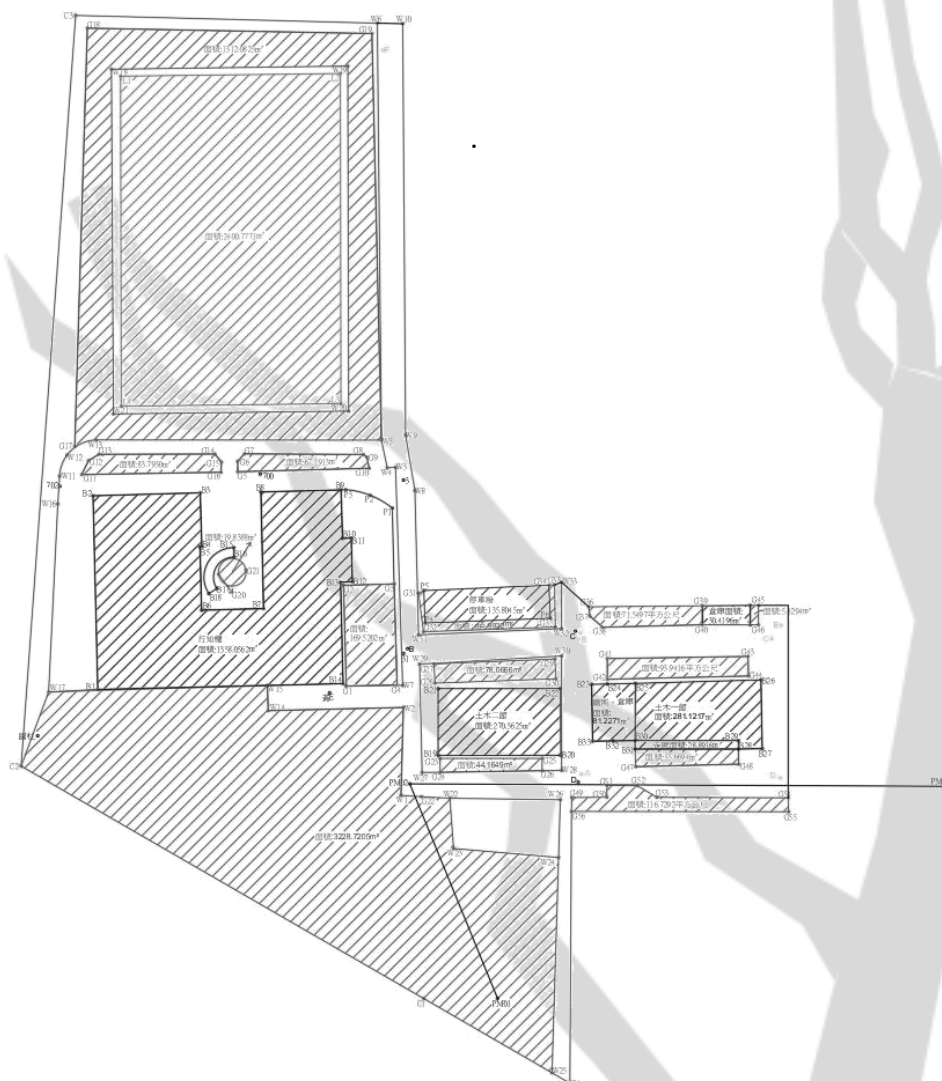


全國高級中等學校土木與建築群 112 年專題實作及創意競賽
「專題組」作品說明書封面



群 別：土木與建築群

作品名稱：3D測繪技術應用於校園綠地及植栽固碳初步評估

關 鍵 詞：測繪應用、綠地透水、植栽固碳量

目 錄

壹、摘要.....	1
貳、研究動機.....	1
一、動機.....	1
二、目的.....	1
參、主題與課程之相關性.....	2
肆、研究方法及過程.....	3
一、研究流程.....	3
二、訂定調查範圍.....	3
三、使用器具.....	4
四、地圖座標測量.....	4
(一)點位布置	4
(二)實施座標測量	4
(三)繪製 AutoCAD 2D 圖面	5
五、樹木之樹形測量.....	6
(一)樹木調查與選擇	6
(二)一般固碳量計算方式	6
(三)全測站的樹形測量	7
(四)繪製 2D 與 3D 樹形圖	8
(五)計算固碳量	9
伍、研究結果.....	9
一、地圖座標測量.....	9
二、樹木之樹形測量.....	10
陸、討論.....	11
柒、結論.....	11
捌、參考資料.....	12
玖、附錄.....	12
一、作品分工表.....	12
二、競賽日誌.....	13

表目錄

表 1 主題與課程之相關性或教學單元說明.....	2
表 2 使用器具.....	4
表 3 以農委會公式計算之固碳量.....	7
表 4 全測站測量之固碳量計算.....	9
表 5 面積數據總表(單位：m ²).....	9
表 6 單一棵老樹固碳量比較.....	10
表 7 直徑 20cm 樹木估算固碳量.....	10

圖目錄

圖 1 研究流程圖.....	3
圖 2 地圖測繪與植栽調查範圍.....	3
圖 3 測量原點與周圍控制點.....	4
圖 4 測量過程.....	5
圖 5 繪製 AutoCAD 座標地圖.....	5
圖 6 座標地圖完成圖.....	5
圖 7 樹形測量點為分布.....	6
圖 8 科館外樹木—印度黃檀.....	6
圖 9 測量胸高樹圍過程.....	6
圖 10 水準測量過程.....	6
圖 11 測量樹高過程.....	7
圖 12 於 X1 測量樹形過程.....	7
圖 13 樹形調查位置圖.....	7
圖 14 繪製樹木 AutoCAD 3D 座標.....	8
圖 15 匯入 Sketch UP.....	8
圖 16 樹木外型大小與相對座標.....	8
圖 17 樹幹長度與分類.....	8

壹、摘要

我們生活在土地上，興建工程造就繁華，但也漸漸的造成環境的負面影響，土地開發、運輸、人類活動中都排放著大量的 CO₂，造成溫室效應也日越嚴重，而一直推行的綠化環境、生態環保意識等觀念，也讓我們開始反思，生活的這塊土地，在我們興建與綠化後，帶給我們什麼？

因此我們開始對最熟悉的土地—學校，展開土地面積、綠化與固碳量調查，以全站儀測量校園座標並繪製 2D 地圖，了解土地運用比率，也對校園中外型獨特的樹木樹形進行測量，結合 2D、3D 繪圖，了解樹木的固碳量計算，完成工程結合植栽知識的測量，藉由這次的專題實作更了解我們生活的土地資訊與環保意識。

貳、研究動機

一、動機

我們每日都在校園中行走，但卻沒有認真觀察過校園的各個角落，直到三年級我們接觸了地圖測繪與植栽綠地調查，課程中老師向我們講解測量結果如何轉換成地圖資訊，這樣的結果運用與我們先前所學的測量計算非常不一樣。

另一個讓我們覺得有趣的是課程中邀請造園科的老師，為我們介紹在植栽調查的過程中樹木的測量方式，他們以簡單的工具量取與計算，可以估算一棵樹的固碳量；於是我們想知道若是運用測量課所學的儀器去測量樹木，得出的解果是否會更是如何？

因此我們決定運用這堂課所學的知識，來展開校園中土地的調查，先以科館周圍做為調查範圍，藉此了解周圍土地的資訊。

二、目的

藉由全站儀測量校園中各點座標，分別為：建築物、道路、透水面、綠地、樹木樹形，將結果繪製成圖面，計算與討論以下幾點：

- (一) 範圍中綠化面積與不透水面積比率
- (二) 兩種固碳量計算方式之差異
- (三) 調查範圍中固碳量初步評估

參、主題與課程之相關性

表 1 主題與課程之相關性或教學單元說明

課程	單元	作品內容對應
工程測量實習	1. 水準測量 2. 三角高程測量 3. 綜合測量應用 4. 全站儀應用	1. 地圖測繪：運用全站儀測量科館周圍之座標並測繪出測量結果 2. 樹木固碳量：運用水準測量與三角高程測量計算樹形高程
製圖實習	1. 平面圖、配置圖	1. 基地配置圖顏色分辨 2. 建築面積、綠地計算與相關法規
電腦繪圖實習	1. AutoCAD 2D AutoCAD 3D 2. SketchUP	1. 在 AutoCAD 繪出測得之座標點位地圖並進行面積之計算 2. 在 AutoCAD 3D 中繪出樹形高程並進行面積與體積計算 3. 將樹形圖面於 SketchUP 中展現
地圖測繪與植栽綠地調查	1. 地圖圖資應用 2. 植栽調查 3. 地圖測繪	1. 測量的座標結果轉化成經緯度後與 google 地圖比對準確性 2. 樹木測量方式與固碳量計算 3. 測量結果圖面展現
土木工程與技術概論	1. 環境與生態	1. 環境的重要性 2. 碳排放概念
專題實作	1. 專題實作	1. 設定題目、排定時程、工作分配 2. 資料蒐集並統整報告 3. 運用文書處理撰寫報告 4. 討論與發表結果

肆、研究方法及過程

一、研究流程

訂定主題後，我們決定分成兩大主軸來調查，分別為測量座標並繪製地圖與測量樹木樹形並計算固碳量，將兩邊結合後，得出目前土地面積中建築物面積、綠化與固碳量。

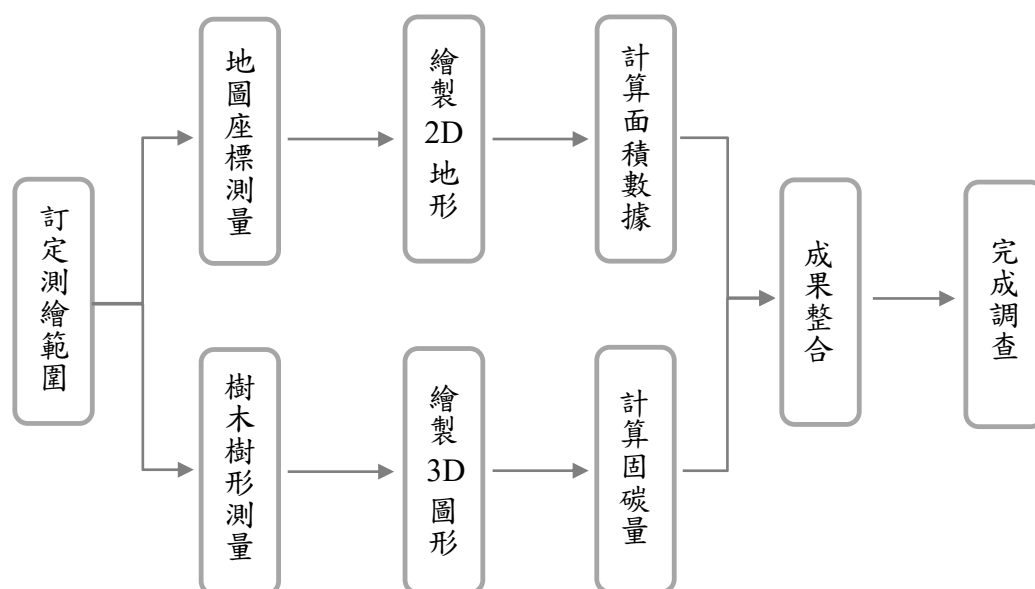


圖 1 研究流程圖

二、訂定調查範圍

原先計畫以校園全區作為土地調查，但因一開始測量出的座標繪製出來的地圖與 Google 地圖方向不符等問題，花了許多時間調整與找出問題所在，因所剩時間不多，與老師討論後決定先以科館周圍為調查範圍，確認圖資的正確性後，後續再將調查範圍擴散到整個校園。

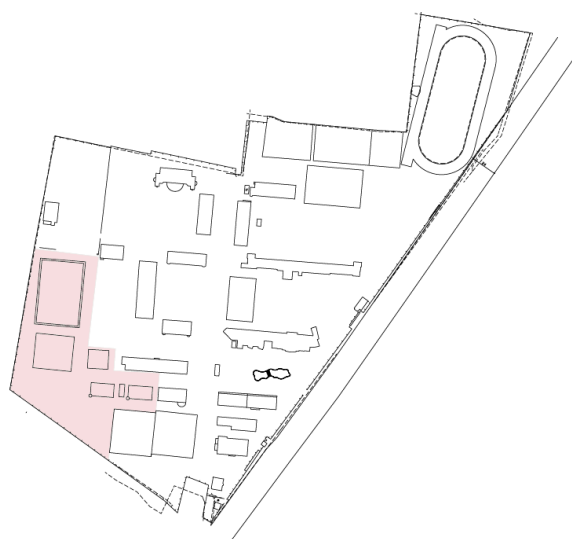
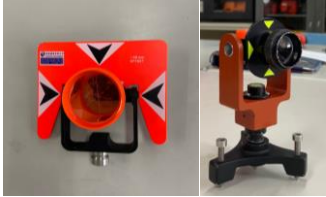


圖 2 地圖測繪與植栽調查範圍

三、使用器具

表 2 使用器具

	
全測站經緯儀	大小稜鏡
	
水準儀、水準尺	原點 PM01

四、地圖座標測量

(一)點位布置

使用校園中的已知座標：PM01、PM02、PM03，沿著建築物周圍依序往外布控制點，讓控制點分佈在整個調查區域內，施作過程中也方便作業，若過程中有錯誤之處可以很快的做準確的修正。

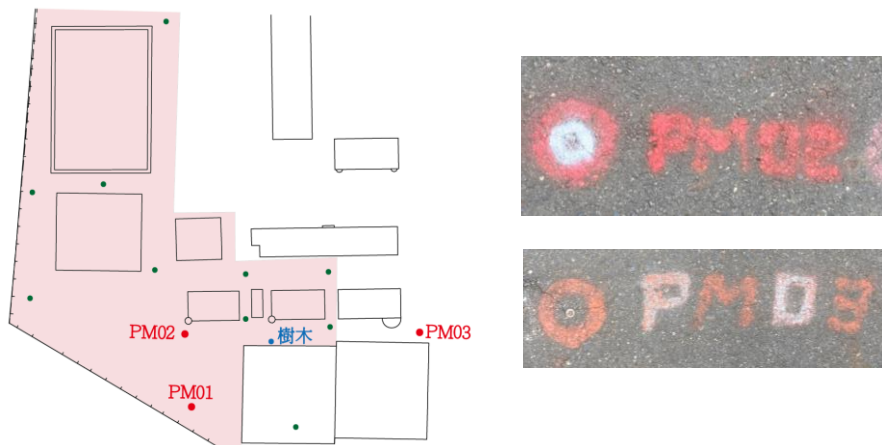


圖 3 測量原點與周圍控制點

(二)實施座標測量

利用全站經緯儀以 PM01 原點座標擴散出的控制點，進行建築物、道路、綠地面積座標測量，藉著座標來了解建築的分布與面積狀況，讓我們能有足夠的座標繼續維持後續的測量作業。



圖 4 測量過程

(三)繪製 AutoCAD 2D 圖面

將測量出的座標數據在 AutoCAD 中繪製出來，讓我們測量的結果圖面化，圖面化的呈現除能檢視數據的正確性外，也助於了解座標的錯誤率控管，以免造成後續測量的失誤。

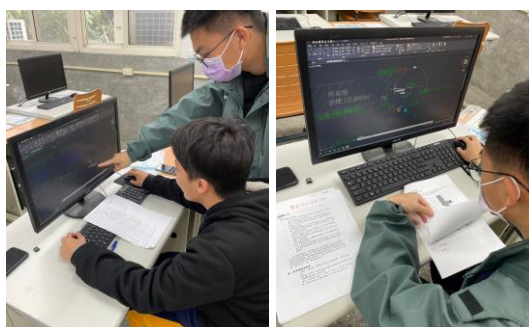


圖 5 繪製 AutoCAD 座標地圖

完成我們調查範圍內的座標平面圖後，我們運用製圖課所學的平面圖知識，將區域內的建築物、道路、綠地等分色管理，讓圖面的資訊更正確外，也利於後續的面積計算。

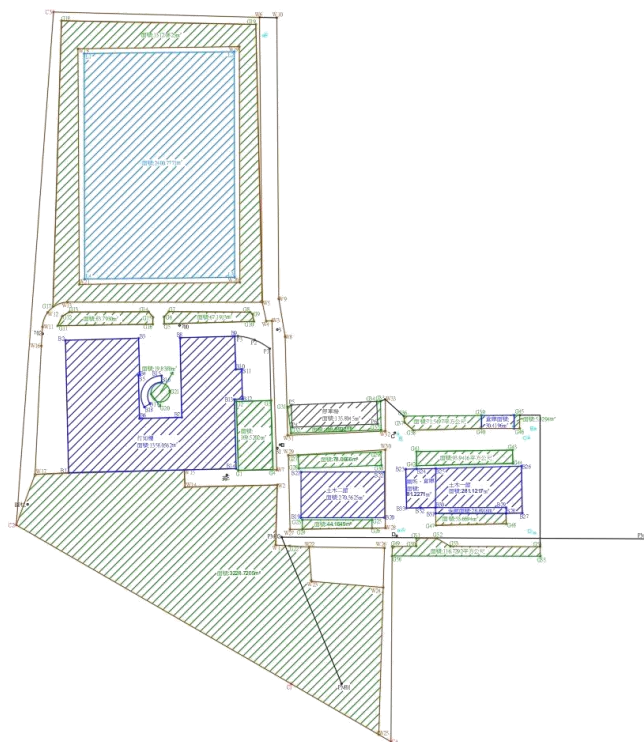


圖 6 座標地圖完成圖

五、樹木之樹形測量

(一)樹木調查與選擇

在校園中的樹木數量與種類都非常多，在我們與老師討論後決定先以科館周圍外型最特別的樹木—印度黃檀作為這次的調查與比對，並以科館外原有座標 PM01、PM02 作為原點，延伸出點位 X1、X2。

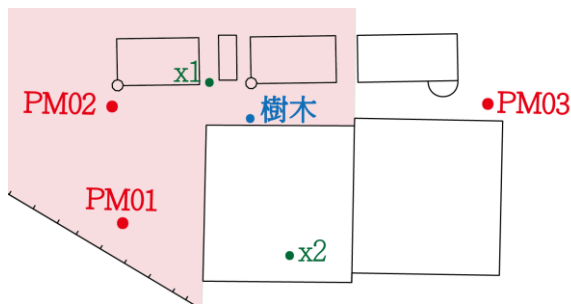


圖 7 樹形測量點為分布



圖 8 科館外樹木—印度黃檀

(二)一般固碳量計算方式

聽完造園科老師介紹後，我們去搜尋了相關的資料，最後決定根據農委會的計算方式來做為我們的標準值，公式為：材積 $\times$ 乾比重 $\times$ 碳比例；其中的材積計算方式： $(\text{胸高直徑})^2 \times 0.79 \times \text{樹高} \times \text{形數}$ ，因此我們要先測量出樹木的直徑與樹高，過程如下：

1. 我們利用布捲尺測量在樹木 130 公分的樹圍為 2.827m，反推計算可得知胸高直徑為 0.9m。

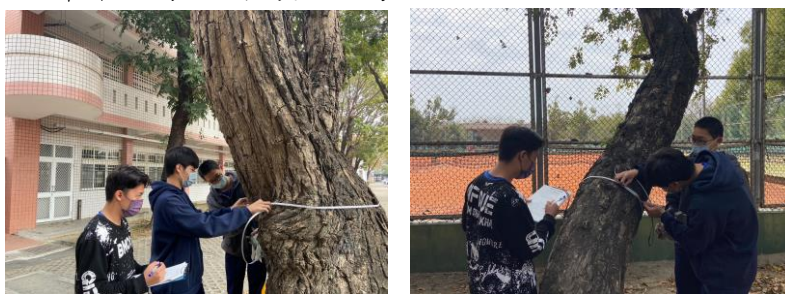


圖 9 測量胸高樹圍過程

2. 接下來我們利用水準儀測量計算出樹木底端的高程與網球場點位 X2 的高程值，以便後續計算樹木高度。



圖 10 水準測量過程

- 最後在點位 X2 上架設全測站，運用三角高程測量的方式測量出樹最高點垂直角，最後計算出樹木高度。



圖 11 測量樹高過程

- 將所有數據計算完後，我們利用農委會公式計算這棵固碳量為 1099kg，計算如下表：

表 3 以農委會公式計算之固碳量

材積計算					
	直徑平方(m ²)	固定值	樹高(m)	形數(固定值)	材積(m ³)
材積	0.81	0.79	14	0.45	4.031
固碳量計算					
	材積(m ³)	乾比重	碳比例	固碳量	固碳量
固碳量	4.031	0.58	0.47	1.099(t)	1099(kg)

(三)全測站的樹形測量

我們運用全測站測量樹木的外型，將測量數據的點位與照片在 3D 中做整合，利用另一種方式來計算出材積，並計算結果來比對。

將儀器架設在 X1 點位，對樹木外型測出 A、B、C 三組的座標與垂直角，運用三角高程的方式計算出每一點的高程，讓點位在空間中可以定位，也作為後續與照片的定位點。



圖 12 於 X1 測量樹形過程



圖 13 樹形調查位置圖

(四)繪製 2D 與 3D 樹形圖

我們運用 AutoCAD 2D、3D 與 Sketch UP 兩個程式來得到我們想要的結果，過程如下：

1. 先將測得的樹型座標與高程在 AutoCAD 3D 中繪製出來，形成空間點位，再來將 CAD 檔匯入 Sketch UP 中與照片做縮放整合。

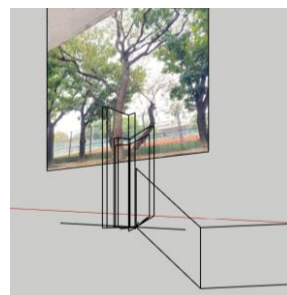
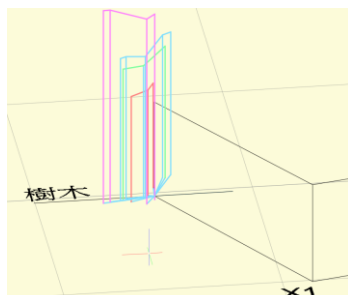
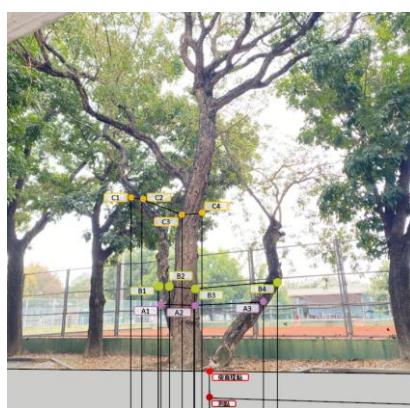


圖 14 繪製樹木 AutoCAD 3D 座標

圖 15 匯入 Sketch UP

2. 將照片縮放的略與 CAD 點位一樣後，即得到樹木的外型大小。



A	A1(2563900.613,165931.794) 6.596
B	A2(2563900.373,165930.825) 6.589
C	A3(2563898.521,165929.584) 6.608
測點	B1(2563900.578,165931.908) 7.116
樹高程點	B2(2563900.411,165931.629) 7.411
	B3(2563900.454,165930.752) 7.081
	B4(2563898.232,165929.287) 7.160
	C1(2563900.777,165932.718) 9.670
	C2(2563900.686,165932.396) 9.633
	C3(2563900.705,165930.358) 9.311
	C4(2563901.114,165930.778) 9.282
	測點(2563910.138,165924.425) 4.541
	樹高程點(2563900.339,165930.321) 4.856

圖 16 樹木外型大小與相對座標

3. 我們利用縮放完成的照片來量取所需要的長度與直徑，先在 Sketch UP 描繪樹幹的形狀後，將線條轉成 CAD 檔，在 CAD 中以寬度大小將樹幹區分成五種分別量取長度並計算。

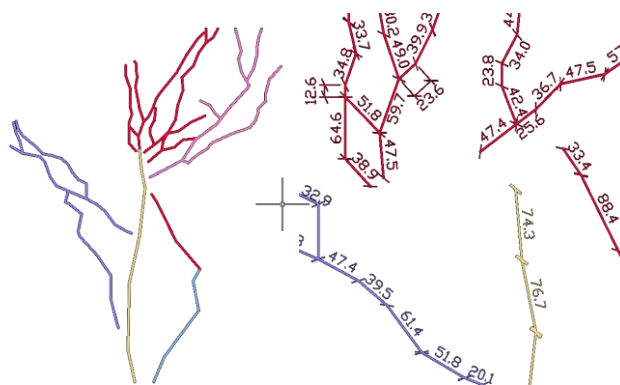
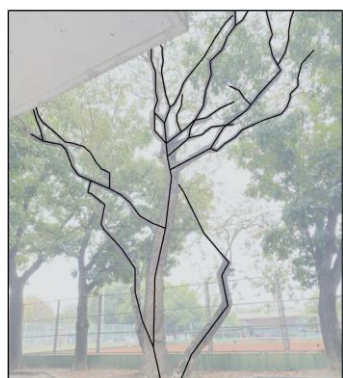


圖 17 樹幹長度與分類

(五)計算固碳量

我們假設樹為圓柱狀，將計算的結果與標準值做比對，藉此得知兩種計算方式之間的結果差異，將樹枝各段長度加總起來再分別乘上直徑後，代入前面提到的固碳量公式，因為我們假設樹為圓柱狀，因此不計算型數之固定值 0.45，計算結果如下：

表 4 全測站測量之固碳量計算

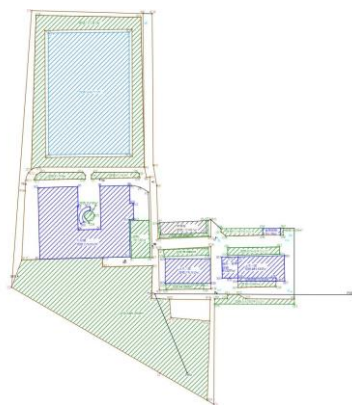
樹幹尺寸數據						
	黃	藍	紫	紅	粉	加總
直徑(m ²)	0.655	0.458	0.372	0.247	0.292	
長度(m)	8.963	4.894	17.441	22.084	15.998	
體積	3.845	1.027	2.414	1.347	1.364	10.00
材積計算						
	體積	固定質	材積(m ³)			
材積	10	0.79	7.9			
固碳量計算						
	材積(m ³)	乾比重	碳比例	固碳量	固碳量	
固碳量	7.9	0.58	0.47	2.154(t)	2154(kg)	

伍、研究結果

一、地圖座標測量

完成座標平面圖後，我們運用顏色區分建築物、道路、綠地等範圍，利用圖面計算區域得到各個相關的面積數據：

表 5 面積數據總表(單位：m²)

區域總面積	14198.363	
建築物面積	2050.530	
綠地面積	5532.709	
不透水面積	4939.226	
透水面積	3933.883	

依照表格中的面積，我們可以得知以下的數據資料：

- (一) 建築物面積佔 = 14.27%
- (二) 綠化面積佔 = 38.97%
- (三) 不透水面積佔 = 34.79%
- (四) 透水面積佔 = 27.7%

而依照綠建築綠化量指標，一基地內綠地面積至少在 15% 以上，而我們調查的範圍中，綠化面積占了 38.97%，所以可知學校的綠化量相當的充足！

二、樹木之樹形測量

完成兩種計算方式後我們將結果拿來做比對看兩者的差異，全測站測量的方式是假設樹木為圓柱去計算，而農委會的計算方式是假設樹木有輾轆體、圓柱體、拋物線體和圓錐體四個部分去做計算，因此單看計算成果，發現兩組差異非常的多。

表 6 單一棵老樹固碳量比較

農委會固碳量計算				
	材積	乾比重	碳比例	單一棵固碳量(kg)
固碳量	4.031	0.58	0.47	1099
全測站固碳量計算				
	材積	乾比重	碳比例	單一棵固碳量(kg)
固碳量	7.9	0.58	0.47	2154

最後我們比較兩種計算方式，可以得知我們測量的數據比農委會估算值多出 96%，將近兩倍，計算入下：

$$\text{計算式} = \frac{\text{全測站數據} - \text{農委會數據}}{\text{農委會數據}} \times 100\% = \frac{2.154 - 1.099}{1.099} \times 100\% = 96\%$$

而我們調查區域範圍內的樹木數量，以直徑大於 20cm 的樹作為固碳量計算對象，共 123 棵直徑 20cm 以上的大樹，63 棵小樹。

若以參考資料中的計算方式來估算，假設一棵直徑 20cm 高度 10m 樹木來計算後，其固碳量只會有 25kg，而在區域內的總固碳量共有 3075kg：

表 7 直徑 20cm 樹木估算固碳量

材積計算					
	直徑平方(m ²)	固定值	樹高(m)	形數(固定值)	材積(m ³)
材積 =	0.04	0.79	10	0.45	0.1422
固碳量計算					
	材積(m ³)	乾比重	碳比例	固碳量	固碳量
固碳量 =	0.1422	0.37	0.47	0.0247(t)	25(kg)
以直徑 20cm 樹木計算區域內固碳量總數					
25 × 123 = 3075(kg)					

依上面數據來看，想要達到一棵直徑 90cm 老樹的 2154kg 固碳量，我們需要種植約 87 棵直徑 20cm 以上的樹木才可以達到，由此可知老樹的重要性！

陸、討論

起初進行測量的過程中，我們對全測站不太熟悉以及第一次接觸大範圍的地域而感到棘手，在測量時也常常因遇到儀器介面、按鍵、座標輸入方式等問題，因此也花費了一些時間來學習操作儀器及觀察地形。

測量一定範圍後，我們將座標繪製在 AutoCAD 中，卻發現繪製出來的座標地圖方向與在 Google 地圖中的座標位置有些許的不同，這讓大家的情緒跌到谷底，所幸在組員們鍥而不捨的精神下，找到錯誤並修正，完成了調整，可因為時間所剩不多的關係，放棄了原先計畫中校園全區的調查，只好將範圍縮小到科館周圍的建築、綠地等感到十分可惜。

而樹形測量的過程中，發現原先以 X2 點位的方向觀測時圍牆會遮擋到樹木的樹形，這對觀測與繪製樹形時有一定的影響，所以我們討論後決定後以兩的點位來觀測所需數據，在 X2 點位觀測並計算樹木高度，另一 X1 點位則紀錄樹形座標，最後整合計算成所需的數據，並對這棵老樹分別討論兩種固碳量的計算方式。

最後的固碳量計算中我們發現，全測站的數據會比農委會的計算多出將近 2 倍，而一棵直徑 90cm 的老樹固碳量相當於 87 棵直徑 20cm 的樹木固碳量，樹木須要經過長時間的成長才能有更多的固碳量，由此讓我們了解到，環境中老樹保存的重要性！

柒、結論

經過這次測繪與固碳量調查後，我們得到了以下結論：

- 一、 依照綠建築的綠化量指標，綠地面積至少在 15% 以上，而測量區域內綠地面積佔整體的 38.97%，遠超於綠化量指標之標準。
- 二、 以單一棵直徑 90cm 的老樹來比較兩種固碳量計算方式，我們測量出的解果為 2154kg，比農委會計算結果 1099kg 多出了近 2 倍。
- 三、 在調查範圍內直徑大於 20cm 的樹木數量共有 123 棵，我們以參考公式來估算區域內固碳量總數會有 3075kg。
- 四、 想要達到一棵直徑 90cm 老樹 2154kg 固碳量，我們需要種植約 87 棵直徑 20cm 以上的樹木才可以達到，由此可知老樹的重要性！
- 五、 完成初步的小範圍調查後，希望可以擴展到整個校園的面積範圍，並針對校園中的老樹個別做測量與計算，讓我們可以對校園的面積、綠地、植栽的固碳量徹底的調查完成！

這次專題實作，我們更熟悉全測站的操作與點位規劃，將測量的結果展示在 CAD 上，能夠更明確得糾正錯誤即時改正還能為我們增加信心和成就感。結合植栽相關知識，進行植栽測量，藉由這次調查讓我們知道周遭的樹木為我們提供固碳量保護環境，透過此次專題實作我們了解其重要性，學習相互配合，也提高保護自然環境的意識！

捌、參考資料

一、測量實習上、下。旭營文化出版社

二、你一年的碳排放量，要用幾棵樹來抵？單木材積及固碳量計

算 <https://case.ntu.edu.tw/blog/?p=37857>

三、森林減碳能力之推算方法

<https://www.coa.gov.tw/ws.php?id=17871>

四、綠化量指標與基準

<http://gb.tabc.org.tw/modules/pages/green>

玖、附錄

一、作品分工表

參賽學生	工作任務
A	道路測量、紀錄、Autocad 繪圖、書面製作
B	道路測量、紀錄、覘標、稜鏡架設、影片製作
C	建築物測量、紀錄、Autocad 繪圖、書面製作、影片製作
D	植栽測量、Autocad2D、3D、Sketch up 3D、書面製作
E	植栽測量、Autocad、書面製作、攝影

二、競賽日誌

群 科			土木與建築群	☒ 專題組 ☐ 創意組	參賽人數	5 人
作品名稱						
年	月	日	進 度	紀 錄	工作分配	
111	9	2	討論設計作品 徵招組員	器材：紀錄本、筆 時數：3 小時	全員討論	
111	9	6	討論設計作品 組員分工	器材：紀錄本、筆 時數：3 小時	全員討論	
111	9	16	點位勘查、測量、 選定樹種	器材：紀錄本、筆 全測站、腳架、稜鏡 時數：3 小時	全員討論	
111	9	20	測量 PM01、 PM02、PM03 點位、 建築物、樹木高程	器材：紀錄本、 筆、全測站、腳 架、稜鏡 時數：3 小時	A、B、E 進行道 路測量 C 進行建築物測 量 D 進行植栽測量	
111	9	23	座標繪製，將 PM01、PM02、PM03 利用 AUTOCAD 繪出	器材：電腦、 AUTOCAD 時數：3 小時	A 將當前點位繪 於 AUTOCAD	
111	9	27	道路測量、建築物 測量、樹木植栽測 量	器材：紀錄本、 筆、全測站、腳 架、稜鏡 時數：3 小時	A、B、E 進行道 路測量 C 進行建築物測 量 D 進行植栽測量	
111	9	30	道路、綠地點位測 量，繪製於 CAD	器材：電腦 CAD、全 測站、紀錄本、稜 鏡、腳架 時數：3 小時	全員討論 E 進行書面	
111	10	4	建築物測量、樹木 樹形測量	全測站、紀錄本、 稜鏡、腳架、手 機、筆 時數：3 小時	C 進行建築物測 量，A、B、D 輔 助架設稜鏡及記 錄，E 攝影	
111	10	7、28	測量控制繪製 CAD 測量道路、建築物 樹木樹形高程計算	器材：電腦 CAD、全 測站、稜鏡、腳 架、紀錄本、 Sketch Up 時數：6 小時	A、B、E 進行道 路測量 C 建築物測量 D 進行植栽測量 E 進行書面處理	

111	11	1、4、8	檢視當前成果發現地圖方向錯誤，檢討錯誤並加以改正	器材：電腦 時數：9 小時	全員討論
111	11	11、18	測量、將樹木空間點未匯入 sk 繪製	器材：電腦、全測站、腳架、稜鏡、sketch up 時數：6 小時	C 進行建築物測量 BE A 拍攝紀錄 D 繪製 sketch up
111	12	2、9、30	測量、將座標資料於 autocad 點出並檢視有無錯誤、用 sketch up 繪製樹木 3D 圖	器材：電腦 CAD、全測站、腳架、稜鏡、sketch up 時數：9 小時	全員討論，
112	1	3、10	目前結果做大致文書處理	器材：電腦 時數：6 小時	A B C D 整理資料 E 書面處理
112	1	10	進行測量作業、CAD 平面圖整理樹木樹幹繪製	器材：紀錄本、筆、全測站、腳架、稜鏡 時數：3 小時	A、B、E 進行道路測量 C 進行建築物測量 D 進行植栽測量
112	1	13	進行測量作業 CAD 平面圖整理 文書處理 樹木樹幹尺寸整理	器材：紀錄本、筆、全測站、腳架、稜鏡 時數：3 小時	A、B、E 進行道路測量 C 進行建築物測量 D 進行植栽測量
112	1	31	進行測量作業 CAD 平面圖整理 樹木固碳量計算	器材：紀錄本、筆、全測站、腳架、稜鏡 時數：3 小時	A、B、E 進行道路測量 C 進行建築物測量 D 進行植栽測量
112	2	14	文書處理 樹木固碳量計算	器材：電腦 時數：6 小時	全員討論 D 進行植栽計算
112	2	19	文書處理 影片製作 心得撰寫	器材：電腦 時數：6 小時	全員討論 E 影片製作
112	2	22	總整理 影片製作完成	器材：電腦 時數：3 小時	全員討論