

道路規劃環境評估之方法與技術
(「道路建設環境規劃之研究」附件)

交通部運輸研究所

中華民國七十六年九月

交通部運輸研究所出版品摘要表

出版品名稱：道路規劃環境評估之方法與技術 中文：（「道路建設環境規劃之研究」附件） 外文：			
行政機關出版品統一編號 09104760227		運輸研究所出版品編號 76-56-133	
本所計畫：鄭賜榮 主 人 研究人員：廖美容、蘇振維		合作研究單位：中華經濟研究院 計畫主持人：林安樂 研究人員：黃書禮、蕭代基、廖弘凱	
研究方式 <input type="checkbox"/> 自行辦理 - 主辦單位： <input checked="" type="checkbox"/> 合作辦理 - 合作研究單位：中華經濟研究院 地 址：台北市長興街75號 聯絡電話：735-6006		研究期間 75年 11月 至 76年 8月	
關鍵詞：評估指標、生態、環境品質、環境種類、環境要素、環境屬性、價值函數、效用函數、Peterson 矩陣、最少社會成本路線、名目尺度、等距尺度、比例尺度。			
摘要：本報告之主要內容在於回顧一些現行環境分析的方法及技術，並比較各方法與技術在運輸規劃上之功用。第一部份先綜合介紹各種環境分析方法；第二部份則說明各分析方法在規劃過程中之功用，第三部份則依「道路建設環境規劃之研究」所建立的道路建設環境分析架構，研擬可行之環境分析方法。			
出版日期	頁數	工本費	本出版品取得方式
76年9月	58	85	<input checked="" type="checkbox"/> 洽本所免費贈閱 <input checked="" type="checkbox"/> 洽本所訂購 <input type="checkbox"/> 其他（ ）
管制等級 本出版品： <input type="checkbox"/> 機密 <input type="checkbox"/> 解密日期為 年 月 日 <input type="checkbox"/> 承辦單位視情況辦理解密 <input checked="" type="checkbox"/> 一般		本表： <input type="checkbox"/> 機密 <input type="checkbox"/> 解密日期為 年 月 日 <input type="checkbox"/> 承辦單位視情況辦理解密 <input checked="" type="checkbox"/> 一般	
備註：			

道路規劃環境評估之方法與技術
(「道路建設環境規劃之研究」附件)

目 錄

第一章 環境評估分析方法與技術.....	1
第二章 方法與技術之特性比較與選用原則.....	37
第三章 道路規劃環境分析方法之建議.....	42
附件： 台灣地區目前有關環境評估資料之項目及來源.....	46
參考文獻.....	50

表 目 錄

表 1.1	專家委員會法之例子.....	4
表 1.2	道路檢核表評估法例子.....	5
表 1.3	McHarg 應用於李察曼景觀道路 (parkway) 評估之自然環境特性及其分類.....	27
表 1.4	規劃資產負債表.....	33
表 1.5	目標達成 (評估) 矩陣.....	36
表 2.1	環境分析方法 / 技術之特性比較.....	41
表 3.1	道路規劃環境分析 / 技術之建議.....	45
附表 1	台灣地區目前有關環境評估資料項目及來源.....	46

圖 目 錄

圖 1-1	Battelle 評估體系之架構示意圖	7
圖 1-2	EES 法環境參數	8
圖 1-3	EES 評點函數之例子	9
圖 1-4	Leopold 矩陣法示意	11
圖 1-5	Fuggle 建議的綜合性表像式矩陣	13
圖 1-6	Peterson 矩陣法操作步驟	16
圖 1-7	Nanaimo 河口要素互動矩陣（一階相依性）示意圖 ...	18
圖 1-8	Nanaimo 河口要素互動矩陣（最小聯結矩陣）示意 ...	19
圖 1-9	Hite and Laurent 矩陣示意	21
圖 1-10	網路法示意	22
圖 1-11	Sorensen 網路法示意	24
圖 1-12	Gilliland and Risser 系統圖示意	25
圖 1-13	影響道路建造成本之特性圖	28
圖 1-14	高優先自然環境及社會特徵地區特性圖	29
圖 1-15	McHarg 推薦的兩條最小社會成本路線方案圖	30
圖 2-1	環境影響分析的二個階段	37
圖 2-2	環境分析在規劃過程之功能	38
圖 3-1	公路運輸計畫方案層次	43

本報告之主要目的在於回顧一些現行環境分析的方法及技術，並比較各方法與技術對運輸規劃之功用。第一部份先綜合介紹各種環境分析方法；第二部份說明各分析方法在規劃過程中之功用，並比較其特性及選用準則；第三部份則依「道路建設環境規劃之研究」所建立的道路建設環境分析架構，建議可行之環境分析方法。

第一章 環境評估分析方法與技術

1.1 環境評估分析方法與技術之發展

環境評估分析主要係因應 1969 年美國國家環境政策法 (NEPA) 之條款所發展的，在此法案中有一宣言，要求所有美國聯邦機構確實遵行“……界定並發展方法及步驟……來確使目前不可量化的環境寧適及價值，可被適當地加以考慮”(U.S. Congress 1970)。

為了 NEPA 而發展出來的方法及技術，較重要的有 Leopold 等人 (1971) 之矩陣法，Sorensens (1971) 之網路法，以及 McHarg (1969) 之疊圖法。

Warner and Preston (1974), Jain and Urban (1975), Munn (1975), Clark et al. (1978), Fuggle (1979) 等人在回顧了環境評估分析方法後，一致認為適當的分析方法，必須包括四項工作：影響之界定；影響之衡量；影響之說明；以及與使用者溝通。由於環境系統本身的複雜性、互動性及不確定性，似乎沒有一種方法能單獨滿足上述準則 (Jameson, Holling 1978)，且所有方法之應用亦必須滿足當時、當地之社會價值觀，並考慮行政上的限制 (Bisset, 1976)。然而，美國截至目前所建立的環境評估方法都是執行一專案計畫時，為特殊目的與對象所發展的，因此，在範疇上缺乏其共通性。

Catlow 及 Thirwall (1976) 認為美國所建立之環境評估方

法是 NEPA 要求下之產物，並且對於美國地方分權式（Decentralized）的決策過程非常敏感，每一種方法不見得能適用於各層級政府之決策或因應不同州之需要。Holling（1978）則認為結合不同的環境評估方法及技術，較能完善地執行個別專業計畫之環境評估。

1.2 環境評估之分析方法與技術

Cook（1977）、Jain et al.（1977）及 Clark et al.（1978）等人在回顧了環境評估之分析方法發展後，採用了 Warner & Preston（1974）之分類，將環境評估方法分成：專家委員會法（Ad hoc）；檢核表法（Checklists）；矩陣法（Matrices）；網路法（Networks）及疊圖法（Overlays）等五類。茲分述如下：

1.2.1 專家委員會法

本法是最早期針對 NEPA 所發展之環境影響分析方法，因此其方法與內容亦較粗略。在 NEPA 立法通過後，本法曾廣泛且迅速地被美國聯邦政府機構所採用。除了美國環境保護署（USEPA）所出版的廢水處理場間接影響評估手冊（註一）外，其他應用專家委員會法進行環境影響評估時，均沒有考慮間接影響。

專家委員會法係集合各種領域專家，就其專業範圍，對環境之衝擊予以認定及評述，亦即僅能依主觀及直覺地判斷，將開發計畫對周遭環境衝擊作概略性、定性之描述，類似腦力激盪法（Brain Storming）。此法通常應用於缺乏適當可靠之資料時，集合多人的專業知識，找出可能受影響之環境地域，然後依照各環境條件評定其受開發計畫衝擊的性質（如表 1.1）。此法之優點是作業簡單快速，其缺點，則為在分析過程中，由於評估小組之組成員中可能有不同的準則，而缺少一致性，且一般均不說明間接的影響因而無法廣泛應用。

1.2.2 檢核表法

檢核表法是承續專家委員會法所修正成之更標準化的一種方法。

本法詳細地摘述一計畫之開發行為對特定地區各項潛在的影響，並且能提供有關界定潛在影響及評鑑的知識。不論是質或量的，每個影響區皆結合一組環境參數（亦稱環境特性、變數、屬性或要素），並且以衡量這些參數來反應開發計畫對環境影響的程度。Canter（1977）界定了四種檢核表法（簡單的、描述性的、評點的、加權評點的）：

1 簡單及描述性檢核表（Simple and Descriptive Checklists）

本法與委員會法之差異，僅在於其僅列述及界定潛在影響，但並不試圖評估這些量或質的影響。Canter 例舉了美國運輸部（U.S. Department of Transport）之檢核表法，此法僅描述計畫對環境的一些影響。表 1.2 為一簡單性檢核表的例子。

2 評點檢核表法（Scaling Checklist）

本法將所摘列的環境影響，以評分（Rating）的方式，依影響之嚴重性程度排列順序。當這些影響之評分是以等距（Interval Scale）或比例（Ratio Scale）的尺度來給分時，亦可將這些評分加總成一總合指標（Grand Index）。

雖然此方法採用了等距或比例尺度來評分，但本法對於不同的影響却很難符合某些環境影響評估之準則，例如：某一行動導致某一物種之數目減半，並不意味著此嚴重性是此物種全部死亡的一半；亦即，雖然影響的大小可能是一些可量化屬性之函數，但函數的關係並不一定是線性的，況且並非所有影響的類型皆與物理性參數有關。

評點檢核表法較傾向依賴主觀分派的評分，Adkins 及 Burke（1971，cited by Jain et al., 1977）之評點檢核表法中，對於影響大小之評分是介於 - 5 ~ + 5 間，本法假設使用等距尺度（Interval

表 1.1 專家委員會法之例子

環境條件 \ 環境衝擊	無影響	正面影響	負面影響	有問題	短程	長程影響	可恢復	不可恢復
野生動物			×	×	×			
稀有生物	×							
天然植被			×	×			×	
特種植被	×							
土壤級配			×	×		×		×
土壤性質	×							
自然排水	×							
地下水		×						
噪音			×		×			
表面覆蓋物				×				
娛樂	×							
空氣品質			×			×		×
視覺干擾	×							
開闢地			×			×		×
健康與安全	×							
經濟價值		×				×		
公共設施				×	×	×		
大眾服務	×							
與區域計畫之配合		×				×		

資料來源：中鼎工程顧問公司（75年）

表 1.2 道路檢核表評估法例子

項 目	負 面 影 響						正 面 影 響			
	ST	LT	R	IR	L	W	S	LT	SI	N
土 壤	*	*			*	*				
空氣品質	✓				✓					
社會經濟								✓		✓

註：ST：短期 Short Term LT：長期 Long Term
R：可逆的 Reversible IR：不可逆的 Irreversible
L：局部的 Local W：廣域的、廣泛的 Wide
SI：重要的 Significant N：正常 Normal
*：不計的 Negligible

資料來源：行政院衛生署環保局（75 年）

Scale)，並將各種影響之正負分數加總，計算總分以比較不同替選方案，這種加法意謂各種影響之權重均為“1”，但因不同類型之影響並非皆為同等重要，因此，產生了下列的加權評點檢核表法。

3 加權評點檢核表法 (Weighted-Scaling Checklists)

加權評點檢核表法以美國 Battelle Columbus Laboratories 所發展出的環境評估系統 (Environmental Evaluation System ; EES) 最具代表性。此法能將環境影響評估，合理、明確地分類，並給予適當之權重。

EES 用於評估「水資源規劃」措施所造成之環境衝擊時，認為這些規劃措施，例如水庫工程將對其周圍的生態 (Ecology)、環境品質 (Environmental Quality)、美質 (Esthetics) 及人類利益 (Human Interests) 四方面造成衝擊；而此四者稱為「環境種類」 (Environmental Categories)。在每種環境類別之下又分成許多「環境要素」 (Environmental Components)，如「環境品質」類下又包括水污染、空氣污染、土地污染與噪音污染等四項要素。在每個環境要素下又包括許多環境參數 (Environmental Parameters)，如水污染下又包括氮、磷等參數。細分至此，自環境種類起經要素及參數之個別劃分與訂定，建立整個評估體系之架構 (如圖 1-1)。此種評估架構其功能即在網羅各種有關之環境屬性 (Environmental Attributes)，以免評估者發生遺漏環境衝擊項目。

EES 法共採用了78種環境參數 (如圖 1-2)，這些參數之加權數是由一科技整合小組來決定 (共有1000分) 依照78種參數之相對重要性分派。此外，藉著一個價值函數 (Value Function) 或稱效用函數 (Utility Function)，將各環境參數之衡量值轉換成環境影響單位 (見圖 1-3)。某一標準化之評估值等於 (相對的權數) \times (影響分數)，最後再將各標準化的評估值加總，得到一總指標，用

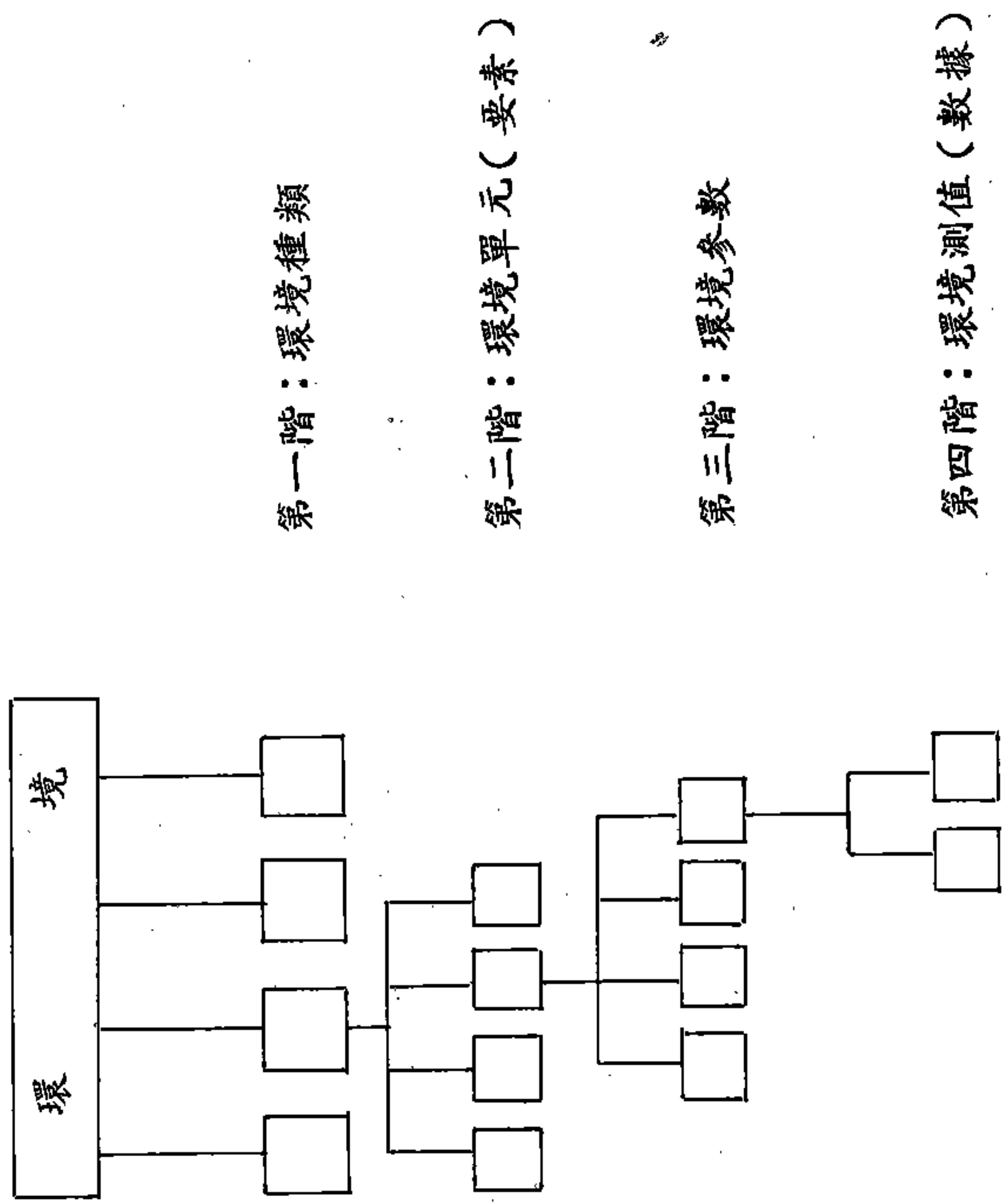
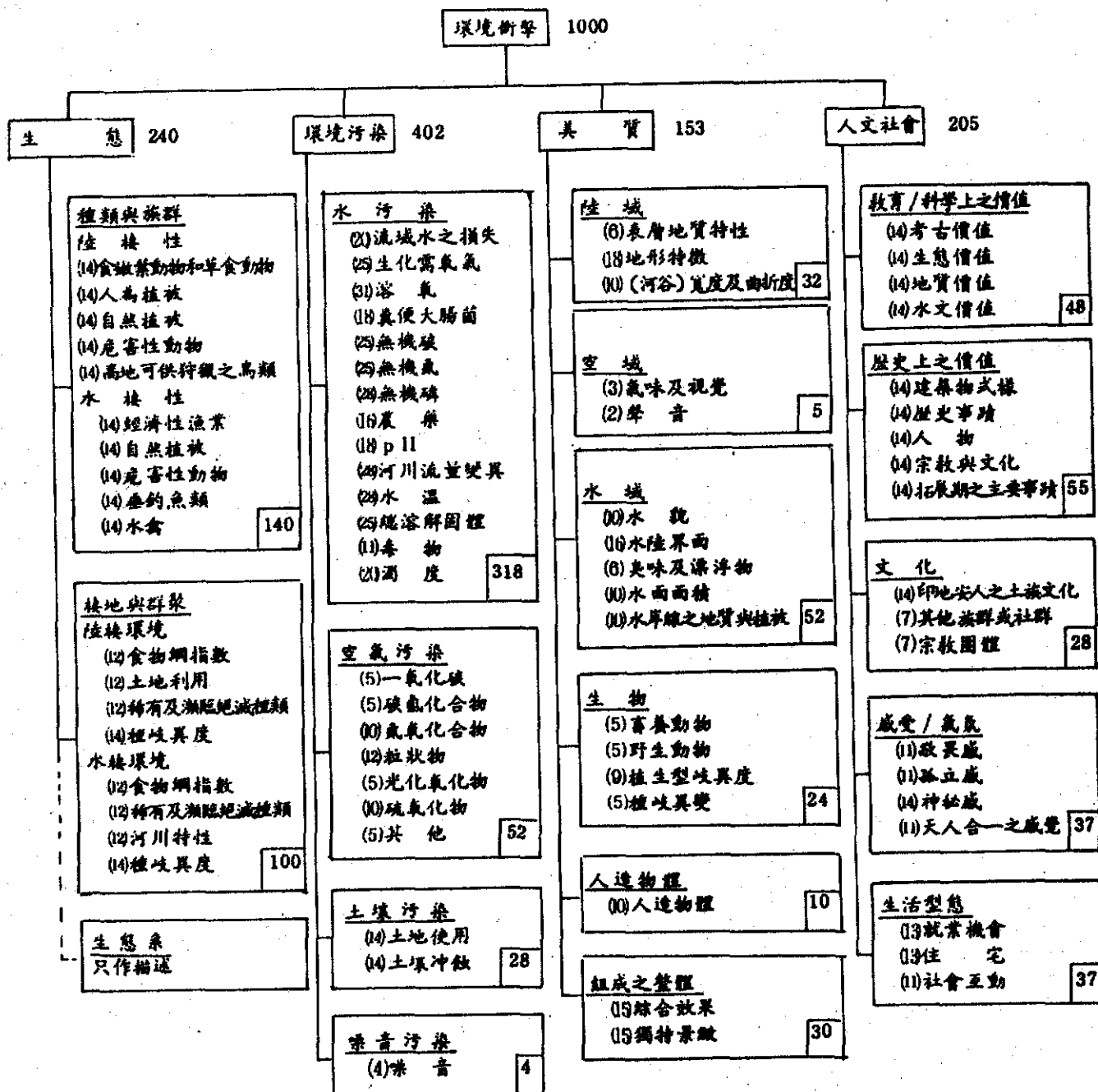


圖 1-1 Battelle 評估體系之架構示意圖
 資料來源：McAllister D. M. (1982)



(15) 參數權重

4 環境單元總權重

圖 1-2 EES 法環境參數

資料來源(行政院衛生署環保局, 75 年)

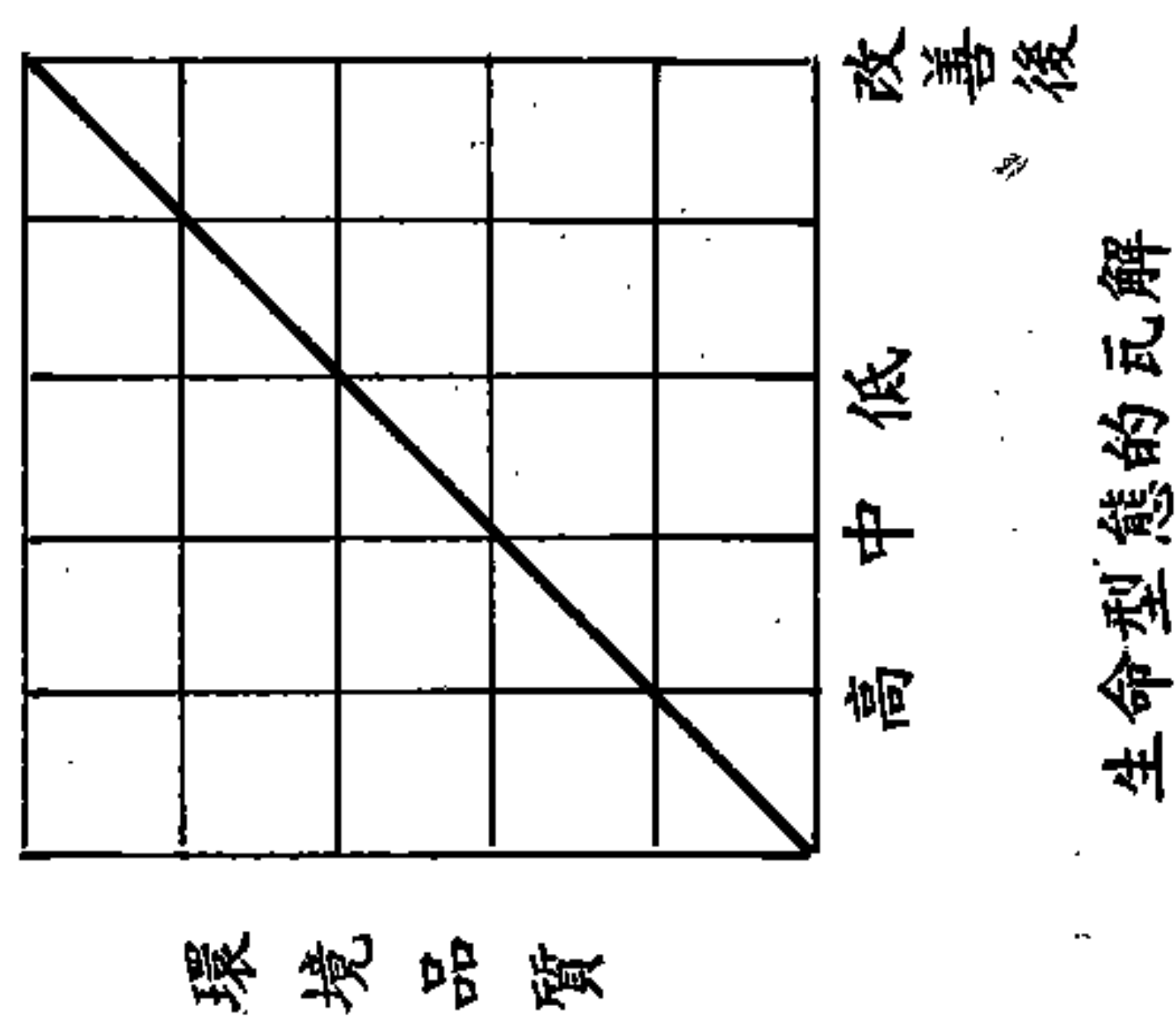
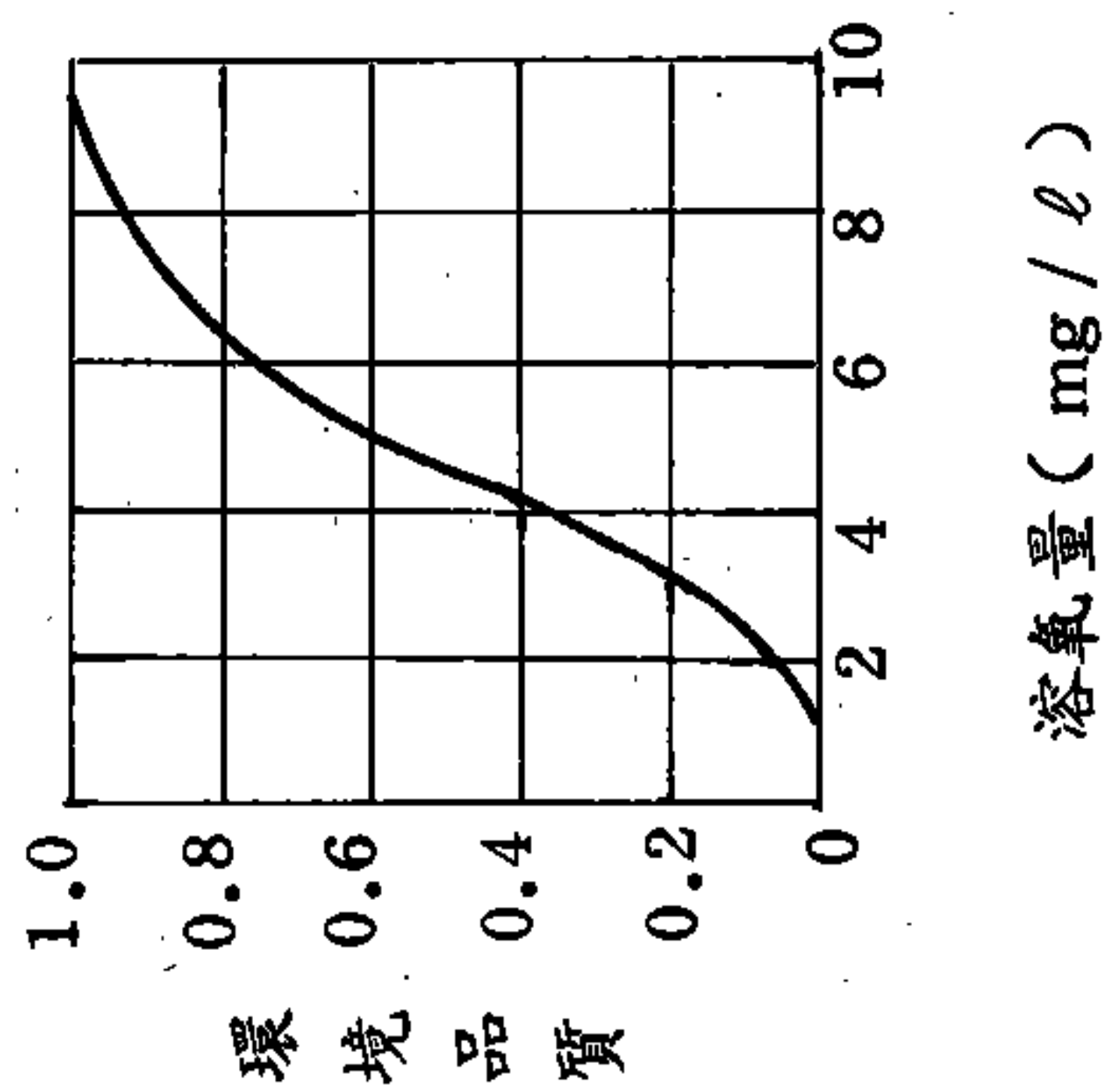


圖 1-3 EES 評點函數之例子

資料來源：Dee et al. (1973)

應用此函數將特定參數的衡量轉換成一可比較之環境影響單位

以比較各不同替選方案。

此外，為避免上述獲得總合指標的各加總過程中損失部份環境資訊，對於特別重要的環境影響皆以一“紅旗”記號標示，以提供決策者於方案評選時之參考（Bisset，1978）；而本方法之權數的決定，則是利用狄爾菲法（Delphi Techniques），結合各學門專家之意見所決定出的。

1.2.3 矩陣法（Matrices）

矩陣法是使用一方格圖，將兩種不同的影響項目沿著垂直（行）與水平（列）兩軸排列，而此兩種不同項目之各要素間之相關性，例如影響程度、大小，則記錄於相對應的方格裏。矩陣法又可分為表象式矩陣與數學矩陣法兩種，茲分述於下：

1 表象式矩陣（Presentational Matrices）

較常被應用於環境評估之表象式矩陣是由Leopold等人（1971）所發展，應用於美國地質調查的環境影響分析方法。他使用一個矩陣，橫軸代表計畫所產生的行動，縱軸代表環境特性，用這個矩陣表示兩者間的因果互動關係，當某項特定的計畫行動對某一環境特性有影響時，其影響之大小與顯著性列記於矩陣中所對應的小方格裏（如圖1-4所示）。

Chase（1976）將表象式矩陣分成五類：

(1) 描述性的（Descriptive）

在矩陣裏加入幾個簡短文字來描述影響，例如Manning & Moncrief（1979）之土地使用分析矩陣在適當的矩陣方格裏用二或三個字來比較潛在性影響的程度。

(2) 符號化的（Symbolized）

1972年波士頓運輸規劃（Boston Transportation Planning of 1972，Cited by Chase，1976）裏於初步的環境影響報

計畫行動 及其細分 環境特 性及其細 分項		組織或制度之修改			土地轉換及施工	
		外界引入	生態控制	棲息地修正	環境特性	
土 地	礦資源					
	施工材料					
	土 壤					
	計畫的行動					
水						

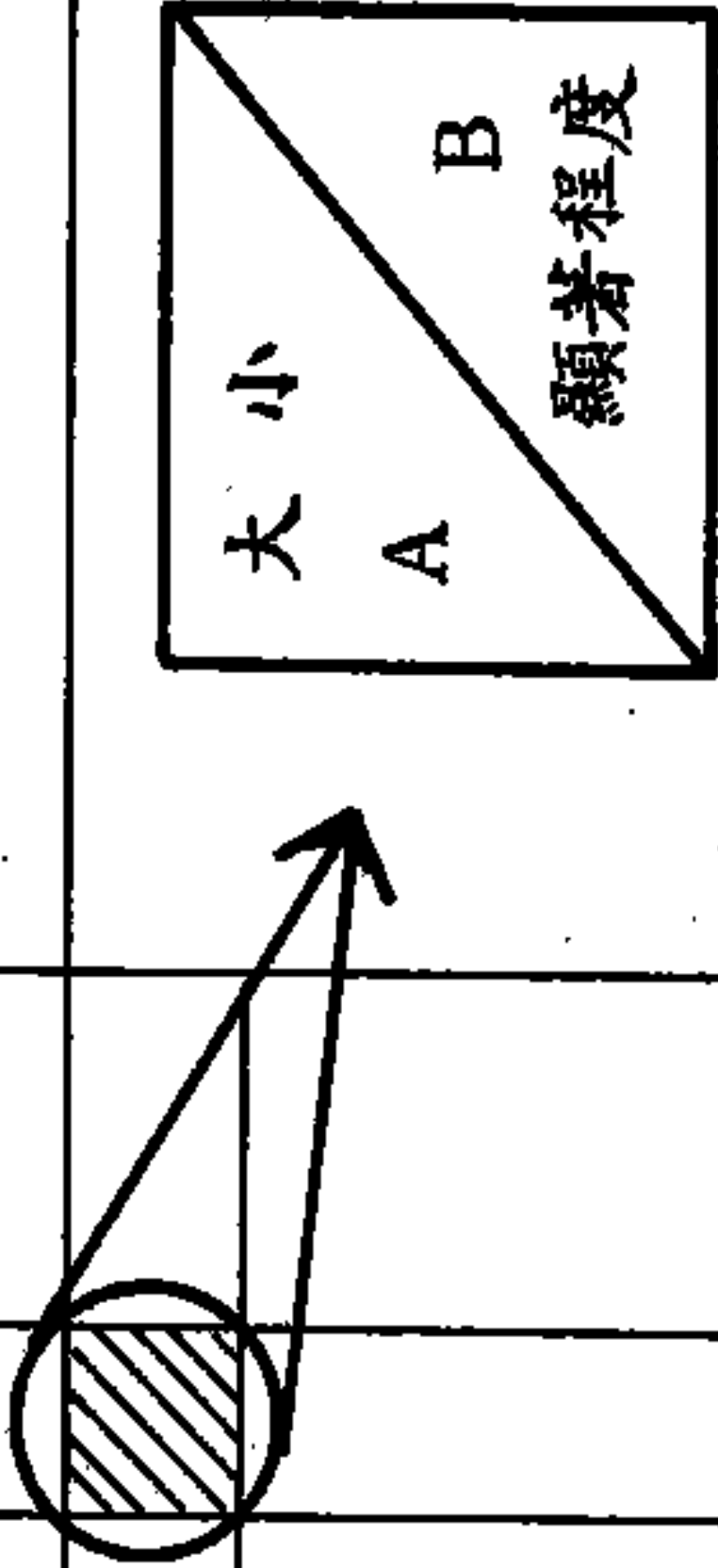


圖 1-4 Leopold 矩陣示意（在矩陣方格裏對影響大小及顯著程度加以評分）

資料來源：Leopold（1971）

告書內使用正方型及圓型的符號，並用斜線（或塗黑）來表示影響的顯著程度。

(3)字母化的 (Characterized)

美國達拉威河流域委員會 (Delaware River Basin Commission , Cited by Chase , 1976) 之環境矩陣使用字母來排列影響程度，為一種序列評點之代表。

(4)數值的 (Numeric)

序列及等距的評分是以一計值的分數來代表，如 Leopold 使用 1 ~ 10 來對顯著性及重要性這兩種影響屬性評分。Fischer 及 Davies (1973) 則使用 - 5 ~ + 5 分數來表示正、負影響的程度。此外，Ross (1976) 則使用一種等距尺度 (Interval Scale) 的影響矩陣 (將在數學矩陣裏討論)。

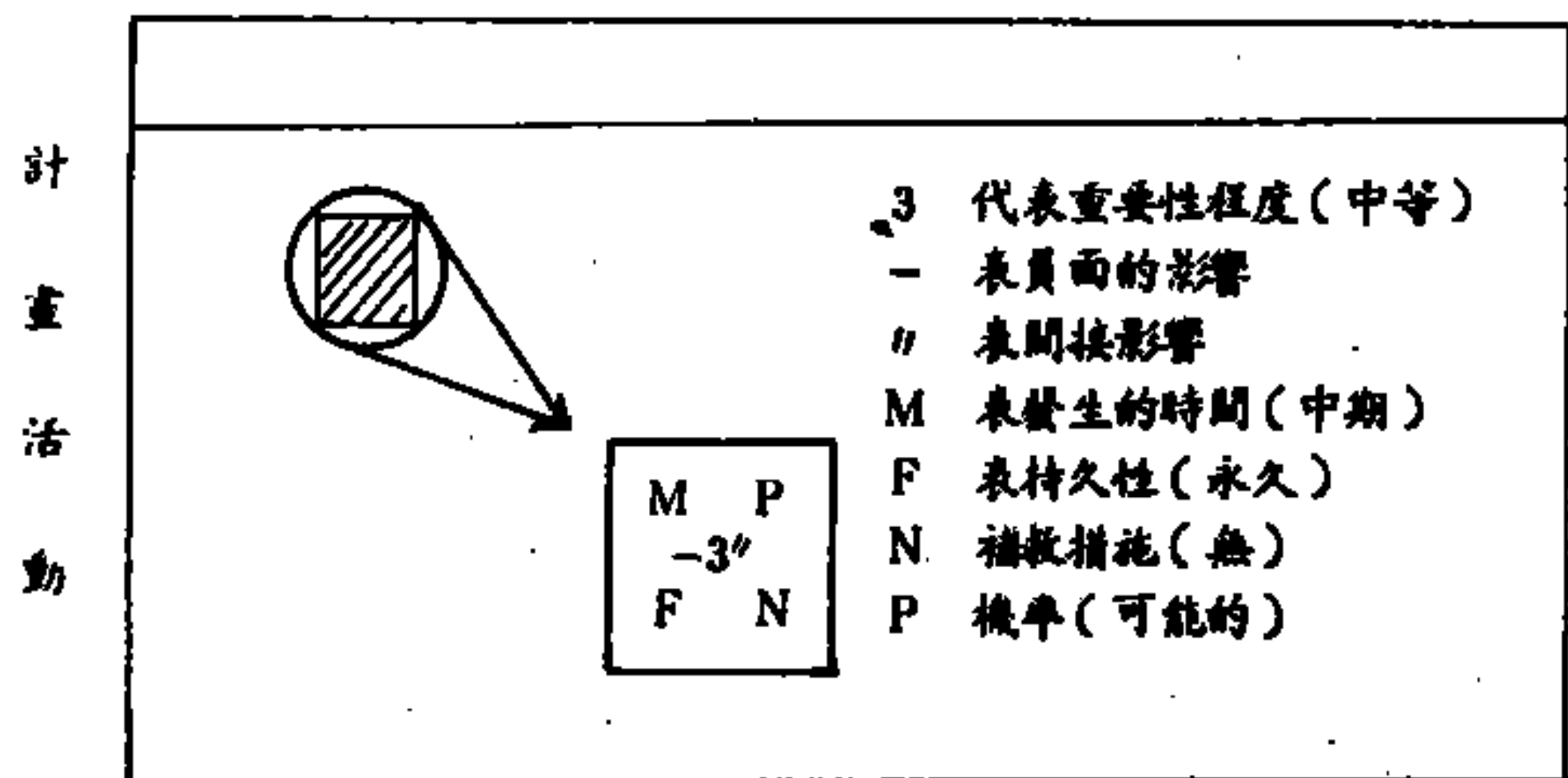
(5)組合性的 (Combinative)

此法由 Fuggle (1979) 所建議，在適當的矩陣方格裏用重要性、機率、時間及延時 (Duration)，有利及不利的、改正措施 (或稱補救措施)、及風險等項目來表示潛在的影響。影響的重要程度是以 1 ~ 5 來表示，但其他屬性則以數值或符號來表示 (見圖 1-5)。

雖然 Leopold 矩陣摘列了 88 種環境屬性及 100 種計畫行動，但在應用此方法時 (Fisher & Davies , 1973 ; Fuggle , 1979)，則可針對研究目的與範疇，由研究小組選擇性地摘述有關之計畫行動及環境特性，使此方法產生較大的彈性。Fuggle 矩陣可用於初步的環境影響分析，其他典型的矩陣則具有下列優點：

- ①它代表對一數量龐大的一組影響的摘要，較易瞭解。
- ②它是用一般化 (但非定義完整) 的方式，來考慮環境要素及直

環 境 元 素



進入矩阵方格中

字母化的評估	使用的符號	意義	在方格中的位置
重 要 性	5 4 3 2 1 0 ?	主要 中等 次要 無法決定	<div>5</div>
機 率	C P U ?	確定 可能 不可能 未知	<div>C</div>
發生的時間	I D L ?	立即 延遲 長期 未知	<div>I</div>
延 時	T S F ?	短暫的 短期 永久 未知	<div>S</div>
利 益	+	正的 負的 未知	<div>+</div>
補救措施	Y N ?	有計畫的 沒有計畫的 未知	<div>Y</div>
風 險	I	潛在的危險	<div>I</div>
間接影響	• //	將引起 是...的結果	<div>•</div>

圖 1-5 Fuggle (1979) 建議之方法，可用來評估重要性、利益、機率、發生時間、延時、風險、補救措施及間接影響。

接的影響。

③易於操作，且可用於早期之設計階段，說明一計畫全面性的特性。

④將其擴充，本法可包括許多重要性的資訊，並說明特定評估的假設。

⑤此法僅耗費少許資源。

其缺點有 (Warner and Preston , 1974 ; Chase , 1976 ; Fuggle , 1979) :

①除非使用加權評點，否則難以比較計畫替選方案間對環境影響之相對程度。

②極依賴主觀性的判斷，因此不同人使用同樣的方法步驟却可能獲致不同的結論。

③矩陣法不適於間接影響之分析。

④雖然矩陣裏有一“互動”的影響，可表示一組相依的系統，但限於矩陣所表現之二度空間，因此僅能界定環境組成分子間之一階互動關係。

2 數學矩陣 (Mathematical Matrices)

數學矩陣，因其在矩陣內之元素 (Elements) 皆為數字，故可執行代數之運算。由於許多環境影響是無法量化的，因此，數學矩陣在環境影響分析裏無法扮演很重要的角色。但數學矩陣可用來幫助評估的技術，利用數學矩陣之運算求得環境影響之評分。較具代表性的數量矩陣有 Peterson 矩陣、要素互動矩陣 (Component Interaction Matrix ; CIM)、投入產出矩陣 (Input-output Matrix) 等，茲分述如下：

(1) Peterson 矩陣

此法是由 Peterson et al. (1974) 所發展而成，直接運用矩

陣相乘的特性分析計畫方案對人類之影響。其中一個矩陣是用來表示某計畫行動對實質環境的影響（基本上為一階影響）；另一個矩陣表示實質環境影響對人類環境的影響（計畫行動的二階影響）。由一個評估小組對所有的影響均給予 $-3 \sim +3$ 範圍內之序列尺度評分。將二個矩陣相乘，可得到某一計畫行動對人類環境的影響。此外，另有一個加權向量，代表各種對人類影響的相對重要程度，將原相乘矩陣再乘上此加權向量，再予加總即可得出一計畫產生之單一總分（圖 1-6）。

此方法中，評估小組之主觀判斷是本方法之唯一投入，由於本法僅需耗用少量資源，因此，在一個計畫的設計階段較有能力從事反覆的評估，並修正設計一直修正到一計畫案被接受為止（Clark et al. 1980）。

此方法能考慮到某計畫之一階（實質的）影響及二階（對人類）影響，雖然此方法包括了二階的影響，但其給分方式並不能詳細的分析二階影響，而且在序列分數相加或相乘的過程中，損失了許多資訊（Skutsch & Flowerdew, 1976）。

(2) 要素互動矩陣（Component Interaction Matrix；CIM）

CIM 法是由 Ross（1974）所發展，首先用於評估英屬哥倫比亞 Nanaimo 河口木材轉運站之五個替選方案。在 CIM 中，一組環境要素是沿著水平及垂直兩軸排列，並且元素間之相依性已先界定，並以一記號標示於適當的矩陣方格裏，藉著採用網路分析及矩陣相乘，可達到 n 階相依的關係。

加拿大環境部所使用的 CIM 中，有 21 個環境要素，並且有 120 個一階相依關係被界定（圖 1-7），矩陣之操作一直到出現第五階相依關係出現為止，由矩陣自乘過程中之資料，可發覺兩要素間之最短聯結關係。此外，還運用一矩陣來表示各不同替選方案

一階環境影響（實質的）

+3	+1	0	-1	
+2	+2	-2	-1	
-2	-3	-1	0	
+2	+3	+3		

活動因素

×

對人類影響（二階的）

-3	-2	-1	-2	
+3	-1	0	+2	
+1	-1	+2	+0	

一階環境影響

×

ω_1
ω_2
ω_3
ω_4

對人類影響的相對加權向量
(權數)

=

i
i
i
i
...

加權後對人類影響向量

\sum_i

加權後對人類影響向量

i
i
i
i
...

=
總分
(總影響)

圖 1-6 Peterson 矩陣法步驟

資料來源：Peterson (1974)

對所有一次相依性的影響，此種影響皆以一序列性的尺度(0-3)來表示。

由圖 1-8，可知本研究只限制於生物物理環境。雖然要素是一組特定的組合(如：風及潮汐植物)，但此二元系統並不提供其間互動之重要性及大小之指標。矩陣相乘的過程並不複雜，但對較大的矩陣則需使用電腦協助計算。雖然最短聯結路徑矩陣能說明任兩元素之相關性，但仍無法展示其聯結之結構。

CIM 是少數分析間接影響的方法之一，且最短路徑矩陣有助於了解整個結構複雜的環境系統，因此CIM，可視為一種功能性的環境影響分析技術，但在界定間接影響及評估作業前，有必要再進一步地修正。

Ross (1976) 曾應用修改後的CIM分析Nanaimo港口的五個替選方案。他使用一組判斷後的加權數置於CIM之直接相依性中(如圖 1-7)，並且使用心理計量技術成對比較法及非計量的多元評分法，將這些分數標準化，對各種相依性影響之等距值亦用同樣的方法獲得(標準化)，然後，再將相依的權數及影響分數組合並加總，以獲得一全面性的指標。此方法實際上是一種加權評分矩陣。Ross 所得之結論與原先專家委員會法獲致的結論一致。

(3)投入一產出矩陣 (Input-Output Matrix)

投入一產出之研究是利用一已知經濟系統下各部門間之生產關係來分析各部門之產出水準 (Leontief, 1970)，其分析之重心是一種要素互動矩陣的形式，而要素則是經濟環境的生產及消費部門，要素間的相依性可以轉換成投入產出係數矩陣，此係數矩陣可反應所有部門間的相互關係。投入一產出矩陣一般是用來偵測經濟系統中，任何一個(或多個)部門生產力之變遷所造

水	水	陽	潮	陸	細	昆	幼	甲	螃	其	皮	低	水	肉	鳴	海	丘	水	陸
風	溫	光	汐	上	菌	蟲	小	魚	蟹	他	拉	地	鳥	食	鳥	鳥	陵	中	上
流			植	植			動			甲	斯	鳥	鳥	鳥	鳥	鳥	鳥	乳	乳
			物	物			物			殼	基						類	動	動
										類	魚							物	物
/				/															
/	/	/																	
/		/	/																
		/			/	/										/	/	/	/
		/		/	/		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
/	/	/		/	/	/													
/		/		/	/			/	/	/	/	/							
/		/		/	/														
		/		/															
		/		/															
		/		/			/	/	/	/	/	/							
				/		/	/	/	/	/	/	/							
				/		/			/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
				/		/		/	/	/	/	/							
				/		/		/	/	/	/	/							
				/		/													
				/				/	/	/	/	/							
				/				/	/	/					/		/		

圖 1-7 Nanaimo 河口要素互動矩陣（一階相依性）示意

資料來源：Lands Directorate, Environment Canada (1974)

水 流	風	水 溫	陽 光	潮 汐 植 物	陸 上 植 物	細 菌	昆 蟲	幼 小 動 物	甲 魚	螃 蟹	其 他 甲 殼 類 動 物	皮 拉 斯 基 魚	低 地 鳥	水 鳥	肉 食 鳥	鳴 鳥	海 鳥	丘 陵 鳥 類	水 中 哺 乳 動 物	陸 上 哺 乳 動 物	
4	1	4	3	4	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4	3	水 流
3	3	3	2	3	1	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	3	2	風
1	1	4	1	4	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4	3	水 溫
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	陽 光
1	2	1	1	5	3	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	5	4	潮 汐 植 物
2	2	2	1	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	1	陸 上 植 物
2	2	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	細 菌
1	1	1	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	昆 蟲
1	2	1	2	1	2	1	2	2	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	幼 小 動 物
1	2	1	2	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	甲 魚
2	2	1	2	1	3	2	2	1	1	2	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	螃 蟹
2	2	1	2	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	其 他 甲 殼 類 動 物
2	2	1	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	皮 拉 斯 基 魚
2	2	1	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	3	3	3	3	低 地 鳥
2	2	2	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	水 鳥
2	2	2	2	2	1	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	肉 食 鳥
2	2	2	2	2	1	2	1	2	1	2	1	1	1	3	2	2	2	2	3	2	鳴 鳥
2	2	2	2	2	1	2	1	2	1	1	1	1	1	3	2	2	2	2	3	2	海 鳥
2	2	2	2	2	1	2	1	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	2	丘 陵 鳥 類
2	3	2	3	2	3	2	2	2	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	水 中 哺 乳 動 物
2	3	2	2	2	1	2	2	2	1	1	1	2	2	3	1	1	2	1	3	2	陸 上 哺 乳 動 物

圖 1-8 Nanaimo 河口要素互動矩陣（最小連結線矩陣）示意。表中方格之數目表示兩元素間最短連結數，數字為 0 代表不具相關性，數字為 1 則代表其相關性為直接的，數字愈大則代表其相關性之間接性程度愈大。

資料來源：Lands Directorate, Environment Canada (1974)

成的影響，分析的過程則涉及矩陣之相乘及反矩陣之運算。

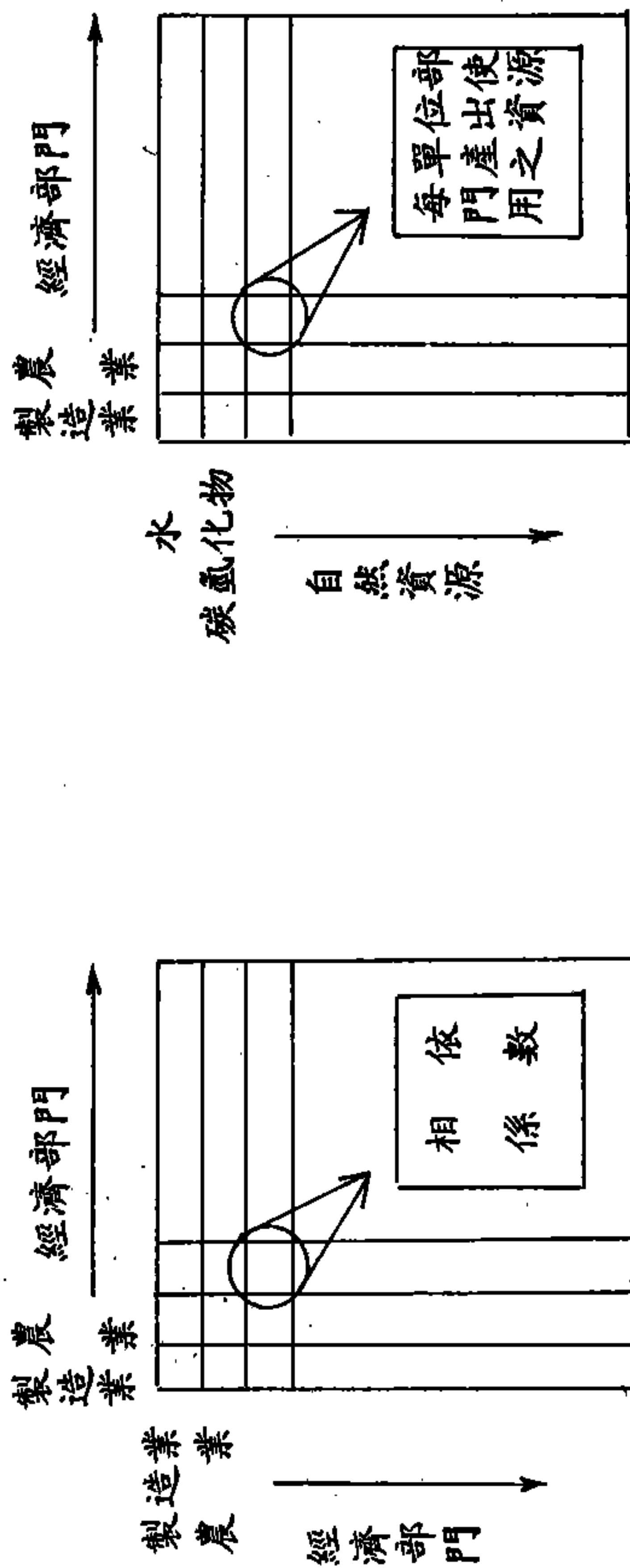
傳統上，經濟及環境的評估研究是分開的，但社經環境及生物物理環境是有關的，而且經濟環境實際上是廣義人類環境的一部分，此等觀念，促使了環境影響評估，應包括經濟分析（Jain et al. 1977）。此外，許多經濟活動對環境的影響涉及利用有價值的自然資源，而此等資源成本並沒有計算在生產貨品的最終價值裏（Hjalte et al. 1977）。

Leontief（1970）曾經藉著相關部門所產生的廢棄物來調查經濟活動對潛在污染的影響；Hite及Laurent（1971）亦曾詳細調查經濟活動對環境的直接及間接影響。分析的方法是建立一環境聯結矩陣，用來量化經濟活動對生物物理環境之流量關係。由經濟部門之投入—產出矩陣乘以環境聯結矩陣得到經濟活動改變對自然資源之影響（見圖1-9），此外，Isard et al.（1972）、Lee and Fenwick（1973）亦曾從事類似之研究。

投入—產出分析在環境影響評估中甚少使用，因使用此方法必須耗用甚大之成本來建立投入—產出矩陣，且傳統（或修正後）之矩陣結果，仍必須在資源流量可用來代表環境影響之前說明清楚。值得注意的是此方法可以用來表示一種高階的影響。

1.2.4 網路法

先前提到表象式矩陣在任何特定的架構裏僅可清楚的顯示一階的互動關係，而網路法則可在二度空間裏利用方向圖來展示更高階的聯結。圖1-10(a)中要素互動矩陣法僅標記直接的相依關係，但網路法在同樣的系統裏可追溯完全聯結關係（見圖1-10(b)）；如同表象式矩陣一樣，網路法亦有兩種不同的型態；一種是追溯不同計畫行動之因果關係，另一種則是追溯—已界定的系統中，各元素間之高階相依性。第一種網路法如Warner and Preston之網路法、階梯式矩陣（



(1)投入—產出係數矩陣

(2)環境聯結矩陣

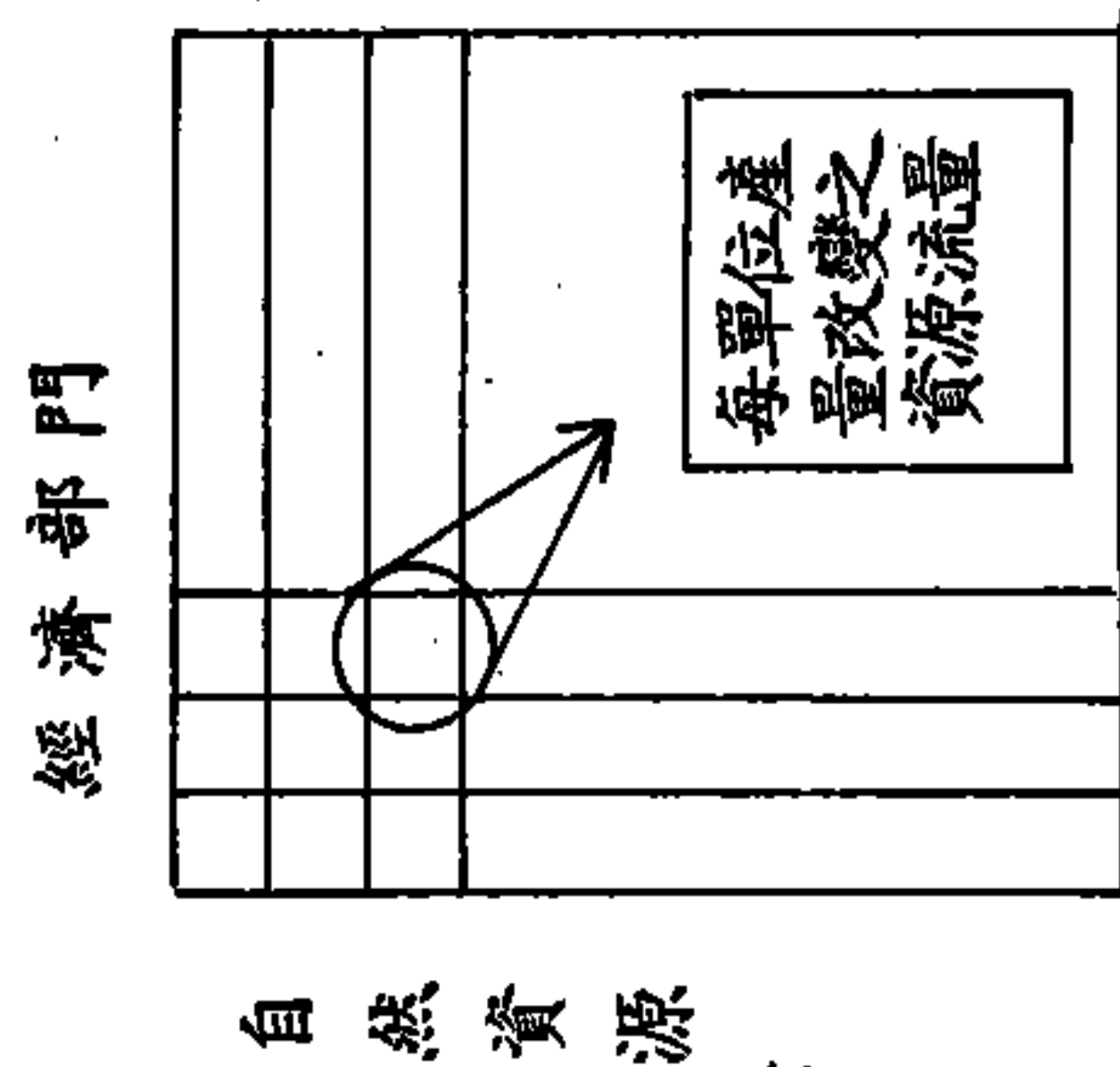


圖 1-9 Hite and Laurent 矩陣示意

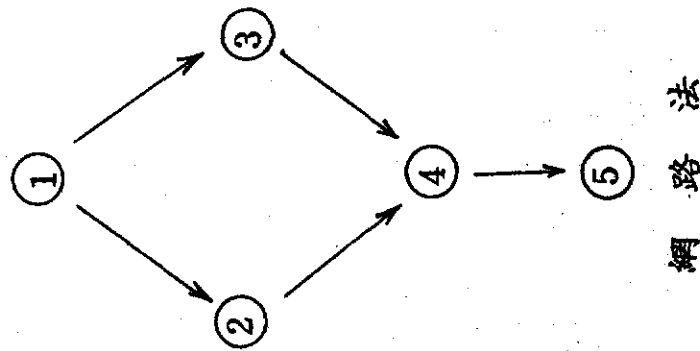
資料來源：Hite and Laurent
(1971)

(3) 每單位經濟活動改變對自然資源之影響
 $((3) = (2) \times (1))$

(a) 支持性元素 (Supporting Components) (b)

	1	2	3	4	5
1		/	/		
2				/	
3				/	
4					/
5					

依賴性元素 (Dependent Components)



元素互動矩陣法

網路法

圖 1-10 網路法示意
網路法可展示出由元素互動矩陣導出之
高階聯結結構

資料來源：Sorensen, (1971)

Canter, 1977) 及流量圖 (Munn, 1975) 等, 第二種網路法如系統圖 (Bisset, 1980)。

1 Sorensen 網路法

Sorensen 發展的網路技術 (Sorensen, 1971) 可能是用來檢視高階影響中最著名的一種方法, 圖 1-11 為 Sorensen 所設計網路法的一部分, 用以表示加州某一段海岸線不同土地使用型態對環境可能產生的影響, 三種供選擇之土地使用發展涉及四種一階的影響, 圖中並包括所需配合的減輕環境影響之措施。對某一特定之環境影響分析而言, 必須事先決定圖之形式及圖之形式及內容, 而對環境及替選方案之發展與應用則受到資料之可獲性及參考的路網所限制。Sorensen 網路法一般祇能分析到三階及三階以下之影響, 且網路的影響並不以任何計量的方式評分, 因此無法直接比較評估 (Munn, 1975)。

Clark et al. (1978a) 曾比較 CIM 及網路法對二階影響之說明, 但卻無法說明何者較優, 雖然網路法提供了較多的資料, 但 CIM 則較精簡並易於處理。

2 系統圖法 (System Diagram)

本法是由 Gilliland and Risser (1977) 根據 Odum (1971), 之能量網路圖發展而成的。Gilliland 及 Risser 使用自由的格式來描述系統元素之重要性, 而對於方向上的相依性則是以適當的能源轉換單位 (如: 卡、分貝、居禮等) 予以量化表示之 (圖 1-12)。

此種方法是用來協助環境影響分析者組合各種計畫行動對環境產生的影響的衡量結果, 並協助與資訊使用者溝通 (Gilliland and Risser, 1977)。它與上述的網路法具有同樣的缺點 (Bisset, 1980); 此外, 相依性的量化限制僅應用於生態系統, 並且非常依賴資料的可獲性 (Clark et al. 1978b)。雖然具有上述的缺點, 但系統圖法摘列了許多基本資料, 如果能更進一步的研究, 則系統圖

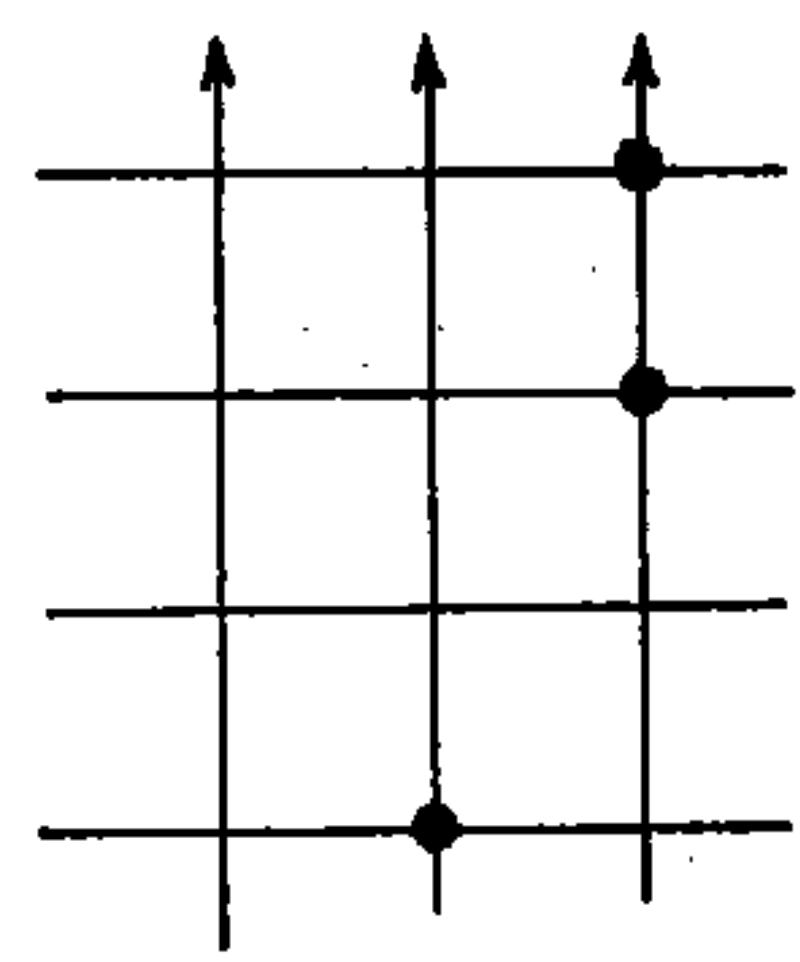
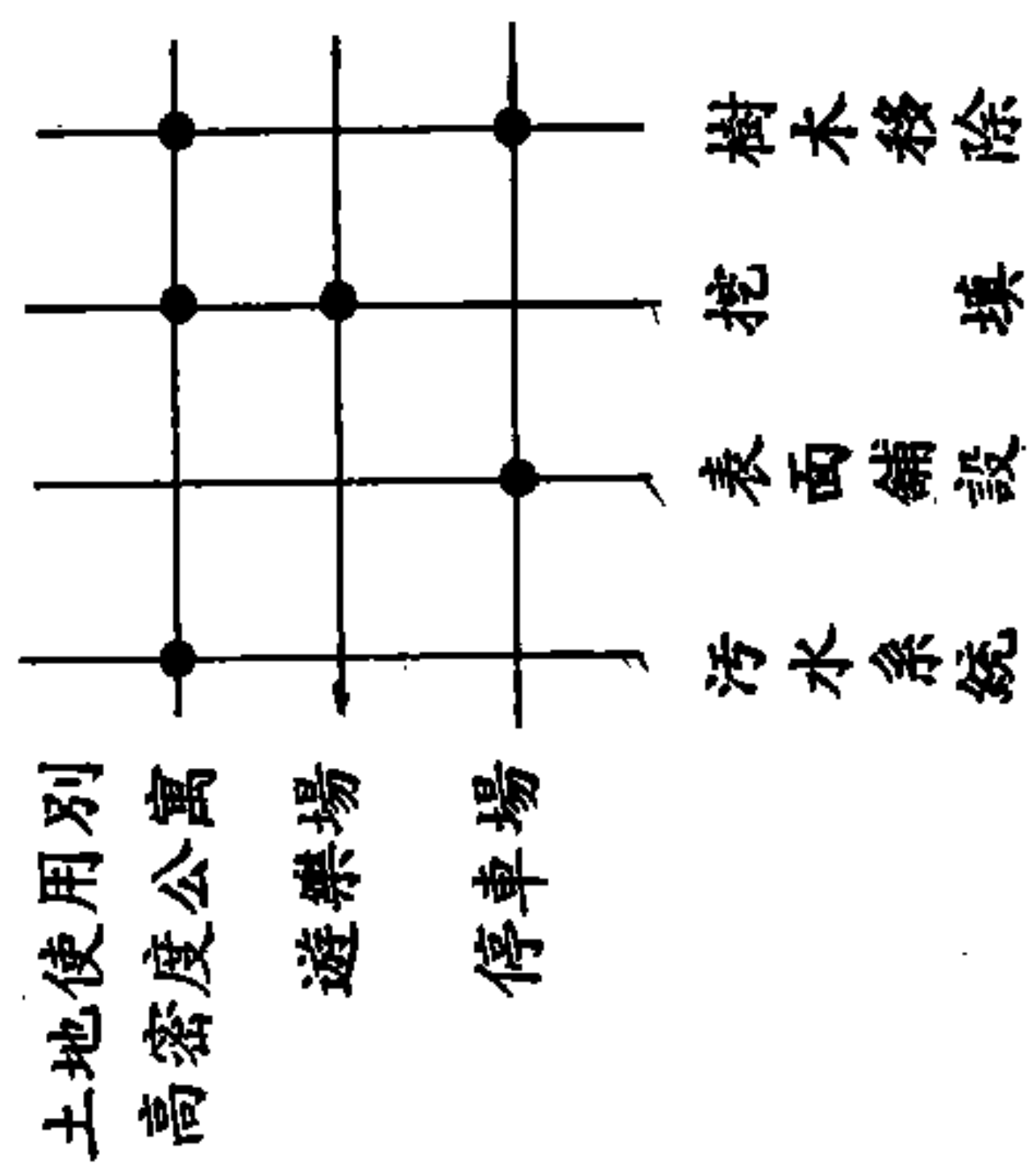


圖 1-11 Sorensen 網路法示意
用來表示不同的土地使用
型態及可能產生的影
響

可能產生的負面影響

(一階影響) 起始狀況	二階影響		三階影響	
	增加地表逕流	洪害	冲刷	刷
	地下水污染	供水品質降低	危害健康	危害健康
	表土移除	減低生產	植物死亡	植物死亡

補救的行動

	景觀花園		
	種植灌木		

控制的機能

	建築法規		

資料來源：Sorensen ,(1971)

法能發展成更詳盡的模式(Barlie , 1978)。

1.2.5 製圖的技術(Cartographic Techniques)

疊圖法之觀念是由 Ian L. McHarg (1969) 所發展的, Warner 及 Preston (1974) 認為此種方法對於區域性或線型寬度的計畫是最有價值的一種分析方法。

疊圖法可應用於運輸走廊選線, 例如美國紐約市的一條長達 5 英哩的道路, 稱為李察曼景觀道路(Richmond Parkway), McHarg 共考慮了十六種自然環境特性(如表 1.3) 包括: 坡度、地表排水、土壤排水、岩床基礎、土壤基礎、浸蝕敏感地、地價、洪害、歷史價值、景觀價值、娛樂價值、水體價值、森林價值、野生動物價值、居住價值、機構價值等。每種特性其適合程度分成三級, 每種特性在空間上之分佈被繪製於一組透明圖上(如圖 1-13、1-14), 最後將各種透明圖重疊後, 稱為“最小社會成本路線(Minimum Social Cost Alignment)。(見圖 1-15)

疊圖法之有效性依賴所選擇環境的型態及數目, 一個可讀的組合圖所重疊的透明圖約限制在 10 張左右(Munn , 1975); 但由於電腦系統之輔助, 使得此法更有能力分析較多的環境特性, 因而增加了本方法的有效性。在一個電腦化的分析裏, 參數可以在特定的方格上評分而予以量化, 此外, 還可應用加權評分的方式處理。雖然電腦化疊圖分析擴大了所需的資料及資源(成本), 但對於環境管理, 有一般性的應用能力, 且可形成一廣泛的資料庫供初步的環境影響分析(Warner and Preston , 1974)。

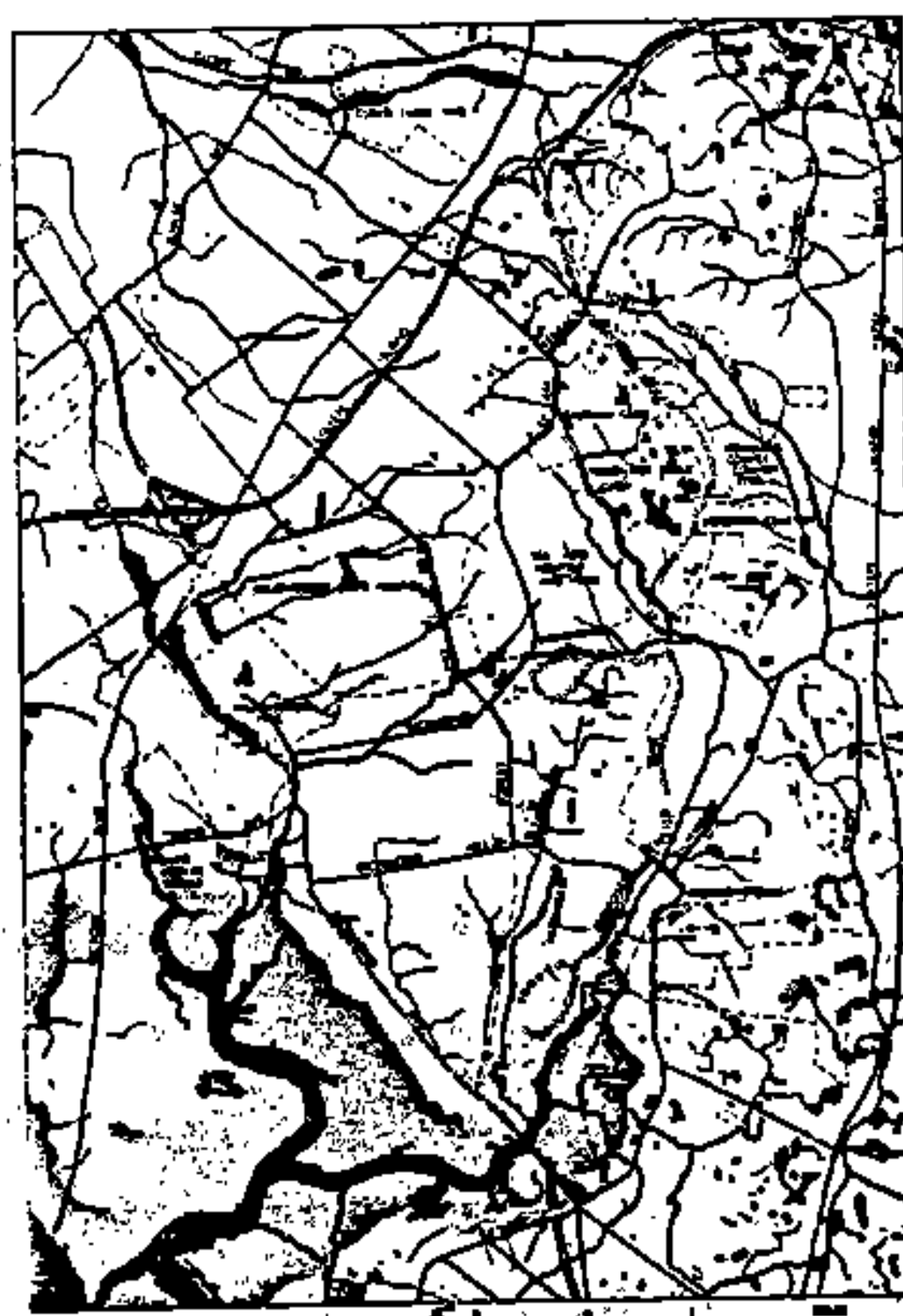
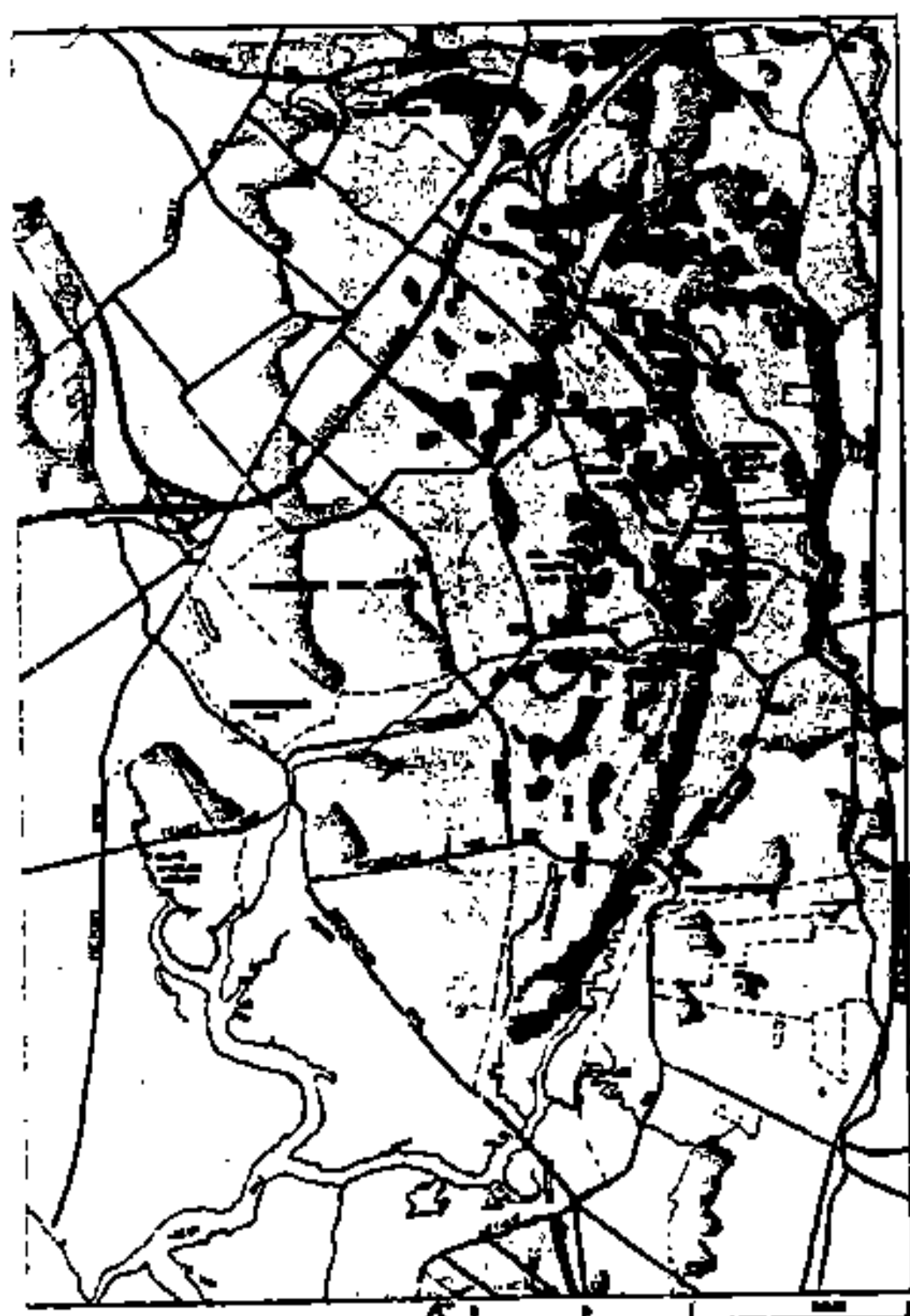
疊圖法雖然以一簡要及易於表達的地理圖, 說明環境特性及影響之程度與分佈空間, 但卻無法反應可能的二階影響(Cook , 1977)。

除了上述各方法外, 其他的方法尚有模型法(Modelling Procedures), McAllister (1982) 再納入傳統的成本效益分析、計

表1.3 McHarg 應用於李察曼景觀道路評估之自然環境特性及其分類

坡度	洪 害
分區1：坡度 $> 10\%$ 之地區 分區2：坡度介於 $2.5\% \sim 10\%$ 之地區 分區3：坡度 $< 2.5\%$ 之地區	分區1：1962年度大風雨淹水地區 分區2：暴風浪侵襲地區 分區3：洪水線以上地區
地表排水	景觀之價值
分區1：地表水特徵—河流、湖泊、水塘 分區2：自然排水通道及限制排水的地區 分區3：缺乏地表水或顯著的排水管道	分區1：擁有景觀要素之地區 分區2：擁有高景觀價值之開放空間 分區3：低景觀價值的都市化地區
土壤排水	娛樂價值
分區1：塩灘地、沼澤地、排水性差的低地 分區2：高水平面之地區 分區3：內部排水性良好之地區	分區1：公共開放空間及機構 分區2：擁有高潛力之非都市化地區 分區3：低娛樂潛力之地區
岩床地基(基礎)	水體價值
分區1：最不利於公路之沼澤地，極端低的受壓強度 分區2：白堊紀的沉澱物、沙土、泥土、砂石及頁岩 分區3：結晶岩，如蛇紋岩、玄武岩是最適合的地基	分區1：湖泊、水塘、河流及沼澤地 分區2：主要河流及重要河流之流域 分區3：次要河流及都市化河流
浸蝕之敏感地	森林價值
分區1：所有坡度 $> 10\%$ 且碎石砂壤~好的砂質壤土 分區2：碎石砂或泥壤土，且在細砂及堅硬的砂質壤土上，坡度 $> 2.5\%$ 之地區 分區3：其他的土壤，擁有較好的結構及平坦的地形	分區1：高品質之森林及沼澤地 分區2：所有其他之森林及沼澤地 分區3：非森林地
土地價值	野生動物價值
分區1：每平方英尺之價格 $> \$ 3.50$ 元 分區2：每平方英尺之地價介於 $2.50 \sim 3.50$ 元之間 分區3：每平方英尺之地價 $< \$ 3.50$ 元	分區1：最佳品質之動物棲息地 分區2：次要品質之動物棲息地 分區3：缺乏動物棲息之地區
土壤基礎	居住的價值
分區1：對公路不利之泥、黏土，具有不穩定及低壓實的強度 分區2：砂質壤土，碎石多砂~極佳的土壤 分區3：碎石砂壤或細泥砂壤，碎石~堅硬的砂質壤土	分區1：市價 $> \$ 50,000$ 分區2：市價介於 $25,000 \sim \$ 50,000$ 分區3：市價 $< \$ 25,000$
	機構之價值
	分區1：最高價值 分區2：中間價值 分區3：最低價值
	歷史價值
	分區1：當地具歷史性的地區 分區2：具歷史性的地標 分區3：不具歷史性的地區

資料來源：McHarg(1969)



坡度圖

地表排水圖



岩床基礎

土壤基礎

圖 1-13。影響道路建造成本之特性圖

資料來源：(Ian McHarg p.36. 1969)



景觀價值圖



娛樂價值圖



森林價值圖



野生動物價值圖

圖 1-14 高優先自然及社會特徵地區特性圖

資料來源：(Ian McHarg p.39. 1969)



圖 1-15 McHarg 推薦的兩條最小社會成本路線方案
資料來源：(Ian McHarg , 1969.p.4)

畫資產負債表、目標達成矩陣法等法統稱為“環境規劃的評估方法”，茲分別介紹如下：

1.2.6 模型法

環境影響分析模型簡化地表示計畫活動所可能產生之環境影響狀況 (Munn, 1975)。先前所介紹的環境分析方法，有些即是模型，如要素互動矩陣法，就是在一特定的環境裏，簡化地表示元素及其相依性元素之關係。

雖然有許多不同層次的模型，如觀念性的、描述性的、實體的或數學的模型，其中以數學代表的動態模型是最值得做進一步的研究 (Reichle, 1975)，

建立模型需耗用甚多的時間與人力，因此，目前所使用的環境影響分析模型皆是應用先前已建立完成的。Reichle (1975) 認為生態系統模型是一種協助分析二階環境影響的有效方法；但 Kane et al. (1973) 及 Holling (1978) 却認為此種模型之產出，對於特定的環境影響分析是無法直接應用的。

雖然對於模型之使用有許多爭議，但模型進一步的修正，可用於對環境影響作更深入的分析，而系統模型可能是用來探測二階影響最有效的方法，並且幾乎是將它們量化的唯一方法。

1.2.7 成本效益分析 (本益分析) (Cost-Benefit Analysis)

成本效益分析法依據福利經濟學之理論，可做為公共投資的評估方法。成本效益分析極適用於評估長期及範圍廣大的計畫，它使用貨幣單位計算所有有關的成本及效益。效益是指人們對有形或無形產出的願付價值，成本是指機會成本。

本益分析法之主要特性可摘述如下：

- 1 主要以社會觀點評估方案之利弊，而非私人觀點。
- 2 所有本益項目，試以同一貨幣單位予以衡量比較。

3. 特別強調益本事項產生的時間性質，將各不同時間所產生之本益，折合成某同一時間之相對價值俾便於比較或運算。
4. 慮及各益本項目產生之機率性或風險性。
5. 本益分析一般係依淨現值 (Net Present Value)、內部報酬率 (Internal Rate of Return)、益本比 (Benefit-Cost Ratio) 等大小作為決策之依據。

本益分析法是一種計畫評估的工具，可視為整體評估過程的一部分，並非評估的整體程序，以往我國所稱的益本分析，實非真正的益本分析，除少數的道路建設（如北部第二高速公路）考慮部分外部本益外，其餘只考慮內部的本益。其後發展的計畫資產負債表法、目標達成矩陣法等，皆在於改良本益分析未能將所有效應價格化之限制。

1.2.8 計畫資產負債表法 (Planning Balance Sheet)

此方法最初是由Lichfield (1970)所提出，其擴充了益本分析之應用範圍，幾乎所有含在各種計畫或行動方針中的優、缺點都可以考查其影響，此方法之目的在使決策者能夠選擇最能達成目標的計畫。

計畫資產負債表法是將每一計畫視作一連串（一系列）的個別發展方案。對每一發展方案將有關的生產者、營運者和消費者都開列出來（不論公或私）。每一發展方案所引起的費用與效益，及它們對都市中每一階層的影響都加以估計。每一項目皆儘可能的以金額或實質單位來表示，同時無形的益本亦列於此負債表。由初步的數字或帳目再小心的加以檢查，將重複或轉化的項目刪除，然後作成一最後的資產負債表（見表 1.4 ）。

計畫資產負債表中，X、Y、Z代表生產組；X'、Y'、Z'代表消費組。£符號表示金額（英磅），M則代表實質量（如礦產出品、電力單位、每日旅次等），i代表無形的益本。用金額表示的益本要換

表 1.4 規劃資產負債表

	計 畫 甲 案			計 畫 乙 案		
	效 益		本	效 益		本
	資 本	每 年	資 本	資 本	每 年	資 本
生 產 者						
X	£a	£b	£b	-	-	£c
Y	i ₁	i ₂	-	i ₃	i ₄	-
Z	M ₁	-	M ₂	M ₃	-	M ₄
消 費 者						
X'	-	£e	£f	-	£g	£h
Y'	i ₅	i ₆	-	i ₇	i ₈	-
Z'	M ₁	-	M ₃	M ₂	-	M ₄

資料來源：辛晚教（71年）

算成資本支出或收益及年費用或收益，然後計畫甲及計畫乙的金額部分個別加總。實質單位部份用同樣單位的亦加總。如此演算的結果是每一計畫的總費用與總效益的說明；這些是用金額或其他單位來表示的，還有的則是用文字說明的無形項目。

Litchfield 認為這樣的一張表可更合理地作為選擇不同計畫的基礎。益本的測定為評估者所希望的，但並非絕對必要的，精確的說明是這方法的重要部份，使得規劃師能夠將金錢的、實質的以及無形的益本加以平衡，同時明確的指出誰是出錢者，誰是受益者。

Hill (1968) 批評 Litchfield 的資產負債表如下：如果任何目標「對整個城市或城市中的任何階層絕少價值或毫無價值的話，那麼有關這個目標的益本分析對這個城市可說毫無關係。」他引證 Litchfield 對舊金山一歷史性建築物研究中所列出的各種目標是一個很好的例子。「假如一個城市對其歷史建築物不想保存，在這種情形下，規劃師認為一紀念性建築物之消失為一種支出（費用）是不對的，雖然他個人也認為這是一種支出。」

計畫資產負債表法旨在做綜合的分析，其方向極為正確，然而，却不能使其局限在規劃所採的明顯目標範圍之內。因此 Hill 提出另一種他相信可以克服這些缺點的方法，即目標達成矩陣法。

1.2.9 目標達成矩陣法 (Goal-Achievement Matrix)

本法是由 Hill 於 1966 年在賓州大學博士論文所提出的評估方法（中國土木工程學會，73 年），其基本觀念與成本效應分析方法以及計畫資產負債表法有些類似，均在於取代傳統的益本分析評估法。Hill 之目標達成矩陣中，將所有的成本轉為負效果；目標達成的效果歸類為：(1) 有形成本及利益可以貨幣化，(2) 有形的成本及利益無法貨幣化，(3) 無形成本及利益。對於有形及無形的效果比較，Hill 提出一些不同的尺度以轉換為有效的計量：名目尺度 (Nominal Scale)

、序列尺度 (Ordinal Scale)、等距尺度 (Interval Scale)、比例尺度 (Ratio Scale)。Hill 依計畫目標的特性，予以有效歸類為各種尺度測量，而建立下列之目標達成矩陣表 (表 1.5)。

在 Hill 之目標達成矩陣表中有二組加權值：

1 目標相關加權值，決定於地區狀況及計畫之特性。2 影響對象相關加權值，決定於群體歸類對效應程度的感受性。加權數的決定對於決策過程之多項目標效應的整合非常重要，然而 Hill 的目標達成矩陣法僅略予提及，並未提出較合理的解決方法。Hill 認為目標達成矩陣法若希望有效的為決策者所接受，則成本效益分析中有形、無形的效應如 A、H、D、J、……應儘量化為單一向度貨幣量測單位。有形及無形效應的整合，很難令決策者信服，Hill 將目標達成效果歸類為四種，配合上述之四種尺度的測定，而分別計算替選計畫之各類總效果，以做比較分析。Hill 此種以不同尺度來測度效應，以比較分析的概念，適用於環境外部效果的評估，然而對於決策過程仍將難有幫助。

表 1.5 目標達成 (評估) 矩陣

目標	a			β			γ			δ		
相對權數	2			3			5			4		
影響範圍	相對 權數	成本	利益	相對 權數	成本	利益	相對 權數	成本	利益	相對 權數	成本	利益
團體甲	1	A	D	5	E	-	1		N	1	Q	R
乙	3	H		4	-	R	2		-	2	S	T
丙	1	L	J	3	-	S	3	M	-	1	V	W
丁	2	-		2		-	4		-	2	-	-
戊	1	-	K	1	T	U	5		P	1	-	-
		Σ	Σ					Σ	Σ			

資料來源：Hill, A Goals-achievements matrix for evaluating alternative plans

JAIP 1968.

第二章 方法與技術之特性比較與選用原則

本節主要目的在於說明各種環境分析方法與技術在規劃過程中之功用，並比較各種方法之特性及選用之原則。

2.1 環境評估之功用

環境評估在整個評估過程中，可分為兩部份：第一部份為分析（Analysis）的過程；第二部份為綜合（Synthesis）的过程，（如圖 2-1 所示）。

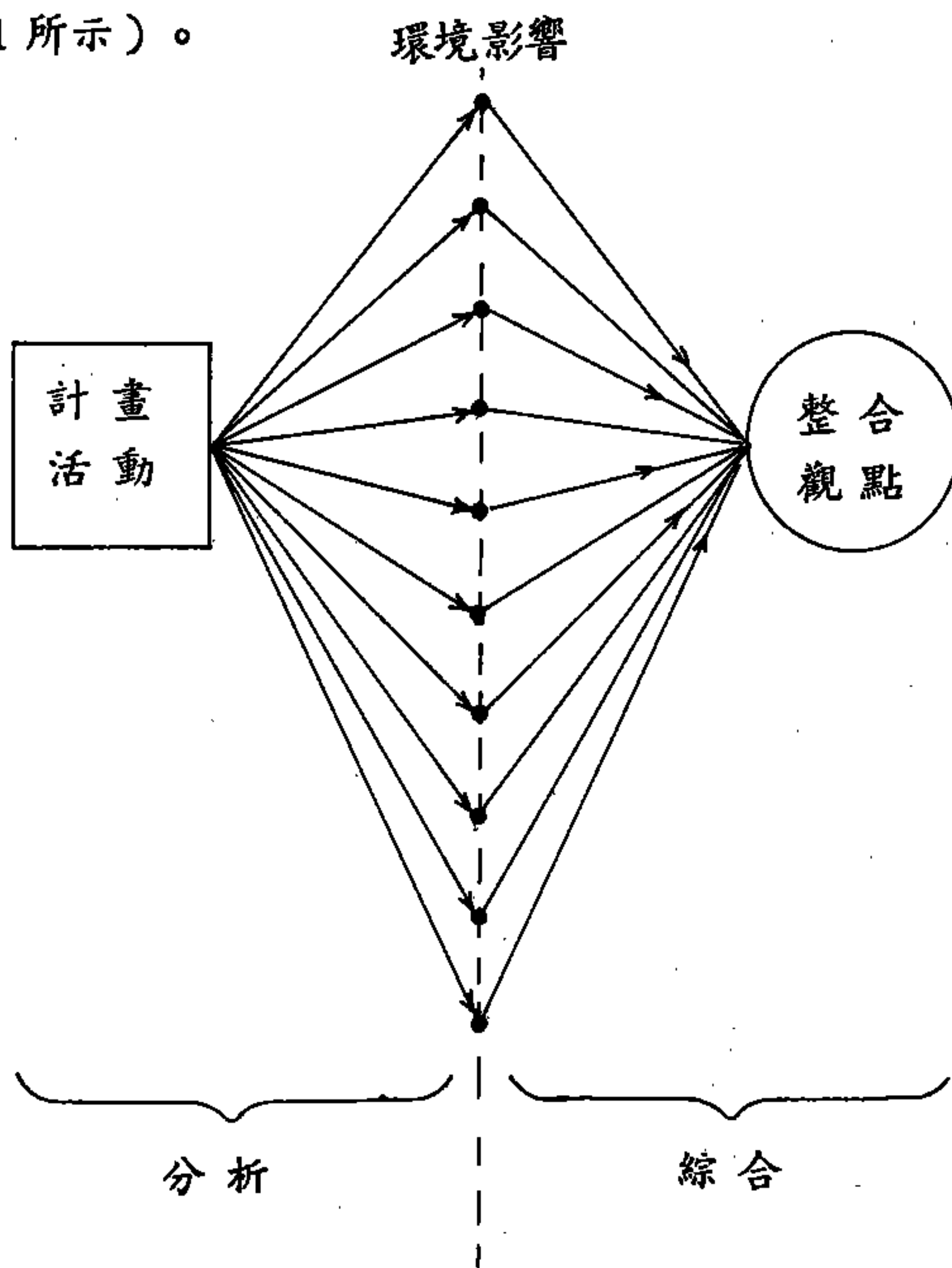


圖 2-1 環境影響分析的二個階段

在第一個階段裏，分析的過程是對一項計畫行動所產生的可能影響，予以明確界定並應用科學方法予以估計，可說是較偏重於客觀的分析；第二個階段則是將各種分析的結果利用正式（評分的方法）及非正式的（判斷的）方法加以整合成一綜合指標，以利評判計畫行動之優劣，此階段是較偏重主觀的方式。

環境評估作業在整個規劃過程中之應用可分為設計中（In-Design）及設計後（Post-Design）之評估；在整個規劃過程中之功用則包括下列功能（詳見圖 2-2）

- 1 協助界定問題。
- 2 設計解決問題的替選方案。
- 3 協助作決策及執行。
- 4 監測執行結果並提供回饋。

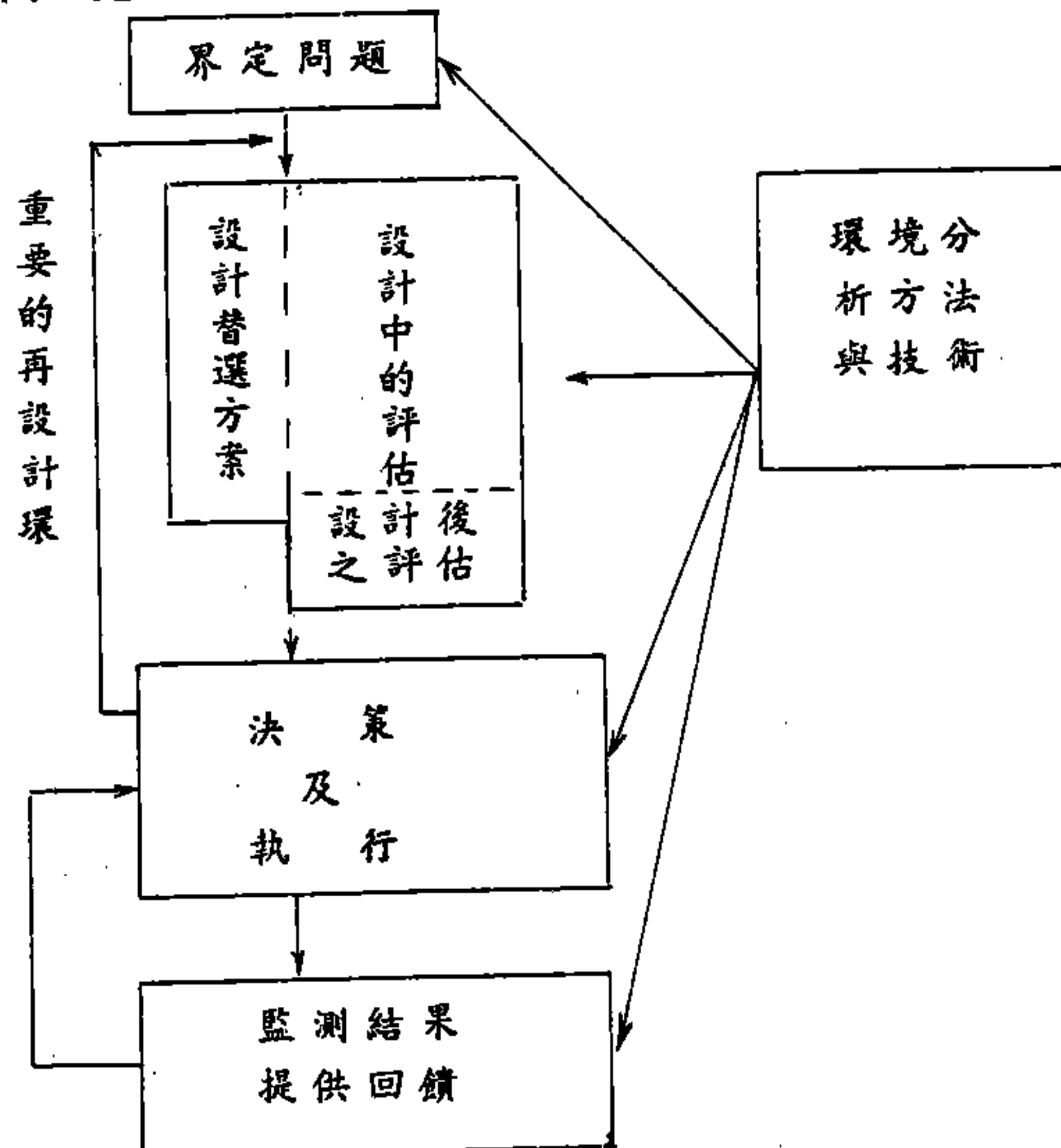


圖 2-2 環境分析在規劃過程之功能

2.2 環境評估方法與技術之特性

不同的環境分析方法皆有其本身的特性，本節試圖引用不同的特性，將各種方法分類比較，做為進一步選用分析方法之依據。

1 特性的描述

各種方法可藉著回答下列幾個問題來顯示其特性：

—— 用來估計及報告之內容及項目是什麼？

—— 影響的大小如何估計？

—— 如何衡量這些影響的相對重要性？

(1) 影響的分類及描述

選擇影響分類的一項基本原則是“周延及互斥”，亦即內容不可重複（避免重複估算）並且必須包含所有的重要影響。在描述影響時，某些方法——特別是對某些環境考慮特別努力——重點放在手段上技術上的衡量，例如：空氣及水污染、土壤、地形、地質、水力、生態條件等，這些項目的重要性不能獨立的與其目標分開判斷，此種衡量的型態稱為“技術的衡量”（Technical measurement）；另一種“非技術的衡量”（Non-technical measurement），主要是指政府方案目標的衡量，例如：空氣及水污染的例子中，其污染標準可形成用來篩選方案的基礎。

(2) 影響大小之估計

一般而言數學及統計上之步驟代表影響大小估計的理想方法。但在一些案例中，必須用專家判斷來取代，例如①缺乏有效科學的方法時；②資料缺乏時；③當時間及成本有限時。

(3) 衡量的評分

評分的來源所包括：市場價格、專家判斷，可衡量的實質特性。衡量的單位包括：貨幣、分數（票數）、及能量等為最常用；評

分的型態則包括：簡單的評分、固定“價值權數”、變動加權評分等。

2 各種方法的特性

各方法之特性如：衡量的型態、估計影響的方法、決定評分的來源、衡量的單位、及評分的型態等可歸納如表 2.1 所示。

3 方法選用之準則

環境影響分析方法之選用是隨個案而異，隨著研究計畫特性、地區大小、資料、預算等，有所不同，一般的準則如下：

(1) 系統的 (Systematic)

方法必須具系統性，有其步驟可依循，亦即不同的人依循同樣的步驟可獲得同樣的結果。

(2) 簡單性 (Simple)

所選擇的方法必須不太複雜，不致於祇有少數人能使用或瞭解。

(3) 迅速性 (Quick)

採用的方法必須在合理的時間限制內有能力獲得答案。

(4) 經濟性 (Inexpensive)

所選用的方法必須在合理的預算內有能力提供有用的資訊。

(5) 立法上可接受的

採用方法之主題必須符合不同立法及行政上的要求。

(6) 綜合性 (Comprehensive)

所選用的方法必須有能力考慮到協助做決策所需之各項因素。

表 2.1 環境分析方法與技術之特性比較

分析技術與方法 特性分類	專家 委員會	簡單及 描述檢核表	評點 檢核表	加權 評點檢核表	(EES) 像式矩陣	數學 矩陣	網路 法	製圖 法	模型 法	成本 效益 分析法	計畫 資產 負債表 法	目標 達成 矩陣法
● 衡量的型態－技術性的			●	●	●	●	●	●				
－非技術性的									●	●	●	
－任 －												●
－未說明(或無)	●	●										
● 估計影響之－科學的 方法									●	●		
－判斷的	●	●			●							
－任 －			●	●		●	●	●			●	●
－未說明(或無)												
● 評分的來源－專家判斷			●	●	●	●		●			●	
－市場價格										●	●	
－實質特性									●			
－未說明(或無)	●	●					●					●
● 評分的衡量－貨 幣 單位										●	●	
－點或票數			●	●		●		●				●
－能 源									●			
－未說明(或無)	●	●			●		●					
● 評分型態－簡單法			●					●				
－固定權數						●			●			●
－變動權數				●						●	●	
－未說明(或無)	●	●			●		●					

第三章 道路規劃環境分析方法之建議

由第一章環境影響分析方法之介紹及第二章環境分析方法之特性比較得知，沒有一種環境分析方法顯著優於其他的環境分析方法，在實際分析道路建設之環境影響時，必須基於計畫之層次、地區之特性、分析精度之要求，可用人力、資源、時間、資料之可獲性等諸多因素來決定環境分析的方法。

國內目前對道路規劃之環境評估多偏重於方案設計後的環境影響評估，而其所採用的方法則包括疊圖法、檢核表法、矩陣法與專家委員會法。為避免與本文所提到之環境評估產生混淆，在建議道路建設之環境評估方法前，有幾項運輸規劃與環境分析之觀念必須先予提出說明，以避免誤導，並有助於道路建設環境分析方法的施行。

1 運輸規劃方案層次與環境影響分析之關係

運輸規劃之方案包括：運具方案（Mode Alternatives）、公路運輸走廊方案（Corridor Alternatives）、位置方案（Location Alternatives）、細部定線方案（Alignment Alternatives），各運輸方案之關係如圖 3-1 所示。

一般而言，方案之範圍自運具、走廊、位置、細部定線，是由大而小，而環境分析的精度要求則反是（即由粗略至精細）。

2 方案設計中與方案設計後之環境分析

各層次之替選方案之形成過程中，環境影響分析能協助形成替選方案，稱為設計中之評估（In-Design Evaluation），方案形成後之環境影響分析，稱為設計後之評估（Post-Design Evaluation）。

3 環境評估在道路規劃之功能

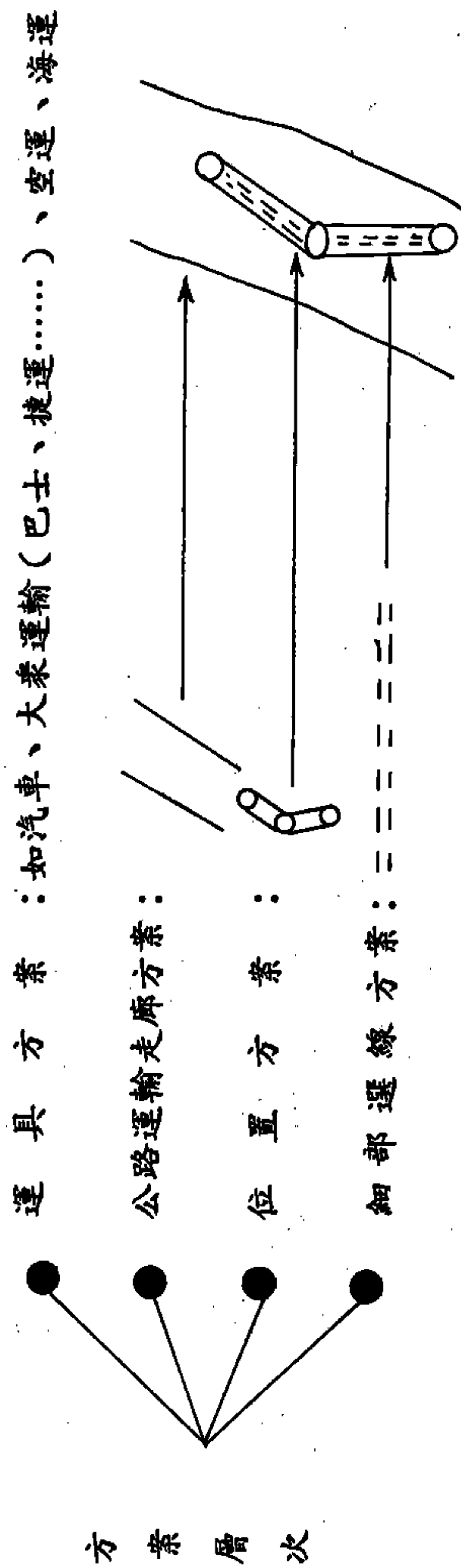


圖 3-1 公路運輸計畫方案層次

根據本文第二章知環境影響分析在規劃過程中之功能包括：協助界定問題、運輸方案設計中及設計後之評估、協助決策及執行、監測計畫執行結果並提供回饋修正。

4. 環境影響評估在道路規劃過程之角色

根據正文第二章第二節之環境影響評估與道路計畫之探討及國內目前之環境影響評估報告可知，環境影響評估之提出是在運輸規劃的系統規劃階段之後的位置計畫（Location Plan）之階段。

依上述四點觀念及本研究所建立的道路規劃環境分析架構，本研究建議道路規劃環境分析的方法如表 3.1。

在實際道路建設之方案，也許不如上表層次如此分明，有時是幾種層次的方案加以合併，但環境分析的要求精度一般却是由上至下漸增的，環境分析方法與技術之採用可依據資料之有無、人力、時間、經費與精度等要求及計畫特性予以聯合運用。

註譯：

註一：計畫開發活動對環境所產生的影響，可分為直接影響及間接影響；直接的影響一般稱為主要影響（Primary effect）或一階影響（1st-order effect）；間接的影響一般稱為次要影響（Secondary effect）或高階影響（Higher-order effect）；間接的影響包括二階（2nd-order）、三階（3rd-order）、四階（4th-order）……等影響。

表 3.1 道路規劃環境分析方法 / 技術之建議

道路規劃程序	環境分析架構	建議環境分析方法 / 技術
● 目標與範圍之界定		專家委員會 簡單及描述檢核表 評點檢核表 加權評點檢核表 表像式矩陣 數學矩陣 網路法 模型法 成本效益分析 計畫資產負債表 目標達成矩陣 階層分析法 狄爾菲法
● 資料收集與分析		
● 方案研擬	土地發展潛力分析	○ ○ ● ● ●
● 方案選擇	方案評估	○ ○ ○ ○ ○ ● ● ● ● ○
● 工程描述	環境影響評估	○ ○ ○ ○ ● ○ ○ ○ ○ ○
● 方案執行		● 主要方法
● 成果監測		○ 輔助方法

附錄 台灣地區目前有關環境資料之項目及來源

類別	測定項目	測定單位及頻率	資料、出版或單位
水文	流量、雨量、含沙量 水位、水溫 地下水位、地下水用量及抽取情形	台電及水利局均有設立水文數據收集站，全省約有122個監測站，其收集數據一般是連續記錄，手動監測站之收集頻率每天一次。	水資會 水文年報
水質	除流量及水位外，並包括： 水溫 氫離子 銻、汞 濁度 硫酸鹽 氯、氟 電導度 溶氧量 總硬度 生化需氧量 PH值 化學需氧量 總固體量 鎘、鉻 懸浮固體 銅、鉛	前台灣省水污染防治所（現台灣省環境保護局）及水利局，在64條河川進行定期測計，共設171個測站，每年測度頻率2~12次。	台灣河川水質年報 、水文年報 水污染防治所
氣候及氣象	氣壓 颱風記錄 臭氧全量 氣溫 降水時數 相對溫度 蒸發量 日照時數 天氣現象 風速 初終雪日 風向 初終霜日 雲量 日射量 能見度 海水放射性 降水量 放射性降落地物	中央氣象局於全省及離島設有25個氣候及氣象監測站，平均每天觀測3~10次。台電及水利局亦因其需要而設置不同之氣象監測站。	中央氣象局每十年出版監測資料摘要，有時出版年報，颱風記錄於特別報告。
空氣品質	<ul style="list-style-type: none"> 126個普通測站： 懸浮微粒 硫化氫 落塵量 二氧化硫 煤煙濃度 流動監測車： 一氧化氮及甲烷 氮氧化物 碳氫化合物 臭氧 二氧化硫 硫化氫 落塵量 懸浮微粒 三個連續式測站： 二氧化硫 懸浮微粒 氮氧化物 相對溫度 一氧化氮 溫度 二氧化碳 風向 臭氧 風速 一氧化氮 非甲烷之碳氧化物 甲烷 總碳氫化合物 	前台灣環境衛生實驗所（現為台灣省環保局）及衛生署環保局共同監測系統包括126個普通測站，三個連續式測站及數部流動監測車（用作測度人口稠密地區及工業區附近之空氣品質）。大部分數據以每小時值為測度依據。	1957年開始，每二年出版一次測度結果，特別地區之調查研究也印有研究報告。 各地環保局。 各學術單位。

附錄 台灣地區目前有關環境資料之項目及來源(續)

資料類別	內 容	資 料 來 源
農 業	種植面積 農作物生產量 家禽生產量 林木生產量	農業年報
森 林 — 動 植 物	森林鳥類 稀有植物 森林 植物 林植物 高山植物 熱帶植物 觀賞植物 野生觀賞花木 蝴蝶 脊椎動物 蛇類 鳥類	相關出版文獻： 污染物對農作物之影響： 台灣森林鳥類之研究 台灣稀有植物 台灣樹林誌 台灣植物名彙 台灣木本植物誌略 台灣高山植物 台灣熱帶植物 台灣觀賞植物集 台灣野生觀賞花木 台灣植物總誌 台灣的蝴蝶 台灣脊椎動物誌 台灣的蛇類 台灣的鳥類 台灣土壤污染研究概況
土 地 使 用	住宅區 工業區 農業區 保護區 商業區 公共設施用地 其他	●經建會住都局(1957年以後)～ 都市及區域統計彙編 ●各都市地區都市計畫報告書及通盤 檢討 ●區域計畫(內政部編印) ●各相關研究報告 ●行政院農委會
人 口	年齡分配 教育程度 經濟特徵(就業人口) 婚姻狀況 人口密度 出生 死亡 遷移 歷年人口統計 性別 登記出生、死亡 登記結、離婚 境內遷移	●台灣地區人口統計(年刊) ●台灣人口統計季刊 ●各縣市統計要覽(年刊) ●其他相關刊物 ●各地戶政事務所

附錄 台灣地區目前有關環境資料之項目及來源（續）

資料類別	內 容	資 料 來 源
就 業	受雇人員按年齡、教育程度、地區、性別及職業分。 轉業人員按年齡、教育程度及服務年限分。 資料分析如薪資、職業、轉業原因、教育程度、年齡、服務年限、婚姻及就業率。	<ul style="list-style-type: none"> ● 勞工統計月報 ● 各業受雇員工動向及概況調查報告（年刊）。 ● 每五年一次之工商普查（行政院主計處）。
所 得	各業受雇人員每人每月平均薪資 各業受雇人平均薪資指數 歷年製造業受雇人及員工平均薪資指數	<ul style="list-style-type: none"> ● 勞工統計月報 ● 中華民國國民所得（1959年～） ● 台灣地區各人所得分配調查報告（1974年以後） ● 各職業別薪資調查報告（1980年以後）
居 住	住宅投資 住宅支出 住宅型態 有人居住單位數 住宅設備 住宅推展 國宅興建計畫	<ul style="list-style-type: none"> ● 都市及區域發展統計彙編（1975年以後） ● 住宅及都市發展局業務統計（1979年以後） ● 台灣建設統計（省建設廳，1974年以後） ● 住宅普查（每10年一次，主計處）
交 通	建設計畫 財務、法規 鐵、公路 港務、水運 民用航空站	<ul style="list-style-type: none"> ● 交通年鑑 ● 運研所 ● 省公路局
社 區 公 共 設 施	自來水 警政 消防隊 醫院 學校 衛生 廢水 垃圾 水肥	<ul style="list-style-type: none"> ● 台灣自來水公司 ● 水資源統一規劃委員會 ● 省衛生環境實驗所 ● 住宅及都市發展處 ● 都市計畫及通盤檢討 ● 各種政府統計報告、年報、介紹手冊
文 化 資 源 觀 及 光	古蹟 自然生態 風景區 遊樂區	<ul style="list-style-type: none"> ● 內政郵民政司 ● 全省重要史蹟刊於1980年之報告 ● 經濟部農林司 ● 交通部觀光局、旅遊局

註：衛生署環保局已改為環保署

附錄 台灣地區目前有關環境資料之項目及來源（續）

類 別	測 定 項 目	測定單位及頻率	資料、出版或單位
噪 音	L _d L _N L _{dN} L _{eq}	目前只有台北市政府於台北火車站前設有一噪音監測站。1964年起，政府機關及學術機關，在人口稠密地區進行噪音調查。	衛生署環保局 學術單位 經濟部
地 形 及 地 質	距離海拔高程 岩石 分析 土壤 地震資料 地形資料	台電、中油、經濟部中央地質調查所。 中央研究院地球科學研究所。 農林廳航空測量所 中央氣象局 工業技術研究院礦業研究所	各機關出版 台灣地質概論（1975）中央地質調查所彙刊（1978，1981年）地質圖（比例1：20萬）（1971,1974年）地震資料（1644年以後）。 航測圖 台電監測資料（1953年迄今） 台灣省地質調查所彙刊（1947-1966年） 石油地質（1962-1979年）

參考文獻

一、西文部分

- [1] Anderson, F.R. (1973). NEPA in the Courts: A Legal Analysis of the National Environmental Policy Act. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- [2] Barlie, D.D. (1978). Energetics and Environment Assessment. In Environmental Impact Analysis: Emerging Issue in Planning (B.L. Hutchings and R.K. Jain, eds). (Proceedings of Conference on Environmental Impact Assessment, Monticello, Illinois, 1977). Urbana, Illinois: University of Illinois Press.
- [3] Bisset, R. (1978). Quantification, decision-making and environmental impact assessment in the United Kingdom. J. environ. Mgmt 7, 43-58.
- [4] Bisset, M. (1976). Environmental Assessment in Perspective. In Environmental Impact Assessment (M. Bisset, ed.). Austin, Texas: Engineering Foundation.
- [5] Bisset, R. (1980), Methods for environmental impact analysis: recent trends and future prospects, J. environ. Mgmt 11, 27-43.
- [6] Canter, L.W. (1977) Environmental Impact Assessment. New York: McGraw-Hill.
- [7] Catlow, J. and Thirlwall, C.G. (1976). Environmental Impact

Analysis Research Report 11. London: Department of the Environment.

- [8] Chase, G.H. (1976). Matrix techniques in the evaluation of environmental impacts. In Environmental Impact Assessment (M. Bisset, ed.). Austin, Texas: Engineering Foundation.
- [9] Clark, B.D., Chapman, K. Bisset, R. and Wathern, P. (1976). Assessment of Major Industrial Applications: A Manual, Research Report No. 13, London: Department of the Environment.
- [10] Clark, B.D., Chapman, K. Bisset, R. and Wathern, P. (1978a). Environmental Impact Assessment in the USA: A Critical Review. Research Report 26. London: Department of the Environment.
- [11] Clark, B.D. Chapman, K., Bisset, R. and Wathern, p. (1978b). Methods of Environmental Impact Analysis. Built Environ. 4, 111-121.
- [12] Coates, J.F. (1976). Some methods and techniques for comprehensive impact assessment. In Environmental Impact Assessment(M. Bisset, ed.), pp. 103-127, Engineering Foundation, Austin, Texas.
- [13] Cook, P.L. (1977), Environmental Impact Analysis in the United States. Washington, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency.
- [14] Concil on Environmental Quality (1978). Environmental Quality: The Ninth Annual Report of the Concil on Environmental Quality, Washington, D.C.: United States Government Printing Office.

- [15] Dee, N., Baker, J., Drobny, N. Duke, K., Whitman, I. and Fahringer, D. (1973). An Environmental Evaluation System for Water Resources Planning. Wat. Resour. Res. 9, 523-535.
- [16] Fischer, D.W. and Davies, G.S. (1973). An approach to assessing environmental impacts J. environ Mgmt 1, 207-227.
- [17] Fischer, D.W., Wilson, J., Ericson, D., Fax, G. and Wood, D. (1978). Manual for Evaluating Secondary Impacts of Wastewater Treatment Facilities, Special Report EPA-600/5-78-003. Washington, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency.
- [18] Fuggle, R.F. (1979), Methods for Preliminary Analysis of Environmental Impact in South Africa. Cape Town: School of Environmental studies, University of Cape Town.
- [19] Furniss, P.R. (1977). Description and Manual for the Use of DRIVER: an Interactive Modelling Aid. South African National Scientific Programmers Report No. 17. Pretoria: Council for Scientific and Industrial Research.
- [20] Gilliland, M.W. and Risser, P.G. (1977). The use of systems diagrams for environmental impact assessment: Procedures and an application. Ecol. Modelling 3, 183-209.
- [21] Golden, J. Juellette, R.P., Saari, S. and Cheremisinoff, P.N. (1979). Environmental Impact Data Book. Ann Arbor, Michigan: Ann Arbor Science.
- [21] Guldberg, P.H., Benesh, F.H. and McCurdy, T. (1977). Secondary

- impacts of major land use projects. J. Am. Inst. plann. 43, 260-270.
- [23] Hart, H.T. and Gullen, P. (1976). Principles of environmental impact assessment. Search 7, 231-235.
- [24] Hill M. (1968). A Goal-achievement matrix for evaluating alternative plans, JAIP34, 19-29, 1968.
- [25] Hite J.C. and Laurent, E.A. (1971). Empirical study of economic ecologic linkages in a coastal area, Wat. Resour. Res. 7, 1070-1078.
- [26] Hjalte K., Lidgren, K. and Stahl, I. (1977). Environmental Policy and Welfare Economics, London: Cambridge University Press.
- [27] Hollick, M. (1981a). The role of quantitative decision-making methods in environmental impact assessment. J. environ. Mgmt 12, 65-78.
- [28] Hollick, M. (1981b). Environmental impact assessment as a planning tool. J. environ. Mgmt. 12, 79-90.
- [29] Holling, C.S. (ed.) (1978). Adaptive Environmental Assessment and Management. Chichester: John Wiley and Sons.
- [30] Isard, W., Choguill, C.L., Kissin, J., Seyfarth, R.H. and Tatlock, R. (1972). Ecologic-Economic Analysis for Regional Development. New York: The Free Press.
- [31] Jain, R.K. and Urban, L.V. (1975). A Review and Analysis of Environmental Impact Assessment Methodologies. Research Report

- E-69. Champaign, Illinois: U.S. Army Construction Engineering Research Laboratory.
- [32] Jain, R.K., Urban, L.V. and Stacey, G.S. (1977). Environmental Impact Analysis : A New Dimension in Decision Making. New York: Van Nostrand Reinhold.
- [33] Jain, R.K. and Webster, R.D. (1977). Computer-aided environmental impact analysis. J. wat. Resour. November, 257-271.
- [34] Jameson, D.L. (ed.) (1976). Ecosystem Impacts of Urbanization: Assessment Methodology. Ecology research series. EPA-600/3-76-072. Corvallis, Oregon: U.S. Environmental Protection Agency.
- [35] Jones, R.L. (1975). Environmental impact reports: Problems and opportunities. Civ. Engng 45, 71-73.
- [36] Kane, J., Vertinsky, I. and Thomson, W. (1973). KSIM: a methodology for interactive resource policy simulation. Wat. Resour. Res. 9, 65-79.
- [37] Kalz, L. (1953). A new status index derived from sociometric analysis. Psycho metrika 18, 39-43.
- [38] Kiely-Brocato, K.A. Buhyolt G.J. and Leuscher, W.A. (1980). An attitude scaling system with relevance for resource management, J. environ. Mgmt 10, 71-81.
- [39] Lands Directorate, Environment Canada (1974). An Environmental Assessment of Nanaimo Port Alternatives-Summary Report. Lands Directorate, Environment Canada.

- [40] Lee, T.R. and Fenwick, P.D. (1973). The environmental matrix: input-output techniques applied to pollution problems in Ontario Wat. Wat. Resour. Bull. 9, 25-33.
- [41] Leontief, W. (1970). Environmental repercussions and the economic structure: An input-output approach. Rev. Econ. Stat. 52, 262-271.
- [42] Leopold L.B., Clarke, F.E., Hanshaw, B.B. and Baldey, J.R. (1971). A Procedure for Evaluating Environmental Impact. Geological Survey Circular No. 645. Washington, D.C.: United States Geological Survey.
- [43] Lichfield, N., Evaluation in the Planning Process, Dergamon Press, 1975.
- [44] Lichfield, N., Evaluation Methodology of Urban and Regional Plans: A Review Regional Studies vol. 4, pp. 151-165, 1970.
- [45] Manning, R.E. and Moncrief, L.W. (1979). Land use analysis through matrix modelling: theory and application. J. environ. Mgmt 9, 33-40.
- [46] Matthews, W.H. (1975). Objective and Subjective judgements in environmental impact analysis. Environ. Conserv. 2, 121-131.
- [47] Mcallister, D.M. (1982). Evaluation In Environmental Planning : Assessing Environmental, Social, Economic, and Political Trade-offs, MIT press.
- [48] McHarg, I.L. (1969). Design with Nature, New York: Natural

History Press.

- [49] Ministry of Transportation and Communication (1980). Guideline Report for Preparation of Environmental Study Report. Ontario. Canada.
- [50] Munn, R.E. (ed.) (1975), Environmental Impact Assessment: Principles and Procedures. Scope Report No. 5. Toronto: The scientific Committee on problems of the Environment.
- [51] Odum, H.T. (1971), Environment, Power, and Society. New York : Wiley-Interscience.
- [52] Peterson, G.C., Gemmell, R.S. and Schofer, J.L. (1974). Assessment of environmental impacts: multidisciplinary judgements of large-scale projects. *Ekistics* 218, 23-30.
- [53] Reichle, D.E. 1975 Advances in ecosystem analysis. *Bioscience* 25, 257-264.
- [54] Ross, J. (1974). Quantification Aids to Environmental Impact Assessment. Occasional Paper No. 3. Lands Directorate, Environment Canada.
- [55] Ross, J. (1976). The Numeric Weighting of Environmental Interactions. Occasional Paper No. 10 Lands Directorate, Environment Canada.
- [56] Runyan, D. (1977). Tools for community-managed impact assessment. *J. Am. Inst. Plann.* 43, 125-135.
- [57] Shopley, J.B., Fuggle R.F. (1984). " A Comprehensive Review of

Current Impact Assessment Methods and Techniques ", Journal of Environmental Mgmt. vol. 18, pp. 25-47.

- [58] Skutsch, M. and Flowerdew, R. (1976). Measurement techniques in environmental impact assessment. Environ. Conserv. 3, 209-217.
- [59] Sondheim, M.W. (1978). A comprehensive methodology for assessing environment impact. J. environ. Mgmt 6, 27-42.
- [60] Sorensen, J. (1971). A Framework for Identification and control, of Resource Degradation and Conflict in the Multiple Use of the Coastal Zone. Berkeley : Department of Architecture, University of California.
- [61] U.S.A. Congress (1970), The National Environmental Policy Act of 1969. PL 91-190, 91 st congress, s. 1075. 1st January, 1970.
- [62] Urban, L.V. Balbach, H.E., Jain, R.K. Novak, E. W. and Riggins, R.E. (1975). Computer-aided Environmental Impact Analysis for Construction Activities : User Manual. Technical Report E-50 Champaign, Illinois : Construction Engineering Research Labortary.

二、中文部份：

- 〔 1 〕中國土木水利工程學會編行，都市及區域規劃（中國工程師手冊土木類第十七篇）科技圖書股份有限公司，73年9月六版。
- 〔 2 〕中鼎工程顧問公司，高速公路環境影響評估技術手冊，75年6月。
- 〔 3 〕行政院衛生署環保局，環境影響評估專業人員訓練計畫講義，75年。
- 〔 4 〕辛晚教，都市及區域計畫（三版），中國地政研究所印行，71年3月。