

第九章

越人樊籬

如果說第六、七、八三章是討論新發展方式——或說解——的存在性問題，那麼第九、十、十一章則是針對中國的情況，構造具體的求解程序的問題，也就是說在實踐的層次上對新發展方式進行綜合與概括。這可以用一組準則的形式來加以表達，即安全準則、極小準則、等效準則和優先準則。然後可以根據這些準則導出新發展方式所應遵循的一系列具體的原則和標準。

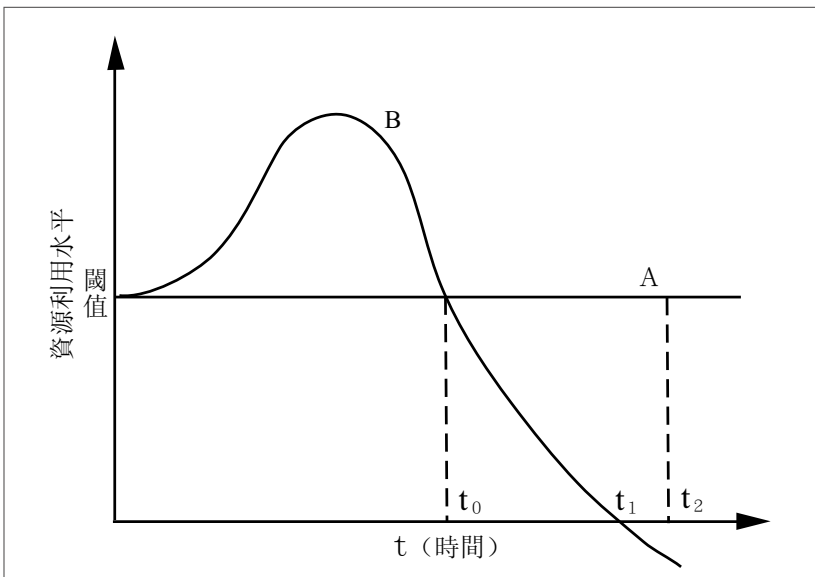
◎ 安全準則

可更新資源的一個特性是，它有一個流量形態的最大持續產量（MSY）。當人類對它的利用不超過這個限度時，可源源不斷、年復一年、無償地得到它；反之，如果利用程度持續超過這個限度，則可更新資源將變為不可更新資源，這將造成永久性的損失。整個環境或生態系統的這種閾值和容量表明：在其閾值或容量的範圍內，環境或生態系統具有自淨能力和恢復能力，可以自行吸收各種破壞性物質和污染，這種自淨或吸收能力也是人類可以年復一年地加以無償利用的；反之，如果污染或破壞的強度和數量持續地超過了上述閾值和容量，則環境或生態系統的

自淨或吸收能力勢必萎縮乃至喪失，並造成永久的損失，以至於人類必須支付一定的額外的費用（如前述的補償支出）才能得到同等的治污效果。

前者是一種正的利潤，後者則是一種負的成本，兩者皆來源於自然的厚贈——與水氣和生物循環的特性有關。經典發展方式的加速度來源於竭澤而漁——把資源的存量連同它的年流量一起耗盡，這可以在圖~18 中形象地表示出來。曲線 A 表示在自然資源可更新的閾值內的利用情況。不難看出，隨著時間 t 的延長，A 線下面的面積愈益增大，即 A 面積 = $t \times$ 閾值 (MSY)。曲線 B 表示的是竭澤而漁的情況，在 0 至 t_1 這段區間，曲線下面的面積是個常數，隨著時間 (t) 的流逝，其面積將變成負值——這就是需要額外費用來予以補償的量度。經典發展方式的邏輯是：先用竭澤而漁的方式對可更新資源進行滅絕式開採，獲得一個加速度，然後再用不可更新資源來補償其不良後果。

圖~18：兩種利用模式



儘管在 t_1 時，B 下的面積大於 A 下的面積，但只要 t 大到一定程度，遲早會出現 B 下的面積小於 A 下的面積，不論 t_1 時 B 下的面積有多大。顯然，任意給定一個常數 a ，總能找到某個 t （如 t_2 ），使得 $a \leq t_2 \times MSY$ 。因此，B 模式最適合於地球很快（如五百年內）就要毀滅這樣一種情況，這時只有眼前的利益，因此應該及時行樂。然而一旦這種前提不成立，例如人類還有可能生存數十萬年以上，則 B 模式顯然是應該被拋棄的，而 A 模式是應該被採用的。

從目前已有的知識和認識來看，還遠不是採用 B 模式的時候（當然，可以設想在某個時刻地球已不適宜於人類居住，那麼在此之前把地球上所有資源盡可能多地利用起來是可取的，以便使盡可能多的人離開地球，飛往其他適宜人類居住的星球）。因此，採用 A 模式永續地利用可更新資源和環境容量，使補償支出所佔用的不可更新資源挪作它用，是一種最優的選擇。在後面我們還將要看到，只要時間足夠長——沒有發生地球或太陽突然毀滅的災變，這種選擇並沒有喪失採用 B 模式所可能帶來的機會。其實在圖~18 中也不難從直觀上看出，只要將曲線 B 平行地向右移，那麼儘管以往採用了 A 模式，但隨時選擇 B 模式的機會總是存在的。

以上分析使我們想到，在可更新資源或環境容量的利用方面，應該確立一個保護性準則，即在對這類資源的使用上，不允許持續地超過 MSY 或環境閾值，以致造成不可逆性的損失。這個準則的實質是：根據這類資源的特性，保護是持續有效利用的必要條件。因此，在這裡不存在保護和永續有效利用的矛盾，二者是一致的，或者說保護準則與持續高效率準則是一致的。我們也可以稱保護準則為縱向高效率準則。由此，我們可以得到一個推論：對於這類資源而言，高於其自然增長率的貼現率對於持續地發展

是不適當的。這是很容易驗證的，例如，貼現率為3%，那麼保存到一百年之後的、價值為一百元的資源存量的現值僅為五元。因此，保護性準則意味著在必要時對某些資源採用近於零的貼現率並非不合理。例如，封存熱帶雨林以保護全球大氣，這樣一種主張就已經在使用零貼現率了；又如，對於河流上游的水源涵養林，只准進行衛生採伐的規定也是在使用零貼現率。

但是，在一定條件下保護性準則可能與短期或橫向高效率準則發生矛盾。但這種全局與局部效率、長期與短期效率的矛盾，如果引入橫向相關外部不經濟性或縱向外部不經濟之後，很可能會發現局部或短期高效率實際上是低效率的。這就是我們採用保護性準則的理由。

在前文中，我們討論了人類社會從利用古老的流量技術和有限的流量資源，向使用近代的存量技術、大規模利用不可更新的存量資源過渡的過程及其資源分配機制，分析了其中的基本問題及解決問題的前景。

人類的未來最終要向以新型的流量技術（如生物工程、太陽能工程）和大規模利用各種流量資源（潮汐能、風能）為主，以現代的存量技術節約地使用存量資源為輔的體制過渡。在過渡期可能會有一個新型的流量技術和近代的存量技術並重的階段。

對於正在興起的各種高技術，我們要區別對待。在這些新興的高技術中，有存量技術（如煤的氣化和液化、核聚變等），也有流量技術（如太陽能、風能）。

近代存量技術需要鉅大的投資，而其目的在於以環境或社會的高昂代價來滿足高額的資源需求。因此，這種技術類型不可避免地會因幾種不良因素而造成綜合影響。這些不良因素是：難以接受的環境污染和環境質量下降，不利於人類價值的社會政治結構，不可更新資源短缺使費用

連續上漲，並使需要努力解決的問題大幅度增加。

現代流量技術的投資能在長期中發揮作用。因為太陽能、風能等流量技術中所節約的能源不受資源枯竭的影響，所以它們對環境的不良影響極少，甚至還有良好的影響。因此，它們所導致的社會政治風險最小，而且比較不受通貨膨脹的影響。與依靠預支不可重複利用的資源來混日子的做法相反，採用流量技術意味著把人類導向使用永不枯竭的資源的道路。

出於這種對比分析，我們應把自己的注意力集中於發展流量技術；我們不僅應跟蹤世界高科技在這方面的發展，而且應努力超前，採取先發制人的態度，發展高科技中的流量技術。道理很簡單，因為我們對它的要求更為迫切。

反之，對於高科技中的存量技術類型，我們則應採取謹慎態度。理由也很簡單：對我們來說，這種技術類型的相對機會成本太高，因為我們的人均資源遠低於世界水平。

但是，由於流量技術不可能完全脫離存量技術，因此，我們也不能對現代高科技發展中的存量技術類型採取忽視的態度。對此，正確的態度應是系統跟蹤、後發制人。

具體地說，應利用我國人口眾多、資源類型豐富、市場潛力鉅大的長處對現代存量技術類型採取長期的系統跟蹤：第一，針對那些較為成熟的技術，在我國建立具有規模效益、但數量較少的試驗廠；第二，全面觀察它們在世界各地應用的環境和社會後果。如果發現它們對我國的經濟社會不利，就停止其發展；如果發現它們能與流量技術相配合，且與保護性準則相容，我們就可以迅速超前。這種跟蹤方式可稱為工廠化跟蹤。

這樣，在短期內，工廠化跟蹤使我們既不會喪失經濟效益，又能使我們保持對現代存量技術的敏感性和熟悉程度（可以利用這種具有規模效益，而在全國又沒有進行擴

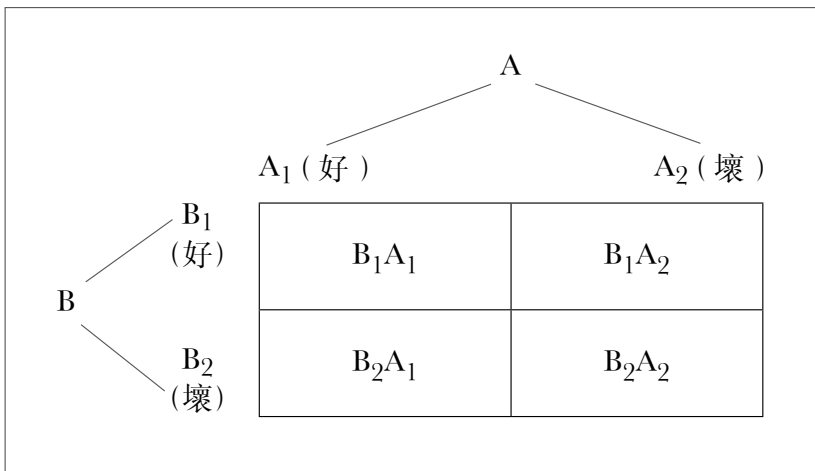
散的試驗廠，進行骨幹培訓和觀摩，以便在有利時機迅速擴散）。在長期內，我們既得到了世界發達國家大規模運用現代存量技術所造成的環境和社會後果的有關信息，又避免了我們因未經長期檢驗而廣泛應用所導致的相對高的機會成本，從而使我們的學習成本最小化，也不會喪失一旦發現其有利性的重要機會。這叫做：迂其途，後人發，而先人至。

有人可能會問：如果未來的前景不像你所說的那麼嚴峻，例如又發現了一類比石油更豐富、更廉價的存量資源，那麼在這方面後發制人會不會造成被動落伍而為人所制呢？先不去談這種說法是否真實，姑且認為它有一定的可能性，現在對其稍加分析。這是一個典型的不確定性問題：不確定性是指未來不會總是重演過去的一切。要知道，任何預測都要根據已有的知識、認識和經驗來進行。一旦未來出現了沒有包含在現有經驗、理論和事件中的全新情況時，這就是通常所說的不確定性。它與風險性情況（重複發生的具有統計規律的情況）不同。後者可由統計規律來加以預測，而前者則指以往從未發生過、而未來可能發生的這類情況。在這種情況下應該採取何種對策呢？請看圖~19。

在圖~19中，A表示未來將要發生的情況的性質， A_1 表示發生了好的情況， A_2 表示發生了壞的情況。B表示我們對未來將要發生情況的性質的預期， B_1 表示好的預期（或稱之為樂觀者的預期）， B_2 表示壞的預期（或稱之為悲觀者的預期）。其可能的結局共有四種：（1） B_1A_1 意味著好的預期實現了；（2） B_1A_2 意味著好的預期碰到了壞的局面，或者說實際情況比預計的要壞；（3） B_2A_1 意味著壞的預期碰到了好的局面，或者說實際情況比預計的要好；（4） B_2A_2 意味著壞的預期實現了。那麼悲觀者（假

設他們可以活得與人類一樣長) 在兩種情況下都能立於不敗之地，而樂觀者卻只有一半成功的希望，當他一旦落入 B_1A_2 的局面時，他將無法應付。由此我們可以引出另一個準則：保險準則。這種準則對於不同的個人可能並不普遍合適，但對於要盡可能長久生存和發展下去的人類而言，卻是必須遵守的。

圖~19：不確定性對策



如果考慮到出現的局面具有不可逆轉的破壞性後果時（如一種生物物種的滅絕是不可逆的，地質、水文和生態系統的大規模破壞也是不可逆的），謹慎、克制和反對冒險是對涉及很長時期範圍、大量的不確定性和（或）不可逆性的決策問題的最好態度。在處理有可能在未來某一時期產生災難性後果的選擇問題時，即使這種後果發生的可能性非常小，也要極為謹慎和克制。這裡要指出的是：代價為零的可逆性選擇是不存在的；很多所謂不可逆的選擇，當付出幾乎無限大的代價後，也是可以逆轉的。因此，不可逆性變化的含義是：在付出相當大的代價還難以

逆轉的那種變化。

因此，只有當那些結果僅影響到較近的未來，且各種可能的結果基本上是在同一時間內的時候，以貼現準則計算最大淨現值的資源配置法則才是合理的。在這種情況下，保險準則才退居其次。即使如此，從圖~19中也可以看出，當悲觀者遇到了 B_2A_1 的局面，只要他具有足夠的智力和體力儲備，一旦看準了時機，是不難後來居上的。這就對應著前面所說的工廠化跟蹤與後發制人。

我們把保護準則與保險準則合稱為安全準則。具體地說，在流量技術上，應力爭創新，先發制人；在新型的存量技術上，系統跟蹤，後發制人。這應成為我們的基本技術策略，也應成為處理創新與跟蹤這兩者相互關係的基本原則。

◎ 極小準則

中國雖屬於發展中國家，但近代的存量技術已相當普遍地使用，並滲透到我們生活的各個角落。因此，如何更有效地改造和利用這種技術，使之與新型的流量技術相結合，並為向未來的、以新型的流量技術為主的技術體制過渡做好準備、鋪平道路，這是我們應立即著手認真對待的基本問題。

存量資源與流量資源不同。後者在一定的臨界值（MSY 或閾值）內，可以源源不斷地加以利用，而前者則是用一點就少一點，即使是可重複利用的不可更新資源也同樣如此，因為 100% 的重複利用率是不可能的，或是得不償失的。

但是，在可重複利用的與不可重複利用的不可更新資源之間，仍有一些值得注意的不同特性需要加以把握。特

別是當考慮到礦物燃料這類資源如能在一定程度上為可更新資源所替代時，就更加如此。

II 類資源的利用原則 首先考慮這樣一種基本情況：以可重複利用的不可更新資源（為敘述方便起見，下面將其簡稱為 II 類資源，對可更新資源簡稱為 I 類資源，對不可重複利用的不可更新資源簡稱為 III 類資源）為原料製作的很多物品，如果設計和製作得合理，使用期限可以長達幾十年，不用之後也可以近乎完整地回收。對於使用功能非常穩定，而且在人們生活中又是基本需要的物品，應在設計和製作上使其使用壽命盡可能地延長，避免用過即扔的高消費、高生產和高浪費的生活、生產方式。在這方面，經典發展方式中的時髦效應是不足取的。

道理很明顯：II 類資源的有限性是明顯的，其不可更新性也是很明顯的，而未來能夠發現更豐富的、更廉價的替代資源卻是不確定的。因此，根據安全準則，應採用謹慎態度，此其一。在人們的生活中，有相當一類物品是為人的生存需要提供基本的、非常穩定的功能性服務的，因此頻繁地改變款式與花樣的必要性極低，此其二。物品的使用壽命越長，每年需要製造的物品就越少，而其所提供的服務流量又保持不變，因此，延長物品的使用壽命符合通常的節約或經濟準則。當年流量越小，對 II 類資源存量的耗用就越小，這還節省了能源等 III 類資源的消耗、減少了污染、節省了治污費用的支出，此其三。從上述其中，我們抽象出不必要（或有害）的冗餘度最小化準則，簡稱極小準則。當以 II 類資源為原料製造的某類物品屬於這條準則所規定的範圍時，則根據安全準則、節約準則，應盡可能延長這類物品的使用壽命。在這種情況下，時髦的長期成本極高，而其長期和短期滿足卻很低。

延長物品使用壽命的意見經常受到這樣一種批評：現

在誰需要使用這麼長時間的同樣的物品？但我們也可以提出這樣一個反問：市場上所出現的要求最新物品的願望有多少真正反映了消費者的需要？實際上，這種願望有相當部分是由生產者製造出來的，然後用種種手段（如廣告）強制消費者接受或誘導消費者上鉤的，還有一部分是在透支經濟體系中由消費透支而來的收入效應所致。

實際上，多年使用相同的基本機器或產品並不妨礙工藝革新。產品可以按部件的方式設計和製造，用改進的部件更換原來的部件，而不用更換整個產品。例如，能迅速適應產品更新需要的柔性製造系統；又如，已設計出很多帶可變鏡頭的照相機，只要更換一種新的、改進的鏡頭，而不用更換原照相機的其他部分，就具有新功能。

第二種情況是：以 II 類資源為原料製造的可以回收和重複利用的物品。這與第一種情況有所不同，其中有一類近似於第一種情況，如奶瓶的回收，這時回收和重複利用的成本較低（如基本上不用耗費能源）；另一類則具有較高的回收和重複利用成本，如紙張和金屬。下面僅討論後一類物品。

在現代工業化社會中，像金屬、玻璃和紙張一類的物品，常常是用過一次即行扔掉。其結果是使世界上高品位的礦石日見減少，城市中垃圾堆置場地日感不足，在許多社區裡污染已超過了容限。這種浪費的另一個副產品就是達到兩位數字的通貨膨脹。這種人為廢棄商品、追求時髦效應的原則與習慣，是在兩美元一桶石油和汽車工業崛起之時形成的。從此，浪費成為美德，節儉反是陋習。無限度地追求所謂的生活便利也助長了這一風氣。

然而到了今天，風氣又開始倒轉。物品用過一次即扔就等於扔掉了能源，扔掉了礦產，扔掉了安全。相反，物品的回收和重複利用可以降低國民經濟的能耗和物耗，並

促進經濟的健康發展。例如，回收鋁所需的能源，僅為自鋁土礦原料生產鋁所需能源的 4%；回收銅所需的能源，僅為用原材料生產銅所需能源的 10%；如完全用廢鋼生產鋼鐵，能源可節約 47%；回收新聞紙可節省生產紙所需能源的 23%，還可減少對森林的壓力，因為回收一噸新聞紙，可節省一噸木材，或 12 棵樹；回收玻璃容器可節省能源 8%，如反復使用之，則可節省更多的能源。^① 表~6 表明，回收和重複利用可收一箭三雕之效。

表~6：美國回收利用對保護環境帶來的好處（%）

對環境帶來的好處	紙	鋁	鋼鐵
降低能源消耗	30~55	90~95	60~70
減少棄料和固體廢料	130	100	95
減少空氣污染	95	95	30

資源來源：轉引自萊斯特·R. 布朗等：《縱觀世界全局》第 153 頁。

當然，解決廢棄物問題的最好辦法是減少廢棄物的數量。容器立法就是朝這個方向努力的一項措施，其辦法或是對可回收的瓶子採取強制性押金，或者絕對禁止使用不能回收的容器。據美國環保局估計，如在全國範圍內實施回收容器立法，每年可節約 50 萬噸鋁，150 萬噸鋼和 520 萬噸玻璃；與此同時還可使美國每年少耗用原油 4600 萬桶（約為 630 萬噸），幾乎等於美國 1980 年八天的原油進口量。關於容器問題的最好解決辦法是由丹麥想出來的。在丹麥，飲料容器被設計成能滿足一般的需要，例如設計成五種通用的標準規格，果汁、牛奶、啤酒都用同樣的瓶子

① 萊斯特·R. 布朗：《建設一個持續發展的社會》第 152 頁。

盛裝，可以大大簡化容器的回收工作。所有用瓶戶，只需按照盛裝物品改變一下標籤或商標即可。如果這種容器的庫存量是由全國性的計算機系統控制的話，可以大大減少用於運輸和製造所需的能源。^②

因此，大力擴展並完善與 II 類資源有關的物資回收和重複利用體系，雖在短期內可能要多支出一些費用，但在長期內將會產生良好的經濟效益。

第三種基本情況是：在以 II 類資源為原料製造的物品中，有許多產品損壞或殘舊部分只佔整個產品價值的 1% 以下，但產品的設計和製造卻經常有意地做成不可修理的。因此，這樣一種生產銷售系統大大增加了不必要的資源使用和廢物，以及由此產生的污染。總之，現在的經濟系統的重點是生產和處理，這導致了資源的大量使用。由於資源的制約和同時存在的廢物處理與污染問題，我們必須從這個重點轉向服務和維修。

反對者常常提出的論點是，改變大量生產的原則將導致失業和不經濟。其實，這種改變雖然減少了很多生產工人，但會為服務和維修部門提供更多新的工作機會。事實上，服務～維修系統產生的工作機會往往超過生產～處理系統所減少的工作機會。因為服務和維修所需要的勞動力相對地比高度自動化的生產系統所需要的多。而就應用商品的數量來說，又不會降低其豐富程度：即在生產中減少的那部分商品，可以通過服務和維修，使商品得到重複利用來保持平衡。最後，服務和維修工作所要求的工作人員要有更多的技巧和較高、較全面的素質；並且，這類工作與高度自動化生產的工作相比，要包括更多的人與人之間的相互作用。因此，從生產～處理的經濟轉向服務～維修

② 萊斯特·R. 布朗：《建設一個持續發展的社會》第 154 頁。

的經濟，既有利於環境保護，也可得到社會報償。

但是，目前的經濟體系是建立在一個邏輯完全相反的基礎之上的，即新技術經常與外型設計的修改相結合。為了達到這種外形改進，往往要用一種新產品代替原來的整個產品，而且在很多情況下很難買到零部件，致使消費者被迫購買整個新產品。為了扭轉這種趨勢，必須在現有的生產體系中，大大加強和擴充維修服務系統。

上述三種情況下的處置原則可以推廣到更一般的情況中去：對於那些以 II 類資源為原料製造的物品，當該物品的服務功能是主要的消費或使用對象，且這種功能與其載體（主要由 II 類資源構成）的使用磨損和物理化學性質沒有較強的對應性時（對比之下，食品等物品則具有相反的性質），且在載體（單位存量）所提供的服務流量一定時，應盡可能通過延長使用壽命、回收和重複利用、維修和功能重組這三種方式來使 II 類資源的流量消耗降至最小限度，從而達到盡可能少動用資源存量，並保持服務流量不變。這就是極小準則對於 II 類資源使用原則的一般表述，即在服務流量一定時，使其載體的存量耗用極小化。

III 類資源的利用原則 與 II 類資源很不相同，III 類資源不具有耐用性的特徵，往往在使用時被一次性地消耗掉了，很難對其進行重複利用，或說重複利用的成本近乎無窮大。因為它所提供的服務就是對它自身的消耗。例如，取暖就是直接對熱量的消費，它所提供的服務流量與其自身的消耗量具有一定的正比例關係，而且由於熱力學第二定律的限制，其比例的下降有其下限。下述公式可以形象地說明 II 類資源與 III 類資源的區別：

II 類資源所提供的服務流量 = $\alpha \times$ 單位存量

III 類資源所提供的服務流量 = $\beta \times$ 單位流量

係數 α 的上限很不確定，係數 β 的上限則相當確定， $\alpha, \beta \geq 0$ ，但 $\alpha \gg 1 \geq \beta$ 。在第一個公式中，某一單位存量提供了一定服務流量之後，其本身磨損程度極小（如百分之幾），還可繼續提供服務；在第二個公式中，單位流量提供了一定的服務流量之後，自身全部損耗（100%），繼續提供服務時則需新的 III 類資源。

儘管如此，提高 III 類資源的利用效率仍然大有文章可做。下面分幾種情況予以討論。

第一，直接使我們現有的活動更有效率。例如，要用較少的能源向一座建築物供熱，並保持一定的溫度，那麼可以對建築物採取隔熱措施。又如，在第三世界的很多國家中，只要把做飯用的敞開式爐灶改成用當地材料製造的、效率較高的封閉式爐灶，據估計其薪柴用量就可減少 50%，也就是說能源效率可提高一倍。^③

第二類節能措施是減少某些活動，或者改變活動方式來達到同一活動目的。例如，在美國，往往用載重兩噸的汽車從超級市場往家庭運送 10~15 千克的食品，尤有甚者，用載重兩噸的汽車，僅僅為了取一夸脫（0.95 升）牛奶或一個麵包而往返幾英里。若能減少汽車駕駛次數，就可提高能源利用率。據統計：1975 年，小汽車在機動客運量中所佔比重，北美為 89%，西歐為 78%，拉美則為 68%；蘇聯的小汽車其客運里程數只佔 11%，而公共汽車和火車則佔 89%，與美國正好相反。^④

在城市中，公共汽車和火車至少具有每加侖汽油達

③ 萊斯特·R. 布朗：《建設一個持續發展的社會》第 158、203 頁。

④ 萊斯特·R. 布朗：《建設一個持續發展的社會》第 158、203 頁。

150 客運里程的潛在燃料利用率。在城市之間的運輸中，公共汽車可獲得每加侖汽油 200 客運里程的燃油利用率，火車如滿載的話，可以比這個數值增大一倍。相比之下，平均乘坐 1.4 位乘客的美國小汽車，每加侖汽油僅達 24 客運里程。前者相當於後者的 6~8 倍，即後者的能源效率僅為前者六分之一至八分之一。現在讓我們看一下表~7。

表~7：美國各種交通工具的能源強度值

交通 工具	能源強度		能源效率		載荷 係數 (%)
	(Btu / 乘 客 · 英里)	(Btu / 噸 英里)	(乘客 · 英里 / 加 侖汽油)	(噸英里 / 加侖 汽油)	
市內： 自行車	200		630		100
步行	300		420		100
集體客運	3800		33		20
小汽車	8100		15		28
城際： 管道運輸		450		280	
鐵道運輸	2900	670	43	188	35
水運		680		185	
公共汽車	1600		79		45
卡車		2800		45	
小汽車	3400		37		48
飛機	8400	42000	15	3	50

註：表中能源強度與能源效率中的第二欄數字為城際貨運的能源強度，載荷係數為客運時的情況。

資料來源：G. 韋德：《能源與環境變化》第 162、163 頁。

表~7 中的能源強度與能源效率是相反的量，能源強度越低，能源效率就越高。美國小汽車在城市內的平均載客

數大約為 1.4 人，其載荷係數相當於 28%（等於 1.4 人 / 5 人）。客運的目的就是使人達到在空間上的位移。由表~7 中可見在市內為達此目的，能效最高的客運方式是騎自行車或步行，它們中的任何一種都至少比小汽車的能效高 25 倍，即後者的能效僅為前者的 4% 至 2.4%。

第三類措施是採用節能（指減少系統向外界無意義地洩漏和排放能量）和能級匹配用能相結合的辦法。先來看一個電熱取暖的例子。如果由電源輸入電爐的電所轉換成的熱，全部由電爐輸給用戶（室內取暖，且房屋很保暖），那麼以傳統的用能和節能觀點來評價，其熱效率 $\eta_t = 100\%$ 。但如以全面的用能和節能觀點來評價，除用 η_t 評價之外，還要用能級匹配原則作一評價。亦即除了從數量關係上考察用能過程之外，還要從質量關係上考察用能過程。如當室溫為 20°C 、環境溫度為 0°C 時，可以發現電的能級（ $\Omega = 1$ ）與用戶所需的能級（ $\Omega = 1 - 273 / 293 = 0.068$ ，式中 273 與 293 為絕對溫度）間有一很大的能級差： $\Delta\Omega = 1 - 0.068 = 0.932$ 。因此，從能級匹配用能的觀點看來，此時供應能量的能級過高，是很不合理的。^⑤

從直觀上說，取暖所需熱量從質量上看只需 $40\sim 50^\circ\text{C}$ 的低質（即該品質的熱量除了取暖，很難移作它用）熱量即可滿足，而電爐所產生的溫度高達幾百度、上千度——這種熱量由於能勝任更高檔次的工作，故稱之為高質熱量。顯而易見，用高品質能量（如電爐）去做低品質的功（如取暖），顯然是不合理的。這就是能級匹配法則的精義。現在的熱電聯產方式就是利用了能級匹配法則，用火力發電所產生的電能去進行電爐煉鋼（高質供給對高質需要），然後用

⑤ 楊東華：《焯分析和能級分析》第 4、5 頁。

冷卻的所謂廢熱水（或汽）作為熱水洗澡（中質對中質）和取暖（低質對低質）之用。例如在美國最終使用需求中，電只佔 13%，但它卻耗用了美國礦物燃料的 29%。^⑥ 熱電聯產通常可使能效提高 15~20 個百分點。

我們可以用這種觀點再看一下表~7。在表中，假設小汽車的能效提高了四倍（如減少重量），這已接近其能效上限，這時小汽車的節能似乎已無潛力。但小汽車所用能量是一種高品質能量，當一個人外出二千米辦事，如乘坐小汽車去就屬於能級極不匹配。因為達到把一個人移動二千米這一目的的工作可用低品質能量（如肌肉做功推動自行車）來同樣完成。能級不匹配所造成的浪費往往是更大的。

對於上述三種情況的處置原則可以推廣到更一般的情況中去：對於那些以 III 類資源為原料所提供的服務，當該服務的數量、類型與其載體（III 類資源）的物理化學性質無關時（如取暖可用化學能、電能或一般熱能），在達到一定的服務流量時應盡可能提高其過程能效，並使供給能量與用戶間的能級盡可能接近。也就是說，在服務質量和數量一定時，應盡可能使載體的流量耗用極小化。這就是極小準則對於 III 類資源使用原則的一般表述。

如果有人一定要把服務類型與其被提供的過程的物理或化學特性相聯繫，如非要用電爐取暖，那就只好請他支付額外的費用（浪費稅或揮霍稅）。

◎ 等效準則

上節中所提到的能源強度、能源效率和能量品質等概

⑥ 萊斯特·R. 布朗：《第 29 天》第 108 頁。

念，可以很自然地推廣到物質強度、物質效率和物質品質等概念上去。這樣的話，我們就可以把能級匹配準則推廣到 I、II、III 類資源以及其他資源（如固定資產資源、人力資源和科技知識資源）的利用和評價中去。也就是說，對任何資源的利用，不僅要從數量關係上來考察用物過程，還要從質量關係上來考察用物過程。我們稱之為廣義「能級」匹配準則，或稱之為物級匹配準則。

根據第八章的等效性原理和廣義「能級」匹配準則，可以直接推導出等效匹配準則（簡稱等效準則）：對於某種物質生活的最終目的和效能而言，實現該目的的不同過程具有極不相同的物質強度或物質效率；當該目的的水平 and 質量要求一定時，以及追求該目的的个人或集團不十分介意以何種具體的物質載體或過程來實現這一目的時，應選擇物質強度最低或物質效率最高的物質載體或過程，且應使該目的在給定的實現水平上所需要的物級與實現它的物質載體或過程的物級之差最小化。

這個準則在物質制約很強的經濟體系中，對於各種資源的利用具有很強、很廣的指導意義。我們先以此評價一下美國以 90% 的穀物餵養牲畜，然後人再吃肉類這樣一種消費過程，其不合理性是一目瞭然的。首先，根據全美國攝入食物量超過最適值這一事實，可知其熱力學效率 η_t 不高；其次，根據匹配法則可知用牛肉這種高品質物質來滿足人的低品質熱量需要，其級差 $\Delta \Omega = 0.9$ （根據什一法則可知：一斤牛肉需十斤穀物，以一斤牛肉的能級為 1，一斤穀物的能級則為 0.1，二者對於供給熱量這一目的而言，差異可以忽略），能級差高達 0.9，可見其極不合理。因此，結論只能是：一，應降低攝入量，二，應降低攝入食物的質量。

現在我們用這個準則來分析兩個例子。第一個例子與

生產者的節能有關。請看表~8和表~9。

表~8：生產一輛汽車的總能量（自由能）代價

項 目	能量（千瓦小時）
製作金屬材料	26 185
製作其他材料	865
汽車部件的生產與裝配	9 345
材料運輸	655
裝配好的汽車的運輸	235
合 計	37 275
理想的热力學上的能量要求	1 035

資料來源：G. 韋德：《能源與環境變化》第 225 頁。

表~9：汽車回收的各種方法的能量代價及使用壽命表

系 統	一輛汽車的能量代價（千瓦小時）	每輛汽車的能量節約（%）
不用回收材料，用原材料製造汽車	37 275	—
鋼中 15% 來源於回收的廢汽車	35 600	4.5
粉碎並回收一輛汽車，用於製作一輛汽車	24 635	33.9
每年的能量代價——目前（十年壽命）	3 728	—
每年的能量代價（汽車壽命增加二倍）	1 243	66.7

資料來源：G. 韋德：《能源與環境變化》第 225 頁。

從這兩個表中我們可以看出，在完成同一目的時（製造一輛汽車），由於實現該目的的物質過程不同，節約能量和物質的潛力有多大（如使用鉅型粉碎機粉碎汽車的話，可以將其他金屬分離開，則新汽車能完全使用回收

的鐵)。

現在再來看一個例子。這是一個與消費者和生活方式有關的節能問題，與廣義能級匹配法則有關。

在下述方案中可以看出：在同一目的（總的客貨運里程）下，由於改變了生活方式，使交通運輸的能源品質與消費需要的品質相匹配，可使交通運輸的能源消耗減少50%，而並不減少總的客貨運里程。方案措施如下：

1. 把目前城際由卡車和航空運輸的貨物的一半改由鐵路運輸。

2. 城際飛機乘客總數的一半，坐小汽車人員的三分之一，改乘火車和公共汽車；改變汽車、飛機和火車的設計，以把它們的效率提高33%。

3. 讓市內乘坐小汽車人員的一半改用集體客運。把集體客運和市內汽車的載荷係數各提高10%。改進市內小汽車的設計，以把每加侖英里值提高33%。

上述方案^⑦的目的是要說明，大幅度降低交通能源消耗的目的是能夠達到的。其中的技術手段都是現實可行的，並非什麼高技術。然而，能否改進運輸系統的效率，與其說取決於科技上的突破，不如說取決於人類集體的意志和判斷。從這種角度看問題，經典發展方式所造成的消費的重大根源之一在於錯誤地利用存量技術，即廣義能級不匹配——常常用高品質的能源和物質去幹低品質的工作。

儘管上述等效準則是對物質生活而言的，但它還可以推廣到非人造物質和非物質領域中去，只要把上述準則中有關物質生活最終目的這一描述中的「物質生活」四字變成相應的概念即可。例如，衝浪運動與摩托艇運動相比，

⑦ G. 韋德：《能源與環境變化》第164頁。

前者的物質強度要比後者低得多，而兩者在達到訓練人的技能靈巧、反應、膽魄方面卻基本等效。又如，為達到歷險這一目的，遠足或登山運動比之於賽車運動，不僅前者物質強度要低得多，而且在保護自然及其多樣性方面，與提供實現目的的手段基本重疊——保護資源即是增加財富。然而，後者在提供實現類似目的的手段方面卻要迂迴得多：先要開採自然資源，然後冶煉加工、製造等，最後形成人造物質形態的滿足手段。這一方面減少了和（或）破壞了自然資源，另一方面又低效率地形成了人造物質財富。由此可以看出經典發展方式的另一弊端：過度地或不適當地使用人造物質滿足手段來替代非人造物質滿足手段。這也是浪費的重要根源，例如空調的過度使用。

社會福利水平的提高不僅表現在物質生活水平的提高上（即佔有較多的人造物質財富），而且還必須致力於精神財富和非人造財富的增長。也就是說，為使環境方面也使人滿意，還必須改善：第一，表現為社會環境的生活條件；第二，表現為物質環境的生活環境。形象地說，福利 = 生活水平 + 生活條件 + 生活環境。^⑧

由氣候、土地和植物、動物所構成的生活環境能給人類帶來三大類無形或有形的財富：生物學方面的健康和舒適；美學方面的美感；人文和自然科學方面的文化和品德教育、名勝觀賞以及科學研究的對象。

言過其實了嗎？請看：

為了進行娛樂和獲得美學的享受，多樣化的自然景色和風光是這種高級消費過程中不可缺少的基本要素，它本身就是一種財富。如果人們用這種財富的消費來替代人造物質財富的消費，則不僅減少了物質財富生產所帶來的非

⑧ P. 迪維諾：《生態學概論》第 326 頁。

人造財富的減少，而且由於不必再支出治理污染的費用，人們的總財富便有了雙重性的增加。

社會的發展將使閒暇時間不斷增多，但若沒有很好的環境來利用它們的話，人們則將在閒暇中虛度光陰。而良好的氣候、土地和動植物所組成的生活環境對於滿足各種心理上的需要、藝術的需要、娛樂的需要，以及滿足知識和科學好奇心等方面的需要，都是最重要和最基本的因素。所有這些都與尋求幸福和充實的生活是一致的。

當越來越多的人可以利用更多的閒暇時間的時候，在保護自然資源的同時，應當對風景地區和旅遊業實行嚴格而合理的組織管理，從而能使更多的人進入旅遊區以感受自然界之美。在回到自然界去的熱潮中，應當挽救和保護最美妙的風景。因為在當前看來，風景也是一種收入。

為此，必須使人們具有生態和環境科學知識，只有這樣才能使人懂得，一些事物的變化將隨人類的活動而轉移。還應使人們懂得，人類周圍的自然資源是最基本的、真正的財富，應當分外愛惜這些資源。

建立在人和自然共存基礎上的道德觀，將可能導致這樣一個世界的出現：在這個世界上，每個人都能健康地成長，愉快地生活，並能充分地發揮和利用自己的才幹。這樣，人們就有了一種新的觀念，它是建立在客觀認識事物的基礎之上的，同時也是建立在人類同組成環境的生態系統間具有協調關係的基礎之上的。

人們已可隱約地看到出現了一種新的環境概念，根據這個概念，各種物理、化學和生物的因素將同人類的經濟、文化和社會需要結合在一起。總之，應當將環境看成人類的生態小環境。在人們的思想將永遠留下這樣一條大原則：「保護自然資源的問題也就是為了人類的福利而更好地利用資源的問題」。

◎ 優先準則

本章前三節對自然資源、人造資產性資源的特性及關聯做了概括，並抽象出三條準則：安全準則、極小準則和等效準則。本節準備對資源中的人力資源作些簡要探討。

長期超前發展教育 人力資源和科技知識資源與上述兩類資源的最大不同之處在於：前者在使用和開發中增殖，而後者就量、質而言具有恆定性（在自然資源和固定資產資源的物質關係之間，是相互競爭的，因為固定資產一般說來是由自然資源轉化而來的）。人力資源既是生產的要素，也是生產的目的。而科技知識資源的增殖以及要物化在固定資產之中，也必須通過人力資源這個中樞。因此，在各種資源的開發中，人力資源的開發就具有特殊的重要性。

不發達國家為了加速本國經濟的發展，通常首先考慮的是引進國外專家和先進技術設備。但有些經濟學家則認為，更為重要的根本辦法還是要開發本國的人力資源，特別是技術人力資源，否則將很難擺脫對國外的依附。對於技術人力資源，可依其水平高低分為以下幾類：發明家和革新家，經理和工程師，技術員，技工和熟練工，半熟練工和無技術工人。除了半熟練工和無技術工人之外，其餘四類技術人力資源的開發和培養沒有 15 年到 20 年的時間是不行的。培養一個科學家的時間就更長了。

因此，相對於其他幾類資源（自然資源和固定資產），人力資源在生產過程各種要素的組合結構中處於最短的一邊。這是因為自然資源是現成的，而生產設備是可以購買的，但匹配良好（指人力資源中不同組成部分的搭配）的人力資源卻是最難替代的。根據短線約束原理，在經濟系統中人力資源的開發應該置於優先地位。考慮到現

代科技知識更新加速及其轉化為生產力的過程縮短，這種優先性應該具有持續性。這就是優先準則的含義。

顯然，要按前述三條準則來實現新的發展方式，最重要的一條就是要有雄厚的高質量人力資源。否則，不僅先發制人做不到，後發制人也無從談起。理論上是如此，在實踐中也可找到大量事實對此做出驗證。而雄厚的高質量人力資源的形成與成長又與教育密不可分。

在這方面，日本是一個最為典型的例子。自明治維新以來，日本一直把全民的教育放在首位，歷百年而不衰。為了發展和普及教育，近百年來，日本進行了三次重大的改革。1872年日本政府頒佈了《學制》，提出「求知於世界」，「教育是立國之本」等思想，要求全國做到「邑無不學之戶、家無不學之人」。1907年就實現了六年普及義務教育，適齡兒童就學率達到97.38%。1947年3月，日本政府在佔領軍司令部美國顧問團的授意下頒佈了《教育基本法》和《學校教育法》。這兩個法令廢除了中央集權教育行政制度，實行地方分權制，把義務教育延長到九年。這就是明治維新之後的第二次學校教育改革。當時，日本在戰禍帶來的極端困難的經濟情況下，以「教育機會均等」，「培養協調發展的人才」等思想為指導，採取一系列措施發展教育事業，而這些措施的貫徹執行又有力地促進了現代日本經濟的發展。為進一步使教育適應工業與社會經濟發展的需要，日本政府召集了二百多名教育界人士，花費整整四年時間，於1971年6月制定出《關於今後學校教育綜合的擴充整頓的基本實施方針》。這就是第三次教育改革的開始。^⑨

⑨ 蘇真：〈富國強民之道——日本教育改革簡述〉，《百科知識》1984年第11期。

不妨這樣說，日本正是由於長期堅持超前發展教育，才為戰後經濟的強行軍提供了必要條件。日本經濟增長奇蹟的實現，很大的貢獻不能不說是來自於教育水平和普及程度的持續提高。有的經濟學家曾作出這樣的結論：在二次大戰後的很長時期裡（約至 20 世紀 70 年代初期），日本的平均教育水平相對於當時它所達到的經濟增長水平，實際上是「過剩」的。^⑩ 正是由於有了這種雄厚的智力資源的儲備，日本才能抓住各種各樣的機會，並在各種事變面前表現出很強的適應性。

反觀中國，情況則大不相同。在十六七世紀，中國平均教育水平在世界上居於領先地位，而後這種水平開始逐漸下降。解放後，在 50 和 60 年代，情況曾一度迅速好轉，旋即又開始走下坡路。時至今日，中國在太平洋周緣亞洲各國和地區裡的識字率已達最低，僅為 69%。^⑪ 現在中國有二億多文盲，而新的讀書無用論又正在抬頭。中國教育的現狀，給我國今後的長期發展蒙上了濃重的、不祥的陰影。

對於新發展方式而言，制約中國發展的因素既不是資金，也不是資源，而是知識。發展中國家通常特別缺乏的是具有必要的技術管理能力的人才，以及充足的熟練勞動力。這些恰恰是發展、採用和吸收新型流量技術的關鍵。

最先進的技術，諸如微處理機和光電池等，適宜於分散使用，可以成為新型流量技術的核心。這些技術最適合人均資源較少的發展中國家，因為它們使用的存量資源

⑩ 休·帕特里克等人：《亞洲新鉅人——日本經濟是怎樣運行的》。

⑪ 〈太平洋沿岸國家和地區——全球的重大經濟力量〉，《世界經濟科技》1988 年 4 月 5 日。

少、價格也不會很高，又有利於使用廣泛存在的流量資源，能給千家萬戶帶來能源和信息。但吸收和利用這類新技術和資源的程度及範圍卻在很大程度上取決於這些國家人民的普遍教育水平。

因此，對於發展中國家來說，採用新發展方式的關鍵在於持續地超前發展全民教育，即使為此降低一些當前的經濟增長速度也在所不惜。例如，日本戰後在經濟極為困難的情況下，把六年義務教育制改為九年義務教育制。可見，即使在經濟困難的情況下，超前發展教育不僅是可能的，而且是必要的。

一個民族只有擁有雄厚的高質量的人力資源，才能做到高瞻遠矚、先發制人，或者待機而動、後發制人。

未來的建構 前面所概括出的四條準則把新發展方式的骨架勾勒了出來。我們可以把它們試稱為新發展方式的四條基本定律。第一定律（安全準則）把長期、全局與短期、局部的效率聯繫起來，明確了人類的長期持續發展必須、也只能在環境（I類資源）許可的範圍內進行；界定了短期局部效率準則只能在這種約束之下去尋求最優化，從而使安全、效率與發展統一起來。第二定律（極小準則）刻劃了II類、III類資源與人造固定資產資源的相互關係、使用原則以及局部優化判據；也可以稱其為局部等效法則。第三定律（等效準則）從整體上統一描述了自然資源、固定資產資源與人類社會的生產～消費方式的相互關係，給出了這些關係的全局優化判據。第四定律（優先準則）著重分析了社會經濟系統中的最具特殊性的要素——人力資源，確定了這種資源的開發和利用原則。

運用這四條準則可以做出新發展方式存在性的肯定性論證，從而全面準確地回答了前述的問題：如果考慮到資源儲量有限，礦物和燃料的開採難度越來越大，以及環

境和人類吸收污染損害的能力有限，那麼就應該根據資源儲量來確定經濟目標，而要達到這個目標，就不能在生產～消費系統中無限度地增加能源與原材料的消耗。相反，如果一種經濟能使文明所要求的生活水平把礦產、能源和環境資源的需求限制在最低程度內，那麼這種經濟便是成功的。

顯然，由四條準則所勾勒的新發展方式就是這樣一種成功的經濟體系。根據這四條準則，我們不難導出在超越了以溫飽滿足為中心的生產和消費階段之後，選擇發展道路的若干基本原則。它們是：

第一，在溫飽階段基本結束時，應注意立即著手控制存量資源消耗的速度，而不要等到面臨困境時再迫不得已地進行調整。

第二，在溫飽階段結束前後，應主動地放慢動用存量資源來增加人造物質財富的過程，並以各種非物質財富和非人造財富（如景觀、植被）來對其進行替代。

第三，對於各種互補的流量資源（如水）應針對其中的短線約束，保持整個資源的利用水平不致越過短線被破壞的限度。

第四，開發新的流量資源，並對已受到破壞的流量資源進行恢復性的工作。

第五，圍繞著新型的流量技術來組織新的技術體系和生活方式、研究方式、教育方式。

第六，按照上述原則（流量資源的短線制約原則）來安排不可重複利用的不可更新資源的消耗，盡可能在安全高效利用流量資源的同時，壓低存量資源的消耗。

第七，對可重複利用的不可更新資源的回收和重複利用，應在經濟合理的範圍內盡可能提高重複利用水平，並儘量節約這種資源的使用。

第八，對基本生活需要滿足之後的各種需要進行系統的研究，並提出一系列適度最低標準，嚴禁不必要的和揮霍性的資源使用；對超標消費所耗用的不可更新資源要課以適當的重稅，同時抑制供給和需求，並保持生產者和消費者一定的選擇自由。

第九，限制人口的增長，長期不懈地提高全民的文化水平和教育水平。

第十，不斷提高和增強國民的全球意識，逐步增強與自然和諧相處的意識和能力。

如果我們能依據上述原則來選擇和安排我們的具體發展道路，我們至少能使熱力學第二定律發生的不利作用被限制在最小範圍裡，從而在根本上擺脫工業化社會所面臨的困境，使人類社會的長期發展前景充滿光明。