

國立交通大學

工學院永續環境科技學程

碩士論文

車輛綠色評量方法之建立

Green Rating Method for Motor Vehicles



研究生：陳嘉俊

指導老師：高正忠教授

中華民國九十七年一月

車輛綠色評量方法之建立

Green Rating Method for Motor Vehicles

研 究 生：陳嘉俊

Student : Chia-Chun Chen

指 導 教 授：高正忠

Advisor : Jehng-Jung Kao

國 立 交 通 大 學

工學院專班永續環境科技學程



Master Degree Program of Environmental Technology for Sustainability

College of Engineering

National Chiao Tung University

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master of Science

in

Program of Environmental Technology for Sustainability

January 2008

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國 九十七 年 一 月

中文摘要

車輛排氣是造成空氣污染及溫室氣體累積的重要原因之一。面對此課題，除了訂定更嚴格的管制標準，更應對新車進行綠色評量；政府部門雖有類似的評量，唯評量項目侷限於管轄項目或標準，且忽略車輛排氣對於環境的衝擊。國外雖曾以環境危害成本、消耗或污染總量等因子，評量車輛於製造及使用階段對於環境的影響程度，以作為綠色車輛評選依據，但這些方法及其所引用的數據與資訊並不適用於台灣地區。

本研究因而發展一套適用於國內車輛綠色評量程序及指標，研究方法包括車輛對環境影響分析、車輛綠色指標建立、車輛綠色綜合指標建立、車輛綠色評量等四大重點。依據車輛製造、使用、保養、棄置等四階段，分析各階段對於環境的影響程度，篩選適合的評量項目，包括能源消耗、空氣污染物、溫室氣體、材料、噪音等作為車輛綠色評量項目，且分別建立指標及計算方法。由於多項指標並不易用以比較不同車輛間的綠色評量結果，因而以資料包絡分析法及共同權重法建立車輛綜合綠色指標，以評量車輛對環境影響程度。本研究以台灣地區 2005 年 7 月至 2006 年 6 月間，銷售量前 50% 及強調環保節能之車型為案例進行車輛綠色評量，實際應用所建立綠色綜合指標進行車輛綠色評量，所建立的方法及指標預期可作為台灣地區主要車輛綠色評量之重要參考依據。

英文摘要

Vehicle exhaust emission is one of the major reasons to cause air pollution and greenhouse gas accumulation. In order to resolve these problems, in addition to establishing stringent standards, green rating of vehicles is an effective strategy. Although the government has implemented a similar vehicle rating, the items considered are primarily adopted from administrative standards, and major factors such as the environmental impacts induced from vehicle exhaust emissions were not assessed. In other countries, several vehicle green rating methods have been made available, with the environmental impacts from vehicle production and usage stages and factors such as environmental damage cost, resource consumption, and pollution quantity being evaluated. However, these methods are not applicable in Taiwan because data availability and some local characteristics are significantly different.

This study had thus developed a domestic green vehicle rating method. The method includes four major steps: analyzing various environmental impacts of vehicle, establishing green indexes, developing an aggregate green indicator, and applying the aggregate indicator to evaluate major vehicles used in Taiwan. The environmental impacts from the four stages of vehicle production, use, maintenance, and scrap were analyzed. Evaluation items such as energy consumption, air pollution, greenhouse gas, material, waste, and noise were included, and the approach for computing the index associated to each item was formulated. Since it is not easy to make the vehicle comparison by multiple green indices, the Data Envelopment Analysis and Common Weight methods were used to develop an aggregate indicator. Vehicle models selected for this study were made between July-2005 and June-2006 and their total sold volume was over 50 % of the Taiwan market. The developed aggregate indicator was applied to these vehicle models and its applicability for green vehicle evaluation was demonstrated and discussed. The proposed method and indicator are expected to facilitate the green rating analysis of major vehicles in Taiwan.

誌謝

首先感謝學校的各位老師的指導，得以有機會一覽永續環境工程領域相關知識，對工作 20 餘載的車輛環境相關檢驗測工作，有更深一層的見解，瞭解到所從事工作重要性及目前執行不足之處，由永續環境工程領域來思考、檢討車輛與環境的影響問題，以尋求友善的解決之道。

在研究過程中，感謝指導老師 高正忠教授的不吝指教與導引，以系統化的檢討、分析、解決研究過程中的問題，甚至於面對工作中所遭受到的問題；並有幸獲得到研究室之子欽、宥禔提供永續環境工程領域相關研究經驗及知識的分享，適時化解於研究過程中所遭遇到的瓶頸，得以順利完成研究。

最後，感謝並祝福在永續科技學程修業期間，諸多學長、同學、同事及親朋好友的鼓勵及支持，激勵我持續學習與成長，感恩了。



陳嘉俊 謹致於交大
民國九十七年一月

目錄

	頁次
中文摘要	i
英文摘要	ii
誌謝	iii
目錄	iv
表目錄	vi
圖目錄	vii
符號說明	ix
第一章 前言	1
1.1 研究緣起	1
1.2 研究目的	2
1.3 研究流程與綠色評量架構	3
1.4 論文內容	5
第二章 文獻回顧	6
2.1 車輛綠色評量系統	6
2.2 車輛綠色評量項目與指標	10
2.3 車輛綠色綜合指標	12
第三章 車輛對環境影響分析	14
3.1 評量範圍	14
3.2 製造階段	17
3.3 使用階段	17
3.4 保養階段	18
3.5 棄置階段	19

第四章 車輛綠色指標計算	20
4.1 指標計算方法	21
4.1.1 能源	21
4.1.2 空氣污染物	23
4.1.3 溫室氣體	31
4.1.4 材料	32
4.1.5 噪音	33
4.2 指標相關性分析	33
第五章 車輛綠色綜合指標之建立	34
5.1 資料包絡分析法	34
5.2 共同權重法	35
第六章 車輛綠色評量	39
6.1 評量資料收集及整理	39
6.2 車輛綠色指標評量	45
6.2.1 指標計算	45
6.2.2 指標相關性檢驗	50
6.3 車輛綠色綜合指標	51
第七章 結論與建議	56
7.1 結論	56
7.2 建議	57
參考文獻	58
附錄一	62



表目錄

	頁次
表 2.1. 各國政府單位的車輛綠色評量系統.....	8
表 2.2. 民間機構發展之車輛綠色評量系統.....	9
表 2.3. 綠色車輛生命週期評估矩陣分析.....	12
表 3.1. 車輛生命週期各階段對環境影響之檢討.....	16
表 4.1. 評量項目與評量方式.....	21
表 4.2. 空氣污染物評量範圍.....	23
表 4.3. 空氣污染物危害風險係數.....	31
表 4.4. 各種溫室效應氣體的 GWP 值.....	31
表 6.1. 納入評量的車型.....	40
表 6.2. 車型認證資料.....	41
表 6.3. 車型定期保養耗材更換週期.....	42
表 6.4. 車型保養週期與耗材需求總量.....	43
表 6.5. 相關排放係數.....	44
表 6.6. 車輛綠色評量指標值.....	46
表 6.7. 各項指標間的相關係數.....	50
表 6.8. DEA 法所得各車型最佳績效值及權重.....	51
表 6.9. 共同權重法所得權重組合.....	53
表 6.10. 不同共同權重組之車輛綠色綜合指標績效值及排序.....	53

圖目錄

	頁次
圖 1.1. 研究流程	4
圖 1.2. 綠色評量架構	4
圖 2.1. 車輛生命週期分析	9
圖 2.2. DEA 效率前緣 (Efficiency Frontier)	13
圖 3.1. 車輛生命週期示意圖	15
圖 4.1. 車輛綠色指標計算流程	20
圖 4.2. 車輛綠色指標計算架構圖	22
圖 4.3. 空氣污染物平均排放量計算	24
圖 4.4. 空氣污染物排放量與使用期限關係	25
圖 5.1. 三種不同距離計算方式	35
圖 6.1. 各項污染物之健康風險影響計算結果比較	47
圖 6.2. 空氣污染物 NO_x 各階段計算結果比較	47
圖 6.3. 空氣污染物 SO_x 各階段計算結果比較	48
圖 6.4. 溫室氣體排放總量計算結果比較	48
圖 6.5. CO_2 各階段計算結果比較	49
圖 6.6. 車重及耗材量計算結果比較	49
圖 6.7. 與 L_0 Norm $t=0\sim 0.9$ 之 CW 計算結果次數分佈及偏斜係數	54
圖 6.8. 與 L_1 Norm $t=1.0$ 之 CW 計算結果次數分佈及偏斜係數	54
圖 6.9. 與 L_2 Norm 之 CW 計算結果次數分佈及偏斜係數	55
圖 6.10. 各車輛綠色綜合指標值及各綠色指標佔綜合值的比重	55

符號說明

B_j	: 空氣污染物項目 j 之認證空氣污染值
C	: 評量對象集合或評量對象數目
CO_{ave}	: 車輛於使用期限中排氣尾管 CO 的平均排放量
CO_L	: 車輛至使用期限之 CO 排放量
CO_N	: 車輛於新車時之 CO 排放量
CO_B	: 車型空氣污染排放清冊中之 CO 排放量
D_j	: 空氣污染物項目 j 的危害風險係數
DF_{CO}	: 車型空氣污染排放清冊中 CO 劣化係數
DF_{HC}	: 車型空氣污染排放清冊中 HC 劣化係數
DF_{NO_x}	: 車型空氣污染排放清冊中 NO_x 劣化係數
DF_{PM}	: 車型空氣污染排放清冊中 PM 劣化係數
D_{GS}	: DEA 與總體值的差距
d_k	: 評量對象 k 之 DEA 與總體值的距離
E	: 使用階段能源消耗量
EM_k	: 評量對象 k 之綜合指標值
EF_{D,CO_2}	: 棄置之 CO_2 排放係數
EF_{D,NO_x}	: 棄置之 NO_x 排放係數

符號說明(續 1)

- $EF_{D,PM}$: 棄置之PM 排放係數
- EF_{D,SO_x} : 棄置之 SO_x 排放係數
- $EF_{D,j}$: 棄置之空氣污染物項目j的排放係數
- EF_{F,CH_4} : 能源燃燒的 CH_4 排放係數
- EF_{F,CO_2} : 能源燃燒的 CO_2 排放係數
- EF_{F,N_2O} : 能源燃燒的 N_2O 排放係數
- EF_{F,SO_x} : 能源燃燒的 SO_x 排放係數
- $EF_{F,j}$: 空氣污染物項目j的能源燃燒排放係數
- EF_{M,CO_2} : 製造的 CO_2 排放係數
- EF_{M,NO_x} : 製造之 NO_x 排放係數
- $EF_{M,PM}$: 製造之PM 排放係數
- EF_{M,SO_x} : 製造的 SO_x 排放係數
- $EF_{M,j}$: 空氣污染物項目j的製造排放係數
- e_k : 評量車輛k耗油率
- HC_B : 車型空氣污染排放清冊中之HC 排放量
- HC_{BE} : 車型空氣污染排放清冊中Evaporative HC 排放量
- HC_{Evapo} : 車輛於使用中油箱及供油系統經由逸散所排放之HC總量

符號說明(續 2)

HC_{Tail}	: 車輛於使用中排氣尾管之HC排放總量
G	: 溫室氣體總排放量
G_j	: 溫室氣體項目 j 的總排放量
$G_{M,j}$: 製造階段之溫室氣體項目 j 的總排放量
$G_{D,j}$: 棄置階段之溫室氣體項目 j 的總排放量
$G_{U,j}$: 使用階段之溫室氣體項目 j 的總排放量
GN_k	: k 車型的車輛綜合綠色指標
GWP_j	: 溫室氣體項目 j 之全球暖化潛勢值
$g_{i,j}$: 階段 i 溫室氣體項目 j 的排放量
L_{Dist}	: 車輛使用期限的行駛里程
L_{BD}	: 法規中對於車輛耐久保證期限之行駛里程要求
L_{Year}	: 車輛使用年限
M	: 材料需求總量
M_B	: 車型排放清冊中之負載車重
M_p	: 車輛重量
M_R	: 車輛保養所需的零組件及耗材重量
M_h	: 期限 h 的定期保養項目之耗材重量

符號說明(續 3)

N	: 噪音指標
N_s	: 原地噪音
N_a	: 加速噪音
NO_{xB}	: 車型空氣污染排放清冊中 NO_x 排放量
NO_{xM}	: 車輛於製造階段之 NO_x 排放量
NO_{xU}	: 車輛於使用階段之 NO_x 排放量
NO_{xR}	: 車輛於維修階段之 NO_x 排放量
NO_{xD}	: 車輛於棄置階段之 NO_x 排放量
P	: 車輛空氣污染物的危害風險值
P_{CO}	: CO 排放總量
P_{HC}	: 車輛於使用階段 HC 排放總量
P_{NO_x}	: NO_x 排放總量
P_{SO_x}	: SO_x 排放總量
P_{PM}	: PM 排放總量
P_j	: 空氣污染物項目 j 排放總量計算結果
$P_{D,j}$: 廢棄處理階段的空氣污染物項目 j 排放量
$P_{M,j}$: 製造階段空氣污染物項目 j 排放量



符號說明(續 4)

- $P_{U,j}$: 使用階段空氣污染物項目 j 排放量
- PM_B : 車型空氣污染排放清冊中 PM 排放量
- QP : DEA 與總體值之間的最小二乘平方差
- S : 評量指標之集合
- SO_{x_U} : 車輛於使用階段 SO_x 排放總量
- t : 假設參數
- t_h : 製造廠設定之定期保養週期的第 h 期限
- $u_{r,k}$: 評量對象 k 之 r 項指標之指標權重
- w_r : r 項指標之最佳權重
- $x_{r,k}$: 評量對象 k 之 r 項指標的計算結果
- $Y_{r,k}$: 評量對象 k 之 r 項指標值
- z : 使目標式非負解之變數，也為 DEA 與總體值間的最大偏差
- u_r : r 指標之共同權重

第一章 前言

1.1 研究緣起

車輛滿足民眾、貨物運輸的需求，為社會活動及發展重要的工具之一，也因此消耗大量資源及產生大量廢棄物，並造成都會區的空氣污染及全球溫室氣體排放的問題，為了環境永續發展，除了實施適當的管理政策與標準，亦應對車輛進行綠色評量，以促使車輛製造廠提昇車輛設計及品質，及鼓勵民眾購買綠色車輛，以降低車輛對環境的影響。

目前國內外政府機構已逐步開始對車輛綠色評量，如國內環保署的 2006 年「汽油汽車低污染環保車」評選(環保署, 2007)、美國環保署的 Green Vehicle Guide(US EPA, 2006)，英國車輛認證署(Vehicle Certification Agency, VCA)油耗排名(VCA, 2007)、澳洲的 Green Vehicle Guide(Commonwealth of Australia, 2005)等，唯指標及架構多侷限於車輛管理標準項目，無法清楚審視車輛於製造、使用、保養、棄置等階段中，對於環境所產生影響的項目及程度。因此，德國交通俱樂部 (Verkehrsclub Deutschland, VCD)(2007)、美國能源效率經濟協會(the American Council for an Energy-Efficient Economy, ACEEE)(2007)，則以生命週期概念審視車輛對環境的影響，並同時採用車輛管理標準的項目或其他公開資料，進行環境影響項目的評量。例如，ACEEE (DeCicco and Thomas, 1999)則曾針對車輛的製造、使用、棄置等階段進行環境影響分析，再結合適當的環境評量因子，讓民眾及車輛製造者明瞭車輛對環境的影響程度。但由於上述方法並未考量車輛之保養階段，故未能完整說明車輛之綠色程度。因此，本研究以製造、使用、保養、棄置四階段，依據國內特性，篩選適合的評量項目、因子、方法及環境因子，建立適用於國內的車輛綠色指標。

為發展一套適合國內車輛綠色評量系統，本研究將分析車輛對環境的影響、建立車輛綠色指標、建立車輛綠色綜合指標及進行車輛綠色評量，環境影響分析並依據車輛製造、使用、保養、棄置等四階段，分析各階段對於環境影響程度；

車輛綠色評量指標部分主要篩選適合國內特性的評量項目，包括能源消耗、空氣污染物、溫室氣體、材料、噪音等，再就現有車輛製造與管理相關資訊，檢討各評量項目指標的評量範圍，篩選適當的方法、因子建立車輛對環境影響程度的車輛綠色指標，及篩選代表的指標項目；再以資料包絡分析法(Data Envelopment Analysis, DEA)(Michael and Stoker, 1991)及共同權重法(Common Weight)(Despotis, 2005)計算，評量並篩選各代表指標項目的最佳權重，建立評量、比較對車輛環境影響程度，提供民眾、車商、車輛管理單位進行車輛綠色評量指標及車輛綠色綜合指標評量、比較，並評選出較環保的車型，並預期可作為車輛綠色採購、管理政策及綠色生產的重要參考。

1.2 研究目的

本研究主要擬發展一套適用於國內車輛綠色評量系統，以提供民眾、車商、車輛管理單位進行車輛綠色評量指標及車輛綠色綜合指標評量、比較，並評選出較環保的車型，研究主要目的如下：

1. 建立一套適用於國內車輛綠色評量的車輛綠色指標

由車輛管理、製造、報導等相關資訊，並無法提供車輛對環境影響的觀客且完整的訊息，以判斷、瞭解車輛對環境影響的程度，本研究將由國內之車輛製造、使用、保養、劣化…等相關確切資訊，篩選、建立車輛對環境影響的車輛綠色評量指標，並篩選代表的指標項目，以提供客觀、完整的綠色車輛資訊。

2. 建立一個客觀評量、比較車輛對環境影響的車輛綠色綜合指標

為利於評量、比較車輛對環境影響，以客觀的方式選取適當的方法、程序、要求，建立車輛綠色綜合指標的評量方法，評量、篩選代表指標項目的權重，比較車輛對環境的影響程度，提供民眾、車商、車輛管理單位進行車輛綠色評量指標及車輛綠色綜合指標評量、比較、評選。

3. 建立適合國內的車輛綠色評量程序及探討其實用性

於車輛對環境影響的評量項目，不僅於物理及化學的特性不一，且常遭遇主管單位不一的問題，致使車輛綠色評量排序困難重重，因此，本研究將建立適合國內的車輛綠色評量程序及探討其實用性，以提供國內車輛管理相關單位，進行車輛對環境影響評量、排序及相關管理的參考。

1.3 研究流程與綠色評量架構

本研究的流程如圖 1.1 所示，主要分為相關文獻整理分析及四個主要研究重點，包括車輛對環境的影響分析、車輛綠色評量指標、車輛綠色綜合指標及車輛綠色評量等，並依照車輛綠色評量的架構如圖 1.2 所示，進行車輛對環境的影響分析、車輛綠色評量指標、車輛綠色綜合指標之相關資料及彙整分析，以下一一簡要說明之：

1. 車輛對環境的影響分析

由車輛對環境影響等相關文獻及案例中，彙整分析車輛於製造、使用、保養及棄置階段中，對環境造成衝擊的項目，及對環境影響的評量方式和相關係數，並由環境影響評估因子相關文獻及案例中，選取適當的環境影響評估因子及相關係數，以評量車輛對環境影響程度。

2. 車輛綠色指標建立

由國內車輛管理單位及車輛製造廠提供參考資訊中，依其對環境需求和衝擊項目，考量國內車輛實際使用或管理的情境，及性能或空氣污染排放的劣化特性，檢討車輛對環境影響項目的重要性、適用性及相關資料的可取得性，篩選適當項目、評量方式、相關係數及環境影響因子，並選取適當方法，建立車輛綠色評量指標，並篩選代表指標。

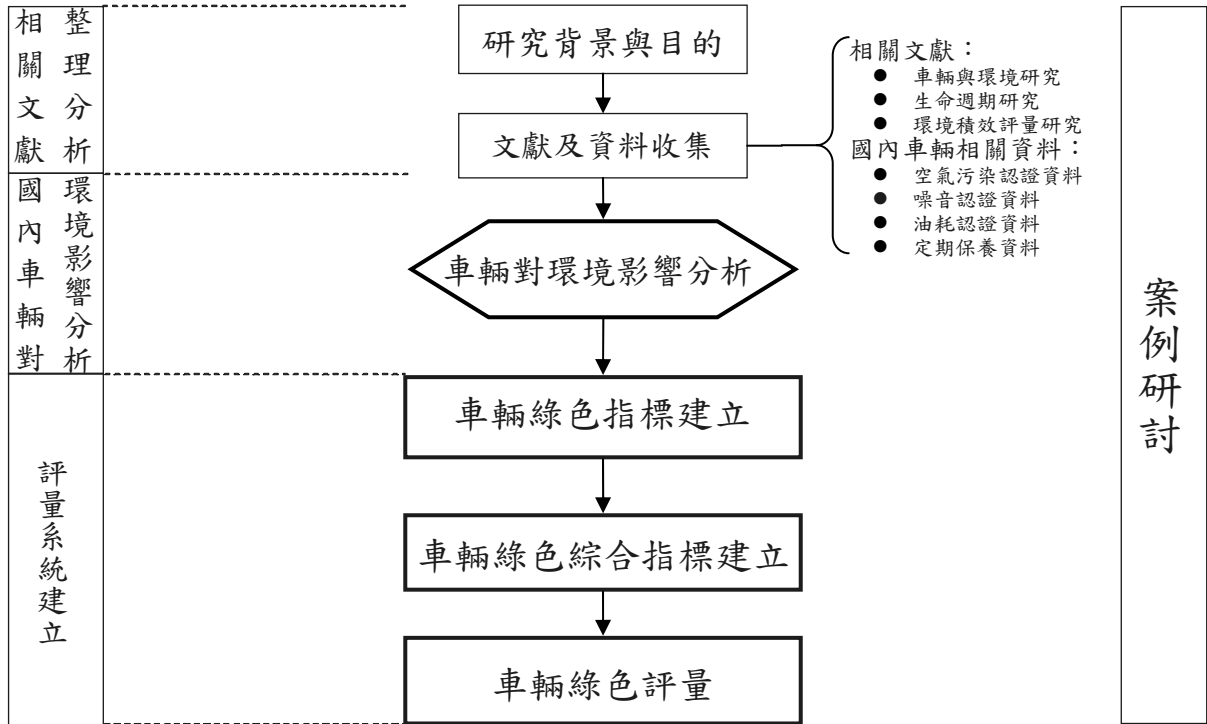


圖 1.1. 研究流程

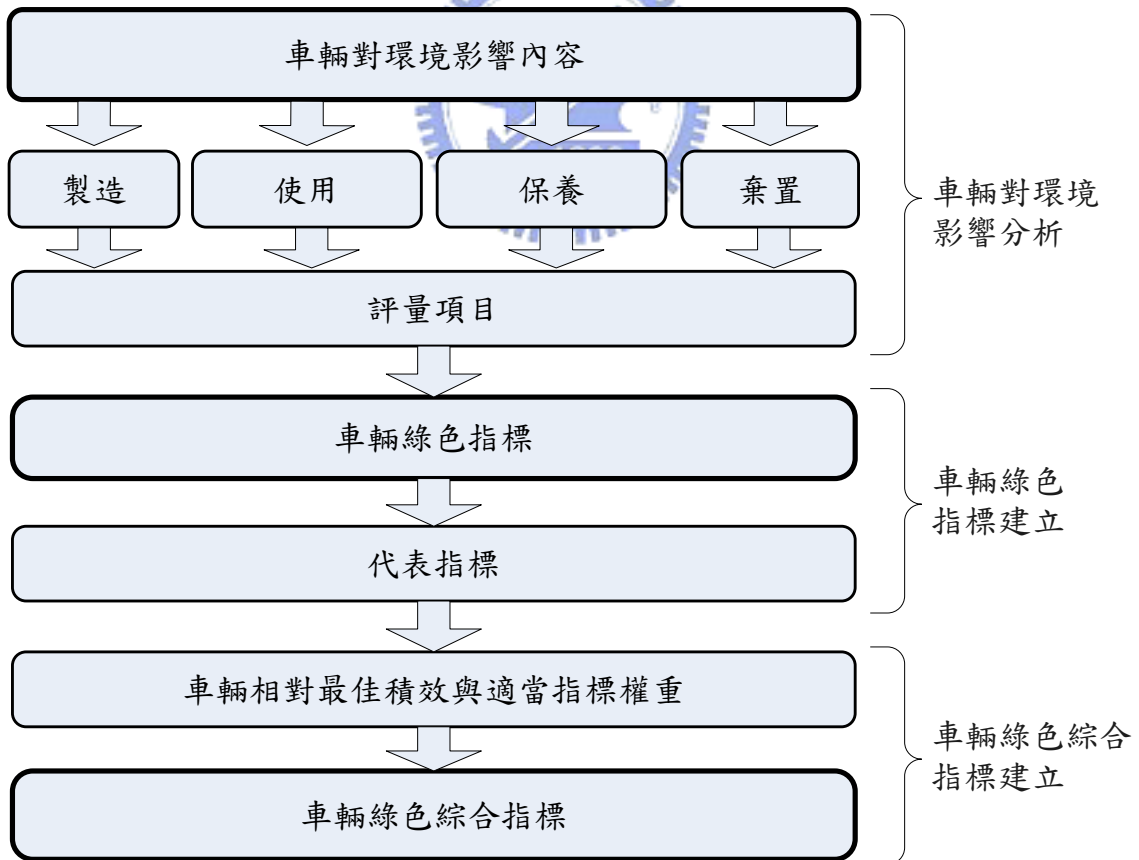


圖 1.2. 綠色評量架構

3. 車輛綠色綜合指標建立

首先以 DEA 模式計算車輛各因子的相對最佳績效，再以共同權重法 (Despotis, 2005；黃, 2007)計指標的權重組，再依加權評量結果的分佈狀態，篩選適當的權重組合，評量車輛對環境影響車輛綠色綜合指標。

4. 車輛綠色評量

針對國內銷售量較大及以強調環保的車輛，收集及整理本研究評量所需的相關資料，以進行國內車輛的綠色評量，並與其他評量結果比較，以探討所發展車輛綠色評量系統是否適用於國內這些車輛，並討論所得結果。

1.4 論文內容

本章之後各章如下述，第二章文獻回顧，介紹相關的文獻中相關的綠色評量系統、綠色評量項目與指標、相關評量試算表、車輛綠色評量活動；第三章說明車輛對環境影響分析的評量範圍，及製造階段、使用階段、保養階段、棄置階段的評量項目及內容；第四章檢討車輛綠色指標建立，檢討車輛綠色評量指標：能源、空氣污染物、GHGs、材料、噪音等的評量方法、檢討，並篩選代表指標及常態化結果；第五章說明車輛綠色綜合指標建立，選取適合本研究使用的 DEA 及共同權重法，計算並篩選一組適當的指標權重組合，建立車輛綠色綜合指標；第六章說明本研究之車輛綠色評量、比較及討論，包括：國內案例車輛篩選及資料收集、車輛綠色評量指標評量、評量結果比較與討論；最後第七章為總結本論文及對未來研究的建議。

第二章 文獻回顧

車輛為現今社會及經濟發上不可或缺的交通運輸工具，而車輛之製造及使用行為所對環境造成之衝擊，亦為政府及車輛製造廠所重視的問題，為瞭解車輛對於環境影響之程度，已有一些國家的政府單位或民間機構發展了評量方法。本章就車輛綠色評量系統、車輛綠色指標、車輛綠色綜合指標等，回顧車輛評量相關之文獻資料。

2.1 車輛綠色評量系統

為降低車輛的環境影響，已有一些指標可供政府、製造廠、車輛服務業等作為車輛開發、製造、管理等的因循依據。如 Mobility 2030 (WBCSD, 2004) 即提供了三項與環境有關的指標，分別為溫室氣體排放、對環境與公眾的影響及資源使用，供利害關係人參考，但對於各項指標的評量方法並未再深入說明。一些國家為使民眾瞭解車輛對環境的影響，發展了不同的車輛綠色評量系統，表 2.1 所列為本研究整理國內環保署、經濟部能源局、美國環保署 (US EPA) (2006)、英國車輛認證署 (Vehicle Certification Agency, VCA) (2007)、澳洲的公共健康機構 (Department of Transport and Regional Services, DTRS) (2005) 等國的車輛評量系統，其主要是依照政府針對車輛影響環境所訂定的管制項目及標準，再以一預期或較嚴格的篩選或分級標準給與績分、合計排序，其評量之結果可作為民眾購車之參考或車廠改善品質之目標。此方式之優點是符合政府單位的作業需求，但缺點則是評量項目只能依國家之管制項目或標準來訂定，而未考量車輛製造、使用、保養、棄置時所實際產生的環境影響，故無法反應出車輛對環境影響之真實情況。

目前在相關協議下所發展出來做為製造或管理的環境評量方法或系統，包括生命週期分析 (Life Cycle Analysis, LCA)、物質流及永續流分析 (MFA & SFA) (Kleijn and Voet)、ISO 14000 等。其中，以 LCA 為考量較完整，如圖 2.1 所示，車輛的生命週期包由原料開採、煉製、製造、使用、保養、棄置、廢棄、回收等階段，在各階段中選取項目及適當方法評量車輛於製造、使用、棄置對環境影響

程度。一些民間單位亦依此原則發展出一些比較車輛對環境影響程度的方法，包括如表 2.2 所列之 American Council for Energy-Efficient Economy (ACEEE)、Verkehrsclub Deutschland (VCD)、Vrije Universiteit Brussel (VUB)、Ecolane transport Consultancy (ETC) 等機構，依據車輛生命週期各階段發展了一些車輛綠色評量系統，以下分別比較說明：

1. ACEEE

ACEEE 的 DeCicco and Thomas (1999) 評量車輛製造、使用等二階段，評量項目包括空氣污染物、溫室氣體排放，含車輛製造及使用車輛直接、間接環境影響，以空氣污染物、溫室氣體 (GHGs) 表示環境影響，最後以危害成本 (Damage cost) 綜合評量，再以統計分式轉換為滿分為百分之績分，以避免因成本產生的錯誤印象。唯在評量中未考量車輛於保養及棄置等階段的影響，且評量範圍中未考量車輛排放的劣化特性及油氣蒸發排放情境，亦未評量車輛所產生的噪音問題。

2. VCD

VCD (2007) 評量車輛使用階段對環境的影響，評量項目包括空氣污染、CO₂、噪音，且以 CO₂、噪音、致癌物、健康影響物表示車輛對環境的影響，再設定各項目的權重加權計算，綜合表現車輛對環境的影響。唯僅評量車輛於使用階段的環境影響，且未考量車輛使用狀況，及排放劣化特性與油氣蒸發排放問題。

3. VUB

VUB 的 Mierlo et al.(2003) 評量車輛使用階段，評量項目類似 VCD，包括空氣污染、CO₂、噪音，亦考量使用不同能源對環境間接影響，以健康、溫室氣體、環境、建築、噪音等項指標表示車輛對環境的影響，再設定各項目的權重加權計算，綜合表現車輛對環境的影響。與 VCD 相同，僅評量使用階段，也未考量車輛使用狀況，及排放劣化等特性與油氣蒸發排放問題。

4. ETC

ETC 的 Ben (2006) 則評量車輛製造、使用、棄置等階段，評量項目類似 ACEEE，包括空氣污染、溫室氣體、材料等四項，材料是以車輛材料成分重量評量，最後均換算為空氣污染物、溫室氣體 (GHGs) 表示環境影響程度，且以 EU ExternE (IER, 2006) 所建議方法計算環境危害成本，再以統計分式轉換為滿分為百分之績分，並繪製分級圖區別評量車輛所屬族群，以顯示其對環境的影響程度。唯此方法未考量車輛保養階段的環境影響，而在材料評量上，雖可評量出各類車輛材料的概略成分，但由原料直接推估車輛製造的排放，忽略了車輛製程的繁雜。評量資料主要來自於認證資料，未考量車輛使用狀況及排放劣化特性，且對車輛所產生的噪音問題也未納入評量。

表 2.1. 各國政府單位的車輛綠色評量系統

	國內	美國	英國	澳洲
名稱	「汽油汽車低污染環保車」評選	Green Vehicle Guide	油耗排名	Green Vehicle Guide
空氣污染物	認證值須達定值	認證值分級給分	認證值排名	認證值、動力方式分級給分
油耗	認證值須達定值	認證值分級給分		
CO ₂		分級給分	分級給分	分級給分
製造用的材料			於 EU 相關規定但未納入評量	於 EU 相關規定但未納入評量
安全認證		須符合但未納入評量	須符合但未納入評量	須符合但未納入評量
噪音	認證值須達定值	須符合未再強調	須符合未再強調	須符合未再強調
綜合排序	各空氣污染物的合計量	指標總分	指標總分	指標總分

資料整理自環保署(2007)、US EPA(2007)、VCA(2007)、DTRS(2005)

表 2.2. 民間機構發展之車輛綠色評量系統

		ACEEE	VCD	VUB	ETC
評量階	製造	v			v
	使用	v	v	v	v
	棄置				v
盤查資料	能源	v	v	v	v
	空氣污染物	v	v	v	v
	CO ₂		v	v	
	材料	v			v
評量項目	能源				
	空氣污染物	v	v	v	v
	溫室氣體	v		v	v
	CO ₂		v		
考量面	車輛製造	v			v
	使用直接	v	v	v	v
	使用間接	v		v	v
綜合評量方式		以空氣污染物損害成本，再換算為百分比式績效	參考 IFEU 所設定指標權重	參考 BIM-IBGE 所設定指標權重	各指標分別以空氣污染物損害成本合計，再換算為百分比式績效，且繪製族群分佈圖。

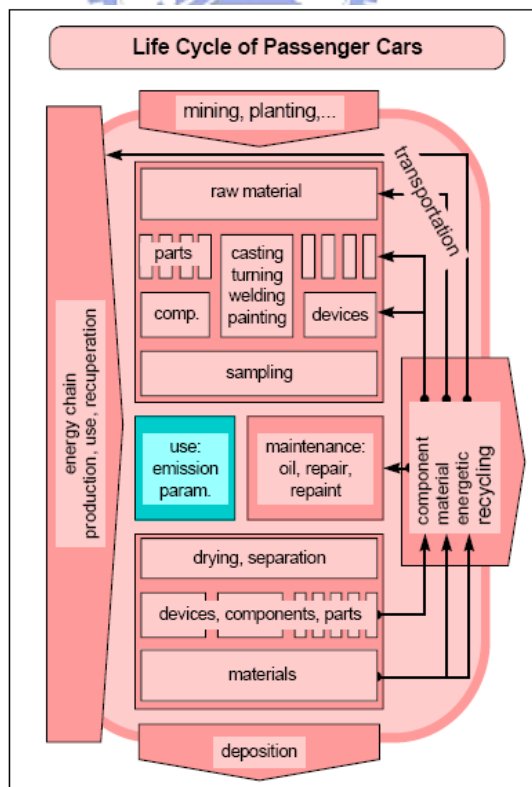


圖 2.1. 車輛生命週期分析圖 (Michael and Bernd, 1999)

2.2 車輛綠色評量項目與指標

目前已有多個機構提出綠色評量項目及指標，以下就 Mobility 2030 (WBCSD, 2004)對環境指標的選取建議原則及 ACEEE、VCD、VUB 所選取的指標分別說明之。

1. Mobility 2030

(1) 溫室氣體排放

在該協議中，對於溫室氣體指標所評量的溫室氣不只 CO₂，還含甲烷 (CH₄)、氧化亞氮 (N₂O)、氫氟碳化物 (HFCs) …等，但均轉換為碳當量 (carbon-equivalent)，且以單位時間的 GHGs 排放量表示。

其對於溫室氣體評量的方法可作為本研究的依循，但以單位時間排放量的表示方式只評估單位時間內的排總量，宜改為評量車輛使用期內的排放總量。

(2) 對環境與公眾的影響、資源使用

對環境與公眾的影響包括污染物排放、對生態系統的影響、噪音等三項，污染排放包括 NO_x、CO、HC、PM 及鉛等；對生態系統的影響含對土地使用的影響；噪音主要考量單一或部分民眾曝露於交通相關噪音的強度。此三項中，污染排放及噪音均為本研究應研究的範疇，而對生態系統的影響，為交通及路道設施設置之影響，故本研究未納入。

(3) 資源使用

資源使用考量有三項，即能源與能源安全、土地使用及材料使用，能源與能源安全是對能源的使用量及對能源供應區的安全性；土地使用部分考量土地使用成本及用於交通的程度，以單位土地的交通量表示；材料使用考量車輛製造、保養及交通設施建置，均需要大量的材料，其以運輸部門的使用量及實際回收率方式表現。就其三項指標方向，車輛的能源使用量、車輛製造用材料、車輛保養用材料，及材料使用後的回收率應納入綠色車輛的考量項目；至於能源供應安全性、道路土地的使用量、交通設施建置等主要為運輸使用設施之規劃及設置所應考量的範疇，故本研究未納入。

2. ACEEE

如表 2.3 所示，DeCicco and Thomas (1999) 考量了溫室氣體、空氣污染、水污染、土地污染、工作場所風險、噪音、能源、其他資源、其他生態的損害等環境影響項目，就這些項目於原料生產、產品製造、產品運輸、產品使用、棄置等階段中的必要、重大且可評量的項目，選取溫室氣體、空氣污染物、能源、材料等評量項目。製造階段以車輛的重量及商品製造的排放係數，計算溫室氣體、空氣污染排放量；使用階段以 US EPA 的公告車輛排放廢氣資訊及車輛使用狀況，計算溫室氣體、空氣污染排放量及能源消耗量，及因使用能源的間接溫室氣體、空氣污染物排放量。

其中，DeCicco and Thomas (1999) 曾提及可以類似商品的排放係數計算廢棄物回收的溫室氣體、空氣污染排放量，但其因無計算車輛回收量及廢棄物量，故未進行；US EPA 的公告車輛排放廢氣資訊中尚有車輛的蒸發測試一值，但其以排放係數與油耗計算，未以蒸發測試的情境推估計算；且並未將車輛排放的劣化特性列入考量；使用能源所產生的間接污染排放是必要考量的項目，但以國內現今使用車輛而言，幾乎全為石油煉製的汽油及柴油車輛，故除了少數油電混合車輛，差異不大；此外，噪音部分應可以危害風險或適當權重納入計算。

3. VCD、VUB

由 VCD(2007)與 VUB(Mierlo et al., 2003)評量資料幾乎類似，均是以能源、空氣污染、CO₂、噪音等資料進行評量，再依空氣污染物對健康、致癌特性及生態、建築損害因素細分為不同的評量項目，如 VCD 以 CO₂、噪音、致癌物、健康影響物等評量項目，而 VUB 則區分為溫室氣體、健康、環境、建築、噪音等項指標。二者對於空氣污染物資料的計算方法，均未詳細說明，但由所引用 EU 的測試數據上看來，應沒有考量車輛的劣化特性及油氣蒸發問題；唯 Mierlo et al. (2003) 以 Ecolabel 99 (Prè-Consultants, 2000) 所提供各項空氣污染物的危害風險，計算車輛車輛排放 HC、NO_x、CO、PM 等所造起的癌症及呼吸道健康項目風險，可作為本研究對空氣污染物綜合評量時參考。

表 2.3. 綠色車輛生命週期評估矩陣分析

<i>Environmental concern</i>	<i>Phase of product life cycle</i>				
	<i>Materials production</i>	<i>Product manufacture</i>	<i>Product distribution</i>	<i>Product use</i>	<i>End of life</i>
Greenhouse gas emissions	C	C		A	
Air pollution	C	C		B	
Water pollution					
Land contamination					
Workplace hazards					
Noise					
Energy consumption	C	C		A	
Other resource consumption					
Other ecosystem damage					

Status in the *Green Guide to Cars and Trucks* methodology (blank cells indicate items not included):

A—Included explicitly, with good data quality and relatively high accuracy for discriminating among vehicles.

B—Included explicitly but with lower level of data quality and relatively high uncertainties.

C—Included only indirectly, with very aggregate or uncertain data.

(DeCicco and Thomas, 1999)

2.3 車輛綠色綜合指標

ACEEE 及 ETC 均以損害成本評估，但不確定性高且國內不易取得類似的損害成本資料；而 VCD 及 VUB 則分別參考 IFEU (Institut für Energie- und Umweltforschung) 及 BIM-IBGE(Mierlo et al., 2003)訂定車輛環境影響評量指標之權重；由於國內並無綠色車輛各項指標之權重可供使用，故必須採用其他方法發展綜合指標，以下簡述過去常用的綜合指標建立方法：

1. 均等權重法 (Equal Weight, EW) (Nardo et al., 2005) 是將各評估項目視為同等重要建立綜合指標，但各指標的重要性往往並不相同。
2. 層級分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP) (Satty, 1987) 是以一個系統化的問卷分析方式求取權重，但受訪者作答時易受問卷提問方式所影響。
3. 影響評估分析法 (Impact Assessment Analysis, IAA) (Pré-Consultants, 2000) 是透過多個專家共同協商，集合廣泛的意見與經驗，進而決定指標之重要性進而分配權重至指標，但不同專家所給的權重不同，如何求取適當的共同權重仍有待探討。

4. 類聯合分析法 (Conjoint Analysis、CA) (Ülengin et al., 2001) 是預先提供多組指標組合方案，再經由專家、施政者與民眾選擇自己較為偏好之方案，進而經由整合評估意見決定指標之重要性，但必須事先訂出多組合適方案且需要較多的受訪者，評估過程複雜且易受人為主觀意見的影響。
5. 資料包絡分析法 (Data Envelopment Analysis、DEA) (Charnes et al., 1978) 常用於評估用於評估多項投入、多項產出之效率，此方法所求得的權重不受人為主觀因素影響；主要是依據績效值離效率前緣(Efficiency frontier, EF)的距離來決定是否為有效率，如圖 2.2 所示，橫座標為指標 1，縱座標為指標 2，A、B、C、D、E 為五個受評估單位，由於沒有任何受評單位二個指標皆優於 A、B、E，故 A、B、E 與座標軸之連線為 EF，且在 EF 上的 DEA 效率值均設為 1(含 A、B、E)。C 之效率計算方式為 $\overline{C'C}/\overline{OC'}$ 。由於 DEA 針對不同受評單位設定不同權重組，不太實用，故 Despotis (2005) 提出共同權重法 (common weight) 改善 DEA 的不同權重組問題，使得各個受評量單位在盡可能保留原 DEA 權重的原則下統一權重組合，以提高實用性。由於 EW 法未考量各指標的重要性不同，而 AHP、IAA、CA 等法則易受主觀因素影響，而 DEA 法較不會受主觀因素的影響，故本研究採用 DEA 法及共同權重法，對常態化計算後的車輛綠色指標，估算各車之相對最佳績效，再計算篩選各項指標的適當權重，以建立車輛綠色評量綜合指標。

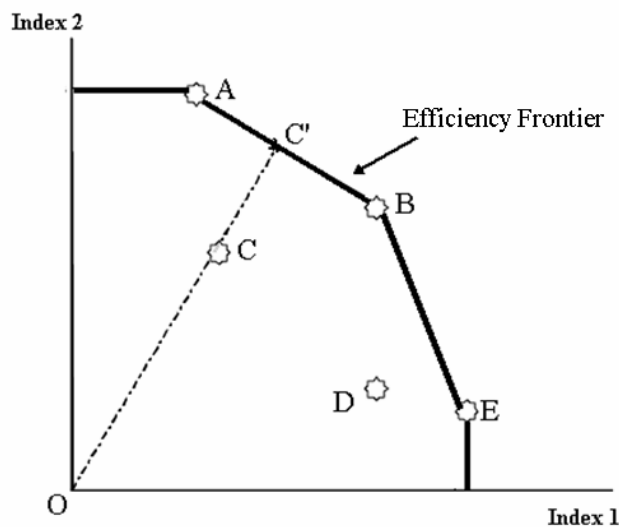


圖 2.2. DEA 效率前緣 (Efficiency Frontier)

第三章 車輛對環境影響分析

為了分析車輛對環境的影響情形、評量方式、評量項目及方式，本研究依據車輛生命週期界定評量階段、項目的分析範圍，再針對製造、使用、保養、棄置等階段，就車輛影響環境的情形與管理制度，探討評量的方式，以下一一說明之。

3.1 評量範圍

本研究參考 Michael and Bernd (1999) 的分析方式，如圖 3.1 所示，以生命週期概念檢討車輛對於環境的影響，進而據以選取評量階段及評量項目：

1. 評量階段

除了車輛生命週期中主要的製造、使用、報廢處置三個主要階段，由於在車輛使用階段中，必須仰賴定期保養，以維護車輛品質性能的可靠度，而此定期保養的頻率及更換耗材項目多寡，主要依車輛製造廠對車輛設計製造的可靠度而決定，因而對於評量的階段中，本研究亦將保養的部分列為評量階段之一，故可區分為製造、使用、保養、報廢處置四個主要評量階段。

2. 評量項目的選取

評量項目主要探討各階段會影響環境的項目，其中包含能源、材料等資源，以及空氣污染物、GHGs、廢棄物、噪音等污染，對環境影響項目。本研究於各階段分別評估各項目之資料可取得性及資源需求量或污染排放量，再依據量的大小，判定對環境的影響程度，若任何項目初步評估後，影響可能輕微或沒有必要重點管理的必要時，即會予以排除；且若是資料甚難取得，亦將暫時排除。

分析結果如表 3.1 所示。以下一一說明如各階段的評量。

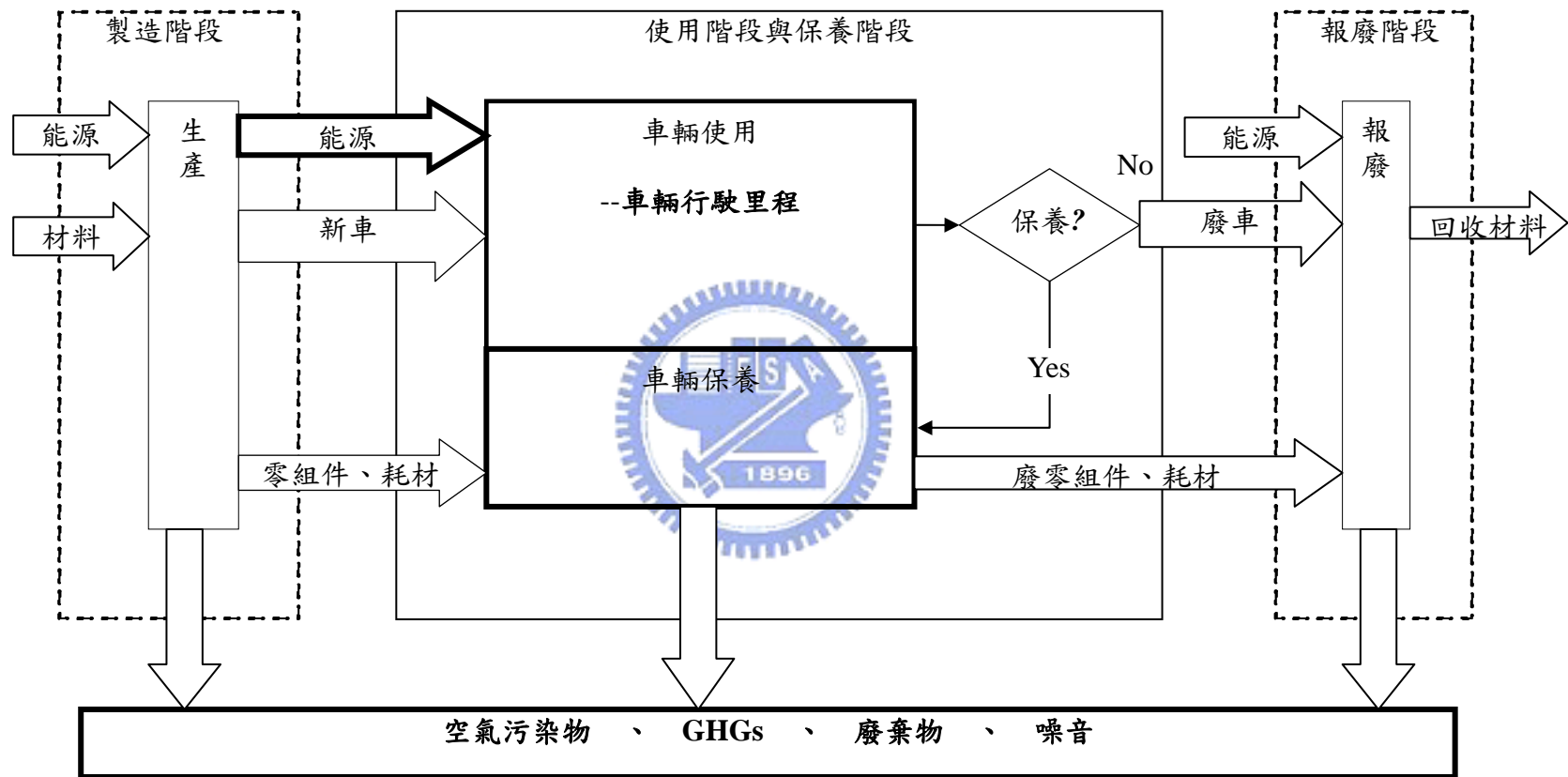


圖 3.1. 車輛生命週期示意圖

表 3.1. 車輛生命週期各階段對環境影響之檢討

階	段	能源			空氣污染物			GHGs			材料			廢棄物			噪音		
		DA	DM	EI	DA	EA	EI	DA	EA	EI	DA	DM	EI	DA	DA	EI	DA	DA	EI
製	造	N	U	S	N	U	H	N	U	H	A	H	N	N	S	U	N	S	S
使	用	A	H	H	A	H	H	A	H	H	N	S	S	N	S	S	A	H	H
保	養	N	U	S	N	U	H	N	U	H	A	H	N	A	H	N	N	S	S
報	廢處置	N	U	S	N	U	H	N	U	H	A	H	N	N	H	H	N	S	S

DA：資料可取得性，A 可取得、N 不易取得

DM：需求，H 大量、S 少量、U 不確定

EA：排放量，H 大量、S 少量、U 不確定

EI：環境影響 H 重大、N 平常、U 不確定、S 不顯著

■ 部分為本研評量項目



3.2 製造階段

由於車輛產業的製造分工體系繁複，甚至採取全球分工的方式進行，於製造上的資源需求及污染排放，並不易取得完整的盤查資料，故未納入。本研究就本階段可能的影響項目如表 3.1 所列，以下分別說明。

1. 能源：製造過程中實際能源需求量不易取得，雖可由車輛或相關產業的能源使用效率(Energy Efficiency, EE)及材料重的乘積來評量，然而由於全球分工下，各國的 EE 不同，評量結果的不確定性較高，故未列入評量。
2. 空氣污染物及 GHGs 排放量：雖然製造過程的排放量不易取得的，但可由車輛或相關產業的排放係數(Emission Factor, EF)，與材料重的乘積來評量(DeCicco and Thomas, 1999)。
3. 材料：材料的資訊較易取得，可以車輛或相關零組件、耗材的重量來表示，由於材料是否回收性高，需求量高低，均造成不高程度的環境影響，故納入評量。
4. 廢棄物：製程中產生的廢棄物量並不易取得，由於相關廢棄物料均有回收再利用價值，產生量應不大，故不列入評量。
5. 噪音：各工廠噪音量並不易取得，製造過程的噪音，則因可有效隔絕於廠區內，對民眾影響不大，故噪音量預期不大，對環境影響不顯著，故未列入評量。

3.3 使用階段

車輛於使用階段對環境的影響，是各國對車輛主要管制的範圍，此階段內可能的影響項目如表 3.1 所列，以下分別說明之。

1. 能源：能源消耗量主要以經濟部能源局的車輛油耗指南，並以車輛製造廠提供的耗能測試資訊為輔，做為評量車輛的能源消耗量依據。能源為車輛在使用階段的主要需求，故需求量大，對環境的影響程度亦高，故須評量。

2. 空氣污染物及 GHGs 排放量：主要由國內環保署所公告車輛污染排放清冊中的認證數值，評量 CO、HC、NO_x、PM 等污染物排放量，並由能源消耗量與能源 EF 值的乘積，推估 SO_x 及 CO₂ 排放量。對於內燃機引擎車輛而言，於使用階段中的排放量大，對環境的影響程度亦高，故須納入評量。
3. 材料及廢棄物：在使用階段中材料的需求少，廢棄物的產生量亦應不大，且這些資訊皆不易取得，故未列入評量。
4. 噪音：車輛所產生的噪音資料，可由環保署公告的車型噪音合格清冊中，取得車輛噪音認證數值，就人體可承受的噪音者 45-55dB(WHO/Europe, 2007)，一般均超過此值，故噪音量為大者，對環境的影響較大，故納入評量。

3.4 保養階段

於車輛品質及性能之維持，必須依賴定期保養，包括週期、項目、方法等，定期保養週期短，零組件、耗材的耗損及更換率將增加，而造成消費者及環境負荷。可能的影響項目如表 3.1 所列。

1. 能源：由於保養階段方法不同，且不易取得此階段對能源需求，而製造保養所需的零件及耗材的能源需求，亦不易取得資料，雖可由材料重量與 EE 估算，但對能源的實際需求量不易確定，且預期不同車輛間的差異可能不顯著，故未納入評量。
2. 空氣污染物及 GHGs 排放：亦不易取得，但可就保養所需零件及耗材的製造排放量，由材料重量與 EF 計算，其結果具有一定的代表性，故納入評量。
3. 材料及廢棄物：此部分可由車輛製造廠提供車主的車主手冊，獲取此階段所需材料的重量，及被更換棄置的廢耗材等廢棄物產生量，於車輛使用期限中，車輛於材料需求量及廢棄物產生量均為大量，若均可回收再

利用或再製造，對環境的影響會較小，由於其量可做為項目或階段的評量之用，故納入評量。

4. 噪音：由於保養階段之噪音量，並不易取得，且保養過程的噪音可有效隔絕於車輛保養廠區內，對民眾及環境影響應不顯著，故不納入評量。

3.5 棄置階段

報廢車輛及耗材於此階段處理過程對環境的可能影響項目檢討如表 3.1 所列，說明如下。

1. 能源：由於此階段之能源需求因報廢處置的執行方式不一，因此不易取得能源之評量資料，且預期不同車輛間的差異不會太顯著，應不會影響評量，故不納入評量。
2. 空氣污染物及GHGs排放量：報廢處置中的實際排放量不易取得，但可依回收處理或廢棄物處理的相關產業 EF 與料重的乘積來評量，故納入評量。
3. 材料：此需求可由製造階段材料評量及廢棄階段的廢棄物重，來評量須處置的廢車及廢耗材重。需報廢處置量應不小，故納入評量，若廢車可回收再利用或再製造，對環境的影響會較小。
4. 廢棄物：指報廢車輛及耗材經回收處置後所剩無法回收之廢棄物，雖可由車輛製造廠所宣告的回收率來評量，但由於國內廢棄車輛的回收處理，皆由環保署所主導廢棄物回收基金會，統一委託民間機構辦理，因此，車輛製造廠均無宣告回收率，由環保署(2005)對國內廢車進行回收率之統計結果約 71.1%，即相當於有 28.9%的廢棄物產生，由於單一數據不具比較性，故此部分未納入評量。
5. 噪音：於此階段噪音量資訊並不易取得，處置過程的噪音因可有效隔絕於廠區內，預期對民眾及環境影響不顯著，故不納入評量。

第四章 車輛綠色指標計算

本章說明如何依前一章所篩選的評量項目計算車輛綠色指標，計算流程如圖 4.1 示，首先依各指標內容分別訂定計算方法，進而訂定指標相關性分析及篩選原則，選擇較適當的指標及避免同時採用相關高的不同指標。以下一一詳細說明之。

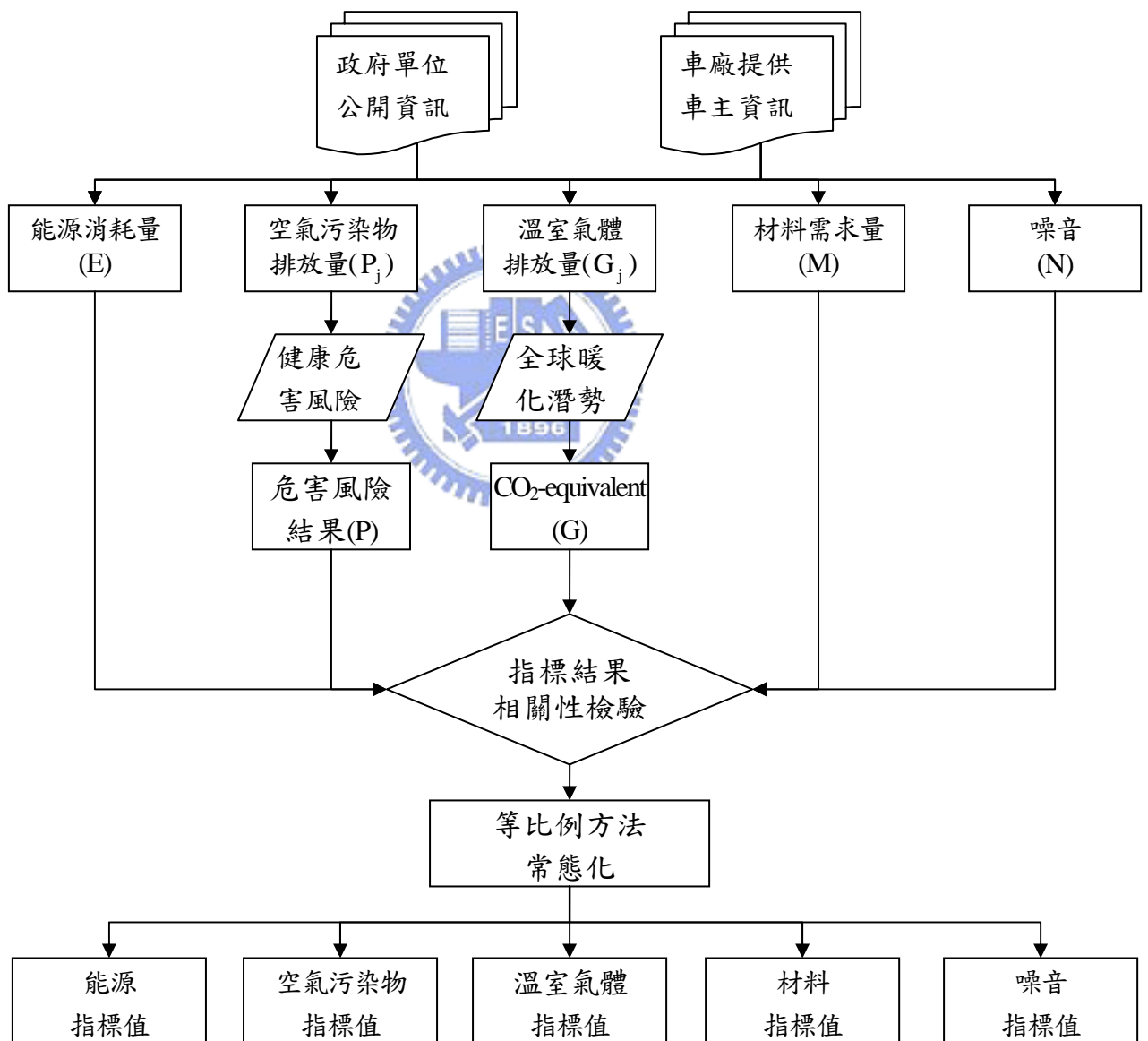


圖 4.1. 車輛綠色指標計算流程

4.1 指標計算方法

前一章已探討出車輛各階段中重要的環境影響項目，並篩選出本研究所要使用的評量項目，其可評量性如表 4.1 所示，共選擇能源、空氣污染物、GHGs、材料、噪音等五項作為車輛綠色指標，如圖 4.2 所示，各綠色評量指標計算架構圖，分別於各階段中計算再加總計算其結果。以下各節說明各個車輛綠色指標說明所採用的評量方法。

表 4.1. 評量項目與評量方式

	能源	空氣污染物	GHGs	材料	噪音
製造階段		C	C	A	
使用階段	A	A	B		A
保養階段		C	C	A	
報廢處置階段		C	C		
A 測試值估算					
B 製造資料推估					
C 相關文獻推估					

4.1.1 能源(代碼: E)

能源評量指標是以使用階段能源消耗量為考量，主要依據每年所公告的車輛油耗指南(經濟部, 2007)車輛耗油率及車輛期限中車輛行駛里程來估算，計算方式如下：

$$E = \frac{L_{\text{Dist}}}{e_k} \quad (4.1)$$

其中，E 為使用階段能源消耗量，單位為公升； L_{Dist} 為車輛使用期限的行駛里程，單位為 km； e_k 為車輛耗油率，單位為 km/l。

國內車輛使用期限約為 11 年、機車約為 10 年(行政院環保署, 2005)，而於行駛里程汽車約為 11 萬公里(交通部統計處, 2007)、機車約為 5 萬公里(交通部統計處, 2002)。

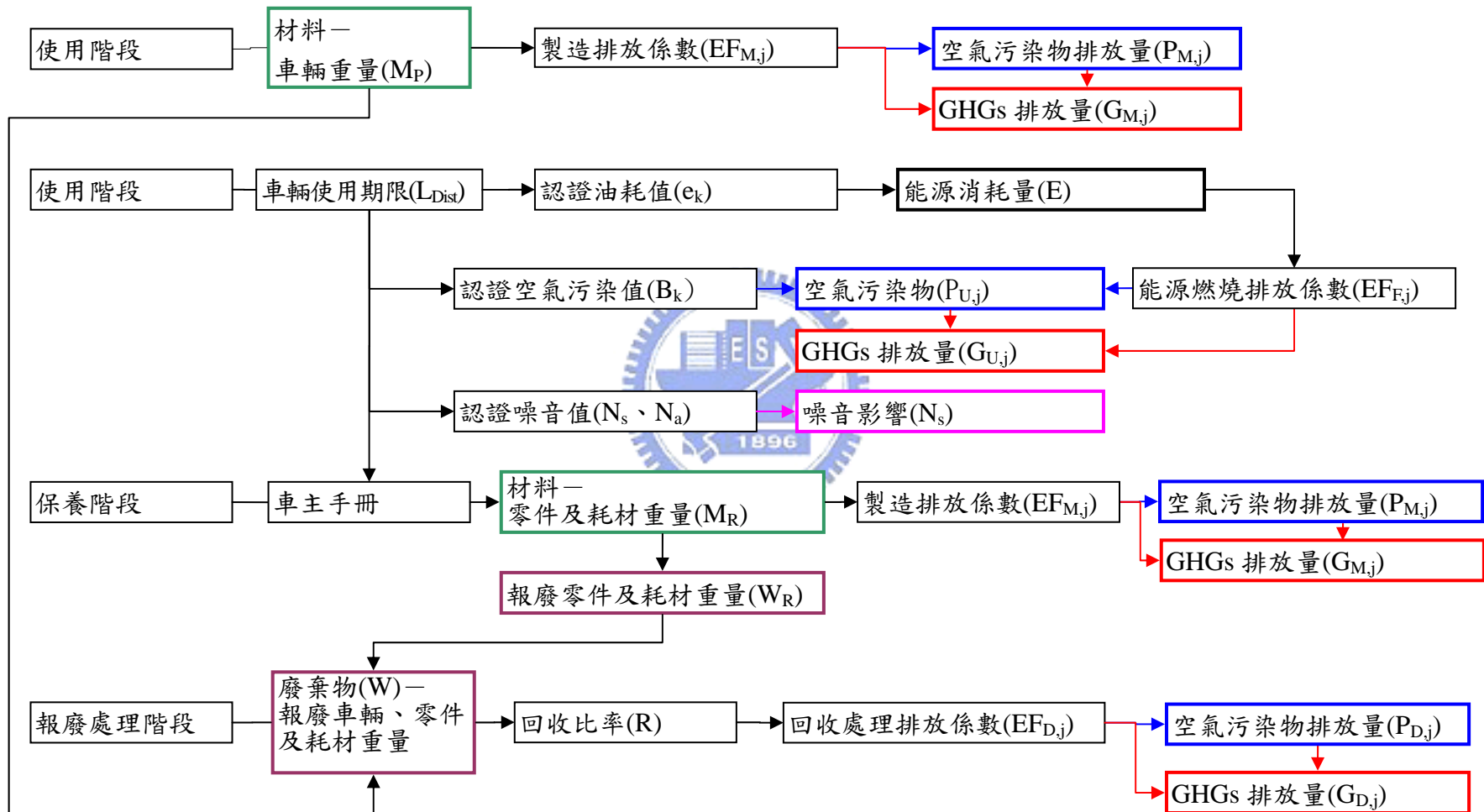


圖 4.2. 車輛綠色指標計算架構圖

車輛耗油率及空氣污染物排放的測試程序，目前國際上主要有美國及歐洲兩種測試程序，於汽車部分，國內主要以美國測試程序(US FTP-75)(經濟部能源局, 2007)為認證的測試程序，但同時也承認歐盟測試程序(EU 1999/100/EC) (經濟部能源局, 2007)，由於二者測試程序方式不同，因此對耗油率限制亦不相同，以此二種不同測試程序之耗油率的比值(US/EU=1.15) (經濟部能源局, 2007)，於本研究中，以歐盟測試程序進行測驗之車款，其耗油率將乘上該比值，轉換為美國測試程序之耗油率。

4.1.2 空氣污染物(代碼:P)

空氣污染物指標，包含有CO、HC、NO_x、PM、SO_x等五項子指標評量，各子項指標所對應之評量階段如表4.2所示，於製造、保養、廢棄處置等階段所評量的空氣污染物為NO_x、PM、SO_x等三項，於使用階段所評量空氣污染物則包括CO、HC、NO_x、PM、SO_x等五項，並且，為了易於綜合比較空氣污染物的影響，再以空氣污染物危害風險係數(Pré-Consultants, 2000)，計算本指標之危害風險，各子指標及危害風險計算方法分述如下：

表 4.2. 空氣污染物評量範圍

空氣污染物子指標	CO	HC	NO _x	PM	SO _x
製造階段			√	√	√
使用階段	√	√	√	√	√
保養階段			√	√	√
報廢處置階段			√	√	√

1、CO

由於CO主要為車輛使用階段中所產生的空氣污染物，故CO子指標主要針對使用階段CO排放量進行評量，空氣污染物的排放會因引擎及污染控制系統的老化而逐漸提高，依照環保署”汽油及替代清潔燃料引擎汽車車型排氣審驗合格證明核發撤銷及廢止辦法”所規定，一般假設與使用的期限成

線性的關係(環保署, 2007), 如圖 4.3, 評量之方法是以車輛於使用期限中的平均排放量與行駛里程的乘積, 以計算車輛排氣尾管排放CO總量:

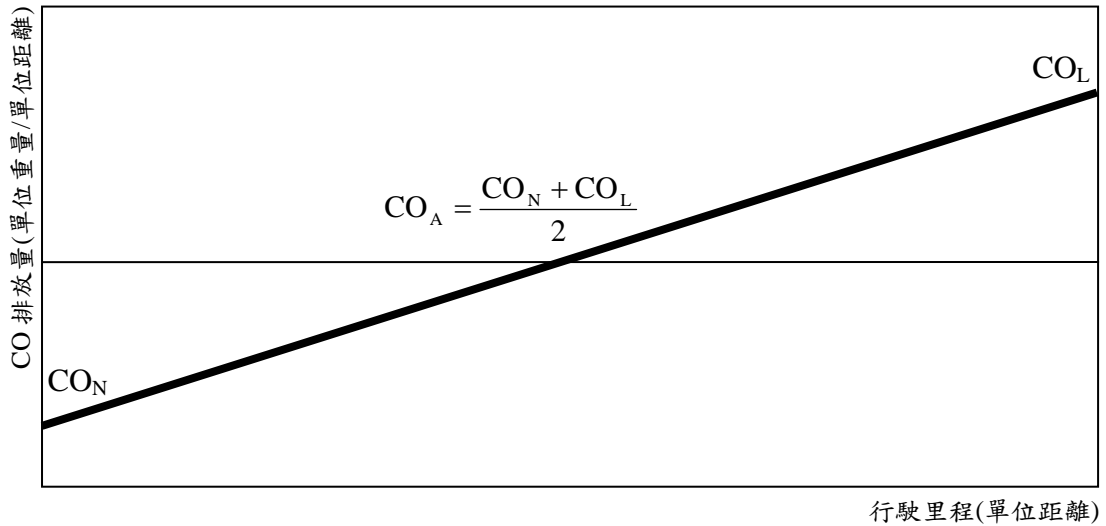


圖 4.3. 空氣污染物平均排放量計算

$$P_{CO} = CO_{ave} \times L_{Dist} \quad (4.2)$$

其中, P_{CO} 為CO排放總量, 單位為g; CO_{ave} 為車輛於使用期限中排氣尾管CO的平均排放量, 單位為g/km; L_{Dist} 則同前[能源]中之 L_{Dist} , 為車輛使用期限的行駛里程。 CO_{ave} 可由車輛新車排放量與使用期限排放量的平均值來表示, 如圖 4.3 所示:

$$CO_{ave} = \frac{CO_N + CO_L}{2} \quad (4.3)$$

其中, CO_N 為車輛於新車之CO排放量, CO_L 為車輛至使用期限之CO排放量, 單位均為g/km。由於環保署之空氣污染排放清冊, 並未有 CO_N 之值, 故 CO_N 改以環保署公告的車型空氣污染排放清冊(環保署, 2007)公告車輛於耐久保證期限之CO排放量除以其劣化係數計算之:

$$CO_N = \frac{CO_B}{DF_{CO}} \quad (4.4)$$

其中， CO_B 為車型空氣污染排放清冊中於耐久保證期限時之 CO 排放量，單位均為 g/km； DF_{CO} 為車型空氣污染排放清冊中 CO 劣化係數。

而 CO_L 則可由法規中對於車輛耐久保證期限的要求期限(環保署, 2007)、車型空氣污染排放清冊中之 CO 排放量及劣化係數及車輛使用期限的關係估算，如圖 4.4 所示：

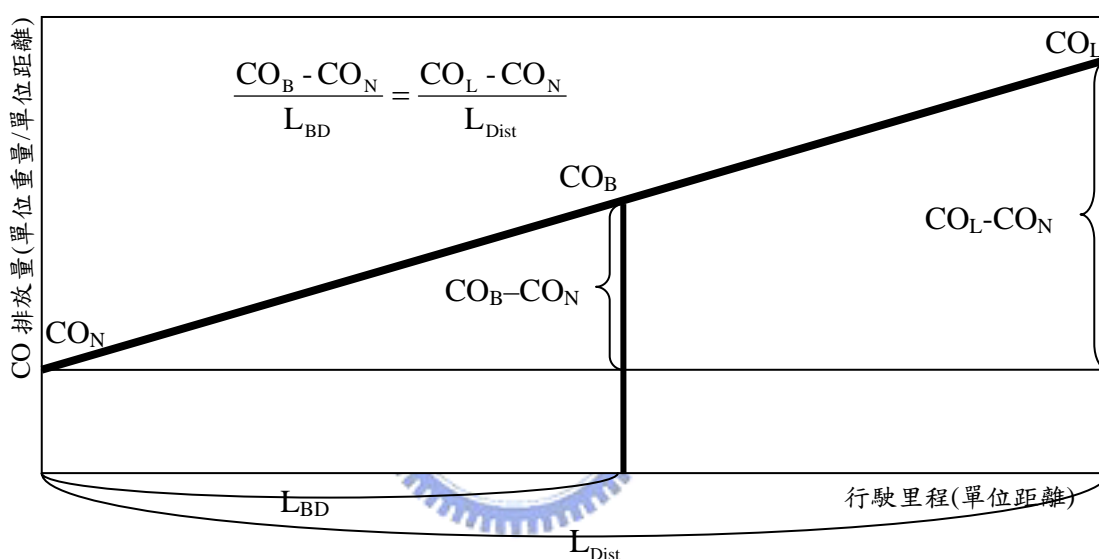


圖 4.4. 空氣污染物排放量與使用期限關係

$$\frac{CO_B - CO_N}{L_{BD}} = \frac{CO_L - CO_N}{L_{Dist}} \quad (4.5)$$

其中， L_{BD} 為法規中對於車輛耐久保證期限之行駛里程要求，單位為公里；計算後 CO_L 之排放量為：

$$CO_L = CO_N + \frac{(CO_B - CO_N) \times L_{Dist}}{L_{BD}} \quad (4.6)$$

將式 4.6、4.4 代入式 4.3，則 CO_{ave} 則為：

$$CO_{AVE} = \frac{\frac{CO_B}{DF_{CO}} + \frac{CO_B}{DF_{CO}} + \frac{(CO_B - \frac{CO_B}{DF_{CO}}) \times L_{Dist}}{L_{BD}}}{2} \quad (4.7)$$

$$= \frac{CO_B}{DF_{CO}} + \frac{(CO_B - \frac{CO_B}{DF_{CO}}) \times L_{Dist}}{2 \times L_{BD}}$$

再將式 4.7 代入式 4.2， P_{CO} 則為：

$$P_{CO} = \left(\frac{CO_B}{DF_{CO}} + \frac{(CO_B - \frac{CO_B}{DF_{CO}}) \times L_{Dist}}{2 \times L_{BD}} \right) \times L_{Dist} \quad (4.8)$$

另外，由空氣污染排放清冊中獲得汽車各車型 CO 及其他 HC、NO_x 排放量，由於[能源]使用推估有美系及歐系不同測試程序(環保署，2007)，此二測試程序之空氣污染排放物的排放量之比值設為 US/EU：CO ≐ 3.54 (李，2002)，修正轉換為國內法定測試程序的近似值，以進行不同測試程序之 CO 排放的評量比較。

2、HC

由於 HC 之排放，主要是在於使用階段，故 HC 子指標亦主要針對使用階段 HC 排放量進行評量，HC 的排放方式可分為排氣尾管排放與自油箱及供油系統逸散兩部分，故 HC 之計算方法為：

$$P_{HC} = HC_{Tail} + HC_{Evapo} \quad (4.9)$$

其中， P_{HC} 為車輛於使用階段 HC 排放總量， HC_{Tail} 為車輛於使用中排氣尾管之 HC 排放總量， HC_{Evapo} 為車輛於使用時自油箱及供油系統經由逸散所排放之 HC 總量。

HC_{Tail} 之計算方式類似之前排氣尾管排放 CO 總量估算方式，以下式計算使用階段中由車輛所排氣尾管排放的 HC 總量：

$$HC_{Tail} = \left(\frac{HC_B}{DF_{HC}} + \frac{(HC_B - \frac{HC_B}{DF_{HC}}) \times L_{Dist}}{2 \times L_{BD}} \right) \times L_{Dist} \quad (4.10)$$

其中， HC_B 為車型空氣污染排放清冊中(環保署, 2007)公告車輛耐久保證期限時之 HC 排放量，單位為 g/km，而 HC_B 亦須考量美國及歐洲不同之測試程序(環保署, 2007)，US/EU： $HC_B \div 1.19$ (李, 2004)，修正轉換為國內法定測試程序的近似值，以進行不同測試程序之 HC 排放的評量比較； DF_{HC} 為車型空氣污染排放清冊中 HC 劣化係數。

HC_{Evapo} 則依環保署現行測試程序(環保署, 2007)及交通部對國內車輛使用狀況調查資料(交通部統計處, 2007)進行情境推估模擬，以車輛每日行兩次，長時間停車兩次，即自車輛的油箱及供油系統蒸發兩次，估算在車輛使用年限中的排放量即為：

$$HC_{Evapo} = HC_{BE} \times 2 \times 365 \times L_{Year} \quad (4.11)$$

其中， HC_{BE} 車型空氣污染排放清冊中 Evaporative HC 排放量，單位為 g/test； L_{Year} 為車輛的使用年限。

將式 4.10 及 4.11 代入式 4.9 中，HC 則為：

$$P_{HC} = HC_U = \left(\frac{HC_B}{DF_{HC}} + \frac{(HC_B - \frac{HC_B}{DF_{HC}}) \times L_{Dist}}{2 \times L_{BD}} \right) \times L_{Dist} + 730 \times HC_{BE} \times L_{Year} \quad (4.12)$$

3、 NO_x

NO_x 子指標是對於製造、使用、保養、報廢處置等階段 NO_x 排放量的評量：

$$P_{NO_x} = NO_{x_M} + NO_{x_U} + NO_{x_R} + NO_{x_D} \quad (4.13)$$

其中， P_{NO_x} 為 NO_x 排放總量， NO_{x_M} 、 NO_{x_U} 、 NO_{x_R} 及 NO_{x_D} 分別為車輛於製造、使用、維修及報廢處置階段之 NO_x 排放量，以下分別說明計算方法：

- NO_{x_M} 可由製造排放係數與車輛重量，計算車輛於製造階段的 NO_x 排放總量：

$$NO_{x_M} = M_P \times EF_{M,NO_x} \quad (4.14)$$

其中， M_P 為車輛重量； EF_{M,NO_x} 為製造之 NO_x 排放係數。

- 使用階段 NO_x 排放量的評量，同[CO]是以車輛於使用期限中的平均排放量與行駛里程的乘積，以計算由車輛的排氣尾管排放 NO_x 總量，因此 NO_{x_U} 為：

$$NO_{x_U} = \left(\frac{NO_{x_B}}{DF_{NO_x}} + \frac{(NO_{x_B} - \frac{NO_{x_B}}{DF_{NO_x}}) \times L_{Dist}}{2 \times L_{BD}} \right) \times L_{Dist} \quad (4.15)$$

其中， NO_{x_B} 為車型空氣污染排放清冊中 NO_x 排放量，單位為 g/km，汽車須依[CO]中對不同測試程序(環保署，2007)，US/EU： $NO_x \div 1.03$ (李, 2004)，修正轉換為國內法定測試程序的近似值，以進行不同測試程序之 NO_x 排放的評量比較； DF_{NO_x} 為車型空氣污染排放清冊中 NO_x 劣化係數。

- 保養階段的 NO_x ，包括車輛保養所需零組件及耗材之製造所排放 NO_x ，及更換所產生廢耗材之棄置所排放 NO_x ；因此， NO_{x_R} 為以保養所需的零組件及耗材之重量，分別與製造及棄置排放係數乘積之和：

$$NO_{x_R} = M_R \times EF_{M,NO_x} + M_P \times EF_{D,NO_x} \quad (4.16)$$

其中， M_R 為車輛保養所需的零組件及耗材之重量； EF_{D,NO_x} 為棄置處理之 NO_x 排放係數。

- NO_{x_D} 可由棄置處理排放係數與車輛重量，計算車輛於棄置階段的 NO_x 排放總量：

$$NO_{x_D} = M_P \times EF_{D,NO_x} \quad (4.17)$$

其中， M_P 為車輛重量； EF_{D,NO_x} 為報廢處置之 NO_x 排放係數。

而 NO_x 之總排放量，可利用式 4.14、4.15、4.16、4.17 代入式 4.13 中，以所得之式 4.18 來計算：

$$P_{NO_x} = M_P \times EF_{M,NO_x} + \left(\left(\frac{NO_{x_B}}{DF_{NO_x}} + \frac{(NO_{x_B} - \frac{NO_{x_B}}{DF_{NO_x}}) \times L_{Dist}}{2 \times L_{BD}} \right) \times L_{Dist} \right) + M_R \times (EF_{M,NO_x} + EF_{D,NO_x}) + M_P \times EF_{D,NO_x} \quad (4.18)$$

4、PM

PM 子指標所評量的階段及計算方法，與前項 [NO_x] 所述大致相同，唯評量使用階段所評量的對象，因汽油引擎車輛並無對 PM 進行管制，故汽油引擎車輛之 PM 子指標的評量，可由能源消耗量 (E) 及能源燃燒之 PM 排放係數來計算，而柴油引擎為動力的車輛之 PM 子指標的評量，則可由車型空氣污染排放清冊中 PM 排放量來計算；於測試程序上雖有美系及歐系不同測試程序的問題 (環保署, 2007)，但因國內取得認證車輛均採同一測試程序，故不須考量此一問題。

汽油引擎車輛的計算方式為：

$$P_{PM} = M_P \times EF_{M,PM} + M_R \times (EF_{M,PM} + EF_{D,PM}) + M_P \times EF_{D,PM} \quad (4.19)$$

柴油引擎車輛的計算方式為：

$$P_{PM} = M_P \times EF_{M,PM} + \left(\left(\frac{PM_B}{DF_{PM}} + \frac{(PM_B - \frac{PM_B}{DF_{PM}}) \times L_{Dist}}{2 \times L_{BD}} \right) \times L_{Dist} \right) + M_R \times (EF_{M,PM} + EF_{D,PM}) + M_P \times EF_{D,PM} \quad (4.20)$$

其中， P_{PM} 為 PM 的排放總量， $EF_{M,PM}$ 為製造之 PM 排放係數； $EF_{D,PM}$ 為廢棄處置之 PM 排放係數； PM_B 為車型空氣污染排放清冊中 PM 排放量，單位為

g/km； DF_{PM} 為車型空氣污染排放清冊中 PM 劣化係數，但僅限於對柴油引擎車輛的計算使用。

5、 SO_x

SO_x 子指標所評量的階段與前 $[NO_x]$ 及 $[PM]$ 相同，其方法除了對使用階段不同外，其他皆相同；使用階段車輛之空氣污染物 SO_x 的排放，是由於燃料中不純物質的影響所產生，故未列入車輛廢氣排放管制項目之中，其評量的方式即是以能源消耗量(E)及能源燃燒之 SO_x 排放係數來計算：

$$SO_{xU} = E \times EF_{F,SO_x} \quad (4.21)$$

其中， SO_{xU} 為車輛於使用階段 SO_x 排放總量， EF_{F,SO_x} 為能源燃燒的 SO_x 排放係數。

將式 4.21 與製造、保養、廢棄處理等三階段的計算式結合，則 SO_x 的評量計算為：

$$P_{SO_x} = M_P \times EF_{M,SO_x} + E \times EF_{F,SO_x} + M_R \times (EF_{M,SO_x} + EF_{D,SO_x}) + M_P \times EF_{D,SO_x} \quad (4.22)$$

其中， P_{SO_x} 為 SO_x 排放總量， EF_{M,SO_x} 為製造的 SO_x 排放係數， EF_{D,SO_x} 為廢棄處置之 SO_x 排放係數。

6、危害風險計算

由 CO、HC、 NO_x 、PM、 SO_x 等五項子指標評量結果，並未評量空氣污染物的影響程度，因此，本研究依表 4.3 的各項空氣污染物的危害風險係數，計算空氣污染物的危害風險，計算方法如下：

$$P = \sum_j D_j \times P_j \quad (4.23)$$

$$j \in \{CO、HC、NO_x、PM、SO_x\}$$

其中，P 為車輛之空氣污染的危害風險結果， D_j 為於表 4.3 中 j 項空氣污染物的危害風險係數， P_j 為 j 項空氣污染物排放總量計算結果。

表 4.3. 空氣污染物危害風險係數

危害風險	CO	HC	NO _x	PM	SO _x
健康風險(% Daily/kg)	7.31E-07	6.46E-07	8.87E-05	9.78E-06	5.46E-05

(Prë-Consultant, 2000)

4.1.3 溫室氣體(代碼: G)

GHGs 指標即為車輛各階段中所排放如 CO₂、HC、NO_x、CO、CH₄、N₂O 等溫室氣體的排放量，其排放量與表 4.4 的全球暖化潛勢 (Global warming potential, GWP) 值乘積之總和，以 GWP 值 1 的 CO₂，計算溫室氣體總排放之二氧化碳當量 (CO₂-equivalent, eCO₂)，計算方式如下：

$$G = \sum_i \sum_j g_{i,j} \times GWP_j \quad (4.24)$$

$i \in \{ \text{製造、使用、保養、報廢處理} \}$

$j \in \{ \text{CO}_2、\text{HC}、\text{NO}_x、\text{CO}、\text{CH}_4、\text{N}_2\text{O} \}$

其中，G 為溫室氣體總排放量， $g_{i,j}$ 為各階段之各種溫室氣體的排放量， GWP_j 為各種溫室氣體之全球暖化潛勢值。

表 4.4. 各種溫室氣體的 GWP 值

溫室效應氣體	CO ₂	HC	NO _x	CO	CH ₄	N ₂ O
GWP	1	2	4	5	22	355

(DeCicco.and Thomas, 1999)

HC、NO_x、CO 為空氣污染物指標中此三項子指標的排放量；CO₂ 則可分別由製造、保養、報廢處置階段的排放係數，及使用階段能源燃燒排放係數，各別與材料、廢棄物、能源的量，同前項[空氣污染物]之 SO_x 子指標的方式，計算 CO₂ 的排放量：

$$\text{CO}_2 = M_P \times \text{EF}_{M,\text{CO}_2} + E \times \text{EF}_{F,\text{CO}_2} + M_R \times (\text{EF}_{M,\text{CO}_2} + \text{EF}_{D,\text{CO}_2}) + M_P \times \text{EF}_{D,\text{CO}_2} \quad (4.25)$$

其中 EF_{M,CO_2} 為製造的 CO_2 排放係數， EF_{F,CO_2} 為能源燃燒的 CO_2 排放係數， EF_{D,CO_2} 為廢棄處置之 CO_2 排放係數。 CH_4 、 N_2O 則由使用階段的排放係數與能源的消耗量計算，計算 CH_4 、 N_2O 的排放量：

$$CH_4 = E \times EF_{F,CH_4} \quad (4.26)$$

$$N_2O = E \times EF_{F,N_2O} \quad (4.27)$$

其中 EF_{F,CH_4} 、 EF_{F,N_2O} 分別為能源燃燒的 CH_4 、 N_2O 排放係數。

4.1.4 材料(代碼: M)

如表 4.1 所列，材料評量指標主要由製造及保養階段計算。由於不易細分不同材料的差異，故以總重量作為計算指標的依據。

1、 製造階段

係藉由車輛重量(M_p)評量的材料消耗，及車輛保養之零組件、耗材的重量(M_R)評量保養階段的材料消耗；由環保署所公告的車型排放清冊中獲得其負載車重(M_B)，依照所採用測試方法不同而有不同的算法，測試方法為 FTP75 則 $M_p = M_B - 136\text{kg}$ ，測試方法為 EUDC 則 $M_p = M_B - 100\text{kg}$ 。

2、 保養階段

保養階段主要計算所需零組件、耗材的重量(M_R)，主要依據下列公式計算：

$$M_R = \sum M_h \times \frac{L_U}{t_h} \quad (4.28)$$

其中， t_h 為製造廠設定之定期保養週期； M_h 為定期保養項目之耗材重量。

材料評量指標(M)值則可如下式依二個階段所得的數值相加總而得：

$$M = M_p + M_R = M_p + \sum M_h \times \frac{L}{t_h} \quad (4.29)$$

4.1.5 噪音(代碼: N)

噪音指標由環保署所公告的車型噪音合格清冊，即可取得國內目前的車輛原地噪音及加速噪音認證數值，一般原地(N_s)噪音均大於加速噪音(N_a)。再以車輛於都會地區影響及測試條件的情境做為考量，首應考量車輛行駛市區因車輛擁塞，造成的原地噪音的干擾問題，故直接取車輛 N_a 為本項指標之值。

4.2 指標相關性分析

由於指標可能因計算方式致使所計算出之結果有高相關性，造成評估重複性的問題，因此，必須針對各項指標結果進行相似度檢驗，以作為後續指標篩選的依據。本研究以散佈圖(Scatter Plot)及相關係數等方法檢視其相關性，刪除相關性太高的車輛綠色指標。其原則為如某指標與三個以上其他指標之相關係數高於 0.8，則視為高相關，例如空氣污染物的計算，是車型空氣污染排放清冊及車輛油耗指南中之空氣污染排放量及耗油率，評量使用階段中車輛所排放的空氣污染量，再與材料、廢棄物結果評估車輛於製造、保養、報廢的空氣污染量合計，因此，若空氣污染物分別與能源、GHGs、材料的相關係數，全部均超過 0.8，因而視為高相關性，為避免綠色綜合指標受到重覆指標的影響，高相關性的指標應擇一納入即可，其他未納入的指標則列為參考指標。

由於各指標之單位及數據分佈範圍不同，所以各指標間不易進行比較，因此，指標之計算結果利用等比例(Re-scaling)方法進行常態化(Normalize)，以將各指標值轉換為 0 至 1 之間指標值，如此，將有助於指標間之比較；但為避免零值造成誤解，將對各指標值加上 0.1，再依以除以 1.1；常態化方法如下：

$$Y_{r,k} = \frac{1 - \frac{x_{r,k} - \min(x_k)}{\max(x_k) - \min(x_k)} + 0.1}{1.1} = 1 - \frac{x_{r,k} - \min(x_k)}{1.1(\max(x_k) - \min(x_k))} \quad (4.30)$$


其中， $Y_{r,k}$ 為評量對象 k 之 r 項指標值； $x_{r,k}$ 為評量對象 k 之 r 項指標的計算結果； $\min(x_k)$ 為 k 指標中最小的計算結果， $\max(x_k)$ 為 k 指標中最大的計算結果。

第五章 車輛綠色綜合指標之建立

由於納入車輛綠色評量的指標將不只一個，各車輛在不同指標的表現亦不相同，本研究因而以資料包絡分析法（Data Envelopment Analysis, DEA）及共同權重法(Common Weight, CW)進行綜合指標分析，針對所納入的指標分析適當的權重組合建立車輛綠色綜合指標。以下一一說明之。

5.1 資料包絡分析法

資料包絡分析法(Data Envelopment Analysis, DEA) (Charnes et al., 1978)是以線性規劃求取各評量對象的最大績效前緣，並獲得各評量對象的最大績效值及各別指標的權重值，以顯示。本研究以 DEA 固定規模報酬(Constant Return to Scale)的方法，視各項車輛綠色指標值為固定比例的輸入及產出；DEA 原始模式是分數線性規劃模式，為一非線性模式，求解較不易，因此，於本研究所採用 Norman and Stoker (1991) 的 DEA 模式，如下列：

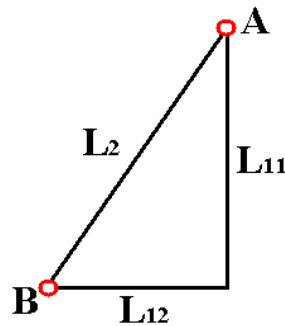

$$\begin{aligned} EM_k &= \text{Max} \sum_{r=1}^S u_{r,k} Y_{r,k} & (a) \\ \text{S.T.} \quad \sum_{r=1}^S u_{r,k} Y_{r,k} &\leq 1, k \in C & (b) \\ u_{r,k} &\geq \varepsilon, r \in S & (c) \\ Y_{r,k} &= (0,1), k \in C & (d) \end{aligned} \tag{5.1}$$

其中， EM_k 為評量對象 k 之綜合指標值； $u_{r,k}$ 為評量對象 k 之 r 項指標之指標權重； $Y_{r,k}$ 為評量對象 k 之 r 項指標值； $u_{r,k} Y_{r,k}$ 為評量對象 k 之 r 項指標之指標績效值； C 為評量對象之集合； $k \in C$ 代表評量對象集合中的任一評量對象； S 為評量指標之集合； $r \in S$ 代表評量指標集合中的任一評量指標。式 5.1(a) 為目標式，目的是求一組最有利的權重使評量對象的加總效率值最大。故以式 5.1(b) 限制效率值最大不得超過 1。式 5.1(c) 乃是為了避免過於極端的權重，造成有些指標的權重為 0，且限制權重最小值為 ε 。式 5.1(d) 中，個別指標值為大於等於 0 小於等於 1 之變數，當等於 1 時表示績效最好。

5.2 共同權重法

由於 DEA 的效率值是以對每一個受評單位最有利的方式來決定，因此，不同對象會以不同組合的權重評量，實用性較差，較不容易作綜合面向的評估，故 Despotis(2005)建議共同權重法(Common weight, CW)，求取共同權重組合，以對所有評量對象各項指標進行綜合面向的評量。

CW 法所得的 CW 是期望各評量指標值總體值 (global score) 應盡量接近原 DEA 法所計算出來的數值，因此，CW 法可採用兩點之向量差距值來分析，較直接簡單的方法為計算向量範數(Vector Norm)，如圖 5.1 所示，A、B 兩點之向量距離可透過將上述三種向量範數轉換於直角三角形中計算，以向量範數有 L_1 、 L_2 及 L_∞ 等三種為考量， L_1 norm 為三角形兩股 L_{11} 、 L_{12} 的長度相加之和、 L_2 norm 為三角形斜邊的長度；可分別藉由 L_1 norm 與 L_∞ norm (Despotis, 2005)，或以 L_2 norm(黃, 2007)，分別計算 DEA 與總體值間的距離向量，再篩選建立共同權重；此二種 CW 的計算模式分別說明如下：



$$L_1 = L_{11} + L_{12}$$

$$L_2 = \sqrt{L_{11}^2 + L_{12}^2}$$

$$L_\infty = \max(L_1, L_2)$$

圖 5.1. 三種不同距離計算方式

1. L_1 norm 與 L_∞ norm 的計算方法

Despotis (2005) 藉由 L_1 norm 及 L_∞ norm 的方法，以 L_∞ norm 即為取 L_{11} 、 L_{12} 中較大的一股之長度；期望各評量單位依共同權重所得之總體值盡量接近 DEA 法所計算出來的數值，模式如下：

$$\begin{aligned}
 D_{GS} = \text{Min } & t \frac{1}{C} \sum_{k=1}^C d_k + (1-t)z & (a) \\
 \text{S.T. } & \sum_{k=1}^C u_r Y_{r,k} + d_k = EM_k, k \in C & (b) \\
 & d_k - z \leq 0, k \in C & (c) \\
 & u_r \geq \varepsilon, r \in S & (d) \\
 & z \geq 0, d_k \geq 0, k \in C & (e) \\
 & Y_{r,k} = (0,1), k \in C & (f)
 \end{aligned} \tag{5.2}$$

其中， D_{GS} 為 DEA 與總體值的差距； C 為評量對象之數目； d_k 為 k 評量對象之 DEA 與總體值的距離； t 為假設參數； z 為使目標式非負解之變數，也為 DEA 與總體值間的最大偏差； u_r 為 r 指標之共同權重； $Y_{r,k}$ 為評量對象 k 之 r 項指標的績效值。模式將選取總距離最小解，即總體值與 DEA 結果最接近的一組權重當作共同權重，於此模式中包含兩種基準來量測 DEA 與總體值的距離 d_k ：(1) 當 $t=1$ 時 DEA 與總體值的平均差最小 (L_1 norm)；(2) 當 $t=0$ 時 DEA 與總體值間的最大偏差 (d_{\max}) 盡可能最小 (L_∞ norm)。當 t 變動時，則會產生不同的權重。式 5.2(a) 為目標式，目的為在 t 值變動下，求取 DEA 與總體值之最小差距。故以式 5.2(b) 限制求出之績效值盡量接近 DEA 之效率值。為避免指標權重過於極端，導致某些指標權重為 1，而造成有其他指標的權重為 0。式 5.2(d) 設定權重限制為最小為 ε ，以確保沒有權重被設定為 0。為確保值為非負解，式 5.2(e) 限制 z 與 d_k 皆大於 0。式 5.2(f) 中，子指標值為大於等於 0 且小於等於 1 的變數，值越大績效越好，當等於 1 時表示績效最好。

2. L_2 norm 的計算方法

即用最小二乘平方差的概念建立二次規劃的模式(Quadratic Programming, QP)，做為建立共同權重組合，模式如下：

$$\begin{aligned} \text{QP} &= \text{Min} \left(\sum_{k=1}^C d_k^2 \right)^{\frac{1}{2}} & (a) \\ \text{S.T.} \quad \sum_{k=1}^C u_r Y_{r,k} + d_k &= E_k, k \in C & (b) \\ u_r &\geq 0, r \in S & (c) \\ d_k &\geq 0, k \in C & (d) \\ Y_{r,k} &= (0,1), k \in C & (e) \end{aligned} \quad (5.3)$$

其中 QP 為 DEA 與總體值之間的最小二乘平方差；C 為評量對象之數目； d_k 為 k 評量對象之 DEA 與總體值的距離； u_r 為 r 指標之共同權重； $Y_{r,k}$ 代表評量對象 k 之 r 指標績效值。模式將選取二乘平方差的最小解，即總體值與 DEA 結果最接近的一組權重當作共同權重。式 5.3(a) 為目標式，目的為求取 DEA 與總體值之最小二乘平方差。故以式 5.3(b) 限制求出之績效值盡量接近 DEA 之效率值。為避免某些指標權重為負值，式 5.3(c) 設定權重限制必須大於或等於 0，為確保值為非負解，式 5.3(d) 限制 d_k 皆大於 0。式 5.3(e) 中，指標值為大於等於 0 且小於等於 1 的變數，值越大績效越好，當等於 1 時表示績效最好。

由於共同權重法會產生數組不同之權重組合，故需進一步篩選出一組合適之權重，以符合實務上之需求。本研究採用類似黃(2007)的方法利用次數分佈繪圖及計算偏斜係數(Coefficient of skewness, Skewness)分析各權重數據分佈之偏斜性。若數據越接近標準常態分佈代表此評估組合較具有區別性，而偏斜係數會趨近於 0，因此宜選擇偏斜係數較小之權重組合，做為計算車輛綜合綠色指標的權重 (w_r)。

各車型依前項[指標值的計算]所計算各指標值，與[指標權重的篩選]所篩選的各指標權重的乘積和，即為各車型的綜合綠色指標：

$$GN_k = \sum_r w_r \times Y_{r,k} \quad (5.4)$$

其中， GN_k 為車型 k 的車輛綜合綠色指標， w_r 為 r 項指標之最適權重， $Y_{r,k}$ 為車型 k 之 r 項指標值。

在下一章中將依前章所篩選的指標，及 DEA 方法所計算的最大績效值，再以不同的 CW 方法計算出不同的共同權重组，並以各共同權重组所得的指標數值分佈之偏斜性，選擇偏斜係數較小之權重组，做為計算車輛綜合綠色指標的權重。



第六章 車輛綠色評量

為示範如何應用所建立的車輛綠色評量指標及車輛綠色綜合指標，以及探討指標在國內使用的適宜性，本研究以國內銷售量較大或強調環保節能的汽車為案例進行綠色評量。首先進行資料收集及整理，再依前二章所述之方法計算車輛綠色評量指標與車輛綠色綜合指標，以下詳細說明之。

6.1 評量資料收集及整理

1. 評量車型的選取

由於國內汽車車型甚多，於人力時間有限下，故本研究以台灣地區 2005 年 7 月至 2006 年 6 月中，符合環保署於 1999 年 1 月 1 日所公佈實施的“汽油及替代清潔燃料引擎汽車排氣管排放標準”且銷售量佔前 50%，再加上強調環保節能的車型，作為資料收集及評量的對象，並以環保署對汽車的引擎族及排氣量劃分車型。所評量之車種如表 6.1 所示，由於銷售量前 50% 車型之引擎皆為國產的車型，另再增加兩款銷售量較多的 G12I 及 G13I 進口車型，做為國內銷售量少之進口車的代表。此外，G14H 與 G15H 為目前新發展之環保車量，故雖然其銷售量目前仍低，亦將該二台車納入評量。

2. 車型認證數據收集及整理

各車型於 2005 至 2006 的申請空氣污染排放、油耗、噪音等車型認證數據主要經由環保署、經濟部能源局之網站下載(環保署, 2006; 能源局, 2006)，如表 6.2 所示，由於所有車輛均採美國測試程序(US FTP-75)進行認證測試，故不必再對其行車型態測試結果進行修正； CO_{DF} 、 HC_{DF} 、 NO_{xDF} 分別為空氣污染物 CO、HC、 NO_x 排放劣化係數，用於修正評量結果。

3. 車輛保養資料的收集及整理

此部分的資料以廠商提供的車主手冊上的週期及項目為依據，並配合車輛製造廠提供相關耗材的重量，以評量於使用期限內所需耗材的重量，各車的保養週期如表 6.3 所示，所需的各項耗材之總量如表 6.4，保養更換的詳細項目、頻率、重量整理列於附錄 1。

4. 相關排放係數

由於國內並沒有車輛製造、燃燒、報廢處理等排放係數以供推估衍生的廢氣排放量，本研究主要參考 DeCicco. and Thomas (1999) 所採用之排放係數，表 6.5 所列為車輛綠色指標之空氣污染物及 GHGs 的推估結果。

表 6.1. 納入評量的車型

車型編號	引擎排氣量	銷售輛數	佔有率
G1D	1,800	35,393	8.4%
G2D	1,500	30,833	7.3%
G3D	2,000	26,451	6.3%
G4D	2,000	18,904	4.5%
G5D	2,500	17,860	4.2%
G6D	2,000	16,617	3.9%
G7D	1,600	14,356	3.4%
G8D	1,800	13,578	3.2%
G9D	1,800	12,972	3.1%
G10D	2,300	12,502	3.0%
G11D	1,600	12,430	2.9%
G12I	1,100	2,434	0.6%
G13I	3,500	2,234	0.5%
G14H	1,500	145	0
G15H	2,300	5	0

表 6.2. 車型認證資料

車型 編號	平均油耗 (km/l)	CO (g/km)	HC (g/km)	NO _x (g/km)	Eva_HC (g/test)	CO _{DF}	HC _{DF}	NO _{xDF}	負載車重 (kg)	加速噪音 dB(A)	原地噪音 dB(A)
G1D	14.3	0.40	0.064	0.11	0.5	1.663	1.381	1.622	1331	70.0	87.0
G2D	17.1	0.51	0.067	0.12	0.2	2.223	1.214	1.994	1182	68.0	84.0
G3D	12.4	0.25	0.043	0.02	0.2	1.650	1.166	1.541	1620	69.0	82.0
G4D	12.6	0.19	0.023	0.02	0.3	1.000	1.000	1.126	1632	69.0	77.0
G5D	10.9	0.77	0.034	0.02	0.4	1.200	1.300	1.100	1687	71.0	79.0
G6D	11.7	0.58	0.030	0.08	0.5	1.200	1.300	1.100	1691	71.0	84.0
G7D	14.6	1.36	0.110	0.08	0.2	1.272	1.550	1.378	1360	71.0	80.0
G8D	13.3	0.30	0.038	0.08	0.6	1.200	1.300	1.100	1384	72.0	82.0
G9D	10.2	0.91	0.052	0.18	1.8	1.375	1.042	2.953	1595	73.0	89.0
G10D	10.4	1.69	0.149	0.01	0.4	1.103	1.084	1.053	1720	69.0	83.0
G11D	14.6	0.61	0.103	0.02	0.1	1.127	1.067	1.050	1384	72.0	87.0
G12I	16.1	0.24	0.038	0.06	1.3	1.200	1.300	1.100	1105	70.0	79.0
G13I	9.0	0.29	0.044	0.02	1.2	1.200	1.300	1.100	2163	74.0	84.0
G14H	23.3	0.02	0.012	0.00	0.7	1.200	1.300	1.100	1467	73.0	65.0
G15H	13.4	0.01	0.005	0.01	0.4	1.200	1.300	1.100	1802	74.0	70.0

表 6.3. 車型定期保養耗材更換週期

車型 編號	火星塞 10 ³ km	電瓶* Year	機油 10 ³ km	汽油 濾清器 10 ³ km	空氣 濾清器 10 ³ km	機油 濾清器 10 ³ km	皮帶 10 ³ km	齒輪油 10 ³ km	差速器 齒輪油 10 ³ km	剎車油 10 ³ km	剎車 來令 (F) 10 ³ km	剎車 碟(鼓) (F) 10 ³ km	剎車 來令 (R) 10 ³ km	剎車 碟(鼓) (R) 10 ³ km	輪胎 10 ³ km	冷卻水 10 ³ km
G1D	50	2	5	80	40	5	40	80		40	40	60	70	80	50	40
G2D	50	2	5	80	40	5	40	80		40	40	60	70	80	50	80
G3D	100	2	5	80	40	5	40	80		40	40	60	70	80	50	80
G4D	100	2	5	80	40	5	40	80		40	40	60	70	80	50	40
G5D	40	2	5	20	20	5	40	20		40	40	60	70	80	50	40
G6D	40	2	5	40	40	5	100	60		60	40	60	70	80	50	40
G7D	50	2	5	50	20	5	70	40		40	40	60	70	80	50	40
G8D	50	2	5	20	20	5	40	20		40	40	60	70	80	50	40
G9D	100	2	5	80	40	5	40	20	20	40	40	60	70	80	50	40
G10D	120	2	10	80	60	10	40	200		40	40	60	70	80	50	40
G11D	120	2	10	40	60	10	40	200		40	40	60	70	80	50	40
G12I	100	2	5	20	20	5	40	20		40	40	60	70	80	50	40
G13I	75	2	8	30	30	8	40	30		2*	40	60	70	80	50	3*
G14H	100	2	5	80	40	5	40	80		40	40	60	70	80	50	80
G15H	120	2	10	80	60	10	40	200		40	40	60	70	80	50	40

*者表示該項週期未依行駛里程而定，係依使用年限訂定。

表 6.4. 車型保養週期與耗材需求總量

車型 編號	定期保養更換項目之評估 (kg)																總計 (kg)
	火星塞	電瓶	機油	汽油 濾清器	空氣 濾清器	機油 濾清器	皮帶	齒輪油	差速器 齒輪油	剎車油	剎車 來令 (F)	剎車 碟(鼓) (F)	剎車 來令 (R)	剎車 碟(鼓) (R)	輪胎	冷卻水	
G1D	0.4	50.0	79.2	0.3	0.5	7.8	0.5	2.7	-	4.0	3.1	10.0	1.4	10.0	78.4	13.0	261.3
G2D	0.4	50.0	79.2	0.3	0.5	7.8	0.5	2.7	-	4.0	3.1	10.0	1.4	10.0	78.4	42.0	289.9
G3D	0.2	50.0	79.2	0.3	0.5	7.8	0.5	2.7	-	4.0	3.1	10.0	1.4	10.0	78.4	67.0	314.9
G4D	0.2	50.0	79.2	0.3	0.5	7.8	0.5	2.7	-	4.0	3.1	10.0	1.4	10.0	78.4	124.0	371.9
G5D	0.4	50.0	79.2	1.6	1.3	7.8	0.5	4.6	-	4.0	1.5	10.0	0.7	10.0	39.2	124.0	334.3
G6D	0.4	50.0	99.0	0.6	0.5	7.8	0.2	2.9	-	2.0	1.5	10.0	0.7	10.0	39.2	138.0	362.5
G7D	0.4	50.0	75.2	0.6	1.3	7.8	0.2	14.7	-	4.0	1.5	10.0	0.7	10.0	78.4	124.0	378.5
G8D	0.4	50.0	75.2	1.6	1.3	7.8	0.5	36.9	-	4.0	1.5	10.0	0.7	10.0	78.4	124.0	401.9
G9D	0.2	50.0	79.2	0.3	0.5	7.8	0.5	13.5	6.5	4.0	3.1	10.0	1.4	10.0	78.4	130.0	395.4
G10D	-	50.0	39.6	0.3	0.3	3.9	0.5	-	-	4.0	3.1	10.0	1.4	10.0	78.4	130.0	331.4
G11D	-	50.0	39.6	0.6	0.3	3.9	0.5	-	-	4.0	3.1	10.0	1.4	10.0	78.4	120.0	321.7
G12I	0.2	50.0	79.2	1.6	1.3	7.8	0.5	13.5	-	4.0	3.1	10.0	1.4	10.0	78.4	130.0	390.9
G13I	0.3	100.0	46.8	1.0	0.8	4.6	0.5	8.1	-	10.0	3.1	10.0	1.4	10.0	78.4	195.0	469.9
G14H	0.2	50.0	79.2	0.3	0.5	7.8	0.5	2.7	-	4.0	3.1	10.0	1.4	10.0	78.4	77.0	325.1
G15H	-	50.0	39.6	0.3	0.3	3.9	0.5	-	-	4.0	3.1	10.0	1.4	10.0	78.4	130.0	331.4

表 6.5. 相關排放係數

項目	計算污染物	係數	單位	備註
製造	NO _x	19.8	g/kg	
	SO _x	17.2	g/kg	
	PM	0.41	g/kg	
	CO ₂	5,600	g/kg	
燃燒	SO _x	1.62	g/gal	
	CH ₄	4.43	g/gal	
	N ₂ O	3.25	g/gal	
	CO ₂	8,200	g/gal	
報廢處理	NO _x	19.8	g/kg	以製造之排放 係數替代
	SO _x	17.2	g/kg	
	PM	0.41	g/kg	
	CO ₂	5,600	g/kg	

資料來源: DeCicco. and Thomas (1999)



6.2 車輛綠色指標評量

以下應用第四章所說明的車輛綠色指標計算方法，分別計算能源、空氣污染物、GHGs、材料、噪音等五項車輛綠色指標，並依式 4.30 進行常態化，及進一步分析各指標間的相關性。

6.2.1 指標計算

各指標計算結果及常態化指標值列於表 6.6 中，以下就各指標計算結果分別說明之：

- (1) 能源指標為車輛在使用階段中所需消耗能源量，以公升表示。此項指標由車輛耗油率及使用期限內行駛里程來估算，結果如表 6.6 所列，以 G14H 消耗能源量最少，而以 G13I 消耗能源量最多。進一步與表 6.2 中之資料比較，可以發現車重及動力效率是影響本指標結果的重要因素。
- (2) 空氣污染物指標以車輛製造、使用、保養、廢棄處置所排放空氣污染物量對人體之健康風險表示，以每日健康風險機率表示。結果如表 6.6 所列，以 G11D 最低，而 G13I 最高。以空氣污染物來分析，由圖 6.1 可明顯看出其中以 NO_x 及 SO_x 對於健康之影響較大；而再進一步以 NO_x 、 SO_x 於車輛與耗材之製造、棄置階段及車輛使用階段的排放量，如圖 6.2 及圖 6.3 所示，均以車輛與耗材之製造、棄置階段的排放量最大，因此，車重大者及耗材消耗量大者，對此指標影響亦大。
- (3) GHGs 指標則為溫室氣體排放狀況，以 kg eCO_2 表示，以 G14H 之溫室氣體排放量最低，G13I 最高。由圖 6.4 可看出 CO_2 為主要的 GHG。而由圖 6.5 可知 GHGs 主要是在使用階段排放。
- (4) 材料指標主要評量車重及保養所需的耗材二部分，以 kg 表示。結果列於表 6.6 及圖 6.6 中，以 G2D 之材料需求量最低，而 G13I 需求量最高。
- (5) 噪音指標則為車輛的噪音，以 dBA 表示，其中以 G14H 噪音最低，G9D 噪音最高。

表 6.6. 車輛綠色評量指標值

車型編號	能源(E)		空氣污染物(P)		GHGs(G)		材料(M)		噪音(N)	
	公升	指標值	% Daily	指標值	kg eCO ₂	指標值	kg	指標值	dB(A)	指標值
G1D	7692.3	0.640	0.008483	0.829	35941.3	0.829	1456.3	0.906	87.0	0.167
G2D	6432.7	0.793	0.007767	0.942	31454.4	0.972	1335.9	1.000	84.0	0.280
G3D	8871.0	0.497	0.009547	0.661	42673.6	0.613	1798.9	0.637	82.0	0.356
G4D	8730.2	0.514	0.009838	0.615	43096.4	0.600	1867.9	0.583	77.0	0.545
G5D	10091.7	0.349	0.010074	0.578	46980.8	0.475	1885.3	0.570	79.0	0.470
G6D	9401.7	0.433	0.010728	0.475	45551.0	0.521	1917.5	0.545	84.0	0.280
G7D	7534.2	0.659	0.008942	0.757	37682.0	0.773	1602.6	0.791	80.0	0.432
G8D	8270.7	0.570	0.009167	0.721	39542.6	0.713	1649.9	0.754	82.0	0.356
G9D	10784.3	0.265	0.010820	0.460	48442.4	0.429	1854.4	0.594	89.0	0.091
G10D	10576.9	0.290	0.010243	0.551	49028.2	0.410	1915.4	0.546	83.0	0.318
G11D	7534.2	0.659	0.008330	0.853	36940.5	0.797	1569.7	0.817	87.0	0.167
G12I	6832.3	0.744	0.007400	1.000	32620.1	0.935	1359.9	0.981	79.0	0.470
G13I	12222.2	0.091	0.013157	0.091	58993.7	0.091	2496.9	0.091	84.0	0.280
G14H	4721.0	1.000	0.008486	0.829	30581.9	1.000	1656.1	0.749	65.0	1.000
G15H	8209.0	0.577	0.010490	0.512	43166.2	0.597	1997.4	0.482	70.0	0.811

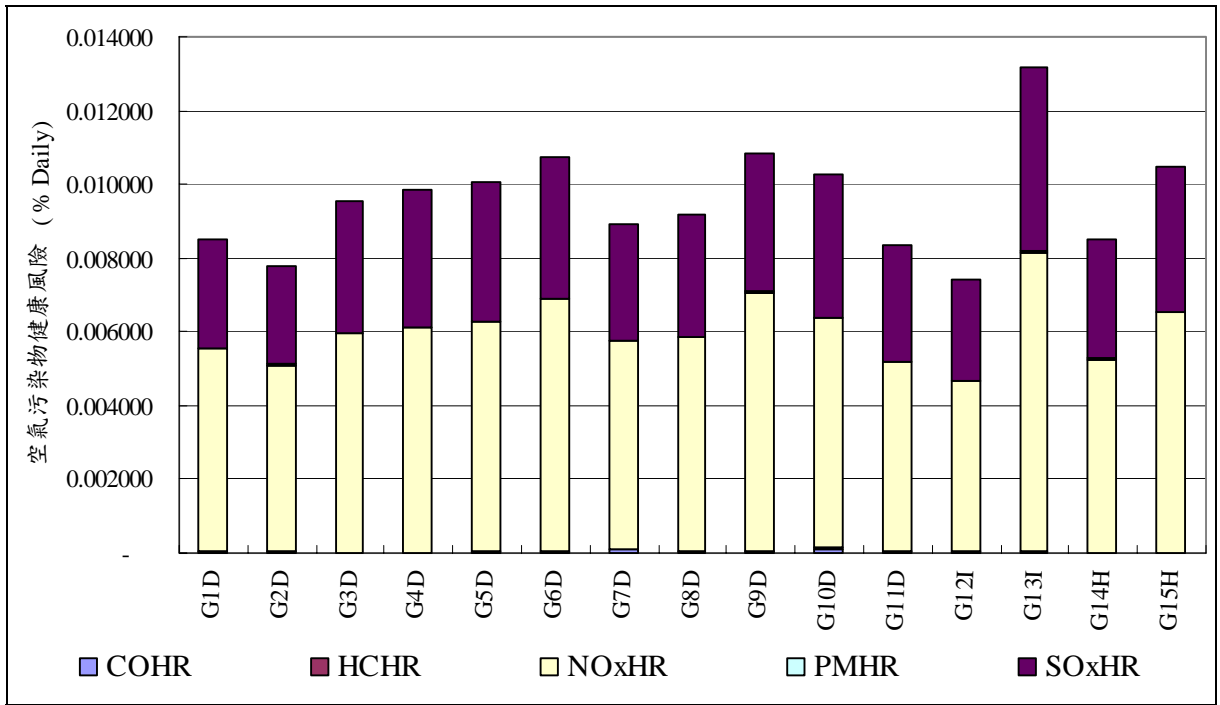


圖 6.1. 各項污染物之健康風險影響計算結果比較

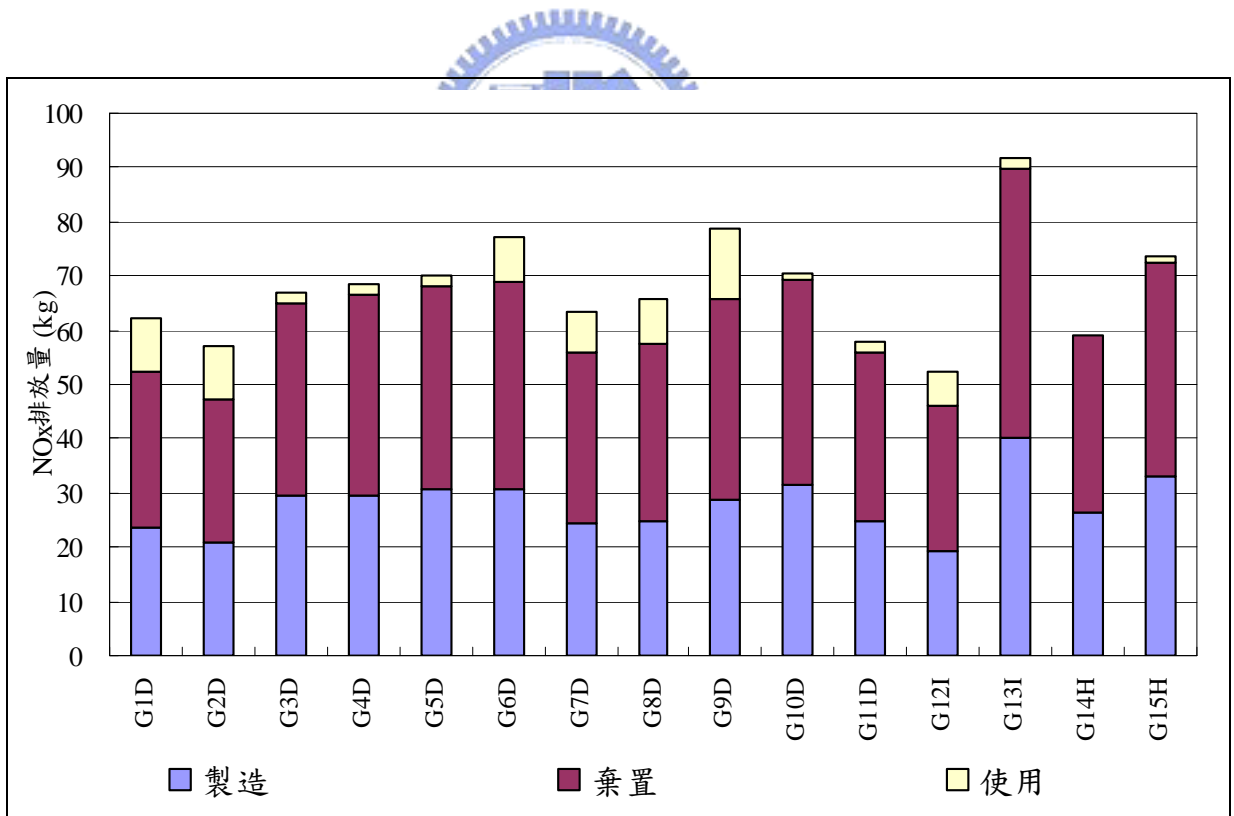


圖 6.2. 空氣污染物 NO_x 各階段計算結果比較

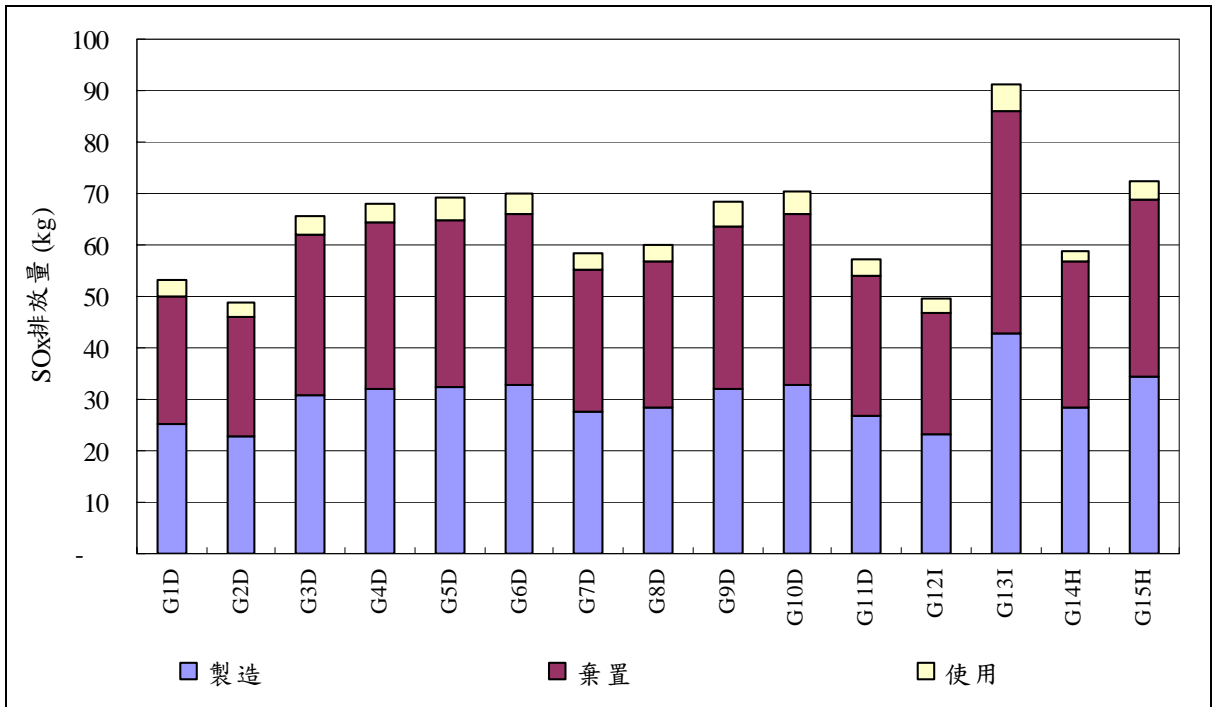


圖 6.3. 空氣污染物SO_x各階段計算結果比較

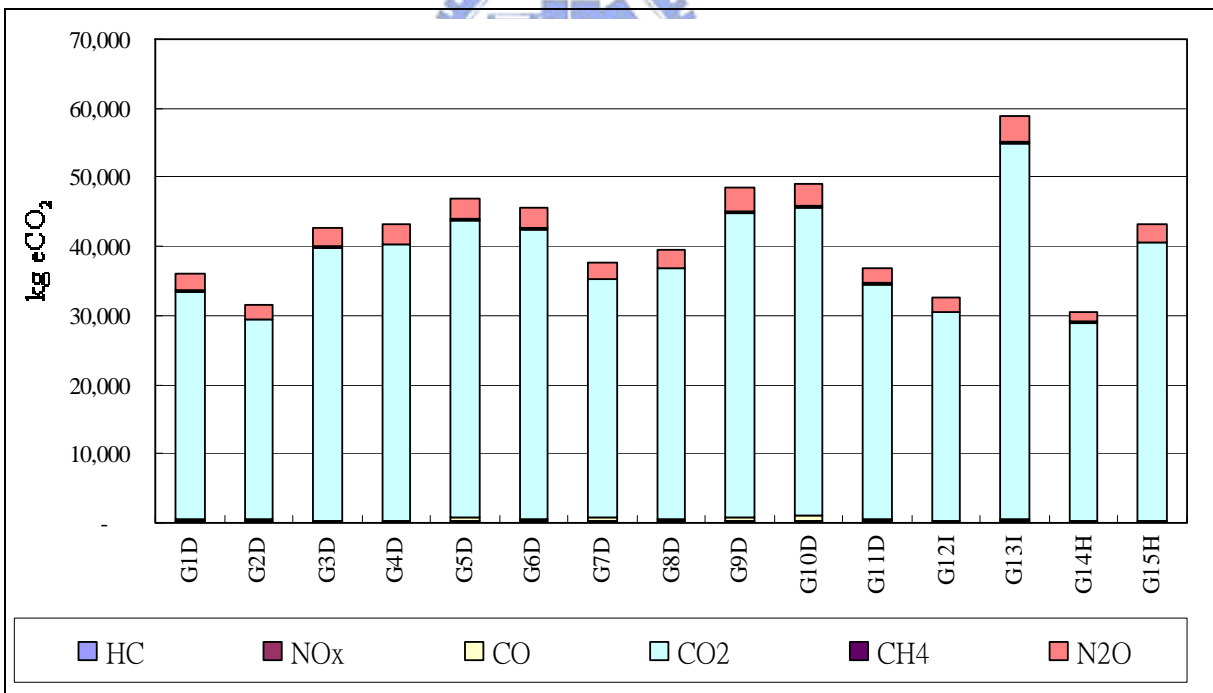


圖 6.4. 溫室氣體排放總量計算結果比較

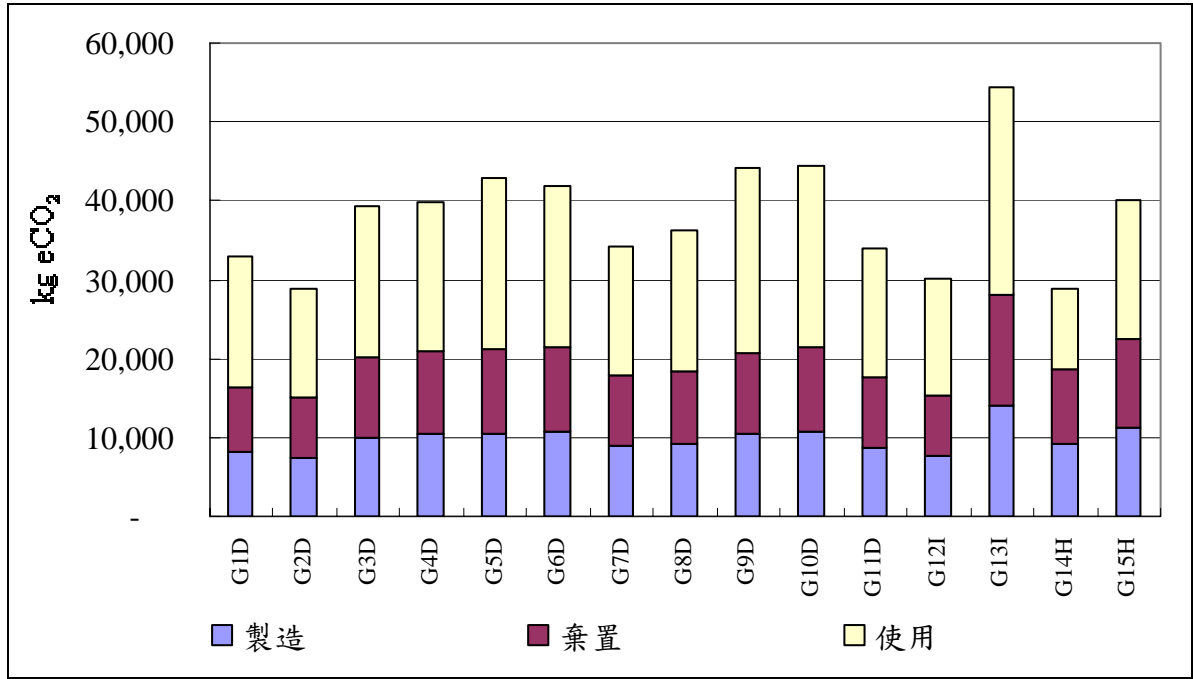


圖 6.5. CO₂ 各階段計算結果比較

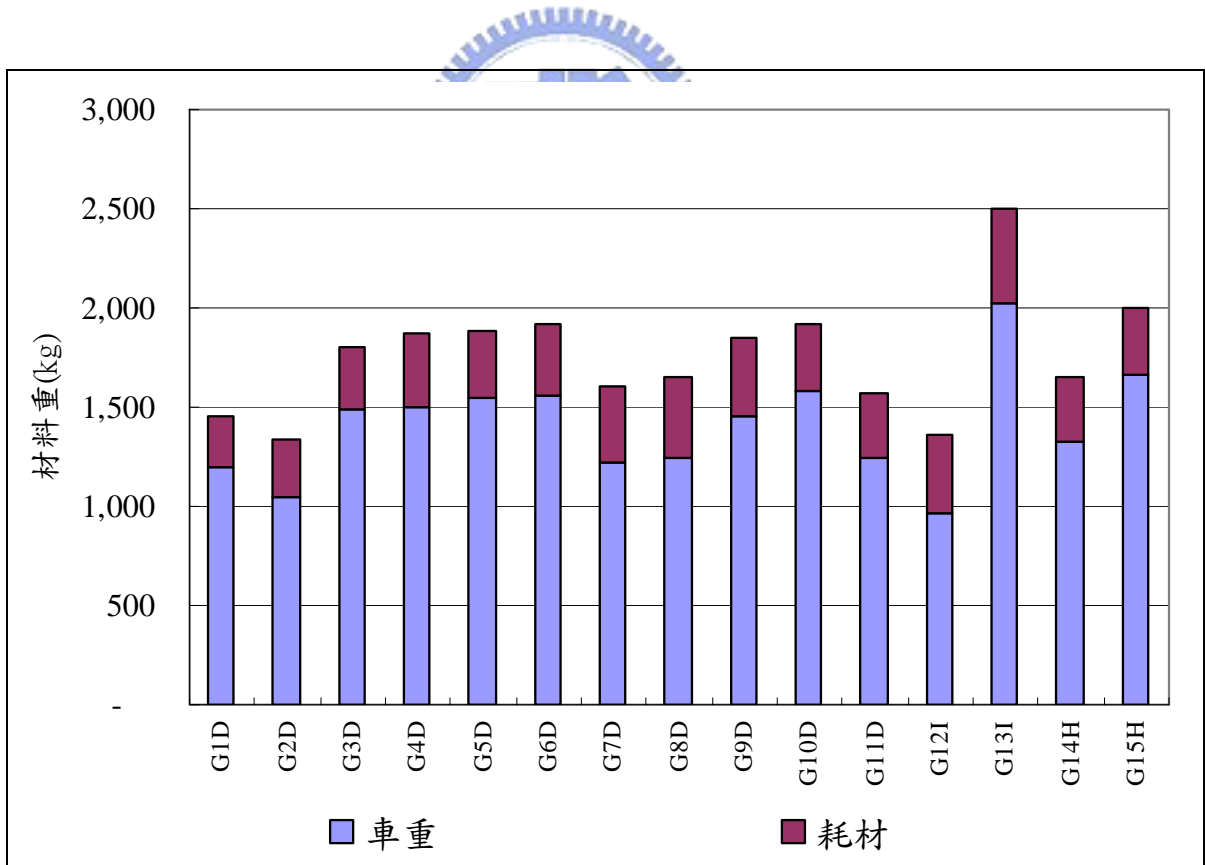


圖 6.6. 車重及耗材量計算結果比較

6.2.2 指標相關性檢驗

若各綠色指標相關性太高且同時納入評量，則會有重複考量的問題，故本研究進一步分析各指標間的相關性，分析結果如表 6.7 所列，由於 GHGs 與能源、空氣污染物、材料指標之相關性皆大於 80%，代表與此三項指標的相關性高，故 GHGs 指標未列入綠色綜合指標，僅列為參考指標。

表 6.7. 各項指標間的相關係數

	能源	空氣污染物	GHGs	材料	噪音
能源	-	74%	94%	62%	24%
空氣污染物	74%	-	91%	94%	1%
GHGs	94%	91%	-	84%	9%
材料	62%	94%	84%	-	0%
噪音	24%	1%	9%	0%	-



6.3 車輛綠色綜合指標

本節說明如何以 DEA、共同權重二個方法建立車輛綠色綜合指標，並說明如何篩選共同權重組，一一說明如下：

1. DEA

以式 5.1 之 DEA 法計算各車型績效值，結果如表 6.8 所列，可發現許多車輛只有一至二個指標有權重，如此將會造成分析上之偏頗，無法完整反應車輛之綠色程度。

表 6.8. DEA 法所得各車型最佳績效值及權重

車型編號	DEA Value	能源(E)	空氣污染物(P)	材料(M)	噪音(N)
G1D	0.906	-	-	1.000	-
G2D	1.000	-	-	1.000	-
G3D	0.674	-	0.868	-	0.280
G4D	0.692	-	-	0.843	0.369
G5D	0.654	-	-	0.843	0.369
G6D	0.565	0.320	-	0.703	0.153
G7D	0.833	0.320	-	0.703	0.153
G8D	0.771	-	-	0.973	0.097
G9D	0.594	-	-	1.000	-
G10D	0.577	-	-	0.843	0.369
G11D	0.864	0.446	0.668	-	-
G12I	1.000	-	0.868	-	0.280
G13I	0.280	-	-	-	1.000
G14H	1.000	1.000	-	-	-
G15H	0.811	-	-	-	1.000

2. 共同權重

為改善 DEA 各車輛權重不同之缺點，進一步以 Despotis(2005) 所建議的共同權法(如式 5.2 及 5.3)建立綜合指標，結果如表 6.9 所列。t 值取 0 至 0.9 間，當 t=0~0.9 時四項指標的共同權重分別為 0.469、0.686、0.529、0.280，

其中 $t=0(L_{\infty} \text{ norm})$ 之與 DEA 總體值差距離合為 0.5112。當 $t=1.0(L_1 \text{ norm})$ ，四項指標的共同權重分別為 0.394、0.686、0.563、0.280，DEA 與總體值差距離為 0.210。以式 5.3($L_2 \text{ norm}$)計算，四項指標的共同權重分別為 0.467、0.686、0.530、0.280，DEA 與總體值差距離為 0.617。

3. 共同權重組篩選

將前項依 $L_{\infty} \text{ norm}$ 、 $L_1 \text{ norm}$ 、 $L_2 \text{ norm}$ 所得的共同權重組，與表 6.6 所列之各車型指標值，依式 5.4 計算各評量車輛的績效分數，結果如表 6.10 所列，再依此結果以使用次數分佈繪圖以及計算偏斜係數。圖 6.7 至圖 6.9 所示為 $L_{\infty} \text{ norm}$ 、 $L_1 \text{ norm}$ 、 $L_2 \text{ norm}$ 的次數分佈繪圖以及偏斜係數計算結果，偏斜係數分別為 -0.720、-0.755、-0.721，其中以 $L_{\infty} \text{ norm}$ 所計算之偏斜係數較低，故選取此組共同權重：0.469、0.686、0.529、0.280，分別為能源、空氣污染物、材料、噪音四項指標的權重，其中以空氣污染物的權重最大，材料次之，由於空氣污染影響民眾健康及環境品質，故最重要；而若能在材料上作改善，可以改善使用時能源的消耗，故此組權重亦符合及反應指標的重要性程度，適合用以計算本研究各評量車輛的車輛綠色綜合指標。

圖 6.10 所示為各車輛綠色綜合指標值及四個子指標佔綜合值的比重。第一名的車種為 G14H，屬複合動力車輛，其有效的採用電力動力輔助車輛傳統引擎的不足之處，因此，於能源、空氣污染物、材料、噪音四項指標均表現良好，其中，在能源指標上，其 1,500 cc 引擎之油耗表現比 1,100 cc 的 G12I 更佳，而在噪音指標中，對於原地噪音部分更是有效抑制因引擎怠轉所產生的噪音問題，因此，G14H 之車輛綠色綜合指標績效分數為 1.713，領先所有評量的車輛；最末名的為 G13I 之傳統引擎車輛，其各項指標值均略差，能源、空氣污染物、材料等三項指標值為該項指標之末，綜合指標值為 0.231。

表 6.9. 共同權重法所得權重組合

T 值	與 DEA 總體值差距離	能源 (E)	空氣污染物 (P)	材料 (M)	噪音 (N)
t=0 (L_∞ norm)	0.5112	0.469	0.686	0.529	0.280
t=0.1	0.4997	0.469	0.686	0.529	0.280
t=0.2	0.4684	0.469	0.686	0.529	0.280
t=0.3	0.4371	0.469	0.686	0.529	0.280
t=0.4	0.4058	0.469	0.686	0.529	0.280
t=0.5	0.3746	0.469	0.686	0.529	0.280
t=0.6	0.3433	0.469	0.686	0.529	0.280
t=0.7	0.3120	0.469	0.686	0.529	0.280
t=0.8	0.2807	0.469	0.686	0.529	0.280
t=0.9	0.2494	0.469	0.686	0.529	0.280
t=1 (L_1 norm)	0.2106	0.394	0.686	0.563	0.280
L_2 norm	0.6170	0.467	0.686	0.530	0.280

表 6.10. 不同共同權重組之車輛綠色綜合指標績效值及排序

車型 編號	L_∞ norm		L_1 norm		L_2 norm	
	分數	排名	分數	排名	分數	排名
G1D	1.394	12	1.377	12	1.393	12
G2D	1.625	13	1.599	13	1.624	13
G3D	1.123	7	1.108	8	1.123	7
G4D	1.124	8	1.105	7	1.123	7
G5D	0.992	5	0.986	5	0.992	5
G6D	0.895	4	0.881	3	0.894	4
G7D	1.367	10	1.345	10	1.366	10
G8D	1.26	9	1.243	9	1.259	9
G9D	0.779	2	0.779	2	0.779	2
G10D	0.892	3	0.889	4	0.892	3
G11D	1.372	11	1.351	11	1.372	11
G12I	1.685	14	1.663	14	1.684	14
G13I	0.231	1	0.228	1	0.231	1
G14H	1.713	15	1.664	15	1.712	15
G15H	1.104	6	1.077	6	1.103	6

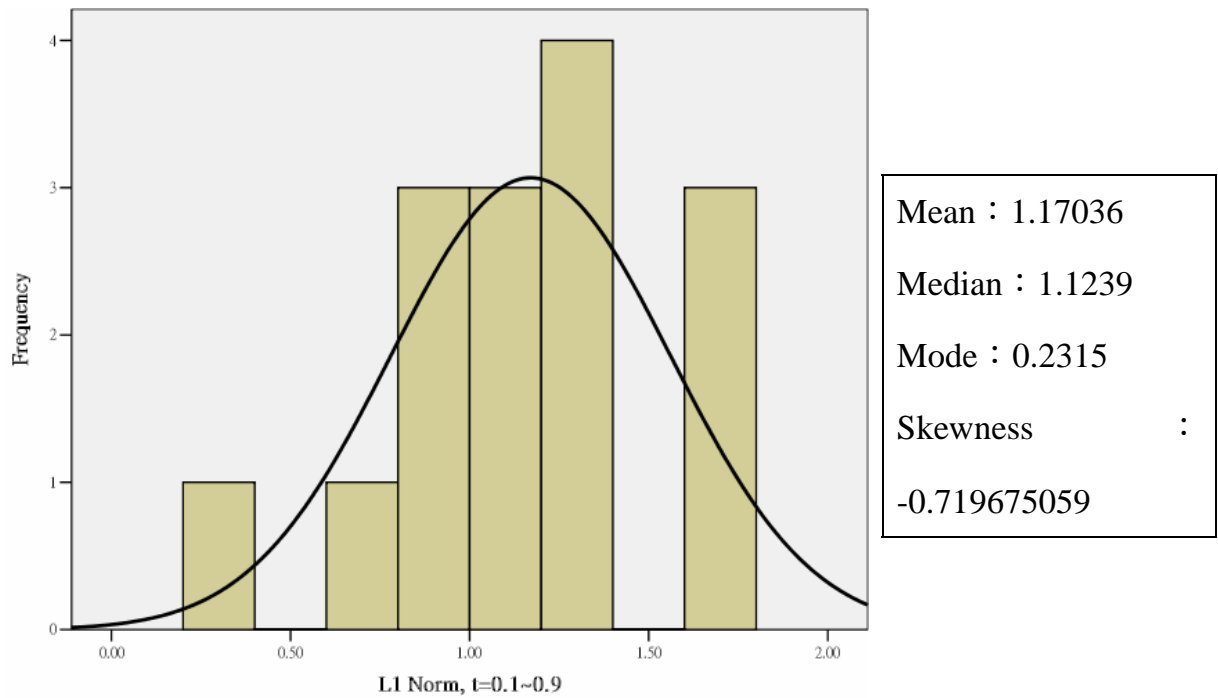


圖 6.7. 與 L_∞ Norm $t=0\sim 0.9$ 之 CW 計算結果次數分佈及偏斜係數

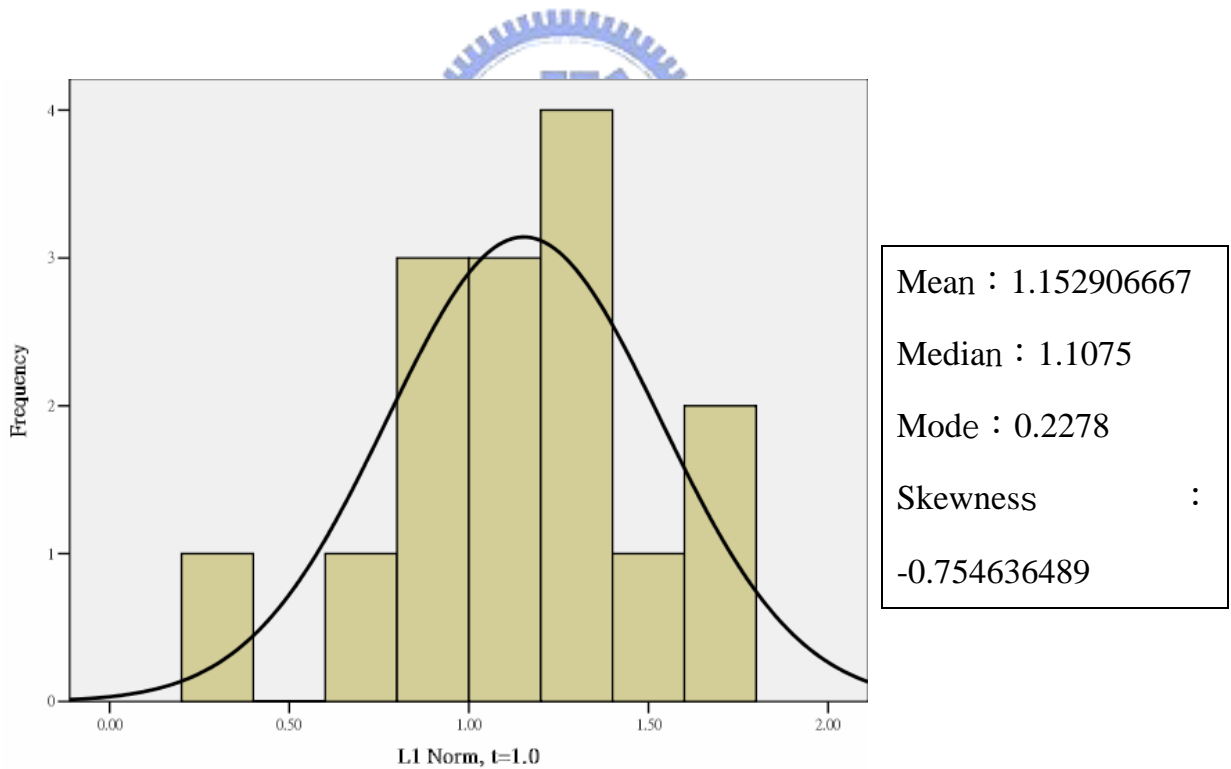


圖 6.8. 與 L_1 Norm $t=1.0$ 之 CW 計算結果次數分佈及偏斜係數

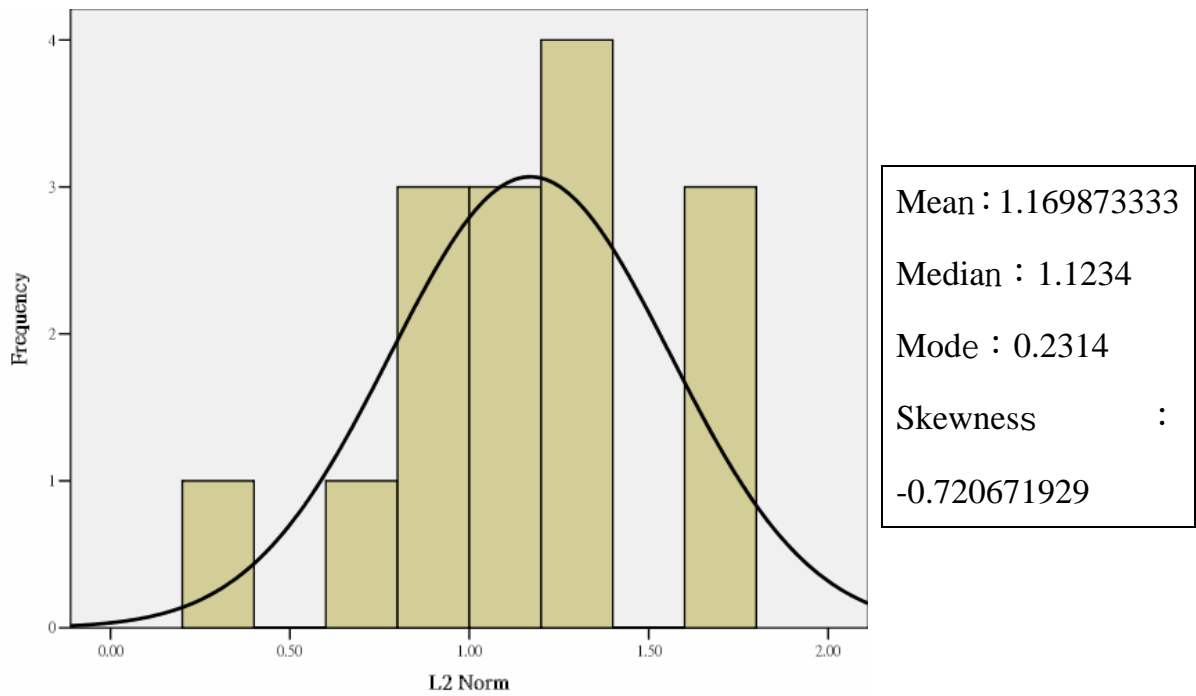


圖 6.9. 與 L_2 Norm 之 CW 計算結果次數分佈及偏斜係數

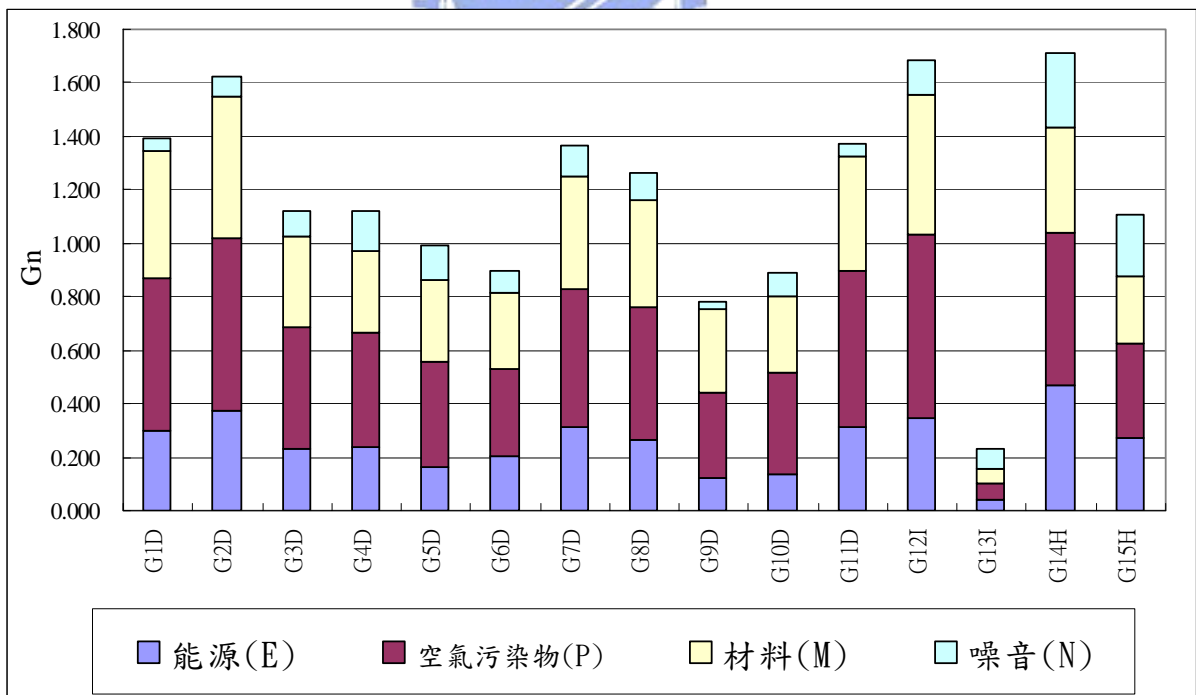


圖 6.10. 各車輛綠色綜合指標值及各綠色指標佔綜合值的比重

第七章 結論與建議

本研究主要在於建立綠色車輛的評量方法，除了期望促使車商降低車輛對環境影響，亦供車輛製造及民眾選購時的重要參考依據。以下總結本研究的成果，並建議後續研究可探討的方向。

7.1 結論

本研究依據第一章所述的三個研究目的進行研究，主要包含四項成果，以下一一說明之。

1. 評量車輛對環境之影響

單由車輛管理、製造、報導等相關資訊，並不易客觀且完整的評量車輛對環境的影響程度，本研究依製造、使用、保養、報廢處置等四階段，分別檢視車輛所產生環境影響項目，再依其重要性及可評量性，選擇能源、空氣污染物、材料、廢棄物、噪音等建立車輛綠色指標，幫助民眾或車輛製造廠瞭解車輛對環境影響項目及程度。

2. 建立車輛綠色指標計算方法

由國內車輛的認證數據與車主資訊，依認證測試法規之條件、方法，及車輛使用狀況調查資料，再考量車輛實際使用或管理的情境，及性能或空氣污染排放的劣化特性，經歸納、分析、整理，分別建立能源、空氣污染物、材料、噪音等項車輛綠色指標的計算方式，並計算各項車輛綠色量指標結果，及依各指標值分別比較車輛對環境影響的程度。

3. 建立車輛綜合綠色指標權重計算方法

由於考量多個評量項目，因而並不易於進行綠色車輛排序，本研究因而先以 DEA 法計算車輛各指標值因子的相對最佳績效，再以共同權重法計算出各項指標的最適合權重組合，並依各權重下車輛綜合綠色指標值的常態分佈情形，篩選出能源、空氣污染物、材料、噪音四項指標的最適合權重，分別為 0.469、0.686、0.529、0.280。

4. 進行國內車輛之綠色評量

本研究以台灣市場銷售量較高及標榜環保車輛的 15 款車種為案例，應用所發展之車輛綜合綠色指標進行評量，其中以 G14H 之複合動力車輛表現最佳，於能源、空氣污染物、材料、噪音四項指標均表現良好，綜合計算車輛綠色綜合指標績效分數為 1.713；G13I 之傳統引擎車輛，由於各項指標值均不佳，車輛綜合綠色指標績效分數為 0.231。

7.2 建議

依據研究過程的發現及經驗，提出下列四項建議供後續研究參考。

1. 關於車輛的環境相關資訊

所參考的車輛環境資訊，多項為政府單位之管制要求項目，而一些非管制要求項目，如車輛 CO₂ 排放量、燃料排放係數等，宜在車輛製造廠申請油耗、空氣污染排放認證時，同時核備，以便於往後相關研究分析。

2. 空氣污染物排放量的計算

本研究所選取車輛仍只符合汽車三期排放標準，未有提前符合汽車四期排放標準者，故認證測試均以 FTP 測試，耐久保證期限仍為 5 年或 8 萬公里；但於四期排放標準的實施後，已對 US、EU 雙重承認，可依 4.1 節[車輛綠色指標計算]的說明修正車輛使用階段各空氣污染物之排放推估量。

3. 車輛種類或使用目的不同評量

本研究就國內的小客車評量、比較車輛對環境影響，建立車輛綠色指標及車輛綠色綜合指標，評選出綠色車輛，為顧及民眾、社會對車輛的需求之不同，應再依車輛的種類或使用目的分類，考量環境影響項目或計算方法，分別建立車輛綠色指標及車輛綜合指標的架構，評量綠色車輛。

4. 對國內環保車輛評選項目之建議

本研究依國內車輛製造、使用、保養、報廢處理各階段的相關資訊中，篩選出能源、空氣污染物、材料、噪音指標，並計算各指標的權重，依各指標績效值分別為 0.469、0.686、0.529、0.280，而國內環保車輛(環保署, 2006)的評量項目，僅包括能源、空氣污染污、噪音等三項，可考量增列車輛材料部分。

參考文獻

- 李建德，九十一年，「行車型態對車輛污染測試結果之相關性分析」，車輛研測資訊，財團法人車輛測試中心，彰化，第 25-33 頁。
- 能源局，九十六年，車輛油耗指南，經濟部能源局，台北。
- 黃宥禎，九十六年六月，「廢棄物清運績效綜合指標」，國立交通大學環境工程研究所，碩士論文，新竹。
- 交通部，九十六年，93 年臺灣地區自用小客車使用狀況調查摘要分析，交通部。
http://www.motc.gov.tw/ana/20050930155308_93car.WDL
- 環保署，九十四年，廢機動車輛回收清除處理成效研討會，行政院環境保護署，民國。
<http://edb.epa.gov.tw/eims/files/project/094/0000099713.pdf>
- 環保署，九十四年，觀音廢機動車輛粉碎廠委託營運作業及廢機動車輛回收處理輔導專案工作計畫，行政院環境保護署，台北。
<http://www.ier.org.tw/modules/sections/index.php?op=viewarticle&artid=91>
- 環保署，九十六年，移動污染源空氣污染管制相關法規彙編，行政院環境保護署，台北。
- 環保署，九十六年，汽油及替代清潔燃料引擎汽車車型排氣審驗合格證明核發撤銷及廢止辦法，行政院環境保護署，台北。
- 環保署，九十六年，汽油汽車廢氣排放測試方法與程序，行政院環境保護署，台北。
- 環保署，九十六年，汽油汽車蒸發排放測試方法與程序，行政院環境保護署，台北。
<http://atftp.epa.gov.tw/announce/096/F0/01479>
- 環保署，九十六年，汽油汽車耐久測試方法與程序，行政院環境保護署，台北。
- 環保署，九十六年，汽機車排放審驗值查詢，行政院環境保護署，台北。
http://mobile.epa.gov.tw/car_mQuery.asp

環保署，九十六年，執行汽油汽車新車型審驗、新車抽驗及使用中車輛召回改正
調查測試暨相關管制制度之研究專案工作計畫，行政院環境保護署，台北。

ACEEE. (2007). *ACEEE's Green Book*. the American Council for an Energy- Efficient
Economy, USA. <<http://www.greencars.org/greenbook.htm>> (accessed January
29th, 2008).

Ben, L. (2006). *Life Cycle Assessment of Vehicle Fuels and Technologies*. Ecolane
Transport Consultancy on behalf of London Borough of Camden, England.

BIM-IBGE. (2008). *Bruxelles Environnement*, Belgium.

<<http://www.ibgebim.be/Templates/Home.aspx?langtype=2060>> (accessed January
29th, 2008).

Charnes, A., Cooper, W. W., and Rhodes, E. (1978). “Measuring the efficiency of
decision making units.” *European Journal of Operational Research*, 2, pp. 429-444.

Commonwealth of Australia. (2005). *Green Vehicle Guide*. the Australian Government
Department of Transport and Regional Services, Australia.

<[http://www.greenvehicleguide.gov.au/GVGPublicUI/ApplicationFirstStartTaskWebFor
m.aspx](http://www.greenvehicleguide.gov.au/GVGPublicUI/ApplicationFirstStartTaskWebForm.aspx)> (accessed January 29th, 2008).

DeCicco. M. J., and Thomas, M. (1999). “A Method for Green Rating of
Automobiles.” *Journal of Industrial Ecology*, USA, 3, pp.55-75.

Despotis, D. (2005). “A reassessment of the human development index via data
envelopment analysis.” *Journal of the Operational Research Society*, 56, pp.
969-980.

IER. (2006). *The ExterneE project series*. Institute of Energy Economics and the
Rational Use of Energy. <<http://www.externe.info/>> (accessed January 29th, 2008).

IFEU. (2008). *IFEU Heidelberg*. the Institute for Energy and Environmental Research,
Germany. <<http://www.ifeu.org/english/index.php?seite=dasinstitut>> (accessed
January 29th, 2008).

- Kleijn, R., and Voet, E. (2001). "Material Flow Accounting." *the NTVA 4 th Seminar on Industrial Ecology*, Netherland.
- Michael, K., and Bernd, B. (1999). *DRAFT: Towards Reduced Environmental Burden of Mobility: Improving the Automobile Life Cycle*. A CHAINET Case Study Report, Netherland.
- Mierlo J. V., Vereecken, L., Maggetto, G., Favrel, V., Meyer, S., and Hecq, W. (2003). "How to Define Clean Vehicles? Environmental Impact Rating of Vehicles." *International Journal of Automotive Technology*, Vol. 4, No. 2, pp. 77-86.
- Nardo M., Saisana M., Satelli A., Tarantola S., Hoffman A., and Giovannini E. (2005). *Handbook on Contruction Composite Indicators: Methodology and User Guide*. STD/DOC (2005)3, OECD.
- Norman, M., and Stoker, B. (1991). *Data envelopment analysis: the assessment of performance*. New York.
- Prë-Consultants. (2000). *The Eco-indicator 99 . A damage oriented method forlife cycle impact assessment*. Netherland.
- <<http://www.pre.nl/eco-indicator99/ei99-reports.htm>> (accessed January 29th, 2008).
- Saaty, R.W. (1987). "The analytic hierarchy process: what it is and how it is used." *Mathematical Modelling*, 9, pp.161-P.176.
- US EPA. (2006). *U.S. Environmental.protection Agency Green Vehicle Guide*. USA. <<http://www.epa.gov/greenvehicle/>> (accessed January 29th, 2008)).
- Ülengin, B., Ülengin, F., and Güvenc, Ü. (2001). "A multidimensional approach tourban quality of life: The Case of Istanbul." *European Journal of Operational Research*, 130, pp.361-374.

VCA. (2007). *How to use the Data Tables*. Vehicle Certification Agency Car Fuel Data - Home Page, England.

<<http://www.vcacarfueldata.org.uk/information/how-to-use-the-data-tables.asp>>

(accessed January 29th, 2008)

VCD e.V. (2007). *Die VCD Auto-Umweltliste k, Verkehrsclub Deutschland e.V.*

<http://www.vcd.org/vcd_auto_umweltliste.html> (accessed January 29th, 2008).

WBCSD. (2004). *Mobility 2030: Meeting the challenges to sustainability*. World Business Council for Sustainable Development, Switzerland.

WHO/Europe. (2007). *Noise and health - Noise and Sleep*. World Health Organization regional Office for Europe, European.

<http://www.euro.who.int/Noise/activities/20040304_1> (accessed January 29th, 2008).



附錄一

汽車評量車型保養資料整理

引擎族	項目	單位重量 (g)	數量	依據 (Y 或 km)	更換頻率	每次需求 總量(g)
G1D	火星塞	50	4	km	50,000	400
	電瓶	10000	1	y	2	50,000
	機油	900	4	km	5,000	79,200
	汽油濾清器	320	1	km	80,000	320
	空氣濾清器	250	1	km	40,000	500
	機油濾清器	355	1	km	5,000	7,810
	皮帶	115	2	km	40,000	460
	齒輪油	900	3	km	80,000	2,700
	剎車油	2000	1	km	40,000	4,000
	剎車來令(F)	385	4	km	40,000	3,080
	剎車碟(鼓)(F)	5000	2	km	60,000	10,000
	剎車來令(R)	350	4	km	70,000	1,400
	剎車碟(鼓)(R)	5000	2	km	80,000	10,000
	輪胎	9800	4	km	50,000	78,400
	冷卻水	6500	1	km	40,000	13,000
TOTAL						261,270
G2D	火星塞	50	4	km	50,000	400
	電瓶	10000	1	y	2	50,000
	機油	900	4	km	5,000	79,200
	汽油濾清器	320	1	km	80,000	320
	空氣濾清器	250	1	km	40,000	500
	機油濾清器	355	1	km	5,000	7,810
	皮帶	115	2	km	40,000	460
	齒輪油	900	3	km	80,000	2,700
	剎車油	2000	1	km	40,000	4,000
	剎車來令(F)	385	4	km	40,000	3,080
	剎車碟(鼓)(F)	5000	2	km	60,000	10,000
	剎車來令(R)	350	4	km	70,000	1,400
	剎車碟(鼓)(R)	5000	2	km	80,000	10,000
	輪胎	9800	4	km	50,000	78,400
	冷卻水	42000	1	km	80,000	42,000
TOTAL						289,870
G3D	火星塞	50	4	km	100,000	200
	電瓶	10000	1	y	2	50,000
	機油	900	4	km	5,000	79,200
	汽油濾清器	320	1	km	80,000	320
	空氣濾清器	250	1	km	40,000	500
	機油濾清器	355	1	km	5,000	7,810
	皮帶	115	2	km	40,000	460
	齒輪油	900	3	km	80,000	2,700
	剎車油	2000	1	km	40,000	4,000
	剎車來令(F)	385	4	km	40,000	3,080
	剎車碟(鼓)(F)	5000	2	km	60,000	10,000
	剎車來令(R)	350	4	km	70,000	1,400
	剎車碟(鼓)(R)	5000	2	km	80,000	10,000
	輪胎	9800	4	km	50,000	78,400
	冷卻水	67000	1	km	80,000	67,000
TOTAL						314,870

汽車評量車型保養資料整理(續 1)

引擎族	項目	單位重量 (g)	數量	依據 (Y 或 km)	更換頻率	每次需求 總量(g)
G4D	火星塞	50	4	km	100,000	200
	電瓶	10000	1	y	2	50,000
	機油	900	4	km	5,000	79,200
	汽油濾清器	320	1	km	80,000	320
	空氣濾清器	250	1	km	40,000	500
	機油濾清器	355	1	km	5,000	7,810
	皮帶	115	2	km	40,000	460
	齒輪油	900	3	km	80,000	2,700
	剎車油	2000	1	km	40,000	4,000
	剎車來令(F)	385	4	km	40,000	3,080
	剎車碟(鼓)(F)	5000	2	km	60,000	10,000
	剎車來令(R)	350	4	km	70,000	1,400
	剎車碟(鼓)(R)	5000	2	km	80,000	10,000
	輪胎	9800	4	km	50,000	78,400
	冷卻水	62000	1	km	40,000	124,000
TOTAL						371,870
G5D	火星塞	50	4	km	40,000	400
	電瓶	10000	1	y	2	50,000
	機油	900	4	km	5,000	79,200
	汽油濾清器	320	1	km	20,000	1,600
	空氣濾清器	250	1	km	20,000	1,250
	機油濾清器	355	1	km	5,000	7,810
	皮帶	115	2	km	40,000	460
	齒輪油	910	1	km	20,000	4,550
	剎車油	2000	1	km	40,000	4,000
	剎車來令(F)	385	2	km	40,000	1,540
	剎車碟(鼓)(F)	5000	2	km	60,000	10,000
	剎車來令(R)	350	2	km	70,000	700
	剎車碟(鼓)(R)	5000	2	km	80,000	10,000
	輪胎	9800	2	km	50,000	39,200
	冷卻水	62000	1	km	40,000	124,000
TOTAL						334,310
G6D	火星塞	50	4	km	40,000	400
	電瓶	10000	1	y	2	50,000
	機油	900	5	km	5,000	99,000
	汽油濾清器	320	1	km	40,000	640
	空氣濾清器	250	1	km	40,000	500
	機油濾清器	355	1	km	5,000	7,810
	皮帶	115	2	km	100,000	230
	齒輪油	2900	1	km	60,000	2,900
	剎車油	2000	1	km	60,000	2,000
	剎車來令(F)	385	2	km	40,000	1,540
	剎車碟(鼓)(F)	5000	2	km	60,000	10,000
	剎車來令(R)	350	2	km	70,000	700
	剎車碟(鼓)(R)	5000	2	km	80,000	10,000
	輪胎	9800	2	km	50,000	39,200
	冷卻水	69000	1	km	40,000	138,000
TOTAL						362,520

汽車評量車型保養資料整理(續 2)

引擎族	項目	單位重量 (g)	數量	依據 (Y 或 km)	更換頻率	每次需求 總量(g)
G7D	火星塞	50	4	km	50,000	400
	電瓶	10000	1	y	2	50,000
	機油	900	3.8	km	5,000	75,240
	汽油濾清器	320	1	km	50,000	640
	空氣濾清器	250	1	km	20,000	1,250
	機油濾清器	355	1	km	5,000	7,810
	皮帶	115	2	km	70,000	230
	齒輪油	910	8.1	km	40,000	14,742
	剎車油	2000	1	km	40,000	4,000
	剎車來令(F)	385	2	km	40,000	1,540
	剎車碟(鼓)(F)	5000	2	km	60,000	10,000
	剎車來令(R)	350	2	km	70,000	700
	剎車碟(鼓)(R)	5000	2	km	80,000	10,000
	輪胎	9800	4	km	50,000	78,400
	冷卻水	62000	1	km	40,000	124,000
TOTAL						378,552
G8D	火星塞	50	4	km	50,000	400
	電瓶	10000	1	y	2	50,000
	機油	900	3.8	km	5,000	75,240
	汽油濾清器	320	1	km	20,000	1,600
	空氣濾清器	250	1	km	20,000	1,250
	機油濾清器	355	1	km	5,000	7,810
	皮帶	115	2	km	40,000	460
	齒輪油	910	8.1	km	20,000	36,855
	剎車油	2000	1	km	40,000	4,000
	剎車來令(F)	385	2	km	40,000	1,540
	剎車碟(鼓)(F)	5000	2	km	60,000	10,000
	剎車來令(R)	350	2	km	70,000	700
	剎車碟(鼓)(R)	5000	2	km	80,000	10,000
	輪胎	9800	4	km	50,000	78,400
	冷卻水	62000	1	km	40,000	124,000
TOTAL						401,855
G9D	火星塞	50	4	km	100,000	200
	電瓶	10000	1	y	2	50,000
	機油	900	4	km	5,000	79,200
	汽油濾清器	320	1	km	80,000	320
	空氣濾清器	250	1	km	40,000	500
	機油濾清器	355	1	km	5,000	7,810
	皮帶	115	2	km	40,000	460
	齒輪油	900	3	km	20,000	13,500
	差速器齒輪油	1300	1	km	20,000	6,500
	剎車油	2000	1	km	40,000	4,000
	剎車來令(F)	385	4	km	40,000	3,080
	剎車碟(鼓)(F)	5000	2	km	60,000	10,000
	剎車來令(R)	350	4	km	70,000	1,400
	剎車碟(鼓)(R)	5000	2	km	80,000	10,000
	輪胎	9800	4	km	50,000	78,400
冷卻水	65000	1	km	40,000	130,000	
TOTAL						395,370

汽車評量車型保養資料整理(續 3)

引擎族	項目	單位重量 (g)	數量	依據 (Y 或 km)	更換頻率	每次需求 總量(g)
G10D	火星塞	50	4	km	120,000	-
	電瓶	10000	1	y	2	50,000
	機油	900	4	km	10,000	39,600
	汽油濾清器	320	1	km	80,000	320
	空氣濾清器	250	1	km	60,000	250
	機油濾清器	355	1	km	10,000	3,905
	皮帶	115	2	km	40,000	460
	齒輪油	900	3	km	200,000	-
	剎車油	2000	1	km	40,000	4,000
	剎車來令(F)	385	4	km	40,000	3,080
	剎車碟(鼓)(F)	5000	2	km	60,000	10,000
	剎車來令(R)	350	4	km	70,000	1,400
	剎車碟(鼓)(R)	5000	2	km	80,000	10,000
	輪胎	9800	4	km	50,000	78,400
	冷卻水	65000	1	km	40,000	130,000
	TOTAL					331,415
G11D	火星塞	50	4	km	120,000	-
	電瓶	10000	1	y	2	50,000
	機油	900	4	km	10,000	39,600
	汽油濾清器	320	1	km	40,000	640
	空氣濾清器	250	1	km	60,000	250
	機油濾清器	355	1	km	10,000	3,905
	皮帶	115	2	km	40,000	460
	齒輪油	7400	1	km	200,000	-
	剎車油	2000	1	km	40,000	4,000
	剎車來令(F)	385	4	km	40,000	3,080
	剎車碟(鼓)(F)	5000	2	km	60,000	10,000
	剎車來令(R)	350	4	km	70,000	1,400
	剎車碟(鼓)(R)	5000	2	km	80,000	10,000
	輪胎	9800	4	km	50,000	78,400
	冷卻水	60000	1	km	40,000	120,000
	TOTAL					321,735
G12I	火星塞	50	4	km	100,000	200
	電瓶	10000	1	y	2	50,000
	機油	900	4	km	5,000	79,200
	汽油濾清器	320	1	km	20,000	1,600
	空氣濾清器	250	1	km	20,000	1,250
	機油濾清器	355	1	km	5,000	7,810
	皮帶	115	2	km	40,000	460
	齒輪油	900	3	km	20,000	13,500
	剎車油	2000	1	km	40,000	4,000
	剎車來令(F)	385	4	km	40,000	3,080
	剎車碟(鼓)(F)	5000	2	km	60,000	10,000
	剎車來令(R)	350	4	km	70,000	1,400
	剎車碟(鼓)(R)	5000	2	km	80,000	10,000
	輪胎	9800	4	km	50,000	78,400
	冷卻水	65000	1	km	40,000	130,000
	TOTAL					390,900

汽車評量車型保養資料整理(續 4)

引擎族	項目	單位重量 (g)	數量	依據 (Y 或 km)	更換頻率	每次需求 總量(g)
G13I	火星塞	50	6	km	75,000	300
	電瓶	20000	1	y	2	100,000
	機油	900	4	km	8,000	46,800
	汽油濾清器	320	1	km	30,000	960
	空氣濾清器	250	1	km	30,000	750
	機油濾清器	355	1	km	8,000	4,615
	皮帶	115	2	km	40,000	460
	齒輪油	900	3	km	30,000	8,100
	剎車油	2000	1	y	2	10,000
	剎車來令(F)	385	4	km	40,000	3,080
	剎車碟(鼓)(F)	5000	2	km	60,000	10,000
	剎車來令(R)	350	4	km	70,000	1,400
	剎車碟(鼓)(R)	5000	2	km	80,000	10,000
	輪胎	9800	4	km	50,000	78,400
	冷卻水	65000	1	y	3	195,000
					TOTAL	469,865
G14H	火星塞	50	4	km	100,000	200
	電瓶	10000	1	y	2	50,000
	機油	900	4	km	5,000	79,200
	汽油濾清器	320	1	km	80,000	320
	空氣濾清器	250	1	km	40,000	500
	機油濾清器	355	1	km	5,000	7,810
	皮帶	115	2	km	40,000	460
	齒輪油	900	3	km	80,000	2,700
	剎車油	2000	1	km	40,000	4,000
	剎車來令(F)	385	4	km	40,000	3,080
	剎車碟(鼓)(F)	5000	2	km	60,000	10,000
	剎車來令(R)	350	4	km	70,000	1,400
	剎車碟(鼓)(R)	5000	2	km	80,000	10,000
	輪胎	9800	4	km	50,000	78,400
	冷卻水	77000	1	km	80,000	77,000
					TOTAL	325,070
G15H	火星塞	50	4	km	120,000	-
	電瓶	10000	1	y	2	50,000
	機油	900	4	km	10,000	39,600
	汽油濾清器	320	1	km	80,000	320
	空氣濾清器	250	1	km	60,000	250
	機油濾清器	355	1	km	10,000	3,905
	皮帶	115	2	km	40,000	460
	齒輪油	900	3	km	200,000	-
	剎車油	2000	1	km	40,000	4,000
	剎車來令(F)	385	4	km	40,000	3,080
	剎車碟(鼓)(F)	5000	2	km	60,000	10,000
	剎車來令(R)	350	4	km	70,000	1,400
	剎車碟(鼓)(R)	5000	2	km	80,000	10,000
	輪胎	9800	4	km	50,000	78,400
	冷卻水	65000	1	km	40,000	130,000
					TOTAL	331,415