

植生工程方法與植生調查

莊智瑋

Part I

I. 植生工程的歷史

II. 植生工程的定義及優點

III. 植物的保護功能

✧ 植物的環境調適功能

✧ 植物在水土保持的功能

I. 植生工程的歷史

早期

植生工程在台灣早期的水土保持工作是穩定坑溝及滑坡整治，利用秧苗固樁釘或埋枝分根法在滑坡上使植物生長，讓邊坡更加穩定。

1960 年

台灣植生工程在 1960 年主要的農藝水土保持工作是植生覆蓋及草地栽培…等等。

1970 年

台灣在 1970 年建造了中山高速公路，大量從國外引進了關於植生的施工方式、資訊、草種、設備…等方法，為了利用植生工程來穩定路邊邊坡。

1983 之後

在 1983 年之後對台灣一些特殊土壤，例如紅壤、泥岩、石灰石…等等進行研究分析，欲想找出每個土壤適合的植生方法。

1984 年

台灣政府成立綠化執行小組，積極推動道路、學校校園、工廠或家庭環境…等戶外綠化，可以改善市區熱島效應、噪音緩解、減少陽光刺激…等等優點。

在 921 地震之後的 1999 年

因 921 地震之後許多地方遭受重創，很多地方都需要恢復植生保護，所以未來水土保持植生工程為推進國家土地災害防治和植被恢復的工作方向前進。

近年來

針對氣候變化帶來的災害和影響，水土保持工作推進了農村綠色植被資源環境調查，鼓勵植樹造林，建設以生態為主的綠化帶方式建造。

II. 植生工程的定義及優點

植被是指一個區域內生長的植物總集合體，特別是生長在地表的草類、蕨類和灌木、喬木等高等植物。植被可以因為生長環境的不同而被分類，譬如高山植被、草原植被、海島植被…等等。

水土保持領域的植被更著重於生命力強、分蘖性強、易栽植、地下莖或根系發達的植物，以便可以加快建立具有邊坡防災、環境保護和可持續發展功能的植被結構。

.

五大優點：

1. 防止地面侵蝕
2. 防止淺層崩塌
3. 防洪
4. 空氣淨化
5. 環境美化

植生工程是指工程方法是以植被為目的的技術，在裸露坡面由人為導入植生，並通過選擇適宜生長的植被材料，配合建設性地基和防護工程，進行植物種植，並維護管理使其生長，以達到坡面穩定的工程目標。

植被工程

1. 植被準備作業（植被基礎作業）
2. 植被導入操作（植被實踐）
3. 植被維護與管理。

III. 植物的保護功能

1. 植物環境調適的功能

- (1) 氣候調節
- (2) 空氣淨化
- (3) 噪音控制
- (4) 交通指引
- (5) 淨化水源
- (6) 創造生物棲息地

2. 植物在水土保持的功能

- (1) 冠層的攔截作用
- (2) 地表保護
- (3) 滲透效果增加
- (4) 徑流減緩

1. 植物環境調適的功能

(1). 氣候調節

- ✧ 植被結構會影響太陽對地面的輻射效應。
- ✧ 植物可以阻擋陽光直射，降低風速，通過蒸散和能量消耗調節夏季大氣溫度，進而調節氣候，緩解地面溫差。
- ✧ 森林內外的溫度變化甚至可以促進更好的氣流，創造更舒適的環境

(2). 空氣淨化

- ✧ 植物呼吸時，可以將部分污染氣體吸收到葉子中，然後通過落葉將其返回到土地上。
- ✧ 所以植被具有補氧、過濾、除臭、吸附、吸塵等空氣淨化功能。

(3). 噪音控制

- ✧ 植物對噪聲具有吸收、反射、折射、偏轉等作用，可有效降低環境噪聲污染。
- ✧ 特別是在開發基地周圍設置綠色緩衝帶或緩衝帶，可有效控制噪音。

(4). 交通指引

- ✧ 應用植物綠化帶、綠化圍欄或種植林帶，可有效減少眩光干擾。
- ✧ 設計應避開容易引起眩光的植被，為行人提供舒適的交通環境。
- ✧ 道路上的行道樹和避難島上的綠化帶也可以降低風速來調節小氣候，保持行車安全。

(5). 淨化水源

- ✧ 設置在天然河流、溪流區、農業池塘或濕地邊緣的植被保護綠化帶，具有穩定邊坡、過濾泥沙、過濾水質淨化污染物的功能。
- ✧ 水資源保護區內良好的森林形態和植被覆蓋的建設，穩定並提供了優良的水質。

(6). 創造生物棲息地

- ✧ 多冠層覆蓋的植物群落可以提供豐富的食物，提供物質能量循環，為野生動物創造棲息地，也為人們提供休閒或玩耍的場所。

2. 植物在水土保持的功能

(1) 冠層的攔截作用

樹木的樹冠層可以攔截降雨，減少到達地表的降雨量和降雨速度。

在森林植被覆蓋較好的地區，可以截取年降雨量的30%左右。

對於單次降雨，降雨量較小時，冠層截留率可達100%。

雨量大時，可達25%左右。(Lin Xinhui, 2004).

冠層截留量或截取率受樹種、樹齡、樹冠緊密程度、枝形、樹皮粗糙度和葉形特徵的影響。

(2) 地表保護

植被覆蓋可以防止由雨滴撞擊造成的土壤分離和損失。

通過對植被的保護，可以有效防止地表土壤分離，提高土壤團聚體穩定性和入滲率。一般來說，植物覆蓋率會影響抵抗降雨強度的程度。

在植被覆蓋率低於70%的地區，由於植被覆蓋率的降低，徑流率和侵蝕量會迅速增加。(Lin Xinhui, 2004)

(3) 滲透效果增加

- A. 水平根系的存在及其從地面突出的植物根基和枯枝的地上骨幹，會增加地表粗糙度，並能延長雨水在地表的滯留時間，增加入滲量。
- B. 表層土形成較低的容重和較好的團聚體結構，可增加土壤保水能力。
- C. 植物的冠層和枯枝落葉層可以延緩雨水落到地表的時間，可以有效增加入滲量。

(4) 徑流減緩

- A. 植物冠層攔截雨水，減少森林中的降雨。
- B. 落葉層和地被植物具有吸收雨水水分的作用。
- C. 落葉層下的土壤由於腐殖質和團聚體結構的增加以及被腐蝕根的殘餘孔隙，有利於徑流水滲入土壤。
- D. 植物根系可以改善深層土壤的性質，增加土壤保水和入滲能力。
- E. 植被覆蓋的根系特別交織，減少了地表侵蝕和溝壑的發展。

PartII

- I. 植生工程重點規劃項目
- II. 植生工程設計目標的基本類型
- III. 基地立地條件與植生對策
- IV. 基地立地條件與植生工程處理
- V. 客土

I. 植生工程重點規劃項目

在規劃植生工程時，首先要確立植生工程的預期目標，從而制定植生工程規劃。

應考慮以下幾點：

1. 植生工程前期作業

定義：

指在裸露地邊坡引入植生之前所做的工程保護措施。

目標：

旨在減少水土流失，穩定邊坡，防止崩塌面積擴大，增強邊坡基礎穩定性，創造有利於植物發芽、生長和演替的環境條件。

邊坡引入植物時，前提是控制基層坡度和侵蝕，土壤的性質和氣候條件必須適合目標植物群落的生長以便建立出更多群落。

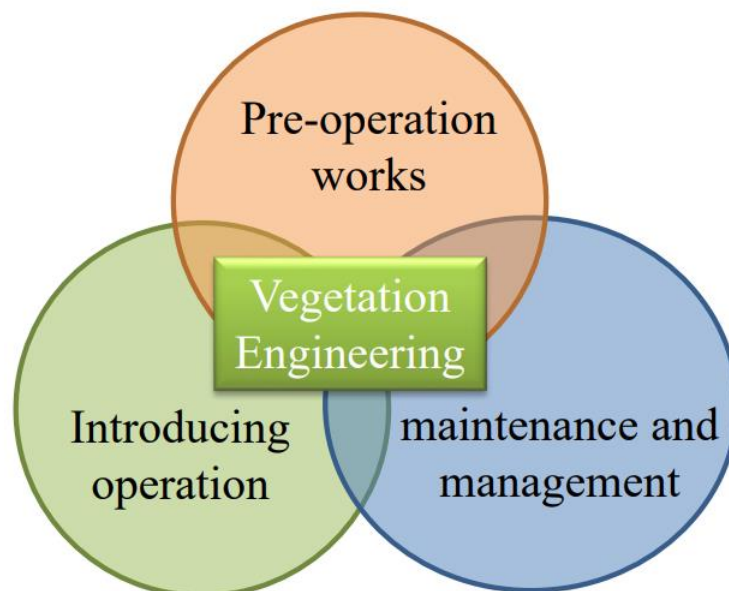
2. 植生導入作業

是指根據坡度條件和植生的用途，使植物在基層上增殖生長而採用的適宜操作方法。

植生導入作業的方法大致可分為播種法、移栽法和植生誘導法。

3. 植生維護與管理。

指為保證植生工程的有效性所需要採取的措施。像是澆水、補植、除伐、病蟲害防治、苗木檢驗... 等等。



植生工程工作項目示意圖

(資料來源:水土保持手冊)



II. 植生工程設計目標的基本類型

1. 水土保持型

在人為開發、植被破壞地區或自然災害裸露地區的快速植生覆蓋方法，為水土資源保育、減低沖蝕、防止災害等目的，如與水土保持工程配合則成效更佳。

2. 園景綠地型

配合人工構造物，進行植生導入作業，原則上以本地植物及景觀植物為主，以創造綠地空間與景觀美質。

3. 自然保育型

為自然植生演替而達到近極盛相之植生群落，使用植物以本地植物為原則，藉以恢復既有的植生狀態，一般為自然森林公園或保育地區。

4. 配合造林型

主要為林業經營管理，藉經濟林樹種之栽植及人工撫育，在短期內達到人工林群落，常使用實生苗木與小苗栽植，以確保樹木(根部)正常生長及以較經濟之作業達成目標。

植生工程基本設計類型比較

(資料來源:水保手冊，2005)

類型 特性	水土保持型	園景綠地型	自然保育型	配合造林型
植物材料	<ul style="list-style-type: none"> • 覆蓋草類 • 先驅植物 • 速生樹種 • 綠肥植物 	<ul style="list-style-type: none"> • 造園植物 • 景觀植物 • 生態綠化植物 • 觀賞植物 • 棲地保育植物 	<ul style="list-style-type: none"> • 原生植物 • 潛在植被(本地種苗) • 棲地復育植物 	<ul style="list-style-type: none"> • 造林樹種 • 經濟林樹種 • 生態綠化植物
適用地點	<ul style="list-style-type: none"> • 緩衝綠帶 • 土砂災害地 • 宜保育地 • 人為開發地區 	<ul style="list-style-type: none"> • 公園 • 庭園造景 • 都市綠地 • 道路綠地 • 植生緩衝帶 	<ul style="list-style-type: none"> • 自然公園 • 原始森林 • 保安林 • 保育地區 	<ul style="list-style-type: none"> • 林班地 • 海岸林 • 保安林 • 緩衝林帶
栽植與管理	<ul style="list-style-type: none"> • 少量植物維護與管理 • 速生植物播種 • 撒播、噴植或苗植 	<ul style="list-style-type: none"> • 植物競爭控制 • 苗木栽植 • 成木移植 • 群團化栽植 • 限制危害生物 	<ul style="list-style-type: none"> • 植物天然競爭 • 天然植生演替 • 人為輔助管理 	<ul style="list-style-type: none"> • 危害植物控制(除草、除蔓) • 小苗木栽植 • 長期撫育管理
目的與功效	<ul style="list-style-type: none"> • 植生覆蓋 • 土壤沖蝕控制 • 邊坡穩定 • 快速森林化 	<ul style="list-style-type: none"> • 造景造園 • 環境綠美化 • 人工景觀美質 • 保健修養 • 大氣淨化(都市林) 	<ul style="list-style-type: none"> • 棲地保育 • 水土資源保育 • 大氣淨化(綠資源保育) • 自然美(原始林相) 	<ul style="list-style-type: none"> • 木材生產 • 自然人工美(經濟林相) • 森林遊憩 • 大氣淨化 • 碳蓄積

植生工程之計畫流程

1. 規劃階段

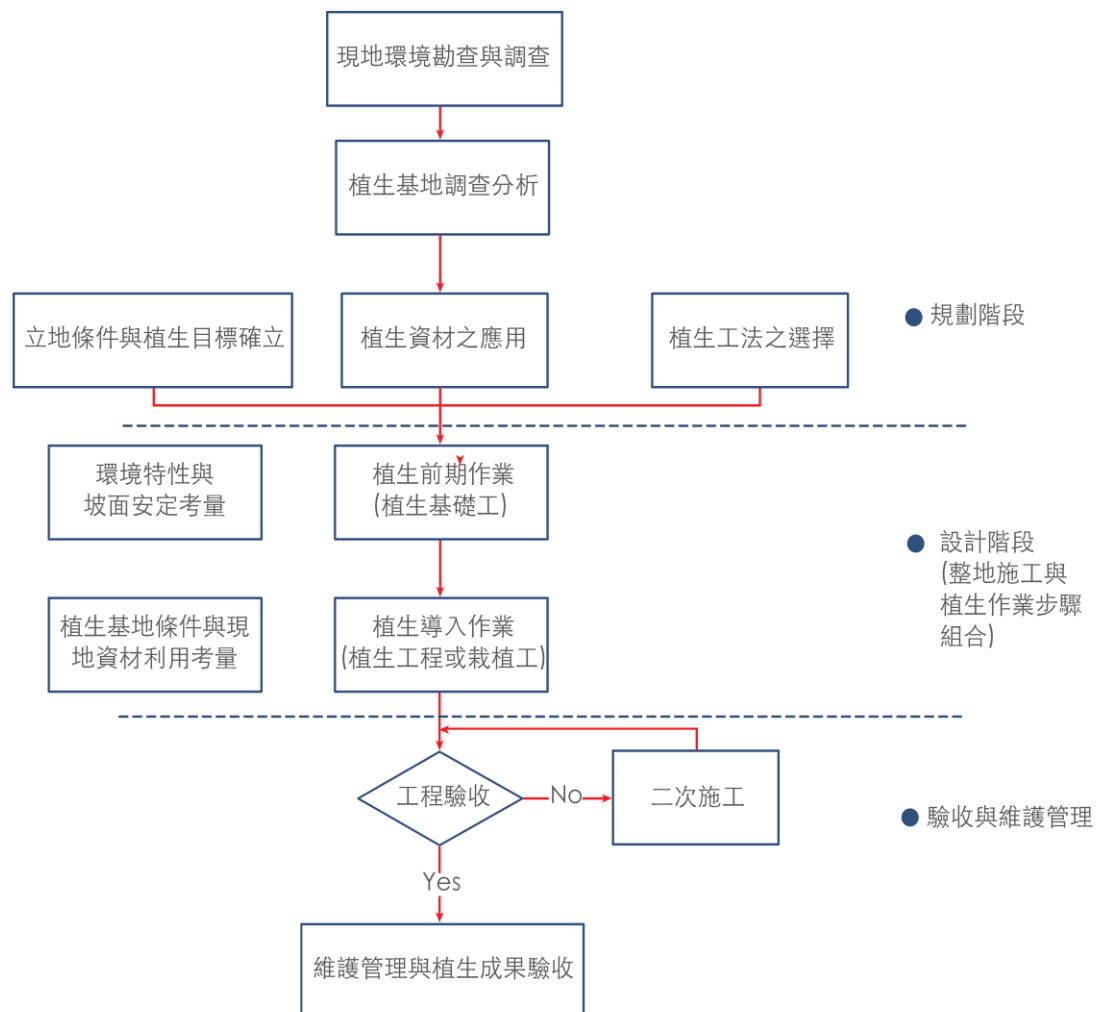
首先對現場環境進行現勘，之後確定植生種類及目標選定，最後選擇適用的工法。

2. 設計階段

我們需要考慮環境特性、坡面穩定性、植生基地條件和現地資材利用，在開始進行植生前期作業後並導入植生。

3. 驗收與維護管理

如果驗收成功就可進行植生維護管理，若沒有則返回設計階段進行二次施工。



(資料來源:水保手冊，2005)

III. 基地立地條件與植生對策

植物生長受周邊環境條件之影響，包括氣候因子(光照、氣溫、降雨、強風等)、土壤因子(土壤有效深度、土壤之物理性及土壤之化學性)及地形地質(坡度)

1. 氣候因子(光照、氣溫、降雨、強風…等等)

A. 光照

植物需要充足陽光才能茂盛生長，在強光照條件下生長發育健壯的植物稱為陽性植物。陽性植物通常具有耐高溫、耐乾旱的能力，初期生長快速且能先發於裸地且能生存下來的先驅植物特性。例如五節芒、血桐、山黃麻、構樹等(林信輝，2004)。

能在較微弱光線下長期生長的植物稱為耐陰性植物。耐陰性植物可生長於林蔭間，利用短暫或微弱之林內光照下吸收光能，提供二氧化碳固定作用所需之能源。

B. 氣溫

氣溫受緯度、海拔高度、風及地形地貌影響，但緯度相近時，海拔為影響氣溫的重要因素，臺灣地區從海平面至高山山頂近四千公尺，因海拔高度不同，造成氣溫變化，因而形成榕

楠林帶、楠櫨林帶、櫟林帶、鐵杉雲杉、冷杉林帶等不同植物群帶(林信輝，2016)。

C. 降雨量

臺灣地區因季風和地形因素相互作用，雨量豐沛，一般年平均雨量約達 2,500mm，但雨量分配不均。北部地區的雨，以 5~9 月間較多，其它月份亦有相當之降雨量，可植生施工及植物生長期較長，較適宜之植物生長季節為 3~9 月。南部地區雨季集中於 5~10 月份，此期之降雨量高達全年雨量之 85%以上；植生工作適於雨季前之 4~9 個月間進行，並選用耐旱性植物植生，否則植物會因缺水而生長受阻或死亡(林信輝，2016)。

D. 風

風對植物之作用包括：

- (1)乾燥作用：可將植物葉部表層濕潤空氣吹走、促進蒸散作用，致使葉片乾燥及氣孔關閉、光合作用降低之結果。

(2)機械作用：植物因強風吹襲而造成葉片破裂、枝條折斷及造成畸形木(flag)、擠壓木(compression wood)生長之情形。淺根性之樹木易因風之作用而倒伏或傾斜。

(3)鹽霧作用：源自海中之鹽分隨風飄運至海岸地區，對低耐鹽性的植物可造成嚴重之傷害，含鹽分之水氣(水滴)灑布在葉片上，會致使氣孔關閉，生長停滯，鹽分灑布在受損枝條上，會產生壞疽現象。

(4)風積作用：沿海砂丘地區，砂粒易受風之吹襲而移動，而移動之砂粒會在風力減弱或遇到障礙物處產生堆積，稱為風積作用。砂粒之堆積會導致植物根域的通氣性降低，植物莖部受砂埋作用會因溫度增高而導致植物致病害或死亡。

2. 土壤因子(土壤有效深度、土壤物理性及土壤化學性)

A. 土壤物理特性：

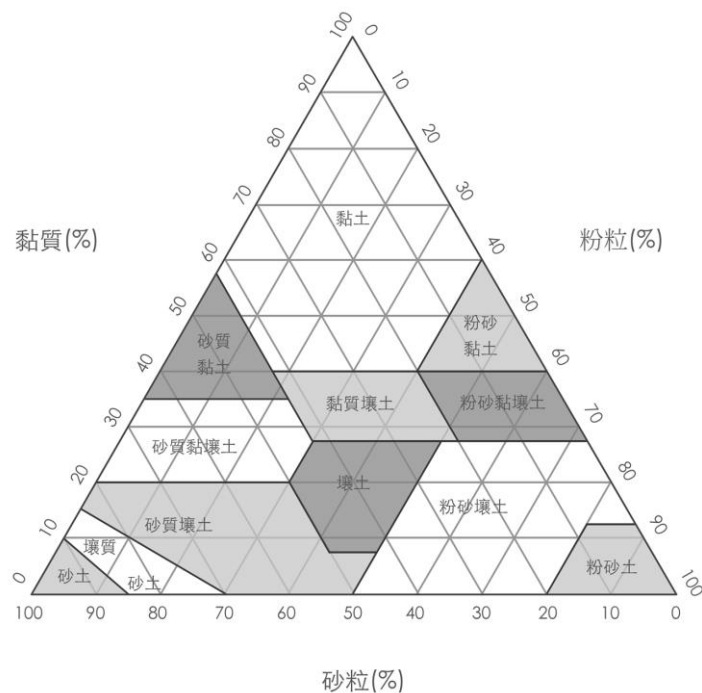
土壤物理特性，除影響養分及水分的保持與供給之外，也影響根系的發展分布及微生物之活動，自然狀態的土壤，其物理性對植物的生育、地力維持甚為重要，另影響森林涵養水之滲透率、保水等亦受土壤物理性所左右。

◇ 土壤含石量

◇ 土壤硬度

◇ 土壤三相組合

◇ 土壤質地



B. 土壤化學特性

土壤內可成為植物生長所需養分的化學成分，包括含量、比例、性質等統稱為土壤的化學性。植物要維持良好的生育，需要氮、磷、鉀等之肥料三要素及鈣、鎂等合計五要素最為重要。土壤中這些要素含量，可供給性受土壤反應、水分、各要素量之比例等綜合影響，因此判斷植物養分之豐富與否，須從土壤整體化學性組成來評估。

◇ 土壤酸鹼值

土壤溶液中常含有 H^+ 及 OH^- 離子，兩者的含量多寡因土壤種類而異，致使土壤呈酸性、中性及鹼性等性質，通常以 pH 值表示。pH 值的大小關係到營養元素是否能被植物吸收利用，pH 太高或太低皆可能導致由某種營養元素引起的毒害。一般植物喜生長於 pH 值約 6.5 左右之土壤環境。

◇ 土壤養分

土壤養分不足或過量將影響植物之生長，其可能產生之病徵

- ✓ 氮肥：氮為葉綠體構成之來源，而葉綠體為植物行光合作用之場所，缺乏時葉片會成不鮮明的黃至綠色；過量時葉呈暗綠、葉肉多汁柔軟，開花、結果延後，果實少。

- ✓ 磷肥：磷為核酸核蛋白之構成元素，且其在能源轉換過程中扮演重要角色，缺乏時細胞分裂衰退，植物發育不良，葉片呈狹窄狀，老葉出現紅色；過量時葉肉肥厚、樹幹矮小、根發育不良、果實過度早熟且產量減少。
- ✓ 鉀肥：鉀為 50 種酵素反應之必需活性劑，且影響蛋白質之合成，缺乏時植株矮小、葉之尖端有褐色出現，嚴重時有壞疽產生，過量時新葉有增大的傾向，且植株伸長，生長勢弱。
- ✓ 鎂肥：鎂為葉綠素之主要元素，且為光合作用之活性劑，缺乏時，葉片除葉脈外，皆出現黃化之現象；過量時將抑制鉀、鈣之吸收。
- ✓ 微量元素：微量元素在植物體中含量極微，但其量不足時，往往使植物發生異常症狀而枯死，如缺鐵時植物之幼葉有黃萎病，因鐵對葉綠體形成有很大影響，缺鋅時幼葉生長受到抑制而出現叢生的症狀，缺銅時會不易形成種子。

3. 地形地質(坡地)

IV. 基地立地條件與植生工程處理

1. 邊坡坡度：

邊坡坡度大小會影響植物自然入侵機制，坡度較陡時需以工程處理，於坡面與基礎安定後栽植植物。裸露坡面之坡度在 35° 以下時，植物較易入侵，但坡度超過 35° 以上時，植物自然入侵繁殖較為緩慢，又坡度在 $45^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 以上時，植物根系之抗剪力較難以保持坡面安定，故必須工程處理後配合植栽植物。

不同坡度時植生所需工程處理之配合

(資料來源：修改山寺喜成，1988)

坡 度	植栽生育情形	配 合 工 程 處 理
35° 以下	1. 植物生育良好。 2. 植物自然入侵生長通常良好。 3. 可能復原為喬木為主之植物社會。	1. 以排水及坡面整理措施為主。 2. 可應用草皮鋪植、鋪植生帶、噴植等植生處理。 3. 挖植溝、坡面排水簡易之基礎工程處理後植生。
$35^{\circ}\sim 45^{\circ}$	1. 以灌木與草本之植物群落為主。 2. 栽植喬木具危險性且易招致生育基地之不安定。 3. 坡度超過 35° 以上，植物自然入侵繁殖較為緩慢。	1. 簡易之基礎工程處理後植生。 2. 擋土牆、擋土柵、打樁編柵、蛇籠護坡、挖植穴等。 3. 鋪網噴植、型框等。
$45^{\circ}\sim 60^{\circ}$	1. 以灌木與草本之植物群落為主。 2. $45^{\circ}\sim 50^{\circ}$ 為栽植喬木之臨界坡度。 3. 坡面安定困難，整坡之階段面配合栽植植物。	1. 固定框、擋土牆。 2. 鋪立體網、複合網配合客土噴植。
60° 以上	植物不易栽植或自然入侵生長困難。	1. 擋土牆、自由樑框。 2. 設置緩衝區或落石防止措施。

1. 土壤硬度

土壤硬度之指標通常以山中式硬

度計(Yamanaka hardness tester)

之測值為標準。山中式硬度計長

23cm、直徑 5cm、重量 0.65kg，將

圓錐體之尖端插入土中，其內含

8kg 抵抗強度之彈簧內縮長度，即為土壤硬度計之測值。



The Yamanaka hardness tester

不同土壤硬度時植生工程處理方法原則

(資料來源：林信輝，2004)

土壤硬度測值(H)	植物生育情形	配合植生工程處理
H<10mm	1. 土壤鬆軟、乾燥，土壤保水力不佳而植物發芽生育不良。 2. 坡面未整理或大於安息角時，易生崩落。	1. 以覆蓋稻草蓆等防止乾燥措施。 2. 固定框客土植生。 3. 種子噴播後覆稻草蓆。
10~20mm	1. 根系伸展良好。 2. 種子發芽及生育良好。	1. 可栽植木本植物。 2. 植生方法可用種子噴植法、植生帶、土壤袋、鋪網客土噴植等方法。
20~26mm	1. 植物生長良好。 2. 噴植外來草種時可能有快速衰退情形。	1. 可栽植木本植物，但仍需加強穴植與客土量之設計。 2. 可配合中層資材應用之播種工法。
26~30mm	1. 根系生長受阻或可能快速衰退。 2. 若土壤有大孔隙，植物根系仍有生長之可能。	1. 以鑽孔或挖植溝等改善土壤硬度。 2. 避免採用栽植、種子撒播及埋幹等植生方法。 3. 宜用鑽孔後種子噴播或厚層客土後鋪植生帶、鋪網客土噴植、固定框客土植生等。
H>30mm	1. 植物根系無法入侵生長。 2. 生育困難。	1. 鑽孔後客土噴植。 2. 蛇籠配合客土、型框客土植生。

V. 客土

定義

指為改善植生立地環境之土質條件及利於導入植物生長，於施工地點施放富含有機質且較佳物化性質之土壤。客土材料通常與原坡面土壤之性質不同，而將原地面表土改良或添加有機質材料後，再施放於表面上，供植生基材之價值已異於原表面土壤，亦屬客土之作業方法。

應用

在大面積坡地開發之裸露地區、道路挖填方之坡面、泥岩地區或採礦區等，由於其先天立地與土壤條件不佳，造成植物生長相當困難；另苗木穴植，或需快速緻密草皮生長之植生工程施工地，需進行客土處理，以達到植生預期成果。



Mudstone area



Mining area

使用客土材料時應注意事項

1. 規劃設計時，應標明有機質含量或肥力，避免以泛稱為田土、沃土或有機質土等，作為設計使用。
2. 含有機質堆肥之客土材料，應充分腐熟。
3. 黏土含量不能太高，以免造成透水性不良，乾旱時龜裂及造成排水孔堵塞。
4. 含石率不宜太高以免影響植物正常根系之生長。
5. 盡量使用中性土壤，其電導度應符合適用性評估。
6. 使用現地土壤為客土材料時，其有機質含量以略大於 3% 為佳。如苗木穴植、草花栽植作業時，經混合有機堆肥後做為基肥使用之客土材料，依一般施行技術之建議，其有機質總含量應達 20%，腐植質達 10%以上(體積比)。

PART III

I. 植生調查類別

II. 植物群落調查

III. 植生定量調查方法

- ◇ 樣區取樣調查法考量要點

- ◇ 樣區取樣調查項目與方法

- ◇ 無樣區取樣調查法

IV. 植生調查分析與應用

I. 植生調查類別

目的

植生調查目的在求得某區域內植物社會之所有群集及其屬性，研析此植物群落之組成個體、大小、數量、排列等特性及相互間關係，進而推估物種的競爭情形、植物社會可能的演替發展。

類別定義

植生調查常以樣區資料來推估母體之屬性，以較少的調查資料推測植生群落之整體特性，做為參考依據。植生調查類別可概分為植物相(flora)調查與植物群落(vegetation association)調查，茲分別說明如下

1. 植物相調查

植物相調查是以某一地區所有植物物種為對象，進行植物之採集及判釋工作，記錄或估測各物種的屬性、族群數量、分布及生育環境條件等基本資料，研析此植物群落組成(特別指優勢種植物)之個體大小、數量、排列等特性及相互間之關係，其調查內容包括野外調查、植物名錄製作、植物型態

特徵圖或示意圖繪製。(水土保持局，2008)

2. 植生群落調查

以植生群落為調查對象，在均質環境之植生群落設置樣區，記錄調查樣區內植物種類、組成結構、分布，並依需要調查主要優勢植物的樹高、胸高直徑等資料，供植生群落型態分析、植生圖及植生群落剖面圖之製作參考及推測植生演替、族群間之相互關係。植生群落調查可區分為植生定性調查與植生定量調查。

II. 植物群落調查

植物定性調查為依均質程度，以優勢種植物為植生群落代表，調查植物社會特徵，通常藉由主觀觀察，就一植物社會所組成之植物，賦予依特性描述以表此植物之性狀，往後可藉由植物性狀間接瞭解當地環境特性。

1. 植生個體之群集程度(社會性)

植物族群的社會性(sociability)係指植物族群個體聚集之程度，即群族個體之相對群居性或集結度(relative gregariousness or clumping)，社會度可分為五級。

級序	群集程度	生長型態
第一級 (soc. 1)	單獨生長	單株生長 (growing solitary, single)
第二級 (soc. 2)	成群生長	形成集團或密生之群體 (forming clumps or dense groups)
第三級 (soc. 3)	成片生長	形成小塊群體或被覆情形 (forming small patches or cushions)
第四級 (soc. 4)	成小群生長	生育成小塊聚落或形成較大面積之被覆情形 (growing in small colonies or forming larger carpets)
第五級 (soc. 5)	成大群生長	生育成大塊群體，幾乎成為純林植物相分 (growing in larger, almost pure population stands)

植物族群社會度分級表

(資料來源：彙整「水土保持手冊」，2005、「水保技術規範」，2014、「坡地植生工程」，2016)

2. 植生群落結構(層次)特性

植物之群落一般具有一定的生物組成，生物分布上有分層現象，在時間上有晝夜節律、季節變化和消長等現象，且各種生物互相依賴、相互影響，並與其所屬環境及生物族群存有緊密相互影響關係。

A. 植生群落之層次(垂直結構)：

森林植物植生群落社會有高度之層次分化，其森林垂直層次可分為樹冠層、喬木層、灌木層、草本層、地被層。有些植物固定生育在某一層次(layer)，且層次高低可顯示整個植物社會優勢度之控制程度，故進行植生調查之時應分別依植物層次予以分類，於每株植物賦予記號，以便記錄各層次之植物。

B. 植生群落分布(水平結構)：

植物群落會因為地理位置、地質、地形、光照的明暗、濕度等因素，使植物呈現成群的分布。如水域周邊或濕度較大的區域常見巴拉草、開卡蘆及象草成群的生長，而陽光充足的貧瘠地或崩塌跡則遍生五節芒。裸露岩層或林地外緣常見臺灣蘆竹、杜虹花等，陸域地區(根系不

受水位影響之範圍)則常見相思樹、構樹、桂竹、山黃麻等。

3. 植物之物候性(週期變化)

物候現象(或稱生物氣候學，phenology)主要是受到遺傳因子及環境因子影響，不同的植物有不同的物候現象，同一種植物在不同的生育地，物候現象亦可能不同，甚至不同的單株也會呈現不同的物候現象。

水土保持技術規範第四十三條，植生週期變化可分為萌芽、開花、結實、落葉及休眠等。本篇彙整相關資料，將植物週期變化分為八個時期，有關各種物候期之植物生長型態之分類。

4. 植物之生活型

植物生活型之分析方法大多採用浪氏之系統，計分成10群之生活型，統計各型所佔之種數百分率，如此形成之數列，稱為生活型譜(life-from spectrum)。

III. 植生定量調查方法

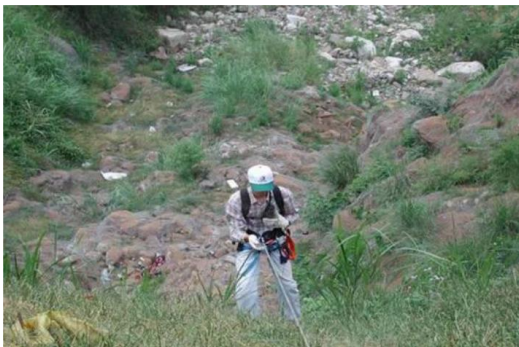
1. 樣區取樣調查法考量要點

植生定量調查方法係依調查地區之環境，植物之生活型、冠層結構分布及調查目的等條件，選取適宜之樣區，進行植物種類數量及生長情形之調查，再依調查所得之相關參數加以組合分析，作為計算植生群落特性之方法。

樣區取樣調查方法，先決條件為確認調查區之等質性，惟有等質之調查區，才能以一小樣區調查結果來評估全區之植被特性；同時調查樣區之設置，需考量的樣區特徵因子有樣區形狀、樣區走向、樣區分布方式、最小樣區面積、最低樣區數目…等等。

A. 樣區形狀之選定

樣區之選定可依地形及調查之便利性而有所不同，一般常用的有正方形、長方形、帶狀橫截樣區或線狀樣區(線截法)。



B. 樣區之走向與分布

樣區之設置，尚須考慮其走向(orientation)，即長軸或短軸之配列方向。

✧ 若植物社會為等質性，則走向較無影響，但一般山區植群因地形起伏而稍有變化梯度，故選定樣區之長軸應跨越變化梯度，以求得準確(變方較小)之資料。

✧ 但若所調查地區為大規模植生群落，非單一植物社會，則常用客觀之合成法設置樣區，再將所得樣區資料分類，以求出鑲嵌體構造。即將每一林分設置一大樣區，令其足以單獨代表該林分，以便與其他樣區比較，此時則帶狀橫截樣區或長方形區之長邊，應沿著等高線或植生群落帶狀分化之平行方向，以避免與其他樣區重疊(林信輝，2008)。

✧

C. 樣區之面積

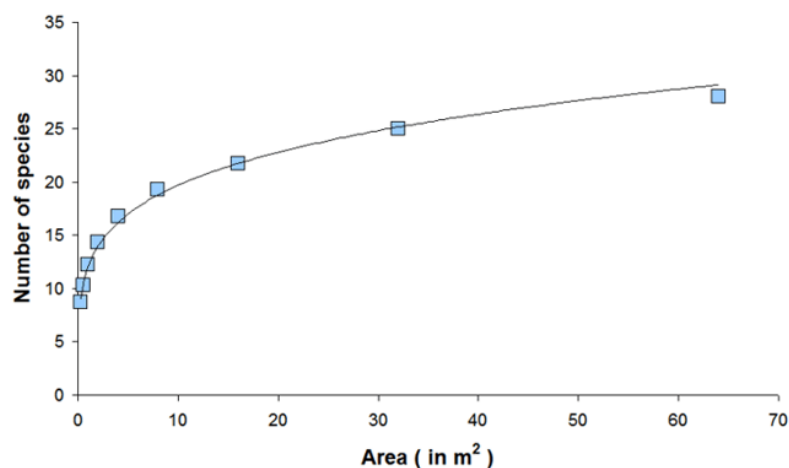
在取樣調查時，首要決定為設置樣區面積應採多大，一般而言，選取樣區面積除考慮植物社會之組成是否為均質外，其與植生群落生活型態息息相關，選取樣區大小時，可依經驗法則，選擇適宜方法求取樣區大小(林信輝，2008)。

在植生群落調查時，樣區面積所需之最小面積為依植物社會種類之豐富度而定，其最小樣區面積之決定如表 植 3-3-1 所示。

此法為依不同植生群落類別直接選取最小樣區面積，故條件受限大，除考慮現地植物社會組成是否具均質性，且不為零星分布再加上選取時多仰賴經驗判定，故使用上較無客觀性。



◇ 物種面積曲線在生態學上是給定區域內物種數量與棲息地面積之間的關係。面積越大，物種的數量也越大。



物種面積曲線

(資料來源 <https://math.hws.edu/~mitchell/SpeciesArea/speciesAreaText.html>)

植生群落調查之最小樣區面積

(資料來源：「水保技術規範」，2014)

植生群落類別	最小樣區面積(m ²)
草本層	1~2
低灌木及高草本層	4
高灌木層	16(4x4)
喬木層	100(10x10)

D. 樣區之數量

樣區的數目一般須由植生群落之變化、後勤時間、經費及人力等因素決定。然而在精密之植生群落調查，應先確定樣區佔研究地區面積之百分率，同時在勘查時看出有幾種植群型，並於取樣時每一種植群型不僅皆需涵蓋，同時應有所重複，因樣區之數目會影響調查之精度，而在決定適當之樣區數時大多採用「種數-樣區數曲線」法，此法與種數-面積數曲線法相似，即以植物種數與樣區數目之關係進行繪圖研析。

2. 樣區取樣調查項目與方法

植生調查之定量介質

可用來定量植生群落較為常用的為密度(density)、頻度(frequency)、覆蓋度(cover)或優勢度(dominance)。此外，尚有許多可使用的介量，如生物量，此乃經由收割獲得，常以每單位面積之重量來表示。另葉面積指數(leaf area index)，亦為常用之介量。

A. 密度

指單位面積內植物之個體數，其計算通常以每 m^2 或 ha 上之株數來表示。但在應用上常引起困難，原因有

- a. 個體確認之困難：如叢生竹類、匍匐狀灌木或草皮等。
- b. 樣區之邊界效應(marginal effect)：樣區的邊界可能跨過一個植物個體，難以評斷是否該計算或加以排除。
- c. 時間之花費：於計算草本植物或灌木植物時，常需花費大量時間。

B. 頻度

指某種植物在各設置的樣區或樣點中出現的次數，通常以調查中被記錄到的樣區數，對總設置的樣區數之比值來加以表示。但頻度並非絕對的量值，其受樣區大小及形狀影響甚大。

通常用百分率表示，為方便統計以百分率予以分級。

頻度等級區分

(資料來源：「水保技術規範」，2014)

等級	被紀錄樣區數之百分比(%)
第 A 級	1~20
第 B 級	21~40
第 C 級	41~60
第 D 級	61~80
第 E 級	81~100

C. 覆蓋度

覆蓋度係以某種植物樹冠或枝條投影面積對地表面積的比值，常以分數或百分率表示之。通常做為植生群落內，不同植物所占空間比率之差異性比較，及作為植物於生育地的優勢度(dominance)之參數。

覆蓋度等級區分

(資料來源：「水保技術規範」，2014)

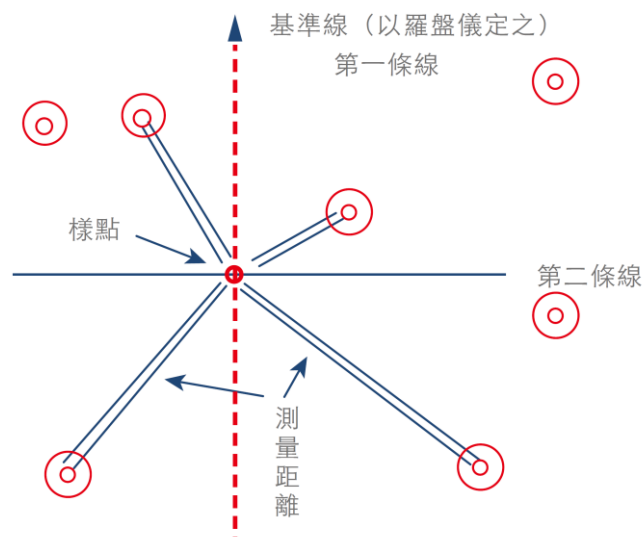
等級	覆蓋面積百分比(%)
第 A 級	少於 5
第 B 級	6~25
第 C 級	26~50
第 D 級	51~75
第 E 級	76~100

3. 無樣區取樣調查法

A. 點中心四分法

本法亦稱為四象限法。於此法中每一個樣點需量測四個距離，其步驟如下：

- 先以羅盤儀定出一基準線，於此線上訂出一些樣點。
- 於每一樣點上，以一線垂直於基準線，將之劃分成四象限。
- 量測每一象限中，距此樣點最近之林木與此樣點間之距離，並計算其平均值。
- 記錄每一樹種名稱與胸徑，以供分析使用。
- 多次樣點測值之平均值略等於單株之平均距離 d



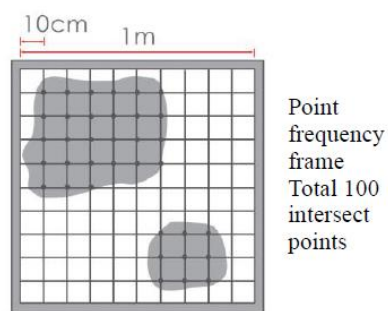
點中心四分法

(資料來源：「集水區植生群落調查應用手冊」，2008)

B. 點框法

本法亦稱點截法(The point-intercept method)或點樣區法(point-quadrat method)。其原理為估測植物覆蓋度時，將植物覆蓋的輪廓描繪至方格紙上，然後計算其所佔方格數，所得加以計算即為此植物之覆蓋度。

量測時，所適用器具為點頻度框(point-frequency frame)，此框架通常由木材所製，高與長均為 1 m，具有十根與支架等長之線針，從孔中穿插而過。此框因高度受限，故只適用於一般高度(20~50 cm)之草本植物或低矮灌木群等。取樣時，因沒有邊界及面積之限制，僅需考慮位置因子，故其為最簡單、迅速之調查方法，但一般以調查下層植物為宜。點頻度框之尺寸、孔數多寡或線針間隔可視草本植群情形調整，亦可以貼地面板框降行調查



Description: Species A coverage = $36/100 = 36\%$



點截法使用之板框

(資料來源：林信輝，2016)

IV. 植生調查分析與應用

1. 重要值指數之計算 (IVI)

植物社會介量以重要值指數值(important value index, IVI)表示。將植物社會分成上下兩層(喬木層和地被層)，計算各種植物在各樣區中之密度、頻度及優勢度，再轉換成相對值，上層植物社會重要值即三者相對值之總和，下層植物社會重要值即相對頻度和相對優勢度之總和，其意義代表某植物在林分樣區中所佔有之重要性。

$$\text{喬木層優勢度(dominance)} = \frac{\text{某種植物樹冠投影面積(或胸高斷面積)之總和}}{\text{所調查之總樣區數}}$$

$$\text{地被層優勢度(dominance)} = \frac{\text{某種植物覆蓋面積總和}}{\text{所調查樣區面積總和}}$$

$$\text{相對密度(relative density)\%} = \frac{\text{某種植物之密度}}{\text{所有植物密度之總和}} \times 100\%$$

$$\text{相對頻度(relative frequency)\%} = \frac{\text{某種植物之頻度}}{\text{所有植物頻度之總和}} \times 100\%$$

$$\text{相對優勢度(relative dominance)\%} = \frac{\text{某種植物之優勢度}}{\text{所有植物優勢度之總和}} \times 100\%$$

◇ 喬木層 IVI=相對密度+相對頻度+相對優勢度(總和為 300)

◇ 地被層 IVI=相對頻度+相對優勢度(總和為 200)

2. 植生群落分析

A. 植生群落相似性

為比較兩植物群落之相似度，Motyka 等人(1950)以物種優勢度等為介量，來計算 S_{mo} 相似度指數，比較兩地區植物群落之相似性。

$$S_{mo} = \frac{2N_w}{N_a + N_b} \times 100\%$$

N_a =A 樣區群落的總個體數

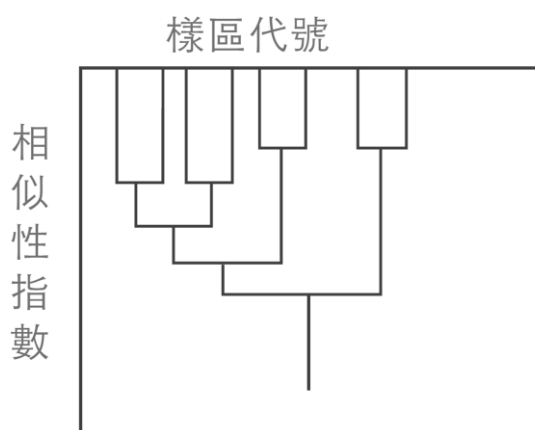
N_b =B 樣區群落的總個體數

N_w =兩樣區之共有種所含個體數較少者之總和

B. 矩陣群團分析

依上述不同調查樣區間之群落相似性指數之計算，進行矩陣群團分析。可將調查區域之植生群落加以歸群，最終以樹形圖方式表達此調查區植生群落分布情形。一般而言，計算出任意兩樣區或林分間之相似性係數，排成矩陣而後依相似性水準，將兩相似之樣區，依相似性之高低次序，先後合併，逐次分群。此分類法稱為矩陣群團分析(Matrix cluster analysis)，又稱為樹形圖圖解法(Dendrogram)。

- a. 選擇一群落相似性指數公式，來計算所有樣區兩兩之間的相似性指數，製成一相似性指數矩陣。
- b. 從相似性指數之矩陣中，找出相似性指數最大者，挑出此二樣區，在圖上將其連結在一起。
- c. 將此面積區合併為一樣區後，再計算所有族群樣區之相似性指數矩陣。
- d. 指出重新計算所得之相似性指數最大者，將其再合併為一族群樣區。
- e. 重複 3.4 之步驟，到最後剩兩樣區為止，如此可依相似性指數之大小連結，即為一樹形圖。



樹形圖之雛形

(資料來源：「集水區植生群落調查應用手冊」，2008)