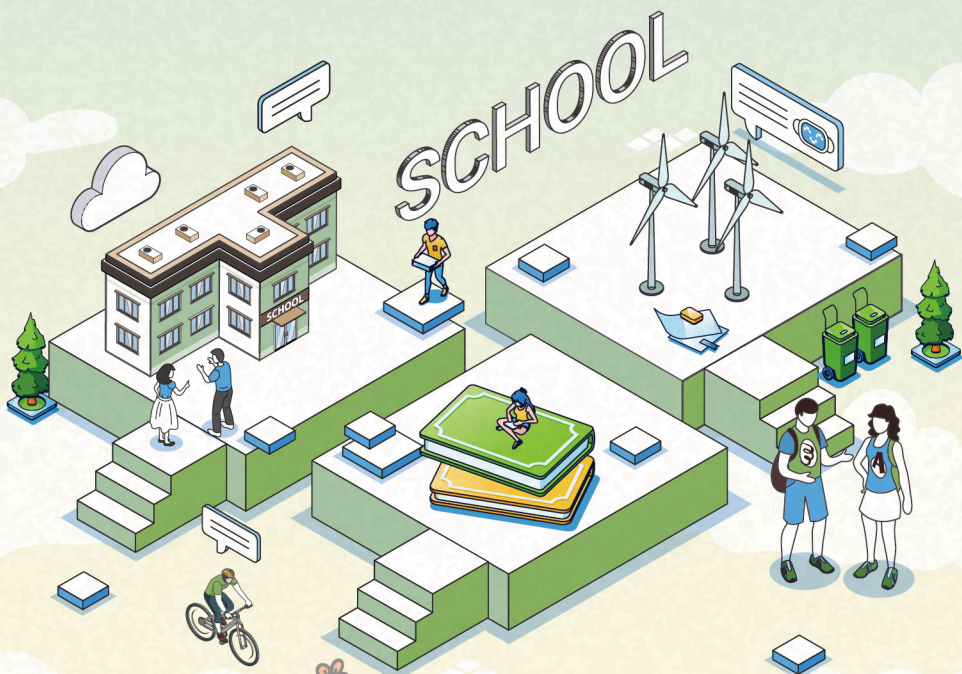




低碳校園

索引冊

沁涼一夏



臺北市環境保護局



臺北市教育局

2022年印製



低碳校園

指引
手冊

沁涼一夏

目錄

Contents

第一章 校園指路篇 / 01

- 氣候行動 減碳作為 01
- 在有限資源下 做到的最大改變 02
- 校園低碳永續推動路徑 03

第二章 校園降溫篇 / 07

- 為什麼要讓校園環境降溫？ 08
- 降溫工法挑選秘訣 09
- 建築降溫：運用不同隔熱設施降低日曬的悶熱 09
 - 利用綠化來降低建築物的蓄熱 09
 - 利用隔熱工法來降低建築物的吸熱 13
 - 從整體環境營造降溫 15

第三章 設備節能篇 / 18

- 照明管理 19
 - 什麼是照度？ 19
 - 校園場所照度標準 20
 - 該如何量測照度？ 21
 - 各種常用人工光源介紹 23



● 各種場域適合裝設之燈具	24
● 照明環境之各項指標標準	25
空調	27
● 中央空調設備和一般的空調設備的差別	28
● 一般空調冷房能力估算	29
● 效能效率指標	29
● 設置熱泵系統，應選擇哪種形式？	30
能源管理系統	30
● 能源管理系統是什麼？	31
● 能源管理系統功能	31
● 成立能源管理系統推行組織	32
● 展開能源審查	32
● 需量用電管理系統	32
採購友善環境的綠色標章商品	34

第四章 資源永續篇 / 36

新手入門	37
● 為什麼要推動校園資源永續利用？	37
● 常見的資源永續利用方式	37
屋頂設置太陽光電板 隔熱又省電	37
利用風力發電創造更多減碳量	39

節約用水方法	40
● 節約用水4步驟	40
● 省水設備汰換	40
● 水資源回收使用	43
● 雨水貯留系統	45
● 智慧水管家	46
推動資源循環與源頭減量	49

參考資料 / 52

引用資料	53
------	----

附錄一 校園指標與自評表 / 55

表目錄

● 表1	校園降溫自評表	03
● 表2	設備節能自評表	04
● 表3	資源永續自評表	04
● 表4	節能管理自評表	05
● 表5	氣候變遷教育自評表	05
● 表6	達成情形彙整表	06
● 表7	綠屋頂的型式	10
● 表8	畫素式綠牆類型	11
● 表9	藤蔓式綠牆類型	12
● 表10	隔熱漆、隔熱磚及遮光網等隔熱工法之比較	14
● 表11	隔熱玻璃、屋頂灑水及太陽能板之比較	14
● 表12	生態池適合栽種的植物類型	16
● 表13	校園常用區域之照明演色指數表	20
● 表14	天花板及牆壁分類材質顏色反射率	26
● 表15	各類型冷氣適用空間及優缺點比較	27
● 表16	中央空調與一般空調設備比較	28
● 表17	氣冷式與水冷式的優缺點	28
● 表18	不同牆面的冷房能力標準	29
● 表19	熱泵型式比較	30
● 表20	校園能源管理小組參考組織架構	32
● 表21	我國目前推動的綠色標章	34
● 表22	太陽光電的類型與說明	38
● 表23	風力發電類型比較	39
● 表24	常用節水型省水器材水量參考指標	40
● 表25	節水馬桶類型	41
● 表26	馬桶適用安裝的兩段式沖水器類型	41
● 表27	不同省水水龍頭適合的條件	42

圖目錄

● 圖1	沁涼的校園環境示意圖	08
● 圖2	綠屋頂範例-南門國中	10
● 圖3	畫素式綠牆	12
● 圖4	藤蔓式綠牆	12
● 圖5	建築外殼節能示意圖	13
● 圖6	雨水花園示意圖	15
● 圖7	生態池建置示意圖	16
● 圖8	照度原理	19
● 圖9	照度量測方法	21
● 圖10	黑板照度量測方法	21
● 圖11	教室照度量測方法	22
● 圖12	各種常見燈具彙整表	23
● 圖13	不同場所適合的燈具	24
● 圖14	黑板使用專用燈	25
● 圖15	天花板過高應加長吊桿	25
● 圖16	經濟部能源局節能效率標示	29
● 圖17	學校之電能消費分布	31
● 圖18	校園需量用電看板	33
● 圖19	卸載用模組與計費電表	33
● 圖20	學校之再生水回收系統流程圖	44
● 圖21	雨水貯留系統示意圖	45
● 圖22	智慧水管家登入介面	46
● 圖23	智慧水管家登入後主要功能介紹	47

第一章



校園指路篇

氣候行動 減碳作為
在有限資源下 做到的最大改變
校園低碳永續推動路徑

01 校園指路篇

1-1 氣候行動 減碳作為

臺北的夏天越來越熱，2020 年 7 月出現 39.7°C 高溫，創下 124 年來最高紀錄。臺灣的冬天有時好冷、有時有點溫暖？天氣出了什麼問題嗎？

沒錯，這正是所謂的「氣候變遷 (climate change)」。隨著極端氣候的發生，世界各大都會區都面臨像是洪水、熱浪、暴雨、乾旱等水環境的風險與挑戰，不僅對民眾生命財產造成重大威脅，也影響到城市的永續發展。

臺北市也不例外，極端天氣的日數增加，影響了人們的生活習慣，讓空調的使用需求也增加，除增強了都市的熱島效應 (urban heat island effects)，更造成不斷提高能源使用的惡性循環。

為了對抗氣候變遷及善盡地球公民的減碳義務，臺北市已在 2021 年 422 地球日，宣示追求 2050 年淨零排放的決心，這需要向臺北市最主要的溫室氣體排放來源——住商部門，推動深度減碳，除公部門外，也需要私部門一同加入淨零排放的行列。

為此臺北市展開一系列的氣候行動，包含溫室氣體管制執行方案、清新空氣行動計畫、循環城市推動計畫、田園城市等政策，從節能減碳、資源循環利用、城市綠化等面向逐一落實城市減碳目標、對抗暖化。臺北市也推動海綿城市，提升防洪容受度，並持續確保水資源與交通運輸等基礎建設功能，因地制宜強化氣候災害應變，加強檢討防災、減災與災後復原措施。

除此之外，推動永續發展教育，從下一代建立良好觀念更是當務之急，本指引將結合聯合國永續發展目標 (Sustainable Development Goals, SDGs) 中的 SDG3 確保健康與福祉、SDG4 優質教育品質、SDG7 可負擔的潔淨能源、SDG11 永續城市發展、SDG13 氣候行動，協助校園中的師生共

同創造低碳、沁涼、永續的校園生活。

1-2 在有限資源下 做到的最大改變

氣候行動不只是未來願景，更是臺北市民的日常，但「學校」要從何開始、從何尋找到資金，來完成城市級的大事呢？

- 想打造零碳標竿建築，不可能把校舍打掉重蓋！
- 想建置綠屋頂、綠籬，不可能不考慮屋齡與漏水問題！

夢想著擁有再生能源、水循環系統、全面汰換成節能用品，每件事情都與經費息息相關。因此，本書集結了臺北市環保局多年的經驗，以「舊校舍」為標的、以學校「行政人員、總務人員」為對象，用科學與技術的角度思考，有限資源下能做到的減碳作為。

本書編排方式分為四大部分：

01 校園指路篇

協助老師透過各項指標，盤點校園低碳永續設施現況，安排未來推動的路徑。

02 校園降溫篇

面對西曬造成的建築蓄熱與使用大量空調衍生的廢熱問題，無疑降低了教學與學習舒適度，運用綠化降溫與隔熱工法來達到緩解之效。

03 設備節能篇

照明、空調是教室與辦公室常見的吃電怪獸，但節電產品要選哪一種？裝多少？和教室的空間有關。同時，有設備與綠色標章產品，更要搭配管理，才能大大提升效率。

04 資源永續篇

大自然是最棒的資源，本章節介紹如何運用太陽能、風能與節約用水的重點。

撰寫方式由觀念到實務，先從新手入門了解 Why，再進入章節學習 How and What，同時加入了每一種施作方式需要的行政流程、成本概念與外部資源，幫助校園的行政人員、總務人員快速上手。

1-3 校園低碳永續推動路徑

邁向低碳永續的路上，要先了解校園處在哪個階段，透過校園降溫、設備節能、資源永續、節能管理、氣候變遷教育等幾個指標，進行資源盤點進而找到校園「最需要」的短期施作項目，並從長遠眼光規劃中程與長程施作內容。詳細可參考下方表 1 到表 6 之自評表，先針對校園推動現況進行評估。

自評 / 低碳永續項目資源盤查

表 1 校園降溫自評表

指標項目	指標內容	推動現況
A 校園降溫	建築降溫 校園可利用的屋頂設置隔熱設施率達 100% 可設置設施如：綠屋頂、隔熱磚層、太陽能板、灑水器 (計算公式：已設置隔熱設施的建築物棟數 / 可利用的屋頂數 *100%)	
	嚴重的東西曬牆面有設置外殼節能設施率達 100% 如： <input type="checkbox"/> 外遮陽、 <input type="checkbox"/> 隔熱漆 / 磚、 <input type="checkbox"/> 隔熱紙、 <input type="checkbox"/> 隔熱簾、 <input type="checkbox"/> 其他 (計算公式：已設置隔熱的牆面數 / 有東西曬的牆面 *100%)	
	環境降溫 確實掌握校內樹木的品種與數量，並且有持續增加植樹的計畫。	
	校園內設置小型調適氣候變遷設施，設置項目如：生態池、雨水花園、透水鋪面等。	

綜合情況概述：_____

表 2 設備節能自評表

指標項目	指標內容		推動現況
B 設備節能	照明管理	學校教室及公共區域使用電子式高效率省電燈具（例 T9、T8 或鹵素燈汰換為 LED 燈）達 100%。	
		出口指示燈、避難方向指示燈、消防指示燈等，全面採用省電 LED 應用產品達 100%。	
		校園針對樓梯、走廊或穿堂等公共空間設置燈控感應開關，採用時序控制或自動照明系統。	
	空調	學校以具體管理辦法有效使用空調設備，如：搭配循環扇、抽氣扇等增加教室空氣對流達到降溫等。	
	能源管理系統	公共空間飲用水機 90% 設定自動定時開關。	
		校園建立能源監控系統。	
	排風管理	學校地下停車場針對車輛使用頻率高時段設定排風。	
綠色採購	依據機關綠色採購推動方案採購相關具有節能環保標章的設備：如電腦、事務機、印表機、碳粉匣、投影機、窗型 / 分離式冷氣機、循環扇等設備。		

綜合情況概述： _____

表 3 資源永續自評表

指標項目	指標內容		推動現況
C 資源永續	再生能源	學校設置再生能源教學示範設施，且能有效運作。 <input type="checkbox"/> 太陽能發電 <input type="checkbox"/> 太陽能熱水器 <input type="checkbox"/> 風能 <input type="checkbox"/> 其他：	
		學校的再生能源主要的設置地點為： <input type="checkbox"/> 教室頂樓 <input type="checkbox"/> 體育館頂樓 <input type="checkbox"/> 行政大樓頂樓 <input type="checkbox"/> 風雨球場 <input type="checkbox"/> 警衛室	

指標項目	指標內容		推動現況
C 資源永續	節約用水管理	所有公共區域洗手用水均使用省水器材，而且定期進行管線漏水檢測。	
		設置雨水再利用設施並使用於澆灌植栽、公共區域清洗或沖水馬桶。	

綜合情況概述：_____

表 4 節能管理自評表

指標項目	指標內容	推動現況
D 節能管理	設有節能減碳任務推動小組，並且定期召開校園能源管理相關工作會議。	
	設有能源管理系統，並定期進行維護。	
	辦理教師氣候變遷減緩與調適知能訓練研習。	
	配合臺北市政府推廣智慧節電政策、氣候變遷調適等相關推廣活動。	

綜合情況概述：_____

表 5 氣候變遷教育自評表

指標項目	指標內容	推動現況
E 氣候變遷教育	已發展與氣候變遷主題相關的校本課程。	
	辦理針對社區、家長或師生的氣候變遷研習課程。	
	校園內建立節能減碳示範場域作為教學使用。	
	配合臺北市政府推廣智慧節電政策、氣候變遷調適等相關推廣活動。	

綜合情況概述：_____

算一算，各個項目達成情形，哪一種是最需要改善的？

表 6 達成情形彙整表

類別	達成項目	需要加強項目
A 校園降溫		
B 設備節能		
C 資源永續		
D 校園節能 管理團隊		
E 氣候變遷 教育		

第二章

校園降溫篇



為什麼要讓校園環境降溫？

降溫工法挑選秘訣

建築降溫：運用不同隔熱設施降低

日曬的悶熱

02

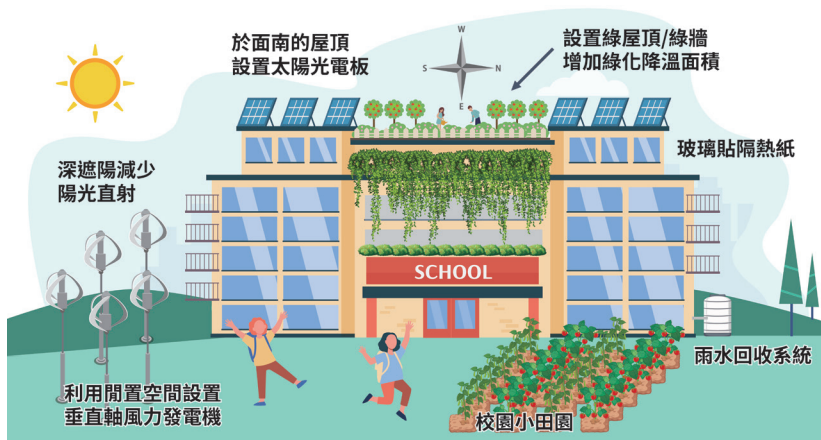
校園降溫篇

營造沁涼、舒適的學習環境能提供校園師生更加健康、優良的教學品質，但在氣候變遷及熱島效應的情況下，要用較少的能源來獲得良好的學習環境變得越來越困難，故本篇將介紹如何透過低碳手段，推動校園降溫實務。

2-1 為什麼要讓校園環境降溫？

校園環境因為教室密集，而且將學生集中於教室中，如果沒有從整體上的進行降溫規劃，會導致校園建築物蓄熱，造成上課中需要使用大量的空調來讓學生達到舒適的學習環境，空調產生的熱能又讓環境變得更加悶熱的惡性循環，亦產生大量的能源消耗。

有鑑於此，選擇適合的方式來讓校園環境變得沁涼，對於營造舒適的學習環境，或是節能減碳都具有其重要性。校園環境的降溫建置方式可參考圖 1，詳細評估方式，分別說明於後。



圖片來源：本手冊整理繪製

圖 1 沁涼的校園環境示意圖

2-2 降溫工法挑選秘訣

01 ▶

可利用的空間類型：檢視目前校園可利用的空間，可分為地面與建築物 2 種，建築物又包含了頂樓、牆面、中庭等可以利用的空間，盤點後可觀察其遭受日曬的時間長短，納入改造基地名單。

02 ▶

建築物條件：若可利用的空間是建築物，需觀察建築物的狀況，如：房屋是否老舊？防水層是否受損？是否有積水問題？建築物是否有裂縫或傾斜？並按照不同的情況，選擇適合的降溫工法。

03 ▶

使用與安全性：若採用綠化的方式來降溫，可評估基地的安全性，如：圍牆高度、空間是否在教師可掌控範圍、考量作為學生的環境教育基地，創造節能減碳的學習環境。

04 ▶

後續維護：不論是綠化或是其他隔熱工法，都會需要維護的人力，如：綠化用植物可能需要澆水與修剪、隔熱工法需定期檢查是否受損，以持續發揮降溫設施的效果。

2-3 建築降溫：運用不同隔熱設施降低日曬的悶熱

前面提到了降溫的基地可分為環境與建築物 2 種，適合的工法也不相同，本節將針對建築物適用的不同降溫方式，其選擇的條件及設置細節等，分為「建築綠化降溫」及「隔熱工法」進行說明。

利用綠化來降低建築物的蓄熱

利用建築物的閒置空間綠化，不僅可以減少陽光直射建築物、降低建築物的蓄熱，也可以作為校園環境的小生態跳島，以及環境教育的基地；常見的建築綠化降溫形式有綠屋頂及綠牆，分別說明如後：

01 綠屋頂

綠屋頂可以減少陽光照射屋頂使建築物產生的熱能，也可以提供滯留雨水的功能，提高環境面對災害的韌性。常見的綠屋頂可分為薄層綠屋頂、盆鉢式綠屋頂及庭園式綠屋頂三種類型，其特徵、選擇要點及維護等細節都不同，如何選擇適合預定施作基地的形式，可參考圖 2 範例與表 7 所整理各種

型式綠屋頂的特點。

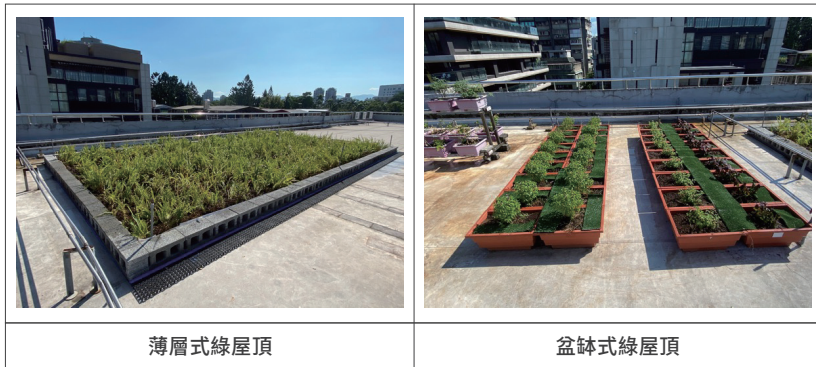


圖 2 綠屋頂範例 - 南門國中

表 7 綠屋頂的型式

薄層綠屋頂	特徵	1. 管理頻率低 2. 覆土 <30 公分 3. 適合種植灌木、草皮 4. 屋頂斜度 45 度以下即可	施作需求	1. 乘載力須 >200kg/m ² 2. 工法簡單，建設成本中等 3. 維護管理頻率低
	維護	管理頻率低		
	選擇要點	雖然管理頻率低，植栽種類有限，人為活動空間也較小		
盆鉢式綠屋頂	特徵	1. 非全面綠化使用之型式 2. 較以農園型式呈現 3. 屋面坡度必須低於 10 度	施作需求	1. 乘載力須 >250kg/m ² 2. 工法簡單，建設成本低 3. 維護管理頻率高
	維護	需常除草、換植栽		
	選擇要點	必須有高人力進入維護管理，建議選擇志工數高或民眾自行願意投入管理者為佳		
庭園式綠屋頂	特徵	1. 屋頂乘載需求高 2. 管理頻率及經費需求高 3. 屋面坡度必須低於 10 度	施作需求	1. 乘載力須 >450kg/m ² 2. 工法複雜，建設成本高 3. 維護管理花費高
	維護	管理頻率高		
	選擇要點	高管理維護頻率，必須考量喬木固定問題以及建築物的乘載量		

資料來源：整理自《我愛綠屋頂》、《天空之園 - 綠屋頂二部曲》臺灣綠屋頂暨立體綠化協會

注意重點

- (1) 注意屋頂防水層與承重，若屋齡較高或有漏水現象，建議以盆鉢式綠屋頂為主。
- (2) 盆鉢式綠屋頂注意使用者的類型，若使用者為學童，須注意盆鉢不宜過高，以免學童使用不易或發生危險，若使用者為成人，可提高盆鉢高度，減少對腰部的負擔。
- (3) 於既有建物建置綠屋頂前，應委請結構技師評估其結構安全性與可行性，檢討屋頂排水系統；於新建建築物設置綠屋頂前，應將綠屋頂之設置納入設計考量，包含載重與排水系統。

02 綠牆／綠籬

綠牆／綠籬可以減少陽光直射牆面產生的熱能，也可以減少陽光造成室內光線刺眼的問題，在設置前應觀察不同季節的陽光照射狀況，避免非夏季時室內採光不足。常見的綠牆／綠籬分為畫素式與藤蔓式 2 種類型，不同型式需要的維護與適合的位置不盡相同，可參考圖 3、圖 4 範例，比較如表 8 及表 9。

表 8 畫素式綠牆類型

類型	畫素式			
形式	單槽式	區塊式	開放式	織布式
特色	單盆式的植物，替換容易。	將植栽預先栽種於不銹鋼盆栽，並吊到牆面上固定。	以鋼架搭成書架狀的溝槽，並鋪上輕質土，植物存活率高。	以多層不織布做成袋狀，並填入輕質土，重量最輕。
維護重點	需每個盆栽都有澆灌。	每塊都需要澆灌系統。	需要的澆灌系統較少，每三、四列使用一條即可。	需要的澆灌系統較少，可三、四個區域使用一條。
適合植物	有屋簷的基地：半日照植物，如：蕨類、合果芋、黃金葛等。 沒有屋簷的基地：全日照植物，如：金露花、小蚌蘭、武竹等。			

表 9 藤蔓式綠牆類型

類型	藤蔓式			
	吸附式	氣根式	捲鬚式	莖旋式
特色	植物以吸盤直接攀爬牆面。	植物以根系直接鑽入牆面縫隙。	植物以莖部長出的鬚條捲附支架。	植物利用莖捲曲旋繞支架。
維護重點	植物長期吸附牆面可能帶來濕氣，須注意除濕。	根系鑽入牆面縫隙可能破壞牆面。	攀爬力較低，須注意建置地點是否風力較強。	無。
適合植物	爬牆虎。	薔荔。	百香果、絲瓜等。	忍冬、老荊藤、風藤等。

資料來源：整理自《我愛綠屋頂》、《天空之園-綠屋頂二部曲》臺灣綠屋頂暨立體綠化協會

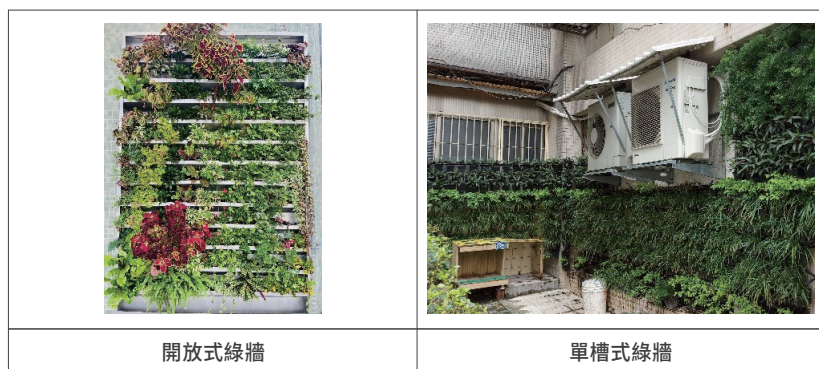


圖 3 畫素式綠牆

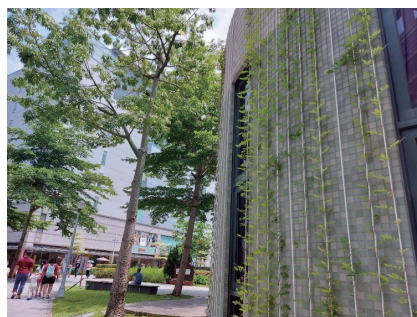


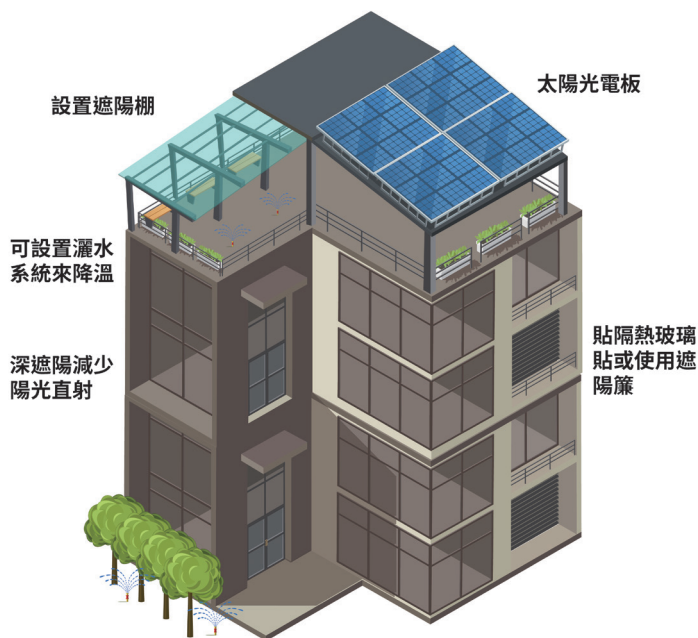
圖 4 藤蔓式綠牆

注意重點

- (1) 畫素式的綠牆雖然可以提高密度、較為美觀，但對於澆灌系統的需求較高，是較高碳的綠牆形式，並須時常注意植栽生存狀況，以免影響隔熱與美觀功能。
- (2) 單槽式的盆栽通常是塑膠或保麗龍，需定期確認容器受紫外線照射造成的損耗。
- (3) 藤蔓式的綠牆建置時須注意花台覆土厚度，至少需 50 公分以上，並且注意花台的通氣及排水設定，後續維護成本較低。

利用隔熱工法來降低建築物的吸熱

隔熱工法相較建築綠化降溫較不需人工維護，不過仍須定期針對不同類型的設備進行檢查與補強，以免設備自然耗損後隔熱功能下降。挑選適合的隔熱工法前，應觀察陽光照射房屋的時間與角度，以及牆面是否有漏水問題，以免影響隔熱設施發揮功效。圖 5 為常見的隔熱工法，常見隔熱工法比較請見表 10、表 11。



圖片來源：本指引繪製

圖 5 建築外殼節能示意圖

表 10 隔熱漆、隔熱磚及遮光網等隔熱工法之比較

隔熱工法	隔熱漆	隔熱磚	遮光網
適合位置	屋頂、外牆		屋頂
設置重點	應先注意建築外殼是否有漏水問題，先塗防水層後才塗隔熱漆。	盡量於建築物建造時就規劃使用隔熱磚或隔熱材料，以免浪費。	屋頂老舊不適合設綠屋頂或大規模做隔熱工法者，可選遮光網。
經費需求	經費較便宜，高樓作業會增加經費。	需動到較多工程，經費較高。	經費便宜。
維護重點	定期注意隔熱漆、防水層是否剝落並加強。	定期觀察隔熱磚是否有損壞。	定期確認遮光網是否有脆化現象並更換。

表 11 隔熱玻璃、屋頂灑水及太陽能板之比較

隔熱工法	隔熱玻璃	屋頂灑水	太陽能板
適合位置	窗戶	屋頂	屋頂
設置重點	若窗戶非於建造時即採用隔熱玻璃，亦可貼隔熱紙或安裝窗簾來隔熱。	應先確認屋頂是否有漏水問題，若有則不適合以灑水來降溫。	利用屋頂閒置空間安裝太陽能板，應考量太陽能板架設高度是否適合維護。
經費需求	經費較高。	經費較低，防水層修繕會增加經費。	經費最高，但可採 PV-ESCO* 方式降低支出
維護重點	定期以清水沖洗。	確認管線是否完整運作，沒有漏水。	定期清水沖洗面板及檢視發電是否正常。

*註：PV-ESCO(Photovoltaic Energy Service Company) 指太陽光電能源技術服務業，是由能源技術服務業或系統商，向民眾租賃空間設置太陽光電系統，且負責維護、運作的模式，民眾可不需負擔建置成本即可參與再生能源設置。

從整體環境營造降溫

利用地面空間，設置地面農園或生態池，可以協助校園的整體環境降溫保水，除了常見的生態池外，也可以設置結合地面農園及雨水貯留系統的「雨水花園」，讓地面農園澆灌更加減碳，也增加不同的環境教育功能。

01 地面農園、雨水花園

綠化能夠讓環境具備降溫及保水功能，地面型的農園雖然降溫功能不及大規模的植樹，但卻可以肩負起校園環境教育、食農教育的功能，此外，為了創造海綿校園，更可結合雨水貯留系統，設置雨水花園如圖 6，提高校園保水功能，並設置泵浦讓雨水可以被再用於澆灌農園。



圖 6 雨水花園示意圖

注意重點

- (1) 雨水花園規劃時，應觀察環境雨水匯集與流動方向後選擇設置地點，盡量讓雨水自然流入花園，避免需額外設置抽水系統來讓水能夠進入雨水花園中，徒增碳排放量。
- (2) 雨水花園的選址應盡量遠離建築物至少 3 公尺，以避免水漏入地下室，亦應遠離電力、天然氣等其他線路。
- (3) 坡度過斜會影響水中雜質的沉降，雨水花園的基地坡度應盡可能小於 10%。

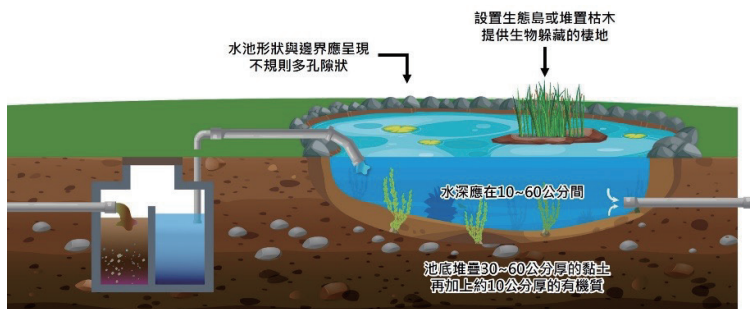
02 生態池

建置生態池除了可以利用水體讓校園環境降溫外，也可以營造校園生態環境，作為師生環境教育的基地，結合處理池可以發揮生態池沉降、過濾雨水的作用，利用植物、魚蝦等小生物，營造校園微型生態系統。以下提供生態池適合栽種的植物如表 12，建置參考如圖 7。

表 12 生態池適合栽種的植物類型

類型	植物
沉水性	馬藻、小花石龍尾、水車前草等。
浮水性	臺灣萍蓬草、白花水龍、槐葉蘋等。
挺水植物	田字草、水蕨、空心菜、芋、白花紫蘇草、野慈菇等。
水岸植物	水丁香、半邊蓮、筆筒樹、九芎、臺灣杉羅、血桐、水茄冬等。
岸邊石縫植物	武靴藤、腎蕨、小毛蕨、鐵線蕨、薛荔、珍珠蓮、車前草等。

資料來源：社區生態水池推廣手冊。行政院農業委員會特有生物研究保育中心。2012



資料來源：人工溼地與校園生態池營造。陳江河。2004

圖 7 生態池建置示意圖

注意重點

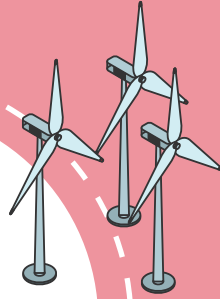
- (1) 既有的表土與植栽利用：在挖掘生態池時，應盡可能留下原本基地上的土與植栽，並且作為生態池建置時植栽所需的覆土。
- (2) 營造多孔隙的環境：池邊或池底可放置枯木、不規則狀的石頭，讓小型生物能夠有躲避、隱藏的環境，有助形成適合水棲昆蟲及魚蝦的棲息空間。
- (3) 蚊蟲問題：許多學校因害怕病媒蚊的問題，所以放棄在校園內設置生態池，但其實生態池如果建立完善的生態，魚蝦和青蛙會替大家解決蚊子的問題。

03 植樹、植草

植樹或植草，會需要比較多的時間才能達到降溫效果，但從長遠來看，因植物僅需修剪、澆灌施肥，故為較根本解決校園環境悶熱問題的方式。

在校園中種植樹木時，可以參考教育部的「校園植樹環境自我評量」針對校園內的植樹狀況進行盤點，也應盡可能以種植原生種樹木為優先並可盡量以帶狀的方式種植樹木，創造校園小型風廊。

延伸閱讀	
(1) 原生樹種可參考行政院農委會林務局的「臺灣原生樹木種苗網」： https://theme.forest.gov.tw/forestplant/	
(2) 校園樹木、碳吸存可參考國立臺灣大學森林環境暨資源學系的「樹保寶」網站： https://test.supergeo.com.tw/newreporter/	
(3) 校園綠屋頂、小田園可至臺北市產業局「田園銀行網路平臺」查詢： https://farmcity.taipei/city/m0/index.php	



第三章

設備節能篇

照明管理

空調

能源管理系統

採購具備綠色標章商品，

對環境更友善

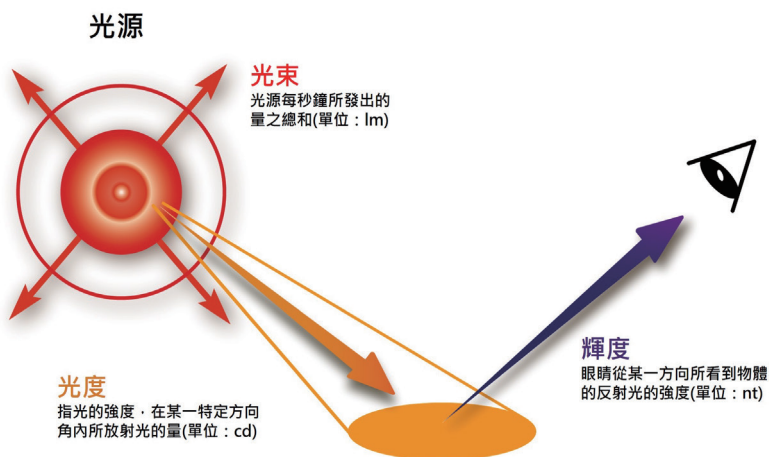
03 設備節能篇

3-1 照明管理

照明的重要性，可以用人類五官攝取資訊來辨別，最重要的就是視覺（眼睛）高達 87%，其餘聽覺（耳朵）、嗅覺（鼻子）、觸覺（皮膚）和味覺（舌頭）加總才佔 13%。照明適當與否直接影響視覺的資訊攝取效率，所以合理的照明對於學生學習相當重要。

什麼是照度？

照度是表示單位面積內所射入光能量，光照強度是指單位面積上所接受可見光的能量，簡稱照度，為物理術語，用於指示光照的強弱和物體表面積照明程度的量，單位為勒克斯 (Lux)， $1 \text{ Lux} = 1 \text{ lm}/\text{m}^2$ 。其與光源、光束、光度與輝度之間的關係如圖 8。



資料來源：改繪自教育部《校園節能手冊》

圖 8 照度原理

校園場所照度標準

依據國家標準 (CNS 12112) 要求，每一個不同使用目的的場所，均有一個參考基準值，供選擇合適的照度來配合實際需要。以下提供學校常用到室內區域、作業空間和活動種類照度、眩光限制及平均演色指數一覽表如表 13。

表 13 校園常用區域之照明演色指數表

室內、作業或活動種類	Em(lux)	室內、作業或活動種類	Em(lux)
1. 辦公室		4. 教育建築	
(1) 文件處理、影印等、接待櫃檯	300	(1) 幼稚園、托兒所	500
(2) 書寫、打字、閱讀、資訊處理	500	(2) 托兒所勞作室	500
(3) 工程製圖	750	(3) 教室、演講廳	500
(4) CAD 工作站	500	(4) 黑板	750
(5) 討論、會議室	500	(5) 美術、手工教室	750
(6) 檔案室	200	(6) 美術學校美術室	750
2. 圖書館		(7) 製圖室	750
(1) 書架	200	(8) 實習室、實驗室、實習桌	500
(2) 閱讀區、櫃台	500	(9) 音樂練習室、語言實習室	300
3. 公共停車場 (室內)		(10) 電腦教室	500
(1) 進出口斜坡 (白天)	300	(11) 準備室、討論室	500
(2) 進出口斜坡 (夜間)	75	(12) 學生討論室、集合廳	200
(3) 車道、停車場	75	(13) 教師辦公室	300
(4) 體育館、游泳池	500	(14) 體育館、游泳池	500

該如何量測照度

01 照度可由照度計做測量，圖 9 提供正確與錯誤的照度計量測方式：



圖片來源：本手冊拍攝

圖 9 照度量測方法

02 以一般教室的黑板、課桌椅為例

(1) 黑板

黑板之照度檢測，以黑板之中心點 D 為基準點量測照度，中軸線上方、下方各 30 公分處量測 C、E 點之照度，並再向左方、右方延伸 100 公分為 A、B、F、G 四點量測照度，共取 7 點照度量測之平均值為其黑板之平均照度，其照度標準以 750Lux 為基準，圖 10 提供黑板照度測量方法。



資料來源：校園照明節能改善參考手冊。

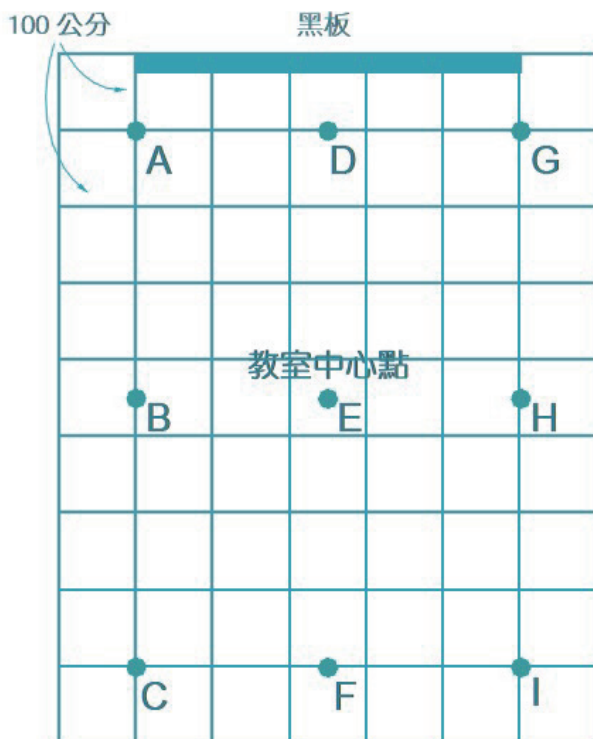
圖 10 黑板照度量測方法

(2) 普通教室

普通教室之課桌面照度檢測會因教室大小而量測點有些許差距，一般取教室四周 100 公分為距離，找出 A、C、G、I 四個量測點，再找出四點之中間點分別為 B、D、H、F 以及教室之中心點 E 共九點作為量測基準點，教室一般照度標準以 500Lux 為基準。圖 11 提供教室照度量測方法。

平均照度計算公式：

$$(A \times 1 + B \times 4 + C \times 1 + D \times 4 + E \times 16 + F \times 4 + G \times 1 + H \times 4 + I \times 1) / 36$$



資料來源：校園照明節能改善參考手冊。

圖 11 教室照度量測方法

各種常用人工光源介紹

舉凡可以發出光線並照耀周圍環境提供辨識的物質均可稱之光源，其中又分為自然光源及人工光源。而在人工光源方面，包含常用來作為各種環境使用光源，例如白熾燈、鹵素燈、螢光燈管、HID 燈系列等，以及節能燈具如 LED 燈等。圖 12 為常見燈泡。

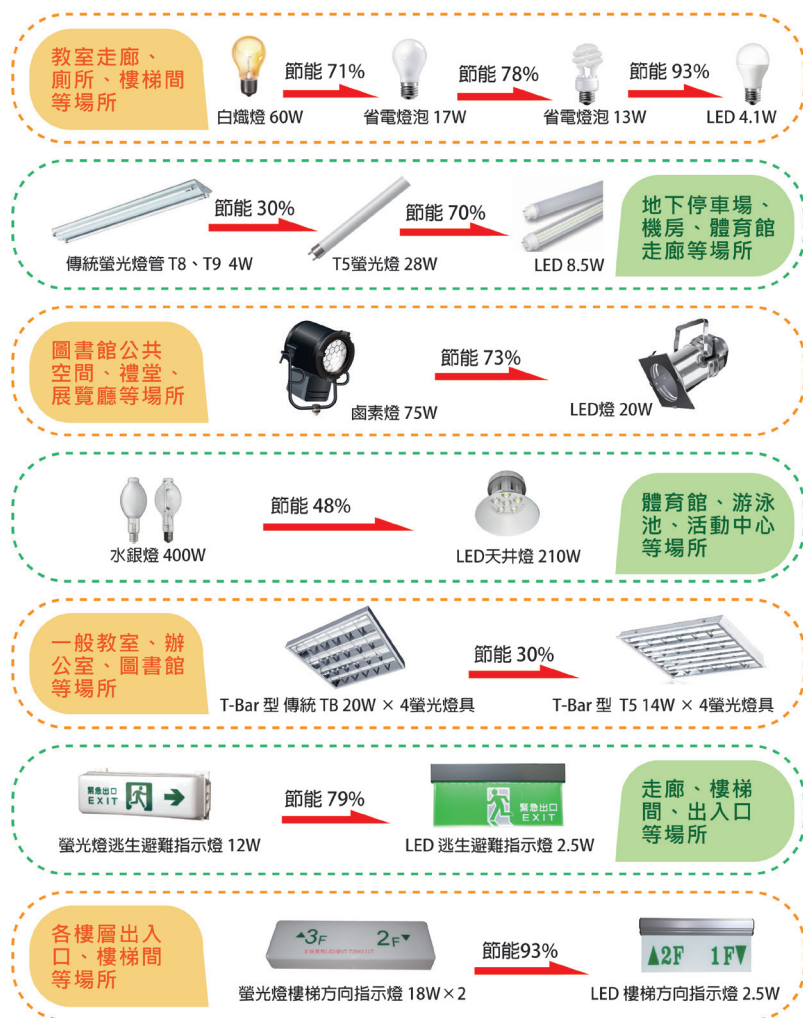
燈泡樣式 範例	品名	瓦數 (W)	壽命 (hr)	發光效率 (Lm/W)	教室 (9×9平方公尺) 之設計盞數	使用3萬小時 電費成本(元)
	白熾燈泡	40	1,200	12	176	633,660
		100		15	58	572,400
	螢光T8 燈管 (傳統型)	20	7,500	58	18	129,600
		40	10,000	68	16	115,200
	螢光T5 燈管 (電子式)	14	20,000	96	16	97,200
		28	20,000	104	15	88,920
	螢光PL 燈管	36	6,000	72	16	103,680
	螢光3U 燈管	21	6,000	58	72	136,080
	螢光 螺旋燈	13	3,000	52	124	119,880
		21	6,000	60	66	114,660
	LED燈 10W 每盞4隻	10	30,000	65	16	57,600
	LED燈2W 每盞6個	12	30,000	50	138	149,040
	LED燈1W 每盞7個	7	30,000	70	169	106,470

資料來源：校園照明節能改善參考手冊。

圖 12 各種常見燈具彙整表

各種場域適合裝設之燈具

為了讓每個場所都能保持最適當的亮度，各場所適用不同的燈具與汰換，可參考圖 13 的路徑。



資料來源：校園照明節能改善參考手冊。

圖 13 不同場所適合的燈具

照明環境之各項指標標準

要創造學校教室良好的照明環境，必須針對教室照明各項指標，建立定量的要求標準，各項照明指標的標準值，應依教室特色分別設定，並根據照明擺設的高度及位置，也會影響節能的效果。有關教室燈具設置及內部材料對於加強反射照度，如圖 14 所示。

- 01 應配合使用目的選擇適當配光的燈具，例如黑板燈應該採用黑板專用燈。



圖片來源：於關渡國小拍攝

圖 14 黑板使用專用燈

- 02 有些教室天花板較高，因此必須利用吊管懸吊之方式降低安裝燈具高度以增加照度（如圖 15），否則便須增加燈具數目來維持照度標準，如此便會造成燈具用電量增加之情況。



照片來源：於興雅國小拍攝

圖 15 天花板過高應加長吊桿

03 教室牆壁與天花板面，宜選用明度較高之裝修材料，對於燈光之直接照射會加強反射照度，不同材質的反射率可參考表 14。

表 14 天花板及牆壁分類材質顏色反射率

	反射率			
	70% 以上	50% 以上	30% 以上	30% 以下
金屬	銀 (磨) 鋁 (電解研磨)	金、不銹鋼板 、鋼板、銅	鍍鋅鐵板	—
石材壁材	石膏、白磁地磚、 白牆壁	淡色壁、大理石 淡色磁磚、白色平面	花崗岩 石綿浪板、砂壁	紅磚、水泥
木材	—	表面透明漆 處理之檜木	杉木板、三合板	—
紙	白色紙類	淡色壁紙	新聞紙	描圖紙
布	—	白色木棉	淡色窗簾	深色窗簾
玻璃	鏡面玻璃	濃乳白珐瑯	壓花玻璃	透明玻璃 消光玻璃
油漆	白色油漆、透明漆	白色珐瑯、淡色油漆	淡色油漆 (濃度較濃)	濃色油漆
地面材料	—	淡色磁磚	榻榻米	深色磁磚
地表面	—	—	混凝土	混凝土、鋪石、小 圓石、泥土

資料來源：整理自台灣區照明燈具輸出業同業公會

3-2 空調

臺灣地區夏季氣候炎熱，空調用電需求增加，尖峰負載持續攀升，造成台電公司在夏月尖峰供電短缺，故台電公司只能利用限電來確保供電品質，依能源局估算，夏月空調負載約占台電尖峰負載的 30%，夏季空調用電亦占住商部門用電量的 41%，所以空調系統的節能是有效抑制電力負載的方法之一。

學校常見之空調系統依其構造可分為窗型冷氣、分離式冷氣、箱型冷氣及中央空調系統等，其比較如表 15 所示。

表 15 學校各類型冷氣適用空間及優缺點比較

項目	窗型冷氣機	分離式冷氣機	箱型冷氣機	中央空調系統
類別	定頻冷暖 變頻冷暖 定頻單冷 變頻單冷	一對一 一對多 VRV 系統 *	氣冷式 水冷式	氣冷式 水冷式
適用空間	預設有冷氣口的 教室或辦公室	各種空間皆宜	演講廳、電腦教室、 視聽教室	辦公大樓、 圖書館
優點	易安裝 價格低	噪音低	易安裝	價格低 減少冷媒洩漏
缺點	噪音大	安裝複雜價格高	室內機較占空間	安裝所需空間較大

*註：VRV(Varied Refrigerant Volume) 空調系統又名為變冷媒流量系統，統室外機採用變頻控制，室外機的輸出可根據室內負荷的大小自動調節。

中央空調設備和一般空調設備的差別

中央空調系統亦可稱為冰水系統，其主要設計之目的在於節省建置成本及減少冷媒洩漏率。因此，有學者提出一套設計方法在蒸發器內由冷媒先與冰水進行熱交換，再將冰水送至負載端產生需要之空調效果，藉此可以達到節省建置成本及減少冷媒洩漏率之目的，也成為我們常聽見的中央空調系統。而中央空調設備與一般空調設備特性（適用空間、系統製冷能力等）比較如表 16；中央空調之氣冷式與水冷式優缺點則如表 17。

表 16 中央空調與一般空調設備比較

空調類型	特性	常見設備
一般空調設備	1. 系統製冷能力較小 2. 管路配置較為簡單 3. 安裝所需空間較小 4. 適用於小空間	1. 窗型冷氣機 2. 分離式冷氣機
中央空調設備	1. 系統製冷能力較大 2. 管路配置較為錯綜複雜 3. 安裝所需空間大 4. 適用於大空間	1. 箱型冷氣機 2. 中央空調系統

表 17 氣冷式與水冷式的優缺點

項目	水冷式	氣冷式
散熱媒介	水，不可缺水	空氣，缺水亦可
消耗電力	1.0kW/RT 較省電	1.3kW/RT 較耗電
保養問題	每季保養 1 次	每年保養 1 次
設備費用	包含水泵、水塔較貴	包含室外機，較便宜
噪音程度	壓縮機在室內，噪音較大	壓縮機在室外，噪音較小
環境污染	冷卻水塔污染環境	空氣污染較小

資料來源：整理自綠色生產力基金會《空調系統管理與節能手冊》

一般空調冷房能力估算

可依不同空間所需每坪之冷房能力來評估，如：在一般情況共 3 坪大的房間，所需的冷房能力：400 kcal/hrx3 坪 =1200 kcal/hr。不同牆面的冷房標準可參考表 18。

而 1kW 大約具備 860 kcal/hr 的冷房能力： $\frac{1200 \text{ kcal/hr}}{860 \text{ kcal/hr}} = 1.4 \text{ kW}$ 。

表 18 不同牆面的冷房能力標準

空間條件	建議標準
無頂樓、西曬問題	400~500kcal/hr
有西曬或頂樓	550~650kcal/hr
西曬 + 頂樓	700~800kcal/hr

效能效率指標

提升節能減碳效益，精準評估空調機之運轉效率，國際間推行的「冷氣季節性能因數」(Cooling Seasonal Performance Factor, CSPF) 是一項評估空調機運轉效率之新指標，藉由分析空調機在全年運轉所能滿足之冷氣需求總量與運轉所需消耗之電量，計算空調機在全年冷氣季節運轉之效率，反映空調機長期運轉的特性。節能標章如圖 16。

CSPF 公式：冷氣季節的總冷氣負載 ÷ 冷氣季節總消耗電量。



圖 16 經濟部能源局節能效率標示

設置熱泵系統，應選擇哪種形式？

根據取熱來源的不同，目前校園常見的熱泵分為氣源式、水源式、雙效式及太陽能輔助，表 19 說明各種形式的應用空間、優缺點差異。

表 19 熱泵型式比較

項目	熱源	適用空間	優點	缺點
氣源式	大氣、冷房。	各種空間皆宜。	易安裝、價格低。	效能較易受周遭溫度所影響。
水源式	空調系統冷卻水、製程廢熱水。	有固定水源的場合。	不易受到周遭氣溫的影響，保持高效率。	施工複雜、價格高。
雙效式	包含氣源式、水源式熱泵的熱源範圍。	有製冷與製熱需求的場合。	能源效益高。	系統複雜、價格高。
太陽能補助	大氣、太陽能。	有穩定太陽能來源的場合。	除太陽輻射能外，也會同時吸收大氣熱能。	較占空間、價格高。

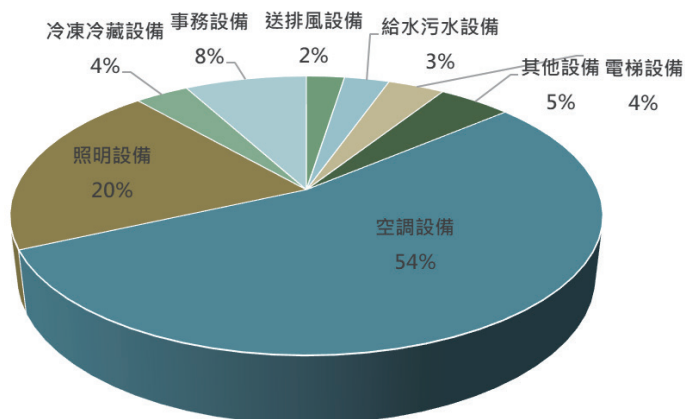
3-3 能源管理系統

學校如何節電？調整尖峰用電時段到晚上？日間上課改成夜間部？不可能！因此一般學校常認為：「學校因上課時間集中，無法將用電時段分散，以至於電費始終不易降低。」

我國能源管理法之目的在於加強能源管理，促進能源合理與有效使用。而能源查核制度是實現能源管理的一種方法，意指能源自購入、輸送、分配及使用過程均需建立完整資料。以能源查核制度管理能源事務，可達到合理與有效的利用能源，其最終目的為減少能源耗用、降低成本。

依據能源局於 2020 年發布的《非生產性質行業能源查核年報》顯示，學校 2019 年所使用的電能部分，學校之電能消費分布有超過八成集中在空調 (54.37%) 與照明 (20.34%) 及事務設備 (7.95%)，其餘類別占比較小，

分別是其他設備（4.75%）、電梯設備（3.68%）、冷凍冷藏設備（3.49%）、給水污水設備（2.93%）與送排風設備（2.48%），如圖 17 所示。因此在能源吃緊與環保意識抬頭下，校園越來越不能忽視能源管理，節電不再只是供電不足時才採取的緊急應變措施，而是學校節省成本與提升綠色能量的重要手段。



資料來源：經濟部能源局《非生產性實行業能源查核年報》

圖 17 學校之電能消費分布

能源管理系統是什麼

能源管理系統利用電子科技，科學及數據化校園的能源消耗，透過採集、追蹤、記錄、統計、分析各方面能源數據，集中監控及有效管理能源使用率。能源管理平台的最終目的是智能化地規劃企業的能源使用效率，降低整體能源消耗以提升效益。

能源管理系統功能

一般能源管理系統配備多項功能，能保存建築裡的能源相關資訊，特別針對高耗能的設備進行監測，並提供資料分析服務。透過能源管理系統，校園能發現不合理的耗能情況，亦可瀏覽實時數據及作基準比較，分析各耗能設備類別，重新控制設備或更換節能系統。

以往校園可能需要自行評估用電量及節電方式，而利用能源管理系統自

動蒐集相關數據，可幫助全面掌握相關資訊，並有效透過分析數據制定合適的節能策略，例如達台電契約容量八成以上時，即自動卸載，避免超約問題。

成立能源管理系統推行組織

成立能源管理小組，明訂不同的工作在不同部門的職責，促成有效的分工並且落實能源政策、執行能源管理計畫，校園能源管理小組組織架構可參考表 20 內容，並按各校情況進行調整。

表 20 校園能源管理小組參考組織架構

小組名稱	統籌組	能源設備管理組	採購與設計組	教育訓練組
參考部門	校長室	總務處	總務處、主計室	環安中心
常態工作	定期召開討論會議、確認工作期程	定期操作、設備巡檢	設備採購、規格確認	人員訓練、推廣教育

展開能源審查

為分析學校內能源使用現況與建立能源基線資料，藉由鑑別重大能源使用區域，排序持續改善能源績效之機會，擬訂適當的績效指標，達成節約能源之具體目標。

鑑別與調查學校熱能使用量（如：燃料油與柴油）、電能使用量（如：契約容量、最高需量、用電度數及平均功因）及總能源使用量，並依照設備系統別分別統計所有相關耗能設備，包括空調、照明、給排水、發電機等設備系統。

耗能設備調查項目包含設備電功率、製造日期、設備容量、現有設備數量、設備耗能量、運轉時數、設備區域等資訊，以得知目前全校之耗能狀況。

需量用電管理系統

01 電能需量管理：透過智慧電表與需量控制設定，全天候監測校區用電量，找出最佳電價計費結構，並於用電即將超約前進行需量卸載。校園需量用電看板、卸載用模組及計費電表可參考圖 18、圖 19。

02 新增預警值：設置預警，在尚未達到用電警戒值前提出預警，在警戒前

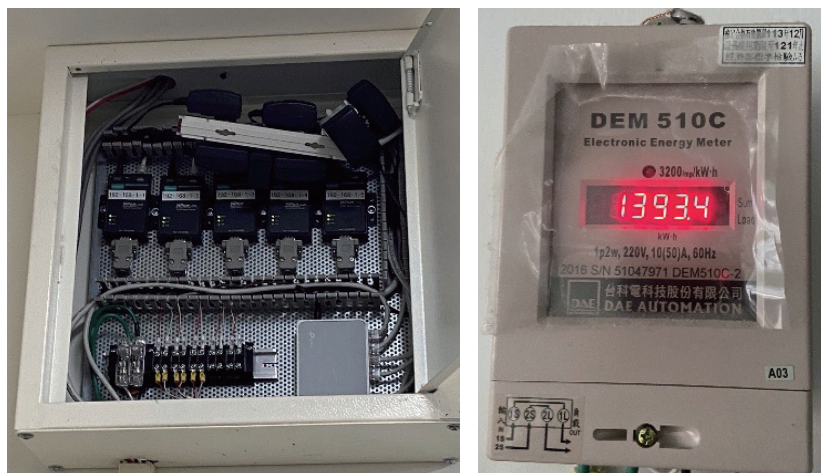
先進行用電卸載。

- 03 空調管理：針對空調系統的用電進行監測，透過事件設定連動控制空調的開關與運作模式，並可搭配需量控制設定，於用電即將超約時進行設備卸載。
- 04 室內空氣品質：安裝室內空氣品質感測器，監測室內空氣品質與懸浮微粒，並作為冷氣與空調設備改善與濾網使用依據，同時成為改善空調使用效率的參考。



圖片來源：拍攝自興雅國小

圖 18 校園需量用電看板



圖片來源：拍攝自興雅國小

圖 19 卸載用模組與計費電表

3-4 採購友善環境的綠色標章商品

選用具備綠色標章的商品，不僅能夠讓校園生活更加節能減碳，也能減少因為水、能源等支出而產生的費用，目前我國推動的綠色標章有：環保署環保標章、經濟部省水標章、經濟部節能標章、內政部綠色建材標章、環保署碳足跡標籤等，若在採購時不確定商品是否符合節能減碳的標準，可認明表 21 所示標章，即能購買到正確的商品。

進行綠色消費的意義，不只是在校園生活中實質減少對自然資源的消耗，更是推動學生環境教育的重要機會，平時即可與學生分享校園中的大小綠色標章，培養學生辨識能力並進而影響其家庭購買商品的觀念，由下而上地將綠色標章觀念帶入學生家庭，也讓綠色標章的效益除實質節能減碳外，不斷向外擴散。

除了應推行綠色消費外，也應分批汰換現有的耗能設備，考量新增節能設備的可能性，包含經費、汰換的數量與是否有足夠空間，並於後續持續觀察設備狀況與用電量差異，以確認設備是否有損壞需更新。

表 21 我國目前推動的綠色標章

		
<p>環保署環保標章</p>	<p>經濟部省水標章</p>	
		
<p>內政部綠建材標章</p>	<p>經濟部節能標章</p>	<p>環保署碳足跡標籤</p>

延伸閱讀	
<p>(1) 更多能源管理相關資訊可上經濟部能源局「服務業節能服務網」查詢：https://www.ecct.org.tw/</p>	
<p>(2) 節能標章的相關產品可至經濟部能源局「節能標章全球資訊網」查詢：https://www.energylabel.org.tw/index.aspx</p>	
<p>(3) 校園能源輔導可至經濟部能源局「政府機關及學校節約能源填報網站」進行申請：https://egov.ftis.org.tw/tutorship</p>	
<p>(4) 能源教育相關資訊可至國立成功大學「能源教育資源總中心」了解更多：https://learnenergy.tw/</p>	

第四章

資源永續篇



新手入門

屋頂設置太陽光電板，隔熱又省電

利用風力發電創造更多減碳量

節約用水方法

推動資源循環與源頭減量

04 資源永續篇

4-1 新手入門

為什麼要推動校園資源永續利用？

水與電是校園生活中最常使用到的資源，在校園中推動永續的資源使用，不僅可以減少費用的支出與對自然資源的消耗，更能從生活中培養學生永續發展的觀念。

常見的資源永續利用方式

常見的資源永續利用方式包含「開源」的太陽能、風能與「節流」的節水、節電、水資源再利用等，不同的設施設置條件也不太相同，在選擇設置的地點時，應參考第 2 章「校園環境降溫」新手入門，評估校園的可利用空間、建築物的條件、使用與安全性以及後續維護等，才能在推動永續發展的同時，也保護校園師生的安全。

4-2 屋頂設置太陽光電板 隔熱又省電

在屋頂設置太陽光電板，除了可以利用發電來節省用電外，也可以遮蔽直射的陽光將建築物隔熱，目前常見的太陽能發電分為下面幾種類型，設置時需要注意的事情說明如下，不同類型的太陽能板可參考表 22：

01 設置基地：確認不同時間附近是否有其他高樓遮蔽光線，電池模板面向南方並傾斜角度約為 22-25±10 度；建築物的屋頂若是平的，每 1 瓩的太陽光電系統約需 10 平方公尺空間，若屋頂是斜的則約為 8 平方公尺的面積。
(資料來源：台灣太陽光電產業學會、新北市綠能屋頂推動網)

02 鄰近環境評估：考量建築物空間、鹽害雷害、腐蝕氣體、風況、天候、

溫度、防潮、排水、落塵、鳥類多寡等等；亦應確認建築結構、頂樓受重是否足夠。

03 後續維護：除定期請廠商檢查與維修外，應定期以清水清潔光電板的髒污，並檢視電表發電量、變流器燈號等，確認光電系統是否有維持運作。

表 22 太陽光電的類型與說明

類型	說明
獨立型	以蓄電池組作儲能源件，於白天太陽能充足時，將轉換剩餘之電力儲存起來，在夜間或太陽能不足時，由蓄電池組供應負載維持正常運轉。
市電併聯型	將市電網路視為一個大型能量池系統，太陽光電系統將太陽能轉換成電力，於負載未完全消耗時，將多餘電力送上市電網路。當太陽光電系統所轉換之電力，無法供應負載正常運轉需求時，由市電網路供應不足之電力。
混合型	混合型系統則為獨立型系統配置輔助發電機系統。

資料來源：整理自經濟部能源局再生能源資訊網

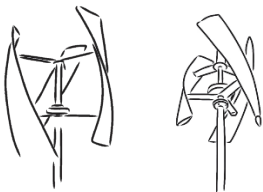
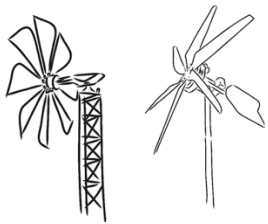
注意重點

- (1) 設施設置前應先確認按照「設置再生能源設施免請領雜項執照標準」是否應申請雜／建照。詳情可至經濟部能源局「太陽光電單一服務窗口」查詢。
- (2) 設置屋頂太陽光電版時若設備高於 4.5 公尺須申請雜／建照。
- (3) 設置於屋頂突出物的太陽光電板，若設備高於 1.5 公尺須申請雜／建照。

4-3 利用風力發電創造更多減碳量

利用校園閒置空間設置風力發電系統，可以節省電費的支出與用電造成的碳排放量，目前常見的風力發電機可分為水平軸式垂直軸式兩種，水平軸式風力機轉速較快發電功率較高，但噪音較大、需要的設置空間也較大；垂直軸式風力機轉速較慢、噪音較小，但發電功率也比較小，不過也因為需要的設置空間較小，十分適合在校園中設置，相關比較如表 23。

表 23 風力發電類型比較

垂直軸式小型風力機	水平軸式小型風力機
<ul style="list-style-type: none"> (1) 不受環境地形亂流，較不受各場址之環境地形差異變數之干擾，可解決地形風問題，適用於障礙物多之建築（如高樓及市區）。 (2) 假設高度及精確度之限制少，可 DIY 容易普及。 (3) 可達低風速啟動。 (4) 風力發電效能較低，但產生噪音較小。 (5) 整合市電併聯技術，可適用於各種場合。 	<ul style="list-style-type: none"> (1) 整合應用於風況良好穩定、障礙物少之建築。 (2) 轉速太快，噪音較高。 (3) 風機間之間距較長，設置限制較多。 (4) 水平軸式於社區較適合設置小型的風光互補機。
	

資料來源：整理自經濟部能源局再生能源資訊網

注意重點

- (1) 小型風力發電機因考量其重量、運轉時之振動因素，對結構安全恐有影響，依據 103 年 2 月 18 日營署建管字第 1030000798 號函，設置時均需申請雜項使用執照。
- (2) 小型風機設置時如果要裝在建築物，應注意設置高度以及學生安全。

4-4 節約用水方法

節約用水 4 步驟

節水的方式可分為用水減量、雨水貯留再利用、水回收使用，在開始節約用水前，我們須進行下面幾項評估：

- 01 瞭解用水現況：蒐集水資源使用相關數據，包含水費、水量、各項用水的資料（包括購買、水處理、再生、排放等費用）等，以充分瞭解單位之各用途別的用水狀況及成本。
- 02 掌握用途別特性：詳細調查校園中用水設備目前運轉的情形，作為開始節水的準備。
- 03 節水方案可行性評估與施行：評估設備汰換、新增節水設備的可能性，包含經費、需汰換的數量與新增設施是否有空間可改造。
- 04 持續追蹤與改善：持續記錄用水情形，比較改善後的效益，並且應定期觀察水費使用的差異，以確認設備是否有損壞需更新。

省水設備汰換

根據水利署機關節水手冊，省水型與一般傳統型用水器材相較，約可節省一半以上的耗用水量。如再配合平時用水習慣的改變，節水率甚至高達 70% 以上。常見可汰換的省水設備包含省水馬桶、省水水龍頭等，不同的設備汰換為省水款式，可省下的水資源如表 24。

表 24 常用節水型省水器材水量參考指標



項目	一般型	省水型	每次使用省水量	備註
水龍頭	12 公升 / 分鐘	6 公升 / 分鐘	1 公升	每次使用以 10 秒計
馬桶	12 公升 / 次	6 公升 / 次	6 公升	
小便器	6 公升 / 次	3 公升 / 次	3 公升	

資料來源：整理自水利署機關節水手冊

01 省水馬桶

可以選擇將整座馬桶都更新，又分為一段式、兩段式的省水馬桶如表 25，也可以加裝兩段式沖水器、自動感應式配件等如表 26，加裝前應注意馬桶的款式是否適用。若沒有經費汰換設備，則應確實檢查馬桶使用狀況，如：檢查止水橡皮是否劣化須汰換、確認是否有水箱已滿但仍在進水的狀況。

表 25 節水馬桶類型

一段式省水馬桶	兩段式省水馬桶
(1) 每次沖水量須在 6 公升以下。 (2) 每次沖水的量都相同	(1) 每次沖水量，大號須在 6 公升以下；小號須在 3 公升以下。 (2) 可選擇大號或小號沖水
	

資料來源：整理自水利署機關節水手冊、照片本指引拍攝

表 26 馬桶適用安裝的兩段式沖水器類型

器材類型	裝設方式	使用便利性	省水效能
紅外線感應式	加裝感應器與自動開關	感應自動沖水 (可辨識大 / 小號)	小號節水 50%
省水器	套入落水管	大號按下 3-5 秒 小號按下放手	
一般兩段式	換裝把手與止水橡皮蓋	具有大號和小號兩個把手	

資料來源：整理自水利署機關節水手冊

02 省水水龍頭

可選擇局部加裝省水器材（節水墊片）或汰換水龍頭為省水款式，如感應式水龍頭或自閉式水龍頭，不同省水水龍頭適用的場合與省水效能可參考表 27。

表 27 不同省水水龍頭適合的條件

產品類別	適用場合	給水控制方式	產品特性	省水效能
感應式	臉盆	自動感應給 / 止水	無須用手觸碰	50%
自閉式	臉盆	手動開水 自動關水	可限時出水	50-75%
腳踏式	臉盆	腳控開 / 關水	無須用手觸碰	60%
可調式陶瓷 龍頭	臉盆 / 廚房	手動開 / 關水	備有流量調節鈕， 可依需要調整出水	90%

資料來源：整理自水利署機關節水手冊

注意重點

- (1) 不建議在水箱裡放寶特瓶，可能會害水箱內的零件撞傷。
- (2) 清潔劑、芳香劑不可置於馬桶水箱內，以避免止水閥腐蝕導致馬桶漏水。

水資源回收使用

校園的水回收系統應根據所在地點進行決定，如果所在地點沒有完整的城市下水道系統，根據水量平衡，只需處理部份生活污水，其餘部份以及處理過程中產生的剩餘污泥均可直接排入市鎮污水下水道。

在開始設置前應評估建置地點、建置規模、屋頂面積、建築物基礎工程類型（校園通常為較安全的筏式基礎）、機器的搬入方法、建物防震等問題，舉凡校園中可能使用到的盥洗排水、廚房排水、廁所排水等，都可以作為再生水的處理水源，但須注意，再生水的使用應以不與人體接觸為原則，如廁所沖水、草木澆灌、消防、清洗等，如圖 20。

注意重點

再生水的水質須定期進行檢測，其標準如下表所示。

項目	景觀用水	廁所沖洗用水
大腸菌類數（個 / 毫升）	不能檢出	10 以下
BOD (mg/L) 生物處理	10 以下	15 以下
COD (mg/L) 膜處理	20 以下	30 以下
pH	6.0 ~ 8.5	6.0 ~ 8.5
濁度 (NTU)	5 以下	10 以下
臭氣	無不舒服	無不舒服
外觀	無不舒服	無不舒服
色度 (度)	40 以下	40 以下
餘氯	臭氧消毒	>0.1

資料來源：整理自水利署機關節水手冊

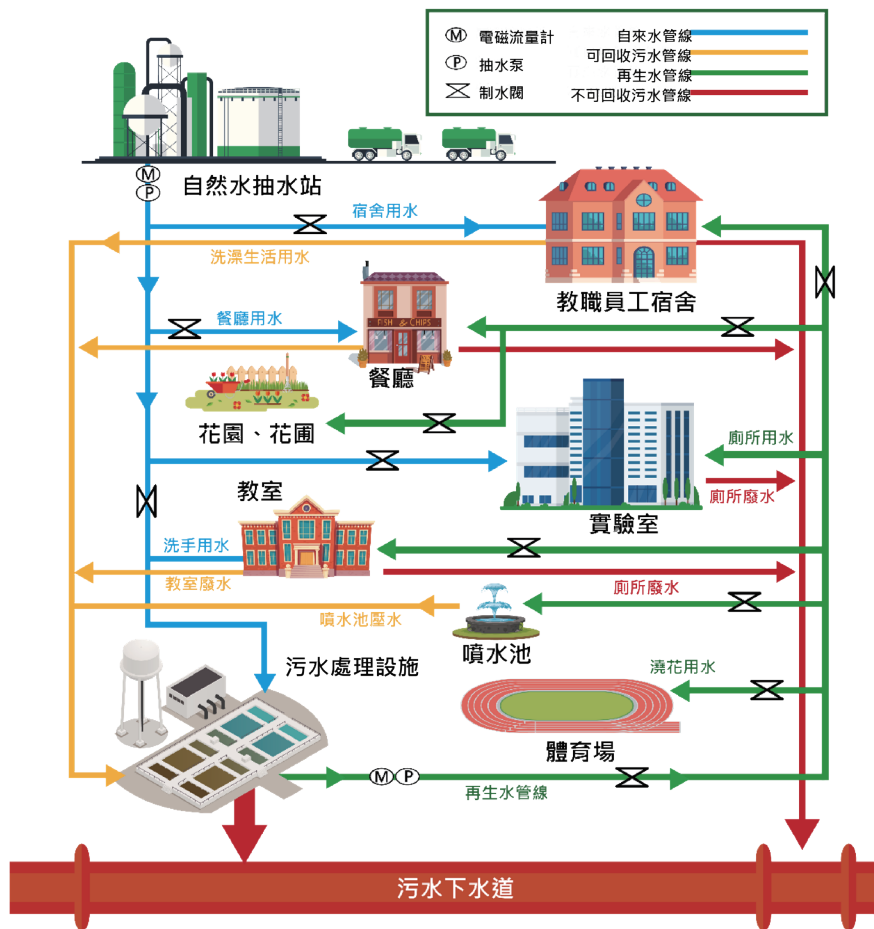
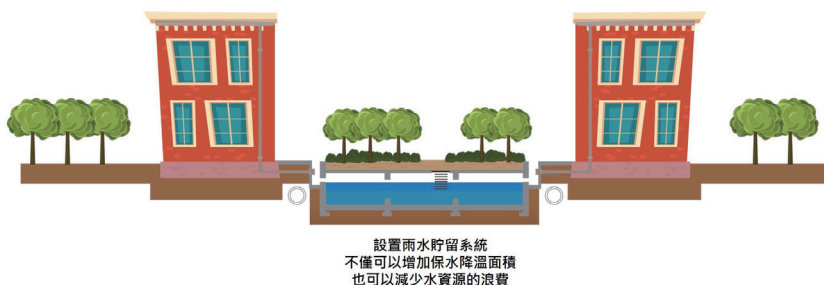


圖 20 學校之再生水回收系統流程圖

雨水貯留系統

雨水貯留系統是以屋頂、地面作為集水區，將雨水貯留於設施中，將雨水作為雜用水來沖洗廁所、澆灌、補充生態池、景觀池水等，利用雨水來節省水資源的支出，其系統又可以分為集水區為地面或屋頂兩種；在設置雨水貯留系統前，應該先考量下面幾點，及參考圖 21：

- 01 集水區域：以屋頂為集水區的話，應確認集水區域與貯留設施是否有足夠的高低差，能夠使用位能將雨水集至設備中。
- 02 雨水處理：雨水中可能夾雜雜質，雨水貯留設施應具備過濾功能，以初步提升水質，並應確認雨水的用途，依用途設置雨水過濾系統。
- 03 貯水設施：評估可放置貯水設施的基地是否足夠穩固，並且貯水設施大小是否符合用水需求的使用量，及貯水設施的取水是否方便學生、教師使用。



資料來源：改繪自內政部建築研究所

圖 21 雨水貯留系統示意圖

注意重點

- (1) 雨水貯留設施因雨水水質的不確定性，需定期檢查雨水入流處、貯留槽與雨水出流處是否有堵塞問題並排除。
- (2) 雨水撲滿應加蓋以嚴防病媒蚊問題。

智慧水管家

目前大多學校社區為採用定期派員抄表方式的傳統機械表，一旦發生漏水情形，往往是收到水費單或是抄表員通知才會發現，無法立即解決學校漏水問題。因應智慧聯網技術發展，臺北自來水事業處協助用水戶更加了解用水的情形，以管理自身水資源使用狀況，開放「智慧水管家」系統 (<https://amr.water.gov.taipei:8080/twdim/>)，使用說明如下：

- 01 登入作業（介面如圖 22）。
- 02 輸入帳號及密碼：帳號為用戶之水號共 10 碼（水號可由水費單據查看），首次登錄密碼為 A!+ 水號共 12 碼，登入後可自行變更。

臺北自來水事業處

智慧水管家

帳號

密碼

圖形驗證碼 **x93h**

登入

[忘記密碼?](#)

版權所有 ©臺北自來水事業處
臺北市大安區長興街131號 (02)8733-5678

台北自來水

圖 22 智慧水管家登入介面

03 登入後可看見兩大功能（介面如圖 23）：

- (1) 水量查詢功能列，包含日用水趨勢圖、用水量查詢及歷史曲線圖等功能選項。
- (2) 用水管理功能列，包含用水指針查詢、用水記事、體檢卡、警示設定、密碼設定及登出等功能選項。



圖 23 智慧水管家登入後主要功能介紹

延伸閱讀

- (1) 節水可至經濟部水利署「節約用水資訊網」查詢更多資訊：<https://www.wcis.org.tw/>



- (2) 「太陽光電單一窗口」了解光電設置申請細節：<https://www.mrpv.org.tw/index.aspx>



- (3) 「風力發電單一窗口」了解風電設置申請細節與法律規範：<https://www.twtpo.org.tw/>



- (4) 台灣太陽光電產業協會：<https://www.tpvia.org.tw/>



- (5) 智慧水表可參考臺北自來水事業處網站：<https://www.water.gov.taipei/>



4-5 推動資源循環與源頭減量

訂定廢棄物減量計畫

為減少校園生活中產生的廢棄物在後端處理造成的碳排放量，須積極地推動垃圾源頭減量以及資源循環再利用，訂定校園的廢棄物減量計畫，計畫內容可參考「推動有效垃圾減量」、「落實資源循環」兩個項目訂定。

推動有效垃圾減量

01 禁用一次性產品

一次性產品包含免洗餐具、餐盒、飲料杯等，會出現在校園生活中的午餐、點心等，雖然紙容器可以回收，但仍然需要耗費大量的成本去處理，除了平時自備餐具、訂購團膳外，訂購點心、飲料也可以利用循環杯或自備餐具提供店家；若不得已使用紙容器，也應落實清洗後回收。

除了餐具外，也應向學生宣導不使用塑膠書套、珍惜文具資源使用，可結合美術課、綜合課，帶領學生製作布製書套或利用不需要的考卷製成書套，可以減少書本的損壞以利後續捐贈、再利用，也能讓每一本課本書套都充滿學生的創意。

02 節約用紙

校園生活中最常被使用的資源就是紙張，除了應盡可能使用再生紙外，應盡可能地再利用考卷、講義的背面，作為小考、筆記用，也應落實教材電子化及建立二手書庫。

03 推動零廢棄的會議、活動

除了教學外，教職員的會議、研習到園遊會、運動會等活動，都是校園生活的一部分，應推動零廢棄的會議（例如：會議資料電子化、不訂購杯裝咖啡、訂購環保便當等）以及零廢棄的活動，包含強制不可使用一次性餐具的園遊會，以及活動不施放煙火、彩帶、布置氣球等細節，讓校園中的活動有趣也愛地球。

落實資源循環

01 落實資源回收：取消辦公室內桌邊的小型垃圾桶，或者教室內的大垃圾桶，並且於公共空間設置較細分類的資源回收區，培養師生垃圾細分類的觀念，提升資源回收的效率。

02 設置資源循環專區

- (1) 設立二手書櫃：在校園中設置二手書櫃，讓師生可以將用不上的教科書、參考書等捐贈到二手書櫃，並由校方媒合弱勢學生，或作為教師參考資料。
- (2) 設置學習用品回收籃：學生的成長相當快速，有許多學習用品很快地就會因為長大了不需要，如：書架、安全剪刀、鉛筆、削鉛筆機、穿不下的制服、皮鞋等。可以在學期結束前，請學生檢視是否有堪用但不需要的物品，媒合給需要的學生，或贈予育幼院。

03 廚餘減量行動：除了宣導惜食的觀念，以及廚餘回收瀝乾水份都能有效減少廚餘外，依據臺北市政府廚餘減量行動計畫，校園廚餘減量共有六大措施，包含：

- (1) 合理備置備餐份數避免浪費。
- (2) 學校及業者適時調整菜單，定期調查學生意見並提升食用滿意度。
- (3) 營養教育融入課程，鼓勵學生攝取足夠份量且均衡的營養。
- (4) 結合家庭教育讓家長瞭解剩食議題，進而減少午餐剩食量。
- (5) 剩食再利用機制，學校得在午餐供應委員會及徵求廠商、家長等多方意願協助下，規劃學校午餐剩餘餐安全利用機制。
- (6) 鼓勵學校結合本市小田園政策，將果皮作有機堆肥或果皮蒸餾製作手工環保香皂等，以達剩食及廚餘有效再生。

延伸閱讀	
<p>(1) 資源回收詳細分類可至「臺北市環保局資源回收入口網」查詢：https://www.dep-recycle.gov.taipei/</p>	
<p>(2) 營養教育相關資訊可至「臺北市學校午餐營養探索樂園」了解更多：https://eatingright.tp.edu.tw/html/index.php</p>	



參考資料

引用資料

引用資料

- Nelles D., Serrer C.(2021).「資訊圖表」1小時看懂氣候變遷：從海明面上升、極端氣候成災，到人類的健康威脅（黃慧珍譯）。臺北市。商周出版。（原作出版於2018年）。
- 內政部建築研究所（2006）。屋頂建材隔熱性能實測與節能效益分析研究。
- 內政部建築研究所（2016）。屋頂隔熱對策全尺度節能實證之研究。
- 內政部建築研究所（2017）。推動既有建築節能改善策略與效益之研究。
- 古建國等（2011）。節能減碳我最行：全校參與式能源學校指導手冊。臺北市。臺北市立教育大學。
- 台灣綠色生產力基金會（2011）。空調空氣系統節能技術手冊。
- 台灣綠屋頂暨立體綠化協會（2012）。我愛綠屋頂。臺北市。麥浩斯出版。
- 台灣綠屋頂暨立體綠化協會（2014）。天空之園。臺北市。麥浩斯出版。
- 交通部中央氣象局（2021）。氣候監測報告。
- 行政院農委會特有生物研究保育中心（2003）。營造生意盎然的生態水池。行政院農委會特有生物研究保育中心
- 行政院農業委員會水土保持局（2008）。坡地生態水池規畫參考手冊。臺北市。
- 行政院農業委員會特有生物研究保育中心（2012）。社區生態水池推廣手冊。南投縣。行政院農委會特有生物研究保育中心。
- 林子平（2021）。都市的夏天為什麼越來越熱。臺北市。商周出版。
- 林炯明（2010）。都市熱島效應之影響及其環境意涵。環境與生態學報，第3卷第1期，1-15。
- 教育部（2012）。學校照明節能改善參考手冊。
- 教育部（2015）。校園節能手冊。

- 教育部（2020）。公立高級中學以下學校電力系統改善暨冷氣裝設計畫。
- 新北市環保局（2012）。低碳生活節能手冊。
- 新北市環保局。新北市環保局建物隔熱降溫施作指引手冊。取自：<https://reurl.cc/V6Wdyn>
- 新北市環境教育輔導團電子報。協助建置校園人工溼地或生態池之經驗分享：專訪陳江河建築師。取自：<https://www.sdec.ntpc.edu.tw/epaper/10305/4.htm>
- 經濟部、教育部（2020）。「政府機關及學校用電效率管理計畫」。
- 經濟部水利署（2007）。機關學校節水手冊。
- 經濟部能源局（2006）。政府機關學校耗能指標指導手冊。
- 經濟部能源局（2007）。學校節約能源技術手冊。
- 經濟部能源局（2016）。LED 照明節能應用技術手冊。
- 經濟部能源局。太陽光電單一服務窗口網站。取自：<https://www.mrpv.org.tw/index.aspx>
- 經濟部能源局。風力發電單一服務窗口網站。取自：<https://www.twtpo.org.tw/>
- 葉大綱等。由溫度、水氣、降雨量分析大臺北地區之熱島效應。
- 綠色生產力基金會（2013）。建築節能應用技術手冊。
- 綠色生產力基金會（2018）。熱泵熱水系統 Q&A 節能技術手冊。
- 綠色生產力基金會。照明節能產品應用手冊。
- 臺北市政府（2007）。辦公大樓節約能源手冊。
- 臺北自來水事業處（2017）。自動讀表智慧水管家系統使用者操作手冊。

附錄



校園指標與自評表

校園指標與自評表

指標項目	指標內容	達成情形	
A 校園降溫	校園可利用的屋頂設置隔熱設施率達 100% 可設置設施如：綠屋頂、隔熱磚層、太陽能板、灑水器 (已設置隔熱設施的建築物棟數 / 可利用的屋頂數 *100%)	<input type="checkbox"/> 達成 <input type="checkbox"/> 未達成	
	嚴重的東西曬牆面有設置外殼節能設施率達 100% 如： <input type="checkbox"/> 外遮陽、 <input type="checkbox"/> 隔熱漆 / 磚、 <input type="checkbox"/> 隔熱紙、 <input type="checkbox"/> 隔熱簾、 <input type="checkbox"/> 其他 (已設置隔熱的牆面數 / 有東西曬的牆面 *100%)	<input type="checkbox"/> 達成 <input type="checkbox"/> 未達成	
	確實掌握校內樹木的品種與數量，並且有持續增加植樹的計畫。	<input type="checkbox"/> 達成 <input type="checkbox"/> 未達成	
	校園內設置小型調適氣候變遷設施，設置項目如：生態池、雨水花園、透水鋪面等。	<input type="checkbox"/> 達成 <input type="checkbox"/> 未達成	
B 設備節能	學校教室及公共區域使用電子式高效率省電燈具（例 T9、T8 或鹵素燈汰換為 LED 燈）達 100%。	<input type="checkbox"/> 達成 <input type="checkbox"/> 未達成	
	出口指示燈、避難方向指示燈、消防指示燈等，全面採用省電 LED 應用產品達 100%。	<input type="checkbox"/> 達成 <input type="checkbox"/> 未達成	
	校園針對樓梯、走廊或穿堂等公共空間設置燈控感應開關，採用時序控制或自動照明系統。	<input type="checkbox"/> 達成 <input type="checkbox"/> 未達成	
	空調	學校以具體管理辦法有效使用空調設備（如搭配循環扇、抽氣扇等增加教室空氣對流達到降溫等作為）。	<input type="checkbox"/> 達成 <input type="checkbox"/> 未達成
	能源管理系統	公共空間飲用水機 90% 設定自動定時開關。	<input type="checkbox"/> 達成 <input type="checkbox"/> 未達成
		校園建立能源監控系統。	<input type="checkbox"/> 達成 <input type="checkbox"/> 未達成
排風管理	學校地下停車場針對車輛使用頻率高時段設定排風。	<input type="checkbox"/> 達成 <input type="checkbox"/> 未達成	
綠色採購	依據機關綠色採購推動方案進行採購相關具有節能環保標章設備，如電腦、事務機、印表機、碳粉匣、投影機、窗型 / 分離式冷氣機、循環扇等設備。	<input type="checkbox"/> 達成 <input type="checkbox"/> 未達成	

指標項目	指標內容	達成情形
C 資源永續	再生能源 學校設置再生能源教學示範設施，且能有效運作。 <input type="checkbox"/> 太陽能發電 <input type="checkbox"/> 太陽能熱水器 <input type="checkbox"/> 風能 <input type="checkbox"/> 其他：	<input type="checkbox"/> 達成 <input type="checkbox"/> 未達成
	再生能源 學校的再生能源主要的設置地點為： <input type="checkbox"/> 教室頂樓 <input type="checkbox"/> 體育館頂樓 <input type="checkbox"/> 行政大樓頂樓 <input type="checkbox"/> 風雨球場 <input type="checkbox"/> 警衛室	<input type="checkbox"/> 達成 <input type="checkbox"/> 未達成
	節約用水管理 所有公共區域洗手用水均使用省水器材，而且定期進行管線漏水檢測。	<input type="checkbox"/> 達成 <input type="checkbox"/> 未達成
	節約用水管理 設置雨水再利用設施並使用於澆灌植栽、公共區域清洗或沖水馬桶。	<input type="checkbox"/> 達成 <input type="checkbox"/> 未達成
	資源循環 設置二手文具、書籍等學用品回收專區。	<input type="checkbox"/> 達成 <input type="checkbox"/> 未達成
	資源循環 設置落葉或廚餘堆肥專區。	<input type="checkbox"/> 達成 <input type="checkbox"/> 未達成
D 校園節能管理團隊	設有節能減碳任務推動小組，並且定期召開校園能源管理相關工作會議。	<input type="checkbox"/> 達成 <input type="checkbox"/> 未達成
	設有能源管理系統，並定期進行維護。	<input type="checkbox"/> 達成 <input type="checkbox"/> 未達成
	辦理教師氣候變遷減緩與調適知能訓練研習	<input type="checkbox"/> 達成 <input type="checkbox"/> 未達成
E 氣候變遷教育	已發展與氣候變遷主題相關的校本課程。	<input type="checkbox"/> 達成 <input type="checkbox"/> 未達成
	辦理針對社區、家長或師生的氣候變遷研習課程。	<input type="checkbox"/> 達成 <input type="checkbox"/> 未達成
	校園內建立節能減碳示範場域作為教學使用。	<input type="checkbox"/> 達成 <input type="checkbox"/> 未達成
	配合臺北市政府推廣智慧節電政策、氣候變遷調適等相關推廣活動。	<input type="checkbox"/> 達成 <input type="checkbox"/> 未達成
<p>自評表使用說明： 請按照貴校實際執行狀況勾選是否達成指標，並且可於下方記錄完成情形，為創造沁涼校園，未達成的項目，為建議貴校可繼續推動之項目。 達成的指標數量：_____</p> <p>未達成的指標數量：_____</p>		



指引手冊

低碳校園

沁涼一夏