以追求水資源永續發展的經濟用途。

流域的行政區進行用水規範。

當陷入恐慌時，政治人想的是：哪裡可以取得更多水？但我們應該問的是：能如何提升用水效率？問題一旦問錯，就不可能找到正確答案。

我們再次看到水資源分配的政治學就像任何分配的鬥爭一樣複雜。但問題愈是政治化，便愈不容易處理。水對西班牙的經濟很重要，許多工作皆與水有關。當水資源具備這樣的策略價值，強大的特殊利益團體通常便不希望公開討論。他們會將最堅定立場、最有效的討論保留到隱密的正式與非正式協商。強迫公開討論對於確保決策品質非常重要，然而，問題愈是急迫，影響愈是深遠，最後愈可能淪為閉門討論，這一點確實讓人挫折。

水的重要性不只表現在經濟價值上，自從本世紀初，這個重要的訊息也已滲透到西班牙的政治與社會意識內，同時也進入歐盟的立法層次，最明顯的是表現在二〇〇〇年十二月的歐盟水資源管理方針（EU Water Framework Directive）。一種觀念一旦傳播出去，受歡迎的程度與呈現的方式可能會有所變化，但這觀念絕不會真正消失。各派人士都被納入西班牙水環境主義的鬆散旗幟下：年輕世代的透明化運動者（sunshine activist）；科學界疲憊的老前輩；來自北方的城市人。這樣的聯盟已證明是能量強大且具影響力，但未來的發展難有定論。

政權易手：二〇〇四年

佛朗哥之後，西班牙的民主在左右派兩大政黨間輪替，呈現鐘擺式的擺動變化。西班牙人民黨（Partido Popular）執政八年後，二〇〇四年薩帕特羅（José Luis Rodríguez Zapatero）領導的西班牙社會主義勞工黨（Spanish Socialist Workers Party）重掌政權。那次選舉普遍被認為是人民激烈反對西班牙人民黨統治的結果，尤其是不滿該黨積極參與布希總統的伊拉克戰事。

地下水的優勢

西班牙南部的用水需求很大，灌溉農業最明顯，但城市與觀光業對於此稀有資源的需求同樣甚多。西班牙的天氣就像加州的陽光一樣，對農耕產業是難以抗拒的誘惑。如果一地夏季的溫度在攝氏三十度以上，冬季又不會很冷，所有的灌溉農都會想調度與抽取更多水來用。如果他們需直接承擔的唯一成本是相對便宜的藍水，那麼，依據經濟學基本原理，他們的需求與消耗量必會穩定成長。但水並非取不之盡、用之不竭，實情恰恰相反。

西班牙與加州有一個共通點：水利建設的發展讓地表水可儲存在水庫內，水的利用因此有了最大的進步。但用水效率與作物／家畜生產力的真正進步其實源自於運用地下水。地下水的特質是：屬於本地的水，穩定可靠，乾旱時可解渴。地上會發生乾旱，地下卻不會。更棒的是，地下水象徵農民的獨立，有了自己的抽水設施，他們可依據需要決定取用水的時間、方式和用量。但伴隨獨立而來的是極高的風險。在用水需求量很大的富裕農民面前，水環境有多少勝算？答案是零。要規範使用地下水實際上絕不可能，那就好像要規範呼吸多少空氣一樣。抽取地下水時，水與用水者之間沒有媒介，也就沒有架構可設計適當的制衡。至於自我規範，用水權深植全球各地農民觀念中，要

他們自我規範等於是期望他們停止呼吸。就連提高用水效率與生產力也拯救不了水環境。農民在簡單的經濟因素趨使下，自然會選擇擴充灌溉地，而不會讓水留在環境裡。經濟考量促使農民不顧一切地藉由昂貴的食品將稀少的水「出口」到國外，而非明智地追求永續保護本地環境。這種情況會一直存在，直到我們想出一套方法將用水的環境衝擊計入成本。

乾旱一直是農民的大敵，抗旱是自古以來永無休止的戰爭，就連水利工程這樣了不起的創造力也無法真正改變這個現象。水利工程的確可以建造規模驚人的系統儲存地表水，但即使是規模最大的設施也只能補足一年乾旱的不足。而乾旱是沒有時間表的，對人類的苦難也不會有所同情。當乾旱來襲時，地表水庫就短期而言非常有幫助，之後我們會求助地下水庫——這通常可提供兩年或更長的幫助。在乾旱成災的西班牙南部，地下水對農業非常重要。農民因水源容易控制與取用，得以創造出西班牙歷史上最富生產力與獲利能力的成績。地下水讓西班牙享有穩定的農業，最重要的是能賺錢。但有一個簡單的缺點：這嚴重違背永續發展的原則，已到了誇張的程度。自一九七〇年代以後，西班牙一直將這個高獲利的強大產業建立在肆意破壞環境上。

安達魯西亞的地下冒險

我特別提到七〇年代，因為直到佛朗哥與其威權政府結束後，西班牙的農民與企業家才能自由地提升生產力與效率。西班牙很晚才擺脫法西斯主義，加入歐盟也很晚（一九八六年）。成為歐盟的一員後，西班牙開始能受益於單一市場，以及歐盟農民在共同農業政策之下獨享的財務誘因。加上技術與經濟效率大幅提升，新的政治與貿易環境促使西班牙得以結合水與其他農耕要素，生產高價值的食品，而且在這方面有極大的進步。因此，西班牙乾燥的南部能夠成為主要的食品出口地，而且發展非常快速。這些高級出口品雖然價格相對較高，西班牙仍能打敗地中海其他對手，主要是因為先前的市場太低迷。

但歸根究柢，西班牙出口的是什麼？

當然是水。這就是國際貿易的荒謬：我們付出高價讓乾燥地區虛擬「出口」水。

這種虛擬貿易附帶了真實的成本。二十世紀的農民利用灌溉種植全年生長作物，引發類似掠食動物的瘋狂搶食，這都是因為南西班牙與加州一類地區的農民與旅館業者貪婪地掠奪地下水。還有什麼地方能比潛藏地下數公尺處更適合竊取看不見的水？乾裂的河床是人類貪婪用水的強大象徵，但被耗盡濫用的地下水庫就沒有那麼搶鏡頭。地下水的耗竭無法以那麼有力的方式呈現。虛擬水的故事一向如此，愈是看不見，造成的傷害愈是可怕與危險。

每一個錯誤的例子，都有相對應的典範

西班牙誠然是水世界裡最好和最壞的例子。南部地區的錯誤讓人憂心，但其他地區展現的聰明、現代、永續發展的解決方案，卻又讓人安心。

每個國家都有內部的歧見，身分認同常以南北軸為核心呈兩極化發展，西班牙也不例外。如果說該國南部被粗糙地定型為保守、鄉村不守時（manana）的文化，北部則是充滿活力、自由、都市化——尤其是加泰隆尼亞（Catalonia）。這種文化思想表現在西班牙第二大城巴塞隆納最為明顯。巴塞隆納恰好位處進步多元的加泰隆尼亞經濟核心，本身也是西班牙經濟的主要貢獻者。

依據先前討論背後的一項基本理論，不論當地的水環境如何，富裕的巴塞隆納應該都能順利確保本地的水資源安全。當地絕對有能力購買自來水，唯一的問題是該從哪裡買；這就是爭辯巴塞隆納供水問題的癥結。依常識判斷，理應從西班牙北部水資源豐富的鄰近地區，但相較於強大的水政治學，常識判斷的力量很薄弱。西班牙各地區之間存在政治角力的問題，因此，要將灌溉農地的水重新分配到都市中心幾乎是不可能的事。或許你覺得這不是壞事。且讓我換個說法，你就能看到其中錯失了什麼樣的機會。巴塞隆納擁有多樣化的都會經濟，能創造出相當高的用水報酬。相較之下，農業用水的經濟報酬一般較低，即使是表現最佳的部分也不例外。受到區域之間用水政治學的影響，水通常不會被調到對經濟最有利的地方；這正是資源配置不當的最典型例子。

將水輸運到巴塞隆納在政治上有很多困難。其中一個小問題是投資興建新的水利基礎設施——除了資金之外，這還牽涉到政治成本。權力的平衡在代議政治中往往不成比例地掌控在較少的鄉村人口手上。要讓這些人接受昂貴的運水計畫，在政治上難度很高，更何況是要從他們的社區與經濟用途運出去，送往一個有時被視為冷漠又自認文化較優越的城市。再加上一個更立即的政治阻礙——重度倚賴灌溉水的鄉村生計可能會受到威脅——自然會引發強烈的**現實政治**（realpolitik）論點，反對調水到巴塞隆納。

基於政治的理由，加泰隆尼亞鄰近的支流流域與北部都不可行，巴塞隆納只好將眼光放得更遠，最後想到了法國。如同本文開頭提到的意象所顯示的，法國與西班牙在地理上接近，氣候與水資源卻好像兩個不同的世界。研究顯示從法國建輸水管到西班牙是可行的，這個構想在政治與社會上也獲得愈來愈多支持。但接著發生了一件幸運的事——乾旱。

少有人會認為乾旱是件幸運的事，考量開發中國家農民的境遇，這樣的說法甚至讓人覺得太過輕浮。但過去十年侵襲巴塞隆納的旱災並未造成可怕的苦難，沒有人因缺水而死，經濟也沒有崩潰。

當地政府鼓勵家庭節約用水，結果奏效了。個人的居家用水降到一天不到一百升，讓人驚訝的是，這個用水量在乾旱過後幾乎沒有回升；大家已習慣少用一點水，新的低用量成了常態。法國建輸水管到西班牙很昂貴，經濟效益也值得懷疑，巴塞隆納政壇此時已不將此作法列入考慮。沒有人因此蒙受損失，當局甚至想到一個方案稍微彌補冷卻的水利工程熱。巴塞隆納建造了一座海水淡化廠，待命時生產一立方公尺水的成本大約是一．五歐元，產能滿載時則會降到〇．六歐元。這個成本絕對是可負擔的範圍。

巴塞隆納的經驗非常清楚地顯示，相較於直覺式的供應面管理，需求管理能提供更好、更快速、更環保的解決方案。我們不需要急著裝設醒目昂貴的輸水管，而是要教育人們正確的用水觀念。我們在這裡看到工業國家聰明用水的極佳典範。

綠色風潮

西班牙在用水方面展現了不起、讓人安心的大轉彎。在二〇〇〇年歐盟水資源管理方針初期，西班牙最多只能說是一個不穩定的夥伴，甚至可稱為反對派。面對由二〇〇〇年管理方針衍生出來更具侵入性的次架構，西班牙的憂慮更深。但經過厄波羅河運水計畫帶來的社會與政治不安，以及二〇〇四年選舉的文化與觀念轉變，當今的西班牙是歐盟水議題的主要發言者。

當然，這可能是誕生在苦難中的改變。西班牙的水資源問題比歐陸盟邦嚴峻許多，沒有一個歐盟會員能與之相比。由於事關重大，無怪乎西班牙非常認真看待此事，也難怪西班牙對於永續發展水資源管理的態度突然從反對轉為支持。西班牙或許以為管理方針可能會讓自己失去一切，後來卻發現其中蘊藏了無限的機會。

西班牙如今已是歐洲乾淨太陽能的領導者。乾淨能源是創造全球水資源安全的必要條件。歐盟中國家在處理水—能源的關聯時，無一能比西班牙更富想像力，或是成效更佳——德國可能是唯一的例外。西班牙無論是在地方區域或是全球，都是創新與行為的標竿。這一切都在很短的時間內即達成，而且未造成多少政治痛苦。

出口陽光

前面說過，水能為所欲為。如果人類堅信自己有能力控制水，不過是自欺欺人。事實上我們幾乎無法儲存與移動水，常常連自保都有困難，最後造成悲劇的後果。但雖說人類幾乎無法控制水，至少有能力引導和影響水。另一項重要的維生來源——陽光——就不是如此了。當然我們可以有藉口，畢竟太陽不在這個世界，完全超乎人類可觸及的範圍。

儲存太陽能的方法雖有明顯的進步，但陽光在經濟上的角色幾乎完全受制於難以預測的自然所掌控。因此北歐雖然水資源豐富，但因冬天漫長寒冷，只有半年可耕種。熱帶以外的多數地區都有其季節性，我們的飲食需求卻不是。當今的流行文化讓人類有一種期待：想要的東西都能立即以可負擔的價格取得與使用。在二十一世紀的工業國家，這就是消費者的社會態度。儘管北歐國家多數糧食作物的雨育產量已增長三倍，但這不重要。人類要求的是全年都吃得到用水密集的專業食品。我們不在乎是七月或十二月，超市的貨架都應該要看得到草莓，就像其他的產品一樣。

透過人類典型的智巧，消費者這種無節制的需求多由加州與西班牙這類地區滿足。也就是說，西班牙其實是將稀少的水以虛擬的形式「出口」——隱含在各種高價值的家畜與作物商品裡。一個乾燥的水環境以虛擬方式過度出口水給水資源豐富的地區，這是極危險的。為什麼會如此？事實上，水是陽光的代替品。這世界最富有的地區缺乏冬天的陽光，只好透過糧食進口。較貧窮的國

家，以及像加州與西班牙這類工業經濟體很繁榮的農業部門，無法抗拒去滿足這個需求。

這個過程目前只有一個煞車機制：出口國水環境的過度利用和滅絕。沒有其他方法能讓富裕的消費者抑制需求，也許只有消費者的良心這項非常微弱的因素。同樣的，出口國受到經濟因素驅使，只會想增加生產。貿易完全無視環境議題，這些議題是隱形的，因而無法被納入錯綜複雜的經濟考量內。正如貿易是盲目的，貿易商也是盲目的。這種盲目具感染性，會影響終端消費者。於是我們看到，世界上水環境最脆弱的地區過度虛擬出口水，將本地的水資源愈來愈推向絕對的毀滅。

這些出口國耗盡易乾旱的地表水，以及較可靠、但並非取之不盡的地下水；西班牙正在慢性走向這種自殺式的用水模式。在所有的半乾燥地區，每隔一段時間就有發生乾旱的危險。一年的乾旱可靠工程、水壩和水庫因應；乾旱超過一年，農民就會求助幫浦抽水。經過兩三年的乾旱，當地便會陷入用水危機。但人們探究的問題通常不是「應該如何拯救水資源？」而是「哪裡可以取到更多水？」讓人擔憂的是，虛擬水貿易會隱藏這些威脅生存的缺水問題。如此，虛擬水既能欺騙農民、政治人物與大眾，也會阻礙環保運動者進行一項迫切需要做的事，也就是突顯這種瘋狂掠奪稀有水資源的行為對環境的危害有多大。

破壞水資源必將付出代價

那麼，讀者可能以為西班牙必然陷入了某種可怕的用水危機。當然，如果前述正確，整個伊比利半島幾乎不會有半滴水剩下。地表水會蒸發，地下水過度開發到只剩塵土，土壤因灌溉而有毒，全國的水龍頭都轉不出水。

事實上，當然沒有。

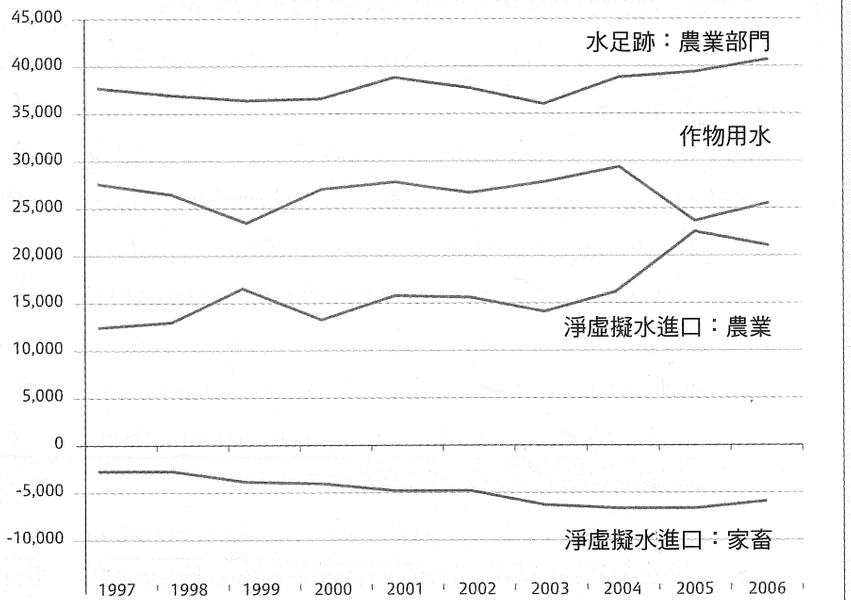
為什麼？

套用柯林頓總統那句一再被引用的名言：笨蛋，問題在經濟！

從一九九七年到二〇〇六年，西班牙的GDP幾乎增加了一倍，從五千億歐元增加到將近一兆。但西班牙每年用掉的本地水資源還是一樣。實際數字依季節雨量每年變化，大抵每年穩定耗用約三十二立方公里的藍水和綠水。同期間，全國水足跡卻增加了將近一〇%。不足的部分當然是由淨虛擬水「進口」補足（增加

圖3.6　西班牙農業部門的水足跡

單位：百萬立方公尺



二五%）。實際進口的虛擬水量增加更多，但「出口」也增加不少。這一切都表示，西班牙在農業與食品方面的國際貿易很健全。西班牙沒有掠奪本地的水環境，而是選擇虛擬進口水。西班牙能如此選擇是因為擁有富裕、多樣化的經濟。經濟多樣化與用水報酬提升會形成良性循環，因此西班牙在GDP大增的同時，能以水足跡的緩慢成長來平衡。

我們只要稍微進行一些數據演算，便能發現讓人振奮的重要訊息。過去十年來，西班牙學會了從每立方公尺的水資源多擠出六〇%的GDP，每一歐元GDP的水足跡則是減少了四分之一。這些數字看起來或許有些兜不攏，那是因為水足跡包含西班牙的虛擬水淨「進口」。

虛擬水進入經濟的形式是隱含在產品裡，西班牙的例子通常是主要穀物和低價值糧食——成本較高，因此虛擬水的報酬明顯低於同等量的本國的水。無論如何，整體經濟情勢非常樂觀，看起來也能恰當運用水資源。

這絕對是好事，代表他們能用較少的水賺更多的錢，而這正是永續維護經濟與環境的良方。

但這是怎麼辦到的？

無色的黃金陽光

其實背後往往另有文章。

資本主義時代剛展開偉大的序幕時，在西歐以及後殖民北美洲的多數工業強國，都能看到國家財富不斷增加。這是因為看似互利的貿易活動蓬勃，滿載貨品的船隻航越海洋，回程時同樣裝滿買來的貨品或金錢。那是財富創造速度驚人的時期，有些國家無疑做得比較好，但似乎沒有人是輸家，只有程度不同的贏家。

但在這金碧輝煌的表象底下，在現代文明的成就背後，隱藏著卑劣悲慘的一個名詞：奴役。最珍貴的貿易商品、也是國際資本主義這部飢餓的機器賴以運轉的燃料是：人。

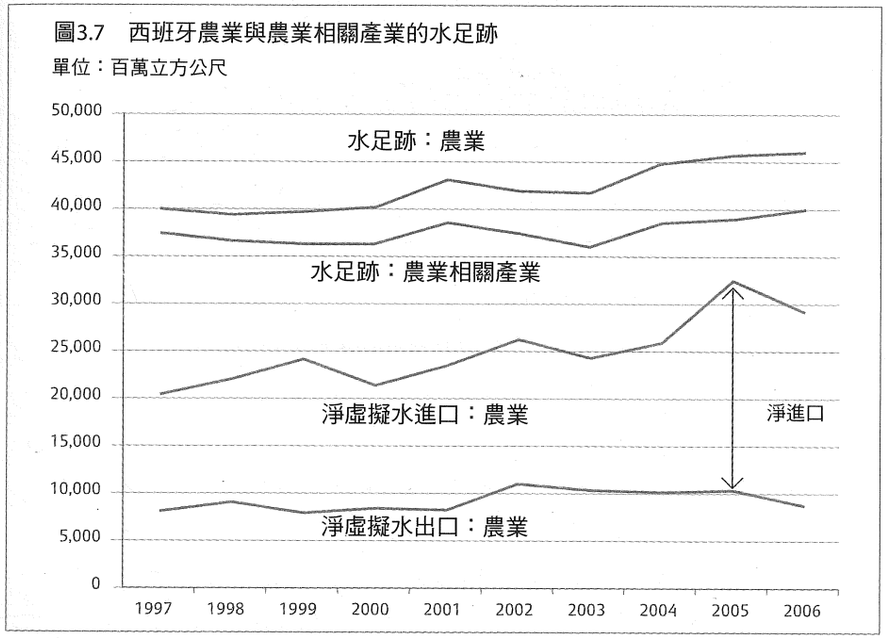


圖3.7　西班牙農業與農業相關產業的水足跡

資料來源（圖3.6與3.7）：蓋里多（A. Garrido）、拉馬斯（M. R. Llamas）、瓦瑞拉-奧提加（C. Varela-Ortega）、諾佛（P. Novo）、卡薩多（R. R. Casado）、艾達亞（M. M. Aldaya）等人合著的《水足跡與虛擬水「貿易」：對政策的意義》（*Water Footprint and Virtual Water 'Trade': Policy implications*），桑坦德（Satander）的博廷基金會（Botin Foundation）。

貿易沒有本能的道德指南，經濟學也沒有。因此奴隸交易現象的持續時間長到無人能以道德合理地解釋。既然經濟的理由猶存，貿易也就持續下去。

有供應，也有需求，這就是經濟模型所需的全部條件。貿易對人與社會造成無法原諒的衝擊，實際進行貿易的人卻刻意保持盲目無視。這些不在經濟的考量之內，貿易不講道德。即使是今日，國際貿易是否有「道德考量」可言，仍是爭議性的問題。可以確定的是，販賣人口在當今是犯罪與黑市的範疇。但在過去，那就和今日透過國際貿易的不對等去剝削開發中國家一樣地為人接受。有些人會抱怨，有些人會嘗試抵制與遊說，拒絕加入這個從殘酷交易中獲取經濟利益的體系。幾百年來，這些人一直被視為異端，徒然懷抱不切實際的期待。未來總會印證今日多麼可笑，奴隸買賣便是如此，今日極度不公平的國際貿易制度也是。

公平貿易的條件很簡單，必須買賣雙方都有意願，很重要的一點是雙方必須掌握同等的資訊與能力。奴隸買賣從來不是如此。無論我們如何分析都得承認，奴隸買賣完全經不起考驗。生產這項最基本的人力資源的國家，從來就不是有意願的賣方，而是被剝削的犧牲者。其後貿易的標的雖然改變了，但結構是相同的，而且通常都不符合公平貿易的條件。無論是糖、棉花、茶、咖啡或巧克力，除了少數極端例子，所有的貿易幾乎都是在買賣雙方的權力、意願、能力不平衡的狀態下進行，不平衡到明顯扭曲的程度。就像早期的廢奴論者，自甘成為少數極端例子的人同樣被貼上傻瓜、無知等標籤。抵制產品與支持公平貿易產品的公民運動雖獲得國際認可的作業守則（codes of practice）支持，但其地位直到最近幾年之前，幾乎仍無足輕重。即使今日地位已趨穩固，這些運動在經濟上仍是不重要的少數力量。

值得注意的是，支持公平貿易的道德趨勢並不是源自市場。市場對公平沒有興趣，事實更糟糕——不公平才明確符合市場的既得利益者。對一個強大、有效率的買方而言，資訊不足、沒有能力、迫不及待的賣方是更理想的肥羊。公民社會的自身意識逐漸提升，愈來愈關心這個問題，便發展出壓力團體，相關資訊也廣為散播。原本看似不可動搖、根深柢固的貿易作風開始引發公民的非正式反抗，累積的動能足以促成真正的改變。只要聲音夠大，公民的意見終究能讓政治人物接受。企業開始採取公平貿易的做法與原則是全球性的改變徵象。但這只是早期的徵象，國際貿易的改革太過片斷與緩慢，恐怕要再過百年才能矯正貿易的不對等，讓開發中國家的貧農不再飽受其害。

但在這樣緩慢改變的一百年裡，還要毀掉多少人的生活？

你自己消耗了多少廉價的咖啡、巧克力和T恤？

開始戰鬥

終結不利窮人的貿易是一場戰爭，通常對世界缺水地區的水資源也很不利；戰火才剛點燃，恐怕要經過數十年的時間才會結束。工業國家的消費者吸走了世界各國的水資源，造成的毀壞則是隱藏在廉價商品背後的成本。

但讀者可能要抗議，西班牙並非開發中國家，沒有上述的剝削情形，他們是有意願的賣方。

這個答案既是肯定也是否定。西班牙當然不是開發中國家，但水資源確實很稀少。當地的水被吸乾了，只為滿足歐盟消費者輕率的購買慾。西班牙之所以是有意願的賣方，只因為他們故意視而不見自身的水環境危機。虛擬水會毀壞弱勢的水環境，在扭轉此趨勢的戰役中，矯正賣方的盲目無知是另一個戰線。

如果我們在這場明智判斷與不當獲利之間的戰爭真能獲勝，在此之前，盲目瘋狂的過度生產與過度消費恐怕早已摧毀許多含水層，造成大量河川乾涸。

比較樂觀的結局

不必可憐西班牙，他們並未被摧毀。

受到長期實驗法西斯主義的阻礙，西班牙起步較緩慢，但在二十世紀最後幾十年裡快速成長，並能維持長期發展。這個國家享有良好的氣候，龐大的技術勞動力，以及世界上最好的技術資源，理所當然名列進步的工業國家。相較於灌溉農耕的創新，西班牙在農業以外的領域甚至表現更亮眼。西班牙在加入歐盟之後，其運輸、工業與觀光的基礎設施都有了徹底改革。西班牙被視為世界的發展重鎮，更吸引了大型頂尖國際企業到此設立。從文化與創意的觀點來看，很少國家能享有如西班牙這樣遲來的復甦，尤其是巴塞隆納。西班牙原本是西歐病夫，如今的ＧＤＰ卻足以和歐洲最大國相比擬。同時，西班牙的人口成長已降到不增不減之替換水準，這是經濟繁榮與社會進步的明確表徵。

在農業方面，西班牙很聰明地透過貿易確保水資源安全；若光憑本地的資源，西班牙絕無法辦到。氣候造成的問題只能靠虛擬水解決。既然西班牙因為人口因素而得去面對問題，便索性藉機發揮經濟上的效益。三十多年來，西班牙結合了稀少的水資源和豐富的土地與陽光，再加上大量的虛擬水進口，生產高價值的家畜與作物。這是高風險的實驗，雖然西班牙此舉顯然是遵循數年前由加州開創的先例。讓人驚奇的是，西班牙證明了一個水環境貧乏的國家也能在國際食品貿易中扮演重要的角色，還因此賺了很多錢。西班牙的農民、企業與政府都能果斷積極地把握經濟機會，舉國動用運輸、金融與技術支持農業。就財富和聲譽而言，西班牙絕對是成功的。

但是否能永續發展呢？

恐怕不能。在不久的未來，西班牙馬上要面對在環境上極為艱難的決定。西班牙的社會與其政治制度顯然欠缺足夠的知識與堅強的意志，無法引導國家的灌溉業者和貿易商採行永續發展的做法。套用一句企業術語，永續發展並不是「有也不錯」的東西，而是必要條件。

對環境造成的傷害現在才正剛開始浮現。西班牙濱海濕地正逐漸乾涸，對仰賴濕地存活的動植物將造成後續的致命影響。境內地下含水層正在消失，尤其是在乾旱成災的安達盧西亞。

西班牙的故事讓人印象深刻，但現在必須改弦易轍了。如果水環境繼續被如此濫用，一定會出問題，而且不可能復原。西班牙必須節制用水，但這會讓人民對生活的期待落空。在經濟的其他部分慘烈崩壞的同時，也會限制最重要的部門的發展。雖然這樣的方向難以在政治上說服人，但無所

作為與毫無改變的後果可能更可怕。一旦水龍頭流不出水來，還有哪個政治人物能存續？沒有。西班牙還未走到危機時刻，但要讓巨大的油輪轉向需要很長的時間，我們必須從現在開始。

Chapter 04

大而美：金磚五國如何拯救世界

不論黑貓白貓，會抓老鼠的就是好貓。

——鄧小平

金磚五國的重要性難以高估，從許多方面來看，這些國家堪稱是未來的希望。前面談了三個工業國家後，我們可清楚看到，當一個國家走向完全工業化，便會建設一系列的硬體基礎設施（道路、通訊、商品儲存設施、水壩和水庫）和軟體基礎設施（有秩序的政治經濟、金融制度、市場與公私交易的規範）。這樣的結構讓農民能夠提高水的生產力，與人口同步成長。多元經濟，加上社會、政治、金融基礎建設發展成熟，才能有成功的水資源管理。這段旅程金磚五國還未走完。

巴西、俄羅斯、印度與中國是地球上四大國家，可分成兩組。中印兩國人口都很多，經濟快速

成長。巴西與俄羅斯有豐富的天然水資源，同時極富潛力，可提高糧食生產與水的生產力。這是好消息，因為到了本世紀中，中國、印度以及世界其他國家對糧食的需求量會增加很多。

中國，是全世界人口最多的古老大國，世界上每五個人中就有一個是中國人。所幸，中國雖有眾多的人口及龐大的工業，集體的水需求卻不多。人類雖有五分之一住在這裡，但中國人只用掉一四%的水資源。四十年前，中國的水足跡看似將會導致全球系統難以負荷，各項預測數字讓人心驚。當時認為，二〇三〇年到二〇五〇年間，中國人口將達二十億。事實上，這個數字增加到十三、四億就趨於穩定了，這可省下了很多水和糧食，更不必提省下多少能源。

第一部

中國：不可思議的救星

這個國家常被冠上意識形態的稱號——共產中國——成為文化上擺脫不掉的一部分。其實中國是很務實的國家，這對我們每個人都有好處，尤其是水資源管理上。

大不大有關係

中國不容小覷。我們都聽過戴高樂（Charles de Gaulle）的觀察：「中國是一個很大的國家，住了很多中國人。」人類有五分之一住在中國——我們對這個統計數字已熟悉到忘了它有多重要。這裡有十三億飢渴的人，因此，中國如何消耗水與用水密集商品便更顯重要，比任何國家的政策都更重要。還有一點更突顯中國不容小覷，他們的政治與公民組織的結構堪稱獨一無二，領導者可以快速將理念轉化為行動。中國很有執行力，而且速度快，用水政策也不例外。

國家的飲食

禁忌之國

中國素以神秘聞名，一九四九年共產黨剛掌權那段時間，更讓觀察家看得一頭霧水。在毛澤東統治之下三十年，中國是封閉的。那段歷史的解讀完全取決於敘述者個人難以預測的想法與偏見。關於「大躍進」與「文革」的敘述，多半會提到政府的壓迫與暴力，但可能還要很多年之後，我們才能獲得比較接近客觀事實的結論。話雖如此，我們確實可以從一些數字清楚看到一件事：三十年裡，中國的人口增加將近八〇%。不論那三十年的神秘面紗背後發生什麼事，中國確實出現超重的

問題。

快速瘦身

因此，一九七九年，中國政府要人民思索一件不可思議的事——縮減家庭人口，為全體將來抽象的好處，犧牲現在具體的個人利益。這是人類史上絕無僅有的實驗，而且可能釀成災難。儘管有人主張人性無法以立法壓制，中國的一胎化政策卻成功地克服了原本無法解決的難題。前面說過，這是地球上最龐大的一次水資源保育計畫，一胎化政策避掉的人口成長數相當於美國加上加拿大和格陵蘭的人口數；這可是省下了許多水和能源。下次當我們批評中國對抑制全球暖化不夠努力時，也許該記住這項對全球資源安全的了不起貢獻。

一胎化政策最特別之處恰好與政治規範相違背。因為這項政策確保未來的世代能因這一代的犧牲而獲益：政界的做法通常是為了眼前的考量犧牲未來。試想想工業國家目前因應氣候變遷的做法就好了，政治行動顯然嚴重落後科學。政治人物唯有在明顯看到民意沛然難擋時，才會有膽子投入寶貴的政治資本，而且還不是投入行動，只是嚴肅討論問題而已。工業國家的政府多年來根本不願意面對能源需求管理的迫切問題——即使他們明白因此將造成何種程度的污染。為了眼前的考量，未來只好被出賣。

一個特例

但我們不能假裝中國的政治和西方工業國家非常相似。一九七九年之前那三十年，中國政府要求人民接受強大的經濟與社會改革，這些要求是當代工業國家望塵莫及的。不同於多數工業國家，中國政府不需透過選舉對人民負責。不僅如此，相較之下，中國人民也比較能接受政府介入個人生活，公民生活與私人生活的界線通常是任意畫分的；在中國，這條線的位置與工業國家極為不同。

事實證明中國政府願意為了政策付出高昂的社會成本，一胎化政策是值得一搏的政治豪賭。此一規模龐大、社會侵入性高的人口改革目的在於得到一連串前所未見的人口紅利（demographic dividends）。用水減少不是中國政府原本預期的主要益處，但中國的人口緊縮在全球用水上產生了深遠且正向的影響。中國政府原本的目標是住房與能源，但顯然也注重節省社會與教育資源，結果卻促成了減少糧食耗量與用水量；這是附帶目標，也是美麗的意外。值得一提的是，該政策完全沒有提到水需求的管理。隻字未提卻產生那麼大的影響，確實很少見。原來，世界上最了不起的水資源保育行動竟是美麗的偶然。

奏效的政策

正如同任何戲劇化、史無前例的社會政策，中國的人口控制策略引起許多批評。共同的批評是嘲弄中國未考量經濟與社會後果，將來年輕人變少，將無力養活多到失衡的老年人口。另外也有人

指出女嬰被棄的悲慘效應。中國的社會當然付出了相當的代價，但現在中國已超越日本，成為世界第二大經濟體。人們似乎過度誇大了經濟上的負面影響，同時卻又忽略了世界其他地區享受用水需求減少的益處。

社會的衝擊比較難以透過統計數字表現。讓人擔憂的趨勢是中國社會偏好男嬰，這種重男輕女的觀念在亞洲很普遍，而一胎化政策讓這個問題更為惡化。中國當局的反應是同情加強迫。鄉下家庭若第一胎生女，那麼可以再生一胎；為了避免性別篩選，懷孕後期禁止墮胎。這些事情在我們看來神祕難解。生活在自由民主制度下的人民不太能理解，如何能以立法限制家庭的人數？但任何政治決策都仰賴兩件事：如何向人民推銷政策；人民若不喜歡被推銷的政策，接下來可以怎麼做？在中國，你沒辦法用選票讓某人下台，一項政策若沒有立即引發民眾騷亂，就會持續進行到期滿。中國終究不同於民主國家，人民只能短期或長期拒絕政策。民主國家多數政策則都要經過非常麻煩、富爭議性的期中評量。看來，一胎化政策既不足以引發立即的叛亂，長期來看又不致因政策太看不出成果而引起民怨。因此，這個政策就這樣留存下來。

為什麼？

大體而言，事實證明人們批評錯了。關於中國與全球水資源的所有水文與經濟分析都顯示，人口紅利相當大。在中國內部，糧食、水、住房與公共服務的需求比政策實施前的預測少了二五%。一胎化政策並未阻礙經濟發展，反而可能是中國經濟成長背後被忽略的重要推力。

中國的人口太多，數量或成長速度的任何改變都具有國際上的重要性。中國糧食與水的需求減少二五%，等於全球用水需求減少五%。讓人驚訝的是，中國的人口在一九七九至二〇〇九年間只成長了三七%。我說「只有」是因為先前三十年大增八〇%，更重要的是預估接下來三十年只會增加九%。這是很不了起的成就。世界上的虛擬水消費者——主要是西方工業國家和中東國家——是被中國的一胎化政策拯救的。由於為中國的人口管理，西方工業國才能繼續享受便宜的進口糧食。透過簡單的連鎖關係，我們會發現，目前的糧食安全極大一部分乃受惠於中國的人口節制。

但故事不只如此

中國不僅透過嚴格的人口控管大幅減少了用水，同時在農業用水效率與提高作物產量上也力求精進。就像英國一樣，中國以更少的水生產更多的糧食。中國歷經悲慘的動亂，最後發動「大躍進」——過程中引發很多問題，包括嚴重飢荒與糧食短缺——但也造就一個能對糧食不安全發動戰爭的社會與經濟。這場戰爭的結果當然是勝利，舉例來說，從一九六一年到九一年，小麥、玉米和稻米的產量皆增加為四、五倍。運輸、通訊、市場基礎建設的大幅進步雖然幫助不少，但上述成長的主因乃在於水的生產力大躍進。

漏食

各國生產的糧食不盡相同。低開發國的農業用水效率不及富國，要生產同樣數量的糧食，耗用的水會比

較多，因為水在過程中會被浪費掉；這稱為「漏食」。意思是：雖然已開發國家的消費者消耗較多糧食，但若從每人消耗的糧食中所含的水來看，開發中國家和工業國家差不多。工業國家生產的糧食比較不漏水，這足以彌補較大的胃口；他們是以生產力彌補貪婪。

中國製造

中國的經濟安然度過近年來極嚴重的金融風暴，GDP的成長依然生龍活虎。工業國家應該都不會驚訝，從電腦到服飾，從汽車到貓食，中國已躋身國際前段班的成功製造者。已開發國家現在能大肆消費，其中一個重要原因就是中國大量製造相對便宜的商品。我們享受著高科技奢侈品與低成本的日常用品，使用的量、質與價格在幾十年前還是無法想像的。

但這要付出代價。

中國製的商品讓貪婪的全球經濟持續轉動，中國能以低價大量供應，是因為貿易機制無法讓生產過程中使用到的自然資源的價值全部納入價格，經濟學稱之為負面外部性（negative externality），意思是邊際外部成本未反映在邊際社會成本中。簡言之，環境與資源受損的成本沒有計入價格。

中國正嚴厲地考驗他們的資源基礎。煤與水的消耗程度難以長久，而且分分秒秒都在成長。

煤的故事大家耳熟能詳，每隔一段時間就會在媒體上看到聳動的標題，例如「中國一週內蓋了兩座電廠」。在氣候變遷的政治雜耍秀裡，中國常被當作默劇裡的壞人揪出。此處沒有必要重述這樣的論點，比較少被提及的是對水環境的破壞。相較於糧食生產使用的大水，工業用水量雖然很少，但骯髒的程度卻不成比例；再也沒有什麼能比工業污染的嚴重程度更甚。無疑的，中國的水遭受嚴重的環境犯罪（environmental crime），偏偏又很不透明化，而且也欠缺開放的社會與公民組織（civic institutions）可要求政府與企業負責。

但西方若是站在舒適的優勢地位訓誡中國，實在太過虛偽。那些污染的水讓誰受惠了？是西方國家，我們這些從中國進口低價產品的人其實是雙重受惠。既享受到便宜的產品，又避開了水環境的後果。國際貿易有很多不對稱之處，其中之一即是未計價的水足跡與能源足跡由出口國承擔。對開發中國家而言，這往往構成經濟與社會上致命的負擔。相較之下，新興金磚五國的經濟體質顯然比較優異。

滔滔不絕的「虛擬水」

中國「進口」很多虛擬水。二〇〇〇年，光是糧食就「進口」了六十立方公里。加上進口工業產品與服務裡隱含的水，總計一年是七十四立方公里。你或許還記得，歐盟內部的虛擬水總「貿易」量是六十九立方公里。七十四立方公里聽起來量很大，但中國其實是虛擬水的淨「出口國」。

請快速看一下表4.1，可看到中國出口的虛擬水內容超過進口糧食的虛擬水內容，而且還有餘。可以想見原因在於中國的工業強而有力地運轉。二〇〇〇年，中國透過製造產品「出口」五十五立方公里的水，糧食部分則是二十九立方公里。

總計出口了一一〇億立方公尺的虛擬水淨流量。每一滴水都代表和中國貿易的國家可獲得便宜的產品而不必耗費那滴水，環境的衝擊都由中國承擔了。

	虛擬水「進口」		
虛擬水量	作物與家畜	工業	總計
十億立方公尺／年	60	14	74

	虛擬水「出口」		
虛擬水量	作物與家畜	工業	總計
十億立方公尺／年	29	55	84

	虛擬水「淨進口」		
虛擬水量	作物與家畜	工業	總計
十億立方公尺／年	31	-41	-10

表4.1　中國二〇〇〇年的虛擬水「進口」與「出口」資料來源：查帕干與霍斯特拉，《國家水足跡》，二〇〇三年，國際水利環境工程學院。

中國與非洲

中國這條龍是會下金蛋的龍，全世界都在消費中國的低價產品，但首先要餵飽這條龍。中國極需資源，尤其是能源、礦物與綠水，就像十九世紀走向工業化的歐洲一樣，資源的需求趨使中國也前往同一個地方：非洲。

非洲大陸的悲劇在於資源的詛咒。這個地方有豐富的原料、土地和水，卻深陷可怕的貿易陷阱。資源財的祝福很快變成詛咒，因為這些國家通常都未能多元發展，一段時間後，主要產業的出口市價不可避免會下跌，他們便陷入徒勞的循環——必須出口愈來愈大量的天然資源，才能維持同樣的進口量。對許多非洲國家而言，會造成這種狹隘的經濟結構以及損害自身利益地仰賴不對稱的貿易，其實是歐洲殖民主義留下的苦果。

中國的公民營企業自一九九〇年之後，便開始將目光轉向非洲以及南美洲資源豐富的開發中國家。正如同中國不斷增加電力消耗的消息，中國與開發中國家急速發展的關係在媒體上也有一貫的腳本。概括來說就是：中國被批評追求的目標和十九世紀的歐洲一樣，只是沒有那麼不道德。中國被指控國內人權紀錄不佳，公民自由度低，被描繪成不負責任地剝削開發中國家。最常聽到的例子是與辛巴威和蘇丹這兩個被媒體妖魔化的政權走得太近。

但值得注意的是，從紀錄看來，中國在開發中國家投資與推動基礎建設算是相對負責的。當

然，意識形態相近有助溝通與交往，但中國與非洲的關係並不代表什麼可怕的紅色勢力蔓延。當中國為辛巴威提供軍事支持與訓練，總統穆加貝（Robert Mugabe）在國際間是受尊重的政治家（曼德拉則是在獄中受難）。

過去不只是另一個國度，在地理政治學裡，甚至是另一個星球。二〇一一年，我們看到的是中國提供很好的經濟機會給艱苦掙扎的非洲大陸。中國的公民營企業也許是最適合幫助開發中國家的，這與中國本身的特性有關：他們是世界第二大經濟體，具備所有相關的金融與工業的專有技術。但這個經濟體與撒哈拉以南的非洲地區卻又比亞洲四小龍有更多共通點。特殊的經濟結構讓中國能處理財務需求與工程規模極大的案子。同時，中國又具備在發展不足的經濟、制度、政治環境下努力的經驗。因此，中國有一套獨特的條件，能夠提供國際金融資源、協助設計發展的架構，而且能非常快速地讓這些架構建立完備。

中國的一個強項是管理複雜的農業與農耕事業，這是因為中國本身的農地與人口規模太大，不能不培養這方面的能力。反之，看看中東的那些石油富國，他們擁有龐大的主權基金，但只能提供金援，除了錢，所有必要的條件都無法提供。中國則是有錢，有技術，還有專業。中國不需要在國際市場上與人競爭諮商或簽約方面的能力，他們致力發展自己的人力資源，擁有多樣化的經濟，還有高技能的勞工。過去十年來還多了財力。中國的眾多優勢確實是世界上獨一無二的。

中國既是全球農業龍頭，當然也就是水資源管理的全球領導者。讀者是否還記得前面提到的重要原則：農業是用水或不當用水量最多的產業。只要中國在改善糧食生產上有任何努力，對全球糧食與水資源安全都會有相當大的影響。

世界大豐收

全球農業迫切需要建立一個富想像力、可永續存在的願景。我們已走到危機邊緣，因為世界上有太多人口，每天要食用太多糧食，用太多水，不可能一直這樣持續下去。我們必須選擇雙重保險的做法，採取能夠永續經營的集約農耕，這是第一重。同時我們必須提高水的生產力，更加節省用水，這是第二重。顧此失彼必會招致災難，終而導致飢餓、死亡和民眾騷亂。

綜觀世界經濟史的發展，現今可能是中國的關鍵時刻。中國與南美及非洲都有很深的關連。本世紀上半，非洲的糧食需求肯定會增加一倍，南美也可能如此。世界其他地方必然都需要取得南美豐富的水資源。這兩個地區都有潛力可以提高水資源的生產力，來滿足這個需求。但他們是否能激發、甚至提升此生產力，為世人創造大豐收，中國可以發揮很大的助力。

歐洲與美國在非洲的帝國與後帝國干預期雖奠定了基礎，卻不足以讓經濟與社會永續發展。現在是中國投資的時代，撒哈拉以南的非洲有了新的機會。中國已發揮相當大的影響力：獨特的投資財力與專業管理技能令人讚賞。同樣值得注意的是，中國在投資時，不像工業國家的國際機構或多邊組織會設定那麼多條件。後者的投資帶有資本主義的意識形態，還會基於強烈的自利考量，以工業國家的需求凌駕開發中國家。這並不是說中國沒有自利考量，而是他們的自利考量可能與開發中國家自身的目標合作共生，而不是互相衝突。目前中國已在一些地方興建水資源管理與運輸的基

礎設施，那是當地政府先前努力了近半個世紀仍未能做到的成果。中國在蘇丹、衣索比亞、坦尚尼亞、莫三比克、安哥拉等世界最貧窮的國家將有更多建設計劃。

我們應該探討中國是否能幫助撒哈拉以南的農民，將水的生產力提高一倍？這答案必須是肯定的，這很重要。中國已證明能以負責的態度管理水資源，他們必須將這項能力、省水的價值觀以及日益抬頭的資源管理意識一併輸入。如果成功，我們會看到全球農業出現明顯的永續集約耕作。若是失敗，將有更多人挨餓，而且不只是在非洲。

飲食內容和量決定你是誰

我們看待飲食的態度決定了消費方式，進而決定我們的水足跡。從文化與國家來看，世界各國的飲食觀念有很大的差異。以英國這個歐洲西北方的島嶼為例，六千六百萬人吃什麼或不吃什麼，在一定程度上並不是很重要。

但十三億中國人吃什麼就很重要了。

中國人對飲食有非常堅定的信念。首先，飲食必須好好準備，用餐時間是家庭與社會生活的重心。第二，中國必須能餵飽自己的人口。經過共產黨的孤立期，這個信念更加強化，並支撐中國關於農業與貿易的很多決策。糧食自給自足代表用水充分自給自足。但糧食自給自足是很少見的。

在古老的埃及文明中，糧食自給自足的哲學同樣深植於國家的心理。中與埃及兩個國家都在努力掙扎，但都逐漸敗下陣來。埃及的原因是快速成長的人口，中國卻不是。中國史無前例地做到人口管理，不僅如此，中國在糧食生產、農業產量和水的生產力都有大幅的進步。中國的問題比較簡單，但也較難處理，他們的問題是飲食。

這裡所謂的飲食，是指人類不斷在抗拒的宿敵，也是用水方面最不負責任、最不利永續發展的肉類。隨著中國走向工業化、GDP快速成長，同時愈來愈深入參與全球體系與貿易，促成中國人飲食的重大改變。一時間，富裕與食肉似乎緊密相連。想想看，中印的國家與個人財富已躍升工業國家水準，有了財富，便會想在文化方面更上層樓。再從他們的龐大人口來考量這些事實，會發現裡面有一些讓人心驚的意涵。如果中印每人消耗肉類的速度開始向美國與法國看齊，人類很快就會遭遇嚴重的水資源管理危機。在全球化的時代，飲食的改變是傳播快速的文化現象，一個國家的飲食可以極為快速地出現深遠的改變。

若真如此，人類真的會把自己吃窮了。

目前看來，傳統的簡樸飲食在中國似乎還是很盛行。這個國家有一句很可愛的俚語：「寧可三日無肉，不可一日無茶。」觀察中國對先前經濟反轉的強勢反應，看來中國將繼續維持富裕的優勢。我們很快就會知道，這對中國人的飲食習慣有什麼影響。我們只希望，一貫、永續、理性的傳統能贏過大麥克漢堡的誘惑，但這似乎是不太容易實現的希望。

再談晚餐的虛擬水

虛擬水「貿易」讓中國可透過進口食物，默默地讓全球資源承受龐大的水足跡。虛擬水「貿易」本質上就是隱藏的，讓一個國家可以看似達到水與糧食自給自足——從而滿足心理需求，同時又能讓人民吃飽解渴，滿足生理的需求。

埃及因應用水不足的方式是漸進、無形地倚賴經濟與政治上無聲的虛擬水貿易。中國的做法很類似，但因中國幅員廣大，同時也進行內部的虛擬水貿易。大眾對此同樣沒有意識。舉例來說，華北平原雖然缺水，卻透過穀物與食品將虛擬水「出口」到中國其他地方。華北的農民有足夠的技能，如果給與適當的價格誘因，他們必能進一步提升產量來餵飽其他地區的同胞。

但糧食生產者目前的努力還不夠，以致中國的虛擬水「進口」大幅攀升，在一九九〇年代，中國透過糧食平均進口三十立方公里的水。在二〇〇〇年至二〇〇四年間，平均量增加到七十一立方公里。多數虛擬水都是隱藏在進口的大豆，其中很多是做為動物飼料之用。這種等比級數的增加是很讓人擔憂的趨勢。

我們在此再次看到虛擬水的黑暗面。

世界最大的配管工程

中國的水

當然，有一個大問題我們還未討論。中國究竟有多少水？用水情形又是如何？

總體而言，中國有相當多的水。但這個國家很大，不難預期地區的差異很大，概括論定整個國家不太有意義。但中國可以肯定有豐沛的地表水、地下水與季節性土壤水。中國多數地方多雨，尤其是夏天有季風的南部與東部。事實上，還可能因為季風過度強烈而帶來太多水，導致廣大的長江低地氾濫平原被淹沒。但西部與北部則是乾燥或半乾燥，西北角落則是廣大的戈壁沙漠。

從戈壁沙漠向東來到華北平原——過去幾十年來，這裡發生嚴重的水資源競爭。華北平原與黃河流域的灌溉地構成中國的穀倉，支撐快速發展的工業與服務業。但兩個地方現在都嚴重缺水。儘管如此，華北平原仍是糧食虛擬水的主要「出口地」。我們在美國缺水的加州也看到這種看似矛盾的現象——天然水資源明明很匱乏，卻是美國多種食品的主要供應地，更是全球虛擬水的重要「出口地」；西班牙南部的農民也是如此。這聽起來似乎違反直覺，但水源不足的地區發展成重要虛擬水出口地的情形相當常見，例如在印度西北的旁遮省、以色列、以及下一章要探討的埃及都愈來愈常看到。

中國在漫長的輝煌歷史裡，僅憑傳統技術便一直能輕易滿足全國的糧食與用水需求，一直到近幾十年來才出現問題。為了因應需求成長的挑戰，技術也隨之進步。無論是水的利用或是在幅員廣大的各省份運送產品都愈做愈好。這是因為有一群農民、工程師與水資源政策制定者共同朝一個遠大的目標前進，致力於開拓新的水源，管理與調節用水方式。中國的農民就像英國的農民一樣，用水的效率比以前提升很多。能有這樣的成績，農耕與灌溉技術只是其中部分因素：運輸建設與國家制度也有很大的貢獻。改善灌溉與農耕技術是一回事，若沒有互補的次要條件，如更好的道路、有效的市場和提供誘因的價格，中國絕無法創造出糧食增產五倍的佳績。

有些因素超越水利以及相關產業，卻能徹底改變一個經濟體改善水生產力的能力，中國的國家與地區當局都能活化這些元素——有時候效果還相當好。水不只是水而已，中國政府很了解這一點，下面介紹一個值得學習的例子。

廣建水利工程——香港模式

但這並不是說中國沒有經過大興土木與廣建水利工程的階段。事實上，早在人們注意到加州的富饒土地之前，中國人就已展開這個旅程。

偉大的工程計畫有一個特點，就是前置期很長。最典型的莫過於讓人嘆為觀止的京杭大運河，這條總長一七七〇公里的傑作花了一千年的時間完成。宏大的旅程始於東南方潮濕的熱帶海岸城杭州，時為西元前五世紀。其後不斷增建延長，直到隋朝（西元前五八一至六一八年統治中國）才完成。當西方的工業國家深陷黑暗時代的戰亂與死亡，中國卻已興建與享受世界上最大的人造運河。

中國在科學、技術與組織領導上有豐富的長久歷史。值得注意的是，京杭大運河主要的理論與努力目標至今仍有意義。首先，這是由工程師與國家機制合作，進行環境與經濟的複雜實驗，以支持一連串的文明發展。第二，這個計畫清楚顯示，貿易是繁榮的要素。唯有透過貿易，自然資源才能有效被利用，同時將生產力推向不斷前進的極限。唯有貿易能促進產品與服務的交換；當人們進行貿易時，因一種產品或服務而受惠的人數能增加至少一倍——這時消費者與生產者是不同的人，各自都能從中獲益。糧食也是如此，生產者因為在糧食上自給自足而獲得保障，還能出售多餘的部分以創造收入。因為貿易，缺乏自然資源地區的消費者能夠獲得穩定的糧食供應，進而追求經濟活動。很重要的一點是，虛擬水貿易促成了城市的誕生；城市又會驅動社會經濟的發展以及文明的進步。京杭大運河證明了這一點。雖然運河的部分區段偶爾沒有使用，但運河沿岸的城市繁榮了千年；中國建造運河，運河反過來強盛了中國。

起初，運河的貿易目的與征戰密切相關。聽起來或許很殘酷，但在很多方面征戰確實是原始的貿易形式。無疑的，貿易正是現代形式的征戰。運河第一階段的興建工程是由吳王夫差命令進行的，起初是為了方便從南方的權力中心供應軍力到北方，如此南方的士兵便不須擔憂戰鬥時的糧食是否能自給自足。歷史上多數軍事衝突到最後都是因一方糧絕而決定勝敗。拿破崙在入侵俄國時若已學到這個教訓就好了。中國利用京杭大運河解決了這個問題，比歐洲早了千年。糧食與武器沿運河向北運，換回糧食與金錢。一直到數百年前，京杭大運河的主要功能都是將穀物運回主要城市。

運河最高點只有四十二公尺，這在建造時可能比較容易，但也蘊藏著危險——其中一個不算小的危險是運河流經好些寬闊的低地，造成這些地方定期氾濫。運河常因大自然的因素無法通行。此外，一些防守的將領非常了解糧食補給與戰事的勝敗關係甚密，會故意破壞運河以阻擋官兵前進。但當運河正常運作時，中國的軍隊都能進展順利。由此可見中國、尼羅河、兩河流域、印度河在古代社會的水利工程確實能幫助當權者攻城掠地。

中共中央政治局：為中國建造更好的未來

如下是中共中央政治局委員二〇〇六年的完整學歷，全部都是工程師，只有一人例外。

胡錦濤，六十二歲，國家主席，北京清華大學水利工程系畢業。

黃　菊，六十六歲，清華大學電機工程系畢業。

賈慶林，六十五歲，河北工程學院電力系畢業。

李長春，六十一歲，哈爾濱工業大學電機系畢業。

羅　干，六十九歲，德國富萊堡礦冶學院（Freiberg University of Mining and Technology）畢業。

溫家寶，六十二歲，北京地質學院地質礦產系畢業。

吳邦國，六十三歲，清華大學無線電電子學系畢業。

吳官正，六十六歲，清華大學動力系畢業。

曾慶紅，六十五歲，北京工業學院自動控制系畢業。

中央政治局很懂水，尤其精通水科學，水的議題不需要社會運動者將之推上議堂。如果西方的議會裡有許多技術專業人才，也許能提高全球的水資源安全。

改變愈多……愈能維持不變

但廣建水利工程對今日的中國有什麼重要性？重視工程建設的傳統顯然還是很有影響力。二〇〇六年，中央政治局有九位委員，幾乎全部都是工程師。中國最高領導者胡錦濤畢業於清華大學水利工程系，第一份工作是興建劉家峽水電站。難怪中國能持續大力投資工程建設，因為那曾經是最高領導人的謀生工作。

中國的水利工程熱可歸結出三個核心目標：發電，水患控制，解決地區水源不足的問題。中國不惜成本與能源，將水轉移到西部與北京附近華北平原的偏遠乾燥地區。不僅如此，中國龐大的灌溉系統也在陸續更新中。

中國的發展一向與世界其他地方不同調，到了二十世紀甚至差異愈來愈大，廣建水利工程也不例外。在二十世紀最後二十五年裡，工業國家對於象徵性的昂貴水利工程計畫的態度漸趨厭倦與謹慎。他們受夠了過度興建水壩，到處都是水庫，太多河川改造成運河，太多濕地被過度排水，太多環境上的不義。這些瘋狂的措施會喊停有兩個理由，第一是環保運動的成功，第二是能做的部分幾乎都被做完了。水利工程的目標大抵都已完成，尤其是前一章談過的南加州和南西班牙。

因此，工業國家的水利工程野心在七〇年代末逐漸消失。同時，中國這個共產大國才剛開始甦醒：此時大規模興建水壩、水庫和水力發電廠。中國到了九〇年代，開始進行兩項重大的水利計畫：三峽大壩和南水北送。早在毛澤東時代初期，統治的工程精英就已在考量這兩項計畫。這件事可說根植於他們的國家意識內，在政治上乃不可不為——不去做代表承認弱點，這當然不可接受。

馬有失蹄

中國在水的管理上未必永遠是對的。事實上，中國在二十世紀的一些水資源發展政策實在讓人摸不著頭緒。華北平原與黃河流域的用水方式坦白說便很費解——這些水資源欠缺的地區竟然「出口」虛擬水到潮濕許多的南部。這種做法絕無法永續發展，除非出口內容與高價值作物有關，而不只是穀物。黃河相對不大，與尼羅河相當，年流量約八十立方公里，卻被嚴重地過度使用，太多水被取用於生產灌溉作物，以致無法流到大海。所幸他們已開始補救。南方的長江情形相反，江水滔滔，年流量約有一千立方公里。每十年發生嚴重氾濫，造成低窪地區的城鎮災情慘重。如何處理這條不穩定的巨河將考驗中國工程菁英的能力，他們先前相當成功地扭轉黃河低地遭破壞的問題，現在必須複製到更大的長江上。

三峽大壩

你恐怕很難找到比三峽大壩更大的水利工程計畫了——這是共產中國展現工程成就的象徵。三峽大壩的計畫耗時超過百年，費時二十年興建，遷移人數遠超過百萬，耗資約二六〇億美元，淹沒了文化與人類學的重要據點，對人與環境都造成極大的傷害。

但這也是很重要的國家象徵，尤其毛主席寫了一首詩〈水調歌頭。游泳〉，有一句是「更立西江石壁，截斷巫山雲雨，高峽出平湖」。從寫詩到一九九二年全國人民代表大會通過修正計畫，其間幾乎過了四十個年頭。

三峽大壩絕不只是宣揚國威而已，其發電量確實不小。撰寫本文時，已有二十六部七百毫瓦的發電機順利運作，後續預計將建立更多數量。一個可喜的附帶好處是，每一滴水所發的電都是乾淨能源。除了電力，大壩水庫能保護下游一半地區的城市免於水患之苦。毛澤東會有感而發化為詩文，便是因一九五四年發生嚴重洪患。下游承受的水量極大，首先是發源自西藏上游的全部水量，這部分占流量四五%。另外有四五%是雨水，加起來的效果很可怕。下游每逢季風水量飽滿，又碰到上游暴漲，往往導致長江潰堤，造成嚴重的人命與財產損失。九八年夏季發生史上極有名的水患，影響數百萬人，損失數百億美元。最後一〇%源自落在出海口附近三角洲的夏季季風。在這個龐大的系統裡，喜馬拉雅山的融化冰河提供了不少的水，這是很美麗又浪漫的意象——來自山區的滔滔江水。但實際上絕大部分的河水是在中下游三分之二的部分加入的。

任何事情都是有得有失，此處也是一樣。為了保護下游人民，便不能不犧牲發電。三峽大壩水庫最大蓄水量為八十立方公里。這個數字可能不太好懂——大約是三千萬座奧運泳池。數量是很多，但相較於尼羅河讓人驚嘆、而且蓄水量龐大的亞斯文大壩（High Aswan Dam）還不到一半；亞

斯文巨壩蓄水量多達一六八立方公里。這個差異確實很奇怪——想想看，尼羅河在亞斯文水壩的流量大約只有長江在三峽水壩的一六%，更只有經常氾濫成災的長江下游的八%。也就是說，長江在三峽水壩的年流量大約是四百立方公里，相較之下，三千萬座奧運泳池的蓄水量突然變得微不足道。為了有效發揮防洪功能，水庫多數年份都必須降低水量，以備容納四十立方公里的洪水。換句話說，水庫因此損失很多發電產能。

談到防洪，四十立方公里應該足以吸收多數洪患，但千年難得一見的大水患也可能發生，這時工程師的任何防患計畫都會顯得無足輕重。水可以很殘酷，無堅不摧。當它決定要大舉遷移時，人力莫之能擋。但人類只能為可能發生、而非罕見但無法避免的事件做準備，唯有如此才能生存。以三峽大壩為例，大眾心中還留著一九九八年與一九五四年兩次洪患的創傷記憶，加上大壩在統治精英心目中的象徵意義，讓中國有足夠的政治意志興建大壩，同時接受興建的後果。

南水北送

中國當代還有另一項重大的水利工程計畫，這項計畫的背後混雜著同樣的情感與惰性。南水北送計畫的蘊釀期同樣很長，同樣獲得毛澤東的祝福，目標是每年從長江流域輸送五十立方公里的水到缺水的北方；這是人類水利工程建設的奇觀。這項計畫要從長江的三處排水渠口取水輸送到缺水但農業與工業發達的地區。長江流域擁有一個很好的條件，經濟學家可能會以很好聽的名稱稱之為藍水資源的「順差」（surplus）（雖則水科學家可能稱之為「極度致命之河」），本地的農業與工業卻不似華北平原那麼密集，也未能發展出必要的實體的基礎設施與市場機制。讀者聽到這樣的計畫可能會說：「聽起來很有道理，將水從過多處移到不足處。或許成本很高，但考量農業與工業的需求，在經濟上應該是合理的，而且正可展現人類的聰明才智與工程本領。」或是類似的話。

現在我希望你會和我一樣提出一個簡單的疑問：「那虛擬水呢？」

這就是弔詭所在。他們將耗費龐大成本，每年將五十立方公里的實質的水輸送到北方。然而在二〇〇〇年，華北平原生產的作物共含二十六立方公里的虛擬水內容，並將這些商品輸送到中國其他地區——包括可以用到長江水的南方。這不是很不對勁嗎？

會有這種結果，是因為政治與水科學、水經濟學的觀點不協調。而真正重要的是政治，不是科學。政治以不同的方式，在不同的關鍵點影響此一水資源分配政策。首先，必須對可用的水達成共識。第二，當考慮將甲地的水運送到乙地時，顯然涉及地區與國家的政治力量。別忘了，政治的合理性在於：相較於華北平原進步又發達的農耕中心，水資源豐富的長江流域相對欠缺水的生產力。第三點要考量的是，農民與社會可能有調整的能力，能提高水的生產力，但這個觀念還不是公共討論的議題。我們通常不會去談論或思考如何更積極用水。這是很奇怪的立場，畢竟自有人類文明以來，農民便自然而然能提升調適力，妥善管理水資源。第四，既得利益與政治偏見決定何種解決方案能取得資源。誠然，龐大、可見度高的水利工程計畫很吸引人，尤其是深植於國家意識的計畫，尤其這個國家是由工程專家所領導，迫切希望透過壯觀醒目的建設展現集體的力量與繁榮。第五，就連揭露問題爭取關注的適當時機都具高度政治性。

那麼中國會怎麼做？目前中國似乎衝勁十足地在推動這項龐大的土木計畫，雖然預估成本高達五百億美元。只需要這五百億美元的一小部分，就足以改變長江流域的農業與工業，或大幅提高調適能力，提升水的生產力，讓華北平原的水能投入高價值的活動。採取這些措施後，便不需要南水北送。不僅如此，若是不花五百億美元進行南水北送，很多環境的破壞根本不會發生。換句話說，投資南方與北方的發展，在財務與環境成本上都會便宜許多。聽了這麼多，我希望讀者和我一樣，認為耗費巨資將極大量的水移到一千公里遠的北方實在很值得商榷。這是嚴重的資源配置不當。當你明白虛擬水的基本觀念，就會發現這種刻意投入水利工程的做法根本是浪費寶貴資源，甚至荒謬可笑。

中國當局當然不是傻瓜，也不可笑。他們能在沒有選舉的情況下掌權六十年，並不是只靠壓制和恐懼而已，而是因為了解民眾的心理，以及數十年來被視為重要議題的觀念。他們明白民意很容易受南水北送這種大膽、醒目、明顯的具體方案打動，人們期待這個計畫很多年了，雖則這個做法在財務與環境上明顯比其他方案昂貴。他們也明白民眾不了解虛擬水的角色，無法或不願去了解「投資區域調適能力」這樣複雜的觀念。因此，錯誤的方案在政治上是可行的，正確的方案在政治上反而有風險。科學會選擇正確的方案，政治卻會選擇政治上可行的方案。錯覺再次打敗基本原則。

從封閉走向開放

中國有很長一段時間是對外封閉的，無法進入。現在是有史以來最開放的時候，未來的發展反而讓人難以看透。中國目前的經濟成長速度史無前例，是史上人口最多的國家，但也實施了史上最嚴格的人口控制政策。未來的中國無疑將面臨社會、經濟、資源的極大壓力。但領導者一再展現出直接迎向挑戰的韌性與特質。

面對水的問題也是一樣。

目前，中國的水資源管理正走到十字路口，一邊是過去行之有年的原則，一邊是提升用水意識的樂觀未來。別誤解，大眾與統治精英依舊強烈認同應廣建水利工程。當然，以工程專家為首的領導階層會熱衷於大型計畫，諸如發電、灌溉水的儲存與取用、將淡水輸送到缺水的地區等。這類政策頗符合直覺判斷，政治上很受歡迎，更棒的是直覺上很符合民眾對糧食與水資源安全的執著。

有些政策會帶來社會與政治的壓力，中國的領導階層並未因此逃避推動。他們不是不了解虛擬水這類很重要但未必看得見的政策，也不是沒有環保意識。領導階層雖然難以抗拒政治權宜式的工程大案，但在追求較不明顯但較明智的解決方案時，可比工業國家的政治領導階層更勇敢。中國在這方面具有優勢——這些政策一部分是延續早期共黨推動的計畫。

推升生產力

其中第一項政策是推動一系列措施，鼓勵農民提高生產力與用水效率。農業技術、市場管理與基礎建設的改善都有助益。作物和家畜產量與水的生產力只須稍微提高，就能發揮極大的效果，即使只是每年提升一%，也都足夠了。由於中國在過去三十年來實施嚴格的人口管理，不必像一九六〇年到一九九〇年那樣追求大幅度的生產力提高。當然，這裡必須增加一條重要的但書：前提是中國人飲食中隱含的水量大致不變。如果中國開始大量消費肉類，程度相當於美國或金磚五國的巴西，後果就嚴重了。這其中蘊藏著艱巨的挑戰正等著中國的領導者：如何管理中國人民的飲食。在見識過中國在人口管理上的果斷與成功之後，對於當局處理飲食這個棘手問題的能力，我們可以多一點信心。

雨水的利用

第二項政策是中國致力改善土壤水的生產力，尤其是主要靠雨水灌溉的農田。到一九九〇年代末，土壤水在中國已是重要的科學研究重心。中國在該領域絕對超前工業國家（澳洲例外），中國有全國性及國際性會議專門探討這個議題。歐洲、非洲或中東的開發中國家想就土壤水以及雨育農業的水生產力展開討論，恐怕只會得到眾人呆望的眼神。由於土壤水無法計入成本，因此不在經濟模型內，無法在市場經濟裡被量化，因此理論上等於不存在。實際上這卻是餵飽人類最重要的元素。中國的科學家與政府部門確實注意到土壤水的重要，這一點與許多國家大不相同，這對中國與全世界都是一大福音。

水壩與貿易

中國同時也以兩種方法鞏固糧食安全。看得見的部分是興建大型水壩和運河，用於水的儲存與運輸；看不見的部分是虛擬水「貿易」。兩者並行時在政治上都是很可行的。引人注目的計畫能贏得民意支持，還可公開頌揚。虛擬水依舊在經濟上無形，在政治上無聲。這裡不是二擇一的問題，兩者都很重要，但兩者本質上是不同的。大陣仗的水利工程計畫會造成極度負面的環境衝擊，這些負外部性並未納入商品的價格。簡言之，環境損害的成本無人買單。虛擬水卻是將成本放入出口經濟。水利工程訴諸情感，虛擬水訴諸理性，既符合經濟效益，又能讓我們知道有哪些環境成本。

虛擬水貿易對中國有很好的成效，道德上應該也是眾人都能接受的。別忘了，中國透過製造業的出口輸出了大量更有價值的藍水，這些出口當然代表中國有資格進口含綠水和藍水在內的食品。中國雖進口許多糧食，整體而言還是虛擬水的淨「出口國」。畢竟中國的製造業出口經濟是如此強勁，規模龐大。從這個觀點來看，任何人要抱怨中國的水足跡，恐怕失之無禮與無理，因為中國投入的比取走的多了很多。

虛擬水目前侷限於科學文獻的領域，但北京的決策者顯然都很了解。

數字演算

所有的飲食最終可歸結為數字演算。西方人的飲食態度常陷於愧疚與熱衷的拉鋸。計算卡路里，舉重，計時使用跑步機，量腰圍，計算身體質量指數（BMI）——個人的飲食簡直離不開一堆數字。

一個國家的飲食大抵也是如此。國家的飲食和個人一樣有某種趨勢。一些樂觀的證據顯示，中國似乎也開始表現出工業國家在水資源管理方面的優點。首先是一個簡單的現象：減少用水。

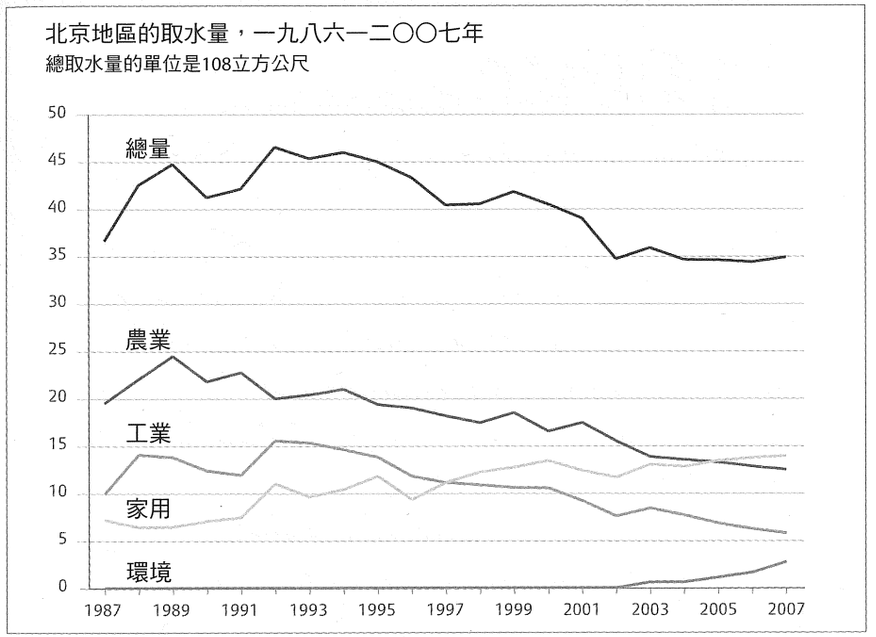


圖4.1　北京地區的取水量（water withdrawals），一九八六-二〇〇七年
資料來源：北京統計局與國家統計局北京調查總隊（1986-90），《北京年鑑》，北京：中國城市出版社；北京統計局與國家統計局北京調查小組（1991-2002），《北京統計年鑑》，北京：中國統計出版社；北京水務局（2003-7），北京市水資源公報（Beijing Water Resources Bulletin），北京：北京水務局。

圖4.1很容易了解。圖中清楚顯示許多產業類別的取水量都減少了，整體用水量也有相當幅度的減少。這裡舉的是北京的資料，北京的科技與政治發展已到達工業國家的程度，因此會出現相似的用水趨勢也在預期之中。

我一再強調，水絕對和金錢有關。一個國家要用更少的水賺更多的錢，祕訣在經濟多樣化，這是各國都要學習的訣竅，有強大的證據顯示中國在這方面已很得心應手。

圖4.2顯示，工業與服

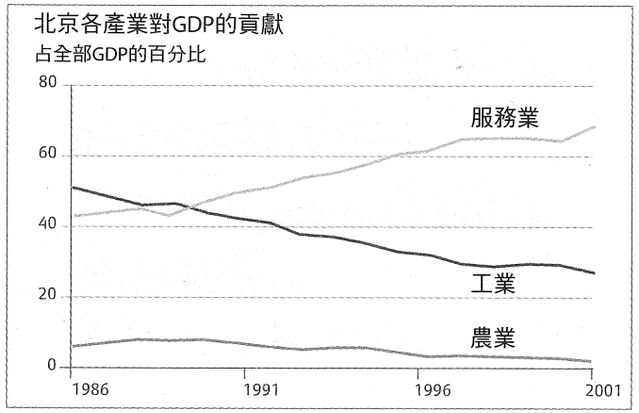


圖4.2　北京各產業對GDP的貢獻，一九八六一二〇〇一年
資料來源：同圖4.1

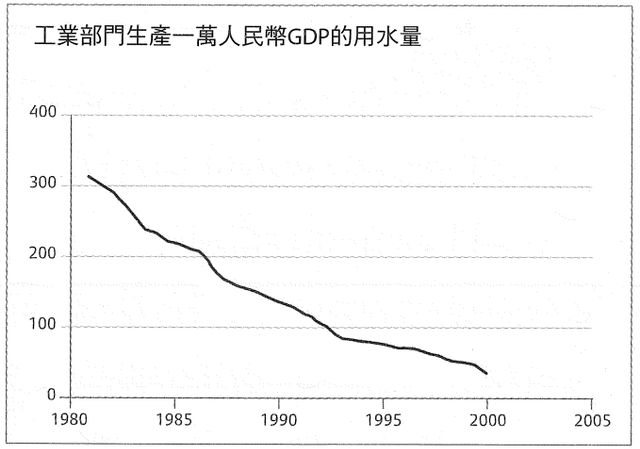


圖4.3　工業部門生產一萬人民幣GDP所需水量，一九八〇一二〇〇〇年
資料來源：賈紹鳳和張士鋒（2003），北京市水價上升的工業用水效應分析，《水利學報》（*Journal of Hydraulic Engineering*），第四冊。

務業對中國ＧＤＰ的貢獻已遠超過農業。這一點很重要，因為這兩個產業的用水效率都比農業高出許多。一個國家的ＧＤＰ成長愈能超越農業創造的財富，從水資源得到的財務效益也就愈大。事實上，其他產業的用水報酬率都高於農業。圖4.3說明一個更簡單的事實：中國的ＧＤＰ愈來愈能表現出用水效率。就像工業國家一貫表現的，農業部門對經濟的重要性愈來愈低，且穩定維持低檔。

這些指標讓人對未來更樂觀。但中國不會滿足於現在的成就。中國正積極形塑需求面的管理，而不是聽任經濟多樣化創造附帶效益而任其發展。二〇〇二年，中國推動省水計畫。五年後，水資源部、建設部和國家發展與改革委員會發表另一版本的省水計畫，核心目標是在二〇一三年之前讓每單位ＧＤＰ的用水量減少二〇％。

中國的確嘗試了所有的做法。他們透過革命性的人口政策大幅減少水需求，同時也發揮製造業的影響力，承擔大量虛擬水「出口」的負擔，以平衡隱含在糧食裡的虛擬水「進口」。另一方面，他們致力於真正世界級的水利建設，雖則未必都能以經濟穩健與環境永續的方式強化水資源的利用。最後一點，中國努力走向經濟多樣化，積極在用水密集的農業以外追求ＧＤＰ的成長。

這些都仍在進行中。種種跡象與初期的反應都很樂觀，中國採取的政策似乎多半合乎理性，對國際社會也很負責。其他國家理直氣壯地抨擊這個巨大、快速發展的經濟體，要求中國在未來要更快速符合西方環保標準，認同歐美的偏見。中國人通常以這是不必要的干預迴避問題，讓人感覺很冷淡。其實完全不是，他們其實只是禮貌。中國是在告訴我們不要多管閒事，他們大可以理直氣壯地再三指出我們的批評多麼偽善。中國的決策者很願意以更快的速度實施省水計畫，因為那對經濟與環保都有益。

局外人（尤其是具有社會—民主傾向者）看到一黨專政的大國在社會、工業或政治上能創造看似神奇的成就，往往覺得不可思議。在我看來，中國似乎是一個很棒的水資源管理案例。透過人口控制、更積極用水、盡可能提高糧食生產力以及優異的工程建設，中國在水資源的利用上愈來愈高明。更值得一提的是，中國透過投資將此專業技術輸出到非洲與其他地方。的確，這其中並非全無黑暗面，包括有待商榷的南水北送方案，以及該方案與其他工程計畫造成的環境衝擊。但總體來看，中國有太多地方值得其他國家學習。

第二部

巴西：難以理解的世界水塔

優勢中的優勢

金磚五國的縮寫是ＢＲＩＣＳ，巴西驕傲地名列第一位——大喇喇、大寫的Ｂ。

巴西確實有許多值得自豪之處，尤其是水。巴西的水資源是金磚五國及其他工業國家難以望其

項背的。南美與中非其他國家也有豐富的水資源，但他們與巴西有一個重要的差異：錢。此處指的是能因應這樣龐大的國家與經濟進行大規模的投資。

如果沒有錢，有水也沒有太大的意義。有水無錢對任何國家向來都沒有多少幫助。衣索比亞這個國家有幸享有尼羅河的主要源頭，卻總欠缺金融與政治資本而無法利用。

巴西受惠於經濟多樣化與工業化的雙重神奇效應，情況優越許多。巴西經歷數十年的政治亂象，開始展現全球經濟潛能，愈來愈有實力在全球經濟的高桌競爭一個位子。二〇〇八年甚至借出一百億美元給國際貨幣基金（ＩＭＦ）；這是很了不起的成就，別忘了巴西在十年前還謙卑地向ＩＭＦ求援。從許多標準來看，巴西都已躋身世界前十大經濟體，很多人預測，到二〇五〇年將進步到前五大。

重點不只是河流

亞馬遜河一年流量為八千立方公里，是世界最大河。挾著傲人的長度、寬度、強度，這條河光是看著都讓人心生恐懼、讚歎和謙卑。看著亞馬遜河就像嘗試迫使大自然就範——結果必然是你先屈服。

亞馬遜河流域絕大部分在巴西境內，亞馬遜河屬於巴西所有，以高壓大動脈的堅定力量滔滔流過這個大國。光是這條無與倫比的大河與其支流，就足以讓巴西成為世界上水資源最豐富的國家，更何況世界上流量第二大的奧里諾科河流域（Orinoco）有極大部分也流經巴西。

聽起來雖然很了不得，巴西的地表水幾乎未經開發與利用——不論是像灌溉糧食生產的消費用途，或是發電這樣的非消費用途。不過最後這一點已開始改變，政府已規畫了幾項水力發電建設，儘管地方居民與環保人士反對，極可能還是會實施。巴西超級豐富的淡水或藍水目前大部分無法取用，壯觀的亞馬遜河繼續滔滔向前流，幾乎沒有人去碰觸，奧里諾科河也是。

讓人驚訝的，是這種情形影響不大。巴西因為有難以匹敵的土壤水，因而能忽略地表水大而無當的窘境。巴西以亞馬遜雨林著稱，稱之為雨林乃實至名歸：巴西的綠水資源儼然讓這個國家成為世界的水塔。

能源、燃料、乙醇、柴油：認識你的生物資源

人們一方面想繼續二十世紀發展出來的全部物質享受，同時又希望讓地球不再發燒，這個難題引發文化的恐慌，使得生物能源與生物燃料等名詞被排除在公共討論之外。或許讀者不是非常清楚這些名詞的確切意思。簡單地說，生物能源與生物燃料是同義詞，都是指生物質做成的燃料。生物質的定義更簡單，就是來自於有生命、或不久前有生命的有機體之生物材料。所以生物能源與生物燃料是很廣泛一般的名詞。

生物乙醇與生物柴油是特定的生物燃料，對於分析巴西兩者都很重要。生物乙醇是一種酒精，和所有的酒精一樣，是利用糖、澱粉或纖維素發酵而成。以巴西的情況為例，生物乙醇多是利用甘蔗發酵。若是做為

一般汽車的燃料，生物乙醇只能代替至多一五%的汽油，汽電共生車則比例高出很多。生物柴油可直接代替一般柴油，目前世界各地已在使用。加州迪士尼樂園的繞園火車便是利用廢棄植物油產生的生物柴油當燃料。巴西的故事是用綠水培養的生物質產生生物乙醇。請注意：主要功臣是經濟上看不見的綠水。

巴西地理概觀

巴西有很多水，但土壤很弱。土壤的養分很低在熱帶與赤道附近的國家是很典型的現象，但人類正憑著典型的頑強智巧努力克服這個問題。巴西的農民利用各種農化方式提升土壤肥沃程度，這是嚴謹的科學，而且巴西在這個領域是領導者。巴西大量擁有一項無法移動、抑制或控制的資源：雨水。因此，合理的做法是增添其他必要的元素，盡可能提高工業農地的生長與效率，其中蘊藏著糧食生產的無限可能。

但巴西的目標不只是糧食，至少不是人類的糧食。巴西也希望能餵飽人類在地球上最好的伴侶之一：汽車。

巴西的農民與政府都相當重視種植生物乙醇用的甘蔗和玉米。從碳足跡的角度來看，生物乙醇是相對乾淨的能源，但生產時要耗用很多水——其水足跡是石油的七十倍以上。只有像巴西這種水資源如此豐富的國家，才能心安理得地種植玉米來生產生物乙醇。歐盟與美國都在實驗生物燃料的生產，但雙方很快就明白了自己根本沒有本錢犧牲傳統農耕所用的土地與水去生產生物燃料，這樣會嚴重破壞策略性主食的取得與價格。如果你相信石油和燃料在地理政治學裡決定一切，容我告訴你一個新的訊息：飢餓重於一切——至少長期而言是如此。但人類還未碰到長期的挑戰，目前還在處理能源危機的階段。

巴西可以生產生物燃料，因為只有這裡擁有得天獨厚的條件，不僅掌握必要的技術，還有豐富的水資源。但生物燃料還需要第三個條件：土地——這一點巴西也很豐富。土地、水和技術：這三者讓管理完善的國家能實現任何農業的目標。再也沒有一個地方像巴西這樣，三者都極其豐富。這正是為何美國和歐盟都避開生物燃料，唯有巴西繼續向前衝。但話說回來，生產生物燃料並非穩賺的產業。石油與天然氣的價格波動可能造成極大的衝擊，當價格驟降，原本可行的生物燃料計畫可能一夕之間變成巨額虧損的廢物。而石油與天然氣的價格在二十一世紀的不穩定是眾所皆知的。

但暫且不要太悲觀，巴西還有很多值得樂觀的理由。光是看水與土地資源的規模，就知道巴西有很多優勢和政策的選擇，更棒的是巴西甚至還未開始實現自然財富的潛能。不同於歐洲大陸與美國，巴西還未砍伐全部

生物燃料的發展

第一代生物燃料使用甘蔗、穀物或蔬菜油等作物做為生質來源。第二代生物燃料使用農業廢棄物、稻草和其他木質與纖維質的生物質。由於這些是廢棄物，第二代生物燃料的水足跡小很多。

的自然森林植被。目前還有大片土地完全未被碰觸，即使是砍伐的土地，有待運用的綠水也比目前已使用的多很多。巴西的綠水很可能不僅滿足本身的需求，還有餘量可滿足世界其他地區的需求。

未來巴西會提高綠水和藍水的生產力，也會進一步砍伐森林與其他林地。但巴西的土地與水管理政策是比較能反躬自省的。此外，我們應該記住巴西的經濟開發比較晚。因此，環境意識更深植於政治與經濟原則。新興的經濟大國懂得以環境永續的方式耕種，並會審慎選擇作物，只要作物能以合理的價格出售，就不會重蹈歐美荒腔走板的環境問題。

第一代的生物燃料對巴西是可持續發展的選擇，至少在可預見的未來是如此。同樣的模式在其他國家可能就行不通，因為其他工業國家欠缺土地和水，任何大規模的嘗試都可能讓他們陷入危險的糧食不安全。開發中國家則是欠缺技術與資金，在金磚五國裡只有俄羅斯有潛力追循巴西的腳步——但前提是俄羅斯能更有效地結合投資、技術、土地和水。可悲的是，目前沒有什麼證據可證明俄羅斯這頭巨熊不久將從農業冬眠中甦醒。

頌揚機械農耕

我們看待農業的方式源自許多浪漫但荒謬的觀念。人類對於糧食有一種奇怪的懷舊觀，那是在電力或水的供應裡看不到的。沒有人會懷念過去高風險的採煤或容易感染霍亂的井水時代。但當我們想到高尚的農民只靠著種子、土壤和負重的牲畜辛苦耕種的畫面，即使是最冷靜理性的人也會有些兩眼迷濛，頭腦不清。

在所有過度美化的懷舊夢裡，這可能是最荒謬的。不要相信那些主張破壞機器的盧德分子（Luddites）。發生在一九四〇到六〇年代的機械化農耕是二十世紀最環保的農耕創新之一。以前的負重牲畜大約消耗二〇%的作物，這個數字太驚人，乍看之下可能會讓人忽略其意涵。五分之一的作物竟然被投入生產更多作物！恐怕很難找到一個方法效率更低落了。在北美與歐洲有數千萬負重牲畜用於作物的栽培、收成與運送。有了曳引機和卡車可以取代後，多出約一〇%到二〇%的可耕作土地，其中多數都是仰賴雨水。

我們在這裡看到富裕國家創造極佳省水效益的另一個例子。那些國家因為農業部門機械化，得以多使用二〇%的綠水來栽種作物。目前，中國與印度的農業還在努力從仰賴牲畜轉型為仰賴碳氫化合物能源（hydrocarbon energy）。我們可以理解，開發中國家依舊無法擺脫耗水的牲畜拖拉式耕作方法。即使在今天的開發中國家，農場使用的能源仍是由負重牲畜提供。這些牲畜既是農耕的主力，卻也是農場收成最大的耗用者。若是規模極小的農地，這些牲畜更是直接與農民及其家人競爭糧食與水。

有趣的是，農地使用能源的方式正進行一場新革命——事實上，從某些方面來看應該說是反革命。巴西扭轉了歷史趨勢，從用水密集走向用水輕省的農業能源。他們生產用水較多、但碳排放少的生物燃料，取代碳氫化合物做為農耕產業與一般運輸業的能源，農耕產業在這個過程中將許多土地與水資源從糧食作物的生產移開。沒有任何國家有足夠的自然資源能做這種嘗試，但對巴西而言，這可能是一場非常成功的反革命。不論巴西決定怎麼做，都會對全球造成影響——他們會選擇餵養全世界，或追求能源的自給自足？

巴西的全球角色

就像中國一樣，有很多事是巴西能夠且願意為全世界做的。與中國不同的是，巴西的選擇較多，經濟、環境、政治上的限制較少。中國必須繼續學習如何以更少的水做更多的事，同時必須將技術與水資源管理的價值觀出口到開發中國家，它必須走的路在前文已仔細鋪陳。巴西卻能為自己開一條路。

幸運數字：巴西的人口

這是巴西與中國明顯不同之處。中國是一個成功的例子，透過嚴格的人口政策拯救了世界。巴西則是根本沒有人口問題，巴西人口僅一．九二億，是世界上人口第五多的國家。面積大約八千五百萬平方公里，也是全球第五大。看起來面積與人口旗鼓相當，其實這是誤導。

全世界五分之一的人是中國人，只有四十分之一是巴西人。一般而言，隨著經濟走向工業化、多樣化以及每人ＧＤＰ成長，人口成長會趨緩。因此，中國與印度的人口預期都會維持穩定，到二〇五〇年才會達到替換水準。中國是透過嚴格的管理才做到這一點，巴西則是因為運氣。巴西的人口預估到了二〇五〇年將是二．六億，可能會降到全球第八大，巴基斯坦、孟加拉和奈及利亞的人口預期都會超越巴西。

就國家的層次而言，人口趨緩非常有幫助，能讓糧食與水資源安全的管理容易許多。以中國與巴西這兩個如此龐大重要的經濟體而言，人口成長的穩定對全世界很重要。這兩個國家因為達成了人口的目標，而能盡力維護永續性的全球糧食與水資源安全。中國不會因進口太多糧食而導致全球體系不穩定，巴西則可出口大量的主食，讓許多國家能吃得飽，還能享受虛擬水的益處。全世界到了二〇五〇年極可能會多出二十億人用水——這些人數幾乎全來自印度、印尼、孟加拉、非洲撒哈拉以南和中東。這些地方全都會面臨水資源的挑戰。巴西的人口大約只會成長七、八千萬，未來很容易就能滿足自身的用水需求（一年大約需要八十到一百立方公里的水）。不僅滿足本身需求有餘，若選擇餵飽世界而不是追求能源的自給自足，甚至還能供應額外至少兩億人。

水的不同用途：巴西面對很多資源分配的選項

重要消息

巴西擁有全世界最大的藍水和綠水資源，這些資源的分配相當平均，只有東北方比較欠缺——東北方發展較落後，也是實施供應管理的主要地區。巴西其他地區的水資源供應大致都沒問題。

但巴西若是更積極善用水資源，對於環境的影響還是有值得憂慮之處，但並不是因為會耗盡資

源，而在於取得資源的方式。目前，巴西的大量綠水同時供應同樣大量的自然林地和草地。有人提議應多清除植物，以空出土地與水來栽培作物或豢養家畜，在巴西以外引發很多不滿的聲音——反對者多半是擔憂此舉會造成二氧化碳增加。樹木有很多益處，真正重要的一點是可吸收大氣中的二氧化碳，釋出氧氣，減緩全球暖化，讓大家有新鮮的空氣可以呼吸。

工業國家有些人自認深具「環保意識」，最深惡痛絕的就是人為的全球暖化。姑且不論他們意識到的不過是自己的意見，事實是過去幾世紀裡，歐洲與北美洲的國家曾經毫無顧忌地砍伐自己的林地，現在看到低開發國家重複同樣的做法，倒是大加撻伐，大搖其頭。這些國家的環境破壞行為從來沒有計入經濟成本；能享有今日的經濟繁榮，對整個世界有嚴重的集體虧欠，因為他們的繁榮係建立在對環境的破壞上。這份虧欠沒有彌補，而是以禁令的形式傳遞給其他沒有對環境造成同等危害的國家。早期那些國家的錯誤確實報應在下一代身上了。工業國家不顧環保責任去追求經濟繁榮，導致金磚五國與開發中國家現在不能重複同樣的做法。巴西被勸誡要扛起責任照顧地球的肺臟，但巴西之所以要承擔這個責任，只是因為工業國家沒有管理好自己的環境。巴西的領導者把勸告聽進去了，但可以想像他對如此虛偽態度的不耐。

又肥又大的能源象

目前為止，我們還未詳細討論過能源的概念，但我得承認，能源就像房間裡的大象那麼明顯，人們卻像睜眼瞎子一樣看不見。事實上那隻象一直坐在那裡，一隻巨大的灰掌放在我的素食什錦盤，另一隻充滿危險地放在你的起司堡上（你該慚愧）。前面談過糧食—水—貿易的關係，但這張圖還缺了一角：那就是**能源**。

儘管這隻大象可能會釀成災難，卻一直被人忽略，理由是水與能源的關係太複雜，可討論的太多太多了。

巴西之所以有能力確保全球糧食與水資源安全，與其能源決策有密切關係。如同很多事情，巴西有太多選擇了。巴西有廣闊的土地，豐富的水資源，因此生產生物燃料是可行的。可再生能源也是選項：水力發電、太陽能、風力。不可再生但乾淨的核能也可行。事實上巴西最近剛好發現了碳氫化合物，因此當巴西在追求經濟的發展與多樣化時，各種能源政策的組合都是可能的。但談到水—糧食—貿易的關係時，生物燃料在其間扮演的角色有多吃重是很重要的一點。

同一滴水不能使用兩次——這句話其實可證明是錯的。你永遠可以一再利用同一滴水——談到水，這絕對是最正確的論述。但同一滴水當然不能同時間用於兩處。重要的是，你不能用水生長出生物燃料所需的生物質，同時也用同樣的水種植作物或豢養家畜。巴西已是全球作物與家畜商品貿易的主要國家，巴西決定使用土地與水資源的方式，會直接影響到全球能否在「世界市場」上取得策略性食品與虛擬水。未來數十年，巴西扮演的角色只會愈來愈吃重，能源政策的選擇也會愈來愈重要。

我們且細看表4.2。

這個表顯示巴西虛擬水「出口」與虛擬水「進口」的現況，可以清楚看到巴西的「出口」量很

龐大，幾乎完全表現在作物與家畜類。巴西若決定將較大比例的土地與水投入種植生質作物以生產能源，正是這個部分的出口會受到影響。到二〇五〇年，巴西如何分配水資源的決定，將成為影響全球食品價格的主要因素之一。

我們且快速檢視一下食品價格。世界的價格並不是由供需決定，貿易既不自由，也不公平；競爭環境的平坦程度就和懸崖差不多。有兩種形式的價格扭曲與目前的分析相關。第一，環境成本根本不包含在價格裡。

	虛擬水「進口」		
虛擬水量	作物與家畜	工業	總計
十億立方公尺／年	15	3	18

	虛擬水「出口」		
虛擬水量	作物與家畜	工業	總計
十億立方公尺／年	61	2	63

	虛擬水「淨進口」		
虛擬水量	作物與家畜	工業	總計
十億立方公尺／年	46	-1	45

表4.2　二〇〇〇年巴西的虛擬水「進口」與虛擬水「出口」。
資料來源：查帕干與霍斯特拉，《國家水足跡》，二〇〇三年，國際水利環境工程學院。

經濟學家用一個可愛的詞彙來形容：負外部性。就像間接傷害（collateral damage）或不可切除的癌（non-resectable carcinoma），以科學或官僚的麻醉性語言美化某種真實可怕的東西，就是這類小詞彙讓你忘了真正在討論的是什麼議題。糧食生產的負外部性可能是將毒性農藥與農化成分洗進無法吸收的水系統裡，數量大到無法處理。當這些負外部性未納入價格裡——因為企業與國家未被要求自行善後——便會發生經濟學家所謂的「市場失靈」（market failure）。在這個例子裡，則是重度污染的水和人為壓低價格的糧食。這兩者都很危險。便宜的糧食對那些被鼓勵過度消費的人尤其危險，對人體健康與環境的危害形同軍事上的鉗形攻勢，會讓人陷入非常危險的處境。

導致國際糧食價格扭曲的第二項因素是全球權力的不對稱。試以糖或棉花的國際價格為例，該價格並不是由市場決定，而是由美國與歐盟對境內的農業與貿易補貼決定。我所謂的決定就是控制。理論上，WTO的協商是要協調與消除這些不對稱的現象，卻反而使得試圖削弱工業國家強勢地位的改革過程被稀釋。幾世紀來，糖與棉花的生產與貿易是一長串暴力棘手的世界史，這些痛苦的協商又添上新的一頁。

巴西可以稍安勿躁，因為歷史站在他們那一邊。目前歐美占居貿易霸主地位，但未來很可能將屬於崛起的金磚五國。

如何反映水的價格？

隨著時間流逝，整個世界的結構被濃縮成依照一個極其簡單的前提運作：價格若由市場決定，

掌握同等資訊又有意願的買賣雙方便能擬定彼此都能接受的價格，反映經濟上公平的結果。這是後意識形態時代殘存的意識形態，因此也和所有的意識形態犯了同樣的毛病——只有紙上的意義。

有些隱藏的生產要素未納入商品價格，代表某個地方、某些成本無人承擔。隨著我們對市場機制的缺點愈來愈了解，便會慢慢爭取將這些負外部性納入成本計算。我們看到碳相關污染的成本計算有了相當的成果，事實證明，碳足跡很有助於討論消費者行為與供應鏈所扮演的角色。很多人認為我們應採用水足跡的概念，據以了解糧食的真實成本。這是很好的觀念，但知易行難。相較之下，碳稅較容易理解和計算，人們對於如何計算產品的碳量有一定的共識，也就可據以計算稅負。我們憑直覺就知道碳產出的成本對你我都有影響，空氣是人類共同呼吸的。空氣污染對未污染者造成不公平的影響，代價卻往往不是由污染者承擔。

要了解水足跡的概念則困難很多。我們管理水的方式當然會造成污染，也會對環境造成其他影響，但範圍並不是全球性的。水的不當管理所造成的傷害會停留在引發傷害的水文系統。要形成全面性的觀念並據以達成課稅方法的共識，目前在政治上還不可行。

在處理這個問題之前，我可以立即想到兩種改善方法，更簡單、快速、有效地連結商品的生產與包含的水。首先，我們必須終結工業國家農業部門的補貼與保護主義措施——此處很明確就是指歐盟的農業政策與美國的農業補貼。第二個方法與第一項只是一體兩面，我們必須設法保護開發中國家的貧窮農民。

我們的世界建立在「全球市場的力量有助經濟發展」的這個謊言上。要靠全球市場讓原始經濟轉型，採用全新方式決定產品與服務的價值，其過程恐怕會很艱辛。全球市場不會為人們的痛苦讓步，也不會妥協於抽象的觀念。在目前這種史無前例的全球化階段，聰明的政府——包括以前的美國和現在的中國——都很懂得保護自己，避免在極度不公平的自由市場機制下受到粗暴對待。

全球市場的力量在農業這個領域並不和善。基礎穩固的富裕大國會欺壓自給式、僅夠家庭溫飽、小規模的貧窮農民，就像無知的小孩可能會殘酷地任意踩死螞蟻。工業國家的補貼代表他們的商品價格是夢幻國的產物，與商品的實際價格天差地遠。這種不對稱的現象，使得開發中國家的農民無法追求和工業國家同樣的用水效率。

從整個地球的角度來看，我們需要非洲、南美、亞洲的農民大幅改善水的生產力。合理的做法是設計一套價格誘因，讓水的利用最佳化，讓作物與家畜能在用水最符合環境與經濟效益之處栽種與豢養。用這個方式來經營我們的世界難道不是最合理的？但人類是很奇怪的動物，最好的作物與家畜往往在二流的土地生產，最成功的農業集約用水常發生在水資源遠不及農藝理想標準的地方。如果一個火星人降落地球會怎麼想？剛開始必然會對地球超豐盛的水很興奮，之後可能會開始覺得奇怪，人類為何選擇在乾燥、缺水的地方如南加州或華北平原最賣力用水？

新世界秩序

這個詞會讓偏執狂、幻想家、急忙去查搜尋引擎，查詢是否有全球精英、神祕陰謀集團共同謀串。但就像多數事情一樣，事實非常平凡。沒有人在主宰這個世界，相反的勢力與衝突的利益互相

對抗，政治的影響普遍存在。儘管有摩擦和爭執，地球總能持續運轉下去。

目前的全球經濟由WTO自任馬戲團領班，但馬戲團的主人是工業國家，不過他們並不知道將被金磚五國買走。到二〇五〇年將出現新的世界秩序，但不是透過馬基維里式的幕後操縱傀儡方式形成，而是像人類歷史上所有的事情一樣，是偶然地、間接地、有些意外地發生。嘗試去預測只是讓自己有機會被標誌為幸運或愚蠢——絕不會獲得智慧的稱許。但話說回來，在未來四十年的變化裡，金磚五國將是最大的受益者——這是最安全的賭注。中國、印度、巴西已包辦全球糧食生產的三分之一以上。世界需要他們增加糧食生產，至少要能滿足本身人口增加所需。最好的情況是，至少還能有些許剩餘留給世界其他國家。由此可見，金磚五國是否能努力將水用於永續集約農業有多麼重要。巴西與中國已表示會朝此方向努力。在新的世界秩序裡，金磚五國將透過虛擬水的「出口」與「進口」發揮重大的影響力。巴西會是全球出口虛擬水的重要國家，至於會有多大的貢獻，則要看巴西的能源政策。

因此，處於新世界秩序的中心巴西，將扮演世界糧倉的角色。目前巴西是全球主要的產糖國：全球有三分之一的糖來自巴西。巴西也是大豆的第二大生產國，玉米的第三大生產國。巴西的支配地位還延伸到家畜，巴西是牛肉的重要生產國，牛隻數量是第二大肉牛生產國美國的兩倍。美國的牛隻接近一千萬頭，巴西則是略多於兩千萬頭。沒錯，巴西是牛多於人。巴西與美國的這個差距將來只會愈來愈大。美國試驗過工業化集約生產穀飼家畜，幾乎已到耗盡資源的地步。這個產業已不再是合理的農業綜合企業，而是演變成不可思議的科幻領域。

巴西通常也採取同樣殘酷的穀飼法，但也生產大量的草飼牛。後者不僅較人道，對環境也比較有益，不像穀飼會對藍水資源造成那麼沉重的負擔。事實上，草飼牧牛有助改善水資源運用的全球目標。多數放牧地都不適合種植作物，但可仰賴綠水長出天然的草料。因此，要取得這些水資源只有一個方法，就是把它轉化為牧草，而這要仰賴免費的經濟夥伴——大自然母親——的協助。讓家畜吃草，就能將更多的綠水資源納入我們的經濟體系，否則，就無法納入。資源不會消失，但所有的價值與環境效益都會用於支撐天然植物，無人能從中獲利。

當然，巴西承受愈來愈大的壓力，要將耕地挪去種植動物飼料，而不是直接供人類消費的作物。我們在這裡開始看到有個問題與工業國家的飲食相關，亦即明顯過度倚賴肉類。

巴西有很多選擇，能生產更多家畜飼料，進一步推升已領先世界的牛肉產業，或是將更多資源投入生物燃料——這是巴西領先世界的另一項農業綜合事業。美國也面對類似的選擇，但又不像巴西享有那樣豐富的土地和水資源。資源較少意味著選項較少。美國擁有的是絕對優異的農業發展，以及支撐此產業的農業科學與技術。巴西也同樣正發展它的農業，雖然沒有美國的財力與技術，卻也不像美國受到自然資源的限制。美國在二十一世紀剛近入第二個十年時，是主要的糧食供應國。到了世紀中，美國幾乎已交棒給巴西，但仍然能維持第二名。這兩個國家在自然資源方面都有超強的優勢，扮演保障全球糧食安全的主力。兩國雖然人口眾多，但人口與資源的比例還不錯，未來預期也不會太惡化。我們可以放心地繼續仰賴這兩國，只要他們能稟持道德判斷，以兼顧水環境的負責態度進行國際貿易。

但巴西的選擇將影響我們對這兩國的倚賴項目。會是牛肉堡、豆腐或汽車的綠色燃料？很可能是三者都有，再加上許多其他的東西。但巴西可能選擇運用資源的地方非常多。巴西在心態上不像中國那麼恐懼飢餓，巴西的人民一向有大量的土地和水，理論上就有很多糧食。巴西明顯有自給自足的能力，還有多餘的糧食足以餵飽其他國家的千萬人。該國既沒有糧食安全的憂慮，因此也就能安心地將土地與水從糧食生產轉移到燃料生產。

不僅如此，其中還有很多改進的空間。巴西的水資源潛能還有很多尚未發揮，簡單看一下表4.3就可以明白了。

這三種作物在國際上都很重要。巴西在種植甘蔗與玉米的用水效率上遠低於中國與美國這兩位主要對手。別忘了，巴西在這些作物市場上不是小角色。糖、大豆與玉米分居世界市場一、二、三名，三者的產量都很大，都具世界重要性。但這三種作物的用水顯然都有改進的空間。換句話說，巴西可用更少的水，提高其中兩種全球重要作物的生產力。從用水的角度來看，能發掘出可提高生產力的地方是很好的——當然，前提是要能矯正過來。

國家	平均虛擬水內容 立方公尺／噸 甘蔗	大豆	玉米
巴西	155	1076	1180
美國	103	1869	469
中國	117	2617	801

表4.3　巴西糖、大豆與玉米的平均虛擬水內容——與美國及中國做比較
資料來源：查帕干與霍斯特拉，《國家水足跡》，二〇〇三年，國際水利環境工程學院。

優等生

巴西儼然將成為世界最重要的經濟體之一，對於世界其他地區的糧食與用水供應將扮演領導角色。但巴西是否會成功實現這個使命，仰賴兩項超越水資源的因素：能源政策與經濟多樣化。

風雨生信心

我們已看過有些國家經歷震盪後，如何徹底調整農耕政策的思考角度。兩次工業化殺戮導致破壞與飢荒，促使歐洲國家在二十世紀後半展開始無前例的合作，共同矯正糧食不安全的問題。歐洲鍥而不捨地追求達到國家與全歐洲自給自足的目標。就某些標準來看，結果算是成功的。過去四十年來，歐洲的作物與家畜生產力增加為三倍，同時綠水的用量並沒有增加——這主要是透過永續集約農業達成的。自然環境與水利產業雖受到考驗，但並無過度損壞。只能說被運用得太過，但還不致於癱瘓。

問題是，糧食自給自足的目標並未真正達成，而是透過貿易與虛擬水塑造出來的錯覺。

巴西也是經歷過一番震盪，才有目前透過生物乙醇建立能源安全的實驗。巴西經歷的震盪是一九七三至七九年間的油價劇烈起伏，當時全世界同感震驚與擔憂。ＯＰＥＣ與ＯＡＰＥＣ以外的國家，開始認真思考過度以中東石油做為主要能源的問題。但除了巴西，沒有一個國家有本錢考慮

種植生物燃料的作物，以期達到能源自給自足。巴西很快便交出可觀的成果，到了一九七七年，巴西已能利用生物乙醇作物生產出五千萬噸的酒精。到了八五年，大增到一．五億噸，若不是油價突然持續下跌，產量可能會持續增加。正如先前十年的危機迫使一些國家尋找可行的替代方案與能源安全，同樣地，相對便宜的油價也可能會讓巴西對生物燃料的興趣煙消雲散。

糖和水能做什麼

本書探討的是虛擬水，為什麼要離題，談能源安全與生物燃料？因為巴西生產的生物乙醇主要是由一種作物做成的，那就是糖。糖是巴西最主要的作物，前面說過，巴西是全世界糖產量最多的國家。當巴西決定將一半的糖產轉投入生產生物乙醇，而不是出口到全球市場，那可就茲事體大了。那表示全球有六分之一的糖將在一夕間消失。全球作物生產出現這種劇變，對用水會有很大的影響。要將巴西半數的甘蔗轉做生產生物乙醇，一年大約需耗用四十三立方公里的水，這比埃及為維持用水無虞的假象每年進口的虛擬水還多。

OPEC與OAPEC未必不透明（opaque）

石油輸出國家組織（Organization of Petroleum Exporting Countries，簡稱OPEC）包含十二國：阿爾及利亞、安哥拉、厄瓜多、伊朗、伊拉克、科威特、利比亞、奈及利亞、卡達、沙烏地阿拉伯、阿拉伯聯合大公國、委瑞內拉。阿拉伯石油輸出國組織（Organization of Arab Petroleum Exporting Countries，簡稱OAPEC）包含十一國：阿爾及利亞、巴林、埃及、伊拉克、科威特、利比亞、卡達、沙烏地阿拉伯、敘利亞、突尼西亞和阿拉伯聯合大公國。

生產生物燃料非常耗水，除了巴西之外，沒什麼國家真能負擔得起。豐富的綠水代表巴西不僅能夠領先各國，而且能保持競爭力。除了巴西，只有美國稱得上參與這個產業。兩國合起來，一年用於生產生物燃料的水量大約是一百立方公里，相當於六%隱含於國際貿易的虛擬水。美國會繼續投入生物燃料的生產，並不是因為此舉符合經濟或環境效益（實際上都不符合）。美國的興趣在於了解這項技術的發展潛能，為此美國會補貼農民與相關產業，特別是玉米的生產（玉米是美國製造生物燃料的主要作物）。

表4.4顯示不同類型能源的平均

主要能源載體	平均水足跡 （立方公尺／千兆焦耳）
風力	0.00
天然氣	0.04
核能	0.09
煤	0.16
太陽能	0.30
原油	1.06
生物質 荷蘭、美國、巴西、辛巴威平均值	71.54
1千兆焦耳（GJ）＝10 9 焦耳＝0.948百萬BTU（英熱單位）＝239百萬卡＝278度	

表4.4　不同類型能源的平均水足跡。資料來源：格本斯-林斯（P. W. Gerbens-Leenes）、霍斯特拉與范德米爾（T. H. Van der Meer）（2008），《生物能源與其他主要能源載體的水足跡》（*Water Footprints of Bioenergy and Other Primary Energy Carriers*），國際水利環境工程學院。

水足跡（單位是立方公尺／千兆焦耳）。如果要與家用電費相較，一千兆焦耳大約等於二七八度，若是拿來與減重計畫相比，大約等於二億三千九百萬卡。生物質顯然是用水最密集的能源來源，比其他來源多出許多倍。如果這個世界確實將以嚴肅、穩定、永續的方式發展第一代的生物燃料，那麼能源政策將是管理全球水資源一項重要因素。

釐清關連性

現在我們腦中已形成一連串不可思議、不太可能發生的關連。一端是石油，以及影響石油生產與價格的複雜問題——包括政治、環境與文化。中東國家的衝突會直接影響油價；隨著油價起伏，生物燃料的市場也會跟著起伏。只要油價維持在每桶三十美元以上，巴西的生物燃料在經濟上就有發展空間。考量油價屢創新高，中東又經歷了特別失控的十年，油價在二〇〇八年夏天直逼每桶二百美元，最高來到一四九美元，我們便可明白巴西為何有那麼大的興趣與熱情，要從糧食作物轉向能源作物。

巴西政府的反應正是你對地區政治機器會有的預期；亦即努力判讀全球油價，然後轉化為理性的能源與農耕政策。巴西政府必須決定將多少比例的生物乙醇與生物柴油賣到當地或全球市場。此外，還要決定兩者價格，讓開車族和運輸業有誘因使用。這一切對巴西生產多少糖、玉米、大豆都有影響。生物燃料生產愈多，糧食的生產便愈少。這個道理很簡單，主食愈少，國際價格便推得愈高。這正是中東內戰或國際衝突會導致世界另一端的糖價上漲。

英國小說家佛斯特（E. M. Forster）的名言是勸告我們：「關鍵在於連結。」（Only connect）但所有的連結本質上早已存在，我們只需要透過觀察去了解這些連結，進而找出更明智的立場。不論是大企業、各國政府或雙邊機構——各方都在努力觀察與了解商品價格與政府政策的複雜關連。他們會分析此一關連對能源安全的意義，以及對經濟安全、環境安全與糧食安全的影響。當然，糧食安全裡蘊含水資源安全，但還有幾十億食品消費者不知道這點，也不可能憑直覺知道。

在這一切的核心裡蘊藏著水足跡的問題，以及虛擬水「貿易」神奇的隱形力量，默默地讓世人能有足夠的糧食與用水，乃至維持世界的運轉。但虛擬水或水足跡的概念是否在能源論辯中占有一定地位？完全沒有。這是很愚蠢的，我們明明清楚看到巴西的生物燃料裡包含極高的用水成本。

油與水

兩種簡單的液體，兩者都是社會活動與運輸、貿易的重要後盾。

一九七三年末的石油禁運震撼了世局，連美國都信心動搖。美國在「贖罪日戰爭」（Yom Kippur War）期間提供物資給以色列，阿拉伯國家被激怒，加上美元貶值使其金融受創，決定提高油價七〇%，並宣布石油產出逐步減少。石油禁運引發工業國家股市大跌，並且持續整個一九七四年。石油禁運的時間雖然不長，但其衝擊延續至今。心理上，空盪的加油站與承認「無油可加」的可悲告示，讓美國與非ＯＰＥＣ國家深受打擊。他們突然意識到確保能源安全的重要，不能再因其他國家在政治上任意施為而受影響。

但事與願違，這類事件就像閃電一樣，總要經歷一個段落後才會結束。一九七九年，世界再度遭遇二次危機。伊朗國王在伊斯蘭革命中被罷黜，新的共和國陷入一片混亂，導致石油出口崩潰。這第二次危機的原因與第一次很不一樣，結果卻沒什麼不同：加油站大排長龍，金融市場陷入恐慌，人們充滿強烈的無力感。美國當初誓言「絕不再發生」的景況不過五年，竟然「惡夢重現」。

巴西的生物燃料史

引領世界

巴西的科學家、技術專家與工程師在生物乙醇的發展與生產上無疑領先全球；這是巴西特有的產業。巴西就像中國一樣，每年投入科學與技術的資金比例很可觀。金磚五國正確地視技術為強化經濟力最快速、最能永續發展的路徑，各國都在有利競爭優勢的科學領域建立起領導地位，例如太空科學、水力發電、核能、資訊科技的某些領域，以及巴西的生物能源。除了南非以外，其他國家都有龐大的國家預算，若選擇將資源投入特定目標，幾乎必然會成功——不論國家的目標是太空科學或生物能源。金磚五國有潛力能發展全球重要的生產力，在國際上展現競爭力，甚至取得絕對優勢。

巴西即將發展出新的絕對優勢。過去四十年來，巴西投入作物與家畜生產的龐大研究計畫，對甘蔗與大豆的研究獨步全球。巴西的農業科學家在全球頗受敬重，巴西在水力發電與生物乙醇的技術上無疑占居領先地位。巴西如何在極短的時間內達成如此成就？

中肯的左派

要有實際成就需要政治遠見。姑且不論巴西總統魯拉（Lula）的寒微出身、努力改善巴西窮人生活的抱負或中間偏左的立場，魯拉在推動巴西用水的永續集約農業有很大的貢獻，特別是「水資源支持計畫」（Bolsa Aqua）！

魯拉於二〇〇二年末上台，承諾要改變世界，幫助巴西走出蕭條。除了實現這些抱負，他還有很多責任要兼顧：落實國際契約、減少國債、配合ＩＭＦ的協定與市場的規則。他有強烈的左翼色彩，因此，國際觀察家與巴西商人都很擔憂可能會發生土地重新分配，對農業部門造成負面影響。事後證明這些恐懼都沒有根據。早先，總統聽了農業部長一場重要簡報後便被說服，相信巴西身為全球兩大作物與家畜生產者之一，這樣的領導地位不應因為純粹的意識形態而受威脅。很重要的一點是，總統與農業部長都明白，食糖作物（sugar crop）對巴西的能源安全很重要。過去七年來，巴西政府積極明智地投入心力，展現明確的政治遠見，成功地與民間部門合作，推動永續密集用水，進行策略性的生物燃料生產與糧食出口。農業科學、基礎設施的公共投資、大企業的資金在巴西配合得很順利，創造出優異的成績。

政治沒有神話

巴西廣大的面積並非全都受惠於嚴謹的科學管理、明智的資源發展和負責任的農耕。憑什麼巴西就能免於人性的缺失與弱點？巴西不只是自然資源含量超乎尋常，濫用的情形同樣嚴重。巴西擁有廣大的土地與水資源，犯的錯也不小，而且往往是長時間一犯再犯。熱帶植被的過度砍伐對全球暖化造成嚴重影響。大氣中二氧化碳的濃度愈來愈高，我們的最佳防線是南美的雨林——這是將二氧化碳轉化為氧氣的最佳機制。人類破壞了雨林之後，在土地上生產生物燃料，卻稱之為乾淨或綠色能源，實在很瘋狂。從某種角度來看，生物燃料的實驗造成的環境災難就和我們對石化燃料成癮一樣，無疑是在製造明日的棘手問題。

巴西的故事的確可用B這個字母來定義，另一個負面的因子是牛肉（beef）。巴西摧毀雨林後，改養會產生甲烷的肉牛，這是對地球的雙重傷害。沒錯，這也有正向的事實可以平衡——許多綠水因此可以被使用。多數問題的確都沒有簡單的答案。巴西若能明智地善用領先世界的土地與綠水資源，確實很助於全球水資源的管理，確保全世界許多人能免於餓死。

一雙手捧住全世界

中國讓許多人擔憂——但通常擔憂過度了。俄羅斯還陶醉在舊蘇聯的強權榮光，老愛展現石油與天然氣的資源有多雄厚，多次提出斷絕供應歐洲的威脅。歐洲致力追求能源安全，將使得俄羅斯變得更貧窮，地理政治的影響力更弱，這就是經常喊狼來了的結果。

但巴西的政治穩定，這個國家在國際舞台上有南非的謙虛，但有更強大的公民組織；有中國的精熟技術，但沒有那種讓人疏離的不可理解，以及不理睬全球共識的頑固。巴西的水利工程品質可以好得像任何工業國家一樣，但可能會選擇遵循二十一世紀的環境倫理。巴西已證明能和鄰國合作，建立跨國河流的水利設施以改善經濟。相較之下，美國從一九三〇年到一九八〇年的水利工程熱歷經半世紀，卻證明是過於狂熱、成本高昂、欠缺考慮的做法。眼見美國西部的水資源發展如此誇張快速，引發賴斯納（Marc Reisner）一語道破地說出悲劇性的名言：「水往上流，流向金錢與權力。」「經濟學是想像的範疇；政治才是真實的。」目前為止，巴西的干預都經過考慮，他們不會像美國那樣超建水壩，也不會出現像美國一九八〇年之後常看到的大量破壞水壩的可悲景象。

巴西到了本世紀中，將成為全球食品貿易的最重要國家。我的核心論點是：食品貿易能確保全球的水資源安全；能避免水資源爭奪戰、飢餓與死亡；能促進經濟健全、國際合作，並有機會讓地球的水資源發揮最大的效率。巴西在其中扮演了關鍵角色。我們必須能信任巴西的水資源管理。我們已看到巴西如何善用水資源改善本國的經濟安全——改善用水效率便能提升能源安全，這就是他們努力的動機。但這不只是符合他們的國家利益，同時也會帶來國際效益。巴西這個世界水塔確實不斷地提高生產力。

然而，尚須努力之處還很多，該國道路與鐵路設施仍落後工業國家，另外仍須進行大量建設與升級，加速將商品送往食品加工中心與港口；巴西在通訊上同樣需要投資。相關的科技、金融、政

治意志力都已具備，巴西一定會採取這些重要的步驟，也一定會實現它成為世界源頭的使命。巴西的天然資源得天獨厚，還有太多的水資源等待被取用，生產力仍有改善空間，永續性水資源管理也有許多潛能待開發，這些都是我們殷切期盼的。

中國透過充滿想像力與勇氣的人口政策拯救了世界。這是事實，中國確實為我們爭取到更多的時間。

Chapter 05

勉強求生：開發中國家的不同經驗

天下柔弱，莫過於水，而攻堅強者，莫之能勝，其無以易之。

——老子

劣勢中的劣勢

開發中國家經常受到許多不公平待遇。其中一種比較詭異：世人常將世界上占多數的國家視為一類，彷彿他們表現出任何有意義的共通點。在全球二一〇個國家裡，開發中國家約占一六五個。工業國家的流行歌手大唱《四海一家》（*We Are the World*），實際上，開發中國家才是四海一家的

主體。這一六五國無論人口、地理、文化或政治結構都不一樣。有些是毫不掩飾的獨裁國家，有些則是陷入無政府的崩壞狀態。他們全部的共通點很簡單也很可悲：就是很多人民過著貧窮的生活。

繁榮健康的國家仰賴幾項支柱：強大的公民組織、正常運作的代議民主制、不偏不倚的司法、個人的自由獲保障、經濟多樣化。這些條件永遠處於「施工中」的狀態，在不確定的世界裡經常要承擔現實政治（realpolitics）的挑戰。少述國家能享有上述重要的成就，都是經過數百年的建設，透過立法、改革乃至常要經歷流血革命，才得以鞏固。這一切的重要基礎是透過財富與幸福所表現的調適力。財富與幸福可以是物質、財務或社會的，包括是否能享有安穩的生活與天賦權利等無形的資產。

老子這位中國古代的哲學家與道家始祖說得很有道理，堅硬與強大者無力抵抗水的攻擊。那麼，貧窮弱勢者面對艱難無情的水環境，境遇豈不是更悲慘？

惡魔藏在人口統計裡

目前全球每五人中就有兩人生活在開發中國家。如果這個數字增加一倍以上，全球體系可能將無法滿足用水需求，尤其當這些開發中國家未能急起直追，趕上工業國家農業的水生產力。

雖然工業國家五分之一的人嚴重過度耗水（主要是因為飲食中富含肉類與乳製品），在全球只占少數。更值得慶幸的是，工業國家的人口趨於穩定，甚至愈來愈少。無論從社會或文化的角度來看，大家庭已不流行，經濟因素更強化小家庭的趨勢。我們不免懷疑，人口老化是否會影響整體經濟的長期發展，但對用水而言這當然是好事。人口穩定表示工業國家的用水需求不會增加，甚至很有可能會減少——減少的主要方式是透過鼓勵大眾改變飲食習慣、減少浪費與重複用水。

前一章談過，金磚五國的故事是好壞參半。中國的人口紀錄比較特別，一胎化政策對全球的資源消耗產生強大、正向的影響。中國目前享受到的人口紅利通常只有在戰爭或天然災害或瘟疫時才看得到。在這些基本上意料之外的紅利中最寶貴的一點，可能是中國的大水需求減少了。試拿印度來做比較，印度的人口成長不僅沒有節制，而且是恣意放縱。到了二〇五〇年可能會增加六〇%。在用水需求上，印度是一顆定時炸彈。如果因國家與個人財富增加導致素食的文化轉變，那麼全球將可能在一代之內就會面臨極為嚴重的警訊。

且看看開發中國家的情形——很多國家的人口將會增加一倍，撒哈拉以南的四十個非洲國家人口在本世紀下半場就會增加一倍。全球的水資源足以滿足增加後的需求，問題是，撒哈拉以南的這些國家欠缺健全的政府管理供水。本章要探討三個非常不同的開發中國家：埃及、越南和衣索比亞。衣索比亞是這場全球簡介之旅的最後一站，也是撒哈拉以南唯一介紹的國家——這裡的情況顯然最為嚴重。埃及與越南在家畜與作物生產力上創造出愈來愈高的用水報酬，衣索比亞卻是斯人獨憔悴。理由同樣是投資與治理的問題，或者應該說是欠缺由金錢所創造、然後回過頭來創造財富的元素。

衣索比亞與其他開發中國家需要基礎建設、市場、平價的生產要素與可預測的價格，以確保穩定的生活與源源不絕的投資。他們需要的是十九世紀與二十世紀分別幫助過工業國家與金磚五國的條件。

別忘了，農民是世界上實際管理水的人，包括生產糧食的大水——這些看不見的水占全球經濟使用到的八〇%到九〇%。在本書檢視的八個民族國家中，有七國的農耕用水報酬已有相當的進步。我們發現了一條鐵律：經濟的發展與多樣化總是與用水生產力的大幅提高有關，而這些成績是使用大水的農民創造的。可悲的是，我們同時看到相反的情形。有些開發中國家的發展腳步走走停停，有的則是遭遇到無法克服的財務問題，用水生產力便沒有什麼進步，甚至會退步。那些國家的貧窮農民欠缺有效管理水的必要工具，有些人甚至因此無法生存。國際社會有道德責任提供這些工具，或至少促成這些工具的發展。

本章探討的國家

前面說過，開發中國家形形色色，分布在三個非常不同的大陸：亞洲、非洲、南美洲。但這項研究不可能不受限制，若要就全球水、糧食、貿易的事實做出周詳的摘要，將會是龐大的工程。下面要請讀者把注意力轉到埃及、越南和衣索比亞，他們的故事各不相同，但同樣富啟發性，同樣充滿希望與警世意義。

第一部

埃及：不可能啟示錄

死神為什麼沒有降臨尼羅河

戰爭讓許多人受苦，不單是捲入猛烈戰火的人而已。歷史學家、社會學家、政治人物都會研究過去與現在的戰爭。水資源戰爭一詞的英文「water wars」押了頭韻，很容易引人注意，同時也很符合人類天生的恐慌心理——相信一個社會一旦耗盡這種基本必需品，暴力事件很容易隨之而來。

思索戰爭並非水科學家的主要活動，但這個議題已侵入研究中。最困擾的不是看到國與國之間常容易因為水資源而發生暴力衝突，而是根本看不見這種情形。依照時代的思潮判斷，可預測有些地方應該會發生暴力衝突，結果卻沒有發生：這個現象在八〇年代讓我很困惑，甚至極度挫折。那些地方很有衝突的理由，例如水資源明顯欠缺的中東。然而挫折裡蘊藏著一顆種子，將長出意料之外的有力解釋。

在世界所有的經濟體裡，埃及可能具備最多、最強大的理由可稱為虛擬水的誕生地。這個最古老的文明進行虛擬水「貿易」可能已有數千年，聖經裡的約瑟夫或許便是史上第一個虛擬水貿易商：在豐年時屯積糧食（這就是虛擬水），讓埃及人在飢年時能抵擋水的匱乏。這個做法鞏固了埃及的霸權，以及在該地區展現勢力的能耐。

所以說，八〇年代末，我一直苦思埃及為何沒有因為水而發生戰爭。當時眾人皆認為，埃及為

了確保水資源安全，必要的話將不惜與尼羅河流域的鄰國一戰。埃及為何堅決不願開戰讓我困惑。面對急遽增加的人口以及尼羅河一連串低到讓人失望的流量，這個水資源貧乏的國家要如何創造出用水自給自足的錯覺？答案就隱藏在埃及相關部門關於小麥與麵粉進口的紀錄中。

在埃及的水資源政治圈裡，如何讓自己眾叛親離

先做一點說明

有一點不能不說明，我很榮幸與埃及的用水人、媒體和負責水資源分配的決策者與官員有三十年的近距離接觸。我逐漸對這個國家和其人民產生了深厚的感情和敬意。但就像任何重要的關係，我和埃及的關係也曾經歷一番紛擾。

科學與政治

科學與政治就像油與水，有自然分離的傾向。英國前首相布萊爾（Tony Blair）說過一句名言：「有權力無原則易流於空泛，有原則無權力則是罔然。」不只政治人物如此，科學家也是。有效的水資源管理需要兩件事：嚴謹的科學和政治判斷。如果說有政治判斷而沒有嚴謹的科學會流於空泛，那麼我確定有嚴謹的科學而沒有政治判斷更是徒勞。

傅柯給水科學家的啟示

傅柯（Michel Foucault）是法國傑出的哲學家、心理學家、社會歷史學家和文學理論家，主張知識與權力不可分，稱此綜合體為權力／知識（power / knowledge）。實質意涵或許比這個名詞更簡單：知識帶給我們掌控力；掌控帶給我們知識。

做為一個多年來大聲反對以建構的知識（constructed knowledge）為正統的科學家，傅柯的這個理論很有吸引力。建構的知識總讓人安心：讓人安心就是它存在的理由。所謂建構的知識不能只是簡化為「政治人物都在騙我們」，應該說，我們和政治人物一起建構愉快的假象，當這個封閉的反饋系統成為自身的支撐力量，便彷彿證明了它的真實性，於是我們和政治人物互相都安心了。社會若同意目前建構的「事實」版本落在某處，那裡就是權力所在。誰要大聲反對此一「事實」，便會落在權力之外，亦即被剝奪權利（disempower）。科學建立在觀察上，建構的事實是政治與社會過程的結果。我曾經相信，確立科學的事實就夠了。事實一旦被發掘，便會因其本質而散播，眾人皆會臣服其下，就像骨牌無可避免會依序倒下。但事實並非如此。我從經驗中學到，事實的重要性取決於主張者的功力。事實的傳播並非必然，即使有堅實的科學證據，傳播的過程也可能跌跌撞撞。正如馬克思的敏銳觀察：「抽象的道理常會推翻具體的現象。」

骨牌只會緩緩倒下，而且必須有人去推

若沒有施加壓力，建構的知識不會被推翻。對抗被嚴密防衛的錯覺，證據不足為道，以建構的知識建造的權力才是最重要的。

要在真實世界攸關水資源分配與管理的艱難政治裡，將虛擬水概念實際運用在水政策上，恐怕要歷經數十年。建構的知識不是政界的專利，水科學界——包括工程師、經濟學家、發展經濟學家、政治經濟學家、社會理論家、政治科學家、水資源方面的律師、國際關係專家——也無法避免安於在自己的專業領域內各自為政。虛擬水概念一旦在水科學論述裡紮根，相信必須再花十年、甚至更長的時間爭取政治決策者的支持，才會在實務上被採用。

他們不想聽的訊息

在各國人口紛紛攀高的世界，埃及更是領先群倫，在中東是人口最多的國家。埃及在剛進入二十世紀時，人口只有一千萬人，這樣的人數絕對可以維持下去，但現在已超過八千萬人。百年內人口增加為八倍，絕不可能維持糧食與水自給自足，因為技術與作物產量的進步不可能跑那麼快。經濟高度開發且富裕的英國在兩百年內作物產量增加為十倍，卻仍需要英國與歐盟農業補貼的額外助益。若再考量埃及人口按照預測會一直增加到一．二億才會趨穩，你不能不承認，水與糧食安全必須透過貿易來達成。埃及的水只夠滿足五千萬人的需求，過去三十年來，埃及的用水嚴重不足，用水自給自足卻儼然成為國家的口號。

這是虛擬水的黑暗面在作祟。埃及在完全無知的情況下養成這種大規模的貿易倚賴。這個轉變需要幾項互不相干的因素同時發生——在七〇年代維時短暫、但對國家相當關鍵的時期。首先，該國人口越過四千萬大關，將全國水的供應推到最極限。第二，總統納賽爾（Gamal Abdel Nasser）在一九七〇年去世，繼任的沙達特（Anwar Sadat）致力重建埃及在工業國家眼中的地位，其中相當重要的一點，是放棄蘇聯的資助，推動經濟改革，進一步推動政治世俗化，與以色列簽訂和約。就全球而言，主食供應豐富而穩定，且價格只有原來的一半（主要是因為美國與歐盟提供補貼）。所有有利條件都悄悄地到位：原本無法餵飽的人口、便宜又繁榮的世界糧食市場、埃及的國際關係改善、國家財富增加。埃及悄悄地急遽加速「進口」虛擬水，從那之後便一直沒有糧食與水資源不安全的問題。

這是我想傳達給開羅的訊息，然而人們對這些觀念充耳不聞，因為他們已經被五千年水資源安全這個牢不可破的「事實」徹底催眠。

歡迎來到世界最長的河流

以流量而言，亞馬遜絕對是世界最大河，但最長河的頭銜通常由尼羅河贏得。亞馬遜展現了

大自然驚人的力量與富饒，流量是尼羅河的百倍；強大的水流氣勢磅礴地流過南美洲潮濕的綠色大地。反之，尼羅河則是難解之謎，一條難以置信、蜿蜒如蛇的河。細細的河水在非常乾燥的撒哈拉展開，發出不可思議的光亮。或許欠缺粗曠的能量，卻以神奇、神祕與無窮的希望取勝。

尼羅河的大小非其之過。沒有一條大河走南北向，都是東西向。原因很簡單：雨水。潮濕地區的河流——熱帶與溫帶地區由東向西或由西向東的河流——從頭到尾都能受益於雨水和支流。因此，所有大河——中國的長江、印度的恆河、非洲的剛果——都是東西向，相較於溫和的尼羅河，三者的流量足足有十倍之多。尼羅河源自南方，經過沙漠向北流向地中海，一路上水量逐漸減少。沙漠無法提供雨水增加流量，還得時時承受蒸發與乾旱的摧殘。但這些南北向的河流經過主要的氣候區，將潮濕地區的水帶到沙漠。對整個流域的經濟具有超乎比例的重要性，將雨量較高地區的水帶到雨量較低、甚至沒有降雨的地區，這是尼羅河在非洲的貢獻，也說明了埃及為何能有超乎尋常的好運氣。

尼羅河有兩大支流：藍尼羅河與白尼羅河，後者的源頭距三角洲最遠，因此常被視為尼羅河的起源。白尼羅河的源頭在高原小國盧安達的森林高處，之後流經維多利亞湖（Lake Victoria）、烏干達，向北進入蘇丹，在首都喀土木（Khartoum）與藍尼羅河匯合。如果說尼羅河的名聲歸諸白尼羅河，實質內容則屬於藍尼羅河（河如其名）。藍尼羅河源自衣索比亞高地的塔納湖（Lake Tana），貢獻了近六〇%的尼羅河水。衣索比亞透過強大的藍尼羅河和一堆小支流，提供全部尼羅河水的九〇%以及九六%的沉積物，而這些沉積物正是讓埃及的氾濫平原如此肥沃的主因。從這一點來看，埃及幾千年來確實一直在榨乾衣索比亞，而大自然則是共犯。

五千年來，尼羅河提供埃及豐沛的藍水。有了穩定的水源，加上尼羅河年年氾濫帶來的糧食來源，造就了古埃及社會。埃及雖處沙漠中，自有歷史以來便一直幸運地享有糧食與水資源安全。大自然一向有能力讓人吃驚。五千年很漫長，對一個國家的集體心靈當然有很大的影響。也難怪短短半世紀看不見的缺水問題，並不足以鼓勵這個國家面對嚴重水資源不安全的事實。沒有人願意相信，自古存在的真理會在幾十年內逆轉。

也難怪尼羅河成為兵家必爭之河。尼羅河流經十國：盧安達、浦隆地（Burundi）、坦尚尼亞、肯亞、烏干達、衣索比亞、厄利垂亞、剛果、蘇丹、埃及。但只有最後兩國享受到經濟效益。對這些東非的國家而言，這不是爭奪一小塊骨頭而已，特別是對提供尼羅河許多養分卻飽受乾旱之苦的衣索比亞而言。

大壩小壩連環建

埃及人或許謹慎避談水資源不安全，傳統上卻很樂於討論水資源管

歡迎來到沿河國

沿河國（riparian）一詞源自拉丁文「ripa」，意指「河岸」，字面的意思就是臨近任何河川的土地。但在此處關於埃及與尼羅河的分析，我用沿河國表示英國普通法（common law）之下的特定意思：地主有權使用流經其土地的水。與尼羅河相關的沿河國水權很有爭議，沿河而居未必是幸福的保障，還是要自求多福。

理。百年來埃及人推動許多重要的水資源管理計畫——最早的是一九〇二年的亞斯文小壩。埃及基礎建設的最高成就當屬世界最大的水庫：亞斯文大壩。亞斯文大壩完工於一九七〇年——在埃及名為納賽爾湖（Lake Nasser），進入蘇丹則名為努比亞湖（Lake Nubia）——滿位時可容納多達一六八立方公里。下面的說明也許有助了解其蓄水量：一六八立方公里恰等於六七二〇萬座奧運泳池，儲水量是中國長江三峽水庫的兩倍——長江是世界最大河之一，流量可是尼羅河的十倍以上。

亞斯文大壩還有一項稱冠的統計——除了是儲水量最大的人造水庫，蒸發量也是世界第一。一年蒸發掉三公尺深的水，相當於十三立方公里，約五二〇萬座奧運泳池。尼羅河的平均流量估計為八十四立方公里，大約蒸發掉一五%。十三立方公里的水足以供應一千萬人的用水總需求。這代表一個很重要的訊息：每年從納賽爾湖和努比亞湖蒸發的水足供八分之一的埃及人使用。

瓜分水權

依據希羅多德（Herodotus）的記載，波斯王（Xerxes）曾站在赫勒斯龐特海峽（Hellespont：今稱達達尼爾海峽），要違抗的水受鞭三百下。如果大不列顛帝國真的相信自己能宰制海水，就是犯了愚昧的錯誤——沒有人能宰制水。

但擁有水是愈來愈重要的概念。

目前綠水無法被納入經濟模型與思考模式，導致經濟學家忽略了綠水。但藍水可被掌控、抽取甚至計價，尤其當用於灌溉或其他生產用途時。鞭子與國王的命令或許無法讓違抗的水聽命，權力卻可以。不論大不列顛是否能宰制海水，由於兩項國際協議，埃及與蘇丹大抵相信他們擁有尼羅河。兩國也確實掌控尼羅河達半世紀，目前更極力要保住所有權。

上述的國際協議是一九二九年的〈尼羅河水協議〉（Nile Water Agreement）和極富爭議的一九五九年〈尼羅河充分運用協議〉（Agreement for the Full Utilisation of the Nile）。我說極富爭議，是因為此協議基本上將尼羅河的所有權由埃及和蘇丹瓜分。高達七五%的名義水權歸埃及所有，蘇丹只分得二五%。尼羅河及其支流流經的其餘七國什麼都沒有——現在增為八國，因厄利垂亞在一九九三年自衣索比亞分離出來。

埃及與水

漫長的歷史

如果一件事已做了五千年，你會很難接受這世界變了，而自己做了五千年的事已變成錯的。埃及人長久以來一直能夠成功運用尼羅河的季節流量，無疑帶給他們的官員與科學家深刻的啟示，但也催眠了這個國家，對水資源安全產生要命的錯覺。每年夏季河水氾濫與退卻的自然循環，讓這裡的環境比多數地區更快恢復生機。埃及尼羅河岸的土壤一向肥沃深厚，在六〇年代之前，每年因季節氾濫而變平坦，而且富含衣索比亞的粉砂沉積物。氣象與水文因素加在一起，讓埃及的尼羅河成

為獨具恢復力的水文與農業奇觀。

我們一再探究水資源的新觀念，埃及常可做為很特別的測試案例。埃及的河系幾乎完全仰賴來自國界之外的地面藍水，因此很容易理解與分析。大多數國家都有地面與地下藍水，輔以綠水。在這種情況下，比較難追蹤農民在灌溉耕種上的水資源管理成績，因為他們每年獲得的藍水量受到兩個變數影響：用水效率與上天賜與的綠水。在埃及，綠水的變數被去除。因此，我們可以很容易看出農民管理藍水的效率。

九五%的埃及農民只管理藍水。第三章談到，美國九五%的農民只管理綠水。英國的用水報酬自一八〇〇年驚人地增加為十倍，這是很高的標準，但埃及農民改善用水生產力的努力也絕不容小覷。自一九六〇年之後短短五十年裡，埃及使用藍水的報酬成長許多，小麥產量增加為三倍。就像英國一樣，埃及的起始點比較高，歷史上一向享有作物與家畜的高產量。

埃及的灌溉農地讓人印象深刻。歐洲人較少見到密集灌溉的農地，到埃及一看，對當地展現的毫無浪費與聰明儉約都很驚訝。非常高比例的土地全年耕種，這在歐洲的氣候下根本無法想像。在埃及，整個溫和的冬天都能栽種蔬菜和作物，若是水資源許可，攝氏三十度以上的炎熱夏季也能種得很好。歐洲嚴酷的冬季連草都長不出來，你能想像法國冬天出現一片麥田嗎？北歐的農民只能一年一作。不僅如此，在埃及，每公頃農地不只種植作物，每塊田地邊緣還可養活家畜——每公頃可養兩頭以上的牛或四隻羊。歐洲的草地只養家畜不種作物，除非種飼料給牲畜吃。更糟糕的是，家畜常需要從其他來源補充飼料。在英國，很多家畜的飼料都是仰賴進口。試想想這對環境多麼沒有意義，多麼浪費。埃及的農民顯然是水資源管理美德的標竿，一年兩獲之外，還能同時達到北歐農民平均的家畜管理水準。

為什麼會如此？

讓我們深入探討，選擇一個清楚的例子：埃及的小麥產量在過去五十年來一直穩定增加，一九六〇年每公頃二噸，七五年增加到三噸，目前是六噸。如果有種植小麥用水效率的世界比賽，埃及國家隊一定年年奪冠。小麥對全球極為重要，甚至可能是最重要的。以噸數來說，小麥是全球貿易量最大的作物。對埃及來說尤其重要，因為埃及人每人的小麥消耗量比任何國家都大。因此埃及既是重要的小麥生產國，也是全球主要進口國。

但我們需要一些數字，才能從科學的角度剖析小麥。模型專家查帕干與霍斯特拉就水資源管理與小麥產量整理出一些很有趣的比較資料。

表5.1清楚顯示，埃及的小麥產量很高，與北歐的產量很相似。雖則埃及的農民在夏季可以有第二期收穫，每公頃還同時飼養家畜。同樣的道理，隱含在小麥裡的虛擬水不多，與歐洲相當。因此，儘管當地缺水相當嚴重——也可能就是因為如此——埃及農民的表現與歐洲的農民差不多，甚至更好。不僅如此，埃及的氣候、土壤與水資源條件很可能會因農技進步而發揮更大的效益。很多人認為，埃及還有很大的潛能可增加小麥的產量。

經濟學家熱心地告訴我們，不論小麥產量增加多少，生產小麥並不是運用稀有資源的明智方式。但請不要以為經濟學家是在關切環境的衝擊。他們觀察到，即使產量增加到每公頃十二噸也不

太划算，若轉而種植高價值作物以便出口到國外市場，獲利不只倍增。經濟學家認為，從經濟學的觀點來看，更合理的做法是進口便宜的小麥，利用尼羅河水種植世界多數地方無法全年生長的昂貴作物。

但這個論點基本上誤解了埃及政治領導者的心理，簡單地說：最重要的是埃及人對糧食安全的**觀感**。相較於透過貿易來確保糧食安全，醒目的灌溉農地——因運用昂貴技術而能不斷增加小麥產量——更能創造國家的糧食安全感。從經濟上甚至環境上來看，這都很荒謬，但在政治上卻很重要。同樣的問題並沒有解決：這樣還能持續多久？埃及一方面要展現糧食安全，一方面國家的水資源運用必須能獲得更大的經濟報酬，兩者之間的平衡也許很快將會改變。

	作物用水需求 毫米／耕作週期	小麥產量 噸／公頃	虛擬水內容 立方公尺／噸
阿根廷 （綠水）	179	2.4	738
澳洲 （綠水）	309	1.9	1588
加拿大 （綠水）	339	2.3	1491
埃及 （藍水）	570	6.1	930
法國 （綠水）	630	7.0	895
土耳其 （綠水）	319	2.1	1531
美國 （主要是綠水）	237	2.8	849
總平均		2.7	1334

表5.1　埃及與主要貿易夥伴一九九七至二〇〇一年的小麥與水生產力。資料來源：查帕干與霍斯特拉，《國家水足跡》，二〇〇三年，國際水利環境工程學院。

虛擬水的政治

小麥與冷戰

我們的討論似乎無法避開「政治」一詞。只要有水的地方，就必然會看到政治問題與政治人物。

埃及已經透過虛擬水「貿易」，有效地彌補了水資源不足。目前一年可透過進口作物與畜產節省約三十三立方公里的水量，每年光是靠進口小麥就可省下七立方公里，工業類進口大約又省了十立方公里，總計是四十三立方公里，足供每年三千三百萬人使用。埃及目前的人口約八千萬，不難看出虛擬水對埃及的生存極為重要。若沒有虛擬水，可能明天就要開始挨餓了。

請不要低估飢餓的力量。讓一個人三天不進食，他可能會淪落為禽獸：為了取得糧食而無所不用其極。歷史上每個國家每個政府的第一要務可能都是要防杜飢餓，以及伴隨飢餓而引起的混亂與不安。如此說來，也難怪糧食安全的考量就

雙期作（double-cropping）

農耕裡複作（multiple cropping）的一種形式。

足以逆轉埃及外交政策的核心綱要了。

世界在戰後的分裂從柏林開始，蔓延到全德國與歐洲，很快襲捲全世界。到了五〇年代初，多數國家不是向美國就是向蘇聯靠攏，只是程度各不相同。埃及在五〇年代初後半遭受西歐與美國政府的粗暴對待，遂堅定支持東方。然而，當蘇聯農民無法依照埃及所希望的數量，透過優惠貿易提供小麥，情勢立刻改變。相較之下，美國與歐洲卻能以半價提供補貼的小麥，對一個飢餓的國家，這是無法抗拒的。有趣的是，有一段極短的時間，蘇聯真的向美國購買小麥，再送到埃及的亞歷山卓城（Alexandria）。埃及供應部（Ministry of Supply）的官員當然體認到，靠蘇聯盟友購買美國小麥供埃及消費，絕非長遠之計。

終究發生了無法避免的情況——埃及在七〇年代初糧食欠缺最嚴重時，棄東向西。從那之後，埃及遂繼以色列之後，成為美國在MENA地區最親近的盟友。外交政策的基本改變並非取決於單一因素，埃及會轉而親西方並非純粹因為糧食安全，但糧食安全與看不見的虛擬水貿易，是埃及一九七〇年之後外交政策重新調整的主要因素。然而水科學界或政治史都鮮少注意到這一點。

不可說

擬定糧食政策在埃及是件痛苦的事。政治人物被五千年來建立的論述綁住。埃及不缺水，這是消費者、生產者與政府共同承認的「事實」，還有樂觀的媒體推波助瀾。此一「知識」成了傅柯定義的「力量」。政治人物很清楚這一點，因此無法反駁。一方面要顧及現實需求，一方面要臣服於建構的知識，兩面不討好。因此，理性、冷靜的部長們繼續站起來宣稱埃及不缺水。

這正是虛擬水對埃及與其統治階層如此重要的原因。虛擬水無聲無形，無論在經濟或政治上都無法看見或聽見，除非你特別去尋找。虛擬水可能是唯一不需要公開討論就直接進行的貿易與資源政策。虛擬水實在隱藏得太好，雖然早在人類文明之初就已存在，卻直到一九九一年才被賦予名稱。對埃及的決策者而言，水利產業具有潛在的不穩定性，心理上又讓人感覺難以預測，虛擬水貿易這看不見卻真實存在的現象恰好提供了寶貴的喘息空間。

經濟學在政治操作中需要這樣的喘息空間，才能實踐現代文明的奇蹟：從低度開發轉型為多樣化經濟，在過程中讓多數人脫離貧窮。試著考量政治人物的困境，他要面對來自社會與經濟面太多太多的各種要求。政治人物面對這種痛苦的分配要求，又沒有足夠的資源能一一滿足，最後的艱難決策總是造成不滿意者多於滿意者。無怪乎政治人物要虛張聲勢、拖延、打迷糊仗。他們需要喘息的空間才能運作與生存，他們用障眼法轉移我們的注意力。談到水資源，政治人物不得不對本地可再生的藍水這項過度抽象的概念視而不見。在埃及，這藍水就是尼羅河。多數國家必須在數十年裡忍受本地的水環境被破壞，以便爭取足夠的時間讓經濟多樣化，人口都市化。當鄉村居民因被迫離開而不再能耕種，他們會移居到都市，希望都市的多樣化經濟能提供就業機會。這是十九世紀工業國家所走的路，今天很多國家也在走同樣的路，雖則現在的世界水資源更加緊張。在這種情況下虛擬水提供掩護，讓人口在過度發展期不知道自己的用水習慣多麼魯莽，飢餓的陰影多麼接近，最重要的是讓飽受困擾的政治人物不需要耗費寶貴的政治資本去向市民做這些解釋。

在這複雜的糾葛之外還有環保人士。這些人講求原則、道德與誠實，非常痛恨以如此狡猾的方式利用看不見的虛擬水。在工業國家裡，環保人士是守護天使，突顯我們的錯誤，努力要把我們從嚴重魯莽的行為邊緣拉回。但在開發中國家，環保人士嚴格的道德觀是無法承擔的奢侈。他們不願體認，非多樣化經濟裡存在棘手的水資源政治。

有些事情是開發中國家的政治人物根本不能去想的，人口控制就是其一。從環保的角度來看，當然應該控制人口，但一個社會若是仰賴大家庭做為眼前的經濟支柱，一個政治人物要如何去推銷這樣的概念？同樣的道理，他如何能要求灌溉的農民為了環保不要再抽水與調水，因為那等於要他們讓家人餓死。政治人物避開這些政策並不是出自同情，而是算計過的恐懼。如果他們要求農民不要再抽水，因此造成的死亡與災難會怪到他們頭上。經驗顯示，政治人物若是讓人民繼續走向生態浩劫，政治後果會比嘗試避免更小。人們可以接受水資源耗盡，他們不會怪罪政治人物，多半會怪罪天威難測。老天爺是為統治精英的失敗揹黑鍋的最古老的代罪羔羊。

以糧食換和平

一九五四年，美國總統艾森豪簽署〈四八〇號公法〉（Public Law 480）。通常簡稱為PL480，甘迺迪稱之為「以糧食換和平」，內容是提供資金做為國際糧食援助之用，因而將這些糧食稱為PL480穀物。

虛擬水成癮

很多人認為，問題是從一九七〇年代開始的。當然，油價暴漲加上後續帶動小麥與其他商品價格大漲，讓包含埃及在內的許多國家經濟失衡。各國捨棄高成本又有風險的計畫，例如利用蘇丹的土地與水資源，配合埃及的勞力與技術，寧可選擇快速的解決方案：美國捐贈的低成本PL480穀物。要到十年後，這種倚賴廉價進口小麥的權宜做法才開始讓埃及政府困擾。進口小麥在埃及人的飲食中比重愈來愈高，八〇年代開始引起嚴厲批評。親俄的納賽爾總統建立的「規範經濟」（regulated economy）此時也不敵支持市場改革的國際浪潮。全球棉花市場嚴重扭曲，隨著本地市場價格攀升，種植小麥成了極具吸引力的選擇。農民的反應很熱烈，在政府的鼓勵下擴大種植小麥的面積，也將產量與用水報酬推升上去。

但埃及的小麥進口並未減少，這是因為那段時期人口快速成長。進口量趨於穩定，證明農民的小麥生產力大幅提升。自九〇年代初，小麥的虛擬水進口一直維持平穩。反之，隱含在兩類產品進口的虛擬水倒是成長不少：一是做為飼料的玉米與大豆等穀物，一是用水高度密集的畜產品。

可說的三件事和不可說的一件事

只要尼羅河穩定流動，餐桌上又有麵包可吃，你就沒有辦法說服人相信埃及水源耗竭。政治人

物若敢質疑這兩件確切之事，無異政治自殺。談到政治正確，你通常不會想到水。那是埃及政治不可說的大禁忌，但有什麼事是在目前的政治氣候裡可以說的？

埃及在水與糧食管理上採取三項清楚的措施，這些都可公開討論與辯論。第一是尼羅河的流量，埃及就像困在角落的野獸，強力護衛他們應該分得的部分。前面說過尼羅河另外流經九國，埃及在這跨界的國際關係上居於主導地位，同時與全球機構，如世界銀行，也維持穩固的關係。歷史上，埃及在與尼羅河上游國家合作或投資水的基礎設施時，都能有效地設定步調。當然，目的是為了維護超乎比例的流量。過去十年裡，此一看似可永久維持的不對等關係已被削弱。第二項措施是埃及的作物生產力與用水報酬明顯提高。第三項是政府採取低價的糧食與燃料政策，讓貧窮家庭在痛苦的通膨時期能過得下去。

這些就是獲認可的議題：尼羅河流量、高產量與低售價。虛擬水則是明明存在，大家卻避而不談。這是第四項措施——就像劇院舞台上想像的第四道牆，看不見，卻是整棟大廈最重要的一面牆。若沒有虛擬水「進口」，埃及將墜入糧食與水資源不安全。虛擬水讓世人的餐桌上有東西可吃，同時保持一貫完美的隱形。

我們這些局外人輕易便能認清真相，身處其間的人卻是當局者迷。埃及的政治人物知道，水資源安全的解決方案將來自該國的水利部門之外，但這不是他們能輕易說服人民接受的。多數政治人物都知道，要經歷漫長艱辛的政治過程，才有可能在正式論述裡表達這樣的看法。事實上，埃及要追求自己的水與糧食安全，仰賴的不是外交上橫行霸道地控制尼羅河，或是高產量灌溉農地所展現的水利與農業成就；而是要營造多樣化的強勁經濟，透過貿易，確保埃及享有水與糧食安全。政治人物很難說服人民接受這個觀念，眼下最好保持沉默，讓虛擬水去發揮作用。一切已在默默進行。有一點可以證明這個過程是成功的：儘管自然資源有限，人口快速成長，埃及的政治經濟還是能存續下去。

法老的未來

重要的數字無可辯駁，埃及有足夠的水供五千萬人使用。在撰寫本文時，埃及的人口是八千萬，預計未來將增加到一億二千萬。自六〇年代末以來，埃及愈來愈倚賴虛擬水「進口」來彌補不足的部分。目前約有四〇%的用水需求是靠虛擬水「貿易」滿足的。

我們確知的事

埃及有水需求不足的問題，原因在於人口。簡單地說，相對於水，人太多了，而且人口還持續成長。我們絕對確定目前的人口規模，也可合理確定未來的人口增長。另一項相對確定的趨勢是埃及經濟的多樣化，未來還會繼續朝此發展，也許不像東亞經濟那麼快速，但也不會像非洲撒哈拉以南那樣停滯。此多樣化正是埃及確保水與糧食安全的關鍵。

遺憾的是，這不太符合埃及的國家自我形象。他們希望水與糧食安全來自滿足自尊、真正由國

內自給自足。這樣的努力縱使可能做到，也必須非常善運技術、資本與自然資源。即使做到了，時間拉長之後還是會失敗。讓人讚嘆的灌溉農田與科技導向的水利建設確實很吸引人，但容我說得更露骨一些，這是在浪費寶貴的資源。解決之道在經濟。埃及憑藉集體的人力資源就能提供糧食與用水，目前，埃及人的心理還未能因此自豪；但時間已經不遠了。

我們不確知的事

如果這些是已知數，那麼什麼是未知數？

首先，我們不知道埃及的用水生產力未來能有多少改善。目前作物的產量已經相當高，過去半世紀裡的增加助益極大，但當然還是有進步空間。預期作物產量將增加二〇%，經濟價值的增加幅度更會高出許多。產量增加將與用水生產力進步成正比。埃及的用水生產力若有潛力增加五〇%，也無須驚訝。要是真有如此成長，最佳狀況將帶給埃及至少餵飽七千萬人的潛力。這樣的成績當然很可觀，但仍然不夠。當一國擁有一．二億人口時，確保七千萬人的水與糧食安全不是成功的保證。若沒有經濟多樣化，只會釀成街頭動亂。

糧食的價格

影響埃及未來糧食與水資源安全的外在因素更難準確預測。國際糧食價格當然很重要，價格會上漲，但漲得不夠快。經濟與貿易的扭曲機制，例如歐盟的共同農業政策及其後繼政策，以及美國的糧食補貼，會繼續以人為方式壓低國際糧食價格。埃及做為小麥的主要進口國，食品價格提高對國內的整體經濟是有利的：糧食出口的收入增加可抵銷糧食進口成本的上漲。但由工業國家主導的全球政治不會容許糧食價格上漲。過去二十年來，埃及的領導階層努力隨時注意並全力參與ＷＴＯ的討論，表現極為靈活，在ＷＴＯ中一直占有重要的地位。埃及在外交上很堅持，通常也都能達到既定的目標。

沿河國的未來

談到埃及在外交上的強勢，最明顯的莫過於針對尼羅河流域水資源政治（hydropolitics）的協商。前面說過，歷史上埃及一直是尼羅河的支配者，自二十世紀初，更靠著尼羅河水權協定，正式確認其支配地位。埃及從英國殖民者手中延襲了尼羅河的霸權地位，成為尼羅河地區的主宰之後一直未曾動搖。埃及與衣索比亞的不對稱關係是地理與政治學的奇觀，一切都以不對稱的方式配置：包括藍水資源、社經發展、全球參與，一切都傾向埃及。埃及境內八〇%的水來自衣索比亞的支流，衣索比亞卻只用到小部分的尼羅河水。

最重要的是社經發展的不對稱。埃及並非先進的工業國家，但與衣索比亞相比已是很強勢。衣索比亞只有一個領域較占優勢：綠水。埃及幾乎沒有綠水，衣索比亞每年大約可取得八十立方公里以上。這個量很大，大約等同於經由藍尼羅河自然流到蘇丹與埃及的藍水。

埃及與蘇丹的關係比較平等，政治摩擦的可能性也比較大。蘇丹是除了埃及之外，唯一支持

一九五九年尼羅河協議的國家。這不足為奇，蘇丹也是唯一能從該協議中獲利的國家。但蘇丹對於只分得二五%的尼羅河水很不滿意。埃及的態度很堅決，在尼羅河合作架構協議會議上，拒絕在水資源安全上有任何讓步。換句話說，尼羅河屬於埃及，埃及會在政治上用盡一切手段讓尼羅河屬於埃及。五十年了，一九五九年的協議依然不容爭辯。

但過去從來無法做為預測未來的依據。我們不能以過去的經驗預測尼羅河水資源政治的未來。但我們可以合理地相信搶水大戰不會發生。虛擬水讓爭水戰停火，不費一顆子彈，甚至沒有引起任何人注意。話說回來，埃及不能無止境地繼續獨占尼羅河。上游國家會協商爭取分一杯羹，但最後爭取到的一定還是比埃及的七五%少很多。蘇丹已經委建一系列的水壩和水庫，每年至少蒸發掉二立方公里，當然會分掉埃及的一部分用水。水權政治就像水一樣，鮮少平靜無波。

尼羅河流量

尼羅河水的故事充分彰顯「預測」這件事是多麼不可靠、多麼可笑。亞斯文大壩的興建是以平均年流量的計算為基礎。自一九八八年後，流量一直比較高。乍看之下，這毫無疑問是好事。自一九八〇年代初出現幾次驚人的低水量之後，流量增加當然大大減輕埃及人對尼羅河水是否安穩的疑慮。但現在又有不少水流失掉了。水不會靜止在原地，等著人類慌亂地嘗試各種方法留住它。你轉個身，水便自顧自地流走了。以這裡討論的例子來說，納賽爾湖及努比亞湖西緣氾濫，越過托西卡（Toshka）排水口，進入沙漠。平均每年因此流失至少五立方公里，相當於兩百萬座奧運泳池。

埃及政府急切計畫擴充灌溉農地，以充分利用此高流量帶來的額外的水。埃及水利工程師抱持的期待比較實際，五立方公里至少足夠供應每年四百萬人的需求。若能有效地再利用於灌溉與提升用水生產力，甚至可供應五百萬人的飲食與使用。但埃及每年已進口三十立方公里以上的虛擬水。更讓人擔憂的是，到了二〇五〇年，每年可能需要六十立方公里。人口的成長會將這個數字向上推升，水的生產力會將它拉低。事實上，埃及將耗費無法長期維持的龐大的國際政治資本——更不必提實質的財務資本——以爭取更多的流量並用於灌溉。未來若實行這樣的政策，將無可避免會造成與其他沿河國家及整體國際社會的政治緊張。屆時，埃及距離用水自給自足可能依然缺少四十立方公里左右。

光是仰賴水利方案，對埃及而言必是難以為繼、不公平且注定失敗。虛擬水方案比較有希望，因為其已證明有一定的彈性，能快速因應情勢。與其爭奪更多、更不合理的尼羅河支配權，埃及應該投入更多心力在經濟多樣化。如此一來，人口量才能從問題變成解答。埃及會有足夠的人力資源發展出口的產品與服務。好處是可換取虛擬水「進口」——這不僅比較便宜，也比較容易。同時還可大幅改善與其他沿河國的外交關係，對環境也比較有益。但唯一真正的阻礙，是埃及太執著於水與糧食自給自足的假象。

氣候變遷

埃及很幸運，幾乎沒有雨水可以流失。當然，綠水在經濟與農業上重要性很低。比較不確定的

是高溫可能透過蒸發與蒸散（evapo-transpiration）對作物產量造成多大的傷害。我們無法就尼羅河未來的流量設計精確的模型，但證據顯示，該地區的年流量可能會減少十立方公里左右。這個數字值得注意，但不是絕對重要。也許流量的減少能帶給埃及動力，放棄透過淡水資源滿足用水需求的死胡同，改而擁抱虛擬水的方案。目前多數氣候模型都預測埃及可繼續享有八〇年代後期以來的尼羅河高流量。但這世上很少事物能獲得共識：科學也不例外。

第二部

越南：逆轉啟示錄

「讓作物生長最快速的養分莫過於和平。」

退伍軍人的世界

我們都「到」過越南。二次大戰之後，一般稱為越戰或第二次印度支那戰爭的那場機械化殺戮，應該是史上最常被搬上螢幕的戰事。不同於所謂的二次世界大戰，越戰從未被人以正面描述。在文化史的紀錄裡，越戰是一場沒有意義、沒有目的、沒有道德的戰爭。即使到了現在，再也沒有什麼事比越戰的結局更能讓美國人陷入集體恐懼。

所幸我們要談的越南故事，並未隨著六〇與七〇年代導致人口減少了十分之一的血腥破壞而結束。事實上，那是故事的起點。一九七五年四月三十日，南北越終於統一，結束了一一八年的戰爭。一百多年來，這塊不幸的土地一直是原住民與一連串入侵者激烈衝突的戰場。

這個國家在越戰結束後的三十五年內徹底改頭換面，成為東南亞日漸繁榮、有秩序的社會，與《現代啟示錄》（*Apocalypse Now*）、《殺戮戰場》（*Platoon*）、《阿甘正傳》（*Forrest Gump*）等電影裡描繪的無意義殺戮和毀滅情況幾乎沒有相似處。越南最成功的領域是農業，真正引人注目的是：越南的農業在一九七五年幾近崩潰，進入二十一世紀時卻躍居全球第二大稻米出口國，占國際貿易二〇%。能有如此成就，當然是因為用水效率有相當大的改善。

因此，我要談的越南故事很正面，雖則不太為人所知。

但首先要說一個壞消息。

骨牌理論

隨著二十世紀中的戰爭結束，資本主義盟邦與共產蘇聯之間不安定的同盟關係瓦解，歐洲帝國主義的崩潰在世界留下政治真空，引發東西方大力競奪影響範圍。共產黨在中國內戰中打敗國民黨，全球的注意力轉

向東南亞的小國家。冷戰便是在這裡開始加溫。

西方，尤其是美國的思維概括而言就是骨牌理論。他們恐懼共產中國以及韓國、越南的共產黨起義會讓整個亞洲地區倒向共產陣營，最後導致印度也變色，就像一連串的骨牌。此一理論認為，一國倒向共產主義，就會使得下一個國家倒得更快、更不可避免。因此，美國決心要阻止下一張骨牌倒下。正是這種心態促使美國介入原本可能只是內戰的韓戰與越戰。美國在韓戰的表現即使不能稱為成功，至少也不算失敗。今天的韓國還是和一九五四年一樣維持分裂，一邊是共產主義的北韓，一邊是資本主義的南韓。但越南的情況卻大不相同。

戰後越南簡史

我們之所以要花點篇幅談東南亞到七〇年代中的戰爭史，是因為其後的發展是用水生產力另一個超大實驗。我們已看過英國、歐盟與美國經歷四〇年代的戰爭衝擊後，嘗試利用誘因與補貼刺激、保護農民，結果農民在用水生產力上也確實創造出前所未有的成績。中國與印度在六〇年代與七〇年代創造出屬於他們的用水生產力奇蹟；埃及在相關領域的表現也不遑多讓。接下來我們會看到，越南一旦走出百年的外敵入侵與戰亂，在提升用水生產力方面比這些了不起的糧食生產成績更為出色。

歷史的紀錄清清楚楚，美國戰敗，南越落入共黨，但戰後的發展卻往往被遺忘了。接下來並未出現中國共產主義繼續散播的骨牌效應，中國與越南反而因柬埔寨鬧翻。這並不是說越南不再是共產主義國家，越南絕對是共產國家，也一直是經濟互助委員會（Council for Mutual Economic Assistance）的成員，直到九〇年代解散。但越南最親近的共產盟邦不是中國，而是蘇聯。因此，當蘇聯與其歐洲的共產衛星國家轉向西方，擁抱資本主義與程度各不相同的市場經濟，越南遂陷入孤立。越南沒有向中國靠攏，而是朝東尋找盟友，追求貿易關係自由化，同時讓貨幣貶值，爭取投資。經濟活絡又富裕的日本很樂意配合，日本因貿易順差之故，有許多資金需要有地方投資，而包含美國在內的其他國家則隨之跟進。

其後越南與中國的關係有很大的改善，但這可能與中國內部的改變更有關係。中國透過經濟的野心而非軍事力量，將越南納入影響範圍。中越兩國的貿易快速成長，目前正合作建立全球最大的自由貿易區。中國擅於長期布局，前領導者周恩來被問到對法國革命的影響有何看法，他答：「時間太短還看不出來。」周恩來的回答顯然不是油腔滑調。中國以極緩慢的速度與極大的耐心進行政治布局，在越南，它任由三大敵人在毀滅性的戰爭中耗盡心力與資源，最後連聲譽都嚴重受創。

越南的農業

越南自一九七五年戰爭結束後便致力經濟轉型，發展區域與國際關係；但最快得到最大成就的領域莫過於農業。自七五年西貢落入越南獨立同盟會（Viet Minh）手中之後，農業部門隨即展開大

幅擴充。其他經濟部門的發展腳步遲緩而不確定，唯獨農業奮力向前衝。經濟多樣化在埃及的例子中已證明非常重要，越南在這方面只是試探性地推展，尤其是九〇年代初蘇聯共產主義崩潰之後，倒是在提升用水生產力上成績斐然。

第三章曾提到英國的農民如何大幅提高綠水的生產力，埃及的農民儘管作物產量已經很高，仍力求進步，藍水也有等比例的報酬。越南的表現足可與這兩國相媲美——綠水與藍水都有相當高的報酬。

越南有很多水。除了豐富的水資源，氣溫也非常適合栽培作物，全年平均氣溫在攝氏二十五到三十度之間。在一九四五年世界大戰結束後的三十年內，由於越南當地陷入殖民戰爭、內戰以及和美國的衝突，此一潛在的豐沛資源未能顯現出來。戰爭非常不利農業生產力的改善，不過，當戰爭的破壞一旦過去，未開發的潛力便會迅速引起注意。歐洲便是如此，當初在ＥＥＣ／ＥＵ與其他國家農業補助的鼓勵下，戰後的生產力大幅飆升。七五年之後的越南也是如此。

讓作物生長最快速的養分莫過於和平。安全安穩的環境對農民最有利，若能盡可能消除風險，農業會發展得更加強勁，更富生產力。儘管資源豐富，一九七五年時期的越南仍須進口稻米，每年進口三十五萬噸。經過短短十四年的和平，越南卻成了全球第三大稻米出口國，到世紀末，更躍升為第二大。

這是如何辦到的？一項無法忽略的因素是越南實施高度量身打造的共產主義。越南在八〇年代與九〇年代歷經了一系列經濟改革，但政治上至今依舊是一黨專政——就是共產黨。命令與控制式的經濟雖發展成社會主義導向的市場經濟，越南社會基本上仍是秩序嚴密，融合亞洲人的服從性與平等主義的原則。前面分析中國時曾說過，當執政者無須向選票低頭，當目的與行動合一被視為最高原則，確實可快速創造優異的經濟成就。雖然個人的自由會受損，卻也實現了龐大的公共利益。

地理概觀

越南與埃及毫無共通點。埃及有綿延的沙漠，較可觀的水資源只有神祕的尼羅河及其壯麗的三角洲，除此之外沒有其他的水系可言。在埃及，你永遠不會離沙漠太遠，在越南剛好相反，沒有一個地方年雨量低於一公尺，丘陵與山巒處更可多達兩公尺。不僅如此，越南有兩條大河與無數小河，很方便灌溉與生產作物。越南的綠水也很豐富。下面要介紹讀者認識越南的河流，這些河或許沒有前述的河流那麼有名，但重要性毫不遜色。

第一是湄公河。湄公河很大，流量是尼羅河的八倍。流量由湄公河流域五個國家的季風降雨匯集而成：中國、緬甸、泰國、寮國、柬埔寨——這些國家可謂雨露均霑。湄公河優於尼羅河的真正理由是，其中相當多的水量來自流域廣大的低地。這一點為什麼很重要？試以尼羅河為例，尼羅河發源自東非季節性降雨的高地，流經二千公里的沙漠，長的時間處於高溫之下。結果呢？很多河水都蒸發掉了。湄公河卻是愈流愈壯大，因為雨量能彌補蒸發的量，而且還有餘。

第二條是紅河，這條河因大量的淤泥沉積讓河水呈紅褐色而得名。但如果你以為紅色代表怒濤

狂猛，也是情有可原。這是一條多變難測的河，往往造成猛烈洪患。奇特的是，紅河與戰爭關係密切。十九世紀末，紅河是歐洲進入中國的重要貿易通道。紅河在策略上的重要性引發法國與越南的軍事衝突，結果法國贏了，越南做為統一的國家從地圖上消失，陷入流血衝突將近一世紀。

不幸的相似性

越南與埃及確實有一個共通點——人口，太多的人。越南因人口繁衍太快而出現危機，到了一九八五年，越南人口是六〇年的兩倍。別忘了，與美國的戰爭導致高達一〇%的越南人被殺，這樣的成長速度確實可觀。其後成長速度變緩，目前仍有八千六百萬人。從環境的角度來看，一億越南人是很可怕的景象，一億五千萬更是不可思議。這並不是說，一億五千萬越南人無法在糧食上自給自足——幾乎肯定可以。問題是世界其他地方仰賴越南的糧食出口，目前越南提供稻米給全球兩億人。越南既是世界的稻米重鎮，人口又快速成長，這兩件事會互相衝突。如果越南停止出口，其他地區終將欠缺稻米。

這對越南的經濟也會有嚴重的後果。到二〇〇五年，越南已是世界第二大稻米出口國，每年輸出五百萬噸——這可是超大碗的米。就財務上來看，這占越南出口收益超過六%。對越南以外的每個人而言，這些出口占世界稻米貿易的二〇%。

快速提升用水效率

越南每年五百萬噸的稻米出口量讓人刮目相看，更了不起的是，在二〇〇七年越南生產了三千六百萬噸——超過全球稻米貿易的總量。越南在一九七五年仍深陷社會與經濟殘破的困境，需要進口稻米，它如何能在短短三十年內變成農業強國？

當然，一部分的原因在於水，以及農民。這兩者越南都很多。我希望我已經表達得很清楚了，農民是水資源管理的幕後英雄。他們是現代煉金師，將土地與水轉變成愈來愈多的作物產量。幾千年前，人類走向分工，有的人製作矛，有的人畫壁畫，農民則負責讓每個人吃飽喝足。

至今依然是如此。

命令式經濟通常能有很好的農耕成效，前提是此經濟模式認定農民可做出重要貢獻，而且攸關自然資源的永續密集運用。重點是，一個環境若能確保穩定的價格，可合理預測產出的需求，農民便會有最好的表現。只要價格吸引人，農民總會有辦法生產更多的作物與家畜來滿足需求。如果必須提高效率，必須以更少的資源創造更大的產量，他們也做得到。他們不需要競爭的刺激，戰後歐洲的農耕實驗以及越南農業過去三十年來驚人的進步足以為證。

農民對自然資源擁有相當的掌控力，在其他領域的影響力卻很有限。決定產品價格的因素完全不是他們所能控制的，更糟糕的是，隨著貿易益趨自由化，他們對價格的僅有影響力也愈來愈低。

食品行銷與製造是全球最大的產業，農民本身卻無法在重要的討論中發聲。這個過程掌控在多國企業手中，而且由少數組織壟斷。此最高層級沒有多少空間，除了最大的農民，誰也休想取得市場的情報與資金。亞洲與非洲的農民對全球的糧食市場都沒有影響力，全球市場的價格變化莫測，每次價格走跌，世界上總有一些貧窮的農民受害，甚至無法存活。價格不穩定是農民無法控制的危險，足以催毀他們的生產力，快速永久地破壞他們的生計，這就是目前世界上許多農民的困境。

但就像前面所說的，在政府提供補貼的地區，農民的境況會樂觀一些。農民是很單純的，他們的本能就是生產糧食。如果價格不錯，他們就多生產一些。如果能為自己與家人帶來具體的益處，他們就會發揮愈來愈高的效率，善用所有的生產要素。因此，不斷提升水的生產力是農民的本能反應。但這要仰賴穩定的環境和經濟，所有生產要素的供應必須很穩定；這裡所說的不只是勞力，必須有一個眾人皆能信賴的農產品運輸與行銷網絡。必須有運作正常的內部市場，若有過剩的產品還必須有出口的機會。最後，農民必須知道他們能以合理的價格進行所有的生產與銷售。一九七五年的越南完全無法提供這些必要的條件，但後來卻能以超乎預期的速度與熱情一一補足。

因此，我們看到越南的稻米生產幾乎增加為四倍——關鍵在於農民更賣力地發揮水的生產力。越南只有二〇%的土地平坦，適合農耕，因此必須一年耕作二期，甚至三期。夏季季風期間，雨育作物的產量從每公頃二．五噸增加到五噸。就連產量本來就很高的地方，生產力也有進步。有些農地在戰爭結束時，每公頃生產一期三噸，到了二十世紀末，同樣的農地一年三期，每期每公頃可生產六、七噸，甚至有農民每公頃生產超過二十噸。這些重點發展區是帶動越南農業生產大幅提升的主要因素。

越南的重要啟示

現今來自越南的消息都很正向。這個迷人的國度從飽受戰火摧殘的廢墟，變成世界糧食供應的重要貢獻者，我很好奇為什麼沒有更多人宣揚這段旅程。相鄰的泰國也是在類似的時期歷經類似的旅程，一九七五年出口量不到一百萬噸，今天是唯一出口稻米超過越南的國家——二〇〇七年輸出了七四〇萬噸。自一九七五年以來全球的需求每年增加二五〇〇萬噸，其中一半是由越南與泰國供應的。

我們應該為越南鼓掌，當然也應該仔細觀察越南如何用水。我們應該探討，一個國家的國民所得在全世界排名六十，如何能在三十年內讓水生產力提升為三倍。越南出口的五百萬噸稻米相當於十立方公里的虛擬水，幾乎足以滿足人口超過七百萬的任何國家對水的總需求。就像我所說的，農民的本能是生產糧食。在這麼做的過程中，農民同時也會「出口」虛擬水——早在文明剛起源時就是如此了。起初他們只出口到城鎮，城市的成長便是仰賴鄰近鄉農的虛擬水「貿易」提供用水。越南的例子顯示出，農民很樂意「提供」虛擬水給世界另一端的消費者，當然前提是要有適當的基礎建設與政治氣候可促進這樣的貿易。

這是虛擬水的正向故事。透過國際糧食貿易，一個富有綠水與藍水的國家能夠為全球穩定做出

重要而且寶貴的貢獻。從另一個角度來看，比較負面的是幾乎沒有人注意到這件事。

稻米的價格

大家都喜歡稻米。減肥的人會抱怨麵食，麩質耐受性不佳的人會避免吃麵包，但沒有人會嫌棄米，米是主食中的主食。

每隔一段時間，米價就會登上新聞頭條。這類米價劇漲的現象不應視為全球糧食危機的先兆。很多作物商品的價格其實是取決於政治而非市場因素，稻米也不例外。

相較於其他穀物及穀物製品，全球的稻米市場算是比較小的。每年的貿易量大約三千五百萬噸：占全球每年穀物總貿易量（二〇〇七年三．六億噸）不到一〇%。相較於米的近親：小麥、玉米、大豆等，米價一般而言也比較不易受價格扭曲影響。

但價格扭曲現象畢竟還是出現了，二〇〇八年突然的米價飆漲讓稻米市場至今還未恢復穩定。但這是投機所帶來的問題，又因為稻米的生產與貿易方式存在一些嚴重的扭曲現象，而使問題更為惡化。日本是主要的稻米消費國，非常偏好本國的高價米。日本受到長期的合約限制，若堅持不開放市場接受廉價米進攻，便必須接受美國的低品質米。日本基於美學、社會與政治等可以理解的理由，堅決要保護本國的稻農，不得不接受此一安排。被迫進口的米通常存放到不適合人類食用時，再拿去餵養牲畜。即使在二〇〇八年供米危機的高峰，日本也沒有將不需要的米轉移到價格狂飆的全球市場。

經濟學家討厭貿易障礙，但對設置障礙的人而言，這是具有政治意義的。政治人物不是經濟學家或科學家，他們的決策標準不同於那些封閉在自己領域的專業人士。以稻米而言，因為稻米的國際市場相對較小，而且存在嚴重的扭曲現象，每當價格突然飆高，情況都會變得愈來愈惡化。例如日本高度保護自家的稻農，就是一種扭曲。日本補償性地向受保護的美國稻農購買不需要、也不喜歡的稻米，導致前述扭曲後果更形惡化。在經濟學家看來，這是很荒謬的。對政治人物而言，這是外交手段。稀鬆平常。雖然很詭異，但只要不會引發選民的怒火，便可一笑置之。

如果由經濟學家統治世界，很多事情不會變得更好，但全球稻米市場的價格波動至少會單純一些。

第三部

衣索比亞：現代啟示錄

先民所居

露西來自衣索比亞的阿瓦什谷（Awash Valley），身材矮小，大約只有一一一公分。體重很輕，只有三十公斤，年齡三百二十萬歲。

露西是南方古猿阿法種（Australopithecus afarensis）的殘骸，是人類的史前祖先之一；依據膝蓋

形狀與頭骨大小分析，應該是存活在人類認定在樹上生活已經不合時宜，但還不具備真正嚴肅的思考能力的年代。

如果說埃及是古國，衣索比亞更是在史前時代就已存在。人類都是源自一個共同的祖先：專家認為很可能源自非洲之角（Horn of Africa）這個內陸大國。不同於撒哈拉以南的多數非洲國家，衣索比亞三千年來都是連貫的國家。希臘神話與希伯來聖經裡都有描述衣索比亞——只是內容有誤，而且常被誤解。衣索比亞王室聲稱沿襲自所羅門王和示巴女王（Queen of Sheba），如果時間是唯一的決定因素，衣索比亞將是世界上最強大的國家。

但時間不是一切。

衣索比亞這個國家蒙受極端不幸的命運摧殘，雖然是尼羅河的水塔，卻只用到尼羅河流量的五%。每年有超過八十立方公里極高品質的水流往下游的蘇丹和埃及。這些水足以在一夕之間讓衣索比亞七千八百萬人確保糧食與用水自給自足。同樣的道理，如果衣索比亞的農民只用這些水的一半來種植高價食品出口，立刻就能變成富國。但衣索比亞實際上卻是世界上最貧窮的國家之一，每人年收入平均約三三三美元，等於一天不到一美元。

貧窮會衍生貧窮。衣索比亞的經濟一直很單一，超過四〇%的ＧＤＰ來自農業。許多鄉下社區是由純粹的農民組成，靠著小小看天吃飯的田地勉強生活；短壽、飢餓與疾病是常態。都市的生活好很多，衣索比亞的經濟其實在快速成長，但當前對強者有利而懲罰弱者的全球秩序，嚴重阻遏了衣索比亞的發展。

淚流成河

埃及自史前時代便從衣索比亞接管尼羅河，而且無意歸還。在這樁衣索比亞認定的竊行裡，地理因素絕對是幫兇。尼羅河很自然會將水從衣索比亞移向埃及，目前既沒有眾人皆可接受的國際水資源法，便只能依循傳統習俗。埃及主張他們可以繼續享用大部分的尼羅河水，理由是最先使用者不應因後來的上游用水而受害。換句話說，誰發現就是誰的。

埃及與蘇丹在一九五九年的協議裡將尼羅河水全部瓜分，其他的沿岸國都沒有承認該協議，那些國家當時都受縛於殖民主義，唯一例外是衣索比亞。可想見各國在獨立之後，會表達對五九年協議的不滿，肯亞與衣索比亞尤其強烈；後者目前在尼羅河架構協議的高調協商中帶頭與埃及對抗，此協議將削弱——或是修補，端視你的立場而定——已有五十年歷史的五九年協議。

重點不是你擁有什麼，而是如何使用

有些國家的地理條件很嚴苛，有些則是得天獨厚。衣索比亞的地理條件其實享有豐富的水資源，卻難以保有這些資源，並從中獲益。八十立方公里充滿淤泥的豐富水源每年都被下游的埃及和蘇丹拿走，衣索比亞的藍水資源就這麼沒了。但衣索比亞每年透過土壤裡的綠水至少得到同樣可用的水量，這讓農民可以在潮濕的夏季種植雨育的穀物與豆類。而且衣索比亞廣闊的雨育放牧地上的

牛隻數量在非洲可是數一數二的。

我們不免要問，衣索比亞為何享受不到境內尼羅河的益處。如果我們看看其他重要河流發源的國家，如中國、印度或土耳其，會看到截然不同的情況。這些國家目前都能善用境內的水資源，投入水力發電等非消費用途，以及灌溉耕種之類的耗水事業。三個國家都能善用天然資源，轉化為乾淨的經濟效益。

最典型的例子是美國。美國因廣建水利工程而能暫時地掌控水的問題。他們建造了水壩與抽水設施的傲人網絡，將世界頂級的農耕帶到加州沙漠，發電量也很可觀。我們可清楚看到這些國家的差異。地理條件不是主要的決定因素，政治力與多樣化的經濟才是。國家愈有錢，經濟愈發達，能夠充分利用的水資源也就愈多。這就是埃及為什麼永遠勝過衣索比亞的簡單理由。埃及掌握的政治影響力比衣索比亞大很多，經濟也比較發達，因而在國際上更有本錢談判與協商，尤其在爭取稀少的水資源時（在國際貿易的領域裡，水資源的效益會在無形中被悄悄強化）。埃及的經濟實力與政治條件讓它比其他國家更具優勢，不僅如此，埃及還有強大的盟友以及因此帶來的影響力。

埃及與越南目前都能供應人口所需的水與糧食，而且是在人口危險爆增的情況下。他們是如何做到的？首先，他們能擠出愈來愈高的用水效率，讓作物的產量得以倍數成長。第二，他們會「進口」隱含在食品裡的虛擬水——尤其是埃及。這兩種方法都需要經濟多元發展，以及有效參與地區與全球經濟。這兩點衣索比亞都未能做到。

依照目前的全球經濟結構，一日淪為輸家，幾乎注定翻不了身——衣索比亞落入敗部已有數十年。全球的糧食商對於這類不幸的國家只會落井下石，而且沒有多少不安，甚至不覺得自己在落井下石。強勢者向來如此，不公平的貿易條件也許不是他們訂的，但他們當然樂於坐享其成。強勢者能這麼做是因為有那個能耐，弱勢者光是努力善用資源已耗盡力量，再也沒有力氣打一場早已落敗的戰爭。

國際貿易的運作並不遵守道德準則，工業國家會將低成本的國際穀物傾銷給開發中國家。出口國無法抗拒如此機會，進口國有機會能餵飽過多的都會窮人，當然也不想捨棄，因為他們有太多飢餓的人民正等著填飽肚子。然而，當進口穀物的效應擴及鄉區，便會對小規模的農業社區造成致命傷害。於是，富者愈富，貧者愈貧。過去二十五年來，全球多數國家與產業都在穩定成長，衣索比亞的農業卻日益萎縮，產品的售價無法維持像樣的生活，農民被迫採取自毀的短視做法：賣掉負重的牲畜以求生，然後不得不用手持工具耕種、除草。

當世界多數地方都在全球化的旗幟下大步前進，不容忽視的少數不僅被拋在後面，而且是真正倒退。在這種情況下，要期待作物產量或水生產力有明顯的提升是不理性的。衣索比亞雨育穀物的產量每公頃僅有可憐的一、兩噸，是世界最低的；全球當務之急是培養與幫助非洲撒哈拉以南的貧窮農民。這些人是全世界用水生產力最低的，他們必須讓作物與家畜產量提高一至二倍，才能改善自己的命運。這對世界其他國家也很重要，世界需要他們合力促進全球水資源安全，讓本世紀後半將達到的八、九十億人口不虞匱乏。

有一個重要的區別應該釐清：國際貿易對許多發展中的國家有極為負面的影響；但國際貿易本

身並不是壞事。在適當的條件下，國際貿易可幫助發展中國家，低廉的食品價格對一些發展較佳的國家如埃及便很有幫助。別忘了，埃及透過廉價小麥進口虛擬水，以彌補及掩藏用水的不足。同時他們也改善國內的穀物產量，將土地與水投入種植高價值作物。出口這些高價值作物讓用水的經濟報酬提高不少，經濟的體質因而便得以強化——無論是表現在財富或國際的重要性。

那麼贏家與輸家的差異在哪裡？

溺水的國家

內在的敵人

衣索比亞的問題在哪裡？這是很直接、但必須探討的問題。衣索比亞有很多水，卻苦於糧食與用水不足；其他國家沒有水、沒有農業，反而能享有豐富安穩的供應。這正突顯出一個很重要的議題：水資源豐富不保證經濟繁榮，正如水資源匱乏也不等於貧窮。水一向受制於金錢與政治，履試不爽。

二十世紀初的衣索比亞比其他非洲國家都更進步。衣索比亞是非洲唯一未受殖民的國家，另一個例外是美國特別建立的海岸小國賴比瑞亞。除了短暫被墨索里尼的義大利占領，衣索比亞在整個世紀都是自由的國家。

但在最血腥的二十世紀，衣索比亞的爭鬥與衝突卻一點都沒有少過。儘管長期維持國家的地位，衣索比亞卻也無法逃脫非洲普遍存在的致命問題：極麻煩的民族差異。歐洲的殖民主義者在地圖上任意劃分國界，更讓自古即已存在的部落間的緊張更形惡化。衣索比亞雖能避開這樣的命運，但歷史紀錄依然充斥了數百年來不同民族的爭權奪勢。衣索比亞包含將近八十族，最大的是歐洛莫族（Oromo）和安哈拉族（Amhara），分別占該國人口的三五%和三〇%。

共產軍事政府——武裝部隊協調委員會（Derg）——從一九七四年到九一年統治衣索比亞，展開混亂無序的社會實驗與滅族行動。八〇年代曾發生惡名昭彰的飢荒，加上蘇聯瓦解，自然無法再支撐政權，導致委員會在漫長的內戰中倒台，而內戰則到九〇年代初才結束。現代的衣索比亞就在如此的混戰中誕生，目前則是依民族聯邦主義組織，地方權力下放給以民族為成立依據的政權；然而，衣索比亞在二十世紀已明顯落入敗部，地位遠遠不及世紀初。這個國家由不安定、緊張、不透明的聯盟組成，中央政權鮮少讓人聯想到透明化、負責任或捍衛公民自由等特質。這樣的環境不利於經濟發展與多樣化，而且過程緩慢而不確定，甚至根本不可能。

但衣索比亞的經濟問題並非全然都是自作孽，有兩項外部因素嚴重損害了衣索比亞改善整體經濟（尤其是農業）的能力。而工業國家對此必須負起責任。

外在的敵人

第一項外在因素是加諸於衣索比亞的許多限制，使其無法善用豐富的藍水資源。說得直接一

點，國際社會對衣索比亞的發展沒有太大的興趣。除了名人參與的慈善活動與電視募款，衣索比亞並未引起工業國家多少注意。國內外的紛爭、認真試行共產主義、缺少引人注目的自然資源，這一切加在一起，讓衣索比亞在國際間無足輕重。反之，在尼羅河爭奪戰中比衣索比亞強大太多的埃及，卻扮演起當地在國際政治中的要角。埃及被視為阿拉伯國家裡的溫和派，將近半世紀來一直在巴結西方。

政治幾乎總能在所有情況下，凌駕理性的水資源管理決策。因此，衣索比亞或許擁有尼羅河這項大自然的恩賜，埃及卻有國際社會的默默支持。二十多年來，世界銀行一直想協助衣索比亞建造水利基礎設施，發揮藍尼羅河龐大的水力發電潛能，並引導部分河水進行重要的灌溉農耕。但埃及極力反對任何水利建設在上游進行，並持續透過外交與拖延戰術的強硬手段，阻礙衣索比亞利用尼羅河的資源。

的確，埃及能取得尼羅河的優勢支配權，既不是得利於地理條件，甚至也不是因為軍力過人，純粹是因為政治。埃及是東尼羅河流域水權政治勢力最強大的——此一次流域掌握了整個流域所有藍水的八〇%以上；衣索比亞則是最弱勢的。埃及的反對太有效，導致衣索比亞損失了數十年的社經發展，傷害深遠。衣索比亞失去的是五十年進步的社經發展。即使世銀、衣索比亞與捐款者今日能啟動計畫與投資，需求孔急的水利設施從計畫、興建到啟用，至少也要花上十五年。從經濟與社會發展的角度來看，停滯不前便等同後退。世界上每個國家都在進行永無休止的發展競賽，衣索比亞卻遠遠落後。若能讓衣索比亞使用豐富的藍水資源，更重要的，協助當地農民有效運用還算可觀的綠水資源，多少可幫助衣索比亞趕上世界其他們國家。這件事一定要做，而且必須趕快做。

我要特別指出的第二項外在因素是我以及世界上任何有志之士常擔憂的事：讓人詬病的國際貿易體系。衣索比亞以鄉村經濟為主，非洲許多國家都是。一個很清楚的事實是：如果你將廉價穀物傾銷到貧窮的鄉村經濟，就會造成痛苦——很大的痛苦。此處說的不是純粹經濟上的痛苦，好比太強勁的貨幣會讓工業國家的出口產業「痛苦」。這裡說的是非常真實的痛苦，活生生的人在日常生活上感受到的明確、實際、身體的痛苦。

衣索比亞脆弱的農業非常容易遭受破壞。工業國家半價出口的小麥造成很大的衝擊，絕不亞於共產黨的恐怖統治或殘害人命的旱災。請在腦中想像開發中國家的貧窮景象：此處最適合的，可能是八〇年代衣索比亞在飢荒中無所不在的挨餓孩童。接著請仔細考量：是什麼因素造成你腦中看到的人類苦難？一個重要的因素就是工業國家以人為方式將出口穀物的價格壓低。所謂工業國家並不是什麼金融鉅子或犯罪組織首腦的陰謀詭計，而是你和我。是我們依民主程序選出的代表，為維護我們的經濟與國家利益所做的事，是我們的農企業，我們的財富，我們的穀物。

損失的則是開發中國家。

半價的小麥會謀殺開發中國家。鄉村經濟仰賴乾旱時作物的價格上漲，但當非洲之角遭旱災襲擊時，沒有一個政府能抗拒容易取得的歐美廉價出口產品。無論世界各地，人民只要挨餓三天就可能會發生動亂；但在開發中國家，餓肚子的標準又更高。開發中國家脆弱不穩固的政府要顧及為數龐大的都市窮人，若無法讓他們滿意，導致的並非選舉失利，而是街頭動亂。這些政府做了冷血但

精確的計算，決定讓鄉村的窮人挨餓比讓都市的窮人挨餓好一些。鄉村的窮人沒有共同點，缺乏團結與組織的能力。中國的皇帝一向畏懼強大的農民叛亂，但在現代非洲，鄉村的窮人沒有集體的力量，不像都市的窮人，也沒有政治實力。

鄉村的窮人雖是國家血脈，但對千里外的政府並不重要。政治只存在此時此地。開發中國家寧可接受廉價進口貨的毒瘤來避免挨餓，因為他們都是依循只看短期成效的簡單原則。因為毒瘤明天才會讓你致命，但你沒東西吃，今天就會餓死。

不完美的未來？

即使經歷過布滿荊棘的歷史，衣索比亞的未來依然讓人心驚，對於用水或經濟發展都看不到明顯的好消息，人口則是每十年以難以為繼的幅度增加。只要出生率比死亡率多一個人，就表示每年要多提供一千立方公尺的水。預計到二十一世紀末，該國人口將增加一倍，成為一．五億，未來似乎愈來愈不可能達到水與糧食安全。死神在衣索比亞比在許多國家更加活躍且無所不在，但鐮刀砍下的速度仍不及人類繁衍的衝動。

衣索比亞的不幸是雙重的。前面檢視過的其他國家當中，有些是運用多樣化、發達的經濟，透過貿易來補足水與糧食的不足。有些則是善用自然水資源來驅動經濟發展。這兩條路在衣索比亞都行不通，因為深陷貧窮而無法追求經濟多樣化，又因為政治的阻礙而無法善用豐富的水資源。

理論上，農耕用水的生產力若能提高一倍，便可滿足衣索比亞人口成長帶來的糧食需求；因為他們確實擁有未開發的潛能。過去三十年來，雨育耕地的面積增加了不少，但農作產量並沒有增加。姑且不論有多少政治與金融因素阻礙了衣索比亞運用藍水資源，該國仍有相當多的雨水。季節性是一個問題，但畢竟有什麼資源能提高家畜與作物的產量，而其所創造的財富便可帶動經濟發展。

但還有一個最重要的阻礙：本地市場太不完善。就像全世界的農民，商品價格提高與有效的本地市場會對衣索比亞農民造成正面影響。除了產量會增加，用水報酬也會提高。目前，自然與人力資源都有了，衝突雖然還未完全平息，但也已有緩和之勢，運輸建設因而得以逐步改善。在我們檢視過的國家裡，只要提供正確的誘因與可靠的基礎建設，產量與用水報酬都能有所改善，我們沒有理由假設衣索比亞會是例外。

但前提是衣索比亞的農民必須享有公平的價格與健全的市場這兩項基本條件，問題是，這不是農民、甚至衣索比亞政府能控制的。任何地方的農業若面臨像衣索比亞農民所遭遇那樣難以克服的阻礙，同樣都會瓦解。如果英國農民的產品無法賣得像樣的價格，該產業也會一步步墜入短視與絕望的深淵。英國的農民確實也放棄了，但英國有社會安全制度，衣索比亞卻沒有。

因此，衣索比亞這個國家正面對極艱難的挑戰。但只要創造正確的條件，衣索比亞也能扭轉命運。越南原本是飽受戰火摧殘的空殼，在一代之內便轉型成全球稻米出口龍頭。衣索比亞內部尚未開發的潛能很巨大，這個國家需要的是去除全球不對稱貿易可怕的不利因素，建構一套有利的條

件，在穩定與安全的社會政治環境裡提供保證價格與銷量。一旦這些條件都備齊了，我們就能測試一項重要的論點：只要提升農民的能力，農民便可為國家創造糧食與水的奇蹟。

衣索比亞的農民也可創造變革。如果有適當的誘因激勵他們提高作物與家畜的產量，達到與前述的國家相當的程度，不僅將能讓快速成長的衣索比亞人口吃飽喝足，更能種植高價值的商品出口，帶動經濟強化與多樣化。他們可善用充足的水資源，開啟致富的契機。如此一來，受益的將不只是衣索比亞的經濟，甚至可能拯救全世界。

農民若能享有比較和平、有利的市場環境，加上新的生產要素，應可發揮土地與水資源的潛能——這個觀點在未來十年的衣索比亞將可獲得證實。全球的勢力目前已在摩拳擦掌，有些人稱之為外來的土地投資者，也有人稱之為土地掠奪者。出資者除了中東的主權基金與民間投資者之外，印度以及中國的公私投資者都頗有興趣，南韓也是，甚至包括西方的投機者。有些人在本國就有破壞水資源的紀錄，對衣索比亞的土地與水資源不太可能會更有責任感。又如中國的投資者兼具設計、專案管理甚至技術運用的能力，實踐計畫的聲譽不惡，或許可協助開發衣索比亞低度發展的綠水資源，以及實現水力發電的潛能。

旅程的終點

影響一國水資源安全的最主要因素不是水資源，而是經濟力。重要的不是有沒有水，如何用水才是關鍵。多樣化的經濟與和平的政治結構，遠比世界上所有的雨水、河川、地下水庫更可能保障水資源安全。衣索比亞每年有八十立方公里的綠水和八十立方公里的藍水，但過去的政治動盪與現在的政經問題導致大部分的水都白白流失。反之，半乾燥的加州目前則是全球農業最重要的重心。

我們可以從兩個不同的角度檢視水資源安全。我們可以簡單直覺地僅從自然水資源的多寡看待水資源安全，亦即把重點放在：你有、沒有多少水；這是史前人類與生俱來粗糙、表象的思考方式，人類的集體心靈卻依然未能完全擺脫這樣的思考法。基本上，我們會估計可預見的未來需要的水量，努力掌控足以滿足需要的最大量。如果你是新石器時代的農人，在一個大抵無人居住的地方要護衛你所在的那段河流，這麼做完全合理。這種以情感為基礎、天真的水資源控制方法就是如此發展出來的。但在人口過多、飲食過量的二十一世紀的政治經濟裡，這麼做就不太明智了。

我們還有什麼選擇呢？

目前還沒有更理想的名詞，且容我描述我認為的成熟經濟版本的水資源安全是什麼樣子。依照這個模型，水本身的價值不重要，重要的是水帶來的確切效益——呈現的形式可能是電力、製造的產品、衛生與供水，或是最重要的，用於糧食生產的大水。舊的模型建立在一個基本元素上——真實、具體的水，這個新模型則有四項元素。

第一是水資源。虛擬水不會取代水，而是將水移到不同的地方。每個國家或多或少都有一些水資源，有的極豐，有的頗少，但鮮少足以滿足人口的全部需求。

第二項元素是個別經濟能夠有效率用水的程度。幾乎所有國家都缺水，但主要還是端視這些國

家是否能從既有的水資源創造出最大的經濟效益。英國與越南透過大幅增加產量達到此目標。其他國家或地區如埃及與加州，則是從經濟角度精明判斷適合栽培哪些作物或家畜。高價值的產品能增加出口收入：糧食的缺口總能透過貿易彌補。

第三項是人力資源。誠然，關於經濟多樣化與人力資源對一國水資源安全的重要性，還有很多可以談。且簡短回憶新加坡這個小國家。我們在一開始的討論裡談到，這個國家只能滿足用水需求的五%，其餘主要仰賴虛擬水進口與來自馬來西亞的藍水或海水淡化。然而新加坡非常善於讓僅有的五%發揮經濟效益，因而能支付九五%的進口。新加坡多樣化的經濟專注在用水需求極低的產業，這些產品與服務讓水產生極佳的財務報酬，所創造的財富用於支付進口糧食，為這個極缺水的國家提供水資源安全。

最後一項元素是政治。一個經濟體必須能在區域與國際政治上有效運作，促進本國利益。強國會憑藉政治霸權施壓，利用技術掌控水資源。弱國既無法吸引必要的投資前來興建水利設施，也欠缺政治影響力可與鄰國爭奪水資源。強大的埃及與弱小的衣索比亞之間極不平衡的關係，正是這種現象的縮影。

如果我們要依據獲致水資源安全的能力為各國排名，會發現水資源的多寡幾乎無關緊要。在四項元素裡，這一項與水資源管理的成敗關係最小。因此，我們顯然無法將馬爾薩斯命定論套用到區域性的環境。富國可能人口非常多，但可透過聰明用水爭取到水資源——主要是善用財富與政治。新加坡或許可稱為管理水資源的佼佼者，這個位於馬來西亞外圍小島的城市國家證明，一個國家不會因為沒有水就注定水資源不安全；社會經濟的發展終究更加重要。

這套邏輯的另一面可解釋水資源豐富的衣索比亞為何敬陪末座。由於經濟太差，衣索比亞無法發展基礎設施來充分利用水資源。這種現象通常會持續存在下去。當經濟太弱，自立自強的能力便會消失。衣索比亞在尼羅河流域的政治裡很難堅持立場。一直到二〇一〇年之前，衣索比亞一直敗給北邊的埃及。貧窮與飢餓導致政治的不穩定與衝突，內戰又帶來更多的貧窮與飢餓。國際貿易中殘酷的不對等只會進一步傷害這個國家，衣索比亞對進口廉價糧食深度倚賴，只顧餵飽肚子，經濟的四肢卻日益萎縮。

即使我們能瞬間扭轉問題，假設衣索比亞此刻突然有了足夠的援助與政治支持，能建立龐大的水利基礎設施，好好利用豐富的藍水資源，他們還是失去了四分之三世紀的經濟發展。對衣索比亞與非洲許多國家而言，未來已經錯過了，留下的只有過去。

Chapter 06

滴水不漏：虛擬水貿易與人類的浮沉

讓每個人永遠有水可用。

——艾斯莫（Kader Asmal），南非種族隔離結束後第一位水務部長

從五減到二．五。

為拯救世界，力行每週一日無肉。

——吉瓦利（Dipak Gywali），尼泊爾水保育基金會會長；帕卓里（Rjendra Pachauri），聯合國跨政府氣候變遷小組主席

飲食與不浪費能確保全球水資源安全。

強大的隱形因子

在本書結束之前，請容我重申與濃縮重點，提出結論。希望能引發您開始思考水資源安全的議題。

我們的旅程穿越了強大隱形因子的世界。

首先是土壤中看不見的水，這是綠水，因為無法以經濟語彙描述，也就很難量化。綠水藏在土壤裡無人看見，卻培育出所有糧食的七成左右。我們的紙上旅程走過八個國家，顯示世界各地的農民必須盡可能善用上天賜與的豐富綠水，如此便無須使用寶貴的飲用水來生產糧食。

其次是看不見的虛擬水，這部分的水用於培育一五%的食品貿易。食品貿易讓缺水地區得以確保穩定的糧食供應，附帶作用是讓有錢人享有選擇多樣豐富的食品，這對世界和平是不可或缺的。少了虛擬水貿易，恐怕會引發戰爭。有些國家將被迫奪取自然資源、土地和水，以確保人民不會餓死。虛擬水貿易也可避免缺水國家在本國種植糧食，傷害到脆弱的水環境。虛擬水貿易的進行是如此本能、容易、靜默，受益的消費者和政府甚至鮮少注意到。

第三個看不見的驅動力是人口。過去半世紀，全球許多地方的人口呈現爆炸性成長，使得全球用水需求激增三倍。

所幸還有第四項看不見的影響——因為有中國的家庭計畫政策，這個世界少增加了三億人，這

麼多人可是會對寶貴的水與糧食供給造成難以支撐的額外消耗。如此人數等於是少了整個北美洲的人口，讓全球的水需求實際減少了五%。

還有更多看不見的力量。作物和家畜的產量與水資源安全的關聯不容易一眼就看出來。隨著全球人口增加為三倍，對水的需求自然呈等比例成長，淡水（藍水）的使用量也因此明顯增加一倍。工程師、規劃者、政治人物、捐款者都參與廣建水利工程。這些人喜歡大肆宣揚自己正在進行的事，即使他們不聲張，立場相反的環保運動者也會談。無論如何，水壩、水庫和灌溉設施顯而易見，水利工程建設很難成為祕密。前面說淡水的使用量增加了一倍，但糧食生產的增幅更大，增加為四倍。除了得利於水利工程之外，當然還有其他因素，而且都是看不見的。首先要歸功於看得見的政治人物與工程師，但較大比例的水資源管理其實仰賴看不見的貢獻者：也就是仰賴世界各地的農民在農地實現農耕水力奇蹟。這個新觀念也許是所有隱形因子裡最重要的。

農民是默默做事的人。明顯發揮力量的人的確做了許多事，不只是興建水壩而已。若沒有這許多人的通力合作，便不會有六〇年代與七〇年代的綠色革命：他們包括貢獻知識與技術的工程師與農學專家，帶來資金的國際投資銀行，以及實際推動計畫的政治人物與官僚。儘管如此，我認為出力最多的還是農民。水資源安全這場戰役是在農業的最前線打贏的。農民密集運用綠水和藍水，善用每一滴水擠出愈來愈高的生產力。當農民做不到這一點時（例如在衣索比亞），便會造成可怕的經濟與社會後果。

農民不是唯一的幕後英雄，還有國際食品貿易公司。這些業者鮮少在這類分析中得到讚揚。這裡面存有雙重弔詭：無論是農民與貿易公司這些全球水資源安全的貢獻者，或是你我這樣的受益人，大家都不知道水資源安全得利於農地用水生產力的提升。這便帶引到最後一點——隱形諾貝爾獎。還有什麼獎項更適合頒給隱形貿易的隱形參與者，表彰他們確保隱形的水資源安全，避免發生暴力衝突。這些農民與貿易商帶來水資源的和平與安全，讓個人與社會都能因此免於痛苦。這對個人很珍貴，對全世界則是具有策略上的重要性——這些益處絕對是顯而易見的。

看不見的壞蘋果

如果說國際虛擬水貿易是看不見的，那麼國際貿易裡的不平等也同樣隱形。國際貿易裡的不平等是看不見的邪惡因子，在虛擬水貿易的善良精靈旁扮演黑心妖精。我們的討論中已說明得很清楚：在嚴重的貿易不對稱之下，富國將補貼的作物傾銷到弱勢開發中國家的市場，後者卻完全沒有這類扭曲市場的機制可倚賴。

因此，虛擬水貿易雖帶來全球的水資源安全，本身卻導致世界最弱勢經濟體裡千萬貧窮農民陷入困境。我們理應伸出援手——即使不為別的理由，至少可以幫助他們改善用水效率，進而幫助我們每個人。但我們不但沒有幫忙，反而設下重重阻礙。最貧窮的開發中國家中有三分之一原本能創造用水高報酬，卻因世界市場上補貼穀物的虛擬水貿易，導致他們的農業經濟發展延後數十年。這是短視近利的做法，一定要改變。

勇於超越

超越水利產業

隱形的特質已讓處理水資源安全的議題很棘手了，更麻煩的是，許多牽涉的相關層面都在水利產業之外。沒有什麼事會比跨出自身專業領域更讓專業人士害怕。你選擇的諮詢對象將決定你會得到的解決方案。國王在徵詢意見時會發現，騎士主戰，牧師建議禱告，農民只祈求和平。對水利工程師而言，解決方案永遠是一樣的，就是建造更大更好的水利工程。

因此，虛擬水通常會讓水專家憂慮，因為虛擬水開啟了一個幾乎會威脅生存的可怕事實：決定個人與集體水資源安全最重要的因素，竟然完全不在水利領域中。虛擬水貿易能確保缺水地區的糧食與水資源安全，而虛擬水貿易係建立在多樣化強勁經濟的購買力。水壩、運河、抽水設施和閥門也都很重要，但在控制水的取用上，無論是規模或彈性都不及貿易與經濟發展。

水利工程計畫都是大型、大膽、能見度非常高，但事實上沒有任何東西能真正完全地控制水，尤其是在技術上最難取得與最難測量的綠水。因此，與其強迫水來適應我們，應該是人類去適應水以及水帶來的環境利益才對。這正是幾千年來虛擬水貿易讓我們做到的事。

超越獲利

水資源安全同樣讓民間產業憂心，因為促成水資源安全的因素中，有太多因素超乎食品企業了解的市場之外。那些製造與銷售用水密集食品的企業最擅長什麼？他們獲利極佳，是因為引導了消費者對油脂、糖、鹽、碳水化合物成癮。

但這種現象已開始改變。過去十年，食品製造商與超市開始討論食品消費對水資源的集體影響，但我相信，「道德」是影響微小到近乎於零的解釋。企業結構的設計就是在進行經濟決策時要避開道德考量。公司完全具備個人的法律權利與地位，但欠缺一項重要特質：良心。同樣的道理，企業界現在會突然對重視環境產生一股熱忱，不太可能是因為理性考量自身利益後，知道缺水會影響到供應鏈。企業不擅於長遠的策略思考，而且壽命愈來愈短——就連最成功的大企業通常也僅存活數十年。既然只能維持中期的壽命，你如何能期待他們有長遠的考量？企業的責任是立即改善股價，領導階層若是太頻繁更換，很難採取健全周詳的方式治理公司。努力賺錢，繼續向前走，這就是企業的目標。

不。食品製造商與零售商的水資源管理能有改善，關鍵在於過去十年裡最熱門的兩個名詞：氣候變遷與聲譽風險。前者不太需要介紹。社會對氣候變遷問題已逐漸覺醒，雖然仍存有許多歧見，但從爭辯的次數與激烈程度就可以看出，世人確實很認真看待這個概念。

企業雖然很不擅於因應道德責任或雖遙遠但真實的環境威脅，倒是靠著直覺對社會焦慮有敏銳

的反應。你一定得了解人大眾在想什麼，才有可能賺到他們口袋裡的錢。當大眾愈來愈執著於氣候變遷，企業當然也是。所有的企業都忙著追蹤食品在製造、運送與行銷過程的碳足跡與能源足跡。這是為了博取消費者青睞，避開可怕的聲譽受損。在品牌與觀感至上的市場，對企業傷害最大的莫過於壞名聲。每一家企業都希望被視為好人，也都竭盡所能建立這樣的形象——這當然是為了有所回報。

這個回報就是顧客的尊敬。為了贏得敬意，同時獲得更多業務，企業賣力地面對水足跡的概念。他們利用耗水量做為效率標準，據以分析產品與供應鏈。企業一旦決定做某件事，通常會做得很起勁。看到他們投入那麼多心力研究水足跡，讓人印象深刻。除了追求獲利，他們也很努力面對道德與聲譽等攸關生存的問題。因此，消費者是否有覺察力，能將消費與水資源安全連在一起便很重要。當消費者了解兩者的關聯，據以調整自己的消費模式，便能改變企業行為。公共論辯的重點正在改變，企業當然必須維護自己的聲譽。聲譽風險是有價的。採取對水環境較友善的生產與供應鏈也要付出實際成本，但多數企業發現，相較之下，聲譽受損的代價更高出許多。因此我們看到企業在做對的事，雖然是基於錯誤的理由。

政治之外

政治人物是相當無懼的一群。這是身為政治人物的重要條件——不能輕易畏縮。他們善於因應強大的挑戰，熱衷使用社會與經濟價值的相關語言。但就連這些擅長處理不確定性的專家都會發現，水資源安全是一大難題。

水資源危機從來不曾超越政治，事實恰恰相反。政治人物喜歡隱藏水資源危機，不納入公共討論。每一次的水資源危機都被歸入另一項危機之下，以某種方式控制住。並不是因為政治人物認為水不重要，他們清楚水的重要性，但他們更明瞭：處理水危機要付出的政治代價高得危險。要說服大眾改變用水方式——基本上我指的是嚴肅地改變國人的飲食，連帶影響農業部門——必須耗費龐大的政治資本。

你、我、政治人物、農民，如果我們意識到問題的話，所有人都會擔憂水資源不安全。這其中有太多不確定的因素交互作用。政治這個行業每天都要面對互相衝突的不確定因素，這些因素可能深深觸動大眾的情緒，而民眾的了解卻又不夠。政界充斥急就章式的反應，但政治也是目前可以處理棘手的水資源不安全問題的唯一管道。我們可以選擇馬上處理，然後接受立即、不可預測的政治壓力，或是延遲處理，將更高的政治壓力留給後代。棘手問題就像必須切開的疔瘡，你永遠找不到絕對適合處理的好時機，只有穩定惡化的時機……

自掃門前雪的自私心態愈來愈少見，尤其在這個逐漸走向整合與全球化的世界。在全球化時代，氣候變遷本質上是集體性的。我們未必與人共享直接使用的能源，但能源管理主要發生在集體而非個人的層面，正如社會的能源使用總會造成集體後果。碳會從蔬菜與土地轉移到大氣中，廣泛地平均分布到全球共享的大氣層，變成全球性的問題，雖然感受程度取決於你人生活在何處。

就像全球暖化造成的環境不安全，全球水資源不安全也是發生在快速全球化的時代。但這兩個

問題的衝擊不同，全球暖化是富國造成的，卻由所有人一起分擔。水不一樣，水在某些地方密集使用，並不是每個人都受影響。人們干預淡水系統的結果從來不是由各方平均分擔。地區性河川流域與地下水資源受到的衝擊與當地的濫用程度有關。各地使用骯髒、不可再生能源的情形並不一致，卻很不公平地由全球分擔。開發中國家的碳排放量通常的確小到不成比例，卻因氣溫升高與海平面上升而承受大到不成比例的痛苦。就水而言，不平均的污染造成的衝擊就侷限在製造污染的地方而已。

但這個原則被虛擬水打破了。當人們「出口」虛擬水時，當世界某地方的人享受水的效益時，環境成本卻停留在用水處。中國便是如此，中國透過龐大的製造業貿易出口虛擬水。廉價的產品由其他國家的人享用，環境的傷害卻留在中國。至少要等到中國的工業廢水處理能改善到工業國家的程度，情況才可能改變。

將錯誤的事做到淋漓盡致

棘手問題會顯得急迫而不確定，通常是因為早先不當處理同一問題的不同版本所造成的直接結果。

能源問題確實很棘手，要因應石油業者與政府的關係，就是快速發展北海與阿拉斯加北坡的石油與天然氣資源。人類很了不起，若想得到什麼，就會想辦法得到。但如果一開始走錯方向，可能會導致問題更惡化，卻誤以為自己在解決問題。棘手的問題會讓我們做出錯誤反應，就像彼得．杜拉克（Peter Drucker）所說的，「將錯誤的事做到淋漓盡致」。

我們喜歡做擅長的事，人類總是偏好熟悉的路，即使方向是錯的。更糟糕的是，因為熟悉，我們會走得更快、更有自信——但從頭到尾都走錯方向。我們面對七〇年代的能源危機便是如此，由於釋出太多新能源，油價在其後三十年被人為壓低，對大氣的昂貴衝擊卻未納入能源價格，便造成能源幾近免費的危險錯覺。

正確做法應該是追求當時新生的可再生能源，積極研究如何運用乾淨的太陽能——但人類對正確的事當然無法像對熟悉的事做得一樣好。乾淨的可再生能源可降低環境成本，骯髒的不可再生科技則不能。我們一開始便走錯方向，一心追求更高的科技效率，反而在發展乾淨科技上延遲了數十年，同時也讓趨勢變得更難扭轉。隨著氣候變遷的威脅成為更迫切的危險，人類如今被迫將注意力轉向乾淨的可再生能源。人類如今已不可能按照氣候變遷科學所要求的時間表轉移到新能源，但若是在三十年前面對油價高漲時能做出更明智的決定，這個目標便能達成。我們在對抗氣候變遷的戰爭中喪失了寶貴的時間，一味仰賴無法永續發展的能源，更加無法戒除化石燃料。這的確是棘手的問題。

人類用水的歷史是否也能找到類似的例子？當然可以。前面已多次談過關於一九二〇至七〇年代工業國家過度發展水利工程的錯誤做法。那段時期出現過多的水壩與運水計畫，就是將錯誤的事做到淋漓盡致的具體明證。人類的水利工程技術非常高明，但不表示這是解決水資源管理問題的最

佳方案。工業國家的錯誤已經過去，金磚五國卻有重蹈覆轍的危險。中國、印度、巴西目前正在興建更大型的儲水與運水設施。這一切都附帶龐大的環境成本，尤其是印度在開發藍水時已將地下水資源推向毀滅邊緣。這是一條很危險的道路，開發中國家、尤其是非洲撒哈拉以南，對本地的淡水資源卻幾乎沒有造成任何衝擊。他們有大量機會可發展水力發電與灌溉，若能採取世界水壩委員會（World Commission on Dams）二〇〇〇年公布的明智方針，成效會更好。

二〇〇〇年世界水壩委員會

從很多方面來看，七〇年代對工業國家是焦慮的十年，理由很多——社會上充滿懷疑與政府陰謀論，金融停滯與勞資糾紛，油價爆漲與國際恐怖主義初生。

這些疑懼瀰漫全社會，包括關於水資源管理的討論。環保人士變得更加勇於表達，他們傳達的訊息也日益受到重視；到了一九八〇年，要在工業國家建造另一座水壩簡直是不可能的事。自此之後，光是北美地區大約就有五百座水壩被拆除或停用。

世界水壩委員會的成立是這段旅程的重要階段。該委員會的存在時間從一九九七年末到二〇〇〇年，主席是極富領袖魅力的南非律師與水務部長艾斯爾（Kader Asmal）。該委員會有十二位委員，分別代表主要的民間水利工程業者、環境運動者組織、其他比較一般的公民社會組織，還有學術界與公部門組織。

委員會具有多元性質，因而能接受涵蓋面較廣的「治理」概念，而不是侷限於「政府」的狹隘觀念——更不會認為政府最懂。政府（government）與治理（governance）的差異在哪裡？治理的觀念涵蓋政府部門、市場、社會與環境運動；政府則只是各個部門。政府部門、市場、公民運動——這三者的參與非常重要。從我們的個案研究裡可以看到，國家在二十世紀中的水利工程熱當中扮演著危險的角色。資本主義或共產主義意識形態分歧的兩邊政府同樣犯了這個錯誤，過度發展水利工程並非資本主義或共產主義的專利。這讓我們體悟到一個簡單的道理：每當國家、市場或更糟糕的、兩者的祕密結盟主導了決策，結果對社會或環境都是不好的。在不確定已成常態的正常世界裡，這一點應該是可以確定的。

反之，治理是多元的。治理包含略微衝突的不同元素，因而有能力自我審查，這是單一國家或市場辦不到的。一個人若有這種自我審查的能力，我們通常稱之為良心。治理是有良心的；國家或市場則沒有。正如同多數有原則的改革，水資源管理要靠國家與市場之外的力量。世界水壩委員會便是以非政府組織的良心在做事。

委員會的成果有好有壞。誠然，委員會為未來的水資源管理提供了客觀的目標。報告的公布也頗受矚目，尤其曼德拉的參與又為公平議題與未來方向提供了傳奇的權威感。遺憾的是，公布之後，很多原則都被同樣一批人拒絕。這或許並不讓人驚訝，比較震驚的是，包括世界銀行在內的全球資金的重要推手也未能支持這些原則。話說回來，這些原則還是具有相當影響力，可以說在目前的水資源計畫與水資源管理上，都能看到影響的印記。

本末倒置的怪現象

我們看到許多本末倒置的現象，七〇年代以後的錯誤能源政策或許讓人不安，卻是極具啟發性的例子，突顯出政府與民間部門聯合追求錯誤的目標時有多麼危險。民主與企業的結構相似，政治領導者要對選民負責，主管要為股東負責，公司為顧客負責。但如果選民、股東與顧客的資訊不足，這整個責任架構便會崩潰。大眾容易被操縱，對某些嚴重危害社會的消費形態產生欲望，能源使用便是如此。長期而言，這是很糟糕的生活方式。我們的政治經濟絕對是環境的附屬品；一旦環境出問題，仰賴環境的社會與企業也會跟著出問題。當過去所犯的錯變成今日的現實，無知恐怕不足以做為防衛機制。

確保水資源安全的真正方法：「為什麼大麥克比十億美元的水壩更大」

農民與糧食第一

暫且忘了家庭與工業用水吧。我並不是說這些地方不應該努力避免浪費，但談到水資源安全的決策時，這些在統計上不是那麼重要。人類的用水大約八〇%是用以生產糧食的大水，其中約三〇%是藍水或淡水，七〇%是雨水。每一滴水都是由世界各地的農民管理。

我們需要的是全世界的農民改善綠水與藍水的生產力，以滿足因全球人口快速成長而增加的糧食需求。同時我們必須改變消費習慣，減少社會的水足跡。

工程師與經濟學家會說，我們應該多運用四〇%的水。政治人物應該也會支持這種建議，為什麼？因為相較之下，說服大眾改變行為很困難，達成不可能的水利工程目標在政治上只是小兒科——亦即動用資金與工程方面的專門知識興建更多的水壩、水庫和送水設施。水很頑固，但人類可能更頑固。

胡蘿蔔：價格誘因

設計周詳的價格誘因能鼓勵農民減少作物用水，採取對水環境更友善的做法。前文的討論已顯示，很多經濟體——工業化、金磚五國、開發中國家——都能在作物與家畜的生產力上改善許多。在這些重要的過程裡，價格誘因可發揮一定的作用——但必須是穩定、長期的。很重要的一點是，必須將水環境的管理納入考量——因為農民確實是水資源的管理者。

改善國際貿易

世界上有一五〇個國家雖然水源耗竭，仍能透過貿易維持糧食安全；唯有透過貿易才能達到這

樣的效果。上個世紀最後數十年，世界人口每三十年增加一倍，事實證明，農業商品的國際貿易攸關地球上許多人的生存。

但虛擬水解決方案本身是看不見的，這也造成了若干問題，例如國際貿易的不公平讓弱勢經濟的農業部門付出極大的代價。在非洲撒哈拉以南，農業是主要的經濟產業。非洲農民的用水生產力是全球最低的，來自歐美的低價進口糧食讓貧窮的農民更貧窮。這些開發中國家深陷雙重桎梏，危機時無法擺脫外國的補貼糧食，沒有這些糧食，都市的人口會挨餓。但這些進口糧食會扼殺本國的經濟，將鄉村人口推入極端的貧窮與營養不良。

公平的國際貿易能讓非洲的貧農享有安穩的生計，目前的做法卻是恰恰相反，形同在懲罰農民。同時，這會讓農民的用水報酬變得太低，形成惡性循環。為了全球的水資源安全，我們需要非洲撒哈拉以南的農民將用水的生產力提高一倍；但目前在很多國家的情形是不增反減。若能維持國際貿易的公平，對全球水資源安全的正面效應非常大。

不可避免的人口因素

人口愈多，需要的糧食愈多，需要耗用的水也就愈多。因此，不斷增加的人口需要不斷進步的水資源管理，因為地球上可用的綠水與藍水是有限的。但控制人口不被視為可行的選項——除了在中國。有多少國家願意實施類似的家庭計畫法案？答案是零。

或許也沒有必要，國家的人口趨勢是可以預測的。在工業化之前——開發中國家目前仍停留在這個階段——人類的出生率很高。從社會的消費來看，由於嬰兒的死亡率非常高，緩和了高出生率帶來的人口成長。工業化初期改善了衛生與降低了嬰兒死亡率，這是好事，但因發展太突然，來不及改變受文化因素影響的出生率。於是，家庭成員增加，人口爆增。隨著工業化發展，出生率與死亡率開始下降。新增的人口較少，大家都活得比較久。最後人口達到一個平衡點，成長速度穩定在替換水準。西歐最早的工業國家經過一百五十年，才從超高出生率發展到近乎替換水準的成長率。在較晚工業化的歐洲國家，這個過程在幾代之內就完成了。在工業化的不同階段可以看到人口成長率的變化，這對用水需求產生了未被注意的直接影響。

讓人驚訝的是，就連最頂尖的科學家對這些人口趨勢也可能很無知。由於低估了人口過渡（demographic transition）的速度，直到八〇年代人口學家還在高估未來的人口成長。到九〇年代初，多數水專家已認定二〇五〇年的全球人口有三種可能的情形：相對較少的預測是八十億人，中間的預估數字是一百億，最高的是一百二十億。不用說，人口一百二十億的世界將迥異於「只有」八十億的世界。不過，專家倒是有一個共識，人口高峰大約將出現在本世紀後半。

重點不只是多寡，還有地點

人口成長的規模顯然非常重要，但地點會影響人口成長對全球水資源管理的衝擊。要計算衝擊的程度，比我們想像中更難。我們在討論中多次談到國家之間的差異，讀者一定還記得，美國人的平均水足跡比印度人或中國人的平均值高很多。美國西南部較乾燥，居民的國內水足跡比都會型、

多雨的東部高很多。大量吃肉的飲食也會導致水足跡較高。但因美國人吃的食物主要來自產量和用水報酬都很高的農場，人民的平均水足跡並不比住在非洲貧窮農場的人高多少；這只是顯示極貧農民的用水效率低得可悲。富裕多樣化的經濟體可創造較高的用水報酬，讓原本強勁的經濟更強化。擅於用水可以讓國家富裕，國家富裕又可改善用水能力。

追求永續發展

我們需要什麼？

地球上每多一個人，每年新增的糧食需求平均要多耗用約一千立方公尺的水。依據目前接受的人口成長預估，要達到這一點，糧食生產所用的綠水和藍水必須提高生產力四〇%。最重要的問題是：我們做得到嗎？

二十世紀後半出現了這些驚人的數字：人口增加為三倍，淡水的使用增加一倍，糧食生產增加為四倍。因此，儘管全球人口成長如此快速，二十世紀結束時只有非洲大陸有高比例的人民長期營養不良。本世紀初，各大陸都出現此一困境。

考量過去五十年生產力改善的幅度，二〇五〇年之前達到四〇%的目標似乎很合理。但二十世紀的進步能持續多久？我們且仔細檢視看看。南亞雖是主要的糧食出口地，但許多居民營養不良。印度很多地區的地下水資源都嚴重超抽，飲用水與農耕用水幾乎用垮了國家的水資源。此外，我一再請讀者注意一個荒謬但常見的現象：缺水地區出口虛擬水到水資源豐富的地區。例如在印度，西北部出口到東部；或是在中國，華北平原生產糧食送到水資源豐富的南部；或是在加州、安達盧西亞。我們一再看到違背簡單理性判斷的現象，缺水地區密集用水，再透過食品貿易虛擬出口水。這是很荒謬的用水模式，絕對無法長期維持。

人類已無法再從任何地方得到任何水了，唯一的例外是南美洲，那裡還有龐大的水資源未開發。每個地方都應該以更有生產力、更能永續發展的方式用水，但這要仰賴誰來落實？

農民

一萬三千年前，人類開始展開一段重要的旅程——人類透過將自然植被轉為耕地，試著改變世界；這是人類第一次刻意運用水資源。人類對水的運用速度在過去兩百年來明顯加快，農民將綠水和藍水用於粗放和集約耕作，但未必能永續維持。

運用更多的土地與水資源只是其中一個面向，增加產量很重要，過去兩百年來增加的速度也確實很驚人。綠水產量的增加不難追蹤，只需要看每公頃的產量就好了。例如西北歐的雨育農地在兩百年前只能生產一噸，現在可產出十噸，如此便可掌握生產力成長的潛力。藍水的生產力較難測量，因為多數藍水都是用以補充不固定的降雨。我們永遠無法就降雨得出可比較的精確數字，便無法得知省下的藍水有多少是因為生產力提高，而多少則是因為不定的雨量。

我們對農民了解多少？

英國

由於每年的降雨量大致不變，歐洲西北部的小麥產量成長驚人，完全是因為生產力提高之故。到了二〇〇〇年，農耕用水效率提高為九倍。當用水效率能有如此戲劇化的增幅，就水資源安全而設定的目標量似乎很可笑。我們甚至不知道目前的用水效能可以有多大進步，怎麼可能聲稱未來半世紀用水量將需要增加四〇%？

別忘了英國醒目的數字：一九三〇年全英有六〇%仰賴進口糧食，到了九〇年，雖然人口增加了一五%，但進口糧食降到四〇%。一九八〇年代，英國在進口小麥一百年後，成為小麥出口國。很重要的一點是，英國進口糧食的內容改變了，極大部分是生長在熱帶的食品；亦即不可能在北歐的氣候下生長的東西。

英國也從鄰近的工業國家進口不少糧食。英國與這些鄰國在用水密集食品的貿易上通常相當平衡，目的不是為了糧食安全，而是滿足多樣的選擇。少了一些威爾斯牛排，多了一些伊比利半島的香腸。

越南

同樣的道理，前一章談到，越南的改變大到讓人難以辨認。一九七五年還是稻米進口國，到八〇年代成為出口國。到了上個世紀結束時，更躍升至全球第二大稻米出口國。有了安穩的社會環境和實用的價格誘因，讓越南農民能從一年一獲增加到兩獲，有些地區甚至可達三獲。沒有確切的數字可說明用水的報酬增加了多少；可確定的是，季風時節的稻米產量增加了一倍（這部分完全仰賴雨水），但要計算其他季節的藍水生產力增加多少就比較困難。然而，全球水資源安全裡充滿不可知的未知（unknown unknowns），這不過是蒼穹中遙遠的一顆微星。

集體成果

容我再說一次，農民並不是刻意要解決全球水資源安全的問題，但聯合起來之後，農民卻是這項成就的關鍵力量。這可以簡單計算出來，每次提高產量——只要不是因為藍水的的增加——對全球水資源安全都有直接的助益；本地用水報酬的每一次小小提升，都能促進全球的水資源安全。怎麼說？因為生產力的增加會透過虛擬水「貿易」納入全球體

適應

人類的發展是一部適應史，最明顯的莫過於農耕。我們以為適應是演化名詞，但社會與經濟適應正是人類的特質。人類的適應方式並不是尋找能在自然環境中成功發展的基因優勢，而是研究何種政治設計或體制，能讓社會在經濟環境中蓬勃發展。

系。

這並不是說，重大的水基礎建設，或種子、肥料、農藥、除草劑等的突破性改良不重要。這些都可發揮重要的潛在功能，從稀少的水資源擠出愈來愈高的報酬。至於是否能成功，則取決於農民如何組合這些元素。因此，如果我們要認真解決全球水資源安全的問題，有一些非常簡單、快速、輕鬆的方法可達到，而且未必需要龐大的水利建設或非比尋常的農業創新。

尊重農民可以是一種改善水資源安全的方法，體認農民餵飽我們和維護環境的努力。我指的是保護他們避免遭受不確定因素的傷害，例如通常很不穩定的降雨，以及市場機制與國際貿易不周全這些同樣負面的因素。鄉村經濟與社會基礎建設愈好，農業的效率愈高，而這也表示你我都更能確保水資源安全。

對於農耕應有的了解

不論是家庭農業或全球企業，農民用水報酬的高低取決於如何結合多種自然資源和生產要素；土壤的品質就是自然資源之一。有些地方的氣候對農民有利，一年中大部分時間都維持在極佳的攝氏三十度，因而能一年多獲。當然，氣候也可能是農民的敵人，旱澇就是這些恆久威脅的極端例子。

另外還有技術，這是工業革命以來，用水生產力漸進式大幅提升的主要驅動力。運輸與收割設備、肥料、除草劑、農藥等都促成了農業轉變與進步。但技術本身無法發揮作用，還需要適合培養技術的經濟與社會架構。高明的技術讓農民能打贏與環境的永恆奮戰，工業化與經濟多樣化則可發展出有利的市場，提供足以刺激生產與投資的價格。於是，農民能累積盈餘，讓資產資本化。換句話說，農業從求生之道變成真正成熟的產業。

最後還有補貼。補貼可提供弱勢者必要的支持，但也可能對其他貧窮的農業經濟造成破壞。我們必須重新賦予補貼一個清楚的目標：提供誘因鼓勵開發中國家的貧農改善水生產力。目前這些補貼只發揮了在環境與社會上用處較低的功能，亦即提供誘因鼓勵企業與大型農場在美國生產玉米做為生物燃料，對實現全球水資源安全的計畫卻造成強大的負面衝擊。

尊重你所倚賴的農民

全球農民的願望清單

農民習慣過辛苦的生活。綜觀歷史，農民常要面對威脅生命的困境、窮困、飢餓和絕望。很多農民的情況如今依舊沒有多少改變。在開發中國家，數以百萬的農民幾乎沒辦法讓全家人吃飽，當然更不可能有盈餘。無論在經濟、社會上，農民都沒有能力追求集體進步，也無法改善用水效率。農民的自殺率高得嚇人，即使在經濟先進國家，農民的生活往往也是充滿負擔、焦慮和糧作的價格壓力。在這些國家中，農民的自殺現象同樣常見。

我們的糧食與水資源安全都要仰賴農民，讓他們淪為絕望的低下階層果真是明智之舉？

我們一定要促進鄉村經濟與社會轉型來幫助農民站起來，創造更有效率的水資源管理與生產力。不少工業國家的轉型還算成功，最後形成較為複雜的組合，一端是企業化經營，另一端是鄉村的家庭經濟。不論是大型的企業或簡單的家庭事業的農場，都必須由誠懇的農民管理。如果我們要妥善管理水資源，改善水的生產力，便不能沒有社會與環境意識。

另外還要有輔助的機構。農業就像所有的產業一樣，需要金融服務，開發中國家的農民在基礎建設上需要相當大的改善，諸如鄉村電力、更好的道路、平價的巴士、穩定的供水等，同時也需要有相對應的社會建設如教育與醫療。

當人們被禁錮在知識匱乏與財務貧窮的窘境，而且只能忍受這種貧窮必然造成的嚴重不平等的醫療條件，當然無法期待他們挺身拯救世界。不僅如此，鄉村經濟必須納入國家與國際經濟裡。開發中國家目前有許多農地都被排除在全球市場之外，我們必須以負責任的態度將這些土地與水納入全球體系內。我們需要這些水資源，而且要能有效率地利用。人類沒有本錢對這麼重要的事情一無所知，甚至不知道有這些問題存在。

另外還要考量氣候變遷。無可否認，國際農業的面貌在未來的百年內將會改寫；有些地區會成為贏家，有些成為輸家。有些地區發現作物與家畜的生產變得容易許多，例如蘇格蘭葡萄園生產的非正式預測。但在某些地方，隨著環境風險提高與水資源益加匱乏，農業發展將會遭受阻礙，甚至衰退。有兩件事可確定，而且應該讓世人對未來抱持些許希望。第一，農民已具備處理嚴重水資源危機的經驗，這項危機的嚴重程度遠大於未來五十年將因氣候變遷引起的程度。氣候變遷已普遍滲入公共論述裡，那是過去的科學、尤其是人口學與水科學不曾做到的。

一件事若已被視為議題的一部分，就會愈來愈常被討論，無需外力便會自動流傳。這和新聞裡的八卦很類似，既然大家都在討論某位名人的尷尬事件，我們就來談那位名人和他的尷尬事蹟吧！反之亦然，一件事若是被忽略，就不會成為新聞，而是成為歷史。二十世紀後半的人口爆炸便是如此。農民面對需求增加的嚴重問題，遠超過未來因氣候變遷對全球水資源造成的任何影響。人口政策具爭議性，政治風險很高，因而被排除在公共議題之外。想想看，如果政治人物能選擇把重點放在熱烈爭辯的氣候變遷上，當然不會吃力不討好去推銷人口政策。但農民其實可以處理未來因氣溫上升引起的問題；相較於人口，氣候變遷算是比較簡單的挑戰。其次，農民很有適應力，會調整自己的能力去因應、滿足世界各地愈來愈高的糧食需求。但其中有附帶條件：必須有適當的經濟與社會誘因。

那是什麼呢？

穩定的需求很重要，否則，農民必須分散風險以防商品價格崩跌。能獲得最大產量的農場多半只專注在少數種類的糧食產品。農民還需要穩定安全的市場。這些基本要素很重要，卻常被忽略。另外，必須有良好的道路從農場通向都市的市場。方便的連結也是必要的：在開發中國家，手機已是人人都能負擔的連繫工具，我們看到農民更容易取得本地、甚至海外市場的資訊而獲益。市場必須有設備存放易腐壞的產品，食品很脆弱，如果沒有防鼠或冷藏的儲存設備，破紀錄的高產量很

容易讓農產品堆存到無法食用。前面說過，這些問題在已經很脆弱的開發中國家往往讓農民受害最深。讓人驚訝的是，當儲存設備不足時，從農場到市場的流失率可高達三〇%。三〇%！別忘了，前面談到人口最多時需求會增加四〇%。在開發中國家多運用三〇%的水要多少成本？成本將高到難以置信。若是利用效果良好的技術改善儲存與運輸設備，需要多少成本？一定比多運用三〇%的水少很多，對環境的衝擊應該是正向而非負面的。但人腦看不到廉價簡單的解決方案。我擔憂政府與國際機構不會立刻明白，停止糧食流失遠比尋找新的水資源容易許多，他們比較可能會先考量大規模的運水計畫。

一切的價格與免費的價值

我不是自由市場的信徒，但市場確實很重要。我相信，適當的糧食價格有助提升用水效率，對本地與全球的水資源安全都有幫助。因此在努力確保水資源不乾涸的過程中，訂定糧食的價格是最有力的武器之一。價格對農民、農產品貿易商、超市和消費者都很重要。政治人物必須關心這些人，尤其要從兩方面來考量。首先，從水資源安全的分析來看，價格必須能反映水的價值，讓社會確保不虞匱乏。第二，必須提供誘因，讓農民透過不會傷害水資源的方式增加產量，進而提高用水效率，也必須有足夠的利潤保護農民不受環境衝擊影響。不過，這些事雖然必須立刻做，但世界卻不是這樣運作的。

我們必須從科學的世界往後退一步。在科學界，問題提出之後，理論上緊接著就能找出答案，但政治卻有不同的步調，上述改變只能依政治上可行的速度發生。政治人物不可能在一夕之間改變世界上歷史最久——在某些方面也是最大規模的——貿易產業的基本原則。

不幸的是，在全球市場裡，有些大量貿易商品的價格甚至未能反映可測量的生產要素，更遑論將水的環境價值計入成本。馬克思在十九世紀中特別指出，資本主義市場未能反映商品價格的勞力成本。此一經濟缺陷的意外後果，就是導致全世界陷入一世紀的革命浪潮。資本主義同樣未能善盡對環境的責任。勞工是沒有聲音的，因而有商會與代表勞工的政黨成立。環境也沒有聲音，但誰來為環境發聲？只能靠愈來愈多的行動主義者與科學家。

馬克思的見解是對的，市場的可怕力量，足以危險地誤導消費者，因為市場未必會反映生產要素的成本。我們必須費很大的力氣，才能將矯正這個現象，歷史已證明勞動力就是如此。將環境納入議題是一段持續發展、具強烈爭議性的過程，需要同等的努力、心力與熱情。這場風暴正在全球會議、立法機構與媒體界炒得火熱。目前的市場運作模式絕對無法幫助我們創造出水資源安全的未來。事實上，恰恰相反，若是不加干預，結果將不堪設想。但如果公私部門負責管理與規範市場的領導者能努力發展出一套機制，將生產要素的合理成本反映在商品價格上，社會與水環境便仍有希望。

此外還有一個面向要考量：更廣大的環境。我們必須引入價格誘因，引導農民捨棄那些對水與大氣造成嚴重負面影響的做法。人類沒有權利無限制地對地球予取予求。作物與家畜的生產必須集

約化，但方法應兼顧永續發展。如果我們以非永續發展的方式集約生產，便是自掘墳墓，水資源會限制這些發展。

先進國家可以立即採用這些誘因，農業部門的「綠化」已經過公共討論，在政治上是可行的。此外，這些國家具備必要的技術，產業也夠強勁。當然，開發中國家只能採取比較緩慢的步調。

免費共享

化不可能為可能

貿易可能是所有問題的解答。但這帖苦口良藥此刻卻讓我們無法恢復健康。如果我們要將世界上貧窮的鄉村經濟進一步納入目前的全球貿易結構，不過是迫使他們陷入更大的痛苦與剝削。如果國際貿易的條件依舊不公平，這對貧農的生計將造成負面衝擊，進而影響他們的用水生產力，亦即用掉大量的水，但生產力無法提升。

對一個嚴肅的水科學家而言，公平貿易似乎是瑣碎的流行議題。那不是電視雜誌與週日增刊的專欄在討論的內容嗎？社會上一時的行銷風潮和水資源安全這種堅實、真切的地理政治議題會有什麼關係？

答案簡單而明確。國際貿易的不公平條件是導致非洲農民無法改善作物與家畜產量的主要因素之一——甚至可能是**最主要因素**。其他國家能將水的生產力提高一倍或兩倍，非洲撒哈拉以南的廣大地區卻在退步。的確，其他國家也有生產力低落的地區，但在非洲撒哈拉以南，生產水準低得可怕，大約是每公頃一噸，甚至更少。

有些人提出反駁，認為這要怪罪當地雨量不穩定，土壤太不肥沃。我完全承認存在這些挑戰，問題是，其他地區也遭遇到這些挑戰，但成功克服了。我們有農業技術可對抗貧瘠的土壤，有水資源管理的智慧能減輕雨量不穩的衝擊。世界上有些地區確實解決了這些挑戰，問題值得我們更深入探討。聯合國農糧組織的農藝學家以肯亞及「非洲之角」的南方為例，指出乾旱導致撒哈拉以南地區的產量無法提升到世界其他地區的水準。但世界銀行內流通的一份新研究顯示，當地雨育農地的生產力高低，與是否接近都會區、交通方便與否有強烈且清楚的關連。該報告中談到，撒哈拉以南的農業有相當大的未開發潛力。研究發現，距都會區四小時路程、人口多於十萬的農場，大約能發揮四五%的生產潛力。這聽起來或許有些悲觀，但不妨與距離都會八小時路程的農地相比——這些地方大約只能發揮五%的生產潛力！

請留心差距

這裡指產量的差距。簡單的說，就是實驗農場與真實農場的生產力差距，後者缺乏前者的理想技術、以及經濟與社會的基礎建設。

請注意：FAO這個縮寫字常用以表示「請注意」（for the attention of），但這裡指的是聯合國農糧組織（Food and Agriculture Organization）。

這似乎印證了我的觀點，重要的是基礎建設與支援：相較於人類的野心，大自然扮演了次要的角色。如果我的觀點是對的，沒有理由撒哈拉以南減輕不了土地貧瘠與雨量不穩的問題；只要能動員必要的投資就做得到。然而，唯利是圖的國際貿易若一直存在高得離譜的障礙，就不可能吸引這類投資。這是人為的、經濟的問題，不是大自然與氣候的問題。

二〇〇八年全球油價大漲，食品價格連帶飆升，引發全球金融危機。糧食價格的飆升突顯出潛在的區域糧食不安全——尤其是在東亞與中東。在那些可能發生糧食不安全狀況的地區，主權財富基金的經理人與主要的民間部門投資人，開始將注意力轉移到有潛力穩定生產與出口糧食的地區；非洲撒哈拉以南因此成了焦點。這個地區剛好有世界上最高比例的營養不良人口，而且一向非常欠缺良好的治理能力，而該能力正是高效率農耕不可或缺的。撒哈拉以南爭奪土地的活動確實風險很高，也引起全球媒體廣泛的注意。

非洲國家需要投資鄉村與農場，但這些投資必須非常小心選擇標的。新的資金加上土地、水以及其他所有的生產要素，無論從環境或政治上來看，這種組合都是前所未有的經驗。前景讓人擔憂，因為進來的資金有相當大的比例掌握在一些公民營機構手中，這些機構把自己國家的土地與水資源管理得亂七八糟。一個機構在管理自己寶貴的水資源若是失敗，你還能信任讓他

主權財富基金（Sovereign Wealth Funds）

這是國家政府設置的基金，主要財源是石油與天然氣的出口。挪威是此高級俱樂部的成員，其他成員主要來自波灣與中東其他地方。

們抱持投機心態來管理國家非常脆弱又有限的水資源嗎？這些外來者並不了解，他們奪取的不只是土地，還有水；就我們討論的角度來看，這正是最讓人擔憂之處。他們對非洲占地三〇%以上、嚴重缺水的沙漠可沒有興趣。

大衛與歌利亞

目前國際貿易是由工業國家支配。請看看圖6.1，再看看圖2.4與2.5。圖中清楚顯示，絕大多數的食品貿易發生在工業國家之間。虛擬水「貿易」基本上是屬於這個世界的，開發中國家幾乎沒有機會參與。即使我嘗試為這張圖找出最合理的比例，不對稱的程度還是很詭異。

我一直主張貿易是矯正國家缺水問題的最佳方法。舉例來說，東亞國家透過大量進口糧食來省水，可釋出本地寶貴的水資源，重新分配到價值更高的經濟活動，尤其是製造業，並將水資源分配於改善環境。貿易讓一國的經濟更富裕，水資源更安全，然而是誰在主導遊戲呢？是工業國家在主導，而金磚五國也努力擠進舞台。開發中國家則被排除在外，這些國家要不是幾乎沒有參與，就是因低價糧食傾銷到本地市場而導致經濟嚴重受創。

我們很容易大談「傾銷」廉價產品到開發中國家造成多大的痛苦，但飢民難道不是倚賴這些可負擔的進口產品活下去嗎？沒錯，國際糧食貿易和緊急糧食援助對非洲撒哈拉以南很重要，但傷害也很大。想像這就像一個癌症患者，身陷在疾病與同時會殺死細胞的化療之間，左右為難。基於人

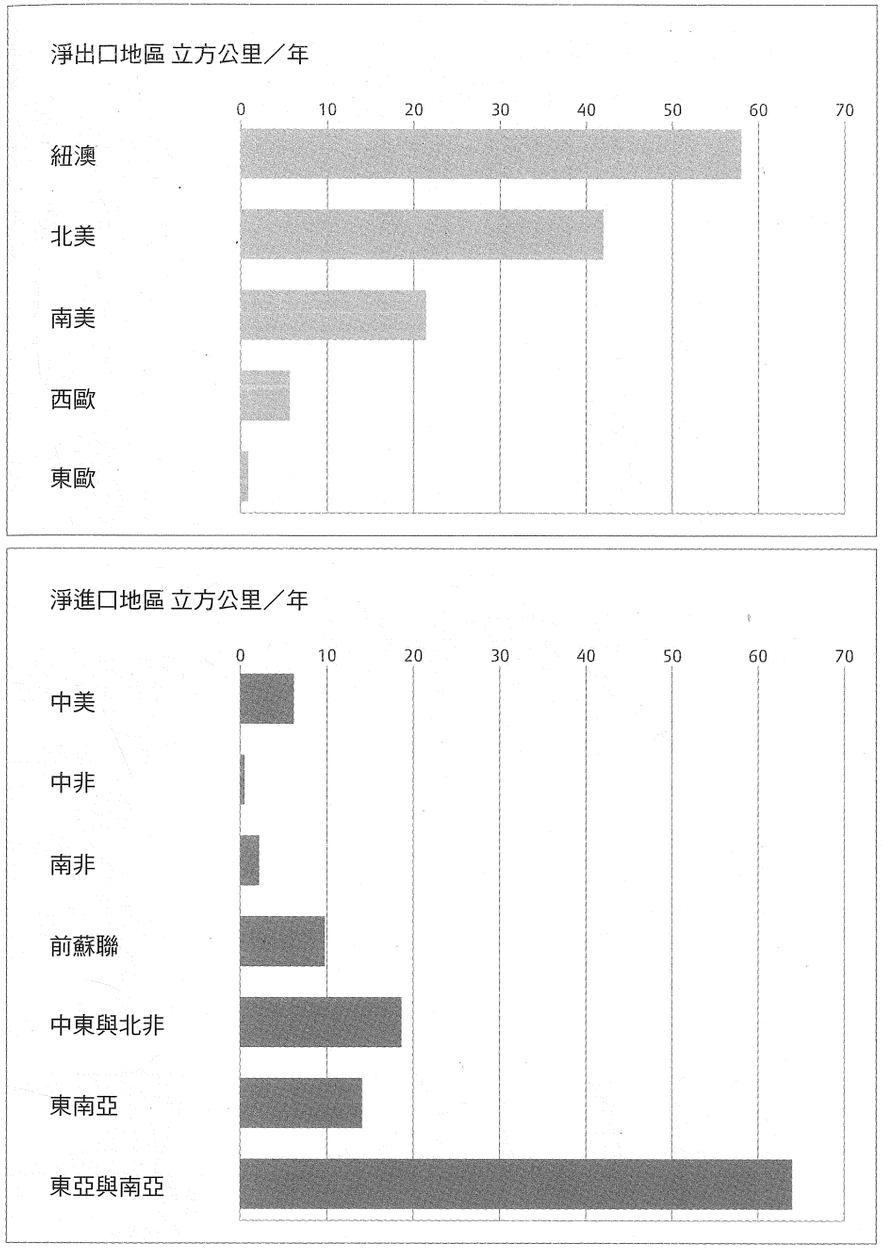


圖6.1　國際虛擬水「貿易」，顯示主要主口地區與主要進口地區。資料來源：查帕干與霍斯特拉，《國家水足跡》，二〇〇三年，國際水利環境工程學院。

道考量，進口用水密集的糧食在乾旱期是必要的。但這是經濟毒藥，會破壞本地人改善水生產力的努力。治標的措施是必要的，但我們知道水資源稀少、飢餓與貧窮的問題不同於癌症，其實有方法可以完全解決。那個藥方就是良好的國家與全球治理、社會經濟的發展——包括明智地管理及建設性地運用土地與水——以及公平的貿易。

總結

我們已經到了必須做結論的時候了。世界上最貧窮國家中最貧窮農民的聲音很容易被忽略：就好像沒有人會聽見鐵達尼號底艙裡的老鼠在叫。但他們的心聲必須被聽見，不只是因為這樣才符合自然的正義，而是因為如此才能確保全球的水資源安全。半世紀來，歐美高生產力的農民——因其擁有世界最好的技術、市場與社會基礎建設等優勢——將半價的主食穀物傾銷到全球市場。小麥已跌價千年了，自從工業革命之後的過去兩百年內更是暴跌，這是因為能源與水的成本未能納入價格裡。

關鍵在推動公平貿易，努力省水。

收割機上的景色

坐在收割機上不是適合靜靜省思的地方。當收割機轟隆開過薩克其萬草原（Saskatchewan），你的感受是振動、不安穩、吵雜，然而坐在那裡卻讓我慢慢有了領悟。

我坐在那裡，在眼前展開的景色與農地似乎那麼理所當然。然後我突然想到，這個理所當然是在不可能之下創造出來的。加拿大並不具備農業成就的必然條件。當地的氣候與資源非常不理想；事實上，加拿大的環境整體而言可能比非洲撒哈拉以南更不利穩定的農耕。一個世紀前，率先到那裡耕作的人面對的是同樣艱困的環境。

加拿大農民也沒有因政府提供友善的補貼而享受愉快的扭曲狀況——他們沒有歐盟的共同農業政策或美國農業部支持，而是很公平地實施自由貿易。如果別人作弊而只有你正正當當，你就有很高的風險失敗，而且可能會慘敗。但加拿大並沒有慘敗。當我坐在這部收割機上，加拿大正寫下豐收的紀錄。

這是如何達成的？

答案是價格。在工業國家，農耕生活的特徵原本是「非機械化的貧窮與失敗的循環」，慢慢演變成先進的產業，無懼極端的環境與經濟衝擊。價格是驅動生產力的最重要工具。二〇〇八年與二〇〇九年，加拿大的收成特別好，但並不是因為大自然的恩典。那兩年的特點是農產價格大漲，這是一九九五年以來首度大漲，原因卻遠在農業部門之外：是因為能源價格變高了。燃料成本突然劇增會造成經濟破壞，這一點已經有很多人討論，但也有一個好處，就是推升穀物價格。不論現實環境如何，價格提高便能促成高生產力。

當然，也有歉收的時候。讓人記憶最深刻的是二〇〇二年極嚴重的歉收。事實上，多數農民在當年八、九月根本沒有把收割機開出來。但這個產業已發展到足以防患這種環境的惡劣變化。加拿大農民可以和銀行達成協議，在極端情況下，政府也會確保農民與整體農業安然度過艱困時期。

我便是這樣坐在收割機上，望向無盡的扁豆和杜蘭小麥田。我們這種來自歐洲小國的人，永遠無法擺脫出生與童年養成的空間概念。我在英格蘭東北邊的鄉間長大，那裡盡是青翠綠地，四面八方彷彿綿延到無盡遠處。但你絕對可以將諾森伯蘭郡（Northumberland）放進薩克其萬，從此淹沒不見。也可以輕易將整個英國放入加拿大，一段時間不會想起。從全球的觀點來看，西歐人的空間概念並不恰當。我因為工作的緣故，有機會來到真正的廣袤之地，我對此深懷感恩。加拿大草原的廣闊讓我心中充滿發現未知領域的興奮與讚嘆。

凝視著這一望無際的家庭式大農場，我無法不想到收成以外的事。這所有的作物都將送往千里遠外的地中海和中東。展現在我眼前的是難以置信的大片土地、水和作物，而這些收成的作物將旅行半個世界。如此讓人驚嘆的成就不到百年前似乎仍屬不可思議之事，但如今卻被視為理所當然，被認可為生活的一部分。然而，誰能預料到會有今日？這是人類展現組織技能的明顯例子。在極度缺水的遙遠地區，消費者對特定商品的需求得以得到滿足，因為他們偏好的基本商品是在地球另一

端近乎完全無人居住的地方種植的。以這裡所說的農場為例，這些農民學會適應環境，管理廣大的土地與綠水，善用複雜又專業化的生產要素。此外，他們還學會因應財務風險，與全球相關業者打交道，如農產品貿易巨擘Cargill以及同樣強大的種子與肥料商。而中東的人們還以為他們的麵包與扁豆是本地栽種的。

加拿大草原年雨量僅五百毫米，讓人驚訝的是其報酬率卻非常高，而且愈來愈高。這是如何辦到的？能源是一個重要的答案。這些農地仰賴能源大量投入，農用人力與設備都需要能源；而投入的人力雖不多，但都能充分利用。百年前，在四分之一平方里（六十四公頃）的農地上，可能有農民一家人、一些馱重牲畜和基本的種植設備，其餘就沒有多少東西了。今天的情況多麼不同，到了二〇〇八年，用以存放曳引機，栽培、播種、施肥、收割設備的豪華倉庫約價值三百萬美元，農地面積在先前數十年裡約擴大到七百公頃。這一切是農耕的奇蹟，也是能源的奇蹟；能源投入讓收割、運輸與儲存設施在財務上創造極高的效率。利潤也不錯，尤其當你是農民時；如果你是消費者，在某種程度上也有不錯的獲利。不過，付出代價的是全世界的大氣層，這筆帳我們賴不掉，到了某一天——看起來很快就會到來——大自然將會來收帳。

四分之一平方里

美國剛開墾時，以一平方里（a section）為單位，即六四〇畝。四分之一平方里（a quarter section）等於一六〇畝（六十四公頃）。

過去十年，加拿大草原的產量增加了二〇%，表示綠水的生產力提高了二〇%。最大的因素是採用低耕栽培與播種法，以及同步發展農藥技術。低耕法已存在百年以上，但主要在上個世紀中的澳洲實施，並有顯著的成果。加拿大眼見成效卓著，最近才跟進。

技術與能源開啟了水的潛力。這兩者雖然成本不低，相較於將實質的水資源移到加拿大草原還是比較划算。水不喜歡被移動，寧可走自己的路。綠水不反對有效率地被用於作物生產，只要不逾越水管理的原則。有效管理藍水就比較難了，因為農民每年能運用的綠水預算乃取決於大自然，農民無法讓天空降下更多雨水。若是利用藍水灌溉，農民可以抽取地面水或地下水來滿足需求，忽略了河川或含水層的困境。早期通常一次長達兩、三年，到第三年，藍水和地面水、地下水庫已嚴重枯竭。農民無法超用土壤水，但會輕易超用藍水資源。如同上一章所說的，只要有灌溉的地方，就會水源耗竭。

那天，我坐在農工業的機械獸上，在一望無際的麥田裡只是一個小點，展現在我眼前的是永續集約用水的真相。這裡顯然只用到很少的水，而且用得非常好。

但還是要提醒讀者

也許我應該稍微提一下，農業並不是真的對環境那麼有益。一般而言，農業會損害環境的藍水效益，灌溉尤其會讓整塊地不堪使用。我們應該以公平穩定的價格作為誘因，鼓勵農民提高產量，

同樣重要的是，務必確保環境的因素全都納入經濟的考量。永續集約農業應包含兩個部分：利用更少的資源做更多的事，同時對環境造成更少的衝擊。

低耕或免耕

有時候人們會將錯誤的事做得太好，農業也有這樣的例子。十八世紀末期、十九世紀以及二十世紀初，北歐強權四處殖民，歐洲的農民有機會接觸到各種不同的環境。殖民國透過方便、利於壓迫人民與占據領土的方式，盡可能輸出自己的文化與做法。被殖民地通常會吸收這些輸入的文化、社會與經濟元素。但土地遠不及人民那麼聽話。深耕在北歐是常態，深度耕作有助控制雜草，寒冬對土壤結構也會帶來其他益處——但那是在寒冷的歐洲。

這些做法不太適合拿到殖民地運作，因為無法移植，事後也證明對這些新地區的土壤、水和植物生態傷害極大。這些地方沒有寒冬，控制雜草需要不同的方法。澳洲農民最早發現這個問題，改採另一種設備，只略微翻動表面，不會殺死與主要作物共存、具固氮功能的珍貴豆類。這些豆類植物自然生長在世界上某些地區，其後被引介移植。低耕或免耕的種植法能夠增加產量，減少耕種所需的生產要素與設備的成本。這是好消息，壞消息是需要投入額外的除草劑與相關的能源。每一種解決方案似乎都包含棘手的部分，只有時間能證明棘手到什麼程度。也許將來會有人撰文探討低耕或免耕法至今尚未被發現的問題。

家族事業

Cargill公司的故事只可能在美國發生。這是另一種版本的《教父》，只是重點是穀物而不是槍。就像所有偉大的美國傳奇，故事始於一個人，一個夢。威廉．嘉吉（William Wallace Cargill）離開威斯康辛的家，買下愛荷華位於新興鐵路旁的穀倉——時為一八六五年。嘉吉是聰明的企業家，事業快速成長，到了世紀末，他已擁有橫貫中西部的穀物存放與運輸網絡。嘉吉與麥克米倫（MacMillans）這另一個農業大家族聯姻後，事業更加壯大。幾十年來，Cargill穩定地代代成長，直到目前年營業額約一千三百億美元。雖然該企業的收入已達一國經濟的規模，但依舊是個家族事業。美國另外還有大約四個家族事業投身同樣的全球業務。

Cargill的權勢大到不可思議。關於國際糧食貿易的任何決定，當然還有美國政府在這方面的任何決定，都不能不參考他們的意見。私人企業本質上就是私密，對外界來說很不透明，甚至完全無法得知。不僅如此，當權勢與財富在不透明又不必負責的情況下累積，很容易讓人產生懷疑，就連很有分寸的水科學家也很難不加揣測。Cargill確實經營得很好，他們的道德並不比其他任何國際企業更可疑。當然，他們的目標是賺錢，但賺錢的方法是盡可能有效率、符合成本效益、高獲利地餵飽世人。誠然，他們的動機可能出自經濟而非道德，但兩者並非無法並存。有鑑於能源足跡的概念可能有破壞聲譽的風險，Cargill很快做出反應。他們必須計算穀物生產及相關貿易的能源足跡，還必須拿出數據證明，以免行動主義者、反對者或競爭對手先一步拿出數據並做出負面解讀。該企業整理出數據，從善如流地調整自己的政策。這不是因為他們喜歡節省能源，而是因為喜歡賺錢。企業聲譽不佳可是獲利的阻礙。

在Cargill的供應鏈裡，能源雖是很重要的元素，但談到虛擬水貿易，該公司在國際間可說是舉足輕重。

國際虛擬水貿易有很大比例乃由嘉吉處理，但在撰寫本文時，並無公開證據顯示該公司對這一點有絲毫覺察。Cargill以及其他大型農企業似乎才剛開始有所領悟。我確信他們會以迅雷不及掩耳的速度，運用這個概念促進公司利益。但直到最近之前，他們似乎就像我們其他人一樣，對虛擬水的角色一無所知。

像Cargill這樣的大腕可以在全球水資源管理上扮演很重要的角色，他們的管理者很懂得在生產要素的成本上避免虧損，簡直就像華爾街的專家一樣精明。如果能提供誘因鼓勵他們也能如此謹慎監管綠水與藍水的生產力——尤其是管理水環境——你我所有的人都能生活在水資源安全許多的世界。希望這世界的用水需求和極少數極富有人士的自我利益能夠合流；若是兩者背道而馳，那就只能祈禱老天幫忙了。

聰明飲食

問題

前面提到用水效率提升，不是讓人感覺很有希望嗎？過去五十年，人口成長導致全球用水需求增加為三倍。人類在同樣這段期間內取得了兩倍的淡水做為農耕所需的藍水或灌溉用水，作物與家畜生產也增加為四倍。這些進步有很大一部分是因為隱形的綠水——那些頻繁、輕易從天空落下來的綠水——使用效率提高了。

用水效率的數據看起來是很神奇，但其實根本不是那麼回事。換一個角度看，反而突顯出一個可怕的事實：我們陷入慘烈的競賽，必須不斷增加食品的產出，卻根本沒有考慮過到底應不應該生產那樣的食品。人類在此處同樣是把錯誤的事進行得淋漓盡致，而且愈來愈頻繁。現在到了應該住手的時候了。

社會上有許多不同領域的人開始領悟到，人類生產、行銷、消費食物的方式出了問題。此處並非要為健康或動物權益或氣候變遷辯護，這三者都已有人提出嚴肅且重要的論述，而是要從水資源安全的角度表達意見。

我們在本書的最後又回到旅程的開端。還記得嗎，一開始我為了引起讀者的興趣，請你猜猜看早餐裡含有多少水。我希望你嚇了一跳。也許這在當時實在是很奇怪的概念，讓你無法了解。你可能會問自己，生產這些東西怎麼需要這麼多水？你跟隨著本書在前述篇章中繞行了整個地球，希望你更能了解這本書在開頭的說法。想想我們造訪過的每個地方，看過人們使用或濫用水的所有方式。如今你可能對一些事情有了實際的了解，包括虛擬水的「流動」與水足跡，以及這些概念如何幫助我們比較不同商品、企業、個別消費者與整體經濟的用水與成本。然後我們便能實際測量水的成本，並注意到一個讓人遺憾的現象：我們都沒有依照輸送成本來計算水的價值，更遑論掌握其環境價值。

我們應該開始務實、嚴謹地採用此一計算方式，如此才能提升個人與集體的全球糧食政策。我們必須調整看待食物的方法，才能成為全球水資源安全的助力而非阻力，才能學會節約用水而非浪費水。但這是需要犧牲的，需要勒緊腰帶——真正的勒緊腰帶，因為我們都會變得更瘦一點。透過

改變飲食而變輕盈，對於水資源安全是很有益的。

腰圍管理

本章開頭引述三句話，第二句是加德滿都的水大師吉瓦利說的，第三句是聯合國跨政府氣候變遷小組的主席帕卓里說的。他們創造出兩句簡單的口號，提倡更適合環境的飲食：「從五減到二．五」以及「為拯救世界，力行每週一日無肉」。

這些關於食品的口號說來容易，但真正實行反而困難。

水的消耗量中有八〇%是用於食品生產，因此再也沒有什麼比飲食習慣更重要。一夕之間，我們就能找到額外的水，幾乎足以滿足二〇五〇年預計世界人口所需的量。什麼方法呢？就是吃素，就這麼簡單。我們可以提早四十年解決用水困境的大半問題。但我們不需要做這麼極端的改變，也可以透過較謹慎的轉變，達到對水環境有益的多數成效。

我習於細心觀察社會與其根深柢固的偏好，我不預期消費者會快速改變行為，但可以調整為更明智的飲食方式，從而對水足跡產生重大影響。豢養家畜未必都對水環境不好，很多肉類生產是在無法種植作物的雨育草地進行的。土壤水在這些地方不具備其他生產用途的機會價值。以草飼法豢養牛羊，對農民、營養師、水資源管理者以及消費者都很有道理。請注意，這裡沒有列出農企業和超市。唯有當草飼的家畜商品必須與穀飼的肉類與乳製品競爭時（尤其是在集約飼養場使用補貼穀物來餵食時），才會出問題。因為餵養這些家畜的飼料也需要土地與水栽培，而這些資源原本可以

生產穀物與其他作物，直接供人類使用。

如果我們可以回復只消費草飼家畜的體系，人類的水足跡與健康狀況都會改善許多。肉類會變得比較貴，但因為過度消費的人本來就應該少吃一些，將肉類視為特殊食品來訂價，甚至視為奢侈品，會讓我們變得更健康。事實證明，廉價肉類對健康極為不利。前文指出，農企業和超市並非採取草飼的家畜豢養模式。他們生存在競爭的世界，自然會競逐最便宜的肉類。農企業與超市擅於統合補貼的飼料與工業化的家畜生產，與家庭式農民打契約戰，堪稱到了專家等級。

便宜的食品：解答與問題

如果你要便宜的食品，結果就是：家庭式農場會被打趴。

——奈特利（Steve Knightley），〈鄉村生活〉（Country Life）

水資源的使用與管理若要做到理性與永續發展，關鍵掌握在食品生產、貿易與零售企業手中。他們理應秉持明智的環保—管理方針來運作，但事實上卻遲遲未能採行。理由很明顯：若是快速轉變為成本合理的肉類，以符合水資源安全的方式生產，必然會導致農企業將重點轉移到其他產品。這個過程可能要耗時數十年，期間有些行業會完全被消滅：例如屠宰場、肉類包裝工廠、動物飼養

業；有些會變得無法辨認。但事實上人類曾經適應過更大規模、更艱難的巨變。想想人口增加、都市化、工業化所產生的需求；情勢一旦改變，很少人會想著能否扭轉情勢，人類自然會找到一條路通往新的未來。

一個人若大量食用牛肉，平均一天的水足跡是五立方公尺，素食者則是二．五立方公尺，所以說：「從五降到二．五。」當然，吉瓦利和帕卓里都是很務實的人。這是不得不然：他們經常要和政治人物交際，有時甚至是在全球媒體的強烈注目之下。在習於大量食肉的文化裡，帕卓里鼓吹改為每週一日無肉，因而有第二句口號：「為拯救世界，力行每週一日無肉。」印度這個人口極多的國家主要文化是素食——這對你我都很值得慶幸。另一個值得慶幸之事就比較諷刺：所幸世界上最貧窮的二十億人無法取得便宜的肉類。但隨著供應日增，價格可能會繼續下跌，屆時窮人的肉類食用量可能愈來愈多，這是很讓人擔憂的。雖說富國的人民愈來愈注意飲食，過去因肉食引起肥胖人數增多，現在已逐漸扭轉趨勢，只可惜幾乎肯定無法抵消窮人增加肉食的趨勢。窮國的窮人顯然多於工業國家富裕的過度消費者。

人類面對太多不確定的因素。奇特的是，其中最大的問題可能與印度人怎麼做有關。如果經濟的改善使得更多印度人吃肉，如同在中國的情形，未來就比較不樂觀了。我們也要努力說服工業國家的十五億人，為自己、也為地球培養更明智的飲食習慣。這不是要請你停止吃肉，但確實要請你少吃。這不是二選一的選擇題。並不是說我們一定要完美地管理水資源，否則就會陷入全然的混亂；一點一滴的小努力都會有幫助。二〇〇八年八月，一個美國人首度聽到我在演講中談到吉瓦利的口號，二十四小時前吉瓦利本人才在晚上的餐會中創造出那句口號。在那個重要場合，那位美國人和我一起下樓，故意問我：「東尼，減到三．五可以嗎？」我答：「當然可以。」

請減少食用量，現在就減少，真的會有幫助，超乎你以個人的力量能做到的任何事。食品消耗的模式會影響全球用水的一〇至二〇%，這對於人類是否能維持一個水資源安全的世界當然有絕對的影響。

水資源管理

但我們必須更注意的不只是自己的飲食，食物如何從生產者到餐盤再到垃圾桶，都需要認真考量。人類很浪費，尤其是在工業國家。在先進國家，大眾買來的食物大約有三成會被丟棄。這個統計數字很可怕，對我們的不負責、欠缺考慮的自私是可厭的證明。一個社會會隨意丟棄三分之一最寶貴的資源，你如何期待這樣的社會存續下去？食物會在餐櫃腐壞，在冰箱放到壞掉，吃不完丟掉。開發中國家也有類似的統計數字，同樣會在農場與市場之間失去約三成的食物。一種因富裕而浪費，一種因貧窮而失去；但至少貧窮是一種藉口。

浪費絕對無法減少到零或趨近於零，但目前的數字實在讓人無法接受。我們已討論過開發中國家的問題，這些可透過投資與規畫解決，就像同樣的問題在世界其他地方一樣。工業國家家庭的浪費卻嚴重且危險許多，這不是花一點心思再投入資金就能解決的，這需要的是文化的轉變。轉變文化比較困難，但並非不可能。如果浪費食品變得像酒駕、打小孩、醫生贊成抽菸等一樣不被社會接

受，那麼浪費的數量應可以減半。我舉這些例子是刻意的，多年前，上述這三件事完全正常，這類觀念的改變可在一生中發生，如此節省下的水將會非常可觀，幾乎可以滿足八、九十億人口的一半需求。

答案在購物袋

就這麼簡單。未來人口最高峰的用水需求要從我們的購物袋裡尋找答案。食品的消費者、生產者與市場有能力解決水資源不安全的問題。這一切完全無須涉及提高用水效率或任何水利工程計畫，一切都可透過調整個人需求來達成。慎選食物以及努力不浪費就有助於創造全球水資源安全。捨棄穀飼肉食還可促進健康，減緩氣候變遷，也不必剝削與宰殺那麼多動物。

鳴謝

一本書能寫成得克服許多困難，包括同時有許多事待做而時間難以分配，以及牽涉的議題複雜到無法簡化，尤其困難的是如何寫出具有說服力的文章，將複雜的議題濃縮、簡化到讀者可以接受。

自始至終，出版商 David Stonestreet 都很用心支持，還延請兩位專業人士提供協助，Michael Flexer 負責文字，Angela Morelli負責美工與書籍設計。

我投入科學界近五十年，過去二十年是最美好的，期間我能專注研究水資源的議題，不必涉獵其他。水利產業幾千名科學家與數萬名工程師未發現的某些觀念竟被我發現了，真的很有意思。看到這些觀念逐漸流通卻未被描述或貶抑是很獨特愉悅的經驗。其中一兩項觀念是原創的，另外有些則得利於專業水科學界的熱忱以及他們帶動的合作效益。我很榮幸有機會與優秀的水文地質學家如Mike Edmunds、Alan MacDonald、RichardTaylor與Ramon Llamas，以及極聰明的人文學家如Malin

Falkenmark交流，還有兼具經濟學素養的水工程師Peter Rogers與John Briscoe，尤其是Jack Keller。在一次簡報後，Jack Keller跑來對我說，我剛剛將他投入水利科學與政策研究五十年的經驗整理成清楚的概念。他很欣賞虛擬水的概念。Dipak Gyawuli是另一位傑出的工程師，他對社會理論的涉獵既深且廣，這對國際水利科學界幫助很大。工程師Munther Haddadin是一位特別的朋友，也是推廣「隱形水」（shadow water）的好夥伴——這個名詞是他在九〇年代初創造的。Munther Haddadin大力在中東推廣隱形水——這個概念對當地的影響特別大。另有一些研究經濟學的朋友給我極嚴厲、甚至有些高姿態的砥礪，讓我獲益良多。他們對於一個非經濟學家能發現並發展虛擬水的概念很不自在，經濟學的領域只賦予虛擬水概念一個微小的地位。我非常感謝Steve Merrett、Jeremy Berkoff、Dennis Wichelns、Alberto Garrido和Chris Perry——他們既是經濟學家，也是水科學家，對於這個概念的定型有很大的幫助。我發現，要了解如何有效利用水資源，和再多的農民談話都不夠多。我能夠明白農耕與農民的重要性，以及經常和農民談話的意義，要感謝我的朋友Brian和Lynne Chatterton。

前面說過，水資源科學家是很親切熱心的人，對我提供最多助益的夥伴是Arjen Hoekstra。我知道他具備跨領域研究的能力，十年前他發電郵問我第一次在哪裡發表虛擬水，當時我便知道他很看重這個概念。其後十年間，我有機會觀察、甚至偶爾參與他如何發展一套增進了解虛擬水貿易與水足跡的方法，這是很特別的經驗。建立模型不只需要能力，還要有很大的勇氣。他在荷蘭台夫特市（Delft）的國際水利環境工程學院（IHE），以及現在的特文特大學（Twente University），都充分展現與培養這些特質。他的團隊成員包括Ashok Chapagain、Maite Aldya及其他許多人，他們在國際

間一直有重要的貢獻。我也很高興有機會與斯德哥爾摩國際水資源研究所（SIWI）的科學家分享與共同研究相關概念——在發展虛擬水的關鍵時刻，其中一些人都在倫敦效力。Jan Lundquist是很優秀的工作夥伴，另外，我很榮幸與Anders Jakerskog和Anton Earle共事與分享觀念。Malin Falkenmark帶給我重要且持久的啟發，她提出的綠水概念非常重要，而且證明與虛擬水完全不衝突。Ana Cascao後來加入斯德哥爾摩國際水資源研究所，是該研究所長期待在倫敦的成員之一。他們與其他人都為這個研究團體持續提供學術能量。在這部分我要感謝Steve Brichieri-Colombi、Mark Zeitoun和Naho Mirumachi，以及倫敦大學亞非學院（SOAS）與國王學院（King's College）的研究人員——他們在本身主要是中東政治經濟學的研究中，對虛擬水概念的發展做出重要貢獻——包括Chris Handley、Gerhard Lichtenthaier、Elie Elhadj和Michael Talhami。倫敦水資源研究團體（London Water Research Group）的同仁David Phillips與Fuad Bateh的貢獻也值得一提。新生代有不少學者投入寶貴的歲月探究水科學與政策，我很高興與他們交流。他們都很優秀也很有創意，與前面的世代相較毫不遜色。

另外我很感謝一些在國際機構與非政府組織碰到的傑出人士。世界銀行的David Grey在過去二十多年來是我很重要的意見徵詢對象。同樣服務於世銀、比較晚近的Julia Bucknell則是提供虛擬水必要的養分。我很高興在羅馬聯合國農糧組織（FAO）與Pasquale Steduto交換意見。感謝國際水資源管理研究所（IWMI）的科學家Charlotte de Fraiture和David Molden提供極具建設性的批評。能與世界自然基金會（WWF）的Stuart Orr和David Tickner與Waterwise的Joanne Zygmunt進行有意義

的合作，讓我深感榮幸。世界自然基金會另一項重要的貢獻，是促使農業貿易公司重視隱含水的意義。近年來，民間企業對於探討水資源安全的議題展現出高度興趣。聽到那些打扮光鮮的全球企業人士，極具說服力地侃侃而談虛擬水和水足跡，讓人感受到意想不到的新鮮樂趣。米勒啤酒的Andy Wales，雀巢的執行長Peter Brobeck Letmathe以及聯合利華的執行長Paul Polman以其崇高位階用心投入，讓水資源安全的議題提升不少地位。民間企業另有兩位重要的朋友一直帶給我很大的幫助與批評：水產飼料公司（Aquafed）的Jack Moss和世界企業永續發展委員會（World Business Council for Sustainable Development）的Joppe Cramwinckel。水／食品／貿易的關聯，以及更重要的水／能源的關聯，都因為世界經濟論壇（World Economic Forum）的討論而更受重視，論壇的Dominic Waughray、Arijun Thapan和Maggie Catley-Carlsson，以及論壇水資源諮詢委員會（Water Advisory council）的成員都是很重要的夥伴。我很幸運與倫敦的倫敦大學亞非學院與國王學院維持良好關係。我在這兩所學院受雇受寵了近四十年，退休之後依舊慷慨照顧我。兩者都是優異的學府，很感謝他們讓我待得夠久，能以近日的研究成果略盡一點心力。

科學界兩位朋友特別值得一提。第一位是一九九九年加入倫敦水資源研究團體的Tony Turton，他花了半年的時間投入相當多的學術精力與情感，協助發展當時已在流通的概念。從他在普利托里亞（Pretoria）的許多專業地位，繼續提供極寶貴的建議與見解。第二位是Murray Watson。人的一生中能與優異人才交錯的機會不太多，他就是其中之一。他是一位科學家，也是精力無窮的企業家。他曾數次對我們的概念提出意見，當他的意見是正面時，你會很慶幸自己的概念在其他領域能通過試驗。二〇〇八年四月二日他在索馬利亞被綁架，之後再無音訊。我們很多人彼此還存在重要歧見，我多麼希望未來的方向能有他指點一二。

DKB0009

煮一杯咖啡需要多少水——生活事物背後的虛擬水

Virtual Water: Tackling the Threat to our Planet's Most Precious Resource

作　　者——湯尼・艾倫（Tony Allan）
譯　　者——張美惠
主　　編——李清瑞
責任編輯——林家任
美術設計——井十二設計研究室
執行企畫——鍾岳明
董 事 長——孫思照
發 行 人
總 經 理——趙政岷
出 版 者——時報文化出版企業股份有限公司
10803臺北市和平西路三段二四〇號三樓
發行專線—（〇二）二三〇六—六八四二
讀者服務專線—〇八〇〇—二三一—七〇五
（〇二）二三〇四—七一〇三
讀者服務傳真—（〇二）二三〇四—六八五八
郵撥—一九三四四七二四時報文化出版公司
信箱—臺北郵政七九～九九信箱
時報閱讀網—http://www.readingtimes.com.tw
電子郵件信箱—history@readingtimes.com.tw
法律顧問——理律法律事務所陳長文律師、李念祖律師
印　　刷——鴻嘉印刷有限公司
初版一刷——二〇一三年六月十四日
定　　價——新台幣四三〇元

行行政院新聞局局版北市業字第八〇號

國家圖書館出版品預行編目資料

煮一杯咖啡需要多少水? —— 生活事物背後的虛擬水 / 湯尼・艾倫(Tony Allan)著 ; 張美惠譯. -- 初版. -- 臺北市 : 時報文化, 2013.06
面 ; 公分
譯自 : Virtual water : tackling the threat to our planet's most precious resource

ISBN 978-957-13-5764-5(平裝)

1. 水資源　2. 水資源保育

554.61　　102008434

© 2011, J.A. 'Tony' Allan
Published by arrangement with I.B.Tauris & Co Ltd, London. The original English edition of this book is entitled "Virtual Water: Tackling the Threat to our Planet's Most Precious Resource" and published by I.B.Tauris & Co Ltd.
© virtual water icons and illustrations Angela Morelli 2006-11
Complex Chinese translation copyright © 2013 by CHINA TIMES PUBLISHING COMPANY
ALL RIGHTS RESERVED

版權所有　翻印必究
（缺頁或破損的書，請寄回更換）