

綠建築基地保水指標新舊評估方法之比較研究

鄭郁玫⁽¹⁾ 陳鴻烈⁽²⁾

摘要

在「綠建築解說與評估手冊」中所提供的綠建築評估系統，為一適用於台灣環境條件的本土化評估系統。該手冊自 1999 年提出後，陸續在 2001、2003 與 2005 年出版更新版本，本研究 (1) 比較四個版本中基地保水指標評估方法，(2) 利用新竹市 36 所國中小之基地保水指標調查數據進行變異數分析。手冊的四個版本都有其各自的意義，反映出當時的需求與知識觀念的演變，2003 年的版本更建立了我國特有之「綠建築評估 EEWB 系統」。在 EEWB 評估系統中，生態 Ecology (E)、節能 Energy Saving (E)、減廢 Waste Reduction (W) 與健康 Health (H) 分別為重要的考量因子。此外本研究分析結果也顯示手冊的改版並不具有統計上的意義。四個版本增廣了應用範圍，基本上反應各時期的環境需求，其對基地保水真正的貢獻在於保水設計觀念之改進。

(**關鍵詞**：綠建築、基地保水、EEWB 系統評估方法、變異數分析)

Comparison of Evaluation Methods for On-Site Water Retention Indicators of Green Buildings

Yu Wen Cheng⁽¹⁾, Paris Honglay Chen⁽²⁾

¹Graduate Student and ²Professor, Department of Soil and Water Conservation, National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan 402, R.O.C.

ABSTRACT

The evaluation system of green buildings from “Explanation and Evaluation Manual for Green Buildings” is designed to suit Taiwan’s environmental conditions. The first edition was available in 1999, then the modified editions were published respectively in 2001, 2003 and 2005. This study was to (1) compare the evaluation methods for on-site water retention indicators among these four editions and (2) conduct the variance analyses with data of on-site water retention indicators from 36 junior high schools and elementary schools of Hsinchu city. The manuals of four editions all had respective meanings reflecting the needs and evolution of knowledge and concepts at that time. Most significantly, 2003 Edition established the “Green Building Evaluation System – EEWB” that include four important factors of Ecology (E), Energy saving (E), Waste reduction (W) and Health (H). The results of statistical analyses showed that there was no differences among four editions. Therefore, the main implications of modified editions were (1) the expanded applicability and (2) the provision for improved water retention design based on hydrological conditions.

(**Keywords**: Green building, On-site water retention, EEWB evaluation method, Variance analysis)

(1) 國立中興大學水土保持學系教授

(2) 國立中興大學水土保持學系在職專班研究生

前言

自 1980 年世界自然保護組織 (IUCN) 首度提出永續發展 (sustainable development) 口號後，隨即掀起一股保護地球的浪潮。爾後，1996 年 6 月於土耳其伊斯坦堡召開的「人居環境會議」中，更簽署了「人居環境議程 (habitat II agenda)」，呼籲針對都市危機研商對策 (The Habitat Agenda, 2005)。同年 7 月在亞太經合會 (APEC) 永續發展會議中，我政府代表亦承諾配合推動「人居環境會議」中的決議。

為了落實承諾，行政院於 1996 年成立「永續發展委員會」，實踐「永續發展」的理念。

內政部建築研究所也於 1999 年制訂「綠建築解說與評估手冊」(林憲德，1999)，做為新興建築的評估工具。2002 年則提出「國民中小學綠建築設計手冊」作為校園綠建築設計之參考依據 (林憲德，2002)。

「綠建築解說與評估手冊」中所提供的綠建築評估系統，為一適用於台灣氣候的本土化評估系統。手冊自 1999 年提出 (林憲德，1999) 後，為因應國際潮流、符合實際需求，陸續在 2001、2003 與 2005 年出版了更新版本 (林憲德，2000，2003，2005)，建立我國特有之「綠建築評估 EEWB 系統」。

表 1. 新竹市 36 所國民中小學一覽表

Table 1. Names of 36 junior high schools and elementary schools from Hsinchu city.

1. 新竹國小	2. 東門國小	3. 竹蓮國小	4. 東園國小	5. 三民國小	6. 龍山國小
7. 關東國小	8. 建功國小	9. 水源國小	10. 曙光國小	11. 竹師實小	12. 北門國小
13. 民富國小	14. 西門國小	15. 載熙國小	16. 南寮國小	17. 香山國小	18. 虎林國小
19. 港南國小	20. 大庄國小	21. 茄苳國小	22. 朝山國小	23. 大湖國小	24. 內湖國小
25. 南隘國小	26. 頂埔國小	27. 建華國中	28. 培英國中	29. 育賢國中	30. 光武國中
31. 三民國中	32. 光華國中	33. 南華國中	34. 富禮國中	35. 內湖國中	36. 虎林國中

資料來源：王希智，2002。

綠建築九大評估範疇中的基地保水指標評估，在三個更新版本中做了不少的修正，因此，本文即針對 1999、2001、2003 與 2005 年等四個版本中的基地保水指標評估方法進行比較。

研究方法

本文以「綠建築解說與評估手冊」2001、2003、2005 年更新版本與 1999 年首版之基地保水指標評估方法為研究對象，並引用王希智 (2002) 調查新竹市 36 所國民中小學 (表 1) 之「基地保水指標」數據來進行統計分析。

研究分成兩部分，第一部分是進行「綠

建築解說與評估手冊」四個版本中基地保水指標評估方法之比較 (有勘誤表者，以勘誤表為準)，探討原版和三次改版的差異、改版的原因，並找出更完善的評估方式，進而提出下次修正之建議。第二部分則是利用王希智 (2002) 調查新竹市 36 所國民中小學的數值，以統計方法來分析四種版本是否具有顯著的差異性與相關性，用以證明改版是否有意義。

一、基地保水指標評估方法之分析

(一) 文獻回顧法

將舊有文獻中有關基地保水指標的部分做通盤的回顧。

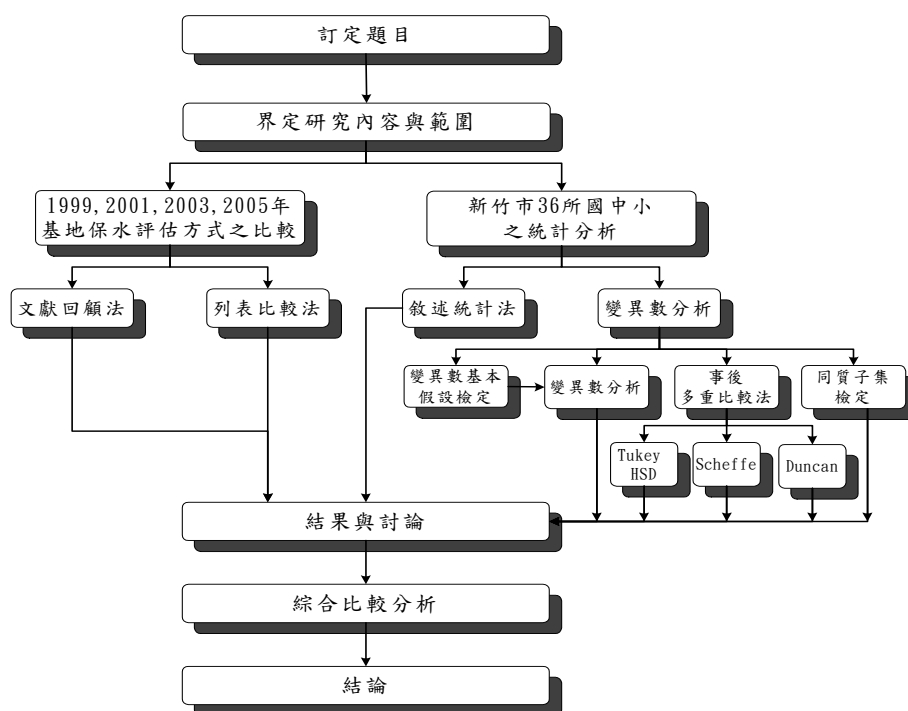


圖 1. 研究流程圖

Figure 1. Flow chart of study.

(二) 列表比較法

將四種版本的公式與內涵以列表方式來呈現其差異性。

二、新竹市 36 所國中小之統計分析

(一) 敘述統計法

將王希智 (2002) 論文中的原始資料整理至 EXCEL 中，然後將四種版本中的保水指標之各項數值計算出來，再以 SPSS 來進行敘述統計分析。

(二) 單因子變異數分析法

藉由 SPSS 軟體，先作變異數分析之四個基本假設的檢定，然後再進行變異數分析。分析後，利用 Tukey HSD、Scheffe 與 Duncan 法做多重比較分析，可以確保不犯第一類型錯誤，又同時保有最大的統計考驗力，並可檢定是否為同質子集的群數。

結果與討論

一、基地保水指標評估方法之比較

將綠建築解說與評估手冊四個版本中的基地保水指標評估方法加以條列整理比較，可以發現 2001、2003 與 2005 年版的評估方式差異不大，只是將其中某些變數的定義稍做修正或補充而已，至於 1999 年版，則和其他三個版本有較大的不同。針對其修正處，分項說明於後。

(一) 評估指標適用對象

1. 相同處

基地保水評估指標的主要精神就是在評估土壤的保水能力，其與土壤的透水效率有關。因此，適用對象皆指被評估基地之土壤而言。

2. 相異處

1999 年版的評估指標適用對象並未列表，其基地保水指標評估只限用於一般常見的粉土土質，當發現土壤為黏土或砂土時，則應排除本指標之適用 (林憲德, 1999, P.44)。所持的論點在於，透水性太好的砂土

土壤或透水性不良的黏土土壤不會因為基地保水設計的改變而左右原有土壤的保水性。

在 1999 年版的評估系統中，放棄了黏土性的基地，認為這類型的土壤進行任何保水設計均無多大意義。這樣的限制，造成執行評估上的困難與爭議。

為了解決這樣的爭議，2001 年版則擴大評估範圍，將不良級配礫石、良級配礫石、沈泥質礫石、黏土質礫石、不良級配砂、良級配砂、沈泥質砂、黏土質砂、泥質黏土、黏土、高塑性黏土納入，並給予每一類的土壤統一的土壤滲透係數，才得以有通用的評估標準（詳見表 2、表 3），2003 與 2005 年版亦沿用此標準至今。

表 2. 土壤滲透係數 K 值簡易對照表
Table 2. Simple comparison of saturated permeability coefficient.

土質	砂土	粉土	黏土	高塑性黏土
土壤滲透係數 k(m/s)	10 ⁻⁵	10 ⁻⁷	10 ⁻⁹	10 ⁻¹¹

資料來源：林憲德，2000，P. 49；2003，P. 62；2005 P. 67

表 3. 統一土壤分類與土壤滲透係數 k 值對照表
Table 3. Simple comparison between unified classification and saturated permeability coefficient.

土層分類描述	粒徑 D ₁₀ (mm)	土壤分類	滲透係數 k(m/s)
不良級配礫石	0.4	GP	10 ⁻³
良級配礫石		GW	10 ⁻⁴
沈泥質礫石		GM	

黏土質礫石		GC	
不良級配砂		SP	10 ⁻⁵
良級配砂	0.1	SW	
沈泥質砂	0.01	SM	10 ⁻⁷
黏土質砂		SC	
泥質黏土	0.005	ML	10 ⁻⁸
黏土	0.001	CL	10 ⁻⁹
高塑性黏土	10 ⁻⁵	CH	10 ⁻¹¹

註：屬於相同土壤統一分類的不同土質，會因為緊密程度以及組成的不同，其滲透係數的值會有所差異，最大會有±10⁻¹的誤差。本表為求評估上之客觀，乃是取其最小值，可使評估結果較為保守可信。

資料來源：林憲德，2000，P. 48；2003，P. 62；2005 P. 67

3. 影響

自從 2001 年版有了通用的評估標準後，影響有二，一是使評估系統得以普遍施行，因每一類的土壤都有其對應的滲透係數，不會遇到某一種土質就被排除指標之適用，造成評估的不公。二是針對黏土性基地，由 1999 年版的放棄保水指標評估，到 2001、2003 與 2005 版的鼓勵其施行特殊保水設計，不但具有實質提升地球保水能力的意義，尚有保水觀念進步與推廣的意義存在。

(二) 評估指標計算公式

1. 相同處

在四次版本的基地保水計算公式中，基本意義皆為開發前裸露土地的保水量與開發後土地的保水量之相對比值（λ 值），λ 值越高，表示該基地保水能力越好。

2. 相異處

四次版本的主要計算公式列於表 4，由表中可知，2001、2003 與 2005 版公式是相同的

$$\text{皆為 } \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{A_0 \times k \times t}, \text{ 而 1999 年版的原始公式為 } \lambda = (Ab+Ac+6.0 \times Vp+1.2 \times Vg + \lambda e)/A$$

則與其他版本不同。

為方便比較，本研究將 1999 年版原公式中的變數以不同符號來取代。其中，A 以 A_0 替代，因為 A 與其他改版中 A_0 的定義相同，皆為基地總面積；Ab 以 A_1 替代，因為 Ab 與 A_1 的定義皆為開發後裸露土地面積；Ac 以 A_2 替代，因為 Ac 與 A_2 的定

義皆為透水鋪面面積；Vg 以 V_3 替代，因為 Vg 與 V_3 的定義皆為人工地盤花園土壤體積；最後，Vp 以 V_4 替代，因為 Vp 與 V_4 的定義皆為地面貯留滲透設計。因此，1999 年版的公式修正為 $\lambda = (A_1 + A_2 + 6.0 \times V_4 + 1.2 \times V_3 + \lambda_e) / A$ ，更利於版本差異的比較。

表 4. 1999、2001、2003、2005 年版評估公式比較
Table 4. Comparison of evaluation formulas in 1999、2001、2003 and 2005.

1999 年版評估公式 (修正後)	2001、2003、2005 年版評估公式
$\lambda = \frac{A_1}{A_0} + \frac{A_2}{A_0} + \frac{1.2 \times V_3}{A_0} + \frac{6.0 \times V_4}{A_0} + \frac{\lambda_e}{A_0} \geq \lambda_c$	$\lambda = \frac{\text{開發後基地保水量 } Q'}{\text{原土地保水量 } Q_0}$ $= \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{A_0 \times \bar{k} \times t} \geq \lambda$

1999 年版之評估計算公式，乃是針對一般最常見的粉土而訂定，原本基地保水量應與滲透係數有很大的關係，但由於已被限定為粉土土質 (滲透係數為 10^{-6} m/s) (林憲德，1999)，在計算 λ 值時，滲透係數可以分子分母相互消去，因此，1999 年版的公式採用簡化之計算式。在 2001、2003、2005 年版，為了使公式適用於所有的土質，導入了滲透係數於公式中。同時將台北 1985~1994 年最大連續降雨時間 158,400 s (44 hr) 定義為最大降雨延時之基準值 (林憲德，2000)，一起納入計算公式中，適用於全國各類型的基地。

3. 影響

1999 年版之評估計算公式簡單易算，卻是較為概略之算法，且因評估對象已設定，無法應用於各種土質，有其侷限性。而後的三個版本之計算公式較為複雜詳細，除了區分不同土質的滲透係數外，還加入最大降雨延時，較符合實際土壤的保水狀況。若未來改版之際能改採全國平均降雨延時，會較具公平性。

(三) 計算公式中各項變數之定義

在四次版本中，公式除了 1999 年不同，其餘三次版本是相同的，但是變數是逐版有所修正，為了方便比較，更將 1999 年版的公式符號稍做調整 (如前述)，因此，四次版本的變數差異如下所述。

1. \bar{k} 值

- (1) 相同處
- (2) 相異處

在 2001、2003、2005 年版中皆將 \bar{k} 值定義為基地土壤滲透係數基準值。

1999 年版的評估指標僅適用於粉土土質，因此沒有特別訂出 \bar{k} 值。而後的三次改版， \bar{k} 值均定義為基地土壤滲透係數基準值 (m/s)。以表層 2m 以內土壤認定之。應先依建築技術規則建築構造篇第六十四條的規定做鑽探調查，將鑽探結果中表層 2m 以內土壤之「統一土壤分類」(unified classification) 代入土壤滲透係數 k 值對照表中，即可取得 k 值為 \bar{k} ；至於無需做鑽探調查者，則可由經驗判斷其表土可能之土質，並代入土壤滲透係數 k 值簡易對照表以取得 k 值為 \bar{k} 。但當 $k < 10^{-7}$

m/s 時，則令 $\bar{k} = 10^{-7}$ m/s，亦即 \bar{k} 基準值不得小於 10^{-7} m/s (林憲德，1999，P.44)。

(3) 影響

1999 年版只針對粉土性質的基地，無須考慮不同土質的土壤滲透係數。至於 2001、2003、2005 年版，雖然有考慮到其他的土質，但卻規定 $k < 10^{-7}$ m/s 時，則令 $\bar{k} = 10^{-7}$ m/s，亦即 \bar{k} 基準值不得小於 10^{-7} m/s。表示若 $k \geq 10^{-7}$ m/s 時，帶入公式中，分母、分子是得以抵銷的；若 $k < 10^{-7}$ m/s 時，分子與分母則無法抵銷。

當 k 值越小於 10^{-7} m/s 時，所得之 λ 值 (基地保水指標) 會越不利。對照表 3， $k < 10^{-7}$ m/s 的土質就是黏土，換句話說，只要是黏土性土質，使用一般保水設計是很難通過基地保水指標，而造成有此屬性的基地，若要改善保水狀況，得增加許多特殊保水設計。但實際情形是，由於經費的限制，往往會被迫放棄增加特殊保水設計；更甚者，是根本放棄在這項指標上的努力。

2. r 值

(1) 相同處

1999、2001、2005 年版的 r 值，皆定義為法定建蔽率，無單位。雖然 2003 年版的定義與其他版本不同，但四次版本的 r 值皆直接影響 λ_c 值 (基地保水指標基準)。

(2) 相異處

1999 年版將 r 值簡單定義為法定建蔽率，並無進一步說明。2001 與 2005 年版除將 r 值定義為法定建蔽率外，亦進一步限制 $r > 0.85$ 時，以 0.85 計之。2003 年版的 r 值則代表最小空地比，亦即 $r = 1.0 -$ 法定建蔽率，但當 $r < 0.15$ 時，以 0.15 計之。就字面上的定義而言，2003 年版與 1999、2001、2005 年不同，但若實際代入 λ_c 公式後計算出來的值卻相同。

(3) 影響

由原本的沒有限制，到後來對 r 值超過 0.85 時，以 0.85 計算的限制，其用意

乃在保證獲得基地保水指標獎勵的綠建築，至少必須確保原基地 15% 以上的透水水準，並可保障 λ_c 。經計算後的值不會過低，防止高建蔽率之建築基地以低保水水準輕易通過評估系統。不過，這樣的限制對學校而言比較沒有約束力，因為學校的法定建蔽率是不可能超過 0.85 的。

3. λ_c 值

(1) 相同處

在四次的版本中，皆將 λ_c 定義為基地保水指標基準。雖然 2003 年版的公式與其他年不同，但經過運算後所得之值是相同的。在評估過程中，只要 λ 值大於或等於 λ_c 值，就可以通過基地保水指標的評估。

(2) 相異處

r 值的大小及定義會影響到基地保水指標基準 (λ_c)，1999、2001、2005 三個版本均規定 $\lambda_c = 0.8 \times (1.0 - \text{法定建蔽率})$ ，而 2003 年則定義 $\lambda_c = 0.8 \times \text{最小空地比}$ 。乍看之下，似乎 2003 年版與其他版本不同，但實際上由於最小空地比 $r = 1.0 - \text{法定建蔽率}$ ，代入 2003 年的 λ_c 公式中，可得 $\lambda_c = 0.8 \times (1.0 - \text{法定建蔽率})$ ，因此，就運算後的 λ_c 值來看，四個版本的定義並無不同。

然而 2003 與 2005 年版中規定學校校園整體評估 λ_c 值須採 0.5，而 1999 與 2001 年版則是依據各學校之法定建蔽率計算出 λ_c 值。一般學校用地之法定建蔽率多訂為 0.5 或 0.4，將此代入 $\lambda_c = 0.8 \times (1.0 - \text{法定建蔽率})$ ，所得值為 0.4 或 0.48，可知校園綠建築在推動初期，是使用較為寬鬆的評估基準 ($\lambda_c = 0.4$ 或 0.48)，以鼓勵學校採用綠建築設計。新近的兩個版本將基準值提高 ($\lambda_c = 0.5$)，此數值是經由成大建研所調查統計後制定，他們發現在 35 所國中小之保水條件中，學校的實質建蔽率均在 25~30% 左右，亦即將基準值定在 0.5 就可達到預期之效益 (林憲德，

2003)。

(3) 影響

由上述可知，因推廣之初要鼓勵學校多採取綠建築設計，故前兩個版本採取較為寬鬆的評估基準。行之有年後，因其觀念已推廣，再加上學校建築存在有教育的意義，具有示範的效果，故提高標準，以督促基地保水能力的提升。

4. A₀ 值

(1) 相同處

2001、2003、2005 均將變數 A₀ 定義為基地總面積，1999 年版雖無 A₀ 項變數，卻有 A 項變數，且定義與其他版本相同。

(2) 相異處

如上所述，因 A 與三次改版中 A₀ 的定義皆為基地總面積，故為了方便比較，將 1999 年版的變數 A 修正為 A₀。前三次版本並無對基地總面積 (A₀) 有特殊之限制，但在 2005 年則提出「以申請建造一宗基地範圍為原則。若為單一宗基地內之局部新建執照，可以全宗基地綜合檢討或依基地內合理分割範圍單獨檢討。所謂合理分割，即以建築物周圍道路或設施之邊界、或與他棟建築物之中線區分為準，基地劃分須以方整為原則」之補充規定。

(3) 影響

在建造的過程中，一個基地並不一定只有一張建照，有時工程分一期、二期，甚至更多期，這種狀況在學校是非常多見的。2005 年版這項新增之規定，讓局部新建執照有依循的規範。

(四) 保水設計方法之評估

1. 相同處

(1) 保水設計方法

在 1999、2001、2003 與 2005 年四個版本，均有為裸露土地、透水鋪面、貯留滲透、花園雨水截留等之保水設計方法。

(2) 安全考量

2001、2003 與 2005 之各類保水設計方法又可區分為「常用保水設計」與「特殊保水設計」兩大類，其中，常用保水設計乃適用於任何基地；至於特殊保水設計

方面，則因有時會引發水土保持之危害，而需特別要求注意地盤土質之安定。要求有三：① 對於有地盤流失之虞處，必須保持安全距離，尤其在山坡地及地盤滑動危險之區域應嚴禁採用。② 一般基地有 30 度以上坡坎時，需距離其高差兩倍以外才可採用特殊保水設計。③ 兩個滲透陰井應保持在 1.5 m 以上，以免干擾透水功能 (林憲德，2003)。

(3) 設計尺寸

在 2001、2003、2005 的保水設計方法中，對於「滲透排水管」Q₆、「滲透陰井」Q₇、「滲透側溝」Q₈的公式，均以一個標準尺寸的設施來做為設計與計算上的依據，若實際尺寸與標準圖差異過大，則需另行做認定與計算。

2. 相異處

(1) 1999 年版

1999 年版一般採計裸露土地、透水鋪面、貯留滲透設計、花園雨水截留設計四項保水設計手法。在公式中另有採計 λ_e ， λ_e 的定義為特殊滲透設計相當透水面積 (m²)，指評估指標列舉項目以外的特殊透水設計，如滲透管、滲透井、透水路面等，其透水功能必須由業者自行提出計算書以供認定採用，其單位必須換算成裸露地面的相當透水面積。假如無此設計時， λ_e 取 0.0 即可 (林憲德，1999)。

(2) 2001 年版

2001 年版中為了加廣評估範圍，除了 1999 年版的四種設計，還增加了地下礫石滲透貯留、滲透排水管、滲透陰井、滲透側溝等四項，合計共有八項保水設計。並將這八種方法，依據其特性分為「常用保水設計」與「特殊保水設計」兩大類。

(3) 2003、2005 年版

2003 年版以後，為了避免遺漏，除了延續 2001 年版的八種設計方法外，並增列其他保水設計，只要設計者提出設計圖與計算說明，之後經由委員會認定後採用之其他保水設計手法，亦可採計納入基地保水量之計算。

同時，「裸露土地」保水設計更名為「綠地、被覆地、草溝」保水設計，目的在排除堅硬的直接裸露地面納入計算，這些因長期重壓而使土質堅硬之地面因透水性變差，應將之視同不透水地面來評估(林憲德，2003)。此外，並將所有的貯留設計名稱改為貯集設計，意義較前者更為廣泛。

3. 影響

隨著時代的演進，基地保水設計方法也不斷的推陳出新，但評估手冊並不能隨時更改。因此，只要能夠提出設計圖，並獲得委員會的認定，就能作為提升保水能力的設計，對致力於改善自身保水能力的基地而言，有正面之鼓舞效果。

(五) 各項保水設計之計算公式

1. 相同處

四次版本中所採計的保水設計，均在表 5 中說明細部計算公式。其中，1999 年版不列表，5-4-1、5-4-2 與 5-4-3 則分別為 2001、2003 與 2005 年版的保水設計之保水量計算公式。由表中可知，從 2001、2003 到 2005 年版，有七類保水量計算公式並沒有隨著改版而做修正，這七類分別為裸露土地、人工地盤花園、地面貯集滲透、地下礫石滲透貯集、滲透排水管、滲透陰井，及滲透側溝等。

2. 相異處

在各版本中，透水鋪面設計之保水量是有差異的，1999 年版的保水量計算公式為簡化式，在手冊中並未列表顯示各類保水量的計算，直接在公式中計算。到了 2001、2003 與 2005 年版也做了些微的修正。

其中，2001 年版的計算值最不利，僅定為 $Q_2 = A_2 \cdot k \cdot t$ ，與裸露土地的保水公式是相同的，這樣的計算方式忽略了透水鋪面下給配層的保水能力。一般而言，給配層鋪設為 15~20 公分，比單純裸露之土地擁有更好的保水能力。為此，2003 年再做修正時，已

考慮到給配層的涵養能力，修定為 $Q_2 = A_2 \cdot k \cdot t + 0.15 \cdot h \cdot A_2$ 。經過不斷的測試後，2005 年版再將公式修正為 $Q_2 = A_2 \cdot k \cdot t + 0.1 \cdot h \cdot A_2$ 。

3. 影響

當一個基地(如球場)扣除建物與其他必要的不透水設施後，其餘面積若僅使用常用保水設計所採取的高比例透水鋪面，則可擁有較高的保水能力。然而，採取過高比例的透水鋪面，除了較無綠意，相對地，也降低了此基地的綠化量(綠地具有固定二氧化碳的功能)(林憲德，2005)。因此，如何在保水量與綠化量間取得平衡，將考驗著設計者的智慧。

二、新竹市 36 所國中小之統計分析

(一) 「基地保水指標」之敘述統計分析

本研究先將王希智(2002)的原始資料修正如表 6，以利後續之統計分析。

1. Q' 值

由表 6 中可知 1999 年版並無 Q' 值(開發後的保水值)的定義，原因在於此年的評估指標將各類型的保水設計簡化至公式裡計算，因此並無獨立的 Q' 值之計算值。至於三次改版的 Q' 之平均值則分別為 12520.91、12541.03 與 12528.34(圖 1)，由圖中可看出其間的變化雖然不大，但仍以 2003 年最高，2001 年最低。

表 5. 各類保水設計之保水量計算比較

Table 5. Comparison of water-holding capacity for each type water retention design.

1999 年版	2001 年版	2003 年版	2005 年版																																													
未列表。 「裸露土地」、「透水鋪面」、「人工地盤花園土壤」、「景觀貯留滲透水池或貯留滲透空地」之保水量計算與 A_1 、 A_2 、 V_3 、 V_4 之定義，詳見本表「1. 評估公式與變數說明」項目中之變數說明。	表 5-1	表 5-2	表 5-3																																													
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>各類設計之保水量 Q_i (m^3)</th> <th>保水量 Q_i 計算公式</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">常用保水設計</td> <td>裸露土地保水量 Q_1</td> <td>$Q_1 = A_1 \cdot k \cdot t$</td> </tr> <tr> <td>透水鋪面設計保水量 Q_2</td> <td>$Q_2 = A_2 \cdot k \cdot t$</td> </tr> <tr> <td>人工地盤花園貯留設計保水量 Q_3</td> <td>$Q_3 = 0.05 \cdot V_3$</td> </tr> <tr> <td rowspan="6">特殊保水設計</td> <td>地面貯留滲透設計保水量 Q_4</td> <td>$Q_4 = A_4 \cdot k \cdot t + V_4$</td> </tr> <tr> <td>地下礫石滲透貯留保水量 Q_5</td> <td>$Q_5 = (A_5 \cdot k \cdot t) + 0.2 \cdot V_5$</td> </tr> <tr> <td>滲透排水管設計保水量 Q_6</td> <td>$Q_6 = (2.0 \cdot k \cdot L \cdot t) + (0.069 \cdot L)$</td> </tr> <tr> <td>滲透陰井設計保水量 Q_7</td> <td>$Q_7 = (3.0 \cdot k \cdot n \cdot t) + (0.015 \cdot n)$</td> </tr> <tr> <td>滲透側溝保水量 Q_8</td> <td>$Q_8 = (2.0 \cdot k \cdot L \cdot t) + (0.057 \cdot L)$</td> </tr> <tr> <td>其他保水設計 Q_n</td> <td>由設計者提出設計圖與計算說明並經由委員會認定後採用之</td> </tr> </tbody> </table> <p>資料來源：林憲德，2000，P. 49。</p>	項目	各類設計之保水量 Q_i (m^3)	保水量 Q_i 計算公式	常用保水設計	裸露土地保水量 Q_1	$Q_1 = A_1 \cdot k \cdot t$	透水鋪面設計保水量 Q_2	$Q_2 = A_2 \cdot k \cdot t$	人工地盤花園貯留設計保水量 Q_3	$Q_3 = 0.05 \cdot V_3$	特殊保水設計	地面貯留滲透設計保水量 Q_4	$Q_4 = A_4 \cdot k \cdot t + V_4$	地下礫石滲透貯留保水量 Q_5	$Q_5 = (A_5 \cdot k \cdot t) + 0.2 \cdot V_5$	滲透排水管設計保水量 Q_6	$Q_6 = (2.0 \cdot k \cdot L \cdot t) + (0.069 \cdot L)$	滲透陰井設計保水量 Q_7	$Q_7 = (3.0 \cdot k \cdot n \cdot t) + (0.015 \cdot n)$	滲透側溝保水量 Q_8	$Q_8 = (2.0 \cdot k \cdot L \cdot t) + (0.057 \cdot L)$	其他保水設計 Q_n	由設計者提出設計圖與計算說明並經由委員會認定後採用之	<table border="1"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>各類設計之保水量 Q_i (m^3)</th> <th>保水量 Q_i 計算公式</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">常用保水設計</td> <td>綠地、被覆地、草溝保水量 Q_1</td> <td>$Q_1 = A_1 \cdot k \cdot t$</td> </tr> <tr> <td>透水鋪面設計保水量 Q_2</td> <td>$Q_2 = A_2 \cdot k \cdot t + 0.15 \cdot h \cdot A_2$</td> </tr> <tr> <td>人工地盤花園貯集設計保水量 Q_3</td> <td>$Q_3 = 0.05 \cdot V_3$</td> </tr> <tr> <td rowspan="6">特殊保水設計</td> <td>地面貯集滲透設計保水量 Q_4</td> <td>$Q_4 = A_4 \cdot k \cdot t + V_4$</td> </tr> <tr> <td>地下礫石滲透貯集保水量 Q_5</td> <td>$Q_5 = (A_5 \cdot k \cdot t) + 0.2 \cdot V_5$</td> </tr> <tr> <td>滲透排水管設計保水量 Q_6</td> <td>$Q_6 = (2.0 \cdot k \cdot L \cdot t) + (0.069 \cdot L)$</td> </tr> <tr> <td>滲透陰井設計保水量 Q_7</td> <td>$Q_7 = (3.0 \cdot k \cdot n \cdot t) + (0.015 \cdot n)$</td> </tr> <tr> <td>滲透側溝保水量 Q_8</td> <td>$Q_8 = (2.0 \cdot k \cdot L \cdot t) + (0.057 \cdot L)$</td> </tr> <tr> <td>其他保水設計 Q_n</td> <td>由設計者提出設計圖與計算說明並經由委員會認定後採用之</td> </tr> </tbody> </table> <p>資料來源：林憲德，2005，P. 68。</p>	項目	各類設計之保水量 Q_i (m^3)	保水量 Q_i 計算公式	常用保水設計	綠地、被覆地、草溝保水量 Q_1	$Q_1 = A_1 \cdot k \cdot t$	透水鋪面設計保水量 Q_2	$Q_2 = A_2 \cdot k \cdot t + 0.15 \cdot h \cdot A_2$	人工地盤花園貯集設計保水量 Q_3	$Q_3 = 0.05 \cdot V_3$	特殊保水設計	地面貯集滲透設計保水量 Q_4	$Q_4 = A_4 \cdot k \cdot t + V_4$	地下礫石滲透貯集保水量 Q_5	$Q_5 = (A_5 \cdot k \cdot t) + 0.2 \cdot V_5$	滲透排水管設計保水量 Q_6	$Q_6 = (2.0 \cdot k \cdot L \cdot t) + (0.069 \cdot L)$	滲透陰井設計保水量 Q_7	$Q_7 = (3.0 \cdot k \cdot n \cdot t) + (0.015 \cdot n)$	滲透側溝保水量 Q_8	$Q_8 = (2.0 \cdot k \cdot L \cdot t) + (0.057 \cdot L)$	其他保水設計 Q_n	由設計者提出設計圖與計算說明並經由委員會認定後採用之
項目	各類設計之保水量 Q_i (m^3)	保水量 Q_i 計算公式																																														
常用保水設計	裸露土地保水量 Q_1	$Q_1 = A_1 \cdot k \cdot t$																																														
	透水鋪面設計保水量 Q_2	$Q_2 = A_2 \cdot k \cdot t$																																														
	人工地盤花園貯留設計保水量 Q_3	$Q_3 = 0.05 \cdot V_3$																																														
特殊保水設計	地面貯留滲透設計保水量 Q_4	$Q_4 = A_4 \cdot k \cdot t + V_4$																																														
	地下礫石滲透貯留保水量 Q_5	$Q_5 = (A_5 \cdot k \cdot t) + 0.2 \cdot V_5$																																														
	滲透排水管設計保水量 Q_6	$Q_6 = (2.0 \cdot k \cdot L \cdot t) + (0.069 \cdot L)$																																														
	滲透陰井設計保水量 Q_7	$Q_7 = (3.0 \cdot k \cdot n \cdot t) + (0.015 \cdot n)$																																														
	滲透側溝保水量 Q_8	$Q_8 = (2.0 \cdot k \cdot L \cdot t) + (0.057 \cdot L)$																																														
	其他保水設計 Q_n	由設計者提出設計圖與計算說明並經由委員會認定後採用之																																														
項目	各類設計之保水量 Q_i (m^3)	保水量 Q_i 計算公式																																														
常用保水設計	綠地、被覆地、草溝保水量 Q_1	$Q_1 = A_1 \cdot k \cdot t$																																														
	透水鋪面設計保水量 Q_2	$Q_2 = A_2 \cdot k \cdot t + 0.15 \cdot h \cdot A_2$																																														
	人工地盤花園貯集設計保水量 Q_3	$Q_3 = 0.05 \cdot V_3$																																														
特殊保水設計	地面貯集滲透設計保水量 Q_4	$Q_4 = A_4 \cdot k \cdot t + V_4$																																														
	地下礫石滲透貯集保水量 Q_5	$Q_5 = (A_5 \cdot k \cdot t) + 0.2 \cdot V_5$																																														
	滲透排水管設計保水量 Q_6	$Q_6 = (2.0 \cdot k \cdot L \cdot t) + (0.069 \cdot L)$																																														
	滲透陰井設計保水量 Q_7	$Q_7 = (3.0 \cdot k \cdot n \cdot t) + (0.015 \cdot n)$																																														
	滲透側溝保水量 Q_8	$Q_8 = (2.0 \cdot k \cdot L \cdot t) + (0.057 \cdot L)$																																														
	其他保水設計 Q_n	由設計者提出設計圖與計算說明並經由委員會認定後採用之																																														

表 6. 新竹市國中小綠建築基地保水指標之比較

Table 6. Comparison of on-site water retention indicators for green buildings in junior high schools and elementary schools of Hsinchu city.

編號	校名	Q'1999	Q'2001	Q'2003	Q'2005	λ_{1999}	λ_{2001}	λ_{2003}	λ_{2005}
1	新竹國小	×	23278.46	23432.60	23381.22	*0.4014	*0.4014	0.4041	0.4032
2	東門國小	×	6899.90	6903.65	6902.40	0.1626	0.1626	0.1627	0.1626
3	竹蓮國小	×	13758.62	13765.73	13763.36	0.2978	0.2978	0.2980	0.2979
4	東園國小	×	20479.54	20543.26	20522.02	*0.4126	*0.4126	0.4139	0.4134
5	三民國小	×	17717.04	17771.79	17753.54	*0.4029	*0.4029	0.4042	0.4038
6	龍山國小	×	7774.27	7808.65	7797.19	0.2124	0.2124	0.2134	0.2131
7	關東國小	×	7310.16	7329.36	7322.96	0.2469	0.2469	0.2476	0.2474
8	建功國小	×	19392.91	19411.96	19405.61	*0.4009	*0.4009	0.4013	0.4011
9	水源國小	×	14447.66	14473.31	14464.76	*0.4011	*0.4011	0.4018	0.4016
10	曙光國小	×	3402.43	3402.43	3402.43	0.2728	0.2728	0.2728	0.2728
11	竹師實小	×	5439.46	5450.98	5447.14	0.1511	0.1511	0.1514	0.1513
12	北門國小	×	5673.89	5699.99	5691.29	0.1666	0.1666	0.1673	0.1671
13	民富國小	×	14401.73	14477.15	14452.01	0.2618	0.2618	0.2632	0.2627
14	西門國小	×	20769.41	20824.37	20806.05	*0.4043	*0.4043	0.4054	0.4050
15	載熙國小	×	5075.14	5082.70	5080.18	0.1358	0.1358	0.1360	0.1359
16	南寮國小	×	9925.34	9945.74	9938.94	0.3542	0.3542	0.3550	0.3547
17	香山國小	×	7359.26	7371.26	7367.26	0.1725	0.1725	0.1727	0.1726
18	虎林國小	×	18412.32	18496.37	18461.77	*0.4850	*0.4670	0.4691	0.4682
19	港南國小	×	4561.92	4597.62	4585.72	0.3009	0.3009	0.3033	0.3025
20	大庄國小	×	14674.18	14690.53	14685.08	*0.4187	*0.4187	0.4192	0.4190
21	茄苳國小	×	8704.08	8710.68	8708.48	*0.4005	*0.4005	0.4008	0.4007
22	朝山國小	×	17880.19	17963.41	17935.67	*0.6901	*0.6901	*0.6933	*0.6922
23	大湖國小	×	4316.40	4317.60	4317.20	*0.4003	*0.4003	0.4004	0.4003
24	內湖國小	×	3709.73	3722.33	3718.13	0.1956	0.1956	0.1963	0.1961
25	南陰國小	×	9382.03	9400.03	9394.03	*0.6611	*0.6611	*0.6624	*0.6620
26	頂埔國小	×	5843.80	5840.92	5837.32	0.1747	0.1612	0.1611	0.1610
	國小平均	×	11176.53	11209.02	11197.76	0.3302	0.3290	0.3299	0.3295
27	建華國中	×	11897.42	11949.02	11931.82	0.1955	0.1955	0.1963	0.1961
28	培英國中	×	26923.25	27098.54	27040.11	*0.4275	*0.4275	0.4303	0.4294
29	育賢國中	×	15021.07	15024.97	15023.67	0.3289	0.3289	0.3289	0.3289
30	光武國中	×	6903.07	6935.23	6924.51	0.1607	0.1607	0.1615	0.1612
31	三民國中	×	6891.55	6310.42	6300.13	*0.7310	0.1741	0.1594	0.1592
32	光華國中	×	13764.96	13922.16	13869.76	0.3561	0.3561	0.3602	0.3588
33	南華國中	×	24450.62	24450.62	24450.62	*0.4877	*0.4877	0.4877	0.4877
34	富禮國中	×	12535.78	12535.78	12535.78	0.3750	0.3750	0.3750	0.3750
35	內湖國中	×	26400.53	26413.40	26409.11	*0.5767	*0.5767	*0.5770	*0.5769
36	虎林國中	×	15374.72	15402.52	15392.92	0.3475	0.3467	0.3473	0.3471
	國中平均	×	16016.30	16004.27	15987.84	0.3987	0.3429	0.3424	0.3420
	總平均	×	12520.91	12541.03	12528.34	0.3492	0.3328	0.3333	0.3330
	合格率					44.44%	41.67%	8.33%	8.33%

資料來源：本研究整理自王希智 (2002)。

註：1. 1999、2001、2003 與 2005 年各校基地保水及格基準值分別為 0.4、0.4、0.5 與 0.5。

2. 標示「*」為及格者。

3. 標示「×」為此年無此定義。

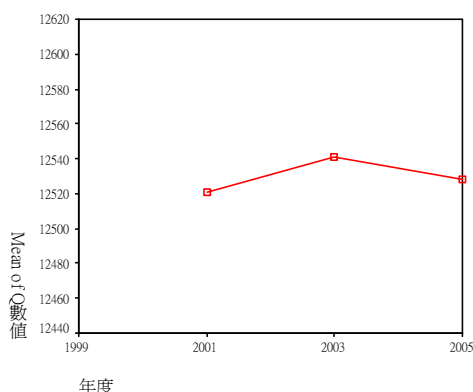


圖 1. Q' 值歷次改版平均值

Figure 1. Means of Q' in 2001, 2003 and 2005.

探究歷年 Q' 值改變的原因，可能在於透水鋪面評估公式的改變。在新竹市 36 所國中小所採用的保水設計有綠地、被覆地、草溝；透水鋪面設計與人工地盤花園貯集設計這三種設計中，只有透水鋪面設計的計算公式有所改變。

2001 與 2003 年版的公式分別為 $Q_2 = A_2 \cdot k \cdot t$ 與 $Q_2 = A_2 \cdot k \cdot t + 0.15 \cdot h \cdot A_2$ ，其中，2001 年版是採用與裸露土地相同的計算公式，忽略透水鋪面給配層的計算，一般而言透水鋪面下的給配層的顆粒間隙較大，擁有較佳的保水能力，因此忽略其保水力是有其謬誤之處，因而在 2003 年版針對此做了修正，增加採計給配層的保水能力，因此，兩個版本透水鋪面的保水量是呈上升走勢。

2003 與 2005 年版的公式分別為 $Q_2 = A_2 \cdot k \cdot t + 0.15 \cdot h \cdot A_2$ 與 $Q_2 = A_2 \cdot k \cdot t + 0.1 \cdot h \cdot A_2$ ，其間的差異在於給配層的計算由 $0.15 \cdot h \cdot A_2$ 略降為 $0.1 \cdot h \cdot A_2$ ，故兩次版本透水鋪面的保水量亦呈下降走勢。

表 7 為 Q' 值的敘述統計分析，由表中可知，就「Q' 值」而言，全部有效的觀察值有 108 個。因為 1999 年並無 Q' 值之定義，故其總平均為 12530.09，總標準差為 6819.80，總平均數的估計標準誤為 656.24，至於三組

95%信賴區間估計值則分別為：

[10199.38 , 14842.45]

[10206.43 , 14875.63]

[10196.42 , 14860.26]

由表 7 可知，三次改版的最小值均為 3402.43，對照表 6，可發現此值在 2001、2003 與 2005 年均落於同一所學校——曙光國小，它的校地面積非常狹小，總透水面積只佔 27.28%，因此計算出來的開發後保水值為最小，未來需朝特殊保水設計方式來做規劃。至於三次改版的最大值雖有不同，但對照表 6，仍落於同一所學校——培英國中。由此可知，每次改版的最小值與最大值之學校並沒有變動，證明了 Q' 值的計算方式在 2001、2003 與 2005 年中改變不大。

2. λ 值

λ 值為基地保水指標，在評估方法中，1999 年採簡易評估公式，其他三次改版則為 $\lambda = \text{開發後基地保水量 } Q' / \text{原土地保水量 } Q_0$ (詳見表 4)，四次版本中 λ 之平均值分別為 0.3492、0.3328、0.3333 與 0.3330。

由圖 2 可看出，1999 年的 λ 值特別突出，原因在於 1999 年的計算公式不同於其他版本。而 2001、2003 與 2005 年版的 λ 值受到 Q' 值的影響很大，所以它在 2001、2003 與 2005 年版與圖 1 有相仿的走勢，亦即變化不大，但仍以 2003 年較高。雖然如此，但由圖 2 中 λ 值的變化仍可看出有日趨嚴格的趨勢。

表 8 為 λ 值的敘述統計分析，由表中可知，就「λ 值」而言，全部有效的觀察值有 144 個，總平均為 0.3371，總標準差為 0.1440，總平均數的估計標準誤為 0.012，而四組 95%信賴區間估計值則為：

[0.30 , 0.40]

[0.28 , 0.38]

[0.29 , 0.38]

[0.28 , 0.38]

表 7. Q' 值之敘述統計分析
Table 7. Descriptives analysis of Q' values.

版本	N 個數	Mean 平均數	Std. Deviation 標準差	Std. Error Mean 標準誤差	95% Confidence Interval for Mean 平均數 95%信賴區間		Min 最小值	Max 最大值
					Lower	Upper		
					無 Q' 值之定義			
1999								
2001	36	12520.91	6861.32	1143.55	10199.38	14842.45	3402.43	26923.25
2003	36	12541.03	6899.92	1149.99	10206.43	14875.63	3402.43	27098.54
2005	36	12528.34	6892.02	1148.67	10196.42	14860.26	3402.43	27040.11
總和	108	12530.09	6819.80	656.24	11229.18	13831.00	3402.43	27098.54

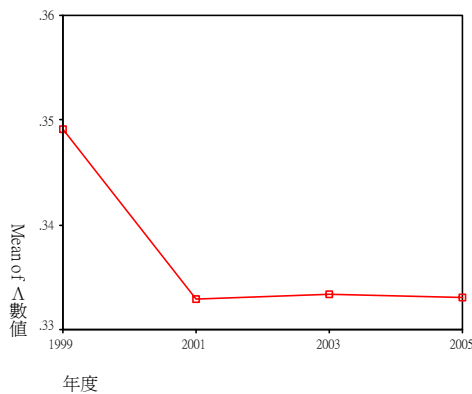


圖 2. λ 值歷次改版平均值
Figure 2. Means of λ in 2001, 2003 and 2005.

表 8. λ 值之敘述統計分析
Table 8. Descriptives analysis of λ values.

版本	N 個數	Mean 平均數	Std. Deviation 標準差	Std. Error Mean 標準誤差	95% Confidence Interval for Mean 平均數 95%信賴區間		Min 最小值	Max 最大值
					Lower	Upper		
					1999	36		
2001	36	0.3328	0.14	0.02	0.28	0.38	0.1358	0.6901
2003	36	0.3333	0.14	0.02	0.29	0.38	0.1360	0.6933
2005	36	0.3330	0.14	0.02	0.28	0.38	0.1359	0.6922
總和	144	0.3371	0.14	0.01	0.31	0.36	0.1358	0.7310

在於它擁有面積廣大的人工地盤，王希智 (2002) 在論文中假設新竹市各國中小的滲透係數均為 10^{-5} m/s。在人工地盤部分的保水量，1999 年版公式為 $1.2 \times V_3 / A_0$ ，其他版的

公式是將 10^{-5} m/s 帶入 $\frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{A_0 \times \bar{k} \times t}$ ，經簡化

後為 $0.0316 \times V_3 / A_0$ 。當我們將所有值帶入公式中時，會發現 1999 年版的人工地盤之保水量與其他版本相差極為懸殊。原因在於人工地盤於 1999 年版時佔有非常重的比例，所以最大值會落在三民國中；改版後，因人工地盤影響變小，故最大值改落於透水面積比例最高的朝山國小。

由 6 中發現， Q' 值的最大值、最小值學校與 λ 值者並不相同，原因在於影響 λ 值的因素除了 Q' 值外，尚包含原基地的保水量。

3. 合格率

在表 6 中，1999 年因計算公式與其他版本不同，呈現較高的 λ 值，其他版本間則差異不大。至於基地保水及格基準值，在 1999、2001、2003、2005 年依續是 0.4、0.4、0.5、0.5，合格率分別可達 44.44%、41.67%、8.33% 與 8.33%。而從新竹市 36 所國中小之合格率由 44.44% 降至 8.33%，可看出執行基準日趨嚴格。

4. 國中小的比較

由表 6 中歷次國中小的 λ 與 Q' 之平均值來看，可知國中之平均值高於全體的平均值，而國小平均值則低於全體平均值。顯示新竹市開發後的保水量與基地保水基準值皆以國中優於國小。

(二) 基地保水單因子變異數分析

在前述的公式中，雖然可看出有些微的改變，但卻無法得知改變是否有其差異性存在。因此，透過變異數分析，來檢定公式的改版在統計上是否存在著差異性。

1. 變異數分析定義

所謂變異數分析 (簡稱 ANOVA)，是透過分析樣本資料之各項差異的來源，來檢定三個或三個以上母數平均值是否相等或具有顯著差異的方法 (林傑斌等，2002)。

2. 變異數分析基本假設之檢定

要實施變異數分析前，需先滿足基本假設的檢定，滿足後再去執行變異數分析，如此才具有意義。

(1) 各樣本之母群體為常態分配

根據王希智 (2002) 論文指出，其研究是採「普查」的方式，亦即當時新竹市共有 39 所國中小 (國中 10 所，國小 29 所)，在扣除 3 所尚未完全開闢的學校後，其餘 36 所國中小皆是調查的樣本。因採普查方式，不需抽樣，故此項無需檢定即通過。

(2) 隨機抽樣

因新竹市所有國中小皆納入調查，故此項檢定也無需檢驗即通過。

(3) 各組樣本之母群體變異數為相同

在執行考驗各組樣本母群體變異數是否相同時，須先建立假設，而考驗的虛無假設與對立假設如下 (SAS 商業軟體應用 (二)，2004)：

$$H_0: \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \sigma_3^2$$

$$H_1: \text{變異數不完全相等}$$

因此，在變異數同質性檢定中，如果「Levene 法」考驗結果之 F 值顯著 ($P < 0.05$)，表示違反變異數分析之變異數同質性的假定，此時則需點選適合變異數異值分析之事後比較法。

表 9 中就 λ 數值而言， $F=0.027$ ， $p=0.994 (>0.05)$ ；就 Q' 數值而言， $F=0.001$ ， $p=0.999 (>0.05)$ ，二者均未達 0.05 的顯著水準，因此，均數沒有顯著差異存在，變異數分析的結果不會達到顯著水準，故要接受虛無假設。這個結果表示 λ 值中四組與 Q' 值中三組的變異數差異均未顯著，亦即他們都沒有違反變異數同質性的檢定。

(4) 各樣本之母群體為獨立性或可加性

從各母群體所抽出的各隨機樣本互相獨立，各變異來源對總離均差平方和解釋量正好可分割成數個可相加的部分，因此稱為獨立性或可加性 (吳明隆等，2005)，由表 10 的變異數分析即可看出此特性。

表 9. 變異數同質性檢定
Table 9. Test for homogeneity of variance.

Dependent Variable	Levene Statistic Levene 統計量	df ₁ 分子自由度	df ₂ 分母自由度	Sig. 顯著性
λ 值	0.027	3	140	0.994
Q' 值	0.001	2	105	0.999

綜合上述討論，可知新竹市 36 所國中小皆符合變異數基本假設檢定，如此進行變異數分析才具有意義。

3. 基地保水變異數分析 (ANOVA)

變異的來源來自組間、組內及全體三個部分。表 10 第三欄是離均差平方和 (簡稱 SS)，其中，全體的 SS 等於組間 SS 加組內 SS。第四欄是自由度，

就 λ 值而言，

$$\text{組間 df} = k-1 = 4-1 = 3$$

$$\text{組內 df} = N-k = 144-4 = 140$$

$$\text{全體 df} = N-1 = 144-1 = 143$$

就 Q 值而言，

$$\text{組間 df} = k-1 = 3-1 = 2$$

$$\text{組內 df} = N-k = 108-3 = 105$$

$$\text{全體 df} = N-1 = 108-1 = 107$$

第五欄為均方 (簡稱 MS)，是組間與組內變異數不偏估計值，等於 SS 除以 df。第六欄是 F 考驗之 F 值，由組間 MS 除以組內 MS 而得。第七欄則是顯著性考驗。

由表 10 變異數分析摘要表中，我們可以

看出相關數值如下：

就 λ 值而言，

$$SS_t = SS_b + SS_w = 0.007 + 2.959 = 2.966$$

$$MS_b = SS_b \div df_b = 0.007 \div 3 = 0.002$$

$$MS_w = SS_w \div df_w = 2.959 \div 140 = 0.021$$

$$F \text{ 值} = MS_b \div MS_w \\ = 0.00234522944 \div 0.02113788922 \\ = 0.111$$

依上式計算，F 值並未達顯著水準 (F 值 = 0.111, p = 1.000 > 0.05)，因而須接受虛無假設。表示不同年度，其 λ 值沒有顯著差異存在。

就 Q' 值而言，

$$SS_t = SS_b + SS_w \\ = 7451.371 + 4976526458.674 \\ = 4976533910.045$$

$$MS_b = SS_b \div df_b \\ = 7451.371 \div 2 = 3725.686$$

$$MS_w = SS_w \div df_w \\ = 4976526458.674 \div 105 \\ = 47395490.083$$

表 10. 基地保水之變異數分析
Table 10. ANOVA analysis of on-site water retention.

變數	來源	Sum of Squares 離均差平方和	df 自由度	Mean Square 平均平方和	F F 檢定	Sig. 顯著性
λ 值	Between Groups (組間)	0.007	3	0.002	0.111	0.954
	Within Groups (組內)	2.959	140	0.021		
	Total (全體)	2.966	143			
Q' 值	Between Groups (組間)	7451.371	2	3725.686	0.000	1.000
	Within Groups (組內)	4976526458.674	105	47395490.083		
	Total (全體)	4976533910.045	107			

$$F \text{ 值} = MS_b \div MS_w \\ = 3725.686 \div 47395490.083 = 0.000$$

依上式計算，F 值並未達顯著水準 (F 值 = 0.000, $p = 0.954 > 0.05$)，因而須接受虛無假設。表示不同年度，其 Q 值沒有顯著差異存在。

4. 多重事後比較法 (Post Hoc Test)

Post Hoc 檢定的方法有許多種，可以依照資料的特性選定一種事後比較法來加以探究。本文採用了 Tukey HSD、Scheffe 與 Duncan 三種方法來進行研究。使用多種比較法的目的，是為了可以確保不犯第一類型錯誤，同時又擁有最大的統計考驗力。

(1) Tukey HSD 法 (T 法)

Tukey HSD 法是使用相當普遍的事後比較法之一，不但適用於雙尾檢定，也適用於等組的情況。此法被稱為「最實在性顯著差異考驗法」(honestly significant difference)，採取成對組一一進行比較，可控制整體的 α 值 (第一類型錯誤) 為 0.5。而當比較的組數較多時，因 T 法較為敏感，易偵測出個別差異性。

(2) Scheffe 法 (S 法)

上述 T 法只適合成對比較，但 Scheffe 法就適用於任何非成對或成對的比較，亦可同時建立信賴區間，適用於不等組的情況，但各組變異數必須相等。

當各組人數不相等或想進行複雜比較時，則使用 S 法較具強韌性，且它也可以控制整體的 α 值為 0.5。此外，由於 S 法提供水準保護而顯得較保守，因而有時變異數分析之 F 值達到顯著 (在 0.05 附近)，但事後比較卻沒有發現有任何兩組的平均數達顯著差異。

因此，S 法所犯第一類型錯誤的機率較低，但是對資料分配違反常態性與變異數同質性兩項假定，有時較不敏感。就整體而言，S 法是所有方法中「最嚴格，但檢定力最低」的方法 (吳明隆等，2005)。

(3) Duncan 法

Duncan 法是一種適用於成對的、等組的、變異數同質性的事後比較法。它由平均數差異最大的那一對開始比較起，若差異顯著，則一直進行至差異最小的那一對才停止。

它最特別的地方是不同的等級採用不同的顯著水準，如 $r=5, \alpha=0.186$; $r=4, \alpha=0.143$; $r=3, \alpha=0.098$; $r=2, \alpha=0.05$ 。可見當有三組時， α 可高達 0.098，這對組數大於 3 而言，並不是一個適當的比較法，會使較多對平均數差異達顯著水準 (吳明隆等，2005)。

在本研究中，我們以四個年度的 λ 值與 Q' 值來做事後比較法，但在 1999 年中並無 Q' 值之定義，正因 1999 年這一組別的觀察值少於兩個，所以沒有執行它的 Post Hoc 檢定。

表 11 為 Tukey HSD 和 Scheffe 法的比較，從表中我們可以看出是以兩兩配對的方式進行比較。由表可知，四個版本中不管使用 Tukey HSD 或 Scheffe， λ 值的整體 F 考驗均未達顯著水準，且兩兩比較後的顯著性皆大於 0.05，因而其事後比較也不會出現配對二組間有顯著差異的情形。這樣的結果以統計觀點而言，顯示每次改版均無差異性存在。

雖然使用 Tukey HSD 和 Scheffe 兩種方法比較的結果相同，但就嚴格度而言，顯見 Scheffe 法是較難達到 0.05 的顯著水準。

由表 11 可知，四年度的值均未達顯著差異，亦即四次版本並無差異性存在。經兩兩版本相互比較後，除了 1999 年版的 λ 值和其它版稍有差異外，其他年版兩兩比較後，顯著性皆高達 1，呈現出高度相似的結果。

5. 同質子集 (Homogeneous Subsets)

在多重比較中，若出現兩兩有顯著差異時，則在同質子集表中將會出現大於一群子集的數值；若兩兩無顯著差異時，則皆屬同一群子集。由同質子集表中可輕易區分出兩兩之間的關係，劃分出誰與誰是屬於同一個

表 11. 基地保水指標 λ 值之多重比較

Table 11. Post hoc tests of on-site water retention indicator (λ).

比較法	(I) 年度	(J) 年度	Mean Difference (I-J) 平均差異	Std. Error 標準誤	Sig. 顯著性	95% Confidence Interval 95% 信賴區間	
						Lower	Upper
						Tukey HSD	1999
2003	0.0158583	0.0342685	0.967	-0.073245	0.104962		
2005	0.0161861	0.0342685	0.965	-0.072917	0.105289		
2001	1999	-0.0163667	0.0342685	0.964	-0.105470		0.072737
	2003	-0.0005083	0.0342685	1.000	-0.089612		0.088595
	2005	-0.0001806	0.0342685	1.000	-0.089284		0.088923
2003	1999	-0.0158583	0.0342685	0.967	-0.104962		0.073245
	2001	0.0005083	0.0342685	1.000	-0.088595		0.089612
	2005	0.0003278	0.0342685	1.000	-0.088776		0.089431
2005	1999	-0.0161861	0.0342685	0.965	-0.105289		0.072917
	2001	0.0001806	0.0342685	1.000	-0.089284		0.089284
	2003	-0.0003278	0.0342685	1.000	-0.089431		0.088776
Scheffe	1999	2001	0.0163667	0.0342685	0.973	-0.080606	0.113340
		2003	0.0158583	0.0342685	0.975	-0.081115	0.112831
		2005	0.0161861	0.0342685	0.974	-0.080787	0.113159
	2001	1999	-0.0163667	0.0342685	0.973	-0.113340	0.080606
		2003	-0.0005083	0.0342685	1.000	-0.097481	0.096465
		2005	-0.0001806	0.0342685	1.000	-0.097153	0.096792
	2003	1999	-0.0158583	0.0342685	0.975	-0.112831	0.081115
		2001	0.0005083	0.0342685	1.000	-0.096465	0.097481
		2005	0.0003278	0.0342685	1.000	-0.096645	0.097301
	2005	1999	-0.0161861	0.0342685	0.974	-0.113159	0.080787
		2001	0.0001806	0.0342685	1.000	-0.096792	0.097153
		2003	-0.0003278	0.0342685	1.000	-0.097301	0.096645

子集，或具有幾個不同的子集。

表 12 為 λ 值事後比較之同質子集，第一欄表示多重比較方法，有 Tukey HSD、Scheffe 和 Duncan 三種；第二欄為改版年度；第三欄表示樣本的個數共 36 個；第四欄表示四個版本計算出 λ 的平均值，由小排到大，結果顯示，2001 年版最小、1999 年版最大，這樣的結果與圖 2 呈現出來的趨勢不謀而合。

表 12 中 Tukey HSD、Scheffe 和 Duncan 法均顯示四個平均數為同一群，表示四組平

均數的差異甚為接近。由三種方法的顯著性考驗來看，Scheffe 法最嚴格，而 Duncan 法最寬鬆。Duncan 法的顯著性只有 0.67，與其他兩者相差甚多，印證前述所說，亦即當比較組數大於 3 時，這並不是一個適當的比較法，因為會讓較多對的平均數差異達到顯著水準。

(三) 基地保水單變量變異數分析

1. 單因子變異數與單變量變異數分析的區別
在單因子變異數分析中，限定只有一個

表 12. λ 值之同質子集
Table 12. Homogeneous subsets of λ .

比較法	年度	N 個數 ^a	Subset for $\alpha=0.05$ $\alpha=0.05$ 的子集 ^b
			1
Tukey HSD	2001	36	0.332833
	2005	36	0.333014
	2003	36	0.333342
	1999	36	0.349200
	顯著性		0.964
Duncan	2001	36	0.332833
	2005	36	0.333014
	2003	36	0.333342
	1999	36	0.349200
	顯著性		0.670
Scheffe	2001	36	0.332833
	2005	36	0.333014
	2003	36	0.333342
	1999	36	0.349200
	顯著性		0.973

^a：使用調和平均數樣本大小。

^b：顯示同質子集中組別的平均數。

因子（年度），但是依變數可以選擇多個（ λ 值和 Q' 值）同時去作分析。至於在單變量變異數分析中，則是因子不限定，而資料中若有多個因子可同時對單變量作分析時，擇一（ λ 值或 Q' 值）進行。

在做單因子變異數分析時， Q' 值中因 1999 年這一組別的觀察值少於兩個（1999 年並無 Q' 值之定義），所以沒有執行它的 Post Hoc 檢定。因此，進行單變量變異數分析，將可彌補在執行 ANOVA 時 Q' 值沒辦法執行的 Post Hoc 檢定。

2. Q' 值多重事後比較法

表 13 中顯示三次改版的 Q' 值並未達顯著差異，其顯著性皆為 1，呈現出高度相關性。

3. 同質子集 (Homogeneous Subsets)

表 14 為 Q' 值事後比較之同質子集，Tukey HSD、Scheffe 和 Duncan 三法顯示其平

均數皆為同一群，亦即三組平均數的差異甚為接近，而顯著性考驗中又以 Duncan 最為寬鬆。

(四) 綜合比較分析

在前述的公式比較中，我們可以看出除 1999 年版外，其他版本的公式較為相似。至於細部的各種保水設計之計算，則以特殊保水設計較為不同，其中，前兩次的版本為了要鼓勵學校的參與，採取了較為寬鬆的合格標準，因此，前兩次的版本達到合格的比率較高。

在統計分析方面，不論是採取單因子變異數分析或單變量變異數分析， λ 值和 Q' 值所得到的結果均為沒有顯著差異。本研究呈現出這樣的結果，主要是因所使用的原始資料只有常用的保水設計——裸露地、透水鋪面、人工地盤等三項，其餘特殊保水設計並沒有資料。而四次版本中常用保水設計修改的部分並不多，因而導致統計分析結果呈現出四次改版並無顯著差異的結果。

結 論

本研究針對 1999、2001、2003 和 2005 年四個版本的基地保水評估指標來做分析，並利用王希智 (2002) 所調查的新竹市 36 所國中小的資料來分析改版是否具有差異性存在，所得的結論如下所述：

一、基地保水指標評估方法之比較

1. 1999 年版評估僅限於粉土土質，2001 年版後則擴大，將其他所有土質納入評估。
2. 對於黏土層由原本放棄到鼓勵其施行特殊保水設計，具有實質提升地球保水能力的意義，尚有保水觀念進步與推廣的意義存在。
3. 1999 年版評估指標計算公式為簡化式，2001 年版後大幅修正，導入滲透係數，並定義最大降雨延時之基準值，較符合實際土壤的保水狀況。若未來改版之際能改採全國平均降雨延時，會較具公平性。

表 13. Q' 值之多重比較
Table 13. Post hoc tests of Q'.

比較法	(I) 年度	(J) 年度	Mean Difference (I-J) 平均差異	Std. Error 標準誤	Sig. 顯著性	95% Confidence Interval 95% 信賴區間	
						Lower	Upper
Tukey HSD	2001	2003	-20.1178	1622.6777	1.000	-3877.8803	3837.6448
		2005	-7.4264	1622.6777	1.000	-3865.1889	3850.3362
	2003	2001	20.1178	1622.6777	1.000	-3837.6448	3877.8803
		2005	12.6914	1622.6777	1.000	-3845.0712	3870.4539
	2005	2001	7.4264	1622.6777	1.000	-3850.3362	3865.1889
		2003	-12.6914	1622.6777	1.000	-3870.4539	3845.0712
Scheffe	2001	2003	-20.1178	1622.6777	1.000	-4049.3620	4009.1265
		2005	-7.4264	1622.6777	1.000	-4036.6706	4021.8178
	2003	2001	20.1178	1622.6777	1.000	-4009.1265	4049.3620
		2005	12.6914	1622.6777	1.000	-4016.5528	4041.9356
	2005	2001	7.4264	1622.6777	1.000	-4021.8178	4036.6706
		2003	-12.6914	1622.6777	1.000	-4041.9356	4016.5528

註：表中的數值以觀察的平均值為基礎。

表 14. Q' 值之同質子集
Table 14. Homogeneous subsets of Q'.

比較法	年度	N 個數 ^a	Subset for $\alpha=0.05$ $\alpha=0.05$ 的子集 ^b
			1
Tukey HSD	2001	36	12520.9122
	2005	36	12528.3386
	2003	36	12541.0300
	顯著性		1.000
Duncan	2001	36	12520.9122
	2005	36	12528.3386
	2003	36	12541.0300
	顯著性		0.991
Scheffe	2001	36	12520.9122
	2005	36	12528.3386
	2003	36	12541.0300
	顯著性		1.000

^a：使用調和平均數樣本大小。

^b：顯示同質子集中組別的平均數。

4. 當 k 值越小時，所得之 λ 值會越不利。只要是黏土性土質，使用一般保水設計是很難通過基地保水指標，因此，若要改善保

水狀況，得增加許多特殊保水設計。但由於經費的限制，被迫放棄增加特殊保水設計；更甚者，是根本放棄在這項指標上的努力。

5. 評估公式中，各年版定義之 r 值稍有不同，但 λc 值並無差異。只是 2003 和 2005 年版規定校園評估 λc 值採 0.5；1999 和 2001 年版若以法定建蔽率 0.5 或 0.4 計算，則得 λc 值為 0.4 或 0.48，可知校園綠建築推動初期評估基準較為寬鬆。此外，基地總面積 (A_0) 在 2005 年版中亦提出基地範圍與基地之原則的補充規定。
6. 1999 年版採計裸露土地、透水鋪面、貯留滲透設計、花園雨水截留設計四項保水設計手法。2001 年版中為了加廣評估範圍，增加了地下礫石滲透貯留、滲透排水管、滲透陰井、滲透側溝等四項。2003 年版以後，為避免遺漏，則增列「由設計者提出設計圖與計算說明並經由委員會認定後採用之其他保水設計手法」。
7. 2003 年版將「裸露土地」保水設計更名為

- 「綠地、被覆地、草溝」保水設計。排除堅硬的直接裸露地面，因長期重壓而使土質堅硬之地面因透水性變差，應將之視同不透水地面來評估。
- 1999 年版公式最簡化；2001 年版計算值最不利，僅定為 $Q_2 = A_2 \cdot k \cdot t$ ；2003 年版計算值對被評估者最有利，定為 $Q_2 = A_2 \cdot k \cdot t + 0.15 \cdot h \cdot A_2$ ；2005 年版再修正係數改為 $Q_2 = A_2 \cdot k \cdot t + 0.1 \cdot h \cdot A_2$ 。
 - 公式比較中，1999 年的公式與其他版本較為簡化；至於細部的各種保水設計之計算，只有在透水鋪面有所變動；而前兩次的版本爲了要鼓勵學校參與，因此採取較為寬鬆的合格標準，致使前兩次版本達到合格的比率較高。
- ## 二、新竹市 36 所國中小之統計分析
- 1999 年版並無 Q' 值的定義，其他三次改版的 Q' 平均值分別爲 12520.91、12541.03 和 12528.34，而四次 λ 的平均值則分別爲 0.3487、0.3328、0.3333 和 0.3330。
 - 四次版本的合格率分別爲 44.44、41.67、8.33 和 8.33%，逐年遞減，有越嚴格之趨勢。
 - 對 Q' 值而言，全部有效的觀察值爲 108 個，總平均爲 12530.09，總標準差爲 6819.80，總平均數的估計標準誤爲 656.24。三組 95%信賴區間估計值分別爲 [10199.38, 14842.45]、[10206.43, 14875.63] 和 [10196.42, 14860.26]，且三組皆包含總平均數 12530.09 這個點，因而要接受虛無假設，表示三次改版並無差異。
 - 就「 λ 值」而言，全部有效的觀察值爲 144 個，總平均爲 0.3371，總標準差爲 0.1440，總平均數的估計標準誤爲 0.012。四組 95%信賴區間估計值分別爲 [0.30, 0.40]、[0.28, 0.38]、[0.29, 0.38]、[0.28, 0.38]，四組皆包含總平均數 0.3371 這個點，因而要接受虛無假設，表示四次改版並無差異。
 - 2001、2003、2005 年版 Q' 值的最大與最小值並無變動，表示 Q' 的計算方式在這三次改版中變動不大。
 - 1999、2001、2003 與 2005 年版的 λ 值之最大與最小值有所改變，表示 λ 的計算方式在這三次改版有所變動。
 - Q' 值的最大、最小值學校和 λ 值並不相同，原因在於影響 λ 值的因素除了 Q' 值外，尚有原基地的保水量會影響之。
 - 樣本採普查，通過四個變異數假設檢定。
 - λ 值之 F 值等於 0.027， $p=0.994 > 0.05$ ；Q' 值之 F 值等於 0.001， $p=0.999 > 0.05$ ，表示他們都沒有違反變異數同質性的檢定。
 - 在變異數分析摘要表中， λ 之 F 值未達顯著水準 (F 值=0.111； $p=1.000 > 0.05$)，因而須接受虛無假設，表示在不同年度，其 λ 值沒有顯著差異存在。Q' 之 F 值亦未達顯著水準 (F 值=0.000； $p=0.954 > 0.05$)，必須接受虛無假設，表示不同年度，其 Q' 值沒有顯著差異存在。
 - Q' 值中因 1999 年這一組別的觀察值少於兩個 (1999 年並無 Q' 值之定義)，所以沒有執行它的 Post Hoc 檢定。
 - Tukey HSD、Scheffé 和 Duncan 三法顯示四個平均數爲同一群，而就三法顯著性考驗來看，Duncan 最爲寬鬆，Scheffé 最爲嚴格，而 Tukey HSD 最爲實在。
 - 利用單變量變異數分析來進行 Q' 值的 Post Hoc 檢定，結果顯示改版無顯著差異。
 - 統計分析方面， λ 和 Q' 值所得的結果皆沒有顯著差異。主因在於所使用的原始資料只有常用保水設計中裸露地、透水鋪面、人工地盤等三項，其餘特殊保水設計並沒有資料。因四次版本中常用保水設計修改部分並不多，故導致統計分析結果呈現出四次改版並無顯著差異的結果。

參考文獻

1. 王希智 (2002),「綠建築中綠化及基地保水評估指標於國民中小學校園之應用—以新竹市為例」,逢甲大學建築及都市計畫碩士班碩士論文, pp.44~47 & 149~184。
2. 吳明隆、涂金堂 (2005)「SPSS 與統計應用分析」,五南圖書出版有限公司, pp.383、388、390。
3. 林傑斌、陳湘、劉明德 (2002),「SPSS11 統計分析實務設計寶典」, pp.346。
4. 林憲德主編 (1999),「綠建築解說與評估手冊」,內政部建築研究所, pp.12、26 & 43~51 & 勘誤總表 pp.4。
5. 林憲德主編 (2000),「綠建築解說與評估手冊—2001年更新版」,內政部建築研究所, pp.12、28 & 40~45。
6. 林憲德 (2002),「國民中小學綠建築設計手冊」,內政部建築研究所。
7. 林憲德主編 (2003),「綠建築解說與評估手冊—2003年更新版」,內政部建築研究所, pp.17~18 & 45-52。
8. 林憲德主編 (2005),「綠建築解說與評估手冊—2005年更新版」,內政部建築研究所, pp.17~19 & 61~70。
9. SAS 商業軟體應用 (二) (2004),網址：<http://webclass.ncu.edu.tw/~tang0>。
10. The Habitat Agenda (2005),網址：<http://www.unhabitat.org/unchs/english/hagenda>

94年10月19日 收稿

94年11月23日 修改

94年12月07日 接受