

台灣人工林經營面臨之挑戰與對策

文/圖 邱志明 ■ 林業試驗所森林經營組研究員兼組長

一、前言

近10年來森林學者提出許多新的林業經營觀念，希望人工林能在擔負傳統木材生產，水土保持與國土保安之同時，亦能兼顧生物多樣性與生態系的完整。最近由報章媒體大篇幅有關環保和經濟發展爭議之報導及莫拉克、凡那比颱風之災害，社會大眾開始警覺到環境惡化極端氣候異常之現象，因此工業污染與林業經營不當之問題，常被列為檢討之議題，再加上1990年美國「新林業」之興起、1991年第十屆世界林業大會、1992年巴西里約熱內盧舉行之地球高峰會氣候變化綱要公約的宣言，以及1995年IUFRO 20屆世界大會、1997年京都議定書之簽訂及2005年2月開始生效等，及最近德國「近自然林業經營」的興起(Bieling, 2004)，皆為追求全球環境的解決及永續發展，此均與林業永續經營息息相關。

極端保育森林者發現保持生態系的現況與

持續生態演化之間並非等號的關係，其間的差距極大。許多私有林之資源及其經營管理方法，與保育者認定的也有很大的落差。森林經營者也發現，傳統以木材生產為主的資源利用方式，只能適應用於全球少部分的生態環境、土地與社會。大部分的生態系永續經營，必須發揮森林除供木材以外的他項(環境、生態、社會)之功能。是故，集約森林經營者需逐漸增加其他的考慮因素，這些因素極多，例如森林生態系的功能與服務、生物多樣性的保育，水土保持等；由此可知，極端之封山保護與集約的經營各自擁有法律保障與不同類型的支持者，但兩者之間絕不是零和壹之遊戲，而台灣已是一個多元開放之社會，公共政策因不同意見之迴響而更臻成熟，台灣林業隨多元化之社會發展，林業經營之方向及意見，紛至沓來，台灣是地球村的一份子，如何把這種危機變為轉機，乃是近年來，朝野各界所重視，其所得到的共識為尊重生態環境倫理之原則下，朝著林

業永續發展，師法自然，發揮森林多目標功能，維持永續之森林生態系統結構經營方向前進，以謀求環境、生態、社會與經濟之最大利益。

二、目前社會所關注之議題

(一)水、土環境問題

水、土環境問題，一直是台灣森林最重視之議題，前年，莫拉克颱風，八八水災除造成龐大生命、財產損失外，對大量之漂流木、土石崩塌，均為大眾所關注，甚至有環保團體指稱，高雄縣甲仙鄉的小林村及六龜新開部落，被土石淹沒，為林務局長年在山區進行造林所造成，此危言聳聽，似是而非之論點，其實最重要的是科學數據，而非口水戰。據水土專家組成最近調查結果顯示，此次土石崩塌，主要發生在天然林，尤其是小林村之土石掩埋是深層崩塌，只因為雨量過大，超出森林蓄水能量，三日連續降雨，即達整年之降雨量所致。

(二)砍大樹，種小樹

去年瑞穗林道、苗栗造橋、通霄之獎勵造林，執行上遭部分環保團體非議，「砍大樹，種小樹，領獎金」，「假造林，真伐木」成為最近很夯之議題，亦是困擾著林業經營單位，此在傳統之林業經營上，是一正常、正當之作業過程，為何昨是今非，其實關鍵問題為大眾生活水準提升，已由已往生活水準低落，注重「顧肚子問題」到開始注重周圍環境之改變及考慮後代子孫環境之問題，亦即社會價值觀認知轉變。另一方面當然亦有錯誤訊息之引導，「砍大樹，即破壞環境」為從小學教科書開始建立之根深蒂固觀念。另一為以偏蓋全，錯誤資訊之引導，一些特例現象，被拿來跨大舖

陳，例如，幾乎所有新植或林下造林及疏伐等中後期作業，皆是如此。少部分現場作業執行之偏差，亦導致正確之理念或制度變得一無可取，如過街老鼠，人人喊打。因此，對台灣森林資源之保育經營，必須有新的思維與對策，才能滿足大眾對森林多功能服務－環境、生態、社會及經濟之期盼。

(三)砍伐林木，利用木材林產品－破壞環境

林木是一最乾淨之再生能源，能將大氣中之CO₂藉光合作用固定於木材中，依光合作用反應式，林木生產1公噸葡萄糖，可吸收大氣中二氧化碳1.6公噸及釋放1.2公噸的氧氣至大氣中，葡萄糖除了供植物體新陳代謝外，剩餘者將轉化為植物體，最後將碳貯存。不像石化、煤等燃料，若能將林木有機材料有效利用，擴張其生命週期，將合理砍伐之林木轉變為林產品，將碳以另一種形式貯存，減少CO₂釋放至大氣；因此森林資源與生態產業經濟效益是共存共榮的連帶關係，是故應該鼓勵木材等再生材料之使用，惟應當思考如何有效利用，並減少浪費，提高其利用加工效益與價值，以保護森林資源。

(四)砍伐林木，造成地球暖化

其實這是似是而非之觀念，重點在砍伐對象及砍伐之方式及面積而定；若是天然林，並將砍伐後之林地移作農牧使用，當然會造成地球暖化，但是砍伐對象是鬱閉人工林，將太鬱閉之林木疏開，因林木隨著林齡之增長，樹體逐漸長大，對有限之林地及空間產生競爭，為使留存木生長健康，必須進行必要之疏伐。研究顯示，至過熟林分狀態，森林生態系最後會維持動態平衡，為了促進森林的CO₂吸收與固



照片1 紅檜造林地林分密度過大且林木樹幹分叉嚴重，林分品質低落，地被光禿，易造成土壤沖蝕與地表逕流，且林相單純，生物歧異度低。(攝影/邱志明)

定，應該維持林地的活化，旺盛生長之人工林，光合作用效率最高， CO_2 吸存能力最強，從而減緩地球因溫室效應造成之增溫與暖化效果(圖1)，極盛相天然林的 CO_2 貯存與釋放是接近平衡狀態。

(五)木材自給率

進入21世紀，由於工商發達，人們生活水準提高，環保意識亦高漲，目前台灣之木材使用量，每年約1,000萬立方公尺，百分之99%皆由國外進口，但台灣森林覆蓋率達到58.5%，自給率卻達不到1%，產生了一些矛盾現象，以地球村之觀念，或總有一天，國外終必設限；此時即必須仰賴本國之森林，但在政府天然林禁伐政策下，現存之人工林即必須擔負重要之角色，又ITTO已訂出未來之木材貿易對象僅限能永續性經營森林(Sustainable Forest)所生產木材為目標，ISO-14000亦將對於木材貿易規範為需

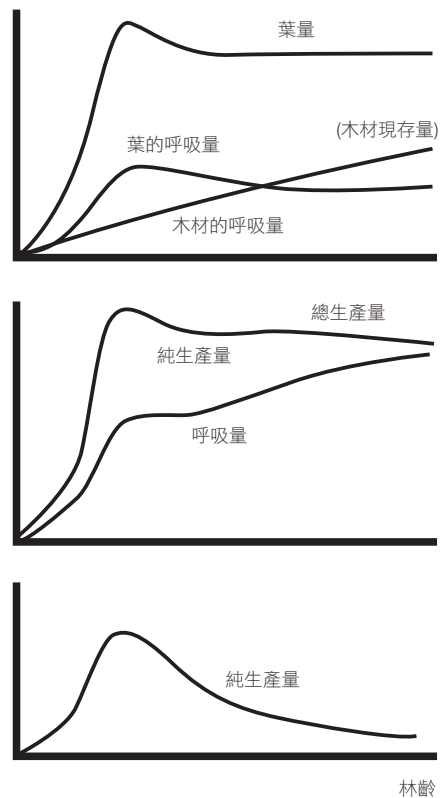


圖1 人工純林林分生長發育過程和生物量之變化(Fujimori, 2001)

來自永續性經營之森林才能加以認證，並可在國際間進行貿易。因此，台灣必需未雨綢繆，若外銷因包裝材料而受阻，其對台灣經濟之打擊，可能無人能承受；適度提升台灣本身之木材自給率，亦可舒解開發中國家天然林、熱帶雨林砍伐之壓力，為地球村盡一份心力。

(六)氣候變遷

森林生態系為陸域生態系中重要的生態系，受氣溫上升、降水現象遽變，極端氣候和降雨頻率改變等各種氣候變化的直接影響，如森林植物逐步往高海拔及極地方向遷移，高山森林線和樹木界線在海拔高度不斷往上，樹種生存也因為氣候變遷而改變，而森林的植群與林相也會面臨改變，進而影響地景的變遷，內部的單元組成與空間分布，棲息於森林內的生物多樣性亦造成衝擊，導致整個生態系統組成、結構和功能發生變化，此對人工林經營、造林樹種之選擇及中後期撫育、疏伐木之篩選，均必須配合調整。

三、台灣人工林現況

依據林務局1995第三次台灣森林資源及土地利用調查結果，台灣地區森林面積共計210萬公頃，佔陸地面積約59%；其中20%約42萬公頃為人工造林地，其中針葉樹約佔64%，闊葉樹(含竹林)約佔36%。另根據航測調查結果，台灣全島林木蓄積量約3億6仟萬立方公尺；估算每年木材生產量約840萬立方公尺，淨生產率僅約2.3%。其中可利用之人工林木材總蓄積量約4千7百萬立方公尺(佔總蓄積量之13%)，此人工林之蓄積會隨著林齡之增加及撫育經營而不斷增加，而天然林若不再經干擾，則大致會保持

穩定之程度。

針葉樹主要造林樹種有紅檜、柳杉、台灣杉、香杉、杉木、肖楠、松類等，其中柳杉、杉木近十年幾乎已停止造林，而紅檜、台灣杉、肖楠則呈大幅增加之勢，而闊葉樹主要造林樹種以台灣櫟、光臘樹、相思樹及樟樹為主，其他泡桐、楓香、木油桐、柚木，近年來造林均幾已停頓，而台灣櫟、光臘樹、樟樹等原生樹種近來造林呈大幅增加之勢。在此大面積人工林中，其齡級分布6年生以下約佔4%，7年生以上佔96%，可見需進行期中撫育之迫切性，再延遲，即喪失其時機，而致淪為不良林地。

四、人工林與經營所面臨之問題

台灣隨著時代發展和社會需求的變化，原有的森林經營模式已不能滿足現代社會大眾的要求，而人工林經營中長久以來，亦累積一些深層次的問題和矛盾，主要有以下幾方面。

(一)人工林蓄積及年生長量不明。由於欠缺人工林各樹種、各齡級確實之面積與生長之數據，因此對各項人工林經營決策，如碳吸存之估算、自給率之訂定、施業之規劃，均造成困難。

(二)森林資源面積不斷增加，但可利用程度低。由於天然林自1992起全面禁伐，人工林和租地造林砍伐量每年不到5萬立方公頃，而台灣森林覆蓋率逐年增加，據林務局最新資料已達到近59%，但木材自給率卻不到1%。這些森林資源沒有能夠轉化為有效的林產品供應，沒有充分體現出森林的多種功能，資源的複合利用率低。

(三)人工林水、土及多樣性問題。由於不能進行中後期撫育，疏伐、修枝在近42萬公頃人工林中，經過疏伐之林分少之又少，林分密度過高。林木生長競爭加劇，生長受到抑制；地被缺乏，造成土壤沖蝕與地表光禿，林木競爭激烈及生物多樣性減低，天然更新趨弱之問題。

(四)人工林結構不盡合理。人工林林齡結構及組



照片2 紅檜造林地，因修枝太遲，勉強修枝，因傷口太大，無法癒合，造成腐朽之慘狀。(攝影/邱志明)

成不合理，幼、中、近熟林多，成熟林及過熟林少，尚未形成穩定的極盛群落；或類似老齡林結構，此外，林木徑級分布呈倒J形分布，中小徑級林木佔大部份，而大徑級林木較少，樹種結構也比較單一，對環境逆境之抵抗力較弱。

(五)人工林質與量低落問題。目前人工林經營管理方式，造林後6年即停止撫育，因此很多造林木品質低落，如紅檜、光臘樹、樺木，分叉嚴重；香杉、紅檜、杉木，鼠害、風害嚴重及造林地生產力低落等。

(六)森林的健康狀況受到威脅。由於純林比重較大，人工林比重不斷增加，樹種較為單一，森林的抵抗力下降，森林發生病蟲害的可能性增加，風折、風倒現象嚴重，發生森林火災的幾率增加，森林的安全受到威脅，如數年前之杉木大面積死亡、硫球松之線蟲危害等。

五、人工林經營對策與作法

幾個可行之經營原則對策與作法如下：

(一)人工林清查

人工林造林後，每隔一段時間需進行全面性之調查，包括成活率、樹種、面積、齡級及生長(胸徑、樹高、材積)等，因造林後林木歷經環境競爭之考驗，會產生不同時間序列之變化，絕不同於當初造林台帳之面積及樹種組成。

(二)教育及宣傳

扭轉錯誤觀念—釐清砍樹並不一定即是破壞環境，要視砍樹之地方、方式、狀態、種類及目的而定，森林資源經營新思維，資源保育是合理之經營利用，而非封存式之保護。尤其砍

樹木之地方，若是林木經營區，鬱閉之人工林，則林木砍伐後，除了林木本身質與量之提升外，對減少水土沖蝕、逕流、增進生物多樣性、增進地力、提升CO₂之吸存、減少病蟲害、森林火災、增進林木健康及生態之穩定均有甚大助益。同時需瞭解林分發育過程，大致分為建造期、林木排除期、林木再現期及老熟期四階段，不同發育階段，功能不一(Fujimori, 2001)，砍伐之林木，若為鬱閉人工林，在林木排除期階段，因競爭生長空間、水、養分、陽光，最近數年彼此會自我疏伐而枯死之林木，則預先伐採，疏解其競爭之壓力，使留存之林木有足夠之空間，生長成健康又高大之林木，砍伐之林木若搬出利用，轉換做林產品(圖2)，擴增其碳之生命週期，除可減

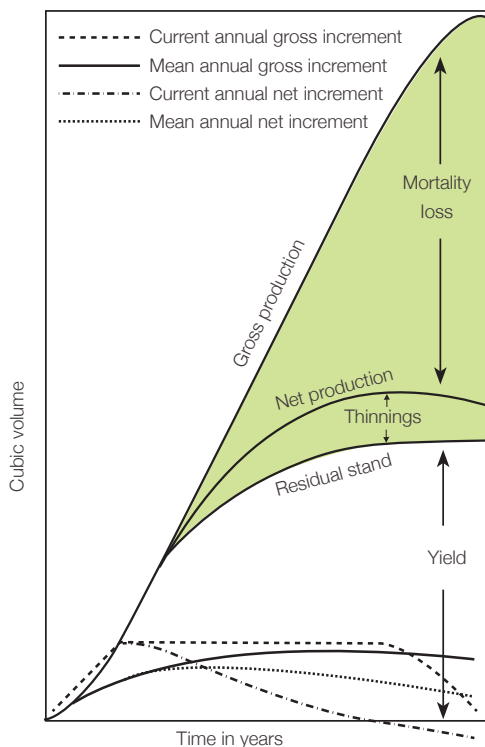


圖2 同齡人工林經營(疏伐)與未經營(未疏伐)長期林分材積及累積粗生長之變化(Nyland, 2002)。

少大氣中CO₂之釋出，亦可滿足人們日常生活所必需，一舉數得，為何不能砍伐呢？因此，利用林產品不但不是破壞環境，而且對地球抗暖化，具有正面效果。

(三)不同分區人工林之經營

依林務局之規劃，將國有林地依海拔、土壤、坡度劃分為：

- 1.森林育樂區：面積41,994.4ha，佔2.73%。
- 2.林木經營區：面積274,019.3ha，佔17.8%。
- 3.國土保安區：海拔2,500m以上，或坡度大於35°，面積58,1905.6ha，佔37.8%。
- 4.自然保護區：包含依法公告之自然保留區、野生動物保護區、國家公園生態保護區及特別景觀區，面積641,852.8ha，佔41.7%。由此可知，林業單位亦配合社會之脈動，以環境及生態為重，國土保安區及自然保護區，此二區佔林務局所有林地之80%，而林木經營區及森林育樂區二者合計僅佔20%。

不同林地分區分級，有不同經營作業方式及策略，及所要達成目標。而人工林主要位於林木經營區及森林育樂區，當然亦有少部分人工林位於國土保安區，惟以目前之社會環境及迫切性，在社會各界對保安林之經營尚有許多疑慮前，宜保持原狀，待有更多之科學數據為依據，再予經營，目前宜不干擾為原則，至於自然保護區，應無人工林之存在，自無人工林經營之問題。

(四)人工林經營樹種之選擇

目前人工林經營作法，普遍採行中後期撫育，疏伐、修枝或林下間植等措施，但在42萬公頃人工林中，以往研究顯示，並非所有樹種皆需進行各項期中撫育工作，如疏伐作業之實



照片3 大尺度之地景中，可將不同樹種之人工林或天然林成小塊狀分布，形成鑲嵌狀構造，可解決小面積人工林生物多樣性不足之問題。(攝影/邱志明)

施，需視林地分類或分區，目前應以林木經營區及森林育樂區為主。另以修枝為例，僅紅檜、肖楠、台灣杉、台灣櫟最為迫切，其次為扁柏、柳杉、光臘樹，而杉木、香杉、松類因為會自然修枝或輪伐期較短或使用目的不同，而不需實施；另外尚有其他因子，如土地之區劃目標、林道、立地環境、生態多樣性、勞工、經費皆會影響撫育作業之實施；因此，一項撫育經營作業之進行，除樹種、齡級之選擇外，必須考慮上述相關因子，以決定其優先順序及是否施行。

(五)人工林經營原則與作法

如何將生物多樣性和林木生產力結合提升木材自給率以達永續經營，是台灣今後人工林經營時必需面對之挑戰。因應之道應從基因物種，林分和地景層級三方面進行策略之釐定和

推行。

1.基因物種方面

在基因物種方面之策略，除了要選育林木育種族群，在連續世代中所獲得良好基因或物種，以改善林木生長與品質，另外還要維持合理之基因多樣性，如設立採種園、採穗園及區外保育等，使其用來作為森林繁殖材料之物質，在基因層面提供精準、可靠的基因資訊，例如：物種母體基因的來源地、基因的屬性、雜交方式和選擇之過程等。此外，在林分或地景層次上將基因分散化，限制同一種品系之基因在空間和時間之使用，以避免基因過度之均質化。最後，應發展基因風險模擬模式，以評估基因改造可能對人工林各層面產生之影響。

2.林分階層方面

在林分層級則透過不同疏伐強度、立木留

存量及方式等，如疏伐之方式，上層、下層、選擇、機械疏伐、單株或群狀疏伐，集材之方式，對造林木林下植被之生長、動物、昆蟲、養分循環及水土保持均有不同之效果。因此，不同育林策略之改善，增加人工林組成及結構之變異而達到人工林生物多樣性增進之目的。不一致性之整地方式，變化的林木栽植距離、不同留存木密度、不同樹種之混植、複層林或多層林之營建、輪伐期之延長和地被植物之維護等，都是未來營建新人工林或人工林改造可行之方法和策略。

對現存單一樹種之人工林可利用不同撫育經營策略增加林分水平和垂直結構之異質性，以利於野生動物、鳥類物種之增加和生態系之穩定。木質殘材(Wood Detritus)為森林中枯死木或瀕臨枯死木、枯立木(Snag)、倒木、小枝(Twigs)、枝條(Branches)、樹幹、原木和根株，在森林生態系中扮演重要角色，這些構造可儲存水分、立地養分，貢獻土壤有機質，提供菌類和昆蟲之食物，土壤養分迴歸循環，並可提

供許多種脊椎和無脊椎動物棲息，掩蔽和築巢之場所。因此以群狀和分散狀之方式疏伐立木，部分並以環剖之漸進方式疏伐立木，模擬天然干擾林木枯立狀態，提供他種林木天然更新空間，並間植耐陰性樹種，則苗木可獲得上木庇護，促進生長，並可提供野生動物食物、棲息之場所。

疏伐或收穫後林分立木之留存量、結構配置和粗質殘材的形狀和量均會影響林下植群之組成和構造、多樣性的豐富度和許多敏感植物和動物種類之分布。留存木群狀和分散狀之策略各有其假設不同的生態結果和育林應用。例如，分散狀留存，留存木均勻配置林地，可期待加速留存木直徑生長，同時可減緩微環境和水文之衝擊。而群狀留存，換句話說是期待更有效率維持一較廣大構造單元(Structural Elements)和生態條件(Ecological Conditions)的限制，例如，群狀可以維持所有冠層之完整，包括下層之植生和不同大小及腐朽程度之枯立木，像這種情況即不可能存在於分散狀之留存木。小塊完整棲地也可做為不同種類有機物的庇護所，因其可提供臨近地區有機體新生及再殖民遷移之來源及機會。

3.地景階層方面

森林經營者需要從地景之觀點來考慮人工林之配置使其達到因應不同經營目標而讓各種不同組成分子(如：齡級、樹種組成、濱水帶等)在空間上呈現不一致之排列。例如：在人工林地景中除以分散式地方式規畫不同齡級，不同樹種組成之人工林外，並進一步將人工林和天然植群規劃形成不同之鑲嵌體(Mosaic)，則可以在地景層級中達到一定程度之生物多樣性。



照片4 近自然林之經營，篩選標定之目標樹。(攝影/邱志明)



照片5 近自然林之經營，將林木依目的之不同，分別標定不同顏色，做為撫育經營留存之參據。(攝影/邱志明)

(六)師法自然，近自然林之經營

什麼是近自然林業(Close Natural Forest)，簡單的說就是建立在結合自然保育與森林經濟使用之管理經營，Moffett和Macdam (2004)認為，近自然的林業並不是回歸到天然的森林類型，而是盡可能使林分更新、撫育、採伐的方式和天然森林植被的自然關係相接近；要使林分能夠進行接近生態的自發生產，達到森林生物群落的動態平衡，並在人工輔助下使天然產物得到復甦。接近自然的林業認為，人力與自然力相比是極其微小的，人不可能隨心所欲地創造生態平衡，生態平衡是自然力的和諧，森林經營要遵循自然規律，師法自然，充分利用自然力調控森林的生長，使森林生態系統逐步向穩定的、健康的方向演變。

近自然林業的經營目標是建立複層異齡混交林的永續林，即通過一系列的育林措施(如擇伐、塊狀伐採、推行天然更新和人工促進天然更新等)，同時將人為的干擾降低到最小，配合

及加速林分發育之過程，使同齡純林逐步過渡為接近天然的複層異齡混交林。永續林經營不僅要求形成複層異齡混交林，而且要求林地上持續地有林冠覆蓋且不斷地有木材收穫。目前，德國等國家正在按照接近自然的林業原則，建立目標樹撫育技術和理論，因地而異，建立異齡混交結構的永續林經營體系。其近自然林經營改造的關鍵問題，大致如下：

1.永續的天然更新

天然更新機制是否啟動是人工林近自然化經營的一個主要指標。

(1)目標樹種能夠自然更新：

無論這個樹種是本地的原生樹種，還是引進外來的與立地條件相適應的樹種。此外，必須瞭解更新種對光照的要求，樹種是陽性或耐陰或中性；林下土壤從更新的角度來看必須具備哪種狀況；可能的動物或競爭植被的影響因素；預期的經營目標是否存在樹種更新序列的要求。

(2)考慮母樹：

林分因伐採，疏伐、擇伐(或干擾)所啟動的天然更新機制，主要是依靠種子和萌蘖等繁殖體與土壤氣候之間的相互作用實現，所以考慮保留母樹以增加種子結實有其必要。

(3)輔助更新作業的必要性：

天然更新時需要輔助作業，局部整地是必需的：例如棲蘭山檜木擇伐更新，整地去除地被雜草後，可促使檜木下種之種子接觸土壤，使檜木苗更新更多更均勻；檜木林中，檜木的種子在落入腐殖質土壤中能更好地萌發更新，所以，對更新區域進行局部整地處理後，能增加林分檜木苗更新比例。進行天然更新的林分

也不排斥任何補植苗木的處理，在需要引入另一個樹種或增加其比例時，補植是最快速有效的途徑。

(4)目標樹種更新數量不足時：

可進行人工補植目標樹種或撒播種子，撒播之方式可以三角形或四角形小塊狀之植穴撒播，效果較佳。

(5)更新之目標樹種：

必要時需進行人為刈草、除蔓之干擾、防止動物侵襲，清除競爭植被等保護性措施，以保護更新目標之樹種。

最後，在考慮天然更新問題時，重要的是創造更新幼樹生長的條件來保證有足夠的幼樹能達到森林調查中最小徑階所要求的數量。

2.目標樹單木生長撫育

(1)目標林相：

亦即林分的樹種組成及結構，未來樹種應該是由立地適應的鄉土樹種為主；其樹種構成，應該體認林分發育和演替過程是陽性樹種，向演替過度期的中性樹種到極盛群落的耐陰樹種構成的發展和預測。純林的近自然化改造擬採用目標樹單木培育體系，其目標林相為針闊葉複層異齡混交林。但是，由於地理環境位置及其生態條件不同，因此不同地區混交的樹種組成結構所有差異。

(2)目標樹及目標直徑：

在目標樹單木培育體系中，將林分中所有的林木分為四類：

a.用材目標樹，是主林層中需要長期保留，完成天然下種更新並達到目標直徑後才利用的優良林木。

b.生態目標樹，為增加鄉土樹混交比例，

提高林分結構或生物多樣性等目標服務的林木(尤其是針葉林中的潤葉樹)。

c.干擾樹，影響a、b類目標樹生長，需要在近期或下一個經理期疏伐或擇伐利用的林木。

d.一般林木，近期內不影響目標樹生長可以保留並發揮生物多樣性作用的林木。但是不同的林分其目標樹的選擇標準不同，在同齡的人工林內，林冠整齊、單一，應該選擇林冠上層，樹冠長不小於樹高1/3，生長勢好、形質優良的立木作目標樹。同時目標樹不僅要選擇林冠上層的大樹，而且要選一些林冠下層的小樹，這樣能保證群落動態的形成及林分的永續利用。目標樹確定後，主要的問題就是目標直徑的大小，需根據市場加工要求和目標樹的生長特點加以決定，如柳杉的目標直徑暫定為50cm。

(3)目標樹的密度：

目標樹的生長需要一定的空間，密度過大會影響目標樹的生長，密度過小又難以充分發揮林地生產力。因此，根據目標樹要盡量均勻的分散整個林分內的原則，以直徑和樹冠的關係，求出目標樹樹冠投影面積，據此確定其林分密度。一般最適密度之決定，可依其目標樹之直徑樹高和冠幅決定，如台灣杉林木直徑50公分，其最適密度每公頃約200株。

3.孔隙形成要素

孔隙，鬱閉林中，孔隙之創造為林分更新之動力，人工純林主要採用小面積塊狀採伐和單株疏伐作業，以創造孔隙，此為模仿大自然之干擾所形成。群狀採伐的範圍不能過大，在

英國不超過0.25ha，在德國塊狀採伐直徑控制在樹高1-2倍範圍內；單株採伐是伐除影響目標樹生長的林木(干擾樹)，不妨礙目標樹生長的則保留用作輔佐木(一般林木)並覆蓋地面。透過採伐創造孔隙，然後利用天然更新或人工更新形成針闊混交林。同時，在目標樹的培育過程中，不斷地採伐次優勢木，從而使林分留存木越採越好。因此，台灣以往疏伐作業中，全面之除草及除灌作業必須修正。

4.改造計劃持續時間

近自然化改造過程需要多長的時間？一般來說，在一個同齡林中，從林下出現目標更新幼樹並經過持續的生長到的當前主林層林木高度所需要的時間就是改造計畫的時間尺度。在熱帶地區的速生樹種純林也許20年內可以完成，而在溫帶地區一般要40-60年以上，視設計的目標樹種生長能力而定。另一種思考是完全不考慮改造的時間尺度，而把林分垂直結構撫育計畫與經營活動密切結合起來，直到實現擇伐林經營的目標，或採無伐期齡或輪伐期之作業方式。

(七)長期監測與調適性經營

適應性經營為一過程，是藉由監測經營活動的結果，來修正或改進未來的經營策略，祈望在未來之森林經營上扮演一重要角色，以確保經營(策略)能達到可期望的效益，同時亦為社會所能接受。然而，這些應該可藉由嚴謹和可重複的實驗設計，進行實驗評估，確保研究者可以應用所收集之資料，進行統計的推論，提供可信賴和可廣泛應用的資訊，以提供經營決策者施政有堅強的科學理論基礎，避免決策受

到主觀情感或個人偏好之影響。因此人工林近自然林永續經營之研究，需結合不同領域專長之研究人員，必要時亦可由有興趣之社會人士一起參與，從宏觀及多元之角度進行監測分析，探討短期、長期不同經營疏伐作業強度與方式對造林木、其他植群、動物、昆蟲等有機體及水、土壤等無機體間之互動與生態反應、地景、經濟及社會等各層面之影響，以尋求共識，以適應性經營之方法，做為不同林地分級或區劃下人工林為達成不同經營目標之經營撫育作業強度與方式。

六、結論

人工林之建造經營，目前已碰到許多問題，同時，由於最近20年來社會環境之改變，已由最初以林木生產為目標，轉變為愈來愈重視國土保安、森林健康之維護、增進生物多樣性、CO₂減量效果和環境生態反應。因此，經營者必須發展和測試不同之經營策略，以期達到環境、生態、社會和經濟之多重目的。

人工林經營必須從基因物種、林分階段及地景尺度著眼，其策略可採師法自然，近自然林之經營，依循自然演替原則，進行施業經營，並進行跨領域、跨機關之合作，進行長期之監測，提出可重複之科學數據及結論，作為調適性經營修正之依據，以達成生態永續經營，期提供台灣42萬公頃人工林，配合不同林地分級分區，達成不同經營目標永續經營之參據。♻️

參考文獻(請逕洽作者)