

Green Campus

綠色校園建設參考手冊

綠色校園建設參考手冊

Design Manual for Green Campus Construction

綠色校園建設參考手冊

Design Manual for Green Campus Construction



內政部建築研究所 發行

ISBN : 978-986-03-3199-8



9 789860 331998

GPN : 1010101562

定價：新台幣300元整

內政部建築研究所 發行

綠色校園建設參考手冊

Design Manual for **Green Campus Construction**

發行人：何明錦

編輯委員：林憲德、曾俊達、
劉木賢、劉啓明、
張從怡、黃光佑、
江冠霖、黃彥璋、
吳柏駿、周知言、
鄭巧欣、翁以欣。

內政部建築研究所 發行

序

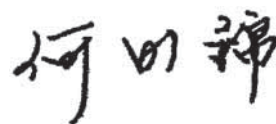
1980 年世界自然保護組織（IUCN）首次提出「永續發展 Sustainable Development」口號以來，「地球永續發展」已成為人類的共同使命。1996 年我國行政院成立「永續發展委員會」，誓言善盡國際環保職責。教育部為了達成永續發展的目標，2002 年在行政院「挑戰 2008 一六年國家重點發展計畫」下，開始啟動「永續校園推廣計畫」，其中在硬體建設方面含括「生態校園環境」以及「綠色建築技術」兩大項目。同年開始推動的「永續校園局部改造計畫」，至今全國已有 839 校次獲得補助計畫，並陸續完成輝煌的環境改造成果，不但成就了我國永續校園之典範，也為我國立下綠色學校教育的基礎。

永續校園的另一重大影響，在於本部的「綠建築政策」。1999 年本所出版「綠建築解說與評估手冊」，並建立「綠建築標章制度」以來，我國的綠建築政策成就有目共睹。尤其行政院自 2003 年起開始強制新建學校校舍必須取得「綠建築標章」之認證，讓我國的綠色學校政策得以從興建階段打下永續發展的基礎。如今全國已經有許多具有黃金級、鑽石級綠建築標章認證的綠色學校，供國內外研究者與學子參觀學習，對地球環保教育有實質助益。

就實質綠色學校的硬體營造而言，教育部的「永續校園局部改造計畫」以及「既有校舍改造」與本部的「綠建築政策」，分屬新、舊校園的硬體營造，可說是非常良好的互補角色。2012 年本部發展完成「綠建築家族制度」，其中 EEWB-BC（基本版）與 EEWB-RN（舊建築改善版）之評估系統，可分別對新、舊校園的環境營造效益提供科學、合理、量化的評估依據，以更客觀掌握綠色學校由新至舊之全生命週期環境效益。若能善用此系統的功能，發揮過去兩部會在永續校園營造之優異成就，讓永續校園營造計畫與綠建築認證系統正式接軌，可能是落實永續校園政策的最佳契機。

基於輔佐教育部永續校園計畫的立場，承襲教育部與本部過去在綠色學校政策的成就，「綠色校園建設參考手冊」以 EEWB-BC 與 EEWB-RN 等量化評估系統為平台，提供國民中、小學於綠色校園建設在營建行政與環境效益上之參考。手冊可同時適用於新學校建設及舊學校節能減碳改善工程，內容分：綠色校園導論、綠色校園營建行政、綠色校園設計技術、舊校園綠色改造技術及綠色校園案例分享等。手冊以圖文及照片實例方式提供科學量化之參考外，更適合學校營造行政以及學校設計監造、營造施工之參考，不僅是為建築師與工程人員而寫，亦是為了教育主管與營建行政人員而寫的參考手冊，若能有助於我國永續校園政策之推廣，甚感榮幸。

內政部建築研究所 所長



謹誌

2012 年 9 月

目錄

序

第一章	綠色校園導論.....	5
1. 前言.....		6
1-1 何謂綠色校園?.....		6
1-2 綠色校園會不會更貴?.....		7
1-3 「建校容易，養校難」的課題（生命週期觀點）.....		8
1-4 人人可理解的「校園節能」.....		12
1-5 人人可理解的「校園生態」.....		14
第二章	綠色校園營建行政.....	17
2-1 綠色校園的行政管理.....		18
2-2 善用綠建築標章為綠色校園把關.....		18
2-3 理想中的「校園整體規劃」.....		21
2-4 如何擬定「學校建置計畫書」?.....		23
2-5 如何編列合理預算?.....		30
2-6 如何執行優質的勞務採購?.....		33
第三章	綠色校園設計技術.....	37
3-0 前言.....		38
3-1 校園配置.....		39
3-2 校舍平面計畫.....		41
3-3 校班群教學與學習角空間.....		42
3-4 走廊與外遮陽設計.....		43
3-5 屋頂隔熱.....		45
3-6 教室與辦公室的綠建築設計.....		47
3-7 圖書館的綠建築設計.....		49
3-8 體育館或集會堂的綠建築設計.....		50
3-9 使用再生建材.....		52
3-10 生態綠化.....		53
3-11 室內裝修.....		57

3-12 廚房（污水處理）與廚餘垃圾處理.....	59
3-13 戶外停車場.....	61
3-14 地下室通風採光設計.....	62
3-15 垃圾處理場.....	63
3-16 操場與跑道.....	65
3-17 步道與廣場.....	67
3-18 室外照明.....	69
3-19 溪流水岸.....	72
3-20 景觀水池與生態池.....	73
3-21 生態圍籬與生態坡坎.....	75
3-22 生態農場.....	76
3-23 節水.....	79
3-24 再生能源.....	80
 第四章 舊校園綠色改造技術.....	 83
4-1 舊校園的生態改造.....	84
4-2 舊校園的節能改造.....	93
4-3 舊校園的減廢改造.....	97
4-4 舊校園的健康改造.....	99
4-5 舊校園綠色改造的環境效益評估.....	100
4-6 EEWH-RN標章的評估認證.....	103
 第五章 綠色校園案例分享.....	 105
5-1 新北市龍埔國民小學(黃金級).....	107
5-2 宜蘭市凱旋國民中學 (鑽石級).....	113
5-3 南投縣內湖國民小學.....	119
5-4 臺中市中科實驗中學 (鑽石級).....	125
5-5 高雄市紅毛港國民小學 (鑽石級).....	131

第一章 綠色校園導論

1. 前言

1-1 何謂綠色校園？

本手冊所謂的「綠色校園」，專指為了打造學校成為環境教育基地所必要的學校硬體建設，亦即為了實現地球永續、環境友善之綠色學校所需要的校園營造工程。本書取名為「綠色校園建設參考手冊」之目的，在於提供國內外最新綠色校園的設計理念與營建技術資訊，同時提供包括教育行政與工程實務方面，符合生態環境效益之新舊校園營造方法，以協助學校有效落實「永續校園」的理想。

世界各國在推動綠色學校計畫中有兩種層面，其一是針對某單一重點來推動生態改造工程，其二則推動多層面的綠色學校計畫。單一生態改造工程為導向的實例，例如美國能源機構的綠色學校計畫，則鼓勵學校進行節約能源的硬體改善與節能相關教學活動(Alliance to Save Energy)；又如日本文部科學省與經濟通產省的綠色學校計畫，則甄選示範綠色學校，進行太陽能系統、風力發電、生態綠化、中水系統、外殼節能改善等改造工程。另一方面，推動多層面綠色學校計畫的實例，則有歐洲的生態學校、加拿大的種子學校及臺灣的綠色學校計畫。其計畫按學校的需求來決定生態改造與生態教育的方向，甚至制訂綠色學校的審核認證方法，以鼓勵各校參加綠色學校計畫。例如，加拿大的種子學校計畫與臺灣的綠色學校伙伴網站計畫，將認同理念、參與改善的學校，稱之為種子學校 (Society, Environment & Energy Development Studies (SEEDS) Foundation) 或綠色學校的伙伴。

學校的生態環境教育在歐洲最有名的計畫稱之為「綠色學校計畫Eco-School Program」，在臺灣教育部從1999年起亦推動所謂的「綠色學校計畫」。綠色學校內涵包括一、學校環境政策與管理，二、學校校園規劃，三、綠色生活，四、環境教學等四部份，其內容可歸納為環境建設的「硬體」部分以及環境教育的「軟體」兩部分。教育部所推動的「永續校園」為涵蓋「硬體」與「軟體」兩部分，屬於較周全的綠色學校政策，但本「綠色校園建設指南」只是基於內政部營建政策的立場，提供教育行政人員與工程營造人員對於「永續校園」硬體建設之參考，對於其他「環境教育軟體」部分，則請參考教育部其他資料。

「綠色校園」之硬體建設，可分為新建工程與舊工程改造兩方面，這兩者在環境品質上有不同的投資效益。所謂「預防重於治療」，必須由校地選址、校園規劃，空間配置、建築設計、施工監造乃至管理維護等階段全面投入綠色管理，尤其要整合教育主管、營建行政、設計施工對綠色內涵之共識，才能有效達成綠色學校的環境效益。有

鑑於此，本手冊藉助本部最新評估體系，亦即現行的EEWH-BC（適用於新校園建設）與EEWH-RN（適用於舊校園改善）兩系統，希望能藉此明示永續校園的整體環境效益的方針，並整合學校營建行政與工程實務雙方對綠色校園建設之共識，以有效掌握綠色學校的硬體營造。

1-2 綠色校園會不會更貴？

「綠色校園」之硬體建設，可分為新建工程與舊工程改造兩方面，這兩者在環境品質上有不同的投資效益。所謂「預防重於治療」，必須由校地選址、校園規劃，空間配置、建築設計、施工監造乃至管理維護等階段全面投入綠色管理，尤其要整合教育主管、營建行政、設計施工對綠色內涵之共識，才能有效達成綠色學校的環境效益。

有鑑於此，本手冊藉助內政部最新評估體系，亦即現行的EEWH-BC（適用於新校園建設）與EEWH-RN（適用於舊校園改善）兩系統，希望能藉此明示永續校園的整體環境效益的方針，並整合學校營建行政與工程實務雙方對綠色校園建設之共識，以有效掌握綠色學校的硬體營造品質與成本控制。

綠建築是不是更貴？打造綠色校園會不會增加預算？這是許多人常有的疑問，2003年獲得鑽石級綠建築標章認證的臺南市億載國小，每坪造價只有4.2萬元；2010年獲得鑽石級綠建築標章認證的高雄市前鋒國中，因物價上漲之故，每坪造價只有5.8萬元，在當時都是一般的造價成本，相較之下，也有造價兩倍的小學連合格級認證也通不過的案例。因此，所謂綠建築更貴，甚至會排擠預算的說法，根本是以訛傳訛的偏見。事實上造成許多校方行政人員，甚至是建築專業者、工程顧問長期的困惑。





圖1.b 高雄市岡山區前峰國中

綠建築或綠色校園，是否需裝設太陽光電或中水系統等設備才是環保？好的廚師不必使用山珍海味，只要以一般當季便宜食材即可做出好吃又健康的美食。綠建築是「因地制宜、夠用就好」的哲學，是強調自然採光通風、簡單樸實的環境效率設計，絕對不會過份要求設備而增加成本的。更精準的說，綠建築是合理的一般成本而已，說綠建築是更貴的想法，通常是對環境效益設計認識不足，或是過度崇尚浮華的心理作祟居多。於綠建築或綠色校園裝設太陽光電或中水系統等高貴的設備才是環保，或必須引入許多電腦自動控制才是時髦，都是不正確的思維。有許多建築師或顧問常告訴學校說：建造綠建築或綠色校園必須購買很多設備、必須增加許多成本，讓校方對綠建築認證望而生畏，甚至產生排斥感，是一項不正確的商業思維。

綠色校園之設計是否需要認證？取得綠建築標章是否必要？良好的綠建築設計可減少很多設備浪費、在日後又可節省龐大的維護成本，是十分值得的支出。當然，綠建築或綠色校園之設計與認證的推動，確實對設計者與標章認證申請者會增加一些創意心力與文書作業成本，但相對於工程造價所佔之比例甚微。唯有正式編列「綠建築標章」設計與認證所增加的工作成本，才是學校與政府必須正視幫地球母親療傷、幫學校把關，讓地球資源永續發展的一本萬利教育事業與無悔的投資。

1-3 以生命週期觀點正視「建校容易，養校難」的課題

建築生命週期，包括：建材生產、營建運輸、維護管理、修繕改建、拆除重建、廢棄物處理、廢棄物再利用等過程，校園的永續發展，必須認識所謂的生命週期評估（Life

Cycle Assessment)。通常我們所看到的學校興建工程只是冰山一角，而完工後的長期維護管理、修繕改建，佔有更重要的部分。所謂永續校園的生命週期觀點，亦須包括：由建材生產、營建運輸、維護管理、修繕改建、校舍拆解、廢棄物處理等過程來評估校園環境之整體影響。

根據國立成功大學建築研究所對1981~2001年臺北、臺中、臺南、高雄市建管單位拆除執照的調查中發現，在學校相關建築物的拆除年限中，教室的平均拆除年限為25.46年（樣本135棟，標準差10.12年），禮堂的平均拆除年限為29.4年（樣本5棟，標準差10.81年），圖書館的平均拆除年限為22.0年（樣本3棟，標準差9.54年），不同校園建築群之間的平均拆除年限差異不大。但這拆除年限並非其真正的壽命，因為這些已拆除樣本統計之外，還必須計入其他未拆除的樣本。根據死亡率分佈理論來修正後發現，在臺灣的校園建築物的平均壽命可能介於35至40年左右。

以40年生命週期的評估標準，解析小學教室與大學圖書館CO₂排放量之分佈。可發現校園建築在40年生命週期中，小學教室與大學圖書館在興建階段之建材生產與營建施工之CO₂排放量只佔9~36%，但在日常使用、修繕、更新、拆除階段之CO₂排放量，約佔生命週期總CO₂排放量的64%與91%。如圖1.1~1.2所示。

此分析說明了一項生命週期的原理：無論是低耗能的小學教室，或高耗能的大學圖書館，建築完工後40年生涯的環境衝擊，遠大於建築工程本身的環境衝擊。這35至40年的生命週期，意味著「建校一年，養校四十年」之現象，凸顯校園建築必須有長期維護管理的準備。長期維護管理意味著需要投入大量的維護成本，尤其打造高維護成本的高科技設備投資的校舍將造成不堪負擔的窘境。

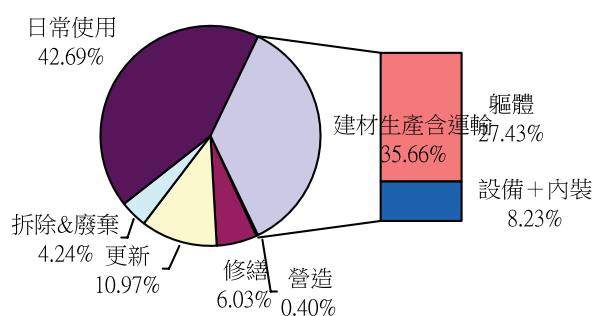


圖1.1 國小教室四十年生命週期 CO₂排放量統計

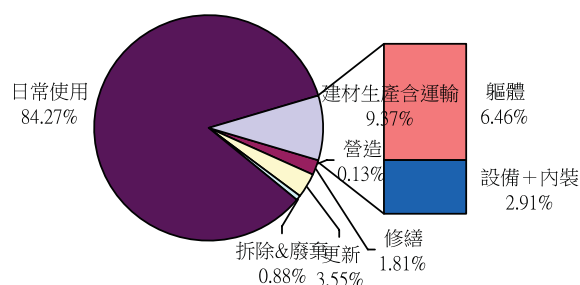


圖1.2 大學圖書館四十年生命週期CO₂排放量統計

圖1.3是國立成功大學建築研究所關於臺南21所國小舊校舍維修整建費用暴增現象調查，其中統計了校舍屋齡對於花費於新建校舍的費用與舊校舍的維修整建費用之關係，由此可發現，每年之維修整建費用自從完工之日起即直線上升，到了完工25年後即超越了新建費用之平均分擔成本，當屋齡到達50~60年之後不拆除的話，其高漲的維修成本讓生命週期的成本上升，已經是不符經濟原則了（拆比保存更環保）。

以上分析帶給我們一個「建校容易，養校難」的教訓。所謂「養校難」並不只在整建維修上，在空調照明的經常支出，也是一大負擔。例如，在自然通風採光充足的教室的年耗電密度只有16 kWh/ (m².yr)，其維護成本尚稱低廉，但中央空調型的圖書館的年耗電密度為171 kWh/ (m².yr)，兩者相差約11倍，其維護成本也是高達十倍之多。由表1.1所示各級學校用電的統計調查可知，我國大專院校平均用電密度為110 kWh/ (m².yr)，其他由高中、國中小依次降低。大專院校平均用電密度約為高中、國中平均值之5.2倍，為國小之6.8倍。國中小用電量偏低之現象，乃是其空調設備與e化設備偏低之故。

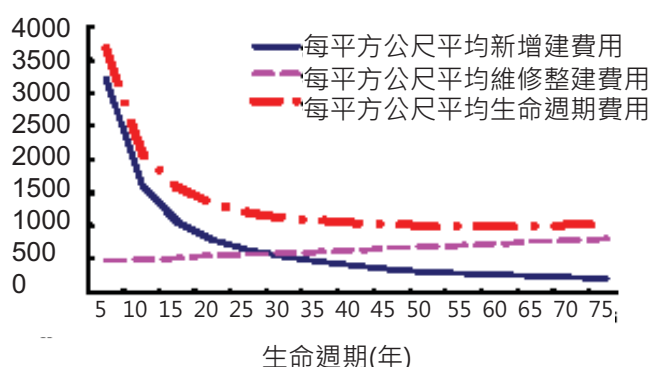


圖1.3 某國小新建費用分擔成本與維修整建成本之變化

	地點或建築別 (樣本數、說明)	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	全年
大學	8所公私立大學總平均	6.3	5.6	7.8	8.7	11.3	11.8	9.6	9.2	10.1	11.0	9.9	8.8	110.0
高中	臺北市 (16)	1.6	1.6	0.9	1.7	1.8	2.4	2.3	1.7	1.8	2.6	2.3	1.9	22.8
國中	臺北市 (62)	1.1	1.6	2.1	1.8	2.1	1.7	1.4	1.3	1.8	1.7	1.9	2.1	20.4
	臺中市 (18)	1.6	1.4	1.7	1.8	2.2	2.3	1.7	1.6	2.1	2.0	1.9	1.7	22.0
國小	臺北市 (77)	1.3	1.2	1.0	1.2	1.4	1.6	1.3	0.9	1.1	1.5	1.4	1.4	15.3
	臺中市 (48)	1.3	1.2	1.4	1.5	1.7	1.7	1.2	1.2	1.6	1.7	1.6	1.4	17.4

以上數據皆以總樓地板面積作為計算依據；月單位為kWh/(m².month)；年單位為kWh/ (m².yr)

表1.1 各類學校建築耗電密度統計表

我國大專院校校舍大多設有空調設備，但現在國中的辦公空間尚有一成無空調設備，國小的辦公空間則有五成未裝設冷氣設備。另外國中小教室現在幾乎只設電風扇而不設空調設備，唯有電腦教室與視聽教室大部分才設有空調設備。這不只是硬體投資的問題，即使國中小學校裝上空調設備也用不起，因為教育當局並不編列經常費來應付空調支出，有些學校甚至由家長會來幫忙支付空調電費。一般國中小學的活動中心，雖然均設有簡陋而耗電的空調設備，但因缺乏經常維護費用而儘量不開空調，甚至常造成空調設備故障而廢棄之窘狀，養校之難由此可見一般。今後，空調設備勢必日益擴大，養校之難也勢必日益嚴重。

有時建築設計不良，會間接造成空調照明費用急遽上升，而蠶食學校有限的維護經費。例如，有些開放學校的設計為了增加班群空間、學習角，使得校舍空間深度擴大，造成通風不良的現象。有些設計甚至在開窗面設立獨立隔間的教師空間、遊戲室、套房廁所，使得通風採光面積減少，而威脅教學舒適環境。例如臺北市某一開放小學，將班級單元做成十分深邃的平面，其教室面積高達100.8m²，有效開窗面積僅為15.26m²，小於法定之20.16m²（建築技術規則規定學校採光面積不得小於樓地板面積五分之一），使其通風不良而空調照明耗能暴漲。

由於開放小學普遍增加了複合空間之故，常使通風採光比一般小學更惡化，因而不得不依賴空調以補通風不良，同時因為e化設備較多之故，因而使其耗電量與經常維護費暴增。本團隊過去曾調查六所開放小學之用電發現，其單位面積與單位學生之平均用電密度，為一般小學之1.4至3.0倍（表1.2），在在顯示了硬體設備越多，設計越複雜的學校越是「難養」之現象。

過份設備以及複雜的設計均是造成「養校難」的主因。綠色校園節能設計的第一步，必先量入為出，以適當規模、適當需求來開發，尤其應避免「中央空調化」以及「過份電子設備化」之發展。綠色校園應該在規劃設計初期，謹慎考量修繕維護之負擔，避免過大建設，甚至迷信高科技設備，以免落入虛華無實的設計，以免在日後漫長生命週期之中，引來被暴漲維護費壓垮的危機。

統計樣本	每生樓地板面積 (m ² /人)	樓地板用電密度 (kWh/m ²)	每生用電密度 (kWh/人)
臺中臺南市83所國中小學 (2002)	10.3 (100%)	16.5 (100%)	162.3 (100%)
臺北高雄市六所開放式小學 (2003)	23 (223%)	23 (139%)	493 (304%)

表1.2 一般小學與開放小學之用電密度統計（林憲德，2004）

1-4 人人可理解的「校園節能」

現在學校對於節能減碳教育，最大的盲點在於「迷信科技萬能」，忽略身體力行的儉樸生活，而一味期待投資高科技的硬體設備來節能。許多媒體，甚至專家顧問，大量在學校建設中鼓吹太陽光電、風力發電、中水利用設備、智慧電網、能源自動控制系統等又酷又炫的高科技設備，讓學校行政人員十分疑惑且窮於找錢來應付。但這些高科技設備既貴又脆弱，維護成本又高，通常沒幾年就故障頻傳，甚至廢棄不用，很少有節能減碳的實質效果，最終將造成地球資源的大浪費。

本手冊所示的校園節能對策，講求實用的環境效益，絕不提倡昂貴而無效率的設備投資，而是鼓勵最不花錢的自然健康設計。在亞熱帶臺灣，自然通風採光與隔熱遮陽是最簡單又有效的節能手法，但現代建築設計卻常忽略之。本來充足的遮陽遮雨對策與良好的兩面開窗通風設計，就可達到舒適節能的校園設計，但單面採光、中間走廊、嚴重日曬之校舍，使學校的教育環境酷熱不堪，甚至仰賴空調設備而消耗大量能源。有些建築設計為了造型，將教室開窗配置於日曬嚴重的東西向，且做成無遮陽、無外走廊、大玻璃立面的設計，使之在大白天也必須拉上遮陽窗簾並全面點燈來上課。有些教室被設計成深邃的空間，使坐於兩邊之學生必須嚴重斜視黑板，飽受黑板反光之苦而傷害眼睛，甚至在白天必須全面點燈以消除眩光，因而嚴重浪費能源（圖1.4～1.6）。

尤其許多設計師常把學校設計當成個人表演，使學校風格越來越商業化，校園空間日趨密閉空調化，不但使學校教育環境健康受損，也使空調照明耗電暴漲。例如圖1.7所示某國中行政大樓，竟以密閉玻璃帷幕牆作為外觀，使此校舍必須長期依賴空調而活，因而嚴重浪費能源，但這學校在校園內設置太陽光電設備，還說是節能減碳，事實上都得不償失。



圖1.4 許多新校舍既無外遮陽又面對嚴重日曬，使教室在白天也必須全面拉窗簾點燈開空調上課



圖1.5 無外遮陽且東西曬的教室在白天拉窗簾點燈開空調上課的實況



圖1.6 許多新學校的教室短而深，使兩旁學生嚴重斜視而深受反光之苦，甚至在白天必須點燈以消除眩光



圖1.7 某國中行政大樓採玻璃帷幕牆設計而嚴重浪費空調能源



圖1.8 某私立大學圖書館採全玻璃設計，耗電量為鄰近大學圖書館的2.6倍

又如圖1.8所示，完全不顧臺灣熱濕氣候風土，把圖書館做成了寒帶國家的玻璃溫室造型，不但引來強光讓閱覽空間無法閱覽，且因日曬而造成嚴重浪費空調能源。其全年平均用電密度高達 $345\text{kWh}/(\text{m}^2.\text{yr})$ ，為鄰近某國立大學圖書館用電量的2.6倍，為臺灣一般大學圖書館的1.9倍，是項環境永續教育的負面教材。

以上案例均是又貴又耗能的錯誤設計，這種錯誤是缺乏綠建築常識與崇尚虛華競賽所造成，這些錯誤甚至出現在建築師與專家顧問中。學校有時也礙於學者專家的誤導，甚至礙於設計者的固執或公開評審制度之牽制而無可奈何。然而，要防止這些錯誤，最有效的方法莫過於求諸「綠建築標章」之把關，因為「綠建築標章」有嚴格的環境性能評估制度，只要從頭依循綠建築規範設計，即可掌握永續設計的大概，甚至可讓建造成本與維修成本大幅下降。

目前臺灣已經有許多經過綠建築標章認證的綠色校園設計，其中不乏又經濟、又美麗，又具環保教育的大作（圖1.9）。「綠色校園」強調的是「源頭整治」、「預防勝於治療」的對策，它們不必有昂貴的太陽能或中水系統，也不必投資虛榮的高科技設備，但卻具有真正節能減碳的實績，這才是帶給學子真正拯救地球的良方，這才是人人可理解的「校園節能」。



圖1.9 綠建築標章認證的綠色校園又美麗又實用

1-5人人可理解的「校園生態」

除了「節能減碳」之外，「綠色校園」最重要任務在於打造永續的「生態環境」。然而，有些學校因對生態的認識不足，或受到虛華人工造景的誘惑，對於校園生態環境的營造，常有捨近求遠、化簡為繁的現象。例如，有些學校用常花鉅資去打造一些水泥化、人工化的花園，也有學校喜歡打造假山假水、打造了一些水泥護岸、毫無水生植物的人工魚池（圖1.10~1.11），這些工程不但花費頗貴，且毫無生態價值，對學子也是錯誤的環境教育。

根據美國的資料，維護草坪所消耗的能源是灌木叢的4.8倍、樹林的4.6倍；在乾燥氣候下，維護草地所消耗的能源，分別是灌木叢的1.5倍、耐旱灌木叢的3.6倍、需水樹木的1.5倍、耐旱樹木的2.9倍。許多人誤以為草坪有光合作用及吸收二氧化碳的功能，但事實上並非如此。植物進行光合作用來固定碳素的機制，通常繫於葉面積與植物質量的成長。由於人工草坪一成長就立即被修剪，葉面積完全無增加機會，其白天光合作用所製造的氧氣，幾乎為其夜間呼吸作用所抵消，對固定空氣二氧化碳的功能完全喪失。

此外，維護草坪所耗費的能源，也遠比維護灌木叢或樹林來得高。喜好種植大片觀賞用的草花花圃與韓國草坪，將會扼殺了生物多樣化環境。許多人以為百花齊放的花圃與綠草如茵的人工草坪十分美麗，殊不知這些都是環境的殺手（圖1.12）。韓國草之類的人工草坪，不開花、不結果、沒有花蜜、沒有昆蟲藏匿，沒有鳥兒來覓食，不容許其他植物與之共生，需要廣施化肥與石灰，以及大量用水與人工照料，是一種最破壞生態的園藝型態。

許多人視常見的本土植物為賤，而以引進外來種植物為時尚，造成原生植物生存空間後退，甚至引發不良傳染病變，威脅生態平衡。校園景觀設計中，由於本土植物太便宜、無利可圖，使得校園植栽幾乎全面被更換成昂貴的外來樹種，進而危及原生生物的生存。事實上「原生植物綠化」是執行校園生態計畫上必須盡量遵守的原則。從生態的觀點來看，原生植物是非常珍貴的，因為它擁有最珍貴的遺傳子寶庫，原生植物隨著土地一起演化，不僅是最適合當地自然條件的種類，而且在演化過程中，亦與當地各種生物，大至走獸、小至土壤中有機微生物，形成生物鏈中共生的關係。

許多教育行政者喜歡整齊畫一的行道樹，常以大王椰子、黑板樹、南洋杉、龍柏、小葉欖仁等外來少數樹種，種滿了校園，事實上這種「少物種大量栽培」的園藝是生態上非常危險的作法，一旦環境產生了變化或遭到病蟲害的侵襲時，植物就會變得毫無抵抗能力，甚至導致全體死亡。例如過去美國常喜歡以美麗的榆樹種滿整個都市，但



圖1.10 過於人工化的花園設計



圖1.11 某國小打造了既危險又人工化的魚池（以欄杆防止小孩墜落）



圖1.12 最耗水、最難維護、最不生態的韓國草草坪是環境教育的反面教材

在1950年代卻造成美國都市的榆樹死亡殆盡的情形。過去的校園景觀設計，常從少數看似美麗的園藝樹種名單中來挑選栽種，完全依據人類的偏頗美學與毫無根據的喜惡禁忌，來挑選一些易於整理、成長迅速、不長刺、不結果、樹形整齊的時髦樹種，因而造成「少物種大量栽培」的現象，大大地降低了植物群落的穩定性。

事實上，要理解「生態環境」的真諦並不難，只要用心去體會「生物多樣性」之現象，即可掌握生態之精髓。綠色校園的生態品質，在於多保留一些與其他生物共生共榮的綠地空間。所謂「與生物共生」，必須改變過去完全以人類休閒、運動、娛樂為主軸的綠地設計，至少應保留一點不受人類干擾、不修剪、不施肥的生物避難綠地，甚至應該規劃局部綠地作為自然演替的生物棲地環境。校園生物多樣化之目的，絕非以人工行為來引進、創造、複製一些螢火蟲或蜻蜓棲地之樣版生態，而是以多樣化的土壤、植被、水文、氣候、空間來提供多樣化的綠地品質，以造就藏身、築巢、覓食、求偶、產卵、繁殖等功能的生物棲息環境，並藉此恢復大自然界原本豐富的生物基盤。

不論是教育主管、學校行政者，或是建築師、施工營造廠，只要將心比心，體會蟲魚鳥獸的求生之道，即可明瞭如何去營造一個真正的校園生態環境。在綠建築評估中，用昂貴自動澆灌系統所打造的塑膠盆栽植栽綠牆，比不上一排自然生長的扶桑花綠籬；擁有一面五百平方公尺的大草坪或草花花園，比不上種一棵喬木。想想土壤中的蚯蚓，或樹枝上的蟬，生態就在你我心中。拆除一排混凝土的圍牆，換上引來蝴蝶的馬櫻丹花叢；打掉一片柏油停車場，換上透水鋪面；清除屋角一面辛苦維護的草坪，讓雀榕、構樹雜生於此，就會引來無數蟲鳴鳥叫，這些更省錢、更自然的方式，正是綠建築標章獎勵的對象。

我們應摒棄過去以人類偏狹的審美觀所打造的綠草如茵、百花怒放、少物種大量栽培、充滿外來物種的反生態校園。生命是引領大家去感受綠色校園「生態之美」的最佳指南，一個充滿多樣化喬木與灌木的校園，一面充滿青蛙、蟾蜍、蜥蜴躲藏的密林與水岸，一座鳥兒、蝴蝶、蜜蜂爭相覓食的花果植物園，才是綠色校園之生態面貌。這不正是人人可理解的「校園生態」？



圖1.13 密植混種喬木（臺南市南科實中）



圖1.14 生態綠化良好的都會區小學實例（臺北市螢橋國中）

第二章 綠色校園營建行政

2-1 綠色校園的行政管理

為了打造一個成功的「綠色校園」，除了要有建築師、營造廠、監造者等良好的「綠建築技術專業」之外，還必須有教育當局、學校主管、營繕人員方面良好配合的「行政管理專業」，兩者相輔相成，缺一不可。行政管理絕不能以防弊之保守心態去阻礙優質工程的發展，反而應以積極協助之態度來輔佐「綠建築技術專業」，才能成就最佳綠色校園建設。

過去，「行政管理專業」常是永續校園政策中最被忽略的一環，也因而造成「綠色校園」建設的障礙。常有人認為有了充足的經費，依採購法甄選好建築師，就可完成「綠色校園」的理想，但事實上卻事與願違，甚至出現嚴重的設計錯誤、工程糾紛、品質低落的現象。所謂「魔鬼出在細節裏」，有時因為行政管理上的小疏忽，埋下了校舍空間規劃不良、經費編列不合理、建築團隊專業不足的等禍因，因而造成整個綠色校園計畫為之瓦解之現象。

例如，「惡性低價競標」是學校工程品質最大的致命傷，這常起因於行政上空間規畫不良、不合理建築面積要求過多、預算編列不足而引起。又如，許多學校因為甄選建築團隊的方法不良，因而引來經驗不足的建築師或信譽不良的營造商，因而讓工程品質面目全非，甚至工期延宕而纏訟連連。這教育行政最不想見的夢魘，必須要靠優質的「行政管理專業」才能防範於未然，否則再好的綠色校園理想也難以落實。有鑑於此，本書在邁入「綠建築技術專業」知識之前，本章特別要著墨於「綠色校園」的「行政管理專業」知識，希望能幫忙教育當局與學校主管掃除「綠色校園」建設中的死角。

2-2 善用綠建築標章為綠色校園把關

不論是永續校園或是綠色校園，目前最有效控制學校工程環境效益之方法，莫過於借重「綠建築標章」之把關，學校應善用此利器作為打造環境教育基地的法寶。過去，許多學校在規劃設計、勞務採購、評選作業到驗收竣工之漫長過程中，很辛苦地在各階段找尋許多專家顧問來指導諮詢，但常因專家意見紛歧、五花八門的環境議題難以整合、環境性能難以貫徹驗收，讓校方有如在迷霧中疲於奔命，又難以落實綠色校園的目標。由於「綠建築標章」是最具客觀量化的環境管理工具，同時是政府依法層層把關、嚴謹執行的審查制度，因此將「綠建築標章認證」之要求，明文納入學校工程之勞務採購系統中，是最省力、最方便、最可靠的綠色校園行政策略。

有些教育主管誤信謠言，以為「綠建築標章」是學校工程的行政障礙，甚至有些專家顧問、建築師因不熟悉或想便宜行事，常製造不實言論，把「綠建築標章」說成既花錢又麻煩的事務，使校方對「綠建築標章」之認證敬而遠之。事實上「綠建築標章」只增加設計施工團隊很少的行政工作（作業酬勞費用約30萬元），但它可在不增加營建成本並確保環境品質範圍內，有效導引綠色設計、避免空調照明設備超量、增加通風採光遮陽等舒適環境設計，可為學校省下更多不必要之浪費。更重要的是，執行「綠建築標章」之認證系統已經在設計、建照、施工、驗收各階段形成一系列的綠色管理制度，藉之以執行綠色校園之行政管理，是事半功倍、一本萬利的抉擇。

目前國內已有許多優良綠建築設計案例（圖2.1~2.2），並得到鑽石級綠建築標章(可參閱內政部發行的歷屆優良綠建築設計)，在同樣的工程造價內，只是增加設計監造團隊的一些行政文書工作，卻帶來永續的綠色校園，給學生與社區一個美好的校園。



圖2.1 高雄市那瑪夏民權國小



圖2.2 臺南市南科實中

有些主辦單位不知事前將簡單的「綠建築標章認證」納入勞務採購合約中，卻事倍功半地到處請教顧問、找專家幫忙，但卻只能支離破碎、瞎子摸象地要求局部效益而已，無法達到「綠建築標章」之全面性要求。目前政府已將綠建築標章納為學校建築工程最基本門檻，最後無論如何還是要廠商申辦綠建築標章作為結算之依據，若不事先明文要求「綠建築標章認證」，很可能節外生枝。「綠建築標章認證」之契約，可在學校、建築師、施工單位之間形成執行綠色工程之共識，可確保工程品質、避免爭議、掌控工期，確實為綠色校園把關。以下有關「綠建築標章認證」之注意事項，提供請學校行政之參考：

- (1) 對於新建之校園建設，可利用綠建築評估系統EEWH-BC(基本型)來把關，對於舊校舍更新改造之案例，可利用綠建築評估系統EEWH-RN(舊建築改善類)來把關，這兩者之標章認證皆分成合格、銅、銀、金、鑽石等五等級之認證。
- (2) 主辦單位應正式編列綠建築標章作業費用，並在規劃設計之勞務採購合約中納入取得「候選綠建築證書」之規定，同時應在營造施工合約中納入取得「綠建築標章」之規定。
- (3) 「綠建築標章」雖分成五等級之認證，但五等級之間並無明顯造價之差異，其間之差異通常出在設計之用心與否而已，許多儉樸平價的設計就可取得鑽石級認證，但有些花大錢的虛華設計卻只能取得合格級認證。因此，主辦單位可不必聽信「越高級的綠建築認證將越花大錢」之傳聞，只要是編列有基本的合理預算，大可要求校方期待的「綠建築標章」等級。通常較大新建工程案件，可要求達到「銀級」以上的綠建築標章，對於三千萬元以下的案件，為避免基地限制，則要求達到「合格級」綠建築標章即可。
- (4) 「候選綠建築證書」通常由建築師事務所代學校申請，「綠建築標章」在制度上必須由營造廠代學校申請，但因資料整理之方便，營造廠常委託建築師事務所代為申請。目前認證作業時程，從備妥申請資料、接受掛號之後到發證平均時程約為30天，但不包括製作申請書之作業時間。最常見的時程延宕出在申請資料不全而被退件之情形，因此申請單位在平日即應隨時備妥正確的綠建築申請相關資料，以便如期如質快速完成申請。
- (5) 「候選綠建築證書」與「綠建築標章」兩者可向本部委託的評定專業機構申請認證，此機構目前為財團法人臺灣建築中心，現行設有臺北、臺中、臺南三個分支機構，隨時接受申請。

2-3 理想中的「校園整體規劃」

「綠色校園」首重「校園整體規劃」，教育當局與學校主管對於學校的發展，應有一個務實可行的願景藍圖才能掌握發展方向。過去臺灣的學校行政，「設計標準圖」或「國民小學設備標準」，使得校園配置均以操場與司令台為中心，設置田徑場與大操場，大部分的校舍成為千篇一律的「一」、「口」、「口」字型配置，雖然確保了相當程度的教學品質，但卻缺乏綠色校園所強調的個性化校園風貌，也難成就永續環保教育示範。

臺灣光復之初，因為經濟困苦之故，對於學校建築採取「少一間蓋一間方式」，當然無法奢談創新。在六〇年代，為了整建大量日據時期的「危險教室」，因為是搶救燃眉之急，也無從考慮創新。在七〇年代，臺灣由於經濟起飛、戰後嬰兒潮引發大量幼童就學，加上實施九年國民義務教育之因素，興建了大量學校建築，但因「設計標準圖」主導設計之原因，以年度建築經費統籌調配，藉由標準圖控制造價，再由造價控制標準，使學校主事者與設計建築師對於空間、設備、造型毫無彈性增減、創新調整之可能，完全抹殺了自由化、個性化環境教育的機會，更使所有學校建築表情千篇一律，並非今日綠色校園的理想。

讓我們觀察一下近年綠色校園的發展歷史，也許可讓教育當局理解「行政管理專業」在營造綠色校園的重要性。臺灣綠色校園的成就，主要來自1985年起陳定南縣長主政的宜蘭縣政府所主導的「宜蘭新校園風格」，以及921地震後在南投災區重建所興起的「新校園運動」，這兩大成就主要在於改變過去「少一間蓋一間方式」與行政牽制預算的態度，以「行政管理專業」積極協助「建築技術專業」，提倡創意與務實的「校園整體規劃」所致。

「校園整體規劃」的功能有如憲法之於國家發展，是校園永續發展的綱領，可防止摸黑前進的危險。「校園整體規劃」能讓教育行政人員及建築營建團隊均有明確的校園願景，清楚打造校園風貌的方向。陳定南縣長在1985年率先以教育行政手段，要求校園整體規劃，1992起更要求所有學校必須實施整體規劃，要求遴選優良建築師，成立規劃小組，傾聽師生家長與地方仕紳之意見，以地方文化特色來擬定整體規劃方向，再依此進行獨特風格設計。縣教育局同時展現「行政管理專業」能力，依「校園整體規劃」的輕重緩急，通盤編列預算，將經費集中，重點投入，逐年分期執行。縣府同時成立工程品質抽驗小組，明確要求建築師負責監造，同時主動檢驗工程缺失，確保工期及施工品質，如有工程缺陷立即拍照要求限期改善。在如此「行政管理專業」與「建築技術專業」緊密結合之下，讓宜蘭更新完成100多所美輪美奐、工程品質優良的「宜蘭新校園風格」(圖2.3)。

另外起源於921地震之後的「新校園運動」，也是「行政管理專業」與「建築技術專業」結合的最佳演出。當時，南投縣國民中小學中有28%全毀，有40%嚴重受損。幸而，政府與民間投入空前優厚的經費人力，在最短期間內快速重建所有學校。在全世界注目與全民監督之下，加上政府主導與民間認養學校重建之競爭下，使教育當局得以合理寬列預算，甄選優秀專業建築師，接納整體規劃與創新設計思潮，因此得以脫胎換骨、煥然一新，打造出多彩多姿之新校園風貌。此乃教育部最引以為豪的「新校園運動」，甚至有人驕傲地認為災區學校是「浴火重生的鳳凰」(圖2.4)。

總之，輔佐建築營建專業的「行政管理專業」是主宰綠色校園成敗的關鍵，教育當局應該輔導學校邀集專業團隊先研擬「校園整體規劃」之藍圖，並依此在會計上確保合理預算，以專業而公平公正的方式遴選優良建築師，執行專案營建管理，才能發揮創意設計與施工品質之優勢，展現多樣化的綠色校園風貌。



圖2.3 宜蘭縣蓬萊國小



圖2.4 南投縣廣英國小

2-4 如何擬定「學校建置計畫書」？

以上建議由學校邀集專家建立「校園整體規劃」，再依此規劃分期執行校園工程，是綠色校園營造的理想，但教育當局並無「校園整體規劃」之預算編列，也無依規劃分期編足建設經費之慣例，況且學校主管更換頻繁，校園建設費用之編列往往以分期分區平頭分配方式進行，常在一片空白之荒地上，要求新上任的籌備校長在兩年內興建完成新校園，因此主辦單位常在慌忙之中，在缺乏專業規劃與校園願景之下，草率進入校園建設之勞務採購之中，配合未知的工程團隊進行無法掌控品質的校園建設。這種欠缺計畫的校園營造，就如同瞎子走上車水馬龍的道路一樣，是十分危險之事。

然而，在缺乏規劃制度的現實教育行政中，有智慧的主辦單位還是可以爭取一些小經費找尋經驗豐富的教育與學校建築專家，研擬立即可用的「學校建置計畫書」，以作為學校規劃設計勞務採購之依據，可以把校園營建失敗的危險降至最低。所謂「學校建置計畫書」就是藉助教育專家與建築專家的經驗，把校園發展願景、環境品質、空間功能需求等確實以質化、量化方式呈現出來，以便掌控學校規劃設計之方向。這雖是急就章的方式，雖然無法像宜蘭經驗保證較理想的「校園整體規劃」，但假如能找到務實而有能力的學校建築專家來操刀，也可大致不差的掌控全局。不過，要切記「學校建置計畫書」是實際工程設計之依據，千萬不要以閉門造車擬出無品質的計畫，也不要找來天馬行空、曲高和寡的專家，草擬華而不實的計畫，以致於對學校的硬體建設並無誘導向善之功能。

「學校建置計畫書」是提供科學合理的學校設計指南，其品質之良莠攸關設計的好壞，主辦單位應與執筆專家詳細討論溝通，建立具體綠色校園發展之共識，並明示於計畫書中，同時應提供必要經費，準備充足的測量圖與基本統計資料，明確訂出預算、空間需求以供設計單位遵循。「學校建置計畫書」通常會在規劃設計勞務採購中，提供給建築團隊參考，同時也作為設計與甄選評審之依據。以下提供「學校建置計畫書」最重要部分之參考範本，以供學校工程勞務採購行政之參考：

(1) 計畫依據

載明計畫的行政依據，綠色校園的上級單位通常是中央主管機關的教育部或地方主管機關的教育局(處)，這些單位往往也是工程經費的來源。

(2) 計畫緣起

說明計畫的緣由，像是老舊校舍，經耐震詳評已達拆除重建規定、已逾使用年限、教學空間不足或是其他原因導致必須辦理本校舍興建的計畫。

(3) 計畫目標

描述新建校舍或老舊校舍改建的願景，比如透過校園整體規畫設計，預期建置一個安全、快樂、e化的綠色校園環境，展現校園教育新風貌。更具體目標如打造永續、生態的綠色校園，落實空間美學的實踐，以營造有故事的校園空間等。

以文字描述對於學校建設品質的宣示與期待，是指導建築設計的指南。所謂美學與文化之期待只是見仁見智的參考，建築團隊最後所提出的設計詮釋也會呈現五花八門之現象，難有眾人均滿意的結果，但最終會交由評選委員會甄選而得。事實上，這些要求只是讓主辦單位找出有能力的建築團隊的依據而已，通常在選定建築團隊之後，還會經由學校單位與設計單位的溝通討論，這些理念才得以落實。



1. 優先拆除北棟及西棟A教室，並在原地重建教室。
2. 南棟教室於重建教室工程完畢拆除。

圖2.5 提供正確測量圖，可避免設計團隊提出有偏差的設計。

(4) 基地環境概況

提供越詳細的校園環境與基地現況說明，可以幫助設計者在有限的競圖時間內掌控全局，校方可提供的內容包括當地自然、人文特色與學校歷史沿革及優良傳統，設計者可以從中掘取靈感，作為設計的發想，進而發揮學校的在地特色。有關環境與基地說明可參考如下：

- a. 週遭環境：學校地理位置、地方自然及人文環境、交通概況、地方特色等。
- b. 學校簡介：學校沿革、辦學目標、學校特色、優良傳統等。
- c. 師生規模：說明學校未來發展的班級數、學生數及教

職員人數，此規模將決定衛生設備數量、防空避難室大小、普通教室、專科教室及行政空間等相關設計數量。

d.校舍使用現況之統計與描述，並以照片輔助說明之。

(5) 學校基本圖說

學校應提供正確的校地地籍圖及下列資料，使建築師在有限的競圖時間裡，快速地掌握全盤，提出最佳創意，進行公平的競圖。

a.校園測量圖

學校在辦理徵圖前，應花一點費用進行校園測量，將學校既有校舍、地形、高程、樹木、排水方向明確畫出，並在配置圖上框出欲興建校舍的區位。如為老舊校舍改建，亦應註明校舍興建過程中的搬遷計畫，並說明拆建順序與計畫。學校所提供的測量圖，有助於參與競圖之建築師能兼顧地形地貌，並妥善保留校內老樹，以提出精確的最佳規劃設計方案。

b.建築總樓地板面積與法規檢討資料

如為老舊校舍改建的工程，校方應根據最近一次發包工程圖說，提供建築執照中既有校舍的面積與法規檢討資料，可協助競圖者了解本次欲興建校舍的相關法令、防空避難室及停車位數量的檢討，這些資訊都能減少校方經費上無謂的浪費與規劃設計上可能發生的錯誤。

c.基本機水電設備位置

許多經費的編列往往漏列台電、自來水等外管線的費用，因此建議校方應提供台電外管線位置、自來水幹管與資訊中心的位置。

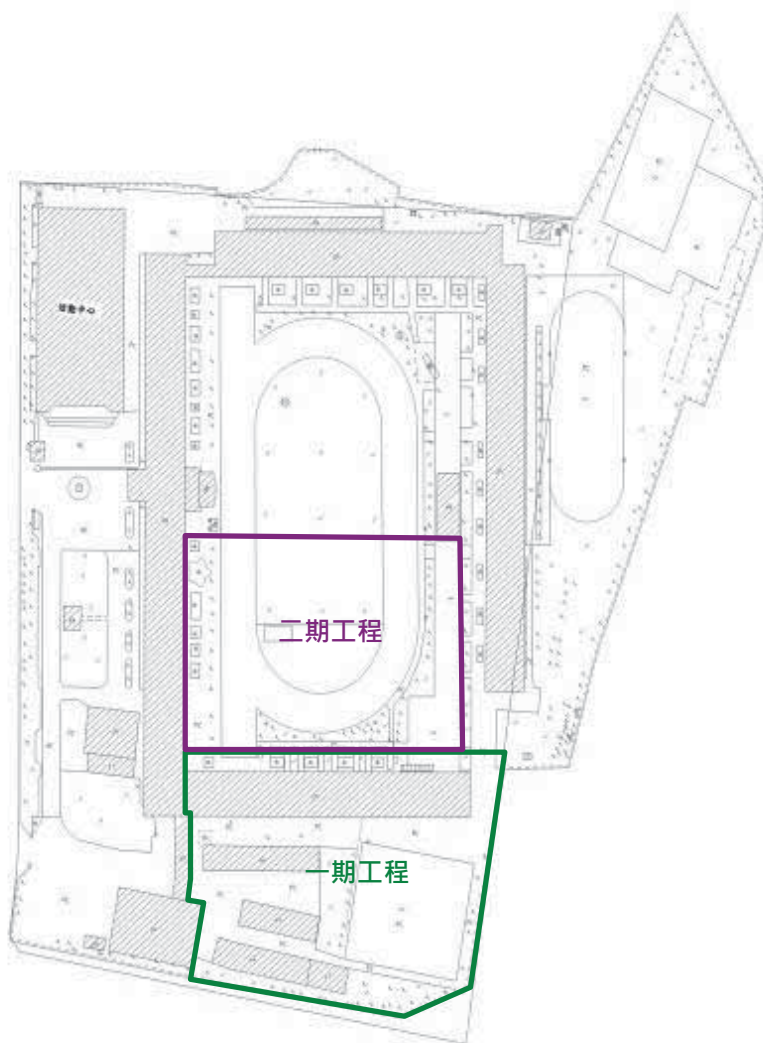


圖2.6 提供明確測量圖是甄選優良設計的關鍵。

(6) 規劃內容

明確的規劃內容，可減少許多無謂的浪費，但基地範圍應儘量擴大，尤應避免限制原地拆除重建，讓建築師能發揮最大創意。學校主辦單位在規畫內容需求中，應注意下列事項：

a.彈性的基地範圍劃設

老舊校舍拆除重建必須劃定基地範圍以明示興建位置，但有些主辦單位因常劃定拆除原址或有限面積作為規劃設計範圍，造成複製原有呆板造型或毫無創意之設計，失去了重塑校園新風貌的機會。主辦單位應諮詢學校建築專家，在兼顧校園長期發展脈絡下，保留建築師創新設計與空間改造之可能，建議彈性放大基地範圍，僅概略框定校舍的興建區位即可，並加註「以上範圍僅供參考，請發揮最大創意，為學校建構一個美好的藍圖」。(圖2.8 ~2.9)

b.建築規模說明

可約略講述欲興建樓層數、各樓層屬性、構造形式、水電設備、櫥櫃傢俱需求、與既有建築物的關係等等，不過這些要求應該是原則性的建議方式，因為建築師可能不必遵守這些限制，而提出更好的創意。

c.明確的空間需求與願景

有些主辦單位只提出興建幾間教室與防空避難室之要求，只有面積與數量之資訊，並無空間性質之描述，最好能明確提出學校空間需求，比如視聽階梯教室、會議室、圖書中心等特別空間，以及音樂、美術、家政、烘焙、陶藝等專科教室，儘可能明確空間之屬性、規模及數量，這些有個性的空間，往往是競圖中表現學校特色的重點(圖2.7)(表2.1)。

項次	名稱	數量(間)	說 明
1	教室數	24	教室除一般設備外，需設有教師備課角落、上網空間、學習角落，如設計者另有創意亦可增。
2	樓梯	8	配合各建築設置
3	廁所	8	配合各建築設置
4	電梯	1	配合各建築設置
5	走廊	現場設置	配合各建築設置(含每班洗手臺、洗拖把池、掃地清潔櫃、飲水機、休閒座椅)
6	車輛停放規劃	1	規劃設置30個車位
7	附屬設施	現場設置	中庭川堂(可供協同教學大空間)、學生討論空間。

表2.1主辦單位若只提出空間需求，沒有空間功能之描述，則難以達到空間品質之控制。



圖2.7 校園建置計劃，應明確提出空間需求與願景，如陶藝教室、保健中心等，因有不同的空間特性，就可帶來創意性的校園

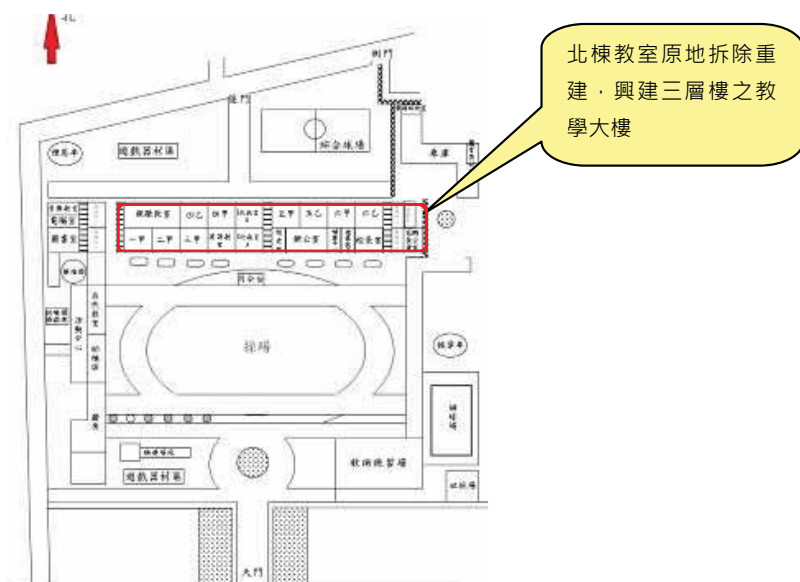


圖2.8 某國小競圖狹隘的限定範圍，只能原地重建，失去改造校園的機會



圖2.9 同樣這個國小，若給予彈性範圍，並加註範圍僅供參考，卻可能帶來無窮的創意與機會

d.防空避難室檢討

防空避難室原是兩岸對峙時代的思維，一旦戰時可提供學生與附近居民快速避難，其原意無可厚非。許多學校因而每次興建校舍就依法規檢討而設立，但小規模的防空避難室只能堆積雜物養蚊子，實屬浪費。防空避難室最好兼停車空間及設備空間，才能發揮最佳效能，並解決校園地面停車，提供校園更多的綠地。因此校方應儘量要求一次開發，達到可提供雙排停車為最經濟，其最佳寬度為18M，停車規模數在18輛以上，否則單坡道與車道佔據不少空間，十分不經濟(圖2.10)。

(7) 要求綠建築標章認證

由於「綠建築標章」是最客觀量化的環境效益指標，因此將「綠建築標章認證」之要求，納入「學校建置計畫書」以及勞務採購合約之內，是實踐綠色校園的最基本保障。許多主辦單位對綠建築標章有些躊躇，甚至以為申請綠建築標章是一大行政負擔，是種嚴重的誤解。主辦單位如能理解以下注意事項，大都能視「綠建築標章」為綠色校園行政上的一大助力，而樂於執行。

(8) 經費需求概算

說明本計畫所核定的工程經費，(包含直接工程費：施工費、庭園景觀費、拆除與搬遷相關費、教室相關設備費等，間接工程費：工程管理費、設計監造費、綠建築候選證書與標章作業費、地質鑽探及建築線等)。

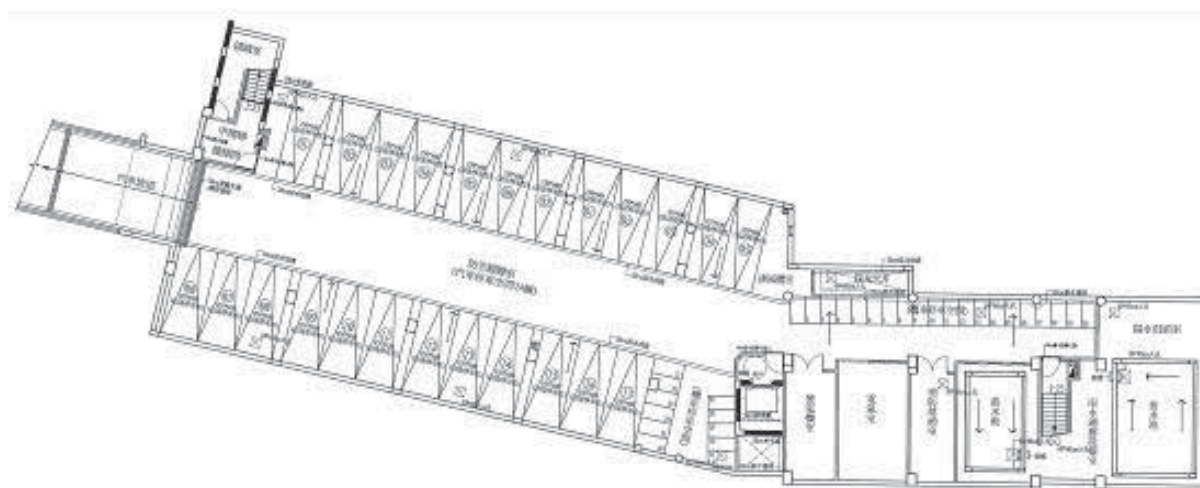


圖2.10 防空避難室最好集中經費一次開挖，最符合實用與經濟原則

2-5 如何編列合理預算？

2-5.1 合理的工程預算編列

任何營造工程一定要先確保「合理的工程預算」，才能確保工程品質。要知道，「惡性低價競標」、「偷工減料」是工程品質最大的致命傷，要是空間規劃不良、建築面積要求過多、預算編列不足，勢必讓工程品質面目全非，甚至工期延宕而纏訟連連。

我國公共工程之預算審查，常依每年頒布之「中央政府總預算附屬單位預算共同項目編列標準」為依據，但學校建築常因校園大、公共虛空間的需求多，而經費編列卻常依教室單元面積需求為計算依據，而忽略基地現況的實際環境。如此一來，常造成公共空間不足、景觀不良的結果。教育當局與學校主管應體認綠色校園在環境教育上之重要，在學校工程預算審查中，除了要保障室內硬體空間之預算外，應考量作為環境教學的戶外空間與景觀造園的充足預算，甚至應考量鄰近校舍的關係、施工難易度、城鄉差距以調整預算。

由中央政府所提撥經費興建之國中小校舍，需符合「中央政府總預算附屬單位預算共同項目編列標準」，但由地方政府提撥經費所興建之國中小校舍，另依「國民中小學老舊校舍整建作業規範」的單價規定，兩者有所差距。通常地方政府編列之預算常有偏低之現象，有時甚至形成「巧婦難為無米之炊」之窮狀，在工程實務上很難保有合理之工程品質，更不必奢言綠色校園。

工程經費應該包括的項目有：基地一般性整理(整地)、施工用水電、構造物本體(包括基礎、結構、外飾)、電力、電信、一般照明設備，以及室內給排水、衛生、消防設備、生活廢水、通風設備、法定防空避難設備、門窗、粉刷、基本室內裝修、防水隔熱、景觀、設備工程(電梯、衛浴及廚具設備)、雜項工程、勞工安全衛生費、空氣污染防治費、施工稅捐、利潤及管理費等。許多學校工程之預算編列，常以建築面積鎖定預算，而常忽略實體工程以外之景觀、運動場工程之預算，但綠色校園在生態要求上卻以景觀工程為重點。這景觀工程之費用所佔比例甚低，但卻常被忽略，此乃綠色校園行政必須關注並改善之處。

2-5.2 合理的預算公設比

教育部所定義之公共設施面積，包括了學校的玄關、穿堂、通廊、設備空間、露台、戶外劇場與半開放空間等，這些空間是上下課師生交流、怡情養性、休閒活動必要的場所。尤其在亞熱帶的臺灣，上述半開放空間因其通風涼爽，是許多體育課程、童軍活動、團體活動與戶外觀察上



圖2.11 高雄市蔡文國小戶外劇場



圖2.12 高雄市蔡文國小半戶外空間



圖2.13 高雄市紅毛港國小屋頂花園

課的場所(圖2.11~2.13)。既是學子身心成長、情境教育的場所，也是社區民眾假日最喜歡停留的地方，更是綠色校園中最能展現結合環境與地方特色的場所。

依教育部國民教育司「國民中小學老舊校舍整建作業規範」所訂定的行政審查原則，其中對於公設比的說明「教室及地下室主體以一間112.5平方公尺(含教室外走廊面積)計算，其餘公共設施不得超過主體20%，樓梯及廁所所以半間教室56.25平方公尺計算，其餘公共設施(不含走廊、樓梯、廁所)不得超過主體20%，以計算其總樓地板面積」。這種以20%公設比之規定稍嫌不足，常使得建築設計必須挪用室內空間預算來貼補公共空間預算之不足，因而造成工程品質低落的後果。

作為綠色校園營造的教育當局，應該體認公共空間的重要，在預算編列中向政府爭取合理的公設比，才能發揮校園創意及最高價值，並保障教育環境的品質。所謂合理的公設比，就是提供學童身心健全發展的公共活動空間，包含舒暢、健康活動所需要的電梯、設備空間、穿堂、半開放空間等合理的公共設施比例，尤其國內多雨，炎熱的氣候，可作為下課學生活動空間建議應該放寬至25%左右的公設比(不包括廁所，樓梯，走廊)才屬合理，謹此提供教育行政之參考。

2-5.3 合理的景觀預算編列

政府編列學校建築預算，通常只有建築硬體教室的編列，而無庭園景觀的預算，為因應建築技術規則與綠建築對綠化量的要求，大部份的設計單位因無經費，只好將就地種上樹苗來勉強應付法規的基本要求。許多美好的校園設計，都因有很好的景觀設計而加分，但往往因預算不足，而優先將景觀預算刪除，卻喪失了校園景觀的氛圍。

好的景觀設計會發揮校園美學上畫龍點睛的效果，是建築與環境的媒合劑(如圖2.14~2.15)。完善的景觀工程不只是鋪磚種樹而已，應包含整地、排水、高程、鋪面、植栽、照明、澆灌及景觀傢俱等內容。建議設計單位一開始設計時，不應在建築硬體上把經費用罄，應預留一部份預算作為營造景觀之用。尤其應善用基地條件及既有綠蔭老樹來設計校舍，不能因經費而只種植小苗木。校園大量樹苗對校方人力及照護能力是艱鉅的，往往存活率不高，無法達到預期綠化的效益，造成校方日後困擾。市面到處出售已在盆內長大成型的喬木，指定這種優質喬木可減輕日後維護之困擾，在校園營造上，較能達到其預期的氛圍。

庭園景觀是校園最佳情境教育空間，舉凡生態池、教學農園、複層化植栽與學習步道、戶外劇場等，均構成學校最動人的場景，是環境教育的一部份，亦是社區民眾最

喜歡休憩散步的場所。作為綠色校園營造的教育當局，應該適度編列景觀預算以營造優質的校園環境，簡略的概算方式，以空地每平方公尺約1500~2000元的工程造價(約等同一般簡易公園綠地預算編列)，提供作為校園景觀營造費用。



圖2.14 高雄市鳳林國中入口廣場庭園景觀



圖2.15 臺南市南科實中景觀生態池

2-6如何執行優質的勞務採購？

2-6.1 避免草率的勞務採購時程

由於採購法之規定，學校工程必須透過公開勞務採購程序，以找到規劃、設計與監造建築師，這是綠色校園建設最核心之所在。學校工程勞務採購之內容與程序之好壞，攸關學校工程品質之良莠，學校絕不能等閒視之。建築師是校園規畫設計與監造的靈魂，一個優質的勞務採購計畫，較能甄選到經驗豐富、實力堅強又專業負責的建築團隊，才能保證工程順利在創意設計下如質如期完成，但一個草率而不合理的勞務採購程序，注定會甄選到不良的設計監造團隊以及施工團隊，將造成工程品質低落而糾紛不斷的後果。

許多縣市政府常委由學校主辦規劃設計之勞務採購，但一般行政教育人員因久久才辦理一次工程採購，既無採購經驗累積，亦難了解營建專業之問題所在，常造成勞務採購之目標模糊、訂立不合理需求、基地資料不齊和作業期程過短，因而使應徵團隊不得屈就不合理要求而草率應付競圖，甚至讓許多優秀建築師團隊望之退卻而未能共襄盛舉，如此劣幣逐良幣之結果，很容易選出能力與經驗不足的服務團隊，招來學校公共工程品質低落的惡果。

當然，任何採購程序必須依循採購法，在公開、公平、公正的原則下進行，但是在教育行政管理上若能依循以下建議，預先排除不合理的束縛與障礙，透過合法優質的甄選程序，較能保證可以找到更適任的建築團隊。

2-6.2避免前置作業不足

良好的勞務採購程序應有合理的前置作業時程，為了評選規劃設計之能力，學校必須在競圖須知中提供完整的地籍、測量、校園配置圖等資料，才能吸引優秀建築團隊前來投標競圖。以下是目前學校關於勞務採購之應注意事項，提請勞務採購行政之注意：

- (1) 主辦單位應確保行政作業時間，在競圖須知中提供地籍資料、測量資料、現有建築、防空避難室法規檢討等，讓參與競圖者省卻無意義之資料搜尋，並避免因資訊取得不公平現象，快速進入實質之規劃設計內涵，才能提昇競圖品質。
- (2) 主辦單位應確保充足競圖作業期程，以讓參與競圖者能有合理時間提出成熟競圖案，以確保甄選到最好的作品。許多勞務採購常安排不合理之作業期程，例如只給14天等標期，甚至常在週五公告，扣掉五、六、日及交圖日只剩10天，如此逼迫參與者草率趕圖，很難募集到良好的作品。

本手冊建議3千萬以上合理等標期應延長為18天，5千萬以上工程之合理等標期應延長為21天，二億以上工程之合理等標期，則為28天。

- (3) 主辦單位應確實檢查競圖須知，提供公開公正之資訊，確保合理競圖期程，並於競圖期間接受業界提問，並快速回應正確答案。

2-6.3 延攬優質評選委員

除了良好的勞務採購時程，還必須有公平、公開、公正、專業之優質評選機制，才能甄選出經驗豐富、實力堅強的建築團隊，否則學校工程品質難以確保。現行的評選辦法主要依據「政府採購法」、「政府採購法施行細則」、「機關委託技術服務廠商評選及計費辦法」、「採購評選委員會組織準則」、「採購評選委員會審議規則」等規定辦理。為了確保優質評選機制，建議主辦單位應參照下列事項以延聘優質專業之評選委員：

- (1) 有優質專業之評選委員才能確實甄選出優質的建築服務團隊。通常，這些評選委員部分由公共工程委員會公告之專家評選委員名單中挑選，部分由主辦單位所諮詢之專業團體或社會賢達中挑選。主辦單位應以實事求是態度認真諮詢各方意見，不要以人情公關來物色人選，而應慎選公正、負責之專業人才來擔任評選委員，才能評選出良好結果。
- (2) 所謂專業人才之委員必須是真正符合工程目的專家，例如對於建築工程競圖案，就應盡量找尋能辨識建築景觀圖說的建築、土木或景觀專業人員，避免過多行政庶務或非專業人士。不過，在專家群中也有專長遠近與能力良莠之差，導致主辦單位搞不清楚其是否為真正的專家。例如，在有些學校競圖中，常找來園藝、機電、水保、大地、結構之技師當評審，但這些專業在初步建築設計案中有时比重極小或不重要，但評審常容易囿於專業而固執細部、危害大局，有時因為不瞭解建築設計圖，而強行己見卻影響評選結果。
- (3) 建議主辦單位最好能充分打聽，找尋有建築師資格者、公會領袖、建築設計課程相關教授、甚至曾是競圖得獎者或是教育部永續校園蓋造計劃成效優良之建築師來擔任評審，以期更能掌握評選之品質。主辦單位應避免內聘委員太多，造成以行政方便凌駕專業之現象，建築學專業委員最好能佔多數（因為建築硬體佔八成以上費用），也可確保一席綠建築專家，其餘土木、結構、大地為類似專長可佔一席，水電、景觀之委員則視狀況而分配之。

2-6.4 擬定優質的評選標準

在學校規劃設計勞務採購規定，必須事先公告「評選標準」以作為甄選建築團隊之評分依據。此「評選標準」攸關建築團隊之設計與服務品質，有些主辦單位常以行政方便或節約公帑之理由，訂出不合理的「評選標準」，造成劣幣逐良幣而引來無法收拾的惡果，主辦單位非嚴肅以對不可。「評選標準」必須認真諮詢務實且經驗豐富的專家之後來決定，其評分項目與比重應以激發創新、保障工程品質為最大的原則，在此建議優質的「評選標準」參考如下：

- (1) 設計暨監造團隊既有實績
 - a. 團隊組織架構、成員簡介及主要工作人員學經歷
 - b. 投標廠商或重要成員曾承辦校舍建築工程設計暨監造技術服務工作之履約實績
 - c. 投標廠商或重要成員曾承辦綠建築候選申請並取得銅級以上綠建築標章之履約實績
- (2) 規劃設計課題之掌握
 - a. 基地環境特性分析及校地規畫使用之建議
 - b. 學校與社區互動模式與空間運用
 - c. 校園空間架構、動線系統、開放空間及景觀計畫
 - d. 綠色校園理念的規劃
 - e. 教學空間之組織與單元
- (3) 建築設計與空間規劃
 - a. 校園空間架構及景觀造型、植栽計畫
 - b. 建築量體安排與風格形塑構想
 - c. 校園整體配置構想與分期計畫
 - d. 基本規劃設計圖說 (包括整體全校配置圖、各層平面圖、各向立面圖、主要空間剖面圖、建築外觀透視圖)
 - e. 裝修材料、構造方式、結構系統及設備計畫
 - f. 設計創意及生活美學之
 - g. 法規檢討
- (4) 工程計畫執行策略
 - a. 推動使用者參與設計的作法
 - b. 服務期程及進度安排
 - c. 工程造價與經費檢討分析
 - d. 監造及品管作業
- (5) 簡報與答詢

以上為確保綠色校園品質而建議之優質「評選標準」，僅提供勞務採購行政之參考。在確保工程品質之原則上，本書提請注意以下事項，建議主辦單位儘量不要偏離上述架構來執行，以免因小失大而招來更大之困擾。

(1) 設計監造服務費用不應納入評分

有些主辦單位將設計監造服務費用納入評比，亦即設計監造服務費越低可得越高的評分，這是殺雞取卵、危害工程品質之愚行。要知道設計監造服務費用在總工程經費所佔比例很低，不合理地壓低此服務費，勢必趕跑有能力的優質建築團隊，招來劣質的設計監造品質，結果可能造成更大的工程浪費，是得不償失之舉。

(2) 避免不合理的監造人力

有些縣市的合約條款，規定一個3億不到的工程竟要求5名監造人力，以致外地建築師不敢前去競圖，導致劣幣驅逐良幣，只有在地建築師以事務所內業人員充當監造人員，才能減少事務所成本的開銷。事實上，羊毛出在羊身上，當監造人力成本高過設計監造費時，只將建築師事務所當成廉價勞工以汗水賺錢，怎能奢望好的校園設計。並且造成施工過程中，出現監造人員比營造廠所派駐人員還多的不合理現象。

(3) 以實質設計能力為最大評分比重

上述評選標準，以校園規劃以及創意美學與建築平面機能為最大比重，其他項目之比重不必佔太大比重，因為其他硬體設計或公安事項已有嚴格之技師簽證與安全規範把關，有些設備項目在事後細部設計中可依校方需要而調整，不必在競圖階段中評分。

(4) 不必把綠色內涵或是再生能源列為評分要項

綠色內涵或再生能源，建議不必列為評分要項來排擠其他預算。有些綠色內涵（如綠建材）在綠建築標章中已被要求，再度列為評估只是疊床架屋。有些昂貴投資的綠色項目（如太陽光電、中水系統），也會招來日後維修的困難。有些主辦單位把綠色內涵或是再生能源納入評分，但最後也會礙於排擠預算之現實，在細部設計中要求設計單位將之刪除，究竟沒有環境效益的投資還是難以被接受的。

總之，好的學校工程品質有賴校方、設計者、施工者三方的信賴與合作，唯有在優質與務實的勞務採購制度下，延聘優質評選委員，擬定優質評選標準，才能打造優質綠色校園。

(5) 重視校園整體規畫

不論新校舍或舊校園校舍拆除重建，縱使只是一兩棟校舍的改建，競圖仍應要求設計單位提出校園整體規畫，作為學校未來發展的參考藍圖，以避免頭痛醫頭的偏頗現象，並能延續校園改造的機會。

第三章 綠色校園設計技術

前言

本章針對學校主管、教育營建行政、建築師、營建人員，提供綠色校園設計的策略與技術，其內容以圖文並茂方式提供綠色校園營造常識，以期在教育行政與設計營建專業之間建立共識，並順利推動綠色校園之理想。本書由於強調通俗的常識，因此一改過去工程技術之論述，改用具體的校園建設項目來描述其環境效益，希望能建立雅俗共賞、快樂學習的校園綠建築技術指南，讓建築設計與監造專業人員能依此完成更符合綠色校園的設計，也讓學校主管與營建行政人員能依此理解並在行政上協助綠色校園設計的落實。

本章內容只是提供如百寶箱般的片片斷斷之綠色校園營造常識，但如同有好的食物素材也不能保證有好料理一樣，在實務上還必須有良好的行政與建築專業之整合，才能呈現良好的最終綠色校園樣貌。本所另外為綠色校園之整體演出，提供了EEWH-BC之綠建築標章認證系統，可提供綠色校園環境效益最科學、最合理的驗收工具，不論是學校或專業設計者如能善加利用，才是斧底抽薪的保證。當然，為了雅俗共賞，本章恕難提供詳細專業技術，假如另有更專業之需求，請參考本所另外出版之「綠建築設計技術彙編」，但願能有助於綠色校園之落實。



圖3.a 宜蘭市凱旋國中

3-1 校園配置

1. 合乎生態氣候的校園配置

為了確保良好通風採光設計，綠色校園設計首重合乎生態氣候的校園配置，其中最重要的策略有二：

2. 動靜分離之校園配置：

為了避免運動場、球場之噪音干擾上課，最好把靜態的教室群與動態的運動設施分開而設。

3. 座北朝南之校舍配置：

為了引進夏季南風，並防止嚴重的東西日曬，校舍棟應盡量採取校舍南北開窗而走廊東西軸向行走之配置。

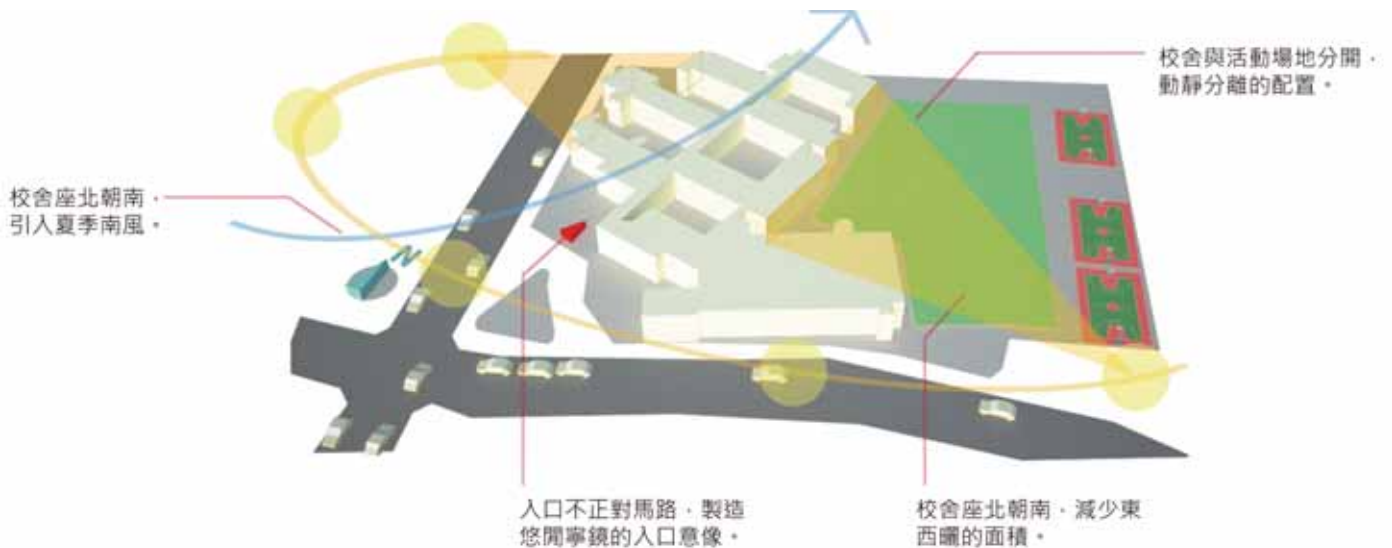


圖3.1 良好之校園配置（南屏國小）（不以道路中心為正門的生態配置方式）

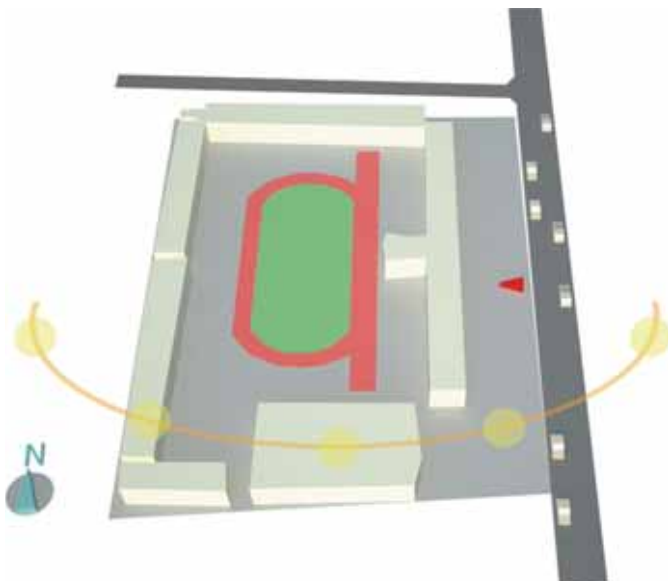


圖3.2 遷就道路及運動場位置使建築物東西曬之不良校園配置



圖3.3 運動場改成小球場，變成南北通風採光之優良配置。

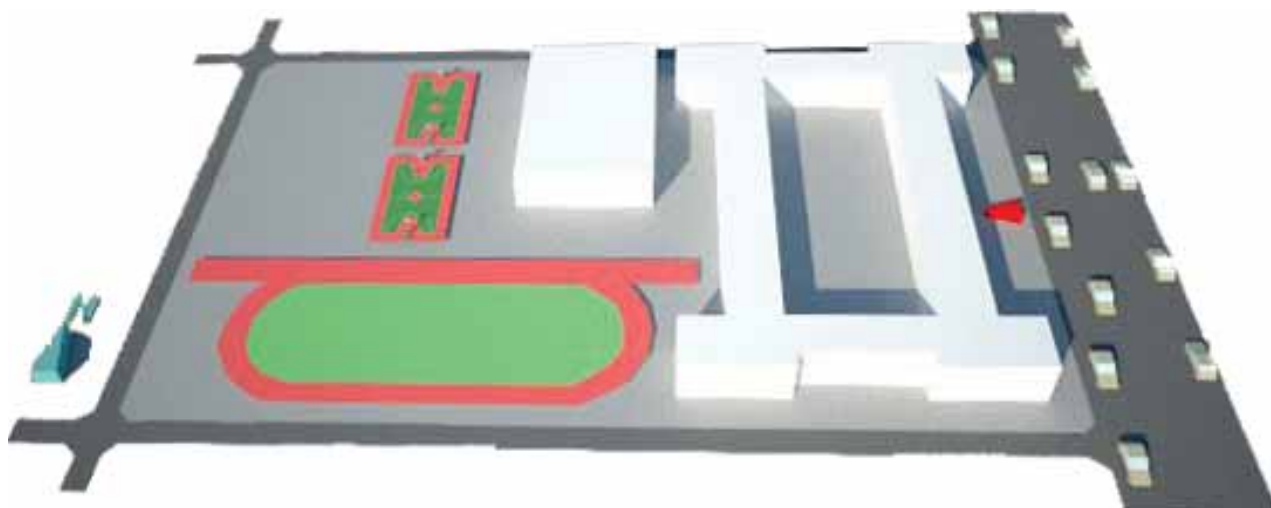


圖3.4 固執面向東面大馬路的校舍配置，造成大部分校舍東西曬而使教學環境惡化

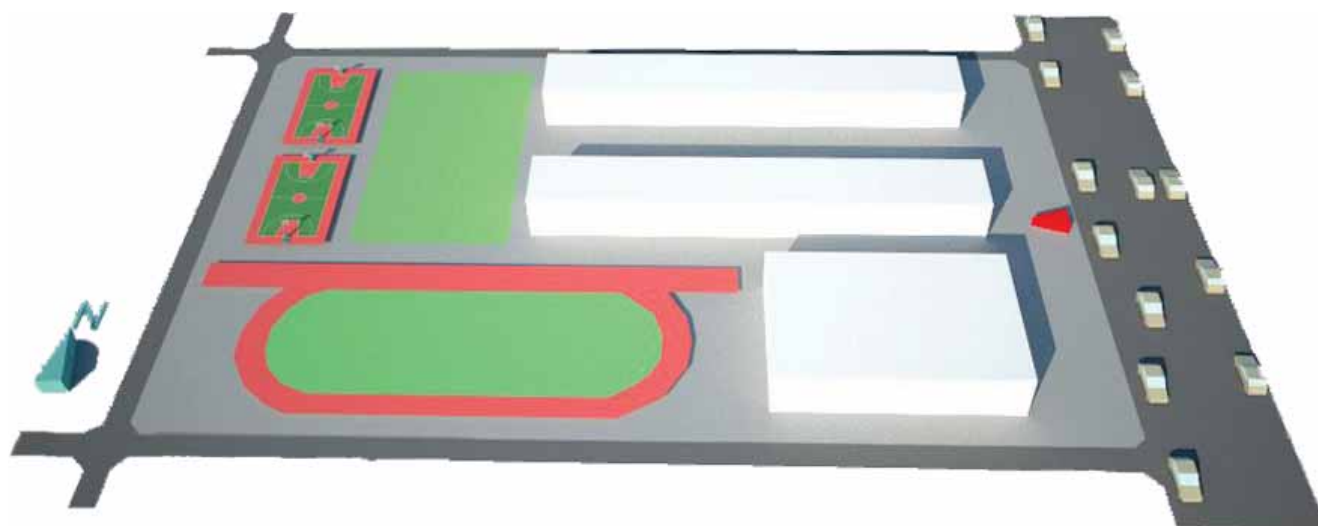


圖3.5 改變校舍正對校門之觀念，可得到南北通風採光優良配置之案例。

註：

1. 許多校園因為校地不足而造成校舍圍繞大田徑運動場而設，而造成嚴重噪音干擾之情形，這時還是應以動靜分離、校舍集中為配置為佳，通常應放棄大田徑設計，改成其他較符合基地型態的運動設施才好。
2. 許多造成嚴重東西日曬的校舍配置並非校地不足，而是堅持校門與馬路入口之迷信風水所致，校方與設計者應以生態氣候為最佳風水考量，有時考慮校舍門面不必面對大馬路中央入口，以側面廣場、轉向入口之設計，反而顯得悠閒寧靜而別有風貌，這才是符合生態的科學風水。

3-2 校舍平面計畫

1. 對了良好的通風採光，校舍平面以單邊走廊設計為佳，有時為了孩童擦洗玻璃之安全，甚至有雙邊走廊設計之校舍，但無論如何要盡量避免中間走廊設計，以免通風不良又遭受噪音干擾。
2. 樓梯與走廊應有足夠寬度（通常為2.5m以上），以保證上下課人潮之舒暢。
3. 走廊節點適當位置可設置較大的戶外平台空間，以作為師生交流活動空間。
4. 半戶外活動空間是師生交流、課外休閒活動最重要的場所，有充足優質的半戶外活動空間是營造身心健康必要的設計。
5. 良好的半戶外活動空間，通常於校園建築的半戶外空間、入口廣場、過度空間等設計屋頂棚架，為斜屋頂形式的延伸。屋頂棚架下方為開放空間，扮演穿透、連續與集合等功能。對台灣炎熱多雨的氣候環境而言，提供一個可遮陽擋雨又舒適的半戶外活動場所。
6. 為反映炎熱多雨氣候影響學生的自由活動，可在各樓層走廊拓寬做為多目的活動空間，結合屋頂花園平台及屋頂棚架增加高樓層學生的活動空間，同時也兼具開放空間教學及協同教學空間特質。為避免廊道拓寬後造成教室內部光線不足，每雙層採錯開的內縮挑空方式讓光線射入。有趣的廊道變化也增加了校園空間的有趣性。
7. 為了確保學童身心健全發展的公共活動空間，走廊、樓梯、露台等公共設施面積比例，建議應該保有合理的20~25%。

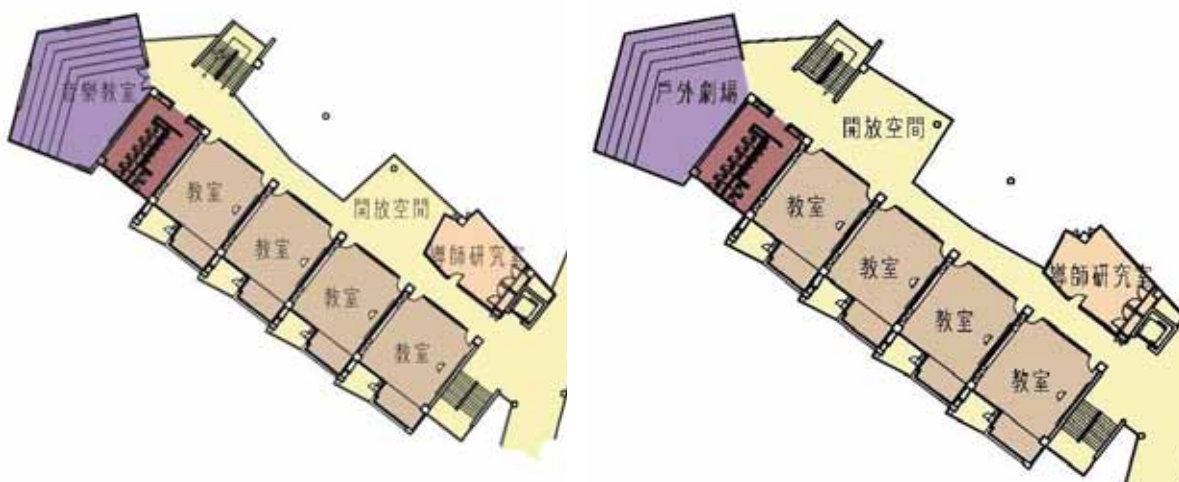


圖3.6 公設面積應保有全區的20~25%以上

3-3 班群教學與學習角空間

1. 近年來教育部倡導開放教學，新教室設計常以三至四間班群教室空間配以多用途學習空間作為基本配置，但隨著空間變大、變複雜，常常引起通風不良的情形。
2. 在學習角常設置圖書角，教室空間內設電腦網路、學生個人櫥櫃、公佈欄、視聽廣播系統等，以因應不同的教學可能，方便教學硬體資源之應用。學習角邊常設陽台落地窗，營造「家」的感覺，並設有洗手台、水槽、資源回收櫃等。
3. 近年來，為方便校園管理制度及強化師生關係，開始於各班級群內設置導師研討室，讓師生有最直接的聯繫與互動。
4. 過去一般中小學教室的深度均在7m以下，開放學校的教室空間則因為增加了班群空間、多目的活動空間、學習角，使得空間深度擴大至12~15m，對採光與通風較為不利。
5. 這些班群空間、多目的活動空間、學習角不應無限擴大，並且宜採開放而無隔間之設計，美勞空間、視聽空間最好移至專科教室設置，切忌在教室引進獨立隔間的教師空間、遊戲室、套房廁所設計，以免噪音干擾教學環境。

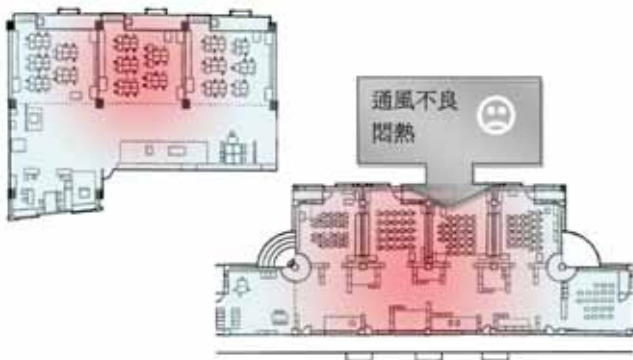


圖3.7 通風尚好的開放教室平面(左上);妨礙通風之隔間學習角(右下)

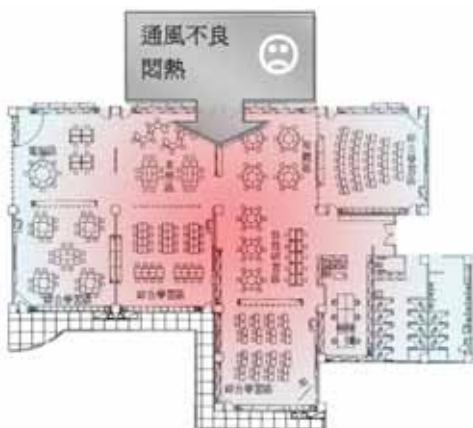


圖3.8 進深過深妨礙通風

3-4 走廊與外遮陽設計

1. 過去的傳統校舍大多有深遮簷設計，可避免烈日射入室內，同時在下雨天也不怕小雨飄入室內，可打開窗戶以保持良好的通風；現代校舍因流行平整立面設計，使校舍窗戶無外遮陽，在下雨天必須關窗以免雨飄入室內，因而致使通風不良，甚至必須開空調而浪費能源。
2. 走廊與外遮陽設計是國中小學校舍擋風遮雨最好的生態風土設計，綠色校園校舍所有的開窗面最好有一公尺以上的水平外遮陽設計，在東西曬方位更應有深邃的格子版遮陽，或是活動百葉遮陽設計，這些外遮陽造型應形成美麗的立面設計。
3. 外走廊的矮扶牆不應做成密不通風的矮牆，而應做成鏤空的欄杆，以便讓風能穿過矮扶牆而進入教室。

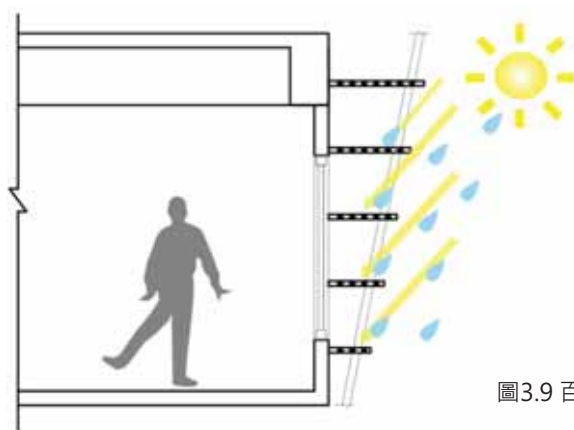


圖3.9 百葉遮陽可遮陽防雨

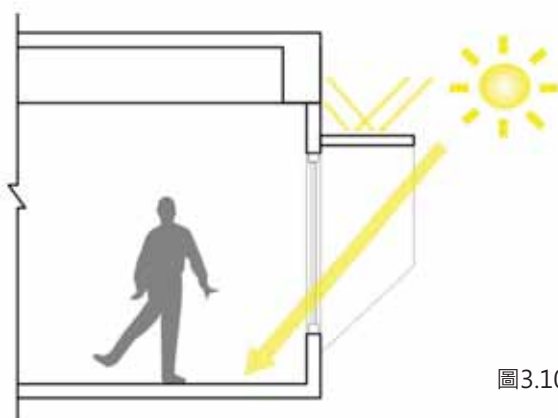


圖3.10 遮陽板可減少陽光入射

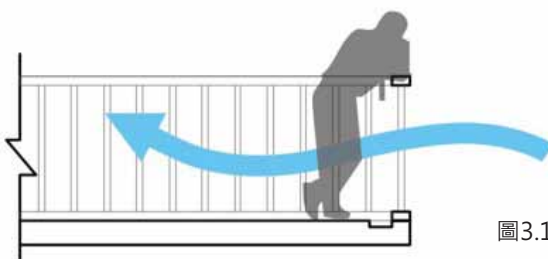


圖3.11 使用鏤空欄杆可使風通過



圖3.12 外遮陽範例



圖3.13 外遮陽範例



圖3.14 外遮陽範例



圖3.15 外遮陽範例

3-5 屋頂隔熱

在亞熱帶臺灣，影響教學熱環境最重要的因素，莫過於屋頂的隔熱性能。頂層教室屋頂樓版表面溫度在烈日下可能高達45℃，讓室內有如烤箱，即使吹電扇或空調也因高輻射熱高居不下而覺得很不舒服。改善屋頂隔熱水準的方法如下：

1. 加強屋頂隔熱層設計（降低屋頂熱傳透率U值）

一般混凝土樓版或五腳磚、空心磚、泡沫混凝土所組成的屋頂結構之隔熱水準並不好，最重要的要加入玻璃棉板之類的纖維保溫材或聚乙烯發泡板(PE)之類的樹脂保溫材才能有好的隔熱水準，但保溫材通常質軟而難以耐磨耐候，因此通常要外加五腳磚或鋼筋網混凝土層來保護保溫材。現行建築技術規則規定屋頂熱傳透率U值不得大於0.8 W/(m².K)，是學校建築的最低要求。

2. 通風良好的雙層屋頂

具有良好通風的雙層屋頂可以讓大量太陽輻射熱隨風帶走，可改善頂層空間的熱環境，但建造雙層屋頂之成本並不便宜，況且其空氣層必須夠大且通風夠好（有如有百葉通風閣樓構造），否則不如直接採用具有良好保溫層的高隔熱屋頂設計（5.0cm的保溫材相當於附鋁箔且通風良好的50cm空氣層）。然而，許多舊校舍因屋頂隔熱不良與漏水之雙重困擾，常在屋頂加建約半樓高的開放式鐵皮屋，也可勉強達到良好的隔熱效果。

3. 在屋頂設置花園、花架或農場

在屋頂設立花園、花架或農場當然是很好的隔熱設施，同時有怡情養性、生態教育與有機無毒農作的生態教育意義，但切記要有良好的防水、排水與防植物根系破壞之設計才行，否則漏水所引來的困擾遠勝於隔熱所得到的好處。另外要覺悟花園、花架或農場必須有不少水費支出，且必須付出極大的維護人力，除非有務實的財源、師資、人力配合，否則不要輕易嘗試。



圖3.16 屋頂花架

中空層之種類	熱阻 ra [$m^2 \cdot K/W$]
雙層屋頂之中空層	0.28(無通風) 0.46(有通風 · 空氣層 < 20cm) 0.78(有通風 · 空氣層 ≥ 20 cm)
雙層屋頂之中空層(附鋁箔)	1.09(有通風 · 空氣層 < 20cm) 1.36(有通風 · 空氣層 ≥ 20 cm)
聚乙烯發泡板(PE)樹脂保溫材5cm	1.32

表 3.1

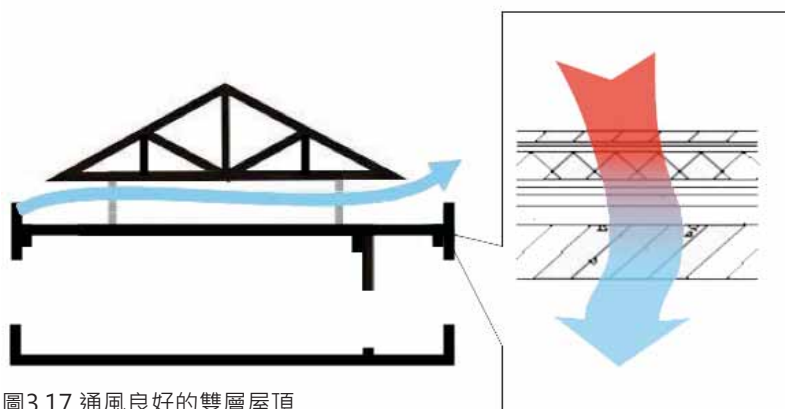


圖3.17 通風良好的雙層屋頂



圖3.18 屋頂花園有助於屋頂隔熱



圖3.19 屋頂採用透氣孔，達到良好通風與隔熱效果

3-6 教室與辦公室的綠建築設計

為了要妥善發揮照明設備的效果，在設計階段就要根據不同的空間條件搭配合理的照明配置才是最實際最有效的方法。以下羅列校園中主要的幾種空間類型應採用的照明配置方式進行介紹：

1. 照明配置

一般說來教室、專科教室、集會堂、圖書館書櫃區、教師辦公室等空間，使用者大多進行相同且均質的活動。這樣的情況適合使用全面照明(圖3.20)的方式進行配置，將燈具平均分布在空間中的每個位置，使整體的照度均勻。由於燈具直接向下照射，大多數光線能集中於照明作業面、水平展示面及整體環境，是經濟節能的照明手法，教室照明燈具最好能平行黑板排列，以便能使照明配光均勻分佈教室。燈具開關迴路最好能順開窗面系統分迴路配置以便在晴天日能關閉窗邊照明而節約能源。

2. 晝光輔助人工照明

教室等空間利用自然採光開窗設計以提升室內品質。採用明亮的清玻璃或Low-E玻璃，避免採用易造成室內陰暗的高反射玻璃。為維持室內環境品質，有效自然採光空間開窗面採光深度應小於3倍，否則難以視同自然採光空間。

(註：採光深度 = 室內空間深度/天花板高度；若為兩面開窗，則室內空間深度可折半計算。) 要滿足室內照明之一定水準，我們必須配合晝光之變化，隨時調整人工光源之照度。特別適合用於教室、辦公室等空間，可使白天大幅減少燈具的使用量。

3. 照明與吊扇一體設計

我國中小學校舍還是以吊扇作為夏季消暑的主要設計。國民中小學假如能做好屋頂隔熱、通風與外部遮陽設計，事實上依賴吊扇之吹涼也能安然度過夏日。然而，吊扇之配置常與照明有所衝突，因此照明與吊扇的一體設計是講求環境效益的一環，本書提供建議如下：

- 為了避免吊扇擺動陰影投射在桌面，燈具光源應該設置在吊扇葉片以下。
- 設計者做好將吊扇吹及範圍與燈具照射範圍做最佳分割設計，讓桌面照度與吹風之分佈均勻。同時也應設計好燈光開關模式，以便在白天採光良好時，能分段關閉窗邊照明，以便節約能源。
- 一般教室之樓版高度約有3.5m高，為了因應照明效率與吊扇葉片高度，通常以下垂0.8~1.2m的吊架式明管



圖3.20 全面照明

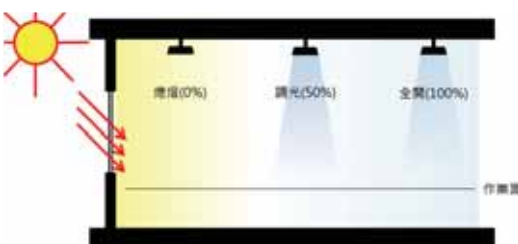


圖3.21 晝光輔助人工照明

線槽作為照明燈具之結構框架，再將直接下垂吊扇固定其間即可。這時線槽結構框架與吊扇的一體設計是美學上很重要的設計。

4. 定時更換老舊燈管

更換燈管宜在燈管壽命前分批更換，約可節省電能15%若一天上課八小時，建議五年期全部更新，能使燈具有效率地使用。

5. 定期清洗

- a. 燈管與器具在五年耐用期間，如未清洗其照度將大幅降低。
- b. 定期清除光源覆蓋之灰塵，每三個月清洗一次，可減少損失16%。



圖3.22 照明與吊扇一體設計

3-7 圖書館的綠建築設計

由於網路資訊化與班群空間之發展，國中小學圖書館有時兼做多用途空間或電腦資訊室，其閱覽空間也變得較自由而開放，其綠建築設計的重點如下：

1. 無論如何屋頂隔熱、通風與外遮陽設計還是最基本要求。圖書館最重要是要有大量作為書架的牆面與均勻穩定的高窗採光，太多大玻璃與大落地窗設計會引來眩光與日射，對圖書收藏不利。
2. 圖書館是學校建築中最多裝潢之處，因為有大量隱藏有毒物質的建材，尤其必須注意採用健康無毒的建材。其中書架、書桌、地板最可能使用大量木料、夾板、地毯、染料，牆面也使用大量塗料，隱藏大量有毒與致癌物質的危機、學校最好能要求全面採用具有綠建材標章的建材才好。目前這些綠色建材之價格與一般建材已相差無幾，但對兒童健康影響頗大。
3. 照明設計是圖書館節能設計的重點。一般建築師喜歡用的圓形小燈、崁入式筒狀燈、省電燈泡都是效率不好的燈具，很難有好的節能效果。最好以高效率線型光源來設計天花造型，其燈具通常為具有防眩光百葉、高反射率反射板的高效率螢光燈具（裝設電子式安定器的T8或T5燈管），但是不可過量設計，其桌面高度之照度設計在350lux即可，另外在閱讀桌處使用局部全面照明的方式(圖3.23)，加裝防眩光之檯燈以確保閱讀面照度在500~700lux，才能達到舒適又節能的照明設計。
4. 中小學圖書館通常不會大到非使用中央空調系統不可，通常採用具有經濟部能源局節能標章的分離式冷氣或可變冷媒系統即可，但切記不要設計超量的冷氣設備，否則電費將不堪負擔。過去的空調工程師對冷氣設備都有超量設計的傾向，通常在合乎外殼節能設計的圖書館之冷氣設備密度應在6~7坪/US噸以內才屬合理，學校與設計師應謹慎檢討以防止其超量設計。



圖3.23 局部全面照明

3-8 體育館與集會場的綠建築設計

國中小學體育館通常是兼做集會、運動的多用途大空間，其綠建築設計的重點如下：

1. 無論如何屋頂隔熱、通風設計還是最基本要求，尤其體育館或集會堂的大面屋頂大量承受日照，是其環境舒適與節能之重點。現行建築技術規則規定屋頂熱傳透率U值不得大於 $0.8W/(m^2.K)$ ，務必要求比這更好的水準才是根本之道。
2. 針對集會場所的舞台區使用局部照明(圖3.24)可以創造良好的戲劇性與立體感，吸引觀眾的目光。舞台區域照明可設計調整照明投射方向的聚光燈，強化明暗對比的效果。
3. 大型空間若採用直接照明，向下光線易過強而側面光線不足，底下的人物產生往下陰影而有陰森感。這種明暗對比不均之照明現象，乃因為缺乏側面間接反射光線，此問題可利用間接照明方式來解決，例如裝置在低處的燈具投射至天花面的高反射材來獲得均勻擴散的照明環境，由於擴散光線所產生之大量多次側面反射光線，可以產生極佳之立體均齊度，不但可改善明暗對比之盲點，同時可免除屋頂配置照明燈具與電路配線的設備費，並可在低處更換照明燈具設備而免除至天花板更新維修的困擾(圖3.25)。
4. 由於體育館或集會堂內可能有喧嘩、打球之活動，假如吸音設計不良可能有嚴重噪音、回音之現象，其室內牆面與天花面應採用良好吸音兼防火之設計才行。

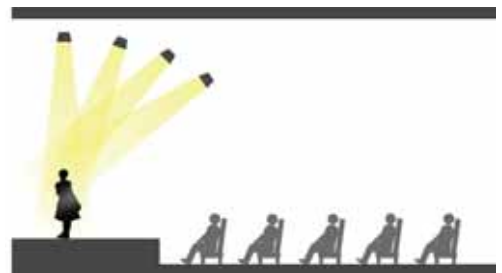


圖3.24 局部照明



圖3.25 大型空間使用間接照明



5. 由於體育館之天花高度大，其照明設計是能設計的一大重點。通常應該採用大功率的陶瓷複金屬燈具或複金屬燈具才有好的節能效果，複金屬燈具有較好的演色性，讓色彩看來更逼真自然，是較好的選擇，但是一定要慎選防止眩光的燈具，以免對室內活動產生障礙。
6. 較大型的國中小學體育館或集會堂，在過去常使用廉價且低效率的水冷式箱型空調機系統，常引發嚴重噪音與耗電的問題。現在國中小學體育館或集會堂，在天花高度不大的平面式集會空間也許採用室內風機式FCU系統，但是因空氣品質與除濕能力不佳之故，一般較建議採用中央空調箱AHU系統之中央空調系統為佳。一般空調工程師對冷氣設備都有超量設計的傾向，通常在合乎外殼節能設計的體育館或集會堂之冷氣設備密度應在4~5坪/US噸以內才屬合理，學校與設計師應謹慎檢討，以防止其超量設計。
7. 許多中小學校的教室相當簡陋，卻建造空調型活動中心兼體育館，但空調型活動中心空調、照明耗電多，維護成本又高，常造成學校財政困擾。尤其，許多學校體育館多採用便宜卻耗電的箱型冷氣設計，不但噪音嚴重且有驚人之耗電。在經費有限現況以及台灣位處亞熱帶氣候的條件下，應朝向自然通風的複合式場館設計才是務實之道。其重點在於做好屋頂隔熱（ U 值應在 $0.8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 以下）以及良好的自然通風設計。
8. 許多學校興建多用途之「風雨體育館」，只有基本的舞台與儲藏設備空間，造型可愛，四面通風採光良好，無空調、少照明，很適合豐富而多樣的教學形態，比如體育表演、童軍、綜合等行動教室特質，亦可作為社區晚會，典禮、園遊會、農產品展銷等多樣的複合式功能(如圖3.26)，是低維護、節能、健康的綠色體育館兼活動中心設計。



圖3.26 高雄市大社國中自然採光通風的開放式體育館

3-9 使用再生建材

所謂再生建材就是把工廠或建築之廢棄材加工再製成新建材，其性能與一般建材無異，但卻可減少廢棄物，對環保有莫大的幫助。綠建築評估系統的「CO₂減量」與「廢棄物減量」兩指標，對於採用再生建材有極大的優惠計算，其中最重要的手法如下：

1. 使用高爐水泥

高爐水泥就是在水泥中加入部分比例之爐石粉的水泥。爐石粉乃是煉鋼廠的爐渣廢棄物，以它做為材料的高爐水泥，不但可減少大量爐渣、粉塵、空氣懸浮粒子的廢棄物，同時可以減少水泥用量。一般高爐水泥可混入30~40%的爐石粉，其初凝結構強度雖較低（拆模時間多一兩天即可），但最終結構強度為一般水泥的1.4倍，是很一舉數得的節能減碳作法。一般預拌混凝土廠均有添加爐石粉的預拌混凝土服務，其價格與一般預拌混凝土毫無差異，業主不必擔心使用高爐水泥會增加成本，但是為了確保高爐水泥之拌和均勻度，最好應指定信用良好、有品牌的預拌混凝土大廠出貨才能確保品質。

2. 使用再生面磚、地磚

臺灣的RC構造建築物使用大量的外牆面磚、地磚、空心磚，若能改用全面廢棄物再生的建材，對環保有莫大助益。通常只要選用具有綠建材標章或環保標章的同類產品即可，它們目前的價格已經與一般建材相近，很易被普遍採用。

3. 使用廢棄物作為建材

不使用繁複再製過程的再生建材，直接使用廢輪胎、廢棄建材、廢棄混凝土塊等作為坡坎、景觀鋪面之作法也是最好環保作法，這些在綠建築標章中有很好的優惠評分。



圖3.27 以廢輪胎再生的連鎖磚



圖3.28 廢輪胎作成的擋土邊坡



圖3.29 廢棄混凝土塊作成的景觀鋪面

3-10 生態綠化

校園綠化應盡量講求與生物共生的生態綠化，除了確保充足的綠化量外，最重要的是「確保綠地的生態品質」，創造植物、氣候、地理條件之多樣性，以創造多樣化的生物棲地，具體應依下列四個原則來進行綠地生態綠化設計。

1. 提高植物歧異度：

符合生態的景觀園藝計畫，切忌採用「單一物種大量栽培的方式」，而應採用「多層次雜種園藝」。因單一樹種過多無法提供健全的棲息空間，且特別容易因病蟲害造成同種樹種全面生病死亡，因此進行生態綠化時，應該避免選用單一物種，並降低不同樹種數量上之差距，以提高物種的歧異度，創造棲地與物種多樣化的目的。通常校園等大面積基地種植的喬木種類至少要多於20種、灌木藤蔓植物類至少要多於15種。

2. 栽植原生與誘蝶誘鳥植物：

原生植物擁有了最珍貴的遺傳基因寶庫，不僅是最適合當地自然條件，而且在演化過程之中，亦與當地各種昆蟲鳥獸與土壤植物，形成生態良好的共生關係。為了維持生物多樣化環境，應盡量在校園內減少人工草坪、多關灌木野草地、廣植食草植物、蜜源植物與誘蝶誘鳥植物，以增加多樣化生物環境的基盤。生物多樣化綠地，應該能提供多樣化生物充足的「覓食環境」除了生物鏈之間的相剋相食之外，也應該有多樣化的食物源來引誘更多樣的生物棲息。

3. 複層綠化：

採用不同樹種、不同高低喬木、灌木、草花、藤蔓混種的園藝，任由樹木枝條型態自由生長，只做最少的修剪管理。除了喬木的多樣化外，其他如灌木、藤蔓、花草、地披植物也要兼顧「物種多樣性綠化」。或許園藝有時看來雜亂無章，但這才是生物最喜歡的棲息環境。



圖3.30 台北市老松國小密植混種喬木

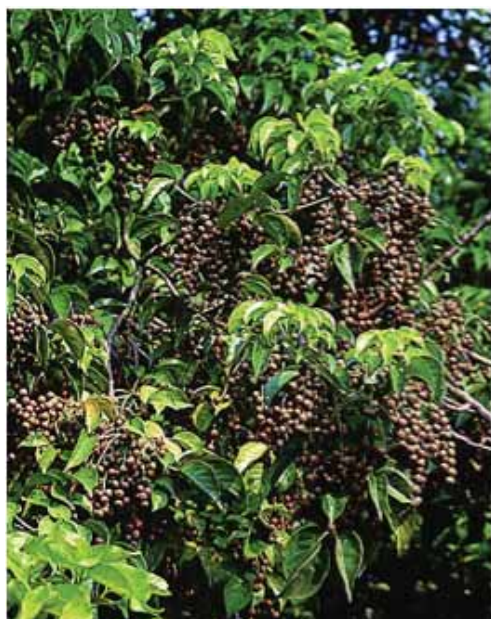


圖3.31 典型誘蝶誘鳥植栽



圖3.32 典型誘蝶誘鳥植栽



圖3.33 臺南市億載國小人行道，利用喬木、灌木形成多層次綠化



圖3.34 高雄市前峰國中庭善用喬木、灌木與草花，形成生態複層化的校園



圖3.35 複層綠化

4. 立體綠化

校舍的陽台、露台、牆面、屋頂假如能夠進行立體綠化，可以減少鳥類、昆蟲遷移交流之障礙，對生物多樣化環境有莫大助益，在綠建築的評分上當然有很大幫助。然而立體綠化切記要有良好防漏水設計及固定水源供應(如雨水回收)，同時要定期澆灌與維修，此乃生態教育之一環。



圖3.36 國內小學立體綠化案例

闊葉大喬木	樟葉槭、蓮葉桐、糙葉榕、香楠、臺灣樂樹、大葉楠、欖仁、苦楝、烏心石、楓香、刺桐、白雞油、榕樹、樟樹、茄苳、紅楠、山欖、雀榕、青剛櫟、稜果榕、臺灣朴樹、臺東漆、青楓、竹柏、假三腳陸、欖仁舅、九丁樹、瓊崖海棠。
闊葉小喬木、針葉木 或疏葉型喬木	港口木荷、黃槿、穗花棋盤腳、山刈菜、山黃皮、香葉樹、披針葉銀頭果、鐵色、檉樹、恆春厚殼樹、鵝掌柴（江某）、牛乳榕、臺灣石楠、無患子、黃連木、流蘇樹、野桐、血桐、杜英、九芎、大頭茶、山黃麻、羅氏鹽膚木、鐵冬青、魯花樹、相思樹、臺灣山枇杷、臺灣肖楠、水柳、珊瑚樹、臺灣扁柏、水黃皮、火筒樹、臺灣黃楊、筆筒樹、山黃梔、百日青、海欖果、破布子、內冬子、菲律賓銀頭果、過山香、呂宋莢迷、臺灣海桐。
棕櫚科	臺灣海欖、山棕。
灌木	蘭嶼羅漢松、華八仙、海埔姜、七里香、苦林盤、海桐、野牡丹、銳葉柃木、杜虹花、冇骨消、月桃、芙蓉菊、厚葉石斑木、鵝掌藤、姑婆芋、木槿、金毛杜鵑、臺東火刺木、硃砂根、三葉埔姜、苦檻藍、臭娘子、枯里珍、雞母珠、紅柴。
草本	樹大秋海棠、桔梗蘭、台灣澤蘭、水鴨腳、文珠蘭、蛇莓、兔尾草、假儉草、沿階草、紫蘭、車前草、香蒲、槍刀菜、奶葉藤、爵床、天胡荽、山蘇。
蔓性及懸垂植物	馬鞍藤、薜荔、膨麒麟、虎葛、地錦、海金沙、濱刀豆、金銀花、臺灣木通、葎草。
海濱植物	大葉山欖、欖仁樹、黃槿、棋盤腳、臺灣海桐、銀葉樹、海欖果、台東漆、水黃皮、瓊崖海棠、臺灣海欖、苦林盤。 海埔姜、臺東火刺木、毛苦參、三葉埔姜、苦檻藍、山豬刺、臭娘子、枯里珍、白水木、草海桐、濱刀豆、馬鞍藤、膨麒麟。
水生植物	野慈姑、香蒲、鴨舌草、水芹菜、滿江紅、臺灣水龍、大安水蓑衣、水丁香、圓葉節節菜、臺灣萍蓬草、水竹葉、菖蒲、小蒼菜、燈心草。

表3.2 誘鳥誘蝶植栽參考表

闊葉大喬木	樟葉槭、蓮葉桐、糙葉榕、香楠、臺灣樂樹、大葉楠、欖仁、苦楝、烏心石、楓香、刺桐、白雞油、榕樹、樟樹、茄苳、紅楠、山欖、雀榕、青剛櫟、稜果榕、臺灣朴樹、臺東漆、青楓、竹柏、假三翅藤、欖仁屬、九丁樹、瓊崖海棠。
闊葉小喬木、針葉木 或疏葉型喬木	港口木荷、黃槿、穗花棋盤腳、山刈菜、山黃皮、香葉樹、披針葉鰐頭果、鐵色、檫樹、恆春厚殼樹、鵝掌柴（江某）、牛乳榕、臺灣石楠、無患子、黃連木、流蘇樹、野桐、血桐、杜英、九芎、大頭菜、山黃麻、羅氏鹽膚木、鐵冬青、魯花樹、相思樹、臺灣山枇杷、臺灣肖楠、水柳、珊瑚樹、臺灣扁柏、水黃皮、火筒樹、臺灣黃槿、筆筒樹、山黃梔、百日青、海欖果、破布子、內冬子、菲律賓鰐頭果、過山香、呂宋莢蒾、臺灣海桐。
棕櫚科	臺灣海棗、山棕。
灌木	蘭嶼羅漢松、華八仙、海埔姜、七里香、苦林盤、海桐、野牡丹、銳葉柃木、杜虹花、冇骨消、月桃、芙蓉菊、厚葉石斑木、鵝掌藤、姑婆芋、木槿、金毛杜鵑、臺東火刺木、硃砂根、三葉埔姜、苦檻藍、臭娘子、枯里珍、雞母珠、紅柴。
草本	樹大秋海棠、桔梗蘭、台灣澤蘭、水鴨腳、文珠蘭、蛇莓、兔尾草、假儉草、沿階草、紫蘭、車前草、香蒲、槍刀菜、奶葉藤、爵床、天胡荽、山蘇。
蔓性及懸垂植物	馬鞍藤、薛荔、彭祺菊、虎葛、地錦、海金沙、濱刀豆、金銀花、臺灣木通、菰草。
海濱植物	大葉山欖、欖仁樹、黃槿、棋盤腳、臺灣海桐、銀葉樹、海欖果、台東漆、水黃皮、瓊崖海棠、臺灣海棗、苦林盤。 海埔姜、臺東火刺木、毛苦參、三葉埔姜、苦檻藍、山豬棚、臭娘子、枯里珍、白水木、草海桐、濱刀豆、馬鞍藤、彭祺菊。
水生植物	野慈姑、香蒲、鴨舌草、水芹菜、滿江紅、臺灣水龍、大安水蓑衣、水丁香、圓葉節節菜、臺灣萍蓬草、水竹葉、菰蒲、小苔菜、燈心草。

表3.3 原生植物參考表

3-11 室內裝修

國中小學校舍、辦公室通常以簡單樸素的裝修為主，亦即以原結構表面簡單粉刷為主，但其中的圖書館與視聽教室則因音響與家具之要求而有較多裝修。由於這些裝修方式攸關人體健康，因此在室內環境指標之評估上有下列幾點值得注意：

1. 室內環境指標關於室內裝修之評估，最重要的是要求採用無毒、無害、環保的綠建材。由於學校校舍以塗料粉刷為最大宗，因此採用較少化學物質的水性環保塗料是最主要的考量。現在具有綠建材標章的塗料已經十分普遍，價格也很合理，強制全面採用有綠建材標章或環保標章的塗料是最低之要求。
2. 圖書館、體育館與視聽教室使用較多牆面板材、地版材與天花板材，切忌使用多甲醛、重金屬、揮發性化學物質之板材，建議採用有綠建材標章或環保標章的板材才是確保人體健康的保證。
3. 室內隔間盡量使用乾式隔間，可減低建築結構承載荷重與搬運成本，也因質輕，耐震性亦佳，萬一牆塌時也可減輕造成的傷害(此為非結構性承重牆或是具抗剪力之牆使用時)；乾式隔間還有施工快速的優點，節省成本，可輕易切割組合，亦可縮短工期；因為原料多為無機質，具不燃性並且為熱之不良導體，防火隔熱效果佳；乾式隔間現場污染較少，乾式施工可減少廢棄物產生，保持工地乾淨與環境清潔，大幅降低營建污染。



圖3.37 綠色建材



圖3.38 以回收木料做成的教室地板

什麼是綠建材？

在原料採取、產品製造、應用過程和使用以後的再生利用循環中，對地球環境負荷最小、對人類身體健康無害的材料，稱為『綠建材』

什麼是綠建材標章？

綠建材標章的內涵主要是對建築生命週期各階段之建材進行認定，包含：

第一、資源採取與製造階段：考量建材之生態性，著重生生不息、無匱乏之虞的天然材料，且低人工處理，以求對環境無害、對人體無毒之用，是為「生態」之範疇。

第二、建材使用階段：必須為低甲醛及TVOC逸散，對人體無害，是為「健康」之範疇。

第三、性能提升階段：針對噪音、基地保水等問題，提升建材之各種特殊性能進行評估，是為「高性能」之範疇。

第四、廢棄再生階段：再生建材是以回收國內廢棄物再製而成，並達到基本之安全與功能性要求，是為「再生」之範疇。

資料來源:臺灣建築中心

什麼是環保標章？

為配合綠色消費導向，讓消費者能清楚選擇有利環境的產品，促使販賣及製造之產商，因市場之供需，自動發展有利於環境的產品，環保署設計了環保標章制度，標章圖樣以「一片綠色樹葉包裹著純淨、不受污染的地球」表示，則是象徵著「可回收、低污染、省資源」的環保理念。

環保標章頒發給經過嚴格審查，在各類產品項目中，環保表現優良的前20~30%的產品。消費者使用具有環保標章之綠色產品來取代傳統產品，可以讓我們的環境獲得不少的效益。

資料來源: 行政院環境保護署綠色生活資訊網

3-12 廚房（污水處理）與廚餘垃圾處理

1. 雨污分流設計

關於污水處理設施，目前已有嚴格法令規範並已納入政府管制督導範圍。但事實上，對於污水處理設施的現場顯示，污水雜用水配管的正確接管檢測及排放水質的檢測的不足已導致生活污水危害河川，海域，並破壞地球環保，為改善前述狀況，



圖3.39 油脂截流器

2. 廚房油污截流器設計

建築物排水中含有油脂，沙粒，易燃物及固體物等有害排水，應再排入公共排水系統前，依建築技術規則規定裝設截流器或分離器，同時應定期清理，並將排水管確實接管至污水處理設施或污水下水道。

3. 廚餘處理

所謂廚餘就是家庭和大團體(學校，公司，工廠，部隊)廚房的剩餘物，包括了果皮，剩菜飯，魚肉，骨頭，茶葉等。廚餘原本是歸屬於垃圾之中，若將其加以發酵處理後，即可再生成廚肥，可有效達到廢棄物減量，並能充當有機肥料使用。

而關於廚餘的發酵與分解，廚餘是有機物質且水分含量多，所以極易腐爛，散發惡臭，而引來蚊蠅，老鼠等病媒。廚餘的腐爛，發臭事由於雜菌侵入而引起，但只要加入若干有益的微生物群(Effective Microorganism，簡稱EM)，它將和水果酒，優酪乳，養樂多及豆腐乳一般，經過有益發酵而轉變為不腐臭，不招蚊蟲且肥料效果極佳的有機廚肥。

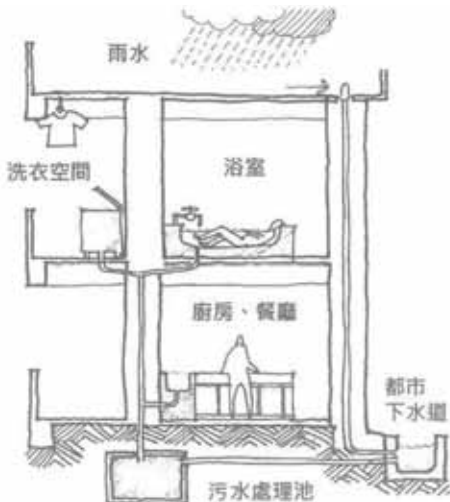


圖3.40 雨污水分流系統



圖3.41 廚餘堆肥委外處理

廚餘堆肥的製作流程：

1. 前置作業

選購市售容量約8~12公升，塑膠材質（附蓋子）的廚肥桶2~3個以為輪替。該桶子內部設有隔網，可把廚餘阻隔在網上方，廚肥汁（又稱EM汁）則可透過隔網而流至桶底，桶底另設開關可隨時將EM汁排出桶外。桶內尚有一壓實器，器內需自行加水或沙以增加重量壓實廚肥。

2. 製作流程

- 將廚餘細切，以加速發酵。
- 將細切廚餘置於滴水盤一小時。
- 廚餘裝填至桶內，並儘量少打開桶蓋（因有益微生物群為厭氧性菌）。當首次裝填滿3天後便可陸續由桶底取EM汁，其可稀釋用於植栽。
- 靜置10（夏）~14（冬）天，便可進行廚餘之掩埋，一個月後可完全肥料化。

3. 結合庭園景觀的堆肥箱

此種堆肥箱在造形上與庭園花架，植栽較為融合，美觀上增色不少，至於原理極處理效率則與堆肥桶相仿。



圖3.42 堆肥發酵



圖3.43 製作完成的堆肥

3-13 戶外停車場

為了維持校地的透水功能，並保持涼爽的生態氣候，綠色校園的戶外停車空間應採良好透水鋪面設計，並保有遮陰效果，其設計重點如下：

1. 透水停車場

應依自行車、摩托車或汽車之承載重量，設計透水性停車場。供車道及停車場使用的植草磚需要有20cm以上的級配層，才能有足夠的承載力。千萬不可使用混凝土來打底，否則便失去了透水磚透水生態功能。有時車道可採耐重壓的透水鋪面而停車格可使用直草磚或碎石鋪面，甚至可採用廢棄混凝土塊再生之骨料作為鋪面。無論如何要先做好排水設施，以免積水而難以清潔。

2. 遮陰設計

停車場最好能栽種富遮陰功能的喬木，或設計遮陰花架，以便能減緩都市熱島效應，並能保護車輛的受日照而快速劣化。



圖3.44 利用木塊與碎石設計的透水停車場



圖3.45 純碎石停車場



圖3.46 國內某中學利用喬木作為停車場庇蔭設計

3-14 地下室通風採光設計

有些中小學因校地面積限制，校舍需垂直發展。傳統地下室其通風採光性能不佳限制了地下空間之使用，只能當作停車場、防空避難室或機電空間使用。許多傳統的地下室無適當之開口引入陽光，即使是白天亦須開燈，假如能引入通風天井設計，不但有效解決地下室通風採光的問題，亦能一改地下室陰暗潮濕的不良印象。其設計要領如下：

1. 地下室經常作為停車場之用，而通風條件較差的情況下，車輛排放之污染物，加上車輛進出揚起之粉塵，造成空氣品質的惡劣，而這種情況越往下樓層越嚴重故地下室的通風狀況是非常重要的。若能把地下室四周挖出約一公尺寬之採光通風天井，將有助於地下室空間的自然通風對流。由於國民中小學校舍地下室通常不很深邃，依靠兩邊天井對流即可保持空氣新鮮，不讓地下室啟動機械通風，可收節能之效。
2. 有時在地下室四周天井設計耐陰性之植物庭園，不但可引進陽光空氣，也可引進庭園景觀，可化解地下室陰森之感覺。
3. 多數地下室自然通風環境不佳，為保持地下室環境品質，在法規上被強制適用機械通風方式來幫忙。假如地下室四周設有採光通風天井，可在室內裝設CO濃度偵測器，在CO濃度10PPM以上時才啟動機械通風，全年可能毫無使用機械通風之時候，可省下大量能源。



圖3.47, 48 優良之天井設計不但解決地下室之通風採光問題，亦能一改地下室陰暗潮濕之刻板印象



圖3.49 一般地下室無適當開口引入陽光及空氣，即使是白天亦須開燈



圖3.50 適當天井設計不僅引入陽光及空氣，亦能將綠化引入地下室



圖3.51 地下室適當的開口使得位於地下的教室亦能獲得充足陽光

3-15 垃圾處理場

垃圾處理場是綠色校園重要的教育基地，其設置重點如下：

1. 綠色校園應須有綠化、美化或景觀化的垃圾處理場，並且有充足的垃圾清運空間與順暢的清運動線。
2. 垃圾處理場應有良好垃圾分類回收系統，並有為防止動物咬食的衛生密閉式垃圾箱，並應定期清洗及衛生消毒，以配合學校環境教學徹底推行垃圾分類回收教育
3. 未能於校內資源化者應定期委外清運處理；落葉等有機垃圾最好能設有落葉堆肥並設有再利用系統(設有絞碎、翻堆、發酵處理設備及產品)。

垃圾分類

如果是一般家庭，垃圾直接交給清潔隊員，只要將垃圾區分為「資源垃圾」、「廚餘」及「一般垃圾」三類便可，以增加民眾從事資源回收工作的便利性及意願；而校園空間較大，人數較多，若能將資源垃圾再作進一步分類，能減少後續處理所需耗費的人力物力，更符合減碳之精神。

社區或學校可依照材質的不同分別設置廢紙類、玻璃瓶、塑膠瓶、鐵鋁罐、鋁箔紙盒包等資源回收桶，分類收集後定期賣給回收商，所得費用可供作福利金或推動資源回收相關工作之用。



圖3.52 資源垃圾設有專用的儲集場及清運空間



圖3.53 美化的垃圾場有助景觀



圖3.54 分類較完整的資源回收箱



圖3.55 垃圾分類



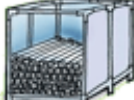
紙類				
包括筆記書寫紙、稿紙、電腦報表紙、影印紙、牛皮紙袋、瓦楞(盒)...等等				
				
一般廢紙	白紙類	混合紙類	牛皮紙類	報紙類
廢玻璃				
一般玻璃瓶 	含有害物質藥瓶 	日光燈管 	玻璃瓶及日光燈管等分類不同，不可相混。一般玻璃瓶與含有害成分玻璃瓶應分別回收	
塑膠瓶、免洗餐具			罐鋁罐	
		碗、盤、便當盒 -包括紙、塑膠及保麗龍	一般鋁製飲料罐或罐製飲料、食物容器	
		飲料杯、紙杯、塑膠杯、保麗龍杯、漢堡盒及保麗龍	紙盒包、鋁箔包	
		保麗龍生鮮托盤	 紙盒包:以經浸蠟處理或塗佈、貼合塑膠薄膜或鋁箔之紙板製成，並以氣密或液密方式包裝之紙容器 鋁箔包:以紙、鋁箔及塑膠等材質製成，並因包材中含鋁箔而得名。最常見的紙盒包、鋁箔包，多用來盛裝牛奶、飲料。	
資料來源:行政院環境保護署網頁				

表3.4 垃圾分類

3-16 操場與跑道

許多國中小學常設有操場與跑道，它們通常必須與教學校舍群分離設置，以避免噪音干擾教學。操場內兼用之球類運動場必須把長軸南北配置，以免東西日照引發比賽之公平性。操場與跑道在環境生態上有下列值得注意之處：

1. 為了確保良好透水與保水功能，操場內部應以假儉草之類的耐旱性自然草地設計為佳，不應設置高維護成本且需人工澆灌的韓國草草坪，否則在綠建築評估中會以浪費水源而遭到扣分。
2. 假如操場能設計成短暫蓄洪之場所，對於區域防洪治水有很大功效。其作法有二：一是所謂「開放蓄洪池」之作法，通常在滲透良好之校地，把操場下凹設計約二十公分，讓操場在大豪雨之日可全面蓄水20cm（無兒童溺水之虞），在放晴之日時可讓水漸漸消退。二是所謂「地下貯集滲透」之作法，通常在滲透不良之校地，藉由創造地下儲水空間來保水的方法，亦即在操場地下挖掘蓄水空間，填入礫石、廢棄混凝土骨料或組合式蓄水框架，外包不織布，讓雨水暫時貯集於此地下孔隙間，然後再以自然滲透方式入滲至土壤的方法。
3. 操場跑道應以生態透水設計為佳，不應以不透水PU或混凝土作為跑道。為了兼顧透水功能，並避免塵土飛揚或不均勻沈陷之缺點，現在有一PP硬底透水跑道工法，先施做透水瀝青跑道（以粗骨材為基層）之後，再鋪上透水纖維材質的PP表層織物，可耐局部修補，又有良好透水功能。

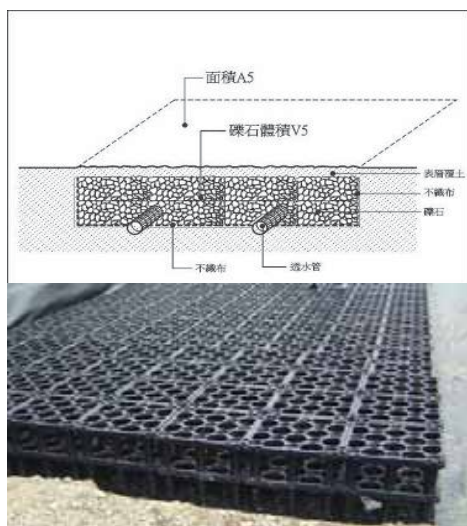


圖3.56 地下礫石層與組合式蓄水框架的地下貯集滲透工法

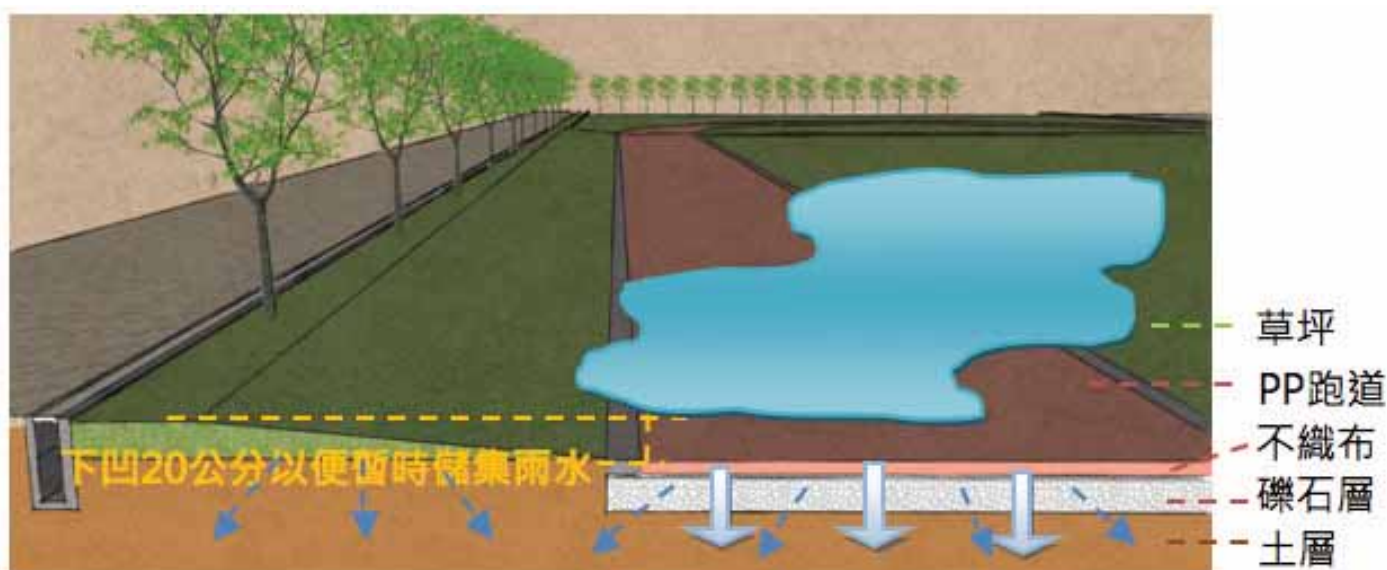


圖3.57 操場作為開放蓄洪池使用，為考量學童安全不宜過深



圖3.58 跑道中央廣場部分配置綠地，減少溫室效應並具大量蓄水功能



圖3.59 PP透水跑道可讓雨水下滲儲存



圖3.60 採用污染、有毒、不透水混凝土打底的學校田徑場嚴重破壞環境氣候

3-17 步道與廣場

綠色校園要求良好的透水環境，但校園的步道、車道與廣場是最難達成透水要求之處，其透水設計在綠建築標章的「基地保水指標」中有很好的評分，以下注意事項值得透水設計之參考：

1. 步道與人行廣場的透水設計

由於無重車通行、承重量要求低，因此校園的人行步道是較容易採用透水鋪面設計的，尤其配合園藝造景，以砌石、石版、木塊、竹筒等自然材料均能做出美麗步道，現在則以工業化的連鎖磚透水鋪面為多。一般所指的「透水鋪面」，大致上可分為上下兩部分，上為表層、下為基層。

表層通常為耐磨材，由連鎖磚、石塊、水泥塊、磁磚塊、木塊、HDPE格框(High Density Polyethylene，高密度聚乙烯)等硬質材料以乾砌方式拼成；而基層通常為「承載層」，由透水性良好的砂石級配構成。只要由表層至基層均有良好的透水性，便可確保降水可由縫隙滲入地下，達到良好的透水性能。

2. 車道與車行廣場的透水設計

對於承載力要求較高的車道與車行廣場，施行耐重壓的透水設計是有較高難度之要求。有一種採用粗骨材(無細骨材)的透水瀝青鋪面常被用來作為車道的透水設計，但其孔隙很容易被阻塞，其透水性能難以長久維繫。

另外有一種在通氣導管塑膠框架上打上混凝土的高承載結構型透水鋪面，其表層綿密的通氣管連通充滿粗骨材的基層空隙空間，具有絕佳的透氣、透水、保水與蓄洪功能。此種透水土法依其承載需要可調整其通氣管與混凝土之厚度與強度，適用於高交通量與高承載量之鋪面，但必須依照其特殊規範施工，確保其保水品質後，其基層體積高達三成以上之孔隙率可以擔當防洪蓄水之功能。

3. 無論任何鋪面工程，應與樹木保持適當距離，以免妨礙樹木成長。

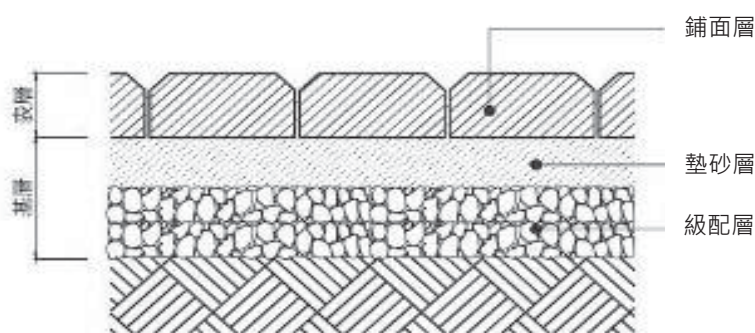
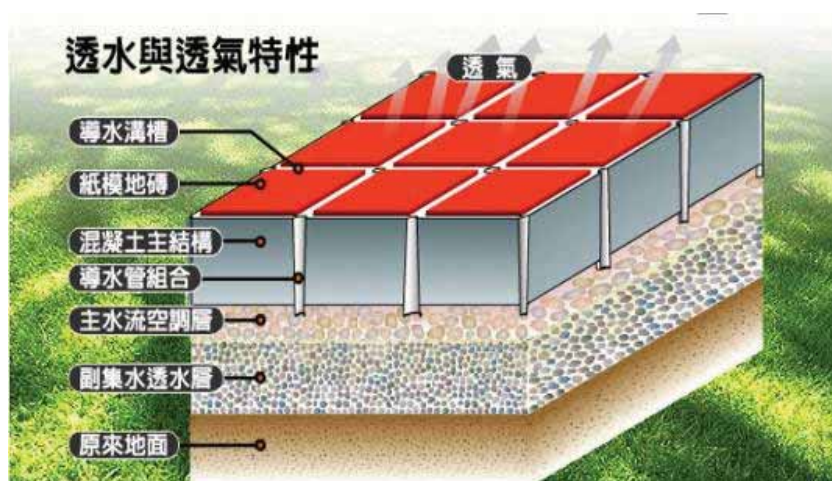


圖3.61 透水鋪面



圖3.62 透水鋪面



會呼吸的大地-高承重透水鋪面工法

		
空調導水管架構	灌注混凝土	國立臺北科技大學步道完工圖

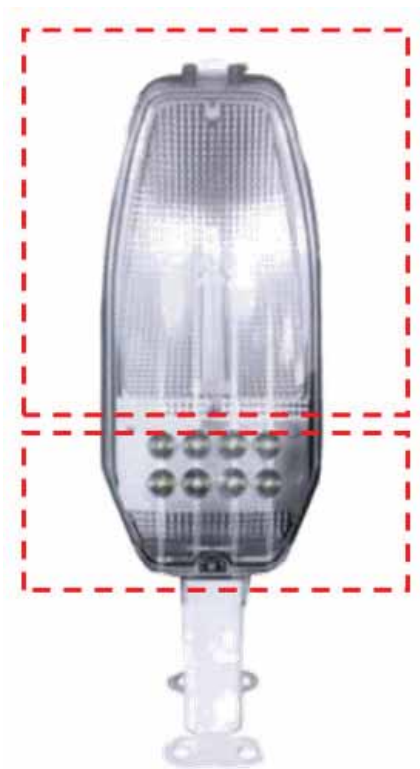
圖3.63 高承載力的通氣管結構型透水鋪面

3-18 室外照明

綠色校園的戶外照明要兼顧安全、節能、生態之三原則，其設計原則如下：

1. 亮不一定安全（合理的照度即可）

許多人認為，夜間照明越亮越安全，如果處在一個明暗對比非常強烈的戶外環境，像是在黑暗中遭遇刺眼的街燈或投射燈，眼睛無法瞬時地適應明暗變化就很容易發生意外。而光亮的照明區在黑暗環境中反而是最明顯的目標，所以從安全感的角度來說，這反而會帶來一些負面影響。美國照明研究中心（Lighting Research Center，簡稱LRC）的研究顯示，30 lx的戶外照度已是照明安全感的極限值，所以戶外照明根本不需要過高的照度。安全感事實上更需要考量照明的均齊度、光線的涵蓋範圍還有光的演色性，亦即不刺眼、無眩光、顏色自然。



2. 採用高效率燈具

a. 一般的照明光源成本較低，但與高效率燈源相比，用電的費用相對較高。如果對整體的照明費用加以考量計算，應採用高效率的燈源(如表3.5)，其中除水銀燈外的高強度氣體放電燈都具有非常優良的發光效率，長期下來可節省可觀的照明費用。其中又以陶瓷複金屬燈及複金屬燈兼具高發光效率與演色性之優點，特別適合做為夜間戶外的主要照明燈源。

b. 使用具有定時開關或切換設計的燈具，例如使用分段控制之路燈可做間隔式的開關切換，降低整體環境照度。或是燈具光源包括HID與LED兩部分，一般夜間時段使用高效率的HID光源，而在深夜時段改用LED光源提供照明或完全關閉，可大幅降低深夜過量的光線，還可節約照明用電，一舉兩得。

註：LED路燈，太陽能路燈因價錢貴，壽命偏短，且需要較高維護費用，宜特別注意。

圖3.64 具HID與LED，可分段控制的路燈

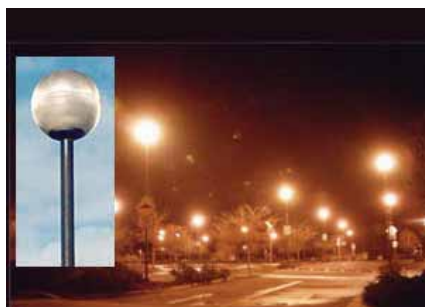


圖3.65 眩光燈具與防眩光燈具比較

3. 採用對生物友善的燈具（低壓鈉氣燈既生態又節能）

a. 主要夜間活動區之外的照明盡可能使用低壓鈉氣燈、高壓鈉氣燈或色溫小於2300 K的燈源，避免白光和主要是藍色光的水銀燈。人工光源會對生物生理作息造成影響。高色溫的燈光頻譜具有豐富的藍色波段，對晝行性生物有害，如水銀燈，會吸引昆蟲並干擾生物體的新陳代謝(表3.6)。

b. 考量燈具設置的位置與投射的方向，確保燈光落在設計的照明區域，避免侵犯其他區域以達到防制光侵擾的目的，燈具應加裝遮光罩或截光設計。全方向的配光設計照明區域廣泛，但光線容易逸散到不需要照明的地方。有效控制照明範圍，可減少對環境的影響。並控制燈具的上方光束比不宜過高，除了造成天空逸散光外，地面的照明亮度比例低需要裝設更多燈具造成浪費。

c. 不良的燈具設計及配置均可能造成眩光的情形。如停車場燈管所產生的眩光，容易令人看不清障礙物與行車方向而損及行車安全，也造成能源的浪費。為確保使用者視覺健康與舒適，應避免選擇裸露燈管直接照射眼睛之燈具，以格柵、燈罩或類似設施來防止眩光(圖3.66)。

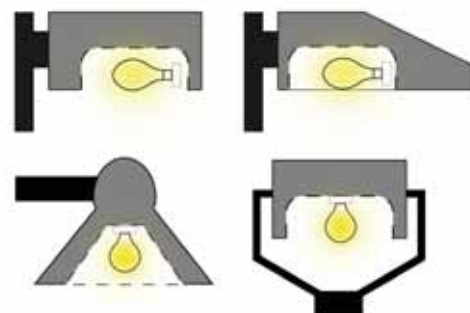


圖3.66 防眩光設計的燈具

對象		平均照度 (lx)	照度基準 (lx)	參考均勻度
通路	步道	5	1~10	$E_{min}/E_{max} \geq 1/20$
	綠廊道	3		$E_{min}/E_{max} \geq 1/40$
	休閒步道	3		$E_{min}/E_{max} \geq 1/40$
一般場所		5	1~10	--
公共廣場	中央區	5	1~10	--
	遊戲區	3		--
	休息區	3		--
	運動區	20	5~30	--
階梯	門口台階	3	--	--
	戶外台階	5	3~15	--
自行車道		5	--	--
停車場		10	5~30	--

表3.5 經濟部標準檢驗局CNS 15015 戶外各區域照度標準

光源種類	對昆蟲的吸引率
白熾燈	1.00
低壓鈉氣燈	0.04
高壓鈉氣燈	0.35
晝光色螢光燈	1.13
高演色性螢光燈	1.19
複金屬燈	1.35
水銀燈	1.87

表3.6 各種光源對昆蟲吸引力的比較

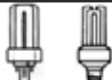
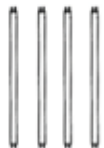
光源種類		效率(lm/W)	光源圖示	光源種類	效率(lm/W)	光源圖示		
燈白系熱	白熾燈泡	7.6-21		鹵素燈泡	18-20			
LED燈系	LED燈泡	20-80						
螢光燈系	附玻璃罩緊湊型螢光燈		30-50		30W以上大型PL螢光燈管	70-90		
	螺旋式緊湊型螢光燈		55-60		小型PL型螢光燈管	55-70		
	長度達100cm以上者	一般型	50-69		長度達100cm以上者	一般型	70-84	
		三波長、T5型或冷陰極管	56-80			三波長、T5型或冷陰極管	85-90	
		節能標章燈管	81~			節能標章燈管	90~	
	水銀燈		32-55		高壓鈉氣燈	90-120		
	複金屬燈、氙氣燈		70-90		低壓鈉氣燈	100-140		

表3.7 各種燈具比較



圖3.67 臺南市忠孝國中結合太陽能與風力發電的庭園燈，僅設立一盞供夜間輔助照明，作為教學示範

3-19 溪流水岸

學校校園有時會有小溪流通過，這時溪流水岸的生態設計是綠色校園不可放棄之重點。過去的水岸設計經常以防洪排水的工程角度著眼，很少顧及生物多樣性的環境設計，常使河川直線化，河岸水泥化，河深與水流速度單一化，因此造成動植物棲息環境消失，景觀惡化等情形，因此，基地內若有溪流，池潭經過時，應採自然的緩坡形式讓兩棲生物可以上岸活動，水流小的段落，可採用木樁拋石之自然護岸，同時在河岸地帶引進當地的原生喬木，灌木，創造水岸多樣性的棲息環境，水域則種植包括挺水，浮水，沉水等多樣化的水生植物，一方面可提供動物食物的來源，一方面也可作為其覓食，築巢，產卵，避難的場所，還可以吸收水中的營養鹽，防止優養化現象對水質的破壞。



圖3.68 宜蘭市凱旋國中溪流水岸
以卵石堤岸取代水人工池岸水泥，提供小生物足夠的間隙，池邊護岸豐富的水生與陸生植物，更提供了豐富的生物棲地與珍貴的自然資源。

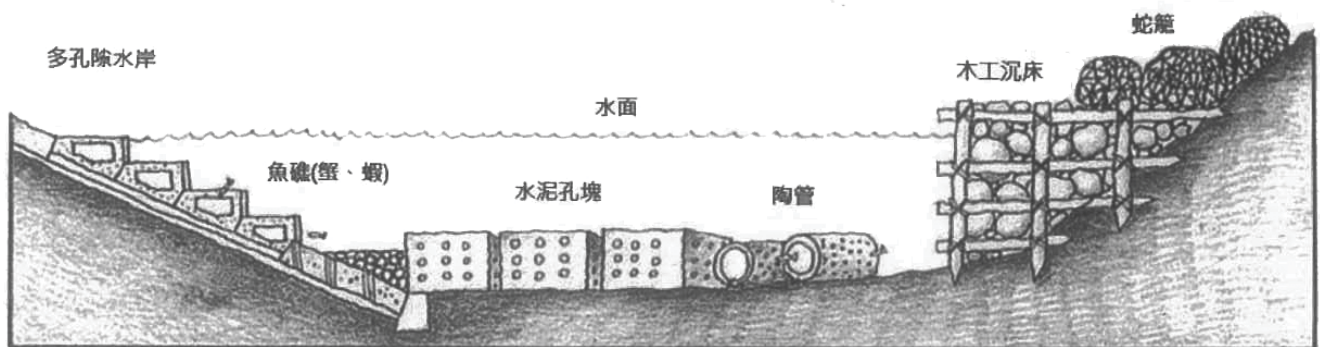


圖3.69 護岸工程設置蛇籠，漁巢箱塊，亂石堆，來創造水生動物的多孔隙世界。

3-20 景觀水池與生態池

景觀水池是以觀賞功能為主的水池，生態水池是以復育生物功能為主的水池，兩者最好能兼顧為宜。過去許多校園的水池設計多以人為景觀為優先考量，較少顧及生物的生存與活動，且容易因濾水設備疏於管理，導致池水優養化，靜止的水域更有可能成為蚊子的繁殖場所。綠色校園的水池設計應考量安全、生態、維護之原則，其設計重點如下：

1. 生態水池最好選擇在具有活水水源進出以及日照充足之處，護岸以高度漸變且富水生水岸植物的階梯式護岸為宜，以策學童安全。水生植物可吸收水中的營養鹽，防止優養化現象對水質的破壞。
2. 水面應有大面積的水生植物、挺水植物與浮葉植物，以減少陽光曝曬水面而增加養化現象，有時可利用封邊的塑膠管或廢棄的空鋁罐來製造人工浮島以減少水之日曬面積，並創造更加豐富的水域生態系。
3. 池邊應多種灌木、喬木，與水生植物護岸形成小生態系，以作為兩棲類、爬蟲類生物覓食，產卵，避難的場所，水池可以放養蓋斑鬥魚，食蚊魚等對病媒蚊進行生物防制，但當池內出現非生態水池原有生物或遭人棄養的外來生物，如吳郭魚，福壽螺，烏龜等恐對水域生態平衡構成威脅的物種時，應即時移除，以確保生態水池的永續性。
4. 在生態水池的管理維護上，定期的水質監測以及設備管線維護可以保持水池良好運作，除此之外，水池周邊的衛生整潔問題也不能馬虎，定期對水生植物採收修剪有助於美觀及維護水池的淨化效果。
5. 生態水池可設計成高低水位之兩階段護岸，低水位池底為不透水設計，高水位四周護岸為透水設計，並設計為水陸兩棲植物群落，可在颱風暴雨時充當滯洪池功能，在放晴日時高水位水量快速滲透消失變為休閒綠地，是生態防洪的巧思。這高低水位水量可計算為基地保水量，在綠建築標章有很高的優惠評分。

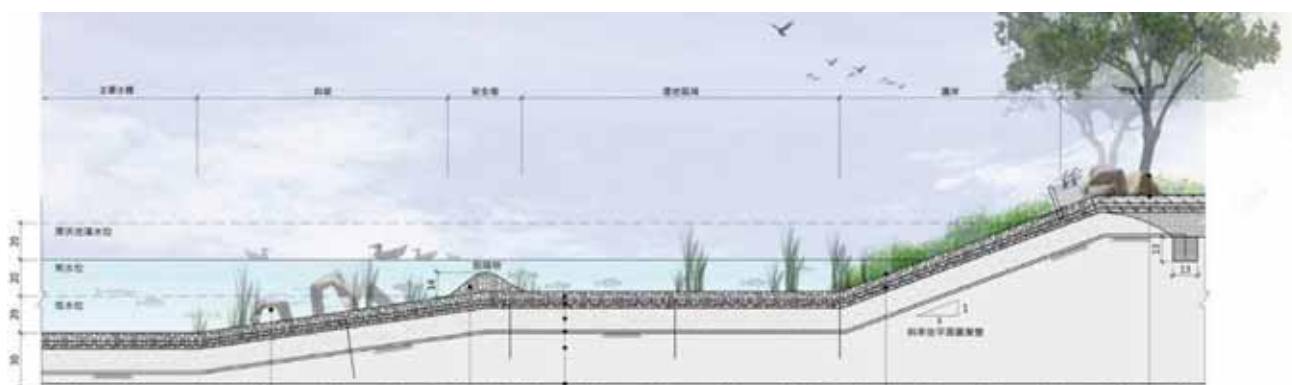


圖3.70 兼具治洪功能之生態水池剖面



圖3.71 生態水池剖面



圖3.72 臺南市南科實中生態池邊營造多孔隙環境，有利小生物棲息



圖3.73 國立成功大學綠色魔法學校生態池

3-21 生態圍籬與生態坡坎

過去許多校園的邊界喜歡用水泥和磁磚做為圍牆，在有高低差的坡坎也常以貼磁磚的混凝土結構做成護坡，這看似牢固卻十分不生態。這種水泥化的圍牆與護坡嚴重隔絕了小生物的遷移與交流，連青苔、花草、蔓藤均難以依附其上，是極為不友善的生態教育。

這些圍牆與坡坎假如能在兼顧安全的前提下，改採木頭柵欄，亂石堆砌而成，並重滿喬灌木或蔓藤花草，其多孔隙環境有利於昆蟲鳥獸之棲息，對生物多樣化環境有莫大助益。利用「生態圍籬」與「生態坡坎」與複層綠化之綠地，可提供一個由土壤微生物到較高等生物自然演替的小生態鍊，創造「濃縮自然」的生物多樣性小世界。

「生態圍籬」與「生態坡坎」常為死角之處，有時可以荊棘植物做圍籬，不讓人侵入，任由野鳥或路行小動物棲息，可確保治安又可創造生物棲地，一舉兩得。最重要的是學校應一改過去人工化的假生態，用心接納與其他生物共生的生態環境才行。



圖3.74 利用生態圍籬創造小生物棲息空間



圖3.75 新北市深坑國小的優良生態圍籬



圖3.76 生態坡坎軟化水泥結構的刻板印象



圖3.77 亂石堆打造的生態坡坎

3-22 生態農場

在綠色校園中設立生態農園是很好的生態教育實場，教育部也鼓勵許多綠色學校設立生態農園。為了探討這些有機農園的成效，本研究單位曾針對教育部15間綠色學校中11間設置有機農園的學校進行調查分析，這11處有機農園的興建時間從1977年至2003年不等，部分是延續自學校過去的自然科教材園（如水源國小、新興國小），部分是在學校空地新開闢的農園。其相關統計資料如表3.8所示，其中值得注意的重點如下：

1. 水源

上述11所國中小學生態農場在灌溉水源方面，有2/11使用自來水，有2/11使用回收雨水，6/11使用地下水或山泉水，1/11使用游泳池回收水。原則上，真正生態農場之水源期待來自天然水源或回收水源，回收雨水在先天上不穩定，必須補充自來水亦非理想。有意設立生態農場之學校最好先有穩定之天然水源，才能成為生態教學之示範場所。

2. 施肥

生態農場務必以不使用任何農藥、肥料之自然農法或只使用有機肥料的有機農法來耕種，才能成為正確綠色校園之示範。上述11所國中小學生態農場在肥料來源方面，有5/11使用學校自製的落葉堆肥，有3/11使用外購有機肥，有1/11沒有使用任何肥料，但仍有2/11使用了化學肥料。兩處有機農園使用化學農藥的原因，因為是委託社區居民（農民）協助管理的關係，放任其使用化學農藥栽種以增加收成之故。然而，以上調查都是訪問校方的結果，其關於化肥、農藥之作答可能有許多掩蓋事實之處，有家長指出其中一處有機農場根本與附近農田一樣使用化肥、農藥，可見有少有機農園私下濫用化學肥料之情形，應遠比上述統計值更多。

校名	雙蓮	平溪	深坑	水源	大湖	加昌	左營	溪寮	壽豐	福原	新興
面積(m ²)	84	34	75	114	252	22	48	90	60	132	9
灌溉水源	自來水	雨水收集	雨水收集	地下水	地下水/農田排水	地下水	自來水	地下水	地下水	游泳池排放水	山泉水
原基地使用情形	花園	未開發空地	未開發空地、花園	未開發空地	教材園	花園	荒地	農地	花園	教學花園	未開發空地、花園
肥料來源	外購有機肥	落葉堆肥	落葉堆肥	化肥	外購有機肥	無	落葉堆肥	化肥、豬糞堆肥	落葉堆肥	外購有機肥	落葉堆肥、動物糞便
使用化學農藥	無	無	無	無	無	無	無	有	無	無	無
栽種植物	依季節	依課程	依課程	依課程	依課程	依課程	依季節	依季節		依季節	依課程
輪作	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無

表3.8 十一所綠色學校生態農園統計表

3. 農場生態教學

學校的生態農場必須配合實質的農藝教學課程才有意義，上述11所國中小學生態農場在栽種植物方面，有6/11是依據課程安排，有4/11是依據季節栽種，但目前沒有一間學校以輪作、雜種方式以維持地力，也沒有一處採用辛香酸辣植物混種以避蟲害、使用醋酸柑橘類溶劑作為除蟲劑的方式，大多還是依靠農藥來驅蟲，難以成為生態教學上之典範。生態農場成敗之關鍵，必須有熱心服務的校長與農藝教師，講求正確的自然農法或有機農法，設計實質的農藝教學課程，並有優質家長學生之支持才能成功，切忌徒具形式而無實質內容的生態農場。本書謹以上述有機農園的調查明示其缺失，希望學校在推動綠色學校生態農園的時候，能夠提供充足正確之生態農作教材，培訓管理者專業者進行維護運作，以落實名符其實的生態教育。



圖3.78 校園內的農場種植各種作物，具有教育作用



圖3.79 露天落葉堆肥廠加設網罩(億載國小)

什麼是自然農法？

自然農法的作法是完全不使用化肥和農藥，而使用未受污染之有機肥料，並以自然方式防治病蟲害。自然農法不是新興的農法，只是跟著大自然的法則來生產作物的方法。在沒有化肥與農藥的時代，農民配合大自然的運行，學習自然農法來耕種，所以田地傳了幾千年，還是可以長出東西。

農作應當順著自然環境來決定什麼時候，什麼地形，適合種什麼。不要使用不當的肥料，讓土保持活性，就有足夠的營養來滋長植物，化學肥料與化學農藥只會改變土地的生化結構，減少微生物，使其貧瘠。多瞭解自然生態中生物鏈的相關性，蟲的生態、作物的生態，土壤的生態，甚至細菌的生態，以相生相剋的方式來減低病蟲害。近代多用方便的化學除草劑，但卻是大地之殺手。有野草就用手或機器拔除，或用地面覆蓋的方式，或種間作物，或用綠肥作物來驅除野草；

例如種植苕子草，它是覆蓋性植物，可是不會覆蓋住主作物，甚至還可以防止土壤水氣外發，保持土壤的濕潤，同時也是一種很好的綠肥。環境的保護和生態的維持是自然農法的重點；讓土地發揮活性，

什麼是有機農法？

一般經過認證的有機農法與自然農法相比，較像一種折衷的農法，要兼顧環境並讓更多人可以吃到較健康的食物，可使用肥料、及生物防治來防蟲，以穩定收成。蟲害較多時，有機農法便允許利用網室或利用生物菌種防蟲，否則葉菜類實在難以收成。

什麼是落葉堆肥？

校園內樹木植栽多，落葉佔學校垃圾相當大的比例。由於枯枝樹葉為有機垃圾可利用微生物的處理或機械處理使其減量，同時可當作再生肥料用於庭園上。

作法為圍出一定的空間做為落葉堆肥的場所，底層直接接觸土壤，並避免積水，且不可堆置於喬木或灌木的樹幹處；定期觀察其溫濕度、顏色、氣味及其變化，堆肥成品須存放於可防雨的儲存地點。

落葉堆肥做法示意圖

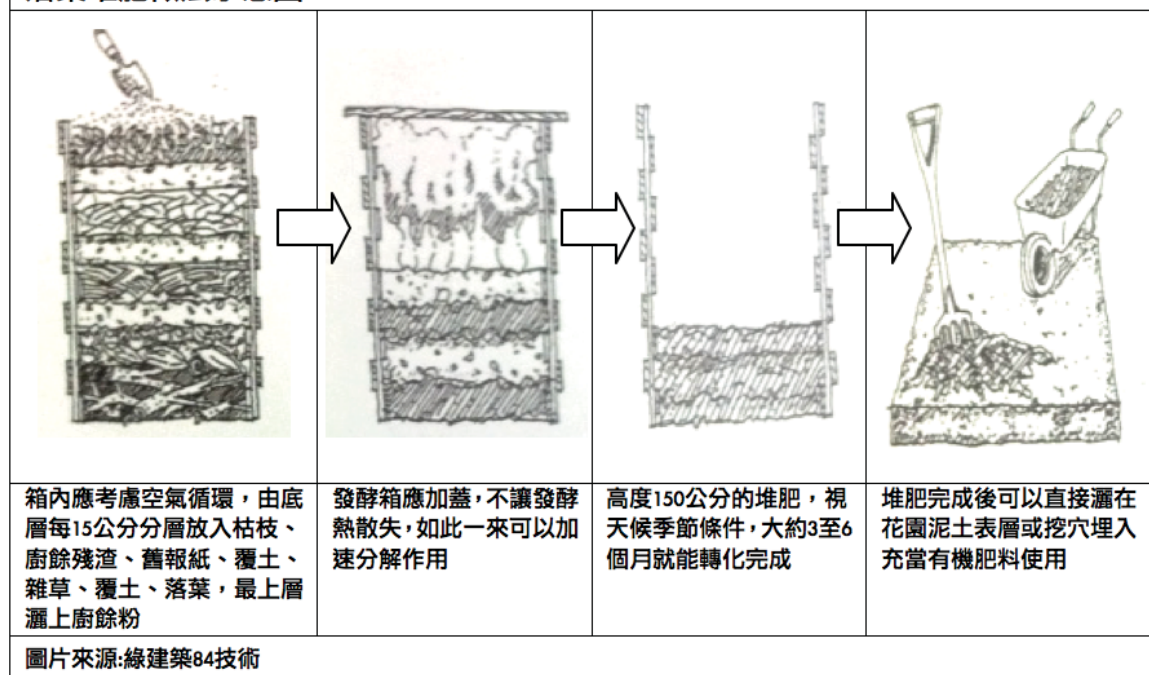


圖3.80 落葉堆肥做法示意圖



圖3.81 高雄市大湖國小是有機農園的示範案例

3-23 節水

儘管臺灣每年的降水量豐沛，但由於河短流急，雨水儲存不易，再加上人口眾多，導致每人分配到的可用水不足，缺水狀況嚴重，但倘若每人每天能節約用水50公升，一年節約的用水量就能達到相當一座翡翠水庫的總蓄水量，故如何善用省水器具以節約日常的用水量，是節約用水的一大課題與關鍵因素，綠色校園的節水設計重點如下：

1. 減少耗水的草坪與草花花園設計

2. 採用省水器材：

建議可選用具省水標章的產品，如裝上低流量曝氣器的省水水龍頭以及使用兩段式的大小便沖水量切換裝置的省水馬桶，洗手龍頭與馬桶水箱一體設計，洗手水可回收至沖水水箱，自動感知小便器沖洗裝置等。

3. 中水利用設計

經濟上較不划算，且應注意維護。在維護管理上，集水區需定期清理以免管道阻塞，儲水桶應加掩蔽以免雜物進入。

4. 雨水利用設計

雨水利用應採簡易過濾設計，避免採用複雜之機械與化學過濾，以降低維護成本。



圖3.82 經濟部水資源推動的省水標章



圖3.83 腳踩式節水水龍頭



圖3.84 有省水標章的自動感知小便器沖洗裝置與水龍頭

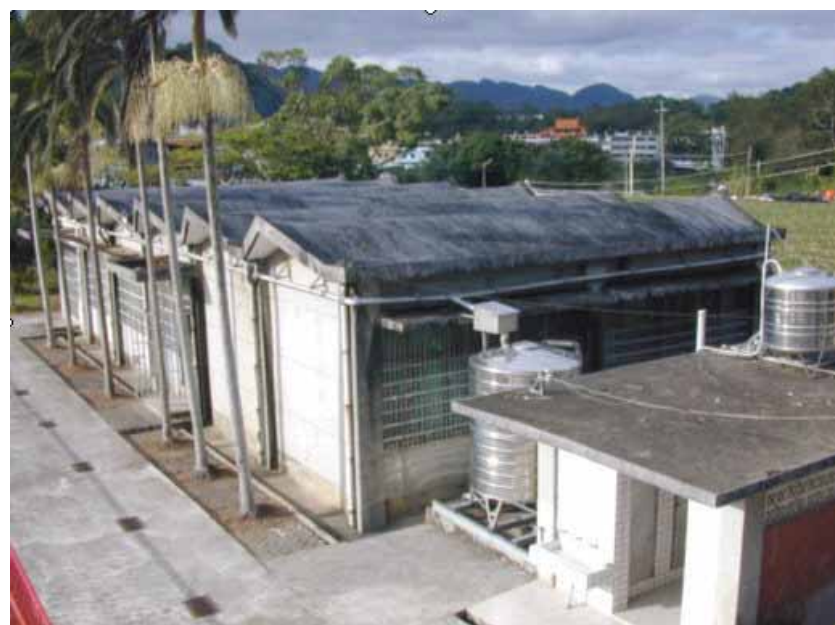


圖3.85 某國小雨水回收裝置

3-24 再生能源

再生能源通常是指太陽能熱水、太陽能光電、風力發電等，以設備吸收大自然力所轉換的能源，在國民中小學的再生能源利用有下列特徵：

1. 太陽能熱水

由於太陽能熱水設備是直接利用太陽熱能，無轉換上之損失，是上述三種再生能源最有效率的一種，但因是以生產熱水為主，因此僅限於有熱水需求的溫水游泳池、宿舍或廚房才有用武之處。臺灣因位處熱濕氣候，直達日射弱而擴散日射強，真空管型太陽能熱水系統效率遠高於平板式熱水系統，較適合惟成本較高是其缺點。

2. 太陽光電

目前的太陽光電，以「矽」為代表，市場上區分為單結晶矽、多結晶矽及非結晶矽；而目前市場上較多人使用的則是效率較高的單晶形式及較便宜、生產快的非晶形式。由於太陽能光電的設備昂貴以及發電轉換效率低，加上臺灣電費較低，使其回收年限偏高。學校的太陽光電設計切記要能配合造型美學，才能產生優美的綠建築設計，甚至結合建築外遮陽設計，兼具節能、美學與再生能源之三重功能，才是太陽能光電設計的理想。

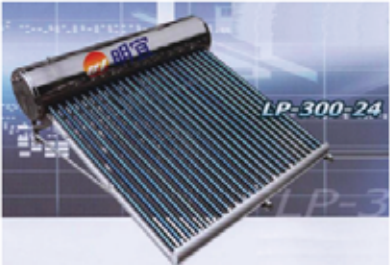
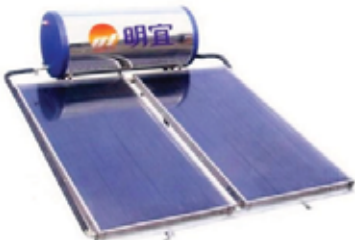
	
真空管太陽能熱水器 水溫:約125度 吸收率:93% 熱損率:6% 總效率: 約90%	平板式太陽能熱水器 水溫:約75度 吸收率: 80% 熱損率: 20% 總效率: 約60%
資料來源:龍潭太陽能服務中心 http://cat.hfu.edu.tw/~m9025026/know1.htm	

表3.9 太陽能熱水器比較

太陽光電發電效率的簡易計算法：

在臺灣的每日水平日射量 (kWh/(m².day)) 如圖3.88所示，太陽光電版每年平均發電量 (kWh/year) = 所在位置每日平均日射量 × 修正係數0.8(m²/kW) × 太陽光電設置容量 (kW) × 365 (days/year)。



圖3.86 結合屋頂造型設立的太陽能光電板



圖3.88 臺灣地區太陽平均日射量

3. 風力發電

通常年平均風速必須在 3m/sec 以上，才漸有風力發電的價值，但由於一般學校之風力不足、風力不穩、有噪音干擾，使風力發電在綠色校園亦是示範重於實質意義的設施。一般學校所採用的小風力發電機，通常只是用來當生態水池過濾馬達或一座路燈之用，很難當成穩定電器之電源使用。

註：綠色校園的環境教育必須誠實教導學子面對環境危機的真相，再生能源的初期投資成本與日後之維護成本均高，提請注意。

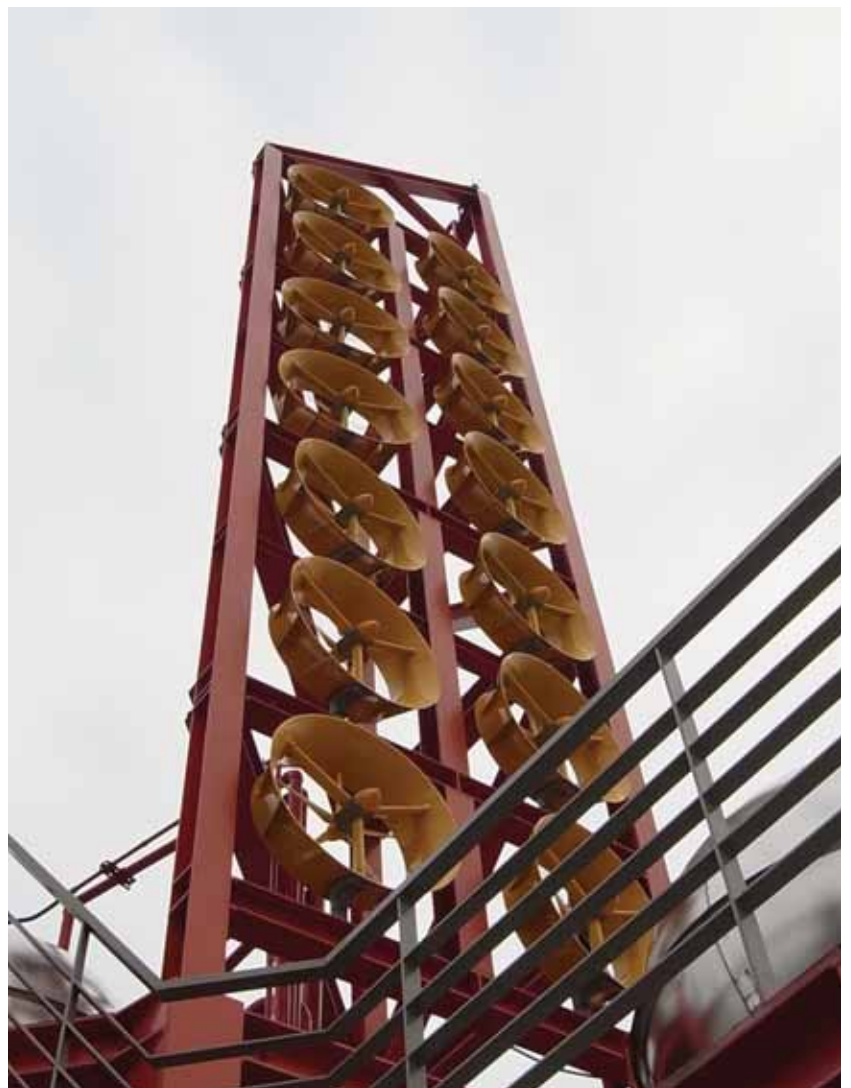


圖3.87 十四個風扇組成的風力發電塔

第四章 舊校園綠色改造技術

概說

新學校可以打造成綠色校園，舊學校也能改善成綠色校園。前章以新校園的綠建築工程設計為主，本章則針對舊校園的綠建築改造，介紹其改善技術與改善之環境效益，同時將介紹綠建築標章在舊校園改善系統EEWH-RN的評估示範案例。由於舊校園的綠色改造遠比新建學校工程困難，假如沒有明確有效的指引，將可能事倍功半，甚至浪費公帑。以下從內政部建築研究所過去十年的綠建築改善案例中，選取與校園關係密切的案例，介紹一些較有環境改善成效的工程，希望能幫助學校進行較有效的綠色校園改造。由於內政部過去主導中央機關學校綠建築更新之故，因此這些案例多為大專院校之案例，但這些技術並不因學校大小而異，當然也適用於國中小小的綠色改善工程，特此聲明，我們另外也納入一些地方政府對國中小實際校園改造之優良案例以供參考。由於我國的綠建築以生態、節能、減廢、健康四大範疇為主軸，因此以下案例乃依此四主軸來介紹。

4-1 舊校園的生態改造

有關舊校園在生態方面較有效益的綠建築改造工程案例如下：

4-1.1 蝴蝶翩翩、綠意盎然：

(1) 複層綠化、雜生密林：

在喬木及棕櫚樹下方的綠地應盡量密植灌木，此法不需額外的工程，可將原有校園舊草皮發揮最大的綠化潛力，但在改善過程中應注意老樹之保留及養護。

(2) 立體綠化、屋頂、陽台綠化：

可利用多年生蔓藤植物攀爬學校立面以爭取綠化量；或盡量在屋頂、陽台設計人工花台以加強綠化，但是應該注意其覆土量及防水對策。

(3) 生態綠網系統連貫性改善：

運用學校綠廊、綠行道、或車道綠化等方式進行連貫性的改善，特別綠地被30公尺以上的道路或設施物截斷時。

(4) 提高植物歧異度及原生誘鳥誘蝶植物：

在進行學校綠化量的改善時，應優先考慮與原生基地內不同物種及具原生或誘鳥誘蝶的植栽。

(5) 小生物棲地之塑造：

小生物棲地塑造並不需要很大的範圍，若能在既有

的綠地上，圍塑出一小塊的「生態水池」、「濃縮自然」區域，或將原本學校混凝土之圍牆、水岸改造為具多孔隙環境的「生態圍籬」、「生態邊坡」、「自然護岸」。

案例：國立麻豆曾文高農(改善時間：民國93年)

改善過程及成效：

校內的刺桐老樹為校園的精神之象徵，校方因為保護老樹而使用鋼柱及鐵環箍圈住樹幹，反倒限制老樹的生長致使其病危；而為了防止學生對樹根的破壞，在老樹四周以一圈鐵柵圍住，造成師生無法親近刺桐樹，使老樹有格格不入於庭院之感。

為了使老樹能與庭院景觀結合，讓教學與活動能活化此二者之機能，改善手法是環繞著老樹周遭設置木棧道及解說座椅，讓老樹成為庭院裡視覺的中心，並有利於訪客參觀及植物根系的保護。木構造集會所的使用，不僅是技術之推廣以及示範點，亦可達固定空氣中二氧化碳之效。

本案所使用木料約有212m³，其可固定大氣中CO₂約為381,600 kg；另種植喬木30棵，灌木687m²，草花1484m²以綠化環境，植栽綠化之效果以綠建築綠化量指標之內容計算於40年內可固定CO₂ 376,394 kg。



圖4.1 以鐵架圍欄杆，以鐵架撐樹。(改善前)



圖4.2 增建木造休閒看台之活動空間。(改善後)

案例：國立麻豆曾文高商(改善時間：民國93年)

改善過程及成效：

位於校門口的兩大水塘有水深危險、水泥護岸生硬、兩旁步道不透水、生態貧乏等諸多問題。因此將水塘與周遭生態環境做統一規劃一併解決。

首先使用廢土回填將水塘面積縮小並降低水深，創造260m²高低水面緩衝區的生態水池緩坡，以不規則曲線設計，破除原本方正生硬的印象。

就生態方面，於水岸邊種植多樣性誘鳥、誘蝶植物與挺水、水生植物，營造水岸邊棲地並創造親水空間，使得不需要護欄的水岸更自然更安全。因「圍湖」多餘的空地以喬木灌木配合植栽形構新的校園綠地活動空間，周邊設置木構造廊道做為師生休憩使用。而關於基地保水則是將正對校門口的大樓前的水泥地，改為透水率 $1\times 10\text{cm/sec}$ 以上、抗壓強度 230kgf/cm 以上的透水磚，增加透水面積，提供雨水回逸大地的基地蓄水能力。



圖4.3 水池優養化影響水生動物的生存環境(改善前)



圖4.4 可供休憩的木廊道與透水磚鋪面(改善後)



圖4.5 水深且無良好護欄易發生摔落水塘之意外(改善前)



圖4.6 以緩坡處理水岸，既美觀又生態(改善後)

案例：國立花蓮高級農業學校(改善時間：民國93年)

改善過程及成效：

校內有兩處需要進行綠建築改善：

1. 森林科-本應欣欣向榮的苗圃，因疏於維護，以致雜草叢生，又破窗效應使周遭居民心存僥倖在此堆置垃圾影響環境衛生，何其不堪。
2. 農經科-生態水池為RC護岸缺少多孔隙間空小生物棲息，且周邊綠地單調缺乏生態性，無法提供優良濕地生態及教學環境。

為增加基地保水量，將原本不透水的苗圃、標本教學區改為滲透率 0.3cm/sec 之透水步道，改善後透水鋪面面積有 320m^2 ，基地保水量達 65.1m^3 。

生態方面，增加了綠化植栽數量及面積如密林區、枯木區等多孔隙生態環境加以改善生態環境。一共栽種大喬木24棵，小喬木20棵，草化綠地 360m^2 ，以複層綠化達到多層次的自然環境，其綠化效果相當於40年期間可固定二氧化碳量673,200公斤。



圖4.7 森林科-缺乏維護管理的苗圃(改善前)



圖4.8 經整治後做為生態示範教學的苗圃(改善後)



圖4.9 森林科-單調未經整理的林地(改善前)



圖4.10 森林科-改善後提供戶外教學平台的空間(改善後)

4-1.2 防洪貯水之改造方向：

(1) 透水鋪面改善：

過去的設計欠缺透水性鋪面的觀念，因此許多車道、步道、停車場及廣場仍為不透水的硬質地面，此時可運用連鎖磚、再生礫石、廢棄輪胎與植草磚等手法，改造成透水性植草磚鋪面，同時改善綠化量及基地保水性能。

(2) 貯集滲透水池：

若於學校之廣場、綠地上部份閒置空間作成具有緩慢滲透排水功能的貯留水塘亦可有效增加其基地保水性能，但需注意基地位於透水良好之粉土或砂質土層時，「基地保水」性能的更新改善以「直接滲透設計」為主；基地位於透水不良之黏土層時，才以「貯集滲透設計」為主，進行此類改善時應先對基地土質條件進行了解。

案例：國立臺東高中(改善時間：民國93年)

改善過程及成效：

校園內的體育館前廣場、停車場廣場及其車道皆為不透水鋪面，在夏天炙熱的情況會影響周遭教室上課的舒適度；在下大雨時因水流無處去，易造成地表逕流，雨後地表濕滑有危險之虞。

針對透水問題的改善方法是將不透水的水泥鋪面汰換成透水率為 0.02cm/sec 的透水鋪面共 2608m^2 ，並增設裸露草地 90m^2 ，及將原本生硬的水泥排水管處理成透水盲溝 145m ，能有效降低地表輻射熱及達成基地保水功能，經改善後可增加基地保水量 530.5 m^3 。

而部分級配層是用敲除的廢棄混凝土回填至停車場底下，讓原本運棄的營建拆除廢棄物在校園內就地回填處理，一可降低運費，二則減少廢棄物產生，符合綠建築中「廢棄物減量指標」的精神。

此外，體育館前的老樹因水泥花台致使樹根生長不易，扼殺老樹生機，於是將其改造成裸露透水緩坡，拆除原本水泥花台之束縛，並以乾砌砂岩石塊收邊處理以與廣場透水鋪面廣場相接。



圖4.11 農經科-生硬的RC護岸滅殺水畔生態活動(改善前)



圖4.12 農經科-改善後植生工法提供多孔隙的空間(改善後)



圖4.13 不透水的車道與停車場造成環境炙熱(改善前)



圖4.14 連接停車場的車道改造成透水鋪面，兩側排水並以盲溝處理(改善後)



圖4.15 體育館前廣場不透水化以及水泥化的花台扼殺老樹生機(改善前)



圖4.16 解除老樹的束縛，以乾砌砂石塊作收邊處理(改善後)

案例：臺南市大光國小(改善時間：民國99~100年)

改善過程及成效：

1.營造綠草如茵的坡地

大光國小前庭原為庭園和連鎖磚鋪面，車輛到處停放，雖有庭園，卻因喬灌木未修剪擋住視線，造成許多視覺死角，並使學生活動空間受限。更因校舍一樓抬高離地面1.2公尺，形成一種很不友善的界面。配合校舍改建，將車輛停到地下室，以景觀手法以坡地銜接教室，形成一個開闊明亮的前庭空間，完全提供作為學生活動的場所。

2.校園主景—老榕樹

校園入口中庭原有一棵老榕樹，因躲在大水塔後方，又疏於整理，成為一處陰暗角落，整建時因景觀設計而須填土1.2米，擔心土方可能淹及氣根而危及生長，因而維持老榕樹周遭原有高程，並滿佈碎石以利其排水，再以卵石疊砌成高低差，形成一有趣空間。老榕鬚根經整修而為校園入口主景樹，有如一位和藹可親又有智慧的校園老爺爺，經此畫龍點睛，提供校園一個有故事的場景。

3.硬鋪面內庭改為綠地

校舍另一內庭原為四週均為建築所封閉的硬鋪面球場，顯得燥熱並產生環場噪音，影響教學品質。重新規劃，拆除南棟校舍，連通教學區的內庭和運動區，增加了視覺穿透性與可及性，並使不透水球場改為綠地，增加其他保水與綠化量，讓綠意延伸至運動場，使內庭形成一良好開放空間。



圖4.17 校園前庭車輛到處停放，廣場成為停車場(改善前)



圖4.18 前庭改為綠地，視覺通透，成為學生活動場所(改善後)



圖4.19 老榕樹被車輛所包圍(改善前)



圖4.20 老榕樹結合坡坎，成為有故事性的場景(改善後)



圖4.21 校舍內庭硬鋪面空間封閉，產生環場噪音(改善前)



圖4.22 校舍拆除改為連接通廊，內庭硬鋪面改為綠地，增加與運動場間的綠意連結(改善後)

案例：國立臺北科技大學(改善時間：民國92年)

改善過程及成效：

設計館及共同科館間的空地完整，植有草坪及觀花性喬木，但平時僅作為師生通行之過道區域，未能被有效利用，有待改善。

改良方法是將上述的空地空間規劃為生態貯留池，為了避免池水完全蒸散及過熱等效應，地形以斜坡向四周不規則漸增，並以亂石疊砌作為水池之護岸。

為了促進生態物種的多樣性，便需要多層次不同條件的生態環境。

在水中種植挺水植物(荷花、水臘燭)、浮葉植物若干種(臺灣萍蓬草、水芙蓉)，池子邊緣以亂石疊砌創造多孔隙環境。

池內的物種以原生種的湖泊行草食魚為主(羅漢魚、牛屎鯽)，其作用為清除水面浮游生物；而放養二枚貝、田蚌及螺是防止藻華的現象發生，其養育生物皆有考慮對環境的影響。

在池邊也種植許多水生植物、灌木喬木，營造多層次、多樣性的環境，更適合小生物棲息，符合綠建築生態指標之精神。



圖4.23 作為過道使用的庭院(改善前)



圖4.24 將庭院改為雨水貯集生態池(改善後)

案例：國立成功大學(改善時間：民國92年)

改善過程及成效：

成功大學建築系館內本有一塊閒置不起眼的空地，徒費空間。系內環境控制教授設計一套「人工濕地污水處理系統」，將污水處理、雨水利用、雨水滲透與景觀造園做良好的結合。首先，利用高密度生長於溼地的挺水植物達到淨化水質的功能。這是為何？因其根莖部土壤的分解活動，對於懸浮固體、有機物質、氮磷營養物、重金屬及微生物，均有高效率的淨化效能。

此外還結合了雨水入滲水池的設計，結合實驗與學生休憩、活動空間為一體；屋頂收集之雨水、來自人工濕地處理完之生活污水統一經過過濾後，導流至水槽中貯存。自2003年完工至今，已招來蜻蜓10種、蝴蝶及蛾8種、蛙類3種、鳥類15種，且生物種類數量正與日增加中，目前污水處理能力初步BOD(生化需氧量)可由180ppm處理成10ppm，大腸桿菌去除率達100%，可說是極為成功之生態人工濕地。



圖4.25 原建築系館死角空間閒置情況(改善前)



圖4.26 於景觀水池中種植高密度之水生植物。(改善後)

4-2 舊校園的節能改造

有關舊校園在節能方面較有效益的綠建築改造工程案例如下：

4-2.1 外殼、遮陽性能改善方向：

(1) 外殼遮陽改善：

凡建築物隔熱性能、開口大小、方位等影響外殼耗能的因子，若既有學校要進行更新改善時均需要經歷拆除整建的過程，增加了不少的難度及成本，因此，最簡易的改善方式是。於外牆及屋頂的開口部之室外側，裝設遮陽構材以遮蔽日射，減少室內熱負荷。

(2) 改善外牆、屋頂隔熱：

在不破壞建築物結構及軀體構造的前提下，亦可考慮於外牆或屋頂上加設隔柵花架，屋頂增設隔熱材或屋頂花園，以增加牆體厚度、覆土來提高建築物軀的隔熱性能，同時還可結合立體綠化的概念。

案例：臺東專科學校(改善時間：民國100年)

改善過程及成效：

該校建築科館外殼完全沒有遮陽的設施，使得日射及熱量容易到達室內，如此勢必要增加空調時數，空調負荷就加重；又因為陽光直射明暗對比強傷害眼睛，必須拉上窗簾、開燈上課，徒然浪費許多照明用電。

因此在建物的四向立面上裝遮陽設施，其採用雙層金屬遮陽板採鏤空設計，可有效地阻擋太陽的輻射能力，減少空調負荷率。

這些設施的用途有遮陽隔熱、防止雨水進入與陽光直射眩光，且其設置高度不但不影響視野、景觀，反倒添增了立面的美感，著實為亞熱帶綠建築設計不可或缺的手法之一。



圖4.27 缺少外遮陽的建築科館，陽光直達室內(改善前)



圖4.28 南向立面加裝遮陽的效果十分良好(改善後)



圖4.29 改善前製圖教室眩光嚴重(改善前)



圖4.30 加裝遮陽後光線柔和不刺眼(改善後)

案例：國立臺東高中(改善時間：民國93年)

改善過程及成效：

校門口正面的行政大樓及旁邊的一般教室為南北向配置，南曬問題嚴重，影響辦公及上課情況。夏季空調用電遽增不用說；冬季時陽光更是直射室內造成眩光。校園西側社會科學教育館西面有大面開窗，西曬情況嚴重，白天須拉上窗簾開燈上課，反倒增加照明用電。

其空調、日曬、照明等問題皆在於沒有外遮陽，因此以沖孔鋼板為材施作遮陽設施，這些美觀輕巧、富陰影韻律變化的金屬外遮陽平均深度達1.05m，一共施做203.82m，能有效降低多數的日射量，室內熱舒適環境自然好，；同時增加開窗通風機會，可有效降低室內空氣溫度與空調時數；也不必關窗簾上課，可謂一舉數得。若將其換算成空調節能則全年可省下空調用電10,089度相當於每年25,223元之空調用電費用。



圖4.31 行政大樓連北向立面日曬都嚴重，遑論南向?(改善前)



圖4.32 加裝美觀輕巧、富陰影韻律變化的金屬外遮陽設施(改善後)

案例：國立臺中科技大學(改善時間：民國96年)

改善過程及成效：

國立臺中科技大學內的昌明樓的屋頂隔熱效果不良，屋頂大面積的蓄熱使得建築物的熱環境品質低落影響教學環境，換言之即為增加空調負荷增加。

為改善此一情形，必須從隔絕熱源著手，改善手法為鋪設陶燒空心隔熱磚、防腐木格柵地板兩種隔熱材料，頂熱傳透率本為2.27，經改善後降為1.06~1.11，亦即少了50%以上的熱傳透率，能夠有效改善室內熱環境、減低空調負荷，達到省錢省能之效。

此外，更重新將廢棄的課桌椅木材去蕪存菁，挑選適當之木料處理加工，作為屋頂討論區的長椅材料，賦予屋頂新的機能，活化校園內閒置空間，不只使用廢棄材料，連廢棄空間亦可入題！



圖4.33 昌明樓屋頂日曬嚴重之貌(改善前)



圖4.34 改善後創造新的活動空間(改善後)

4-2.2 節能設備改善方向：

(1) 空調設備性能改善：

國中小學採用中央空調型的機率較小，但若有圖書館、禮堂等大型空調建築物時，可汰換舊主機安裝新型高效率主機，再配合各項空調節能技術的導入，或以具節能標章證明的個別式空調設備運用於教室。

(2) 照明設備性能改善：

既有建築物的照明系統及設備的改善是最普遍且有著效果的綠建築更新手法，改善時除了可以汰換發光效率不佳之燈具，改採用高效率光源、高燈具效率的燈具。在室內照明的系統規劃上則可採工作面直、間接照明並用、有良好照明開關控制的概念。並導入晝光利用，減少日間照明耗能。室外照明可採用防眩光設計、具截光功能的燈具，且使用黃橙光的燈泡以減少對鄰近環境及生態的影響。此外，室外燈具可加裝定時功能或兩段式亮度的調控，於深夜僅採用低亮度的照明，除了省電也能給動植物夜間休息的機會。

(3) 採用再生能源：

如太陽能發電、熱水、風力發電等，再生能源的使用均可作為學校可考慮的改善手法，同時亦具有教育及推廣的功用。



圖4.35 教室照明改善前使用T8日光燈管，效率低且有眩光問題。(改善前)



圖4.36 教室照明改善後使用T5日光燈管，效率提升並有防眩光格柵。(改善後)

案例：國立臺灣科技大學-室內照明改善(改善時間：民國96年)
改善過程及成效：

國立臺灣科技大學教室內燈具原來使用T8燈管配合傳統安定器發光效率低落，造成桌面照度不足。且未使用格柵式燈具，導致眩光問題產生。

改善工程將室內既有傳統T8日光燈更換為T5日光燈，並選用器具效率達70%以上之燈具，以照明用電密度低於15W/M²為設計標準進行配置，來達到節能且符合安全、舒適之照度。同時導入分區控制的概念，將教室內電源分2迴路，控制迴路分6迴路，讓使用者可以依據當時的使用情形彈性運用，來增加節能效益。

該工程共將63盞T8 40W之螢光燈更換為75盞T5 28W之螢光燈，耗電總功率由改善前4,920W降為改善後3,948W。若教室內每日開燈時數設定為10小時，電費以每度2.5元，則 $(4,920 - 3,948) \times 10(\text{小時}) \times 365(\text{天}) \times 2.5(\text{元}) / 1000 \approx 8,870$ ，一年可節省近萬元。照度部分，教室改善前平均照度370.76 lux，改善後平均照度794.6 lux，平均照度提升約423.84 lux；除照度有顯著提升外，原本眩光問題因改用含防眩光格柵式燈具有明顯的改善。

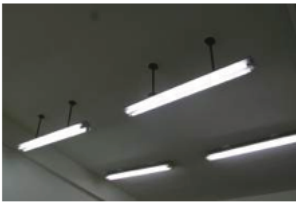
原有燈具型式	建議改善燈具型式	節能效益
		達成30%節能效果，並使用具有防眩格柵燈具，來控制眩光問題，提升照明品質
40Wx2 T8螢光燈管	28Wx2 T5螢光燈管	

表4.1 室內燈具改善規格表

案例：國立成功大學-室外照明改善(改善時間：民國96年)
改善過程及成效：

國立成功大學校園燈具老舊，夜間照明效率不佳，有礙夜間活動者的安全；燈具選擇不當，造成眩光、環境光害及浪費能源等問題。

水銀燈是校園內數量最多的燈具，水銀燈照明效率低落，故優先進行改善。步道矮燈採用耗能的白熾燈，高燈雖採用高壓鈉氣燈，但因燈具老舊，雙燈泡的設計，照明效率不彰；且全面漫射的燈具設計，造成行人眩光及環境光害。此外，校區內壁燈老舊，燈照效率亦不佳其照明方式採全面漫射型，造成眩光等問題。

因此，燈具改善則以高照明效率、防眩光及低光害燈具為原則。將步道高燈原為400W水銀燈，更換成省能低污染性的250W高壓鈉氣燈；原步道高燈300W水銀燈、160W*2水銀燈與70W*2高壓鈉氣燈，統一改善成較有適當遮光角的70W高壓鈉氣燈；而160-400W全面漫射型的水銀燈也統一換成70W鈉氣燈，並將燈具換成高遮光角燈具。在步道矮燈的部分，則將原有光源60W白熾燈統一換成23W的3U省電燈泡；最後，在壁燈的部分，把原有全面漫射型PL省電燈泡替換成高遮光角的26W省電燈泡，完成本案的室外照明改善工程。

改善後，本校園全面淘汰高污染性之水銀燈，改用高壓鈉氣燈 101盞、3U省電燈 14盞與PL省電燈55盞，總功率降為 17,237 W，有效節能約43%，同時有效減少燈具光逸散對生物之侵擾與光害問題。若每日開燈時數設定為10小時，電費以每度4元，則改善後，每年約可節省電費187,581元，深具改善效益。



圖4.37 使用160W*2水銀燈的路燈及60W白熾燈的步道矮燈，照明效率差且全面漫射的燈具設計亦影響週遭環境。(改善前)



圖4.38 70W步道高燈光線向上漫射影響動植物作息。(改善前)



圖4.39 70W步道高燈具截光效果，光線大多集中照射於地面。(改善後)



圖4.40 23W 3U省電燈步道矮燈高遮光角燈具，光線不逸散。(改善後)

4-3 舊校園的減廢改造

有關舊校園在減廢方面較有效益的綠建築改造工程案例如下：

4-3.1 舊建築改善方向：

(1) 舊結構再利用：

既有建築物受到先天條件的限制，於構造、材料、形狀等建築物軀體較難改善，但若進行結構補強、外牆、屋頂或樓版、室內隔間、設備管線等整修，保留原有主要結構(基礎、樑柱、承重牆壁、樓地板、屋架或屋頂，均視為舊結構再利用之空間，對節能減碳的成效有莫大助益。

案例：嘉義中學(改善時間：民國93年)

改善過程及成效：

嘉義中學內有座臺灣紅檜木造雙斜屋頂平房的『日治時代木造禮堂』，是為該校的無價文化財產，現因年久失修成為危樓，有傾圮倒塌之虞。後將其重新規畫為300人使用的講堂，除了可落實閒置空間再利用、延續舊建築物生命週期外，並可挽救保有嘉中人共同之記憶。

保存記憶自然是以修復的手法為主，因此規劃原則上盡量不更變原有建築物，並讓其深具結構美學的木構架屋頂盡量保留原貌；而建築平面更動幅度不大，目的就是為了盡量利用原有建築軀體進行再利用。

至於有更改的地方也是不得已而為之，僅針對部分屋架、牆骨、木椽及桁梁等腐朽或遭白蟻侵害、有結構安全疑慮的木構桿件進行替換。抽換損壞的結構性骨架木料與非結構性板料若干；原水泥文化瓦全部拆卸，改覆輕量化仿文化瓦型鋼板，減輕結構負荷，為保有優質之室內熱環境，屋面工法採雙層構造，藉空氣層降低屋頂熱負荷。估計約可將143,532 kg的CO₂固定於木料中達成廢棄物減量之綠建築目標。



圖4.41 原有木造禮堂貌(改善前)



圖4.42 修建後的木構造禮堂(改善後)



圖4.43 原有破舊的木構造(改善前)



圖4.44 經修復可表現結構之美的木構造(改善後)

4-3.2 材料永續改造方向：

(1) 耐久性提升：

於修繕過程中，將既有設備管線改以明管方式設置，可延長建築物壽命、減低設備維護困難度。

(2) 採用木構造：

由於木材能夠儲存大量的二氧化碳，有益於緩和全球溫暖化的功效。例如，日本的住宅八成以上為木造建築，其對於二氧化碳的固定效果，相當日本全國18%森林面積的效益。有計畫的倡導具永續森林經營的木材運用，無疑是綠色改造應該努力的方向。

案例：國立高雄大學(改善時間：民國97年)

改善過程及成效：

在高雄大學的圖資館至理法二學院間，是為師生往來最頻繁的人行道，但由於沿路上的樹蔭效果不足，行人穿越時常須忍受日曬之苦，遂以設置戶外遮棚的方式改善之。

為達二氧化碳減量指標，遮棚主要使用的是木構造，並佐以鐵件補強，方可減少RC的用量；遮棚上可提供爬藤類植物攀爬，經完成後驗收，植栽情況良好，可有效地降低周遭環境溫度、提供舒適的步行空間，更能減緩熱島效應的衝擊。

此戶外遮棚總長165公尺，其結構體採用木料約 25.73m^3 ，可固定 CO_2 達22,208 kg，相當於 20m^2 的森林40年的 CO_2 固定量。



圖4.45 偌大的走道上無一絲樹蔭，行走的學生須忍受烈日直曬之苦(改善前)



圖4.46 以木構造製成的戶外遮棚提供了陰涼舒適的動線空間(改善後)

4-4 舊校園的健康改造

有關舊校園在健康方面較有效益的綠建築改造工程案例如下：

4-4.1 健康環境改善方向：

(1) 改善室內音、光、通風換氣品質：

教室之室內音環境的改善，可由設置天花板吸音筒、吸音材、樓板緩衝材、改用隔音氣密窗等技術達成；光環境的改善，可由採用具有室內眩光防制的燈具達成；通風換氣環境則可考用增設通風塔或將固定窗改為推窗等技術來改善。

(2) 採用省水器材：

汰換原本省水效率不佳的器材(大便器、小便器、供公眾使用之水栓)，以具節水標準之省水器材達到更好的用水效率。

(3) 設置大耗水項目彌補措施：

若有學校設有大量人工草皮、草花花圃、噴水池、戲水池、游泳池等大耗水設施，可設置對應的節水澆灌系統、雨水貯集利用等彌補措施。

(4) 改善垃圾管理及儲存空間：

藉由確實執行學校內廚餘收集再利用或源垃圾分類回收等垃圾管理，或考慮於基地內規畫充足垃圾儲存處理運出空間，設置一處經綠美化或景觀化處理的專用垃圾集中場，可以讓學校的資源及廢棄物不再浪費，同時兼具美觀功能。



圖4.47 一般常見的水龍頭形式(改善前)



圖4.48 加裝省水器具後的細部(改善後)

案例：國立中央警察大學(改善時間：民國91年)

改善過程及成效：

採用二段式的馬桶及水龍頭發泡器的省水器具對於節水有一定的功效。原本警察大學內馬桶均無設計二段式省水器具，水龍頭皆為一般型水龍頭，並無加裝水龍頭發泡器，因此有過量使用水資源之虞。

全面更換及加裝省水器具耗費約14萬經費，改善後節效率有67%，一日省水4.5公升，相當於每日省水費36.33元，只需一年即可回收成本。

案例：國立金門大學(改善時間：民國91年)

改善過程及成效：

學校前方的生態水池，因底部漏水無法維持水位而乾涸，需要回收水及雨水作為改善後生態池的替代水源，以達成少雨量的離島之水資源永續利用的目標。

依此在生態池側設立100噸雨水貯存槽、結合學校現有的中水處理系統及原有生態水池之建築排水水源，是改善後維持生態水池水位的方法，這些替代自來水供水潛能量約4,565噸，以每度水的平均水費10.5元計算，等於每年可省下約47,930元左右的水費；若以海水淡化開發平均成本40元/噸計算，相當於每年節省了18萬元的支出。



圖4.49 水源不足情況下造成池底乾枯現象，已失去生態池功能且不具景觀效益(改善前)



圖4.50 改善後的生態池已開始進行提供充足再生水源及雨水蓄水來營造生態環境(改善後)

4-5 舊校園綠色改造的環境效益評估

4-5.1 如何進行改善效益評估？

舊校園綠色改造工程的環境效益評估，可藉助內政部綠建築標章關舊建築改善的EEWH-RN系統來評估，其評估分為合格、銅、銀、黃金、鑽石等五等級標示，依此標示可明確衡量其綠色改造工程的環境效益。

EEWH-RN評估法分為「減碳效益評估法」及「EEWH性能效益評估法」二種。「減碳效益評估法」是針對耗能設備改善或採用再生能源、造林等節能減碳手法，評估其建築物改善前後的總CO₂排放量，進行減碳效益計算作為評估認定。「EEWH性能效益評估法」以綠建築標章在生態、節能、減廢、健康四大範疇全面性的性能改善效益為主，適合於綠化、保水、廢棄物利用、再生建材利用等

非節能計算所能涵蓋項目之改善。申請單位應參考EEWH-RN手冊，就其改善項目之特性選擇最有利的方案來評估，以得到較合理的環境效益評估。

不論如何，上述兩種評估法看似複雜，但學校只要委託設計者代為評估即可，設計者只要依照內政部頒佈之綠建築評估手冊EEWH-RN來辦理即可，這是每一學校、每一設計單位均能簡單執行之事。

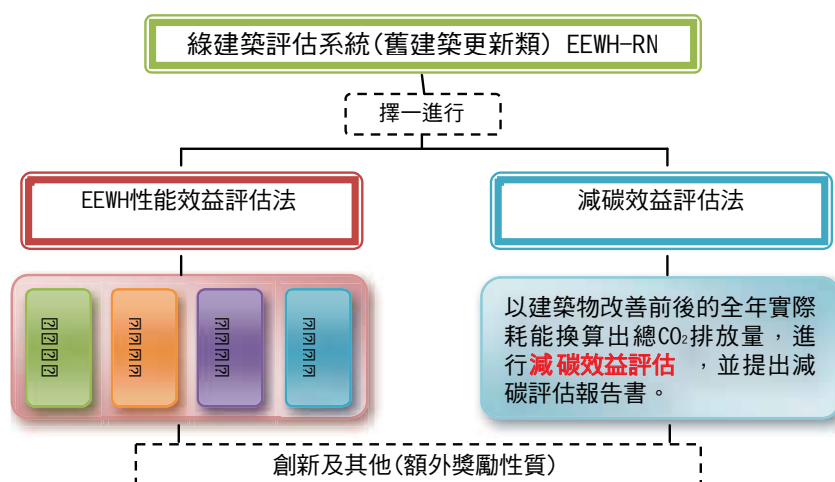


圖4.51 綠建築評估系統

4-5.2 舊校園綠色改造效益概觀

「減碳效益評估法」是針對實際節能設備改善所達成的減碳效益的評估，在校園中最具體的是針對空調、照明設備的改善工程。依據內政部過去在綠建築更新計畫的經驗，這些工程的實質效益如下：

(1) 照明設備之減碳技術：

照明設備系統的改善可包含室內及室外之燈具改善，其改善工程是最簡單易執行且為非常有效的設備節能手法。常用之手法包括以高效率T5燈具取代原有老舊T8燈具，以及更換螢光燈管之出口指示燈為LED指示燈等，這些照明設備之改善約可達成建築物全年10-17.5%的節能效益。內政部對中央廳舍之改善案例，平均每案花費約100萬至200萬元之間。

(2) 個別空調系統節能改善

國中小學有些採用窗型或分離式空調之既有系統，可將舊窗型或分離式空調機更換為具高節能效率的空調機。依據經濟部能源局所規定之「窗（壁）型及箱型冷氣機能源耗用量與其能源效率分級」，可假定具有一級能源效率之空調機有節能20%之功效，二級能源效率之空調機有節能10%之功效。



圖4.52 以高效率T5燈源搭配高反射燈具及電子式安定器，取代原有T8燈管之照明改善手法



圖4.53 以更換螢光燈管之出口指示燈為LED指示燈之照明改善手法

(3) 中央空調系統節能改善

國中小學之圖書館、體育館有些採用中央空調系統時，可參考下列方法進行改善：

- a. 汰換老舊的空調熱源主機。
- b. 汰換老舊送風機、將定風量改善為變風量系統、增設預冷空調箱、CO₂濃度控制系統等。
- c. 改善空調送水系統的效率，手法包括量測調整水泵流量溫度，於冰水泵浦增設變頻器等。
- d. 量測改善冷卻水塔的散熱效率。
- e. 建立冰水主機台數控制系統及最佳化營運模式。
- f. 設置建築能源管理系統(BEMS)。

運用以上手法於空調節能改善時，多數建築物可達空調系統節能平均26.1%，若以空調系統占建築耗電45%之比例估算，可達全棟建築減碳率11.75%左右。

一般以「減碳效益評估法」針對空調、照明設備之某一單項之減碳改善，其得分多為接近EEWH-RN合格至銅級等級，假如進行多項之改善則可得到鑽石級之認證，以經濟效益層面來看，其改善之回收年限約為4.5～6年，都是執行上較容易，而且立即可以看到成效的改善手法。



經濟部能源局所規定之能源效率分級

圖4.54 經濟部能源局所規定之能源效率分級

另一方面，「EEWH性能效益評估法」是依據綠建築基本版EEWH-BC來計算的評估法，對改善前後的綠建築性能進行兩次評分，當其改善幅度到達5%~20%以上時，即可達到合格到鑽石級之認證。以綠建築九大指標項目之改善而言，只要設計得宜，一般以其中3~4項指標為改善對象即可得到7.92~18.57%，多可得到EEWH-RN銅級~黃金級之認證，甚至只要執行1~2項指標的改善，也可以順利達到5%以上的合格認證。

一般而言，進行綠化、小生物棲地、省水器材的改善是最經濟實惠的方式，花費50~100萬元即可得到合格之認證，但進行水池、鋪面、裝潢、建築軀體的改造工程費用較高，以內政部綠建築更新計劃中依規模大小來看，其工程費用約介於300萬至500萬左右，而其中以照明設備100萬至200萬間之改善工程最為有效。

4-6 EEWH-RN標章的評估認證

總之，綠色校園的綠色改造是環境教育的重點，各種環境改善工程的投資絕不能不問效益而浪費公帑，必須透過務實的理論與合理的評估才能保證其成功。目前EEWH-RN評估系統可能是指引綠色校園改造工程，最科學、合理而有效的工具，在此呼籲舊校園改造的學校與專業團隊能積極理解並善用EEWH-RN之功能。EEWH-RN系統是一般設計者人人可輕易執行的工作，學校根本不必煩惱EEWH-RN之瑣碎，只要商請設計單位去執行，以其中認證之綠建築標章等級為驗收標準即可。

EEWH-RN以改善百分比作為分級評估之依據(如下圖所示)，申請者可任選有利或容易改善之法來申請認證。以空調、照明為重點的改造工程應選擇「減碳效益評估法」來評估，以生態綠化、減廢、健康項目的改造工程應選擇「EEWH性能效益評估法」來評估。簡而言之，EEWH-RN評估系統對性能不佳的舊有學校來說，是自由度高且較容易達成的評估系統。

在此，本書必須鄭重提醒注意舊校園環境效益評估之真相以及綠色校園改造應有的心態。首先，由於舊校園改造必須先花錢去拆除原不合用的硬體，還必須花錢修補、處理廢棄物，同時小工程的設計、營造、管理之成本勢必偏高。我們必須認知舊校園綠色改造之效益比新校園工程肯定是「事倍功半」的，但為了環境教育基地之使命是不得不做的抉擇。然而，舊校園環境不良的原因大半出之於最源頭的新校園設計不良所致，設計不良在先才會有「事倍功半」的改善在後，我們必須在「源頭整治」上，先以

綠建築標章來貫徹新校園綠建築設計之把關，才不會有做不完的舊校園改善工程。

其次，我們必須認知有些環境效益是無法以經濟效益衡量的，例如綠化、保水工程對蜜蜂、蝴蝶、青蛙、蚯蚓等生物環境有莫大好處、廢棄物減量工程對地球環保也甚有幫助，但卻無法以金錢效益來定量衡量，其環境效益有賴我們對地球環保的理論與良知來支撐。綠色校園作為環境教育的先鋒，不應太拘泥於回收年限之評估，而必須堅持綠建築所揭示的綠色改善項目不可偏廢，此乃綠建築高舉生態、節能、減廢、健康之大纛所宣示之意義。



圖4.55 EEWB-RN評估系統

合格級	銅級	銀級	金級	鑽石級
5% ≤ 改善百分比 ≤ 10%	10% ≤ 改善百分比 ≤ 14%	14% ≤ 改善百分比 ≤ 17%	17% ≤ 改善百分比 ≤ 20%	20% ≤ 改善百分比

表4.2 EEWB-RN評估系統分級標準

第五章 綠色校園案例分享



圖5.1 新北市龍埔國小透視圖

新北市三峽區龍埔國民小學 Long Pu Elementary School

完工時間：2012年

建築師：呂欽文

基地面積：31,018.47平方公尺

地址：新北市三峽區大學路6號

綠建築等級：黃金級

發展一座低碳、永續的新校園

為配合國立臺北大學的成立及促進鄰近地區之均衡發展，公部門擬定「臺北大學特定區計劃」，特定區內規劃留設國小及國中各兩所；三峽區域近兩年開發速度加快，人口逐漸增加；為地方發展需要，設立龍埔國小，希望可滿足地方需要。

該校位於三峽鎮，校地所屬地區原為大漢溪、三峽河及橫溪的交會處，為三峽舊地名「三角湧」的所在區域，創校目標便希望能與三峽傳統歷史、地理產生聯結關係。台北大學特定區內，臺北大學、國立教育研究院、客家文化園區、原住民生活園區、農業改良場等設施多元，讓三峽多了文教氣息及學術涵養，也為龍埔地區學童的學習，注入了新的活力與發展可能。

龍埔國小的設立目標，是希望能與社區共同經營一所兼具三峽及北大特 續、教學實踐的新校園。並能培養21世

紀的現代新公民。

龍埔國小；校舍規劃興建地下一層、地上一至五層的教學及行政大樓，除有專科教室、普通教室、辦公室、圖書室、幼稚園外，並設有「英速魔法學院大樓」、國際文化展示館、陶藝手工教室等教育空間。

促進社區融合的校園

臺北大學特定區與傳統社區居民間有各方面的差異，藉著新學校的成立，促進先來後到族群間的融和是本案重要目標。藉由強化可共同使用之空間(如運動、休憩、學習、接送小孩與慶典活動)的方式作為媒介，促進不同背景，不論新舊之居民相互交流結合。除了傳統的操場空間外，大草坡的配置提供了休憩、慶典活動、戶外演唱會、演講等活動之用；而路邊迴廊則提供家長等候、園遊義賣、民眾喝茶聊天之場所。

校園適度提供社區民眾休閒、運動與學習的功能，亦考量校園管理，在整體規劃上，將教學空間與社區公共空間做適度區隔，除留給社區民眾適度的使用空間外，也方便學校管理。在圍牆部份，以親合性圍籬為目標，留給民眾適當的空間及景觀藝術。因應圖書館未來與三峽鎮圖書館合作做為龍埔分館，圖書館設置民眾方便進出之空間。



圖5.2, 圖5.3 校園外圍設置與社區共用、互動之空間，可接送學童、乘涼休憩，並有生態水池及綠地景觀提供良好環境。



圖5.4 以「龍」蜿蜒意涵設計的迴廊



圖5.5 保留石頭鋪設於水池旁

融入地方特色的校園

將三峽地區藝術、人文、歷史等特性，融入校園設計；如石頭、水與土之間的關係。以校名「龍埔」做為規劃之參考，保存原貌(如老榕樹)。將棄土、卵石保存，做為校園自然景觀的一部份(如土堤、山坡、自然綠籬、生態園區)。以石頭為素材，做成自然教學園區、假山、洗手台等，將大石頭放置在大樹旁，配合老樹之保留。

空間尺度(聚落、廊、院、建物高度、斜屋頂等)及色調以模擬沿續傳統聚落為方向；動線、面材、節能減碳設施、景觀、採光則以現代材料及構造方式處理。



圖5.6, 圖5.7 以「龍」作為意象的景觀設計

博物館化的校園

如果教室像電影院，學習就不只是教與受的機械式行為；如果學校像博物館，學習就不只是白紙與黑字之間的知識，而是處處驚奇與處處知識的場所。

規劃多元化的內外部空間以支持博物館多元多區展示的需求。如外部空間以綠帶、生態林區、草場、滯洪溼地、土丘...等等景觀設施支持博物館「探索」、「研究」、「休閒」、「展示」之功能；內部則以圖書室、校史室、專科教室、門廳、柱列、迴廊等硬體設施提供「蒐集」、「展示」之功能。

以「維基百科」的概念，大家一起來寫，一起來營造龍埔博物園區。不論是學生、老師、社區居民，都可以不斷的提供新的素材，不斷加成既有的校園博物館內容，假以時日，會是一座內容豐富的博物館。為了配合永續發展，硬體設施之管線已預先規劃埋設，提供一套可持續發展的基礎資訊系統。

環境美學博物館概念；結合地方特色，將傳統的生活智慧融入於學校整體景觀中，並展現一種美學；例如保存的老榕樹作為代表龍埔的龍，在樹下進行對談互動說故事，並在週邊設置架高走道以欣賞樹梢生態；建築樣式與地方文化的融合，如閩式的屋頂及空間變化等；三角湧意涵在校

園的再現；龍(隆)埔的再現；屋頂觀察台的設置以欣賞三峽的美。將過去的歷史、文化特色，透過建築美學再次展現。

配合環境設計的校園

校舍的配置根據植栽現況之保留、東西向日照環境、大草坡公共使用區域、學群獨立等因素有機發展形成。

綠建築設計的校園

以綠建築指標在學校建築之呈現做為特色。如龍埔小山坡(棄土留置)、地層再現(如十三行)、學校綠籬(結合石頭)、大門及公共藝術(以石頭做為素材)、生物多樣性(多個不同的園區，如本土植物、水生植物區、藥用植物區、小森林區、蜜源植物區)、能源再生(水循環教學與應用系統、落葉回收)。善用樹木與石頭，讓樹與石頭產生對話。

教學研究空間：學校內、外部空間希望有助於教師的互動與對話，以及進行教學的實驗與發展。為讓學生在下課時間能夠做適度的活動，考量樓層高度、不同年齡層學生的校舍需求、室內活動空間、風雨操場等。



圖5.8 龍埔國小校園一景



圖5.9 配合地形的覆土式建築



圖5.10 屋頂太陽能光電板及熱水系統



圖5.11 透水性鋪面的小遊戲場



圖5.12 生態農場可讓學生體驗自然生態

基地材料再生利用

基地地質屬卵礫石層，可回收作為建築材料。本案欄杆大量使用之混凝土小圓柱構件、牆面混凝土空心磚、及擋土牆漿砌卵石，皆利用基地開挖取得之卵礫石再製產生，整個流程皆經過管控。基地材料再生利用除達到廢棄物減量之目的外，更重要的是基地原料再生不息，可產生濃厚的情感意義。



圖5.13 回收營建廢棄物再製成的欄杆



圖5.14 單邊走廊及透空欄杆有助教室通風



圖5.15 設置氣窗有助通風



圖5.16 隔音板可改善回音問題



圖5.17 結合太陽能及風力的示範型路燈



圖5.18 校內多設置綠地為佳，並配合自然草溝設計

未完成的校園

一個地方之所以有品質，是因為經過成長與積累。營建一個「未完成(BUILDING THE UNFINISHED)的學校」，意味著留下未來成長與修正的空間，留下未來的使用者經營加成的機會，讓時間得以積累不同年代的心思，讓學校仿如有機體般具有生命的特質。因此，初期發展的原則是以「片狀發展(piecemeal-growth)」的概念，留設較大的空間，不要把設計都做完，將營造的時間放長，避免造成重大的錯誤。此外，也建議建立校園規劃與修繕機制，於每隔一段時間進行檢討校園發展，並於每一次新的建設案發生時必須作整體性的評估。



圖5.19



圖5.20 宜蘭市凱旋國中

宜蘭市凱旋國民中學 Kai Syuan Junior High School

創校時間：2007年

建築師：黃建興

基地面積：30313.69平方公尺

地址：宜蘭縣宜蘭市建業里10鄰縣政7街50巷1號

綠建築等級：鑽石級

設計概念

校地座落於蘭陽平原中心，縣政中心地區都市區劃範圍之西南隅，位於其東北方之龜山島是宜蘭縣最重要的地景特徵，亦為宜蘭人的心靈寄託，都市計劃沿此龜山軸線配置有一系列都市綠帶，本基地地處此軸之端點，延伸，引入並活絡都市開放空間成為校園規劃之主要概念。

校園配置

考量縣政中心都市結構與區位關係，將校園分為三大區域：

- 1.校園主入口配合社區區位及軸線綠地方向，設置於校地東側，結合行政區塑造安全，親和，綠意的校門廣場。

2.動態教學區設置於校園西側及南側，作為校園與外環道路肩之緩衝地帶，減低交通噪音對學習環境之影響，並達成動靜分離的校園配置。

3.靜態教學區位於校地中央，東側糧道串聯校門與行政空間，西側藉由專科教室及地景為中介空間，與動態教學區銜接。

作為都市綠帶軸線之端點，以東側之校門廣場作為綠意延伸之起始，向西承接靜態教學區之休閒教室，延伸穿越半戶外廊道空間，轉換為教室圍塑而成南北兩區庭園空間，越過小土丘合而為一，最後以大開放空間的動態教學區作為整個綠帶軸線之結尾，透過起承轉合之手法，將都市綠帶引入校園內，融合校園區劃，創造多樣的開放空間表情，同時扮演串聯各使用分區之角色，校舍配置則配合基地風土條件，白天吹海風，晚上吹陸風，軸線面海可以迎接白天的海風，讓每間教室都有風可以貫穿。



圖5.21 校園配置圖

校村界面

就學區，社區，區位與綠帶軸線，主校門設置於校地東側，退縮入口並配合廊道空間形成緩衝接送區，塑造入口縱深意象，汽機車停放於行政棟地下室，由校門側邊進出，便於警衛室管理，戶外車道與停車空間則採用透水鋪面。

延伸社區道路系統，於南北兩側設置次要出入口，作為學生人行及腳踏車出入動線，並以弧形半戶外廊道連接各教學群，腳踏車街由出入口側邊進出教室棟地下室停放，另設置一服務入口在活動中心前。

校園周圍以開放式綠籬及地景取代圍牆，將校園綠地及開放空間與社區共享。



圖5.22 車道，廣場的透水鋪面設計。



圖5.23, 5.24 開放式綠籬，生態圍籬作為校村介面





圖5.25, 5.26 基地南面以溪流水岸作為邊界，水岸以卵石護岸可作為小生物棲地，緩坡及豐富的水生植物營造生態水域。

空間序列

將宜蘭好山好水的特色以建築即景觀的手法融入校園，在造形上，透過自由且有機造型的鋼棚架，表現宜蘭群山環繞的地理意象，同時配合斜屋頂、長雨庇、以及外走廊和多孔隙的構造主體，呼應宜蘭多雨以及臺灣海島的濕熱氣候，校舍建物開窗以南北向為主，自然通風採光效果佳，可以節約許多能源。在配置上，一造街廓特殊形狀及都市結構區位關係，有機排列建築量體，塑造鬆緊，縮放，明暗，多變之序列空間，反映多樣的自然環境，在景觀上，以植栽，生態水景，綠地，立體綠化等，配合有機的建築量體，將宜蘭整體環境濃縮在校園中。

藉由建築量體的配置，圍塑出數個有機開放空間，加以地景與植栽的塑造，體現出個異的功能，意義與情境，每個空間都有著獨特的氛圍與表情，以空間劇情作為學生學習的最佳背景，為教學空間注入多樣的活力。



圖5.27 鋼浪板長雨庇，水平及格子遮陽，百葉窗及沖孔板皮層等豐富的遮陽形式構成凱旋國中校舍建築優美的立面韻律。



圖5.28 凱旋國中校園一景



圖5.29 中庭廣場利用樹穴方式增加綠意。



圖5.30 利用井字形小梁作為樓板結構，不另加裝潢天花，節省樓層高度。



圖5.31 司令台，花台役使用卵石堆砌營造濃縮自然，小生物棲地。

空間機能

行政區，入口之挑高門廊連接廣場，為背後的校園空間留下伏筆，扮演了校園意象發想的開始，鄰近校園主入口，銜接全校主要動線，便於管理及聯繫，建築量體由低而高逐層退縮變化，與挑高虛空間搭配，豐富行政空間表情。

教學班群，普通教室以850cmX800cm為架構模矩單元，採用雙走廊架構，後走廊設置陽台及學習角空間，10-12班組成一班群，以班群，學程教室及導師空間形成教室群，局部挑高兩層之寬走廊作為多目的地使用半戶外空間。

專科教室群，配置於校園主要動線端點位置，方便師生之可及性，依造各專科特殊空間需求，造形設計付變化，如視聽階梯教室，美術教室，音樂教室，自然教室等，扮演活化校園建築量體角色。

圖書館。設置於校門軸線側邊，與行政棟共同型塑校園入口意象，橢圓造型為校園地標，亦是師生與社區民眾容易接近的知識寶庫，大棚架下的虛空間可作為展示，訊息交流等活動場所。

動態教學區，運動場西側2.0M外環道路，設置標準足球場及200M田徑場，活動中心以折板鋼棚架為造型，呼應蘭陽山川及濕熱氣候，球場位西南隅，可做為活動中心之延伸場所。

※出自 建築師 雜誌 2007/09



圖5.32 宜蘭市凱旋國中入口



圖5.33 南投縣內湖國小

南投縣內湖國民小學 Nei Hu Elementary School

創校時間：2004年

建築師：郭俊沛

基地面積：19574.84平方公尺

地址：南投縣鹿谷鄉558內湖村興產路51號

基地配置

內湖國小為九二一震災重建的學校之一，由於無法於舊校址完成重建，遂有另選新址遷校重建之決議，新址位於舊址附近，為九二一震災後由各重建地點經過安全評估後所決定。新校地鄰近溪頭風景區。本校為國內目前最大木構造建築群的小學，具體實踐「社會人文、建築科技藝術、生態保育」等綠色建築概念。目前已成為溪頭風景區旅遊圈內的一處景點。

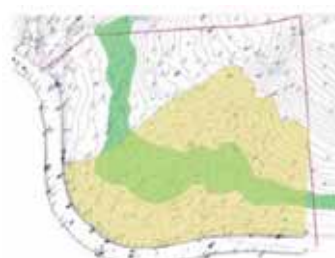
臺灣地形多斷層帶，內湖國小基地配置更必須考量土石流等環境敏感因素，故在「穩固、安全、舒適；尤其以環保為主軸」的綠建築理念的前提下，以「不破壞林相及生態環境保育」為規劃指標，於施工前充分瞭解業主、學生、居民的想法，並於施工過程中有效執行；因此，內湖國小不但是網路盛讚「好像渡假村的國小--南投縣鹿谷鄉內湖國小」「六星級夢幻校舍」，而且是國內第一所開放式的公立森林生態示範小學。

讓孩子們在森林中長大

本案保留40%的林地，植栽種類主要為大型喬木(杉木)及底層灌木，地被植物等密植混種區，面積為7,706平方公尺，經評估結果綠化指標設計值大於標準值約2倍，綠化生態貢獻明顯。既有林區植物生長茂密，植物種類有喬木、灌木及地被植物，故本案植栽種類選項為大小喬木密植混種區。基地內主要喬木為臺灣杉，其間雜有樟樹、楓香，喬木生長間距3公尺以下，喬木下層區域為灌木及地被植物。灌木類有鵝掌柴，地被植物主要為闊葉樓梯草、冷清草。又開發區非建築部分儘量保留既有喬木；被擾動的土壤，則以基地內之既有灌木或地被植物移植披覆。



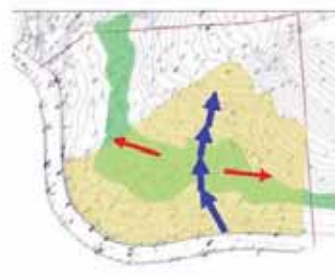
圖5.34 未開發之基地原貌



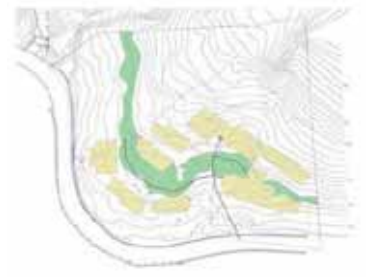
1.尋找主要配置區



2.測量：避開既有大型樹



3.基地主要道路選擇



4.交集後的配置結果



圖5.35, 5.36 讓孩子在森林中長大



物理環境控制手法



圖5.37 保持原始地形



圖5.38 就地取材，因地制宜



圖5.39 運用木構造



圖5.40 綠化與透水

1. 保持原始地形

本案保留基地原始地形、保留大型植栽，決定建築配置的基本雛形，再以此為基礎逐漸發展出整體校園配置，降低建築工程對基地表層的擾動。坡地挖填僅以必要的建築工程需要為施作原則，無外運棄土。

2. 就地取材，因地制宜

基地舊名為「石公坪」，地下多石塊，屬崩積層地質。本案大量使用挖方出土石塊作地坪鋪面與駁坎砌石，達成廢棄物減量並有效以在地素材形塑地域風貌。開挖施工後，發現基地巨石較預期為多，因此在駁坎砌石擋土與部分地坪砌石鋪面遂以就地取材之石塊為用材進行施作。

3. 運用木構造

本案除必要的基礎設施使用鋼筋與水泥，校園建築以木構造為主，木構造之結構形式與建築外部飾材均以臺灣歷史建築物細部處理方式為師法對象。

4. 綠化與透水

保護既有之大型植栽與綠色空地，並配合綠色開放空間設置戶外體驗場所，提供學生在森林戶外中可以停留的場域（包括樹屋與戶外屋頂平台），在日常的生活與學習過程中，體驗四季時序的變化。植栽將以多樣化為原則，使校園植物脫離人造林單一林相的缺點，回復豐富的生態系環境。

5. 善用遮陽效果

基地環境多大型植栽，且因地形影響，基本上無嚴重之日曬問題；遮陽設計僅為避免直射日曬所造成的視覺干擾，故配合考慮校園建築之連通需要所設置的避雨走廊，以及將部分立面作「出窗」的設計，增加遮陽深度後即可達到上述目的。

6. 可簡易維護的設計

為節省建築維護費用，本案盡量減少室內裝修的設計與施工（較無隱蔽部分），使大部分構材清晰可見；較高的室內空間則設置維修廊道，如此在構件劣化初期即可進行預防修補，以檢視修理替代大修甚至拆除重建。

建築內容及規模

基地位於鹿谷鄉內湖村內，面積約19574.84平方公尺，本基地形狀略呈方形 (130公尺 x 165公尺)，高低差約25公尺，坡向以東西向為主。基地內林木茂密，具特殊的森林景緻。且基地內地披植物種類多樣，生態資源豐富，對環境生態教育極富意義，校園規劃乃針對此獨特的環境資源特色及地區發展需求，將教學空間與森林環境整合成地區生態教學園，除可供學校師生日常教學活動以外，尚可提供其他學校學生進行森林生態體驗，進行環境生態教學。校園建築配合地形發展，以環型配置圍繞綠色空地，在坡地地形中提供良好的通視性方便校園主要生活空間的照顧與管理，同時維持校園的完整性與型塑校園整體空間意象。

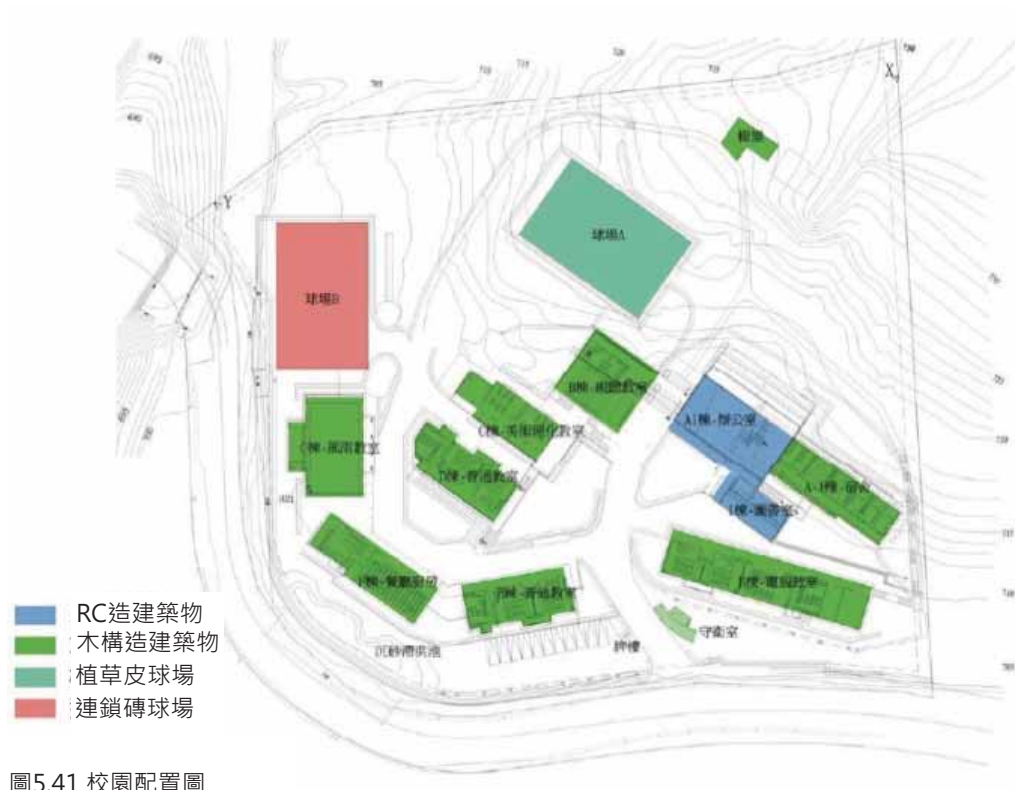


圖5.41 校園配置圖

通風與採光



圖5.42 屋頂設高窗有利通風採光



圖5.43 架設電風扇有助於空氣流動



圖5.44 風雨走廊通風及自然遮陰效果

校園環境綠化原則

1. 校園規劃前先調查評估現有植物，選定並予保留或移植，配合教學需求建立各種特色之教材園，營造校園新景觀。
2. 選用適合當地氣候與土質之樹種，並依種植地點選用符合其功能之樹種，建立校園獨特之景觀。
3. 運動場或遊戲場四周予以綠化，減緩活動噪音的干擾，同時提供陰涼的休憩場所。
4. 藉校園的植栽資源教育學童有關自然生態知識，並培養學生愛護自然的觀念。
5. 避免採用實體牆面型的傳統校園圍牆，採用視覺可穿透型之綠籬校園圍牆。



圖5.45 南投縣內湖國小校園一景

木結構的優勢

木材具優美自然的紋理、質輕而強、具保溫性，可調節濕度，容易加工、不易結露，並能吸收噪音，調和光線，減少導致眼睛疲勞的紫外線，提供舒適的生活空間等優點，頗符合作為綠建築材料之需求。

木結構和混凝土結構的能源利用比較上，木結構能夠顯著降低建築物在供暖和降溫時所需使用的能源。日本曾做研究，在歷經總共12個月的研究時間內，統計出混凝土建築的用電量達到4,135千瓦小時，而木結構建築的用電量則為3,182千瓦小時。

夏季使用空調時，木結構所消耗的能源遠低於混凝土結構。在達到相同室溫的條件下，木結構建築在5-9月期間所消耗的能源較混凝土建築低30.2%。在12-2月需用電以利進行供應暖氣的冬季時期，混凝土結構需要比木結構消耗更多的電力才能達到相同的室溫條件。在此期間，木結構建築的用電量較混凝土建築低23%。另外，在晚間要求供暖、日間要求控溫以達到舒適室溫條件的其他四個月內，混凝土結構的能源利用效率則優於木結構。由於這四個月屬於日夜氣溫適中、但反差較大的換季時期，混凝土結構能在日間儲存熱能並在夜間緩慢釋放熱能，因此從中抵消夜間供暖及日間控溫的部分需要。相反地，由於木結構具有隔熱特性，反而抵擋日間熱空氣和夜間冷風侵入室內的情形發生。

※出自 林憲德，2001，綠建築政策與木構造建築。綠建築系列研討會



圖5.46 南投縣內湖國小的木構造校舍



圖5.47 台中市中科實中

臺中市中科實驗中學

National Experimental School at Center Taiwan Science Park

建築師：余曉嵐

基地面積：47,678平方公尺

地址：臺中市國光路250號

綠建築等級：鑽石級

讓孩子與建築環境共同成長 傾聽彼此的聲音

中部科學園區的興起，將為臺中刻下新的記憶痕跡，如同中小學回憶帶給我們的人生起步一般，中科實驗中學將跟這些踩出人生大步的孩子一起成長。嘻鬧的走廊、乘涼的大樹、奔跑的操場，生活與成長密不可分，課堂以外的生活教育、學校環境成為學生往後的重要回憶，因此學校配合主要廊道讓空間之間產生串聯，進而產生了許多的戶外半開放空間，成為學生們學習社會化、與人接觸、了解環境的重要場所。中科實驗中學的未來記憶，將跟著學生們一起成長而慢慢被刻畫，學校精神將建立在學生們每一天的學習與成長之中，學生與校園在未來的道路上共同成長。

設計構想及分區說明

校區主要建築區分為行政圖書大樓、專科/普通教室、活動中心、宿舍及其他附屬建物與空間，量體順應未來40M-3計畫道路及基地內既有植栽紋理配置，採南北向配置，除考量未來都市計畫外，亦呼應現有基地環境。

設計構想及分區說明

將活動中心設置於基地西北側遠離教室群的位置，有助於社區共享。利用原有楓香林道與榕樹結合風雨走廊，清楚的界定出儀式、休閒、學習三個主要場域。宿舍則配置於基地西側，結合潭雅神綠園道，成為一寧靜與休閒共存的住宿空間。



圖5.48 基地配置



圖5.49 做為校區主軸的風雨走廊，連接學校空間以及師生情誼的橋樑



圖5.50 警衛室



圖5.51 流線造型 代表川流不息

田埂中的綠色學園

坐落在一派綠色田埂中的實驗中學已達到了「鑽石級」的綠建築標準，校區規劃中延續了中部科學園區的豐富生態，校園內有豐富的密林區及屋頂綠化，更提供給生物多樣性的棲息地，讓校園內達到生物多樣化的標準，使學生在校園內的探索學習達到更貼近自然的效果，遊走校園內各空間去體驗不同的美感及自然環境。

伸展自我的舞台

做為社會化人格養成的育成場所，除了獲得均衡及全能的發展外，同學間的社交行為與群體生活更顯重要，在處理校園空間時，設置了一作貫穿全校的天橋，呼應了原有老樹座落的軸線，猶如田野間的田埂般，使使用者能順利便捷到達目的地，更成為學生伸展自我，交換訊息的舞台，成為校園中不可或缺的重要舞台。



圖5.52 休憩平台/樓梯塔/大階梯

構築群聚式教學空間

延續舊有眷村磚牆及群聚之空間意象，教學空間依使用屬性延基地周圍設置，將校園空地集中留設於中央強調圍塑感，增加中央綠地可及性及使用率，創造學生活動空間形成多元化教學環境。

建材及色彩

事務所重新探討立面磁磚紋理表現的可能性，於行政圖書大樓立面採用經濟且常見之射出還原磚，利用拼貼方式創造出具集成材木頭質感之自然風格，使建築立面表情多了那麼一點的自然環保意象及質感，建築群彩度低塑造穩重之學院風格及大學之門意象。

創造展現自我之舞台空間

運用有機線條之雙層風雨廊道串接各棟教學空間，節點設置階梯休憩平台，並配合全區鋪面流線造型，代表學術知識川流不息，豐富行走感受及校園內涵

景觀規劃

基地周遭大多為農田、灌溉溝渠、雜林、草地、聚落或獨立建物零星分布其間。校園景觀規劃以延續週遭既有區域景觀型態，串連基地綠蔭廊道、休憩綠坪與生態滯洪池等景觀元素，企圖使基地與周圍之景觀意象、生態紋理相融合，創造與鄰里環境共存之生態校園。



圖5.53 立面與量體交織出生動表情



圖5.54 木紋質感結合建築立面

設計構想及說明

校園入口處行政圖書大樓以框景方式塑造校園入口意象，透過框景方式呈現基地內既有老樹與有機廊道之互相交織，建築與環境共存之永續校園。

植栽保留

本案基地原為廢棄軍營，基地內保有豐富大型喬木，本案建築配置除考量物理環境外，亦尊重基地內既有的植栽紋理，規劃建築物之座向。

在校區舊有軍舍與藍球場之間之通道，保留兩側原有之楓香，形成校內相當特色之楓香大道，創造出獨特的昶裕精神與氣氛。



圖5.55 老樹與校門框景的構圖



圖5.56 高雄市紅毛港國小

高雄市紅毛港國民小學 Kaohsiung Hongmaogang Primary School

完工時間：2010年

建築師：劉木賢

基地面積：21520.13平方公尺

地址：高雄市前鎮區明鳳七街1號

綠建築等級：鑽石級

遷校緣由

紅毛港國小原名海汕國小，自民國13年成立至今逾80年，校區鄰近海邊，為紅毛港地區唯一的一所學校。因「高雄港擴建」而遷村，整個聚落於民國97年剷平為洲際貨櫃特定倉儲專用區，並於小港機場旁的重劃區另設遷村補償計畫，但居民大部份領補償金而四散，僅少部分居民遷居重劃區，學校亦隨遷村至前鎮區小港機場附近，並正式改名為紅毛港小學。

多樣而有趣的空間體驗

紅毛港國小基地呈倒梯形，在有限的2公頃校地中，基地的西側配置運動場、球場，體育館設於北側以利明義國中分校共同使用。普通教室配置在基地中心側，以避開西側高速貨櫃專用道及30米中安路主幹道之噪音。主入口設置在10米明鳳七街，以避開中安路之繁忙車潮。所有教

室群採南北向配置，但以轉折手法形塑院落空間，院落間更以生態綠化手法，圍塑出多樣而有趣的庭園。而該校在資源共享方面也不遺餘力，將圖書中心位於入口核心位置作為校園視覺焦點，入口結合海扇廣場及生態池形成核心空間，以利社區與學生使用。各空間在造型上具有其自明性，結合各式開放空間變化，給學生們一個活潑的、人文的學習環境。



圖5.57 校園配置圖



圖5.58 生態綠化



圖5.59 生態水池

讓建築環境與孩子對話，訴說當年的故事

紅毛港聚落雖已消失，但紅毛港記憶該如何保留並傳承給下一代，是一直被思考的重要課題。一個使人懷念而共同記憶的場所，是許多人珍貴的寶藏。中小學也是人一生中學習的起步，許多戶外空間皆具備場所精神，如大樹下、水塘邊都記錄了許多人的學習、友誼與成長，是一處很重要情境教育的場所。迴廊、平台、階梯、廣場、步道均是學習之路，亦是學生未來校園回憶之場景。由於紅毛港的巷弄與大多數的傳統聚落一樣呈現曲折而有趣的生活廊道，既是動線也是孩子的遊戲巷，充滿有機自然成長的狀態，因此在校園動線配置上，不論教室走廊、連接通廊或戶外步道，皆被設計成曲折有趣仿紅毛港舊巷弄的動線。為了讓校園空間更能捕捉昔日生活的記憶，配合海扇劇場設計一個提供學生表演的空間，同時利用牆面之圖騰與地景藝術將紅毛港之舊記憶保留，讓學生在人文歷史等方面有更多的體驗與學習。期待舊聚落老一輩的阿公阿嬤，以後會帶著孫子到學校，坐在生態池旁的錨座椅，談論紅毛港的往事。這些兒孫有朝一日成為長者，又繼續傳述紅毛港的點滴，久而久之這些口述就成了學校的歷史，而紅毛港校園正提供了講故事的場景。



圖5.60 入口廣場經穿堂至開放空間「海扇廣場」，提供學生表演空間，以及提供居民閒聊憶往的空間。



圖5.61 校園入口等候亭以太陽能光電板當遮簷，並以船錨坐椅來呈現碼頭意象



圖5.62 圖書中心位於校園入口，有利社區民眾使用



圖5.63 廣場的透水鋪面搭配有故事性的瓷磚拼貼

新舊交融下的生態教室

小學校園是生活的延伸，也是探索知識的樂園，開放教育對於小學校園的影響包括從角落空間到大型教室群組關係。紅毛港國小不能只是懷舊，孩子的未來也能充滿想像與驚奇。除了紅磚、咕咾石反映舊聚落的紋理外，也以海洋生物、兩棲動物和魚類呈現在地景和壁面，校園建築用活潑的色彩留給孩子更多的創意與未來，學校設計結合綠建築規劃理念，使學校成為一個真正的「生態教室」。

濃縮自然的綠色校園

紅毛港國小目前已通過9項綠建築候選證書指標並榮獲鑽石級綠建築，校園裡有高低起伏的小山坡和生態池，有咕咾石和喬灌木形成的生態綠籬，有教學農園和落葉堆肥場，置身其間仿若走進大自然。其綠地面積達到41%，喬木和灌木種類達到100種，景觀生態池有5種水生植物類型，包括挺水植物、浮葉植物、濕生植物等，其兼具防災調節儲存池功能，利用溪鵝卵石護堤，並以多孔隙、多變化之近人工濕地自然淨化水循環處理，配合雨水再生利用，提供生物遷移、植生延續等，以確保生物的生存與移動的路徑，達到「生物多樣性指標」和「綠化量指標」。



圖5.64 有各式水生植栽的生態池



圖5.65 由咕啞石疊砌而成的生態邊坡



圖5.68 屋頂花架以爬藤綠化，並達到屋頂隔熱



圖5.66 喬灌木形成生態綠籬，通學步道邊並有休憩坐椅



圖5.69 圖書館迴廊與棕櫚樹構成亞熱帶的入口意象



圖5.67 校園內設有「落葉堆肥處理場」和「教學農園」，將有機堆肥直接使用在教學農園

良好通風採光

走在教室走廊會發現教室的窗檯比一般學校低，高約膝蓋的位置，落地窗讓視野更開闊，走廊採通透的欄杆，這樣的設計可增加通風和採光，對於日常節能很有幫助，加上教室都是南北向，通風、採光均良好，也可避免西曬的問題。



圖5.70 廁所內部以創意馬賽克拼貼方式，使上廁所亦是種愉快的感覺，並利用空心磚增加通風、採光效果。



圖5.71 教室外的通廊皆以冲孔鋁板欄杆和深遮陽設計，突顯亞熱帶建築設計的美感。



圖5.72 以多樣性的遮陽板擋住南臺灣的豔陽。

節能設備與綠建材



圖5.73 屋頂水塔採架高的方式可有效散熱及減少機具振動所造成的屋頂層漏水問題。



圖5.75 全校的廁所皆使用二段式省水馬桶和節水設備，屋頂的雨水經過建築物上的綠色水管，回收至地下室的儲集槽，再以馬達抽水使用在廁所、澆灌植物。



圖5.74 給排水管採明管設計



圖5.76 入口生態池邊設置太陽能燈，白天蓄電，可供夜間入口照明，頗富教學示範作用。

國家圖書館出版品預行編目資料

綠色校園建設參考手冊 / 林憲德總編輯。-- 第
1 版。-- 新北市：內政部建研所，民 101.08
面；公分
ISBN 978-986-03-3199-8(平裝)

1. 學校建築 2. 校園規劃 3. 綠建築

527.5

101014481

Green Campus

綠色校園建設參考手冊

出版機關：內政部建築研究所

發行人：何明錦

地址：23143 新北市新店區北新路三段200號13樓

編輯單位：內政部建築研究所

總編輯：林憲德

編輯：林憲德、曾俊達、劉木賢、張從怡、黃光佑、江冠霖、黃彥璋、吳柏駿、
周知言、鄭巧欣、翁以欣

網址：<http://www.abri.gov.tw>

電話：(02) 8912-7890

出版年月：101年8月

版次：第一版第一刷

其他類型版本說明：無

定價：NT\$300元

展售處：

政府出版品展售門市-五南文化廣場：臺中市中山路6號

(04)22260330 <http://www.wunanbooks.com.tw>

政府出版品展售門市-國家書店松江門市：臺北市松江路209號1樓

(02)25180207 <http://www.govbooks.com.tw>

GPN：1010101562

ISBN：978-986-03-3199-8 (平裝)

內政部建築研究所保留本書所有著作權力，欲利用本書全部或部份內容者，需徵求
書面同意或授權