



公開
 密件、不公開

執行機關(計畫)識別碼：070404e101

行政院農業委員會林務局111年度科技計畫研究報告

計畫名稱：**應用高性能林業機械與架線分析改善
木材收穫作業生產性** (第1年/全程2年)
(英文名稱) **Application of high performance
forest machine and cable
analysis for improving timber
harvesting productivity**

計畫編號：111農科-7.4.4-務-e1(1)

全程計畫期間：自 111年1月1日 至 112年12月31日
本年計畫期間：自 111年1月1日 至 111年12月31日

計畫主持人：**卓志隆**
研究人員：**羅盛峰、張敏玲、許碧娟、曾冠語、郭佩鈺**
執行機關：**國立宜蘭大學**



1111346



一、執行成果中文摘要：

本計畫導入塔式集材機及裝載式運材拖車分別進行集材與運材作業效率研究。就塔式集材機集材主要工作單元；主柱、尾柱架設與撤除等附屬作業進行相關作業時間、人力配置、生理休息、零件損耗及燃料消耗量等調查。就裝載式運材拖車主要工作單元之空車移動、車輛固定、原木裝車、載重車輛移動等時間調查。由標準工時法分析集材與運材作業效率與單位材積之集材與林道運材生產費用，期望可改善國內林木收穫作業效率並可降低原木生產成本。研究結果顯示和平事業區第62、65林班以塔式集材機作業之每人每日集材材積為8.746 m³，平均單位材積集材費用為620.3元/m³。竹東事業區第7林班以塔式集材機使用一般捆材索與自動解材裝置進行集材作業下之每人每日之標準集材材積量分別為11.376 m³與16.592 m³，平均單位材積集材費用分別為551元/m³與482元/m³。國內傳統架線集材作業之單位材積之平均集材費用864元，因此採用塔式集材機之集材作業成本明顯低於國內傳統之架線集材作業方式。使用自動解材裝置顯著提升集材生產效率並減低作業人員解材時的受傷風險。國內初次應用拖車式原木裝運材車進行原木裝運材與卸材整堆作業之之每人每日生產材積為3.609 m³，平均單位材積生產費用為846元/m³，整體作業技能需要持續培養至熟練。

為培育林木收穫作業的人才，本計畫完成塔式集材機集材作業教材一冊共五大章節內容之編撰。並辦理完成一場次兩天的現場塔式集材機集材作業訓練課程，共35位學員參加。目前國內尚缺乏集材架線作業設計之安全評估機制，導致集材作業易發生人員傷亡事件，本計畫應用Excel試算功能完成「集材架線系統1.0-鋼索設施及載重分析」系統，並提供相關系統的作業指引，對國內架線集材作業安全提供可靠的評估基準，確保集材作業過程之安全及減少對原木與林地土壤損傷。

二、執行成果英文摘要：

This project introduces tower yarder and forest trailer to conduct study on the productivity of timber yarding and log transportation, respectively. For the major work units of tower yarder; the set-up and dismantling of head spar and tail spar; and other auxiliary operations, the relevant operation time, manpower allocation, physiological rest, spillage of parts and fuel consumption were investigated. Investigate the timing of empty vehicle movement, vehicle fixation, log loading, and loaded vehicle movement of the main work units of the forest trailer operation. Using the standard time evaluation method to analyze the productivity and the production cost of timber yarding and timber transportation per unit volume, it is expected to improve the productivity of domestic forest harvesting operations and reduce the cost of log production. The research results show that the daily yarding volume per person in the 62nd and 65th compartments of Ho-Ping working circle using tower skidders is 8.746 m³, and the average yarding cost per unit volume is 620.3 NT\$/m³. For the 7th compartment in Zhudong circle using general choker and remote-control choker devices in tower yarder operation, the standard yarding volumes per person per day are 11.376 m³ and 16.592 m³, respectively, the average yarding costs are 551 NT\$/m³ and 482 NT\$/m³,





respectively. The average yarding cost per unit volume of domestic traditional cable yarding operations is 864 NT\$/m³, so the yarding cost by using tower yarder operation is significantly lower than that of domestic traditional cable yarding methods. The use of remote-control choker significantly improves the efficiency of logging production and reduces the risk of injury. It is the first time in Taiwan using a forest trailer to carry out log loading and unloading operations. The daily production volume per person is 3.609 m³, and the average unit volume production cost is 846 NT\$/m³. The overall operation skills need to be continuously cultivated to become proficient.

To cultivate talents for timber harvesting operations, this project has completed a volume of five chapters on the subjects about tower yarders operation. And completed a two-day on-site tower yarder operation training course, a total of 35 students participated. At present, there is still a lack of safety assessment mechanism for the design of cable yarding operations in Taiwan, which may lead to casualties in cable yarding operations. This project uses the Excel spread sheet to complete the "Cable Yarding Safety Design 1.0- Cable Yarding Facilities and Load Analysis" system and provide operation guidelines. The system provides reliable assessment benchmark for the safety of domestic cable yarding operations, ensuring the safety of the logging operation process and reducing damage to logs and forest soil.

三、計畫目的：

1. 評估全球主要高性能塔式集材機及原木裝載卸整機械於台灣的適用性，作為後續引進台灣木竹材收穫機具之參考。
2. 調查分析在不同林分資源、林地環境與各種作業因子下，塔式集材機之作業效率及生產成本。經由CO₂排放量調查，作為國產材木製品碳足跡或生產履歷認證規範制定之參考依據。
3. 調查分析在不同原木種類，尺寸及道路狀況對附抓鉤之原木拖車裝運材之作業效率及生產成本。經由CO₂排放量調查，作為國產材木製品碳足跡或生產履歷認證規範制定之參考依據。
4. 辦理至少一場次現場作業訓練與操作，培育具備高性能林業機械實務技術人才。
5. 擬訂塔式集材機集材作業教材一冊。
6. 開發以Excel為基礎之集材架線設計系統，提供主管機關普及使用。

四、重要工作項目及實施方法：

1. 台灣使用高效能林木收穫機械可行性評估

本計畫擬透過文獻收集與技術交流，收集全球主要使用塔式集材機與原木拖車之國家，如日本、德國、芬蘭、奧地利、瑞士等相關機械之性能與學術期刊論文，並配合臺灣林木經營區之地形條件、收穫作業方式、生產規模、對森林環境衝擊及經濟效益等面向評估出適合台灣林木收穫作業技術之機械種類。

2. 塔式集材機之作業效率及生產成本調查分析

塔式集材機集材主要工作單元(空吊索上升及空搬器運行、空吊索下降及捆材、吊索載重側向移動及搬器負載運行、搬器制動與解索)；塔柱與尾柱架設與撤除等附屬作業進行相關作業時間、障礙排除、生理休息等工時調查。由工時調查結果分析塔式集材集材作業效率與單位材積之生產費用。生產費用包括直接費用與間接管理費用，直接費用分為主要作業費用(薪資)、





附屬作業費用、機具使用費用與物料動力費用；間接管理費用分為作業現場管理所需人事費用、雜項費用、房舍設施費用、稅捐(5%)、勞健保費用；職業災害保險費用。依目前國產材市場價格，評估各不同集材作業之收益。預計採用奧地利Koller 公司生產之K301-2H行拖車式塔式集材機進行作業。並就燃料消耗量計算每單位材積原木集材之CO₂ 排放量。

(1) 工時調查

作業時間的調查紀錄利用數位式計時器依連續測時法進行，就各作業區分成數個工作單元分別予以觀測紀錄。作業員之勤務時間是指到達工作場地後之準備與收拾善後時間、實際作業時間及寬裕時間等三項，實際作業時間分為主體與附帶作業時間；寬裕時間以疲勞及生理之人為寬裕及機械整修等工作上之等待寬裕。作業時間研究的的目的之一是為了作業的標準化，特別是具有反覆性質或週期性之工作，如伐木造材作業之每株立木處理時間，集材作業每一迴次集材時間，若有太大或太小異常值出現，會使得研究結果產生偏差，由於一般作業時間的分佈形式較符合 β 分配的關係，其作業時間的標準差以上限時間與下限時間之差值的六分之一來估計，因此本研究採用在三個標準差($\pm 3\sigma$)內視為正常值。

(2) 標準作業量

標準作業之推算依「標準工時法」求算，標準作業時間必須考慮作業之評比因素及寬放因素，可依下式推算：

標準作業時間=觀測值平均作業時間 \times (1+評比) \times (1+寬裕率) (1)

評比是一種判斷或評價的技術，其目的在使實際的操作時間，調整至「平均工人」之「正常速度」的基準上。寬裕率則以作業過程中人體疲勞及生理需求之人為寬裕及機械整修等工作上之等待寬裕時間除以實際作業時間。

3. 附抓鉤之原木拖車裝運材之作業效率及生產成本調查分析

就附抓鉤之原木拖車裝運材主要工作單元之空車移動、車輛固定、原木裝車、載重車輛移動、原木卸整等進行時間調查。由標準工時法分析運材作業效率與單位材積之林道或作業道運材生產費用，並就燃料消耗量計算每單位材積原木裝運材之CO₂ 排放量。原木裝運材拖車由起重臂、原木抓鉤、拖車架組合而成，主要規格為起重臂最大伸長尺寸為5.4 m，抓鉤最大開口距離1.15 m，拖車架載重能力6,000 kg，車寬2050 mm，載重區長度2970 mm。

4. 辦理至少一場次現場作業訓練

預計於作業現場辦理塔式集材機集材與裝載式原木拖車裝運材實務訓練課程，學員以林業生產合作社現場作業員工、私有林農、伐木業者與高中職以上森林科系學生為訓練對象。課程規劃內容包括林業工作環境之危險認識、集材作業方式、集材安全作業、架線作業流程、集材機具與架線配件介紹、主尾柱與中間柱架設、單徑間與兩徑間架空索架設、原木集材實務訓練、裝卸材作業實務訓練、運材作業、原木檢尺與分等。

5. 擬訂塔式集材機集材作業教材一冊

內容預計包括塔式集材機構造，塔式集材機架線方式，提升集材效率的方法，作業計畫與架線計畫，現場架線作業流程，機械及架線檢查，安全作業，作業成本分析等8個章節。

6. 集材架線設計系統

本系統主要依拋物線理論來進行架空索設計及計算。本系統以Excel試算功能設計，預計分為6個單元，說明如下：

(1) 地形剖面

a. 分站輸入集材架線路徑之地形傾斜角與距離：輸入方式可分為水平距離與傾斜角；高低差與水平距離；傾斜角與傾斜距離。





- b. 透過ArcMap高程資料(DEM)及附加元件連結到 Excel 進行後續地形分析。
- c. 繪製集材架線路徑之地形縱剖面圖。

(2) 架線方式

- a. 架線形式選擇：
- b. 鋼索選擇：型式與規格尺寸。
- c. 支點變位率輸入

(3) 架空索負載載重

- a. 搬器種類、數量、單位重量。
- b. 倒索滑車種類、數量、單位重量。
- c. 原木種類、數量、材積、重量。
- d. 捆材用重錘重量。
- e. 捆材索降吊距離
- f. 搬器衝擊係數：0.2-0.3。

(4) 中點下垂比

(5) 結果分析

- a. 架空索張力。
- b. 作業索張力。
- c. 捆材索張力。
- d. 原木淨空距離。

(6) 結果輸出

- a. 安全係數表。
- b. 淨空距離表。
- c. 縱剖面與負荷索線形圖。

相關分析結果與現場實際作業時所測定之架空索張力進行比較，確認系統分系的可靠性。為能正確評估架空索、主索、回控索、捆材索等在集材作業時之安全係數，有必要針對木材竹密度、鋼索、搬器、附屬配件等進行調查。木材預計調查樹種包括柳杉、台灣杉、杉木；闊葉樹為相思樹；竹材包括桂竹、孟宗竹及荊竹。

五、結果與討論：

國內木竹材收穫作業主要瓶頸為集材作業效率低，塔式集材機可大幅提升集材作業生產效率，間接可降低材原木生產成本，可增加與進口木竹材市場價格競爭力。因此在提升國產材自給率至10%目標下，應適度引進塔式集材機，透過教育訓練與職能檢定，讓林業合作社、伐木業者、林農等具備以塔式集材機進行集材作業的知識與技術能力。逐步改善集材技術，擴大國產材生產規模，活絡山區林業經濟。

六、結論：





- 由林業機械作業成本分析結果，國內林木收穫作業可考慮引進塔式集材機與裝載式集運材拖車取代傳統之集運材機械，可大幅提升國內集運材作業效率。
- 使用塔式集材機完成和平事業區第62、65林班與竹東事業區第7林班兩處人工林木材生產區域之集材作業效率與生產成本調查與分析，合計至目前集材原木材積共395.645 m³。
- 和平事業區第62、65林班以塔式集材機作業之每人每日集材材積為8.746 m³，平均單位材積生產費用為620.3元/m³。竹東事業區第7林班以塔式集材機使用一般捆材索與自動解材裝置進行集材作業下之每人每日之標準集材材積量分別為11.376 m³與16.592 m³，平均單位材積生產費用分別為551元/m³與482元/m³。採用塔式集材機之集材生產效率明顯優於國內傳統之集材作業方式。使用自動解材裝置顯著提升集材生產效率並減低作業人員解材時的受傷風險。
- 國內初次應用拖車式原木裝運材車進行原木裝運材與卸材整堆作業之之每人每日生產材積為3.609 m³，平均單位材積生產費用為846元/m³。整體作業技能需要持續培養至熟練。
- 完成塔式集材機集材作業教材五大章節內容之編撰。
- 辦理完成一場次兩天的現場塔式集材機集材作業訓練課程，共35位學員參加。
- 應用Excel試算功能完成「集材架線系統1.0-鋼索設施及載重分析」系統，並提供相關系統的作業指引，對國內架線集材作業安全提供可靠的評估基準。
- 完成柳杉、台灣杉、巒大杉、杉木、相思樹、桂竹、孟宗竹、荊竹及集才架線會使用器具之重量調查，提供集材架線系統各鋼索安全係數評估之基準。

七、參考文獻：

1. 吳順昭、鍾達雄、曹志毅、彭英藏、蔡鍾鎰、吳維新（1981） 柳杉人工林疏伐木最適當集材方法之研究，國立台灣大學森林學系與行政院退輔會森林開發處合作試驗報告第35號，40pp。
2. 卓志隆(2013) 疏伐作業之多段式集材架線規劃及標準工作量之研究與疏伐木搬出示範計畫成果報告，林務局。72頁。
3. 卓志隆（2015） 對環境友善之森林收穫作業與技術開發(3/3)成果報告,林務局。148頁。
4. 卓志隆、胡子恒(2018) 針葉樹人工林疏伐作業之生產量與二氧化碳排放量分析比較。林產工業37(1): 23-35。
5. 湯適謙、黃進和、周文彬、吳順昭（1997）高山地區柳杉人工林行列疏伐之作業效率，吳教授順昭榮退紀念論文集「木材利用與林產科技」，p.185-207。
6. 湯適謙（2007） 棲蘭山柳杉人工林社會效益及決策策略之探討(2/4) 期末報告，21pp。
7. 朴相俊、岩岡正傳、酒井秀夫、小林洋司(1994) Thinning operation systems with a mobile tower-yarder and a profitable forest-road density. 東大農學部演習林報告 92: 175-197.
8. Adebayo Adebola B. (2006) Productivity and cost of cut-to-length and whole-tree harvesting in a mixed-conifer stand. Master thesis, University of Idaho, 45p.
9. Akay A. E. (1998) Estimating machine rates and production for selected forest harvesting machines operating in the western United States and determining the most economical machine combinations under representative conditions in Turkey. Master thesis, Oregon State Univ. 195 p.





10. Baek, SA., KH. Cho, and E. Lee(2020) Performance comparison for two cable extraction machine in Larix Kaempferi(Lamb.) Carr.Plantation, Sustainability 12.
11. Brinker R.W., J. Kinard, B. Rummer, B. Lanford (2002) Machine rates for selected forest harvesting machine. Alabama agricultural experimental station. Sept. 2002. 32p
12. Campbell T. (2016) Assessment of the opportunity of Modern cable yarder for application in New Zealand, Master thesis, 86 P. New Zeland School of Forestry, University of Canter bury, New Zealand.
13. Erber G., A. Haberl, T. Pentek, K. Stampfer (2017) Impact of operational parameters on the productivity of whole tree cable yarding- a statistical analysis based on operation data. Austrian J For Sci. 134(1):1-18.
14. Eriksson M. and O. Lindros (2014) Productivity of harvester and forwarder in CTL operations in northern Sweden based on large follow-up datasets. Intl. j. For. Eng. 25(3): 179-200.
15. FAO (1977) Planning forest roads and harvesting systems. FAO forestry paper 2 , FAO , Rome
16. Ghaffariyan MR., K. Stampfer, J. Session (2009) Production equations for tower yarders in Austria. Int J For Eng. 20(1):17-21.
17. Gumus, S. and Acar H. H. (2010) Evaluation of consecutive skyline yarding and gravity skidding systems in primary forestry transportation on steep terrain. J. Environ. Biol. 31: 213-218.
18. Hoffmann S., D. Jaegar, S. Schoenherr, M.Lingenfelder, D. Sun,J Zeng (2016) The effect of forest management systems on productivity and costs of cable yarding operation in Southern China. For. Lett No 109:11-24.
19. Holzleitner F., K. Stampfer, R. Visser (2011) Utilization rates and cost factors in timber harvesting based on long term machine data. Croat. J. For. Eng. 32: 501-507.
20. Howard A. F. and L. E. Coultish (1993). Production equations for tower yarding in coastal British Columbia. Int J For Eng 4(2): 19-25.
21. Huber C. and K. Stampfer (2015) Efficiency of Topping Tree in Cable Yarding Operations. Croat. j. for. eng. 36(2):185-195.
22. Johansson J. (1997). Small tree harvesting with a farm tractor and crane attached to the front. Int J For Eng 8(1): 21-33.
23. Kaakkurivaara N and T. Kaakkurivaara (2018) Productivity and cost analysis of three timber extraction methods on Steep terrain in Thailand, Croat J. for Eng. 39(2): 213-221.
24. Kellogg L. D., C. V. Milota, and M. Miller Jr. (1996). A comparison of skyline harvesting costs for alternative commercial thinning prescriptions. Int J For Eng 7(3): 7-23.
25. LeDoux CB and LW Starnes (1986) Cable logging production rate equations for thinning young-growth Douglas-fir, For. Prod. J. 36(5):21-24.
26. Lee E.,S. Im, and SK Han(2018) Productivity and cost of a small scale cable yarder in an uphill and downhill area : a case study in South Korea, Forest Sci. Technol.





27. McNeel J. F. and K. Dodd (1997). Improving cable thinning system productivity by modifying felling phase operations. *Int J For Eng* 8(2): 47-56.
28. Nitami T. , S. Suk , A. Kataoka and T. Mitsuyama (2011) Tower Yarder Operation in Japan and the Performance Analysis by GPS-based system. *Proceedings of FORMEC Conference. October(9-13):1-6.*
29. Rien J. M. Visser and K. Stampfer (1998). Cable extraction of harvester-felled thinnings: An Austrian case study. *Int J For Eng* 9(1):39-46.
30. Schweier J., ML Klein, H. Kirsten, D. Jaegar, F.Brieger, and UH Sauter (2020) Productivity and cost analysis of tower yarder systems using the Koller 507 and the Valentini 400 in Southwest Germany,*Int J For Eng.* 31(3): 172-183.
31. Spinelli R., N.Maganotti, R.Visser(2015) Productivity models for cable yarding in Alpine forests. *Eur. J Forest Eng.*1(1):9-14.
32. Spinelli R., B. R. Hartsough, N. Magagnotti (2010 a) Productivity standards for Harvesters and processors in Italy. *Foresy Prod. J* 60(3):226-235.
33. Spinelli R., N. Magagnotti, C. Lombardini (2010 b) Performance, capability and cost of small-scale cable yarding technology. *Small-scale For.* 9: 123-135.
34. Spinelli R., N.Maganotti, G. Cosola, E.Labelle, R.Visser, and G.Erber (2021) The effect of yarding technique on yarding productivity and cost: Conventional Single-Hitch Suspension vs. Horizontal Double-Hitch Suspension, *Croat.J.Eng.* 42(3):369-380.
35. Tunay M., K. Melemez, H. Acar (2003) Work performance of Koller K300 cable system on difficult terrain in Turkey. In: *New trends in wood harvesting with cable systems for sustainable forest management in the mountains; Ossiach,Austria, Rome: FAO/ECE/ILO and IUFRO: p.113-119.*





行政院農業委員會林務局 111 年一般科技計畫

研究報告書

應用高性能林業機械與架線分析改善木材收穫作業生產性

Application of high performance forest machine and cable
analysis for improving timber harvesting productivity

計畫編號：111 農科-7.4.4-務-e1(1)

計畫主持人：卓志隆 教授

執行機關：國立宜蘭大學 森林暨自然資源學系

中華民國 111 年 11 月





目錄

表目錄.....	1-iii
圖目錄.....	1-vi
摘要	
Abstract	
一、前言.....	1-1
二、文獻回顧.....	1-3
三、重要工作項目與實施方法.....	1-8
(一) 台灣使用高效能林木收穫機械可行性評估.....	1-8
(二) 塔式集材機之作業效率及生產成本調查分析.....	1-8
(三) 附抓鉤之原木拖車裝運材之作業效率及生產成本調查分 析.....	1-10
(四) 辦理現場塔式集材機集材作業訓練.....	1-12
(五) 擬訂塔式集材機集材作業教材一冊.....	1-12
(六) 定張式集材架線設計系統.....	1-13
四、結果與討論.....	1-14
(一) 台灣使用高效能林木收穫機械可行性評估.....	1-14
(二) 塔式集材機之作業效率及生產成本調查分析.....	1-22
(三) 裝運材與卸材整堆作業之作業效率及生產成本調查分 析.....	1-54
(四) 編撰塔式集材機集材作業教材一冊.....	1-63
(五) 辦理現場塔式集材機集材作業訓練.....	1-63
(六) 定張式集材架線設計系統開發.....	1-74
(七) 定張式集材架線設計系統作業指引.....	1-77
(八) 集材架線載重基礎資料調查.....	1-85





五、結論.....	1-96
六、參考文獻.....	1-97
附錄一 塔式集材機集材作業練習題目與解答.....	1-100
附錄二 「集材架線系統 1.0-鋼索設施及載重分析」巨集程式.....	1-105
附錄三 期初審查意見回覆	1-153
附錄四 期中審查意見回覆	1-154
附錄五 期末審查意見回覆	1-156
附件一 「塔式集材機集材作業手冊」	
附件二 「塔式集材機集材與裝運材教育訓練」課程講習手冊	





表目錄

表 1 機件購置價格（元）	10
表 2 各機件耗竭量	10
表 3 機件購置價格（元）	12
表 4 林木收穫機械收集資訊	14
表 5 林木收穫機械每一小時工作時間之機械成本分析	18
表 6 林木收穫機械每一小時工作時間之作業成本分析	18
表 7 林木收穫機械每依小時工作時間之人力成本分析	19
表 8 林木收穫作業單價分析	19
表 9 不同林木收穫系統之作業單價分析	21
表 10 和平事業區第 62、65 林班收穫作業區林分資源分析結果	25
表 11 竹東事業區第 7 林班林分資源分析結果	25
表 12 和平事業區第 62、65 林班塔式集材機集材機組 1 集材路線 1 每迴次各工作單元之平均時間及所佔比例	35
表 13 和平事業區第 62、65 林班塔式集材機集材機組 1 集材路線 2 每迴次各工作單元之平均時間及所佔比例	36
表 14 和平事業區第 62、65 林班塔式集材機集材機組 1 集材路線 3 每迴次各工作單元之平均時間及所佔比例	37
表 15 和平事業區第 62、65 林班塔式集材機集材機組 2 集材路線 1 每迴次各工作單元之平均時間及所佔比例	38
表 16 和平事業區第 62、65 林班塔式集材機集材機組 2 集材路線 2 每迴次各工作單元之平均時間及所佔比例	39
表 17 竹東事業區第 7 林班塔式集材機集材機使用一般捆材索每迴次各工作單元之平均時間及所佔比例	40





表 18 竹東事業區第 7 林班塔式集材機集材機使用自動解材設備每迴次各工作單元之平均時間及所佔比例	41
表 19 和平事業區第 62、65 林班收穫作業區塔式集材機集材作業分析結果	42
表 20 竹東事業區第 7 林班收穫作業區塔式集材機集材作業分析結果	42
表 21 和平事業區第 62、65 林班塔式集材機集材機集材作業評比	44
表 22 和平事業區第 62、65 林班標準作業量	44
表 23 竹東事業區第 7 林班塔式集材機集材機使用一般捆材索之集材作業評比	45
表 24 竹東事業區第 7 塔式集材機使用自動解材設備之集材作業評比	45
表 25 竹東事業區第 7 林班集材作業標準作業量	45
表 26 和平事業區第 62、65 林班塔式集材機集材機件使用費	47
表 27 竹東事業區第 7 林班使用一般捆材索之塔式集材機集材機件使用費	47
表 28 竹東事業區第 7 林班使用自動解材裝置之塔式集材機集材機件使用費	48
表 29 原木集材物料動力費用	50
表 30 集材附屬作業各工作單元之平均時間	52
表 31 塔式材機集材單位材積生產費用(元/M ³)	53
表 32 竹東事業區第 7 林班原木裝運材與卸材整堆作業每迴次各工作單元之平均時間及所佔比例	59
表 33 機件使用費	60
表 34 柳杉原木裝運材與卸材整堆費用	61
表 35 「塔式集材機集材與裝運材教育訓練」課程表	64
表 36 「塔式集材機集材與裝運材教育訓練」課程意見回饋	65
表 37 「塔式集材機集材與裝運材教育訓練」課程教學評量統計結果	66
表 38 原木容積重量統計結果	88
表 39 竹桿容積重量統計結果	89
表 40 搬器的重量	92





表 41 (6×19)普通型鋼纜之拉斷負載.....	93
表 42 常用滑車之規格與重量.....	94
表 43 常用鉤環之規格與重量.....	94
表 44 常用鋼索夾之規格與重量.....	95





圖目錄

圖 1 JOHN DEERE 5005 型曳引機結合 BMF 6T2 之裝材作業	11
圖 2 JOHN DEERE 5005 型曳引機結合 BMF 6T2 之運材作業	11
圖 3 和平事業區第 62、65 林班收穫作業區域（紅色區塊）與 5 條集材路線 ...	22
圖 4 竹東事業區第 7 林班面積 1.99 HA 作業區域（黃色區塊）	23
圖 5 竹東事業區第 7 林班皆伐作業區域條集材路線	24
圖 6 竹東事業區第 7 林班收穫作業架設之中間柱與鞍座	26
圖 7 無線電控制自動解材裝置	27
圖 8 和平事業區第 62、65 林班收穫作業 KOLLER K301-2H 塔式集材機設置	27
圖 9 竹東事業區第 7 林班收穫作業 KOLLER K301-2H 塔式集材機設置	28
圖 10 和平事業區第 62、65 林班收穫作業之全木集材	28
圖 11 竹東事業區第 7 林班收穫作業之全木集材	29
圖 12 架設集材尾柱	30
圖 13 KOLLER SKA1 搬器	31
圖 14 BMF 6T2 原木裝運材拖車	55
圖 15 BMF 6T2 原木裝運材拖車油壓系統之連結孔	55
圖 16 BMF 6T2 原木裝運材拖車運材路線	56
圖 17 集材土場	56
圖 18 原木裝車	57
圖 19 原木裝車完畢	57
圖 20 裝載原木運輸	58
圖 21 原木卸材與整堆	58
圖 22 卓志隆教授講授「作業計畫與架線計畫」	67
圖 23 卓志隆教授講解鋼索構造	67
圖 24 「塔式集材機集材架線安全評估作業練習」老師和學員講解	68
圖 25 集材柱架設實務操作解說	68





圖 26 集材柱架設.....	69
圖 27 塔式集材機集材操作示範與實務操作	69
圖 28 自動解材裝置實務操作	70
圖 29 造材作業.....	71
圖 30 怪手協助集材作業.....	71
圖 31 裝載式原木拖車裝運材機具作業解說	72
圖 32 裝載式原木拖車裝運材機具實務操作	72
圖 33 學員合照.....	73
圖 34 集材架線介紹.....	75
圖 35 集材機與搬器選擇工作表設計	76
圖 36 「選擇 DTM 檔案」，將 DTM 檔案輸入.....	81
圖 37 以下拉式選單選擇測站的數量與 DTM 檔案輸入結果.....	81
圖 38 地形剖面參數計算功能	82
圖 39 圖形化地形縱剖面繪製功能	82
圖 40 集材機與搬器計算工具	83
圖 41 架空索分析工具.....	83
圖 42 架空索附在線形分析案例	84
圖 43 鋼索安全係數評估.....	84
圖 44 搬器與原木淨空距離分析	85
圖 45 原木重量測定.....	86
圖 46 竹材重量測定.....	87
圖 47 桂竹竹稈首徑與重量的關係	89
圖 48 荊竹竹稈胸徑與重量的關係	90
圖 49 搬器加載於架空索上	91
圖 50 無法通過中間支撐木的傳統封閉型搬器	91





圖 51 可通過中間支撐木的單面型搬器	92
圖 52 滑車、鉤環及鋼索夾器具	94





中文摘要

本計畫導入塔式集材機及裝載式運材拖車分別進行集材與運材作業效率研究。就塔式集材機集材主要工作單元;主柱、尾柱架設與撤除等附屬作業進行相關作業時間、人力配置、生理休息、零件損耗及燃料消耗量等調查。就裝載式運材拖車主要工作單元之空車移動、車輛固定、原木裝車、載重車輛移動等時間調查。由標準工時法分析集材與運材作業效率與單位材積之集材與林道運材生產費用，期望可改善國內林木收穫作業效率並可降低原木生產成本。研究結果顯示和平事業區第 62、65 林班以塔式集材機作業之每人每日集材材積為 8.746 m^3 ，平均單位材積集材費用為 620.3 元/m^3 。竹東事業區第 7 林班以塔式集材機使用一般捆材索與自動解材裝置進行集材作業下之每人每日之標準集材材積量分別為 11.376 m^3 與 16.592 m^3 ，平均單位材積集材費用分別為 551 元/m^3 與 482 元/m^3 。國內傳統架線集材作業之單位材積之平均集材費用 864 元，因此採用塔式集材機之集材作業成本明顯低於國內傳統之架線集材作業方式。使用自動解材裝置顯著提升集材生產效率並減低作業人員解材時的受傷風險。國內初次應用拖車式原木裝運材車進行原木裝運材與卸材整堆作業之之每人每日生產材積為 3.609 m^3 ，平均單位材積生產費用為 846 元/m^3 ，整體作業技能需要持續培養至熟練。

為培育林木收穫作業的人才，本計畫完成塔式集材機集材作業教材一冊共五大章節內容之編撰。並辦理完成一場次兩天的現場塔式集材機集材作業訓練課程，共 35 位學員參加。目前國內尚缺乏集材架線作業設計之安全評估機制，導致集材作業易發生人員傷亡事件，本計畫應用 Excel 試算功能完成「集材架線系統 1.0-鋼索設施及載重分析」系統，並提供相關系統的作業指引，對國內架線集材作業安全提供可靠的評估基準，確保集材作業過程之安全及減少對原木與林地土壤損傷。





Abstract

This project introduces tower yarder and forest trailer to conduct study on the productivity of timber yarding and log transportation, respectively. For the major work units of tower yarder; the set-up and dismantling of head spar and tail spar; and other auxiliary operations, the relevant operation time, manpower allocation, physiological rest, spillage of parts and fuel consumption were investigated. Investigate the timing of empty vehicle movement, vehicle fixation, log loading, and loaded vehicle movement of the main work units of the forest trailer operation. Using the standard time evaluation method to analyze the productivity and the production cost of timber yarding and timber transportation per unit volume, it is expected to improve the productivity of domestic forest harvesting operations and reduce the cost of log production. The research results show that the daily yarding volume per person in the 62nd and 65th compartments of Ho-Ping working circle using tower skidders is 8.746 m³, and the average yarding cost per unit volume is 620.3 NT\$/m³. For the 7th compartment in Zhudong circle using general choker and remote-control choker devices in tower yarder operation, the standard yarding volumes per person per day are 11.376 m³ and 16.592 m³, respectively, the average yarding costs are 551 NT\$/m³ and 482 NT\$/m³, respectively. The average yarding cost per unit volume of domestic traditional cable yarding operations is 864 NT\$/m³, so the yarding cost by using tower yarder operation is significantly lower than that of domestic traditional cable yarding methods. The use of remote-control choker significantly improves the efficiency of logging production and reduces the risk of injury. It is the first time in Taiwan using a forest trailer to carry out log loading and unloading operations. The daily production volume per person is 3.609 m³, and the average unit volume production cost is 846 NT\$/m³. The overall operation skills need to be continuously cultivated to become proficient.





To cultivate talents for timber harvesting operations, this project has completed a volume of five chapters on the subjects about tower yarders operation. And completed a two-day on-site tower yarder operation training course, a total of 35 students participated. At present, there is still a lack of safety assessment mechanism for the design of cable yarding operations in Taiwan, which may lead to casualties in cable yarding operations. This project uses the Excel spread sheet to complete the "Cable Yarding Safety Design 1.0- Cable Yarding Facilities and Load Analysis" system and provide operation guidelines. The system provides reliable assessment benchmark for the safety of domestic cable yarding operations, ensuring the safety of the logging operation process and reducing damage to logs and forest soil.





一、前言

因應我國自民國 40-50 年間開始建造之針闊葉樹人工林木已逐漸達主伐期之可收穫利用之階段，並透過後續森林更新作業，撫育措施等，使國內人工林資源可逐步達成永續經營的循環經濟之目標，並配合農委會淨零碳排政策，預計將國產材自給率目標在 2040 年可提高至 10%，預估可提供之國產材原木材積為 50-60 萬 m^3 供產業界生產利用，為實現此一目標並達到國產材產業的實質成長，應充分考量整體產業鏈上、中、下游現況與未來發展可能面臨之瓶頸。依第四次台灣森林資源調查結果顯示森林覆蓋面積為 219.7 萬公頃，森林覆蓋率達 60.7%。按森林經營使用類別區分結果，原生林、經改造天然林、生產性人工林及保護性人工林之面積比例分別為 50%、28%、13%及 8%，整體推估之全區林木蓄積量為 5 億 2 百萬 m^3 ，平均每公頃蓄積量為 228 m^3 ，與 2015 年 FAO 全球森林資源評估報告之 234 個國家及區域平均每公頃蓄積量為 129 m^3 相較，台灣森林蓄積量皆較全球及各大洲的平均值為高，應具有擴大林木收穫並提升木材自給率之潛力。

近年來台灣地區所進行的林木收穫作業時間幾乎為歐、美及日本等國家的 3-4 倍，主要關鍵因素為集材作業效率低、工資成本高、人力短缺及現階段國內人工林林木收穫除考量生產成本與市場銷售外，亦需考慮收穫作業對土壤、野生動物、留存木、水資源、自然景觀及當地社會等影響關係，使得台灣地區原木生產成本太高，導致國產木材價格在市場上很難與進口材競爭。台灣林木收穫技術自民國 78 年後已停滯了 30 幾年，具備木材收穫技術的作業人員也愈來愈稀少、從業人員老齡化，若不儘速引進高科技的林木收穫產業關聯技術及培育新世代專業人才，未來台灣人工林林木收穫作業的執行一定更加困難，生產成本一定更高，進而導致人工林永續經營無法落實及關聯的種苗、造林等產業的凋零，故林業主管機構務必正視此一問題，結合產官學力量積極培育具備高效率林木收穫技術與管理人才培育，解決國產材生產面臨之瓶頸。





國內傳統集材作業採用固定式集材機架線作業，相關架線作業複雜；固定式集材機機械操作複雜且機器移轉費時，每人日最高的集材生產量約為 4 m^3 。怪手配合絞盤的集材作業方式簡單，但對林地的干擾非常大且僅適用於林道旁短距離之集材，相對是對森林環境較不友善的作業方式。塔式集材優點包括可顯著地降低主柱架設時間與集材人力需求；集材機移轉非常迅速；可配合單面式搬器與中間柱鞍座等克服多徑間長距離原木集材須架設息木柱與多部固定式集材機需同時作業之問題；適合窄小林道執行中小規模的集材作業等，每人日的集材生產量至少 8 m^3 ，導入塔式集材機集材技術後，可促進台灣林木收穫作業過程中集材作業效率之提升，降低原木生產成本，提高國產材與進口材的競爭力。此外，竹材收穫主要因林地現況無通直且足夠高度的立木作為主尾柱進行架線集材作業，塔式集材機具有進行長距離多段式集材作業之優點，應非常適合竹材收穫作業上。

國內原木運材於一般道路主要為卡車運材，只要依相關運輸規定進行作業，不會有任何困難之處。但在林道或作業道運材時，常常因路幅狹小，卡車無法進入作業，需採用鐵牛車進行運材作業，惟鐵牛車為拼裝車輛，不是正規合法的運輸車輛。因此需導入適用林道與作業道之合法運材之車輛，解決目前面臨之問題。歐洲山地地區常採用具有原木挾持功能之原木拖車可適合林道與作業道之原木或竹材的運輸業。

本計畫之高性能林業機械擬導入塔式集材機及裝載式運材拖車分別進行集材與裝運材及卸材整堆作業效率研究。就塔式集材機集材主要工作單元(空搬器移動、搬器制動、集材索橫向牽引、捆材與信號通知、橫向集材、縱向集材、搬器制動、解索)；中間柱、尾柱架設與撤除；塔式集材機設置等附屬作業進行相關作業時間、人力配置、生理休息及燃料消耗量等調查。就裝載式運材拖車主要工作單元之空車移動、車輛固定、原木裝車、載重車輛移動、原木卸材整堆等時間調查。由標準工時法分析集材單位材積之集材生產費用與林道運材生產費用。





並依台灣勞動安全規定、作業環境條件及實際作業狀況，擬訂塔式集材機作業教材，並依此教材作為塔式集材機作業之教育訓練用。

架線集材的設計須涉及相當繁複度精密計算才能做出正確的評估，諸如架空索、主索、回控索、捆材索等的張力；鋼索下垂量；載重量；安全係數；淨空距離等，因此如何能以經濟的、安全的及正確的方法設計出一組完整的資料，常讓許多收穫作業計畫設計者及使用者耗去不少時間。在收穫作業安全要求上，目前尚缺乏集材架線作業設計之安全評估機制，導致集材作業易發生人員傷亡事件，可能影響整體國產材無法有規模的穩定供應至木材市場進行有效的產業發展，也間接影響人才留在林業發展的意願，故本計畫擬結合 QGIS 的地形資料並配合 Excel 試算軟體，研發一種可普及化之集材架線路線與鋼索安全性評估系統。評估結果可繪製集材路線之地形剖面、計算架空索與作業索等安全係數、集材原木淨空距離等，確保集材作業過程之安全及減少對原木與林地土壤損傷。

二、文獻回顧

(一) 國內傳統集材作業效率

1.2010年後不同疏伐方式之作業效率與CO₂排放量

卓志隆與胡子恒(2018)探討林務局自2013年至2015年所執行的6個針葉樹人工林疏伐收穫作業區之作業時間、標準作業量及木材收穫過程中CO₂排放量。整體6個疏伐作業之每人日平均伐木造材作業量為11.037 m³；集材整堆作業量為2.352 m³；每人日平均可生產1.839 m³。主要木材收穫瓶頸為集材作業效率低、次要需克服問題為造材時去枝時間偏高。所引進之遙控式搬器應用於架線集材作業與原木整堆之每人日工作量为4.077 m³，較國內傳統集材效率高出很多。整體6個疏伐作業合計每生產出1m³原木時整堆於林道旁之CO₂排放量為18.37 kg。在約相同的作業深度規劃下，採怪手附絞盤直線集材及關聯作業之CO₂排放量為固定式架空索集材的1.2倍。

2.2010年前不同疏伐方式之作業效率

吳順昭等（1981）研究結果中作業區深度在100 m範圍內，平均立木材積0.04 m³，材積疏伐率9.7%時，以人力集材方式每人每日可集材0.877 m³，隨著作業區深





度增加，工作量明顯下降，至300 m作業深度時，每人每日的工作量為0.375 m³。直線集材作業在作業區深度100 m內進行點狀疏伐作業，每人每日集材工作量為1.058 m³，隨著作業區深度的增加，工作量有提升之趨勢，至300 m作業深度時，每人每日工作量為1.213 m³。湯適謙（2007）採用行列疏伐作業方式，柳杉每株立木平均材積0.23 m³，疏伐帶寬度10 m，疏伐率25%~50%，集材架線系統採循環泰勒式，地面平均坡度22°，平均縱向集材距離107 m，平均橫向集材距離50 m，平均每迴次集材材積0.5 m³，作業人員6人的情況下，平均每人每日集材材積為1.97 m³。湯適謙等（1997）研究柳杉人工林行列疏伐研究結果中，疏伐帶列數三行、四行、五行及六行之集材標準作業量，在平均每迴次集材材積0.48 m³情況下，疏伐帶三行、四行、五行及六行的集材日標準作業量以一組6位作業人員計，分別為7.46 m³、7.62 m³、7.81 m³、7.96 m³。平均每人日集材標準作業量約1.5 m³。

（二）塔式集材機集材作業效率

1. 塔式集材機之每迴次集材作業時間

Kellogg等（1996）針對平均胸徑35.9 cm的花旗松進行下層疏伐收穫作業之時間研究，集材設備採塔式集材機（Tower yarder）與可通過中間柱之搬器、集材路線為扇形直線式架線作業條件下，其平均每迴次的集材時間僅需339秒，明顯比國內目前作業效率高出許多。Howard等（1993）調查以塔式集材機與可通過中間柱之搬器設備使用於陡峭地形上之集材效率，結果顯示在平均集材距離160 m的條件下，每迴次平均集材時間為470秒。

2. 塔式集材機之集材作業效率與生產成本

LeDoux 及 Starnes (1986)以THIN模擬模式，以平均集材距離，原木平均材積及單位面積採伐材積三種參數建立10種架線模式之每小時集材生產量的預測模式。若採用Koller K300型塔式集材機，作業人員3人，捆材索3條，進行定張式集材作業時，若平均集材距離為120 m，平均集材原木材積為0.351 m³，每英畝疏伐採伐材積為108 m³時之估測每小時沒有延遲下的集材生產量為11.41 m³，轉換為有延遲之每小時集材生產量為9.01 m³，若每日作業時間為6小時，則每日集材生產量為54.06 m³，平均每人日生產量為18.02 m³。Campbell (2016) 比較Active 70, Koller 507 及 Koller 602 h 三種塔式集材機於紐西蘭及奧地利4個林地之集材效率，結果Active 70 在機器稼動率65%時於林地樣區1之每機械工作小時(Schedule machine hour, SMH)





生產量為23.5 m³，在機器稼動率為76%時於林地樣區2之每SMH生產量為24.5 m³，Koller 602 h在稼動率55%時之SMH生產量為21.0 m³。Koller 507每SMH生產量為7.9 m³。

Spinelli等(2015)探討中型塔式集材機Valentini V600 M3在義大利阿爾卑斯山挪威雲杉林分孔隙伐採作業之集材效率研究，林地坡度約60%(約31°)，集材方向包括上下坡集材。原木材長3-6 m，作業人員3人，集材材積為628 m³，集材水平距離約350 m，集材工作經驗為5年以上之35-45歲工作人員。結果顯示不包括架設與撤除之集材生產效率為8.5~10.0 m³/hr，以集材距離、橫向集材距離，每迴次集材原木數量及平均原木材積與集材生產量進行逐步迴歸分析，決定係數R²為0.42。Baek等(2020)評估兩種塔式集材機於南韓落葉松林分皆伐作業後之全幹材集材作業生產效率及成本。奧地利Koller K301-4型塔式集材機集材效率為10.2-12.5 m³/PMH，生產成本12.6-15.4美元/m³，南韓HAM 300型集材效率較Koller K301-4型低26%。Lee等(2018)以曳引機聯結的HAM 300型塔式集材機進行日本落葉松林分皆伐作業之全幹材(10 m)之上下坡集材效率與成本調查，結果顯示上下坡集材效率分別為9.04 m³/PMH及7.87 m³/PMH，生產成本分別為9.06美元/m³及10.04美元/m³。Schweier等人(2020)比較Koller K507型塔式集材機Valentini 400型塔式集材機於德國西南地區黑森林的集材效率與生產成本。K507型設備包括使用可載重3000 kg之MSK-4型搬器；Woody 60型造材加工機，架線長度700 m，作業對象為大形原木，集材方向包括上下坡。Valentini 400型設備使用載重2000 kg Bergwald 搬器，架線長度400 m，作業對象為中小原木，採上坡集材。結果顯示K507的不含樹皮原木生產效率為13.3±2.6 m³/PMH，Valentini為8.9±2.1 m³/PMH，線性迴歸顯示DBH及使用的系統對集材效率有顯著地影響。K507及Valentini含架設及撤除之整體不含樹皮單位材積生產成本分別為32.5±5.9 歐元/m³及30.1±8.5 歐元/m³。Hoffmann 等(2016)比較中國廣西壯族自治區馬尾松林分皆伐作業且採全木集材方式與擇伐作業且採短材集材方式之塔式集材機作業效率與生產成本，塔式集材機為Koller K303H型。皆伐作業區與擇伐作業區之集材效率分別為9.9 m³/SSH(Schedule system hour)及5.1 m³/SSH；生產成本分別為9.3 歐元/m³及18.86 歐元/m³。全木集材之每迴次集材作業時間較短，材積量較大，導致有較高的生產效率。擇伐作業主要缺點為有顯著較長的橫向集材時間，除造成較長時間外，亦常發生工作延遲的機會，如懸掛，皆伐





作業區須考量沖蝕及養份流失等不確定性可能帶來長期林業經營成本的增加。擇伐有生產大徑級優良木材的潛力可補償較高的生產成本付出。

Nitami et al. (2011)指出架集線材為日本山區陡峭地形之主要收穫系統，塔式集材機自1990年引進日本，但現場使用狀況因尚無造材加工機及機器平衡不良，造成當時無法成功的結果。其研究透過GPS定位擷取探討塔式集材機於日本地區作業時間，結果顯示每人日集材作業量約 15m^3 。Spinelli et al. (2010)使用Savall及MiniLiner兩種微型集材機探討在山毛櫸薪炭材疏伐作業之上坡與下坡集材之作業性能與生產費用，結果顯示其每機械工作小時之集材作業量分別為 2.42 與 4.15m^3 ，每一立方公尺生產費用分別為 32.7 歐元與 24.1 歐元，顯示微型塔式集材機適合陡峭地形之小規模森林之收穫作業。

3. 影響塔式集材機作業效率之因子

Huber and Stampfer(2015)研究指出影響塔式集材作業效率之主要因子為平均原木材積、集材距離、收穫量(強度)且去冠僅使作業量降低 $3.4-5.1\%$ ，收穫成本增加 $1.00-2.50$ 歐元/ m^3 。

4. 其他集材作業效率與生產成本

Kaakkurivaara 及Kaakkurivaara (2018) 比較木滑道(3人)，騾獸力(3位人力)與人力集材(1人)在泰國清邁地區陡峭地形($26\% \sim 40.6\%$)的集材生產量與生產費用，以木滑道集材具有最高的生產量，平均每人日生產量為 2.29 m^3 及最低的生產費用為 72.4 泰銖/ m^3 ，木滑道集材相對有較高的商業利潤。

Spinelli等(2021)探討使可水平懸掛全木或全幹材之雙聯結搬器與可部份懸掛之傳統搬器之集材生產效率與成本之差異性。雙聯結搬器由SEIK Skybull SFM 20/40型搬器與SEIK NL20 聯結而成，傳統搬器為 Hochleitner BW4000 型搬器。集材作業人員3人，捆材採用無線電控制，可快速容易解材。本研究共調查23個機器生產小時(Productive machine hour, PMH)或26個機器工作小時(SMH)，集材材積為 233 m^3 含樹皮木材或約 200 t 生質物(木材及木片)，由結果分析比較149次的集材迴次(傳統搬器74次，雙聯結搬器75次)之生產效率與成本。結果顯示雙聯結搬器捆材時間增加 15% ，但每PMH生產效率與傳統作業相比為 $10-11 \text{ m}^3$ ，裝載後搬器速度增加 15% ，雙聯結搬器證實可適用於全木集材作業、長距離集材、有限制撓曲量、土壤干擾容忍度較低區域。





國內木竹材收穫作業主要瓶頸為集材作業效率低，由前述文獻探討可知塔式集材機可大幅提升集材作業生產效率，間接可降低材原木生產成本，可增加與進口木竹材市場價格競爭力。因此在提升國產材自給率至10%目標下，應適度引進塔式集材機，透過教育訓練與職能檢定，讓林業合作社、伐木業者、林農等具備以塔式集材機進行集材作業的知識與技術能力。逐步改善集材技術，擴大國產材生產規模，活絡山區林業經濟。





三、重要工作項目與實施方法

(一) 台灣使用高效能林木收穫機械可行性評估

本計畫收集全球主要使用塔式集材機與原木集運材拖車之國家，如日本（德國、芬蘭、奧地利、瑞士等（朴相俊等 1994；Brinker et al.，2011；Eriksson and Lindros，2014；Holzleitne et al.，2011；Nitami et al.，2011；Spinelli et al.，2010b）相關機械之性能與學術期刊論文，並配合臺灣林木經營區之地形條件、收穫作業方式、生產規模、對森林環境衝擊及經濟效益等面向評估出適合台灣林木收穫作業技術之機械種類。

(二) 塔式集材機之作業效率及生產成本調查分析

塔式集材機之集材作業效率就主要工作單元(空吊索上升及空搬器運行、空吊索下降及捆材、吊索載重側向移動及搬器負載運行、搬器制動與解索)；塔柱與尾柱或中間柱架設與撤除等附屬作業進行相關作業時間、障礙排除、生理休息等工時調查。由工時調查結果分析塔式集材集材作業效率與單位材積之集材生產費用。生產費用包括主要作業費用(薪資)、附屬作業費用、機具使用費用與物料動力費用。依目前國產材市場價格，評估各不同集材作業之收益。本年度採用奧地利 Koller 公司生產之 K301-2H 拖車式塔式集材機進行集材作業效率調查與分析。

1. 工時調查紀錄

集材工作時間的調查紀錄利用數位式計時器依連續測時法進行，就各作業區分成數個工作單元分別予以觀測紀錄。作業員之工作勤務時間是指到達工作場地後之準備與收拾善後時間、實際作業時間及寬裕時間等三項，實際作業時間分為主體作業(空吊索上升及空搬器運行、空吊索下降及捆材、吊索載重側向移動及搬器負載運行、搬器制動與解索)與附帶作業（集材柱架設）時間；寬裕時間以疲勞及生理之人為寬裕及機械障礙排除、整修等工作上之等待寬裕。作業時間研究的目的之一是為了作業的標準化，特別是具有反覆性質或週期性之工作，若有太





大或太小異常值出現，會使得研究結果產生偏差，由於一般作業時間的分佈形式較符合 β 分配的關係，其作業時間的標準差以上限時間與下限時間之差值的六分之一來估計，因此本研究採用在三個標準差($\pm 3\sigma$)內視為正常值，超過此範圍之資料則捨棄不用。

2.標準作業量分析

標準作業之推算依「標準工時法」求算，標準作業時間必須考慮作業之評比因素及寬放因素，可依下式推算：

$$\text{標準作業時間} = \text{觀測值平均作業時間} \times (1 + \text{評比}) \times (1 + \text{寬裕率})$$

評比是一種判斷或評價的技術，其目的在使實際的操作時間，調整至「平均工人」之「正常速度」的基準上。本研究將各項作業時間依最大值與最小值分為 5 個級距，即級距之前 20%；20-40%；40-60%；60-80%及最後 20%，前 20%代表工作效率優良，依平準化法，給予+0.12 之評比值。20-40%、40-60%、60-80%及最後 20%，則分別代表工作效率良好、普通、尚可及欠佳；評比值分別為+0.045、0、-0.075、-0.19。依各級距觀測值之機率乘以各項評比值，即為各作業之評比。寬裕率則以作業過程中人體疲勞及生理需求之人為寬裕及機械整修等工作上之等待寬裕時間除以實際作業時間。

3.集材生產費用分析

生產費用分為生產工資、機件使用費、物料動力費及附屬作業費等 4 項。

(1)生產工資

以每人每日之日標準作業量為計算基礎，依此計算 1 m³ 原木所需之集材工資單價，平均每日之工資已 2,500 元計。

(2)機件使用費

集材之機件使用費包括塔式集材機、集材鋼索、搬器、滑車、鉤環夾箍、等折舊費，依機件折耗率乘以購置價格，本研究之機件價格如表 1 所示；





折耗率為實際生產原木材積除以機件耗竭量（機件使用壽命中共計之生產量），耗竭量標準依林務局林產處分實務之規定，如表 2。

表 1 機件購置價格（元）

主機	塔式集材機	搬器	架空索 φ18 mm (400 m)	集材作業索 φ12 mm (500 m)	滑車 (元/個)	鉤環夾箍 (元/個)
規範	Koller K301-2H	SKA1				
購置價格 (元)	5,000,000	500,000	200,00	100,000	12,000	600

表 2 各機件耗竭量

機件種類	耗竭量 (m ³)
橈式集材機主機	27,000
架空索	15,000
搬器	12,000
滑車	12,000
鉤環夾箍	6,000
集材作業索	6,000

(3)物料動力費

物料動力費包括生產過程消耗之燃料、油脂及機械零件更換所需費用。集材機集材之機械零件費依單位材積機件使用費的 10%計算，集材機使用之燃料為柴油。

(4)附屬作業費

集材作業相關必要之附屬作業，包括塔柱固定、架設中間柱、尾柱；架設架空索與集材作業索；集材機移轉；撤除架線與附件等。

(三) 附抓鉤之原木拖車裝運材之作業效率及生產成本調查分析

就附抓鉤之原木拖車裝運材主要工作單元之空車移動、車輛固定、原木裝車、載重車輛移動、原木卸材整堆等進行時間調查。分析運材作業效率與單位材積之林道或作業道運材生產費用。本研究之附抓鉤之原木拖車為愛沙尼亞





BMF 公司製造之 6T2 設備，可透過曳引機動力分導裝置（PTO）連結 BMF 6T2 原木裝運材拖車(trailer for loading and transporting logs)之油壓系統之連結孔，供其起重臂與抓鉤裝置進行原木裝車作業，如圖 1；亦可與原木裝運材拖車的拖眼(towing eye)機械穩固連結後進行原木的運材作業如圖 2。

原木裝運材拖車由起重臂、原木抓鉤、拖車架組合而成，主要規格為起重臂最大伸長尺寸為 5.4 m，抓鉤最大開口距離 1.15 m，拖車架 載重能力 6,000 kg，車寬 2050 mm，載重區長度 2970 mm。



圖 1 John Deere 5005 型曳引機結合 BMF 6T2 之裝材作業



圖 2 John Deere 5005 型曳引機結合 BMF 6T2 之運材作業





相關生產成本分析分為生產工資、機件使用費、物料動力費等 3 項。

(1) 生產工資

以每人每日之作業量為計算基礎，依此計算 1 m³ 原木所需之裝運材與卸材整堆工資單價，平均每日之工資已 2,500 元計。

(2) 機件使用費

裝運材與卸材整堆之機件使用費包括附抓鉤之原木拖車與曳引機等折舊費，依機件折耗率乘以購置價格，本研究之機件價格如表 3 所示；折耗率為實際生產原木材積除以機件耗竭量（機件使用壽命中合計之生產量）。

表 3 機件購置價格（元）

主機	附抓鉤之原木拖車	曳引機
廠牌型號	BMF 6T2	John Deere 5055E
購置價格 (元)	780,000	700,000

(3) 物料動力費

物料動力費包括生產過程消耗之燃料及機械零件更換所需費用。機械零件費依單位材積機件使用費的 10% 計算，所使用之燃料為柴油。

(四) 辦理現場塔式集材機集材作業訓練

於林務局竹東林業產創育成基地與林木收穫作業現場辦理塔式集材機集材實務訓練課程，學員以林業機關員工與各級學校師生及具有基礎集材作業能力之林業生產合作社現場作業員工、私有林農、伐木業者為訓練對象。課程內容包括作業計畫與架線計畫、提高林木收穫生產力、架線安全評估與檢查、集材柱架設實務操作、塔式集材機集材操作示範與實務操作、自動解材裝置實務操作、裝載式原木拖車裝運材實務操作等。

(五) 擬訂塔式集材機集材作業教材一冊

教材內容包括提高林木收穫生產力、塔式集材機構造與架線方式、作業計畫與架線計畫、塔式集材機架線作業、架線安全評估與檢查共五個章節。





(六) 定張式集材架線設計系統

本系統主要依拋物線理論來進行定張式架空索設計及安全係數計算。本系統以 Excel 試算功能設計，預計分為 5 個單元，說明如下：

1. 地形剖面

由 QGIS 或 ESRI ArcMap GIS 轉換輸入所設計集材架線路徑之地形高程資料，繪製集材架線路徑之地形縱剖面圖。

2. 架線方式

- (1) 集材形式選擇：上坡集材；下坡集材。
- (2) 鋼索選擇：架空索、集材主索、回控索、捆才索型式與規格尺寸。
- (3) 主尾柱高度的設定。

3. 架空索負載載重

- (1) 搬器重量。
- (2) 負載原木種類、數量、材積、重量。
- (3) 搬器衝擊係數選擇：0.2-0.3。

4. 結果分析

- (1) 架空索最大張力。
- (2) 集材主索最大張力。
- (3) 回控索最大張力。
- (4) 捆材索最大張力。
- (5) 原木淨空距離。

5. 結果輸出

- (1) 各式鋼索安全係數，評估是否符合臨場安全設施規則之規定。
- (2) 集材路線不同位置之搬器與原木淨空距離表，評估對林地土壤之損傷。
- (3) 輸出集材路線之縱剖面圖與架空索負荷載時之線形圖。





四、結果與討論

(一) 台灣使用高效能林木收穫機械可行性評估

1. 資料收集

共收集 5 部塔式集材機與 14 部裝載式集運材拖車資料，評估塔式集材機與裝載式集運材拖車於台灣林木收穫作業之可行性。相關機械價格等分析結果如表 4。Tigercat、Husky、Thunderbird、Koller 等。塔式集材機與裝載式集運材拖車機械每年的實際機械生產小時(Productive Machine Hour, PMH)分別為 1300 hr 及 1600 hr (Holzleitner *etal.* 2011)，分別乘以其平均生產量後，每部裝載式集運材拖車每年可集運材 70,560 m³；塔式集材機每年可集材 11,960 m³。依各機械生產量即可概估臺灣需求之機械數量。相對之每人日之塔式集材機與裝載式集運材拖車作業量別為 27.6 m³、264.6 m³，均明顯較臺灣目前每人日之集材效率約 2.5 m³ 及原木裝運卸整每人日之材效率約 22 m³ 高出很多。

表 4 林木收穫機械收集資訊

機械種類	價格 (新台幣，萬元)	壽命 (年)	殘值率 (%)	稼動率 (%)	馬力 (Hp)	平均 生產量 (m ³ /PMH*1)
塔式 集材機*2	1368(600)	7	20	65	90-330	9.2
裝載式 集運材 拖車	889(202)	6	20	80	82-150	44.1

*1PMH 為機械生產小時(Productive Machine Hour)，*2塔式集材機含遙控式搬器，括號內數值為所收集機械價格之標準差。

2. 林木收穫機械作業單價分析

林木收穫機械作業成本依 FAO(1977)之機械作業成本分析計算方式，包含機械成本、作業成本及人力成本三部分，說明如下：

(1) 機械成本

包含機械折舊費用、年利息支出、年稅額支出、年保險支出等四項。





- a. 折舊費用(採直線法)

$$D = \frac{P - S}{N}$$

D:折舊費用(元/年)

P:機械購置成本(元)

S:機械殘值(元)(一般為購置成本率之 10%至 25%)

N:機械使用壽命(年)

歐美日各國相關訂定之林木收穫機械使用壽命視機械種類不同，皆在 5-7 年間。每部機械每年作業時間為 2000 機械小時以上，平均年生產量平均達 4 萬立方公尺以上。

- b. 平均年投資額(Average annual investment , AAI)

$$AAI = \frac{(P - S)(N + 1)}{2N} + S$$

- c. 年稅額支出=AAI×稅率。

- d. 年利息支出=AAI×利率

- e. 年保險支出=AAI×保險費率

- f. 機械成本 = $\frac{\text{折舊費用} + \text{利息} + \text{稅金} + \text{保險費}}{\text{機械年使用時間}}$ $\left(\frac{\text{元}}{\text{hr}}\right)$

(2) 作業成本

包括機械維修費用、零件更換費用、燃料及油脂等四項。

- a. 每一小時機械維修費用(RM)(元/hr)

$$RM = \frac{F \times D}{SMH}$$

F:機械維修係數(伐木聚材機，林木收穫機與裝卸式集材機 0.3，造材加工機與拖拉機 0.9，塔式集材機與裝載機 0.5)，

D:機械折舊費用(元/年)，

SMH(Schedule machine hour per year):機械之年使用小時數(hr)

- b. 每一小時零件更換費用(RP)(元/年)





$$RP = \frac{4300 \times D}{SMH}$$

D:折舊費用(元/年)

SMH: 機械年使用小時數(hr/年)

c. 燃料費用(F)(元/hr)

$$F = GHP \times C \times CL$$

GHP:機械引擎馬力數(HP) ,

C:係數值, 柴油為 0.12, 汽油為 0.175 ,

CL:每公升燃料費用(元/L)。

d. 油脂費用(G)(元/hr)

$$G = F \times 0.368$$

F:燃料費用(元/hr)

(3) 人力成本

包括薪資(含福利)、職災保險費用、勞健保費用等三項。

a. 薪資(S)(元/hr)

$$S = \frac{S_D(1+f)}{T}(\text{元/hr})$$

S_D :每日薪資(元/日)

f:附加福利比率,

T:每日工作時間(hr/日)

b. 職災保險費用(J)(元/hr)

$$J = S \times RA$$

S:每一小時工作薪資

RA:職災保險費率(因林木收穫作業為一危險工作,故職災保險費率採計國內最高規定,0.99%)。

c. 勞健保費用(LH)(元/hr)





$$LH = \frac{M}{240}$$

M:每月之勞健保投保費用(元/月)

3. 林木收穫機械每一小時工作時間之機械成本分析

依前述機械成本計算方式估計每一小時工作時間(PMH)的機械成本如表 5，其中資本利息年利率依台灣銀行公告之 1.07%計，機械保險費率以 3%計，生產性之重型機械目前沒有使用之繳稅規定，故以 0%計，每年機械使用時間(SMH)以 2000 小時計。

4. 林木收穫機械每一小時工作時間之作業成本分析

依前述作業成本計算方式估計各機械每一小時工作時間的作業成本如表 6，其中機械年使用時間以 2000 SMH 計，柴油費用以每公升 21 元計，機械引擎馬力以 100 HP 計。

5. 林木收穫機械每一小時工作時間之人力成本分析

依前述人力成本計算公式估計各機械每一小時工作時間的人力成本如表 7，其中每日薪資以 3000 元計，附加福利比率依每年年終獎金 1.5 個月計算為 12.5%，勞健保月投保薪資為 31000 元，即每月勞健保保費為 5474 元，塔式集材機作業人員須 2 人，其他機械作業以 1 人計。

6. 林木收穫作業單價分析

將各林木收穫作業機械每一小時工作時間之機械成本、作業成本及人力成本合計後之總成本(元/PMH)除以各機械每一小時之平均生產量(m³/PMH)，即為各機械生產 1 m³ 立木或原木之作業單價，結果如表 8，以塔式集材機進行原木集材作業單價為每 1 m³ 需 429.3 元；裝載式集運材拖車成本為每 1 m³ 需 49.9 元。卓志隆(2015)研究顯示國內目前集材整堆作業每 1 m³ 平均單價為 1276 元，表 8 中高效能林木收穫機械作業單價與台灣現階段採用之林木收穫單價比較，具有作業成本可降低許多之競爭優勢，不過需有一定收穫規模且可持續進行下，才值得引進台灣，就台灣每年可作業的天數，高性能林木收穫機械生產量等考量下，每





個業者年生產規模應在 10000 m³ 以上，概估 3 年可將機械購置成本打平，若生產規模在 3000 m³ 以下時，概估月 10 年才能將機械購置成本打平。

表 5 林木收穫機械每一小時工作時間之機械成本分析

	購置 成本 (萬)	壽 命 (年)	折舊 費用 (萬/ 年)	AAI (萬/ 年)	利 息 (萬 / 年)	保 險 (萬/ 年)	稅 捐 (萬 / 年)	合計 (萬/ 年)	元 / SMH	元/PMH
塔式 集材 機	1368	7	156.3	889.0	9.6	27.0	0	192.9	965	1485(0.65)
裝載 式 集運 材 拖車	889	6	118.5	592.7	6.3	17.8	0	142.7	713	891(0.8)

註：1485 與 891 為每一機械生產小時的生產量，括號內數值 0.65 與 0.8 為機械的稼動率。

表 6 林木收穫機械每一小時工作時間之作業成本分析

機械種類	維修費用 (元/SMH)	零件更新 費用 (元/SMH)	燃料費用 (元/SMH)	油脂費用 (元/SMH)	合計 (元/SMH)	合計 (元/PMH)
塔式集材機	56	336	229	84	705	1085
裝載式 集運材 拖車	30	255	229	84	598	748

註：塔式集材機與裝載式集運材拖車的稼動率分別為 0.65 與 0.8，塔式集材機每一 SMH 之作業成本為 705 元，換算為每一 PMH 之作業成本為 705/0.65=1085 元；裝載式集運材拖車每一 SMH 之作業成本為 598 元，換算為每一 PMH 之作業成本為 598/0.8=748 元。

Holzleitner et al. (2011)探討 28 部塔式集材機，19 部拖拉機，12 部林木收穫機及 18 部裝載式集材車之機械稼動率與成本，研究顯示拖拉機每年稼動率約 1150 機械小時，平均每一小時燃料消耗 7.3L，每一小時維修成本為 11.4 歐元。





完全機械化之林木收穫機與裝載式集運材車每年稼動率分別約 2040 與 2070 機械小時，塔式集材機則為 560-1500 機械小時。Brinker et al. (2002)比較不同林木收穫用機械之固定成本與作業變動成本，結果顯示影響固定成本最重要因子為機械購置價格與使用壽命。

表 7 林木收穫機械每依小時工作時間之人力成本分析

機械種類	薪資 (元/SMH)	職災保險 費用 (元/SMH)	勞健保 費用 (元/SMH)	合計 (元/SMH)	合計 (元/PMH)
塔式集材機	844	7.4	45.6	897	1380
裝載式 集運材 拖車	422	3.7	22.8	449	561

註：塔式集材機與裝載式集運材拖車的稼動率分別為 0.65 與 0.8，塔式集材機每一 SMH 之人力成本為 897 元，換算為每一 PMH 之作業成本為 $897/0.65=1380$ 元；裝載式集運材拖車每一 SMH 之人力成本為 449 元，換算為每一 PMH 之作業成本為 $449/0.8=561$ 元。

表 8 林木收穫作業單價分析

機械 種類	機械成本 (元/PMH)	作業成本 (元/PMH)	人力成本 (元/PMH)	合計 (元/PMH)	平均產量 (m ³ /PMH)	作業單價 (元/m ³)
塔式 集材機	1485	1085	1380	3950	9.2	429.3
裝載式 集運材 拖車	891	748	561	2200	44.1	49.9

7.不同林木收穫作業系統生產費用分析

由於不同林木收穫作業系統隨採用之機械種類、作業程序、可適應地形坡度、林道網密度等要求不同而有差異。全球現今於緩坡地形(坡度<30%)進行之林木收穫作業系統主要為歐洲採用之短材作業(Cut to Length)及北美採用之全木作業系統，短材作業流程為利用林木收穫機於林地中進行伐木造材後，裝載式集材車透





過作業道或林道將原木集中於土場；北美之全木作業流程為利用林木收穫機或伐木聚材機於林地中進行立木伐倒與集中作業後，以拖拉機或裝載式集運材車進行全木集材至林道或土場，再以造材加工機進行倒木去枝、除冠及造材。於山地陡坡地形(坡度 30%以上)時，伐木作業採用鏈鋸進行立木伐倒，再依短材或全木作業進行原木收穫。表 9 為不同林木收穫系統之生產費用分析，每生產 1 m³ 之作業道建設費用依每公頃林木收穫量，且作業深度為 200 m 為基準。由表 9 分析結果顯示，在緩坡地形採用林木收穫機械之地面系統明顯較陡坡地形採用之架線系統之生產費用為低，歐洲地區採用之 Cut to Length 系統因林木收穫機及裝載式集材車之單位時間生產量高，相對生產費用最低，每收穫 1 m³ 原木僅需 595 元；北美採用之林木收穫系統因伐木造材分別由伐木聚材機與造材加工機進行作業，相對機械成本較高且拖拉機每迴次可集材材積遠低於裝載式集材車，故其生產費用較 Cut to Length 系統之生產費用為高。陡峭地形因須採用架線系統集材，其生產費用約為地面系統之 1.6-3.4 倍。Adebayo(2006)探討 cut-to-length 短材作業與北美之全木作業流程為利用伐木聚材機於林地中進行立木伐倒與集中作業後，以拖拉機或裝載集材車進行全木集材至林道或土場，再以造材加工機進行倒木去枝、除冠及造材，最後皆以裝載機裝載原木，Cut-to-length 與全木作業之每小時收穫生產性分別為 1163-5428 ft³(32.93-153.72 m³)與 1350-6552 ft³(38.23-185.55 m³)，每小時收穫生產費用分別為 0.34-0.36 US\$與 0.22-0.33 US\$。全木作業可收穫較多之製材用與紙漿用原木。Eriksson and Lindroas(2014)探討以林木收穫機與裝載式集材車應用於疏伐作業與主伐作業之林木收穫生產預測模式，評估結果顯示立木平均尺寸為影響生產量最重要之因素，可解釋疏伐與主伐作業生產量之變異分別為 57.6%及 55.3%。Akay(1998)研究顯示於土耳其黑海與 Aegean 地區採用短材作業之生產費用最低，分別為 11.18 US\$/m³ 與 13.88 US\$/m³，臨地中海地區適合採用全木作業之生產費用最低，為 9.2 US\$/m³。

與台灣林木收穫之一般生產費用約為 3000 元以上相較，表 9 所採用之收穫





系統可考慮引進台灣，逐步降低原木生產價格，提昇生產國產材之成本競爭優勢。由整體分析結果建議低海拔國有林系統、租地造林、公私有林之林木收穫作業可考慮採用歐洲 Cut to Length 系統，中高海拔之林木收穫作業可考慮引進塔式集材機取代傳統之固定式集材機，可大幅提升集集材效率。

表 9 不同林木收穫系統之作業單價分析

地形坡度(%)	作業系統	伐木造材				集材			裝載	Road	合計
		CH (元/m ³)	FB (元/m ³)	HV (元/m ³)	PC (元/m ³)	SK (元/m ³)	FW (元/m ³)	TY (元/m ³)	LD (元/m ³)	(元/m ³)	(元/m ³)
<30	歐洲			74.9			42		46.2	432	595
	北美		77.9		137.5		42		46.2	433	737
			77.9		137.5	153.2			46.2	824	1239
	Manual-Motor	200					42		46.2	432	720
>30,<70	短材	200						429.3	46.2	1375	2051
	全木	100			156.3			429.3	46.2	1375	2107

註：CH 為鏈鋸；FB 為伐木聚材機；HV 為林木收穫機；PC 為造林加工機；產費用 SK 為拖拉機；FW 為裝載式集材車；TY 為塔式集材；LD 為裝載機；Road 為林道建設費用。





(二) 塔式集材機之作業效率及生產成本調查分析

本年度塔式集材機之作業效率及生產成本調查分析之作業區共選定兩處人工林木材生產，包括羅東林管處和平事業區第 62、65 林班 21 ha 塊狀疏伐作業區（圖 3）；新竹林管處竹東事業區第 7 林班 1.99 ha 租地造林之皆伐作業區（圖 4），兩個作業區之林相均非純林。

目前已完成和平事業區第 62、65 林班 21 ha 塊狀疏伐作業區 5 條集材路線（圖 3）之塔式集材機之工時調查，合計集材材積為 324.391 m³；竹東事業區第 7 林班 1.99 ha 皆伐作業區 1 條集材路線（圖 5）之塔式集材機之工時調查，合計集材材積為 71.254 m³

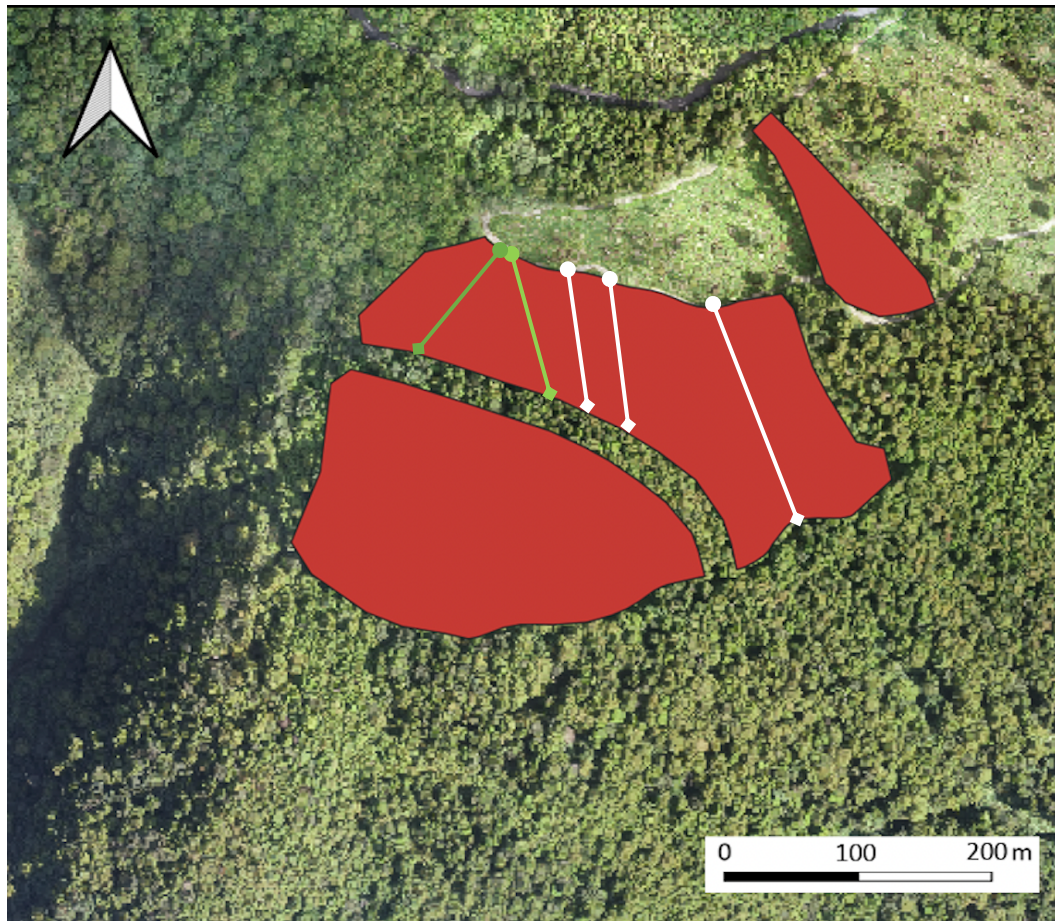


圖 3 和平事業區第 62、65 林班收穫作業區域（紅色區塊）與 5 條集材路線
圓形代表塔式集材機位置，菱形代表尾柱位置，3 條白色集材路線由集材機組 1
負責作業，2 條綠色集材路線由集材機組 2 負責作業



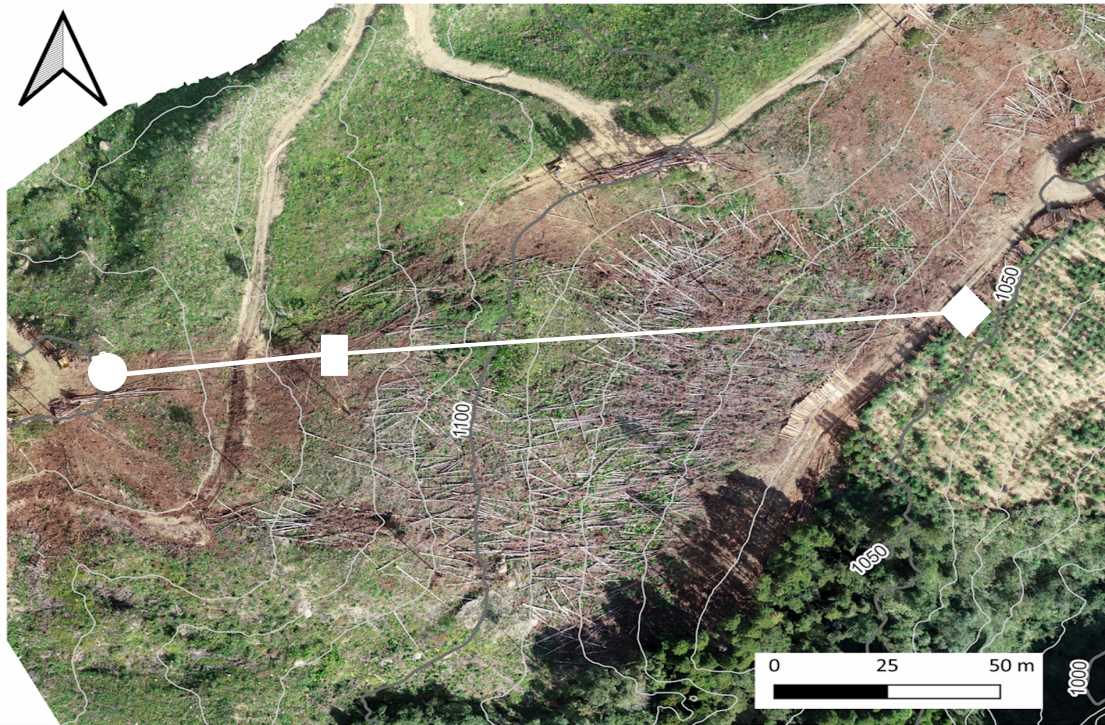


圖 5 竹東事業區第 7 林班皆伐作業區域條集材路線
圓形代表塔式集材機位置，菱形代表尾柱位置，方形代表中間柱位置

1. 收穫作業區資源調查結果

和平事業區第 62、65 林班收穫作業區進行樣區調查分析所得之每公頃株數、每公頃蓄積量、胸徑、樹高與平均每木材積結果表 10 所示。本區主要組成樹種為柳杉與檜木，造林年度為民國 42 年，平均地形坡度為 22.5° 。相對樹高可能因在衝風位置上，整體都偏低，也造成立木材積較低結果。收穫對象主要為柳杉，少數檜木與森氏櫟等闊葉樹，造材主要規格為 3.6 m，次要規格為 3.0 m、2.4 m、1.8 m、1.2 m，造材規格多樣化之目的是希望立木材積可以充分轉換為原木資源。

竹東事業區第 7 林班進行樣區調查分析所得之每公頃株數、每公頃蓄積量、胸徑、樹高與平均每木材積結果表 11 所示。本區主要組成樹種為柳杉與杉木，造林年度為民國 61-65 年，平均地形坡度為 23.2° 。相對樹高生長良好，變異性低，樹高平均達 23 m，造材規格為 3.6 m，收穫作業採皆伐作業。





表 10 和平事業區第 62、65 林班收穫作業區林分資源分析結果

	全區	柳杉	紅檜	台灣扁柏	闊葉樹
每公頃株數 (株/ha)	569	269	160	80	60
每公頃蓄積量 (m ³ /ha)	297.05	205.56	56.60-	25.42	9.47
胸徑 (cm)	30.3(11.7)	37.0(10.7)	25.5(10.2)	25.6(7.3)	19.2(5.8)
樹高(m)	11.8(2.6)	13.4(2.3)	10.1(2.2)	10.6(1.9)	10.5(1.5)
每木材積 (m ³ /株)	0.52(0.48)	0.76(0.49)	0.35(0.24)	0.32(0.23)	0.16(0.12)

註：括號內數值為標準偏差。

表 11 竹東事業區第 7 林班林分資源分析結果

	全區	柳杉	杉木
每公頃株數 (株/ha)	1060	560	400
每公頃蓄積量 (m ³ /ha)	564.91	392.79	172.12
胸徑 (cm)	25.3(4.3)	29.5(4.4)	22.7(4.0)
樹高(m)	23.1(2.1)	22.8(2.3)	23.6(1.8)
每木材積 (m ³ /株)	0.52(0.17)	0.701(0.23)	0.43(0.14)

註：括號內數值為標準偏差。

2. 塔式集材機集材作業時間與作業量分析

集材作業人員編組共 3 人一組，共規劃兩組人員進行作業。集材作業分工包括塔式集材機操作兼解索作業人員一名、拉吊材索橫向移動與捆材兼造材工名；和平事業區第 62、65 林班收穫作業由集材機組 1 進行 3 條集材路線的集材作業，集材機組 2 進行 2 條集材路線的集材作業，集材路線如圖 3 所示，為單徑間上坡集材作業。竹東事業區第 7 林班收穫作業由集材機組 2 進行 1 條集材





路線的集材作業，集材路線如圖 5 所示，為二徑間上坡集材作業，圖 6 為竹東事業區第 7 林班收穫作業架設之中間柱與鞍座，本區域研究同時探討無線電控制自動解材裝置（圖 7）對集材收穫作業效率的影響。塔式集材機採用奧地利 Koller K301 2H 之拖車式塔式集材機(圖 8 及圖 9)進行上坡全木集材作業（圖 10 及圖 11），各集材路線之集材作業距離與橫向集材距離如表 19 所示。集材作業距離為 100-160m，橫向集材距離為 0-45 m。

每迴次集材作業時間分為準備收拾、實際作業及寬裕時間等三大項。準備時間為每日開始工作時，準備集材機、鏈鋸、整修工具、油料、穿戴工作服等時間；收拾時間為每日工作後，收拾作業器具等時間。實際作業時間包括拉上吊索、搬器下行至林內集材處並放下吊材索、拉吊材索橫向移動與捆材、原木橫向集材、原木縱向集材、放下原木與解索；寬裕時間則紀錄集材機等待（即配合怪手夾持原木之作業時間）、集材機障礙排除及鋼索架線等障礙排除與作業商討。附屬作業包括架設塔柱、架設尾柱(圖 11)、架設搬器(圖 12)、架空索與作業索、撤除架線與附件等。



圖 6 竹東事業區第 7 林班收穫作業架設之中間柱與鞍座





圖 7 無線電控制自動解材裝置



圖 8 和平事業區第 62、65 林班收穫作業 Koller K301-2H 塔式集材機設置





圖 9 竹東事業區第 7 林班收穫作業 Koller K301-2H 塔式集材機設置



圖 10 和平事業區第 62、65 林班收穫作業之全木集材





圖 11 竹東事業區第 7 林班收穫作業之全木集材





圖 12 架設集材尾柱





圖 13 Koller SKA1 搬器





經統計分析結果，和平事業區第 62、65 林班收穫作業中，5 條集材路線每迴次集材作業各平均時間如表 12-16 所示，竹東事業區第 7 林班收穫作業中，使用一般捆材索與無線電控制自動解材裝置進行作業之每迴次集材作業各平均時間如表 17-18 所示。影響集材作業量的主要因子包括作業方式（皆伐、疏伐等）、人員體力、作業熟悉度、地面坡度、架空索設計與立木大小、橫向集材距離及立木倒向與交纏狀況、是否使用自動解材裝置等。

整體而言，和平事業區第 62、65 林班收穫作業中，5 條集材路線橫向集材之拉索、捆材、原木橫向移動與負載上升至搬器之工作時間所佔比例最高，另塔式集材機與搬器的障礙排除；保留木與根株會阻礙集材路徑的直線作業，增加轉材時間。亦須後續改善的重點。兩組作業員的集材作業量差異很低，雖然作業機組 1 操作塔式集材機的時間較長，經驗較豐富，但由作業量比較可見塔式集材機操作應該是具有集材經驗作業人員容易入手熟悉操作的機械。

竹東事業區第 7 林班收穫作業中，橫向集材之拉索、捆材、原木橫向移動與負載上升至搬器之工作時間所佔比例最高，橫向集材之拉索、捆材、原木橫向移動與負載上升至搬器之工作時間所佔比例最高，使用一般捆材索進行原木卸載、解索、空索上升的平均時間為 35.4 s，使用自動解材裝置進行原木卸載、解索、空索上升的平均時間為 12.3 s，解材作業時間明顯會降低，同時因每次可集材較多立木，亦不會造成解材的困難，相關使用一般捆材索與自動解材裝置進行原木解材作業時間與每迴次集材材積的 T test 分析結果，如表 21，p 值皆小於 0.01，顯示使用自動解材裝置可顯著降低解材作業時間並提升每迴次的集材材積量。McNeel and Dodd (1997) 以北歐式直線架空索系統進行疏伐木集運時間研究，結果顯示集材距離 0-160m、60-120m、120-180m、180-240m 時之每迴次平均集材時間分別為 235 秒、275 秒、310 秒及 360 秒。Rien and Stampfer (1998) 以裝載式集運材機 (Forwarder)，集材距離在 120-140 m 時之每迴次平均集材時間為 276 秒。





和平事業區第 62、65 林班收穫作業中，5 條集材路線之平均每迴集材時間分析結果如表 19，分別為 599 s、1083 s、700 s、610 s、782 s；每人日之集材作業量結果如表 19，分別為 9.316 m³、6.894 m³、8.597 m³、10.835 m³、8.259 m³。竹東事業區第 7 林班收穫作業中，使用一般捆材索與自動解材裝置進行集材作業之平均每迴集材時間分析結果如表 20，分別為 379.3 s、494.3 s；每人日之集材作業量結果如表 20，分別為 11.797 m³、14.864 m³。比較兩個地區之集材收穫作業效率，可發現採用皆伐作業之集材效率會較塊狀疏伐者高；使用自動解材裝置進行集材作業之效率會較使用一般解材方式者高。

卓志隆與胡子恒(2018)研究指出竹東事業區第 88 林班採多段定張式架線集材，疏伐方式包括保留帶下層疏伐及輻射狀行列疏伐兩種方式。保留帶下層疏伐原木集材整堆在集材距離 0-100、100-210 及 210-310 m 範圍時之每人每日標準作業量分別為 3.682、1.431 及 0.937 m³；輻射狀行列疏伐原木集材整堆在集材距離 100-210 及 210-310 m 範圍時之每人每日標準作業量則分別為 2.499 及 1.764 m³，行列疏伐相對較保留帶下層疏伐木集材效率高出許多。巒大事業區第 114 林班採單段式定張式架線集材作業，疏伐方式包括保留帶下層疏伐日標準作業量 1.304 m³ 與魚骨式行列疏伐（日標準作業量 1.725 m³）。因所採單段式集材作業在集材線較長時有下垂度過大之問題，使得每迴次可集材材積較少且魚骨式疏伐須轉材次數較多，使得其日標準作業量較竹東事業區結果為低。巒大事業區第 114-116 林班採怪手配合絞盤集材，在集材距離 0-50、50-100、100-150、及 150-200 m 之日標準作業量分別為 5.285、3.163、2.286 及 1.879 m³，工作量隨集材距離增加而遞減。八仙山事業區第 118 林班同樣採用怪手配合絞盤集材，但在 0-50 m 集材距離下之工作量僅為巒大事業區作業成果之 42%，主要因每迴次集材原木材積較低且機組人員數量太多的關係。和平事業區第 4 林班柳杉疏伐作業在集材距離 0-250 m 之集材整堆日標準作業量為 2.963 m³，較巒大事業區第 114 林班採單段式定張式架線集材作業之 1.725 m³ 之效率高約 72%，主要因有作業道配合的關係。





大安溪事業區第 121 班紅檜行列疏伐作業在集材距離 0-150m 之集材整堆日標準作業量為 3.021 m³，下層疏伐為 2.042 m³。由以上結果比較得知塔式集材機集材作業效率較國內傳統集材作業高出許多，應值得逐步引進到我國，改善國產木竹材的作業效率並朝可穩定供應料源目標持續前進。Erber et al. (2017)使用 Koller K507 型塔式集材機進行多年期架線集材作業研究，集材材積超過 71000 m³，平均每機械作業小時 (production machine hour, PMH) 之集材生產量為 10.1 m³，平均每人日生產量為 20.2 m³。Ghaffariyan et al.(2009)分析 Wanderfalke 塔式集材機之全木集材與 Woody 50 造材加工機造材作業生產效率及成本，平均每機械作業小時之生產量為 10.7 m³，平均每人日生產量為 21.4m³，整體從伐木、集材、造材、原木整堆之平均生產成本為 25.3 歐元/m³。Schweier et al.(2020)使用 Koller K507 型塔式集材機與 Valentini V400 型塔式集材機之生產效率與生產成本，結果顯示使用 K507 型塔式集材機與 Valentini V400 型塔式集材機之每機械作業小時生產量分別為 8.9 m³ 與 13.3 m³，平均每人日生產量則分別為 17.8 m³ 與 26.6 m³，平均生產成本分別為 32.5 歐元/m³ 與 30.1 歐元/m³。Tunay et al. (2003) 使用 Koller K300 型塔式集材機探討用在土耳其集材困難地型之集材作業效率，平均每小時之集材生產量為 6.4 m³，平均每人日生產量 (每日作業時間為 8h) 為 17.1 m³。和平事業區第 62、65 林班與竹東事業區第 7 林班收穫作業採用 Koller K301-2H 塔式集材機進行集材作業之每人日作業量分別約 7-11 m³ 與 12-15 m³，雖然集材機組 2 於第二次使用塔式集材機的集材效率較第一次使用時有顯著進步，但與全球塔式集材機 (3 人 1 組)每日集材生產量約 60 m³，每人每日集材作業量約 20 m³ 相較下，國內塔式集材機集材作業還有許多需要加強之處，特別是塔式集材機障礙排除之技能與操作熟練度，另引進自動解材裝置應可大幅提升效率並可減少及材人員的需求。

由以上研究結果比較可知，近年來台灣地區所進行的收穫作業中使用傳統方式的集材時間幾乎為歐、美國家的 3-4 倍，作業效率低加上工資成本高，使國產原木生產成本太高，導致國產木材價格在市場上很難與進口材競爭。若能導入省





力化的塔式集材機可顯著提升集材效率，應可顯著降低原木生產成本。

表 12 和平事業區第 62、65 林班塔式集材機集材機組 1 集材路線 1 每迴次各工作單元之平均時間及所佔比例

	項目	平均時間(s)	所佔比例(%)
準備收拾	準備	25	4.2
	收拾	28.8	4.8
	小計	53.8	9.0
實際作業	空搬器移動至林內 下降吊索	57	9.5
	拉索、捆材、鋼索 載重上升	154.7	25.8
	吊索載重移動上升 及搬器載重運輸	90.3	15.1
	卸載、解索、空索 上升	40.4	6.7
	小計	342.4	57.2
	障礙排除	175.1	29.2
寬裕	商討	27.6	4.6
	小計	202.7	33.8
	總計	598.9	100





表 13 和平事業區第 62、65 林班塔式集材機集材機組 1 集材路線 2 每迴次各工作單元之平均時間及所佔比例

項目	平均時間(s)	所佔比例(%)
準備收拾	準備	154.3
	收拾	54.5
	小計	208.8
實際作業	空搬器移動至林內 下降吊索	56.3
	拉索、捆材、鋼索 載重上升	150.7
	吊索載重移動上升 及搬器載重運輸	227.3
	卸載、解索、空索 上升	64.8
	小計	499.1
寬裕	障礙排除	176.1
	商討	105.2
	集材機等待	93.9
	小計	375.2
總計	1083.1	100





表 14 和平事業區第 62、65 林班塔式集材機集材機組 1 集材路線 3 每迴次各工作單元之平均時間及所佔比例

	項目	平均時間(s)	所佔比例(%)
準備收拾	準備	57.3	8.2
	收拾	22.3	3.2
	小計	79.6	11.4
實際作業	空搬器移動至林內 下降吊索	49.2	7.0
	拉索、捆材、鋼索 載重上升	363.3	51.9
	吊索載重移動上升 及搬器載重運輸	50.3	7.2
	卸載、解索、空索 上升	55.2	7.9
	小計	518.0	74.1
寬裕	障礙排除	47.7	6.8
	商討	3.5	0.5
	工具修整	33.8	4.8
	集材機等待	16.9	2.4
	小計	101.9	14.6
總計		699.5	100





表 15 和平事業區第 62、65 林班塔式集材機集材機組 2 集材路線 1 每迴次各工作單元之平均時間及所佔比例

項目	平均時間(s)	所佔比例(%)
準備	29.3	4.8
準備收拾	12.5	2.0
小計	41.8	6.9
實際作業	35.3	5.8
空搬器移動至林內 下降吊索	293	48.0
拉索、捆材、鋼索 載重上升	83.3	13.7
吊索載重移動上升 及搬器載重運輸	44.6	7.3
卸載、解索、空索 上升	456.2	73.8
小計	49.3	8.1
寬裕	62.9	10.3
集材機等待	112.2	18.4
小計	610.2	100
總計		





表 16 和平事業區第 62、65 林班塔式集材機集材機組 2 集材路線 2 每迴次各工作單元之平均時間及所佔比例

項目	平均時間(s)	所佔比例(%)	
準備	27.7	3.5	
準備收拾	收拾	15.3	2.0
小計	43	5.5	
實際作業	空搬器移動至林內 下降吊索	30.4	3.9
	拉索、捆材、鋼索 載重上升	484.2	61.9
	吊索載重移動上升 及搬器載重運輸	52.9	6.8
	卸載、解索、空索 上升	75.9	9.7
	小計	643.4	82.3
障礙排除	14.6	1.9	
寬裕	集材機等待	80.9	10.3
小計	95.5	12.2	
總計	781.9	100	





表 17 竹東事業區第 7 林班塔式集材機集材機使用一般捆材索每迴次各工作單元之平均時間及所佔比例

	項目	平均時間(s)	所占比例(%)
準備收拾	準備	17.6	4.7
	收拾	20.8	5.5
	小計	38.4	10.2
實際作業	空搬器移動至林內 下降吊索	28.3	7.4
	拉索、捆材、鋼索 載重上升	142.4	37.5
	吊索載重移動上升 及搬器載重運輸	97.9	25.9
	卸載、解索、空索 上升	35.4	9.3
	小計	304.0	80.1
寬裕	障礙排除	0	0
	集材機等待	36.9	9.7
	小計	36.9	9.7
總計		379.3	100





表 18 竹東事業區第 7 林班塔式集材機集材機使用自動解材設備每迴次各工作單元之平均時間及所佔比例

	項目	平均時間(s)	所佔比例(%)
準備收拾	準備	17.5	3.5
	收拾	19.9	4.0
	小計	37.4	7.5
實際作業	空搬器移動至林內 下降吊索	51.7	10.5
	拉索、捆材、鋼索 載重上升	221.5	44.8
	吊索載重移動上升 及搬器載重運輸	85.7	17.3
	卸載、解索、空索 上升	12.3	2.5
	小計	371.2	75.1
寬裕	障礙排除	36.5	7.4
	集材機等待	49.2	10.0
	小計	85.7	17.4
	總計	494.3	100





表 19 和平事業區第 62、65 林班收穫作業區塔式集材機集材作業分析結果

項目	作業機組1			作業機組2	
	集材路線			集材路線	
	1	2	3	1	2
縱向集材距離(m)	160	100	130	120	100
橫向集材距離(m)	30	20	45	20	20
集材迴次(次)	113	22	71	100	65
集材材積(m ³)	87.546	22.805	63.900	91.805	58.335
平均每迴次集材時(s)	599	1083	700	610	782
平均每迴次集材材積(m ³)	0.775	1.037	0.900	0.918	0.897
每組平均集材作業量(m ³)	27.947	20.683	27.771	32.506	24.776
每人日平均集材作業(m ³)	9.316	6.894	8.597	10.835	8.259

註：每日工作時間以6 h計，每組工作人員為3人。

表 20 竹東事業區第 7 林班收穫作業區塔式集材機集材作業分析結果

	一般捆材索	自動解材
縱向集材距離(m)	26.5	41.3
橫向集材距離(m)	18.4	20.6
集材迴次(次)	17	24
集材材積(m ³)	21.490	49.764
平均每迴次集材時間(s)	379.3	494.3
平均每迴次集材材積(m ³)	0.632	1.037
平均每日集材作業量(m ³)	35.392	44.591
每人日平均集材作業量(m ³)	11.797	14.864

註：每日工作時間以6 h計，每組工作人員為3人。





表21 一般捆材索與自動解材裝置解材作業時間與每迴次集材材積的T檢定

解材方式	解材時間(s)	每迴次集材材積 (m ³)
一般捆材索	35.4(19.6)	0.632(0.191)
自動解材裝置	12.3(4.7)	1.037(0.219)
P value	1.65x10 ⁻⁵	2.37x10 ⁻⁷

3. 塔式集材機集材作業標準作業量分析

本計畫和平事業區第 62、65 林班相關 5 條集材路線作業方式下之每迴次集材實際作業時間的次數分配表與評比計算結果如表 22 所示，由評比資料顯示作業評比為 8.75，顯示這兩組集材機組人員作業態度比一般狀況稍微努力。依表 22 結果可知和平事業區第 62、65 林班採用塊狀疏伐之塔式集材機每迴次集材實際作業平均時間及寬裕率分別為 510.9 秒及 29.5%，依此計算本收穫作業區以塔式集材機架線集材之每迴次標準作業時間為 719.5 秒，若以每日實際作業時間 6 小時計，則每 3 人為一組的集材作業團隊，每日可集材 30 次，平均每迴次集材積為 0.874 m³，1 日標準集材作業量為 26.220m³，相當於每人每日集材材積為 8.746 m³，如表 23 所示。

竹東事業區第 7 林班使用一般捆材索與自動解材裝置進行集材作業下之每迴次集材實際作業時間的機率與評比計算結果分別如表 24 與表 25 所示，由評比資料顯示作業評比分別為 3.16%與 0.80%，顯示集材機組 2 人員作業態度比一般狀況稍微努力。依表 24 與表 25 結果可知竹東事業區第 7 林班採用皆伐之塔式集材機依使用一般捆材索與自動解材裝置每迴次集材作業平均時間及寬裕率分別 342.4 秒、11.2%與 408.6 秒、9.2%，依此計算本收穫作業區以塔式集材機架線使用一般捆材索與自動解材裝置進行集材作業之每迴次標準作業時間分別為 392.8 秒與 449.8 秒，若以每日實際作業時間 6 小時計，則每 3 人為一組的集材作業團隊採用一般捆材索進行集材作業，每日可集材 54 次，平均每迴次集材積為 0.632 m³，1 日標準集材作業量為 34.128 m³，相當於每人每日集材材積為 11.376 m³，如表 25 所示；採用一般自動解材裝置進行集材作業，每日可集材 48 次，平均每





迴次集材積為 1.037m^3 ，1 日標準集材作業量為 49.776m^3 ，相當於每人每日集材材積為 16.592m^3 ，如表 26 所示。

由標準作業量分析結果可知採用皆伐作業之集材效率會較塊狀疏伐者高；使用自動解材裝置進行集材作業之效率會較使用一般解材方式者高。

湯適謙等(1997)研究柳杉人工林行列疏伐研究結果中，疏伐帶列數三行、四行、五行及六行之傳統橈式集材機架線集材標準工作量，在平均每迴次集材材積 0.48m^3 情況下，疏伐帶三行、四行、五行及六行的集材日標準作業量以一組 6 位作業人員計，分別為 7.46m^3 、 7.62m^3 、 7.81m^3 、 7.96m^3 ，相當於每人每日集材材積為 1.24m^3 、 1.27m^3 、 1.30m^3 、 1.33m^3 ，相對遠低於塔式集材機的集材效率。

表 22 和平事業區第 62、65 林班塔式集材機集材機集材作業評比

集材時間(s)	機率(%)	評比係數	評比(%)
100-500	67.9	+0.12	8.15
500-900	21.8	+0.045	0.98
900-1300	7.1	0	0
1300-1700	1.9	-0.075	-0.14
1700-2100	1.3	-0.19	-0.24
合計	100		8.75

表 23 和平事業區第 62、65 林班標準作業量

作業項目	實際作業與準備收拾平均時間(s)	寬裕時間(s)	寬裕率(%)	評比(%)	標準作業時間(s)	每人日標準作業量($\text{m}^3/\text{人日}$)
塔式集材機集材	510.9	150.5	29.5	8.75	719.5	8.746

註：集材作業一組之人員數為 3 人。每日作業時間以 6 h 計。每回次平均集材材積為 0.874m^3 。





表 24 竹東事業區第 7 林班塔式集材機集材機使用一般捆材索之集材作業評比

集材時間(s)	機率(%)	評比係數	評比(%)
160-230	28.6	+0.12	3.43
230-300	35.8	+0.045	1.61
300-370	21.4	0	0
370-440	7.1	-0.075	-0.53
440-510	7.1	-0.19	-1.35
合計	100		3.16

表 25 竹東事業區第 7 塔式集材機使用自動解材設備之集材作業評比

集材時間(s)	機率(%)	評比係數	評比(%)
180-270	25.0	+0.12	3.0
270-360	20.8	+0.045	0.94
360-450	25.1	0	0
450-540	20.8	-0.075	-1.56
540-630	8.3	-0.19	-1.58
合計	100		0.80

表 26 竹東事業區第 7 林班集材作業標準作業量

作業項目	實際作業與 準備收拾平 均時間(s)	寬裕 時間 (s)	寬裕率 (%)	評比(%)	標準作 業時間 (s)	每人日標準 作業量 (m ³ /人日)
使用一般 捆材索	342.4	38.4	11.2	3.16	392.8	11.376
使用自動 解材裝置	408.6	37.4	9.2	0.80	449.8	16.592

註：集材作業一組之人員數為 3 人。每日作業時間以 6 h 計。使用一般捆材索每迴次平均集材材積為 0.632 m³。使用自動解材裝置每迴次平均集材材積為 1.037 m³。





4.塔式集材機集材作業集材生產費用評估

就林產物處分實務中規定之集材作業生產費用包括集裝工資、機件使用、物料動力及附屬作業等 4 個項目。依序說明如下：

(1)集材工資

以每人每日工作時間 6 小時為計算基礎，相關和平事業區第 62、65 林班 5 條集材路線作業方式下之每人每日之標準集材材積量為 8.746 m^3 ；竹東事業區第 7 林班使用一般捆材索與自動解材裝置進行集材作業下之每人每日之標準集材材積量分別為 11.376 m^3 與 16.592 m^3 。依目前集材之平均每工工資為 2500 元，則和平事業區第 62、65 林班收穫作業區以塔式集材機集材 1 m^3 原木所需之集材工資費用為 286 元；竹東事業區第 7 林班使用一般捆材索與自動解材裝置進行集材作業之工資則分別為 220 元與 151 元。

(2)機件使用費

塔式集材機原木集材之機件使用費包括集材機主機、架空索之機具主體與搬器滑車等耗件折舊費，依機件折耗率乘以購置價格，機具主體與集材耗件價格如表 1 所示；折耗率為實際生產原木材積除以機件耗竭量如表 2 所示(機件使用壽命中合計之生產量)。塔式集材機耗竭量依 $11,960 \text{ m}^3 / \text{年}$ (每年生產量) $\times 7$ 年(使用壽命)為 $83,720 \text{ m}^3$ 計。集材作業索材質因與架空索相同，且不會與地面摩擦，故耗竭量設定與架空索相同。依集材作業所使用之機具與耗件，計算和平事業區第 62、65 林班集材作業之單位材積原木集材整堆之機件使用費為 123 元，如表 27 所示。竹東事業區第 7 林班使用一般捆材索與自動解材裝置進行集材作業之單位材積原木集材整堆之機件使用費皆為 129 元，如表 28 與表 29。





表 27 和平事業區第 62、65 林班塔式集材機集材機件使用費

	機件種類	實際生產材積 (m ³)	耗竭量 (m ³)	折耗率 (%)	購置價格(元)	機件使用費 (元)
主機	集材機	324.394	83,720	0.39	5,000,000	19,373
	架空索	324.394	15,000	2.2	200,000(400 m)	4,326
	小計					23,699
耗件	搬器	324.394	12,000	2.7	500,000	13,516
	滑車	324.394	12,000	2.7	12,000 (尾柱滑車 1 個)	324
	鉤環	324.394	6,000	5.4	36,00(6x600)	195
	集材索	324.394	15,000	2.2	100,000 (500 m)	2,163
	小計					16,198
合計						39,897
單位材積機件使用費						
123.0 元/ m³ (=39897/324.391)						

表 28 竹東事業區第 7 林班使用一般捆材索之塔式集材機集材機件使用費

	機件種類	實際生產材積 (m ³)	耗竭量 (m ³)	折耗率 (%)	購置價格(元)	機件使用費 (元)
主機	集材機	21.490	83,720	0.026	5,000,000	1,300
	架空索	21.490	15,000	0.14	200,000(400 m)	280
耗件	搬器	21.490	12,000	0.18	500,000	900
	滑車	21.490	12,000	0.18	12,000 (尾柱滑車 1 個)	21.6
	鉤環	21.490	6,000	0.36	36,00(6x600)	129.6
	集材索	21.490	15,000	0.14	100,000 (500 m)	140
合計						2771.2
單位材積機件使用費						
129.0 元/ m³ (=2771.2/21.490)						





表 29 竹東事業區第 7 林班使用自動解材裝置之塔式集材機集材機件使用費

	機件 種類	實際生 產材積 (m ³)	耗竭量 (m ³)	折耗 率 (%)	購置價格(元)	機件 使用費 (元)
主機	集材機	49.764	83,720	0.059	5,000,000	2972
	架空索	49.764	15,000	0.33	200,000(400 m)	664
	小計					3,636
耗件	搬器	49.764	12,000	0.41	500,000	2074
	滑車	49.764	12,000	0.41	12,000 (尾柱滑車 1 個)	50
	鈎環	49.764	6,000	0.83	36,00(6x600)	299
	集材索	49.764	15,000	0.33	100,000 (500 m)	332
	小計					2,755
合計						6,391
單位材積機件使用費 129.0 元/ m³ (=6391/49.764)						

(3) 物料動力費

塔式集材機原木集材之物料動力費包括集材機集材過程之柴油燃料、機油等油脂及機械零件更換維修所需費用，本計畫依和平事業區第 62、65 林班集材所消耗之燃料與油脂用量、單位材積之物料費用計算結果如表 30，合計集材 1 m³ 原木所需之物料動力費用為 27.3 元。就實際燃料消耗調查結果，本計畫單位材積原木所需燃料消耗量平均為 0.48 L/ m³，明顯較林產物處分實務中集材機採用 0.66 L/ m³ 數值低，可能因塔式集材機引擎效率高，相對造成集材單位材積原木所需燃料較低。Johansson (1997)針對農用牽引機用於中小徑木收穫所消耗的油料的研究結果顯示，皆伐作業時，每收穫 1m³ 公尺的原木須消耗 0.57 公升油料，疏伐作業所消耗用油則約為皆伐作業的兩倍，為 1.22 公升。





卓志隆與胡子恒(2018)研究分別統計竹東事業區第 88 林班柳杉疏伐作業、巒大事業區第 114 林班柳杉及第 114-116 林班杉木疏伐作業、八仙山事業區第 118 林班柳杉疏伐作業、和平事業區第 4 林班柳杉疏伐作業及大安溪事業區第 121 班紅檜疏伐作業過程中立木伐木造材、原木集材與整堆作業所消耗的汽油及柴油用量。結果顯示竹東事業區第 88 林班柳杉疏伐作業、巒大事業區第 114 林班柳杉及第 114-116 林班杉木疏伐作業、八仙山事業區第 118 林班柳杉疏伐作業、和平事業區第 4 林班柳疏伐作業及大安溪事業區第 121 班紅檜疏伐作業等集材整堆過程中，每生產 1m^3 原木須消耗 5.80 公升的柴油，機油為 0.22 公升。集材整堆因採用大型怪手機具或卡車引擎改裝之固定式集材機集，其燃料與機油消耗量因機械效率較低，相對較塔式集材機高出許多。





表 30 原木集材物料動力費用

集材路線	原木材積(m ³)	消耗量(L)		單位材積消耗量(L/m ³)		單位價格(元/L)		單位材積費用(元/ m ³)			
		燃料	油脂	燃料	油脂	燃料	油脂	燃料	油脂	機械零件	合計
1	87.546	45	2.10	0.51	0.024	28.1	120	14.3	2.9	12.3	29.5
2	22.805	10	0.15	0.44	0.007	28.0	120	12.3	0.8	12.3	25.4
3	63.900	30	0.91	0.47	0.014	28.0	120	13.2	1.7	12.3	27.2
4	91.805	30	0.71	0.33	0.008	27.3	120	9.9	1.0	12.3	23.2
5	58.335	40	0.79	0.69	0.014	27.3	120	18.8	1.7	12.3	32.8
合計	324.391	155	4.66	0.48	0.014	27.74	120	13.3	1.7	12.3	27.3

註：機械零件費依集材單位材積機件使用費之 10%計。





(4) 附屬作業費用

集材作業之附屬作業依和平事業區第 62、65 林班與竹東事業區第 7 林班集材作業中架設塔柱、架設尾柱、架設主索與作業索、撤除架線與附件等各集材路線之平均時間如表 31 所示，附屬作業人員為 3 人。結果顯示和平事業區第 62、65 林班架設約 100-150 m 之塔式集材機集材附屬作業時間平均為 9.14 h，若以每日工作時間為 6 h 計，則完成一段式集材附作業須 4.57 工，平均單位材積之塔式集材機集材附屬作業費用為 184 元；竹東事業區第 7 林班平均單位材積之塔式集材機集材附屬作業費用為 175 元。塔式集材機集材附屬作業費用塔式集材機集材附屬作業費用主要受集材路線中可收穫原木材積量的影響。卓志隆(2013)研究調查一段式固定式集材機集材架線作業包括架設一根主柱與一根尾柱，集材機一部與盤台設施一處，集材機移轉一次，架設一條主索、一條集材索與一條回控索；二段式集材架線包括架設一根主柱、一根息木柱與一根尾柱，集材機二部與盤台設施二處，集材機移轉二次，架設二條主索、二條集材索與二條回控索；附屬作業人員為 6 人。結果顯示架設約 100 m 之一段式集材附屬作業，平均為 8.6 h，若以每日工作時間為 6 h 計，則完成一段式集材附屬作業須 8.6 工。架設約 200 m-310 m 之二段式與三段式集材附屬作業，平均為 26.8 h，若以每日工作時間為 6h 計，則完成一段式集材附屬作業須 26.8 工。塔式集材機優點包括可顯著地降低主柱架設時間與集材人力需求；集材機移轉非常迅速，因此較傳統固定式集材機集材架線附屬作業時間少，特別是多徑間作集材作業。





表 31 集材附屬作業各工作單元之平均時間

工作單元	和平事業區第 62、65 林班集材路線						竹東 事業 區第 7 林班
	1	2	3	4	5	平均	
架設與撤 除合計時 間(s)	27624	25610	21691	33000	29800	32914	36000
需求工數	3.84	3.56	3.01	4.58	4.14	4.57	5.00
作業費用 (元)	9,600	8,900	7,525	11,450	10,350	9,565	12,500
原木材積 (m ³)	87.546	22.805	63.900	91.805	58.335		71.254
單位材積 集材附屬 作業費用 (元/m ³)	109.66	390.3	117.8	124.7	177.4	184.0	175.4

*:附屬作業編組為 3 人一組。每日工作時間 6 h，每工工資依 2500 元計。

相關單位材積所需之集材工資、機件使用費、物料動力費及附屬作業費用統計結果如表 32，合計原木之集材與作業費用共 201,220 元，和平事業區第 62、65 林班平均單位材積之塔式集材機集材生產費用(元/m³)為 621 元；竹東事業區第 7 林班平均單位材積之塔式集材機使用一般捆材索與自動解材裝置進行集材作業下之集材生產費用(元/m³)分別為 551 元與 482 元，較卓志隆(2013)採一段式下層疏伐之單位材積之集材費用 864 元為低，塔式集材機雖然購置成本較高，但整體生產費用有顯著較低的結果。若可減低附屬作業次數與提高集材路線可收穫的作業量，應可更降低塔式集材機的集材生產費用。熟練之操作技能與使用自動解材裝置亦可降低生產費用。





本研究採用之 Koller K301-2H 塔式集材機及搬器的合計購置費用為新台幣 550 萬元，依國內目前業者集材 1 m³ 的淨利潤為 200 元，若依一個業者目前每年可作業的最大年生產量約 3000 m³ 計，則概估要 9.2 年才能將塔式集材機購置成本打平，若年生產量可提高至 10000 m³ 時，則概估 2.75 年可將塔式集材機購置成本打平。

表 32 塔式材機集材單位材積生產費用(元/m³)

作業區域	集材工資	機件使用費	物料動力費	附屬作業費用	合計
和平事業區	286	123	27.3	184	621
竹東事業區 ¹	220	129	27.3	175	551
竹東事業區 ²	151	129	27.3	175	482

1:使用一般捆材索 2:使用自動解材裝置





(三) 裝運材與卸材整堆作業之作業效率及生產成本調查分析

原木裝運材與卸材整堆作業之作業效率及生產成本調查樣本為竹東事業區第 7 林班收穫之柳杉原木，裝運材與卸材整堆作業人員編組為 1 人一組，作業人員為新手。作業採用愛沙尼亞 BMF 6T2 之拖車式裝運材車(圖 14)與德國 John Deere 5055E 曳引機連結後，進行原木裝運材與卸材整堆作業，曳引機可透過曳引機動力分導裝置 PTO 連結 BMF 6T2 原木裝運材拖車(trailer for loading and transporting logs) (如圖 15) 之油壓系統之連結孔，供其起重臂與抓鉤裝置進行原木裝車作業(如圖 1)；亦可與原木裝運材拖車的拖眼(towing eye)機械穩固連結後進行原木的運材作業(如圖 2)。BMF6T2 拖車式裝運材車由起重臂、原木抓鉤、拖車架組合而成，主要規格為起重臂最大伸長尺寸為 5.4 m，抓鉤最大開口距離 1.15 m，拖車架載重能力 6000 kg，車寬 2050 mm 以下。曳引機額定馬力為 55 hp，曳引機傳動方式為四輪驅動；具有三點鏈接系統；動力分導裝置之迴轉速度(rpm)包括 540/540E；車身寬度在 2000 mm 以下。

本次調查之運材路線如圖 16 所示之作業道。運材作業距離為 770 m (集材土場(圖 17)至整堆土場)。每迴次原木裝運材與卸材整堆作業時間分為準備收拾、實際作業及寬裕時間等三大項。準備時間為每日開始工作時，準備油料、穿戴工作服等時間；收拾時間為每日工作後，收拾作業器具與裝運材車輛停妥等時間。實際作業時間包括空車移動固定、原木裝車(圖 18 與圖 19)、裝載原木運輸(圖 20)、卸材整堆(圖 21)、空車返回土場；寬裕時間則紀錄障礙排除及生理休息時間。

竹東事業區第 7 林班收穫作業中，平均每迴次原木裝運材與卸材整堆作業時間時間分析結果如表 33，平均之總時間為 15711 s，約 4.5 h，平均每迴次運材材積為 2.625 m³，即每人每日之作業材積量為 3.609 m³。可能因本機械設備為第一次在台灣林木收穫現場使用，作業人員也是第一次使用，因此作業時間很長。其中原木裝車、裝載原木運輸與卸材整堆工作單元所佔時間比例較高。





圖 14 BMF 6T2 原木裝運材拖車

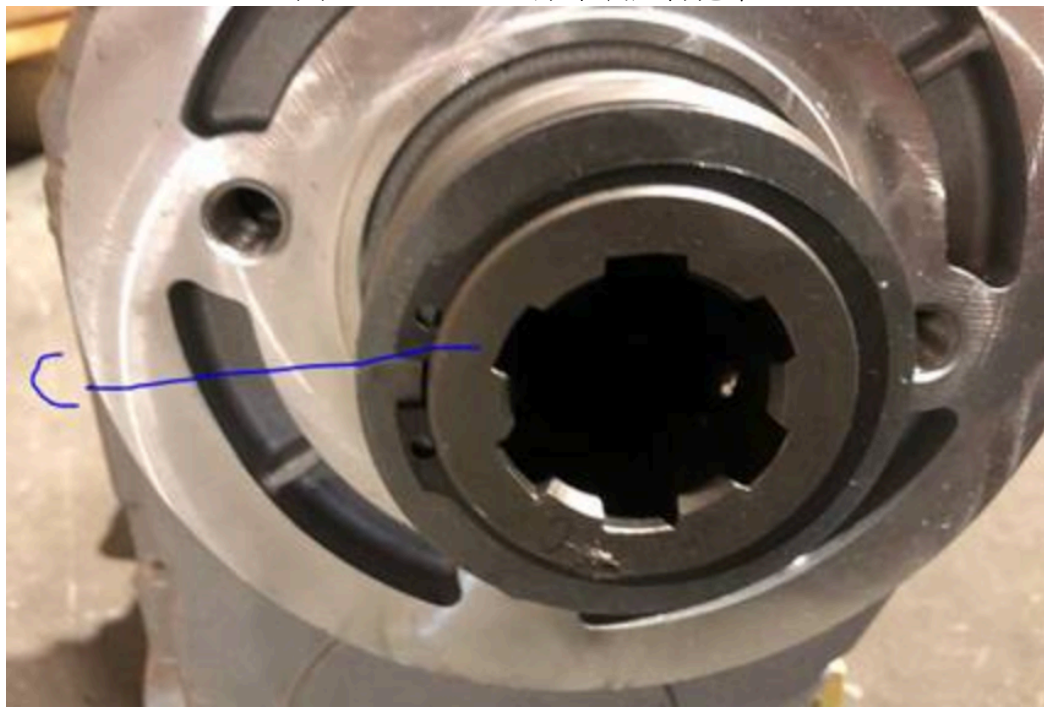


圖 15 BMF 6T2 原木裝運材拖車油壓系統之連結孔



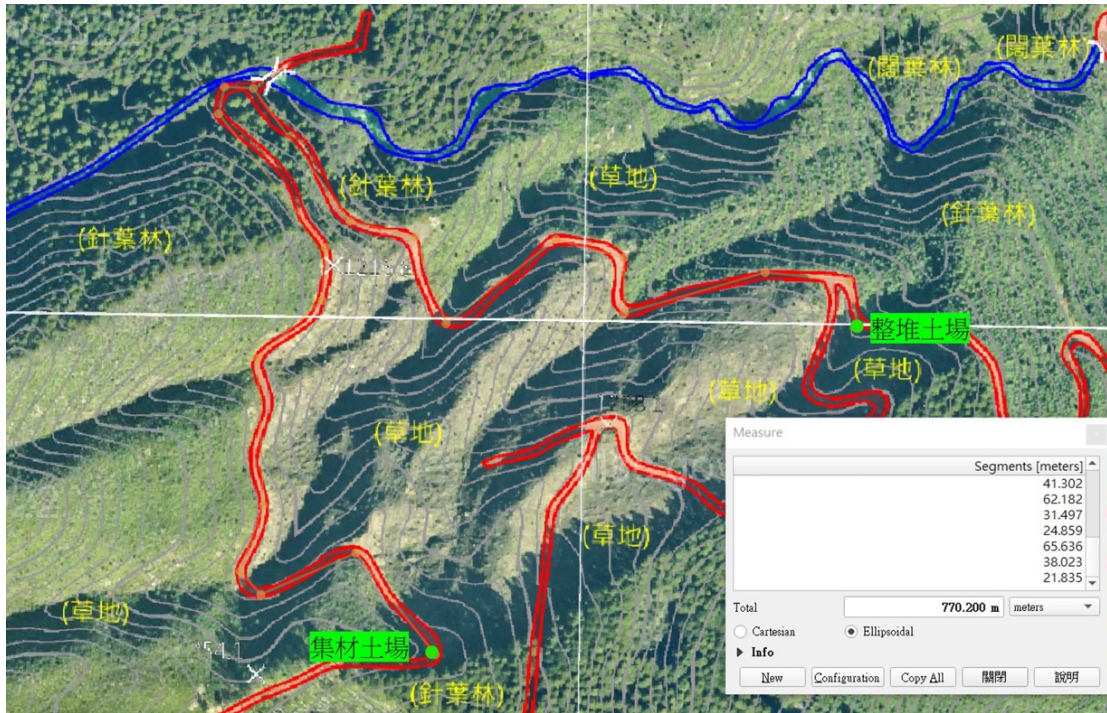


圖 16 BMF 6T2 原木裝運材拖車運材路線

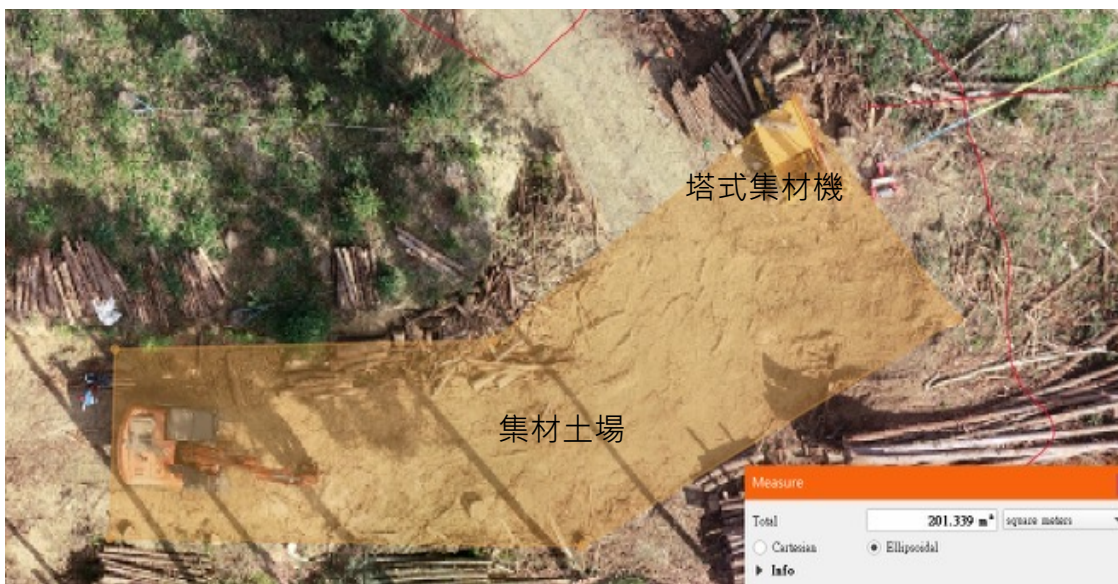


圖 17 集材土場





圖 18 原木裝車



圖 19 原木裝車完畢





圖 20 裝載原木運輸



圖 21 原木卸材與整堆





表 33 竹東事業區第 7 林班原木裝運材與卸材整堆作業每迴次各工作單元之平均時間及所佔比例

項目	平均時間(s)	所占比例(%)	
準備	600	3.8	
準備收拾	收拾	600	3.8
小計	2160	7.6	
空車移動固定	1239	7.9	
原木裝車	4431	28.2	
實際作業	裝載原木運輸	3309	21.1
卸材整堆	3555	22.6	
空車返回土場	1200	7.6	
小計	13734	87.4	
生理休息	360	2.3	
寬裕	障礙排除	417	2.7
小計	777	5.0	
總計	15711	100	





就原木裝運材與卸材整堆作業生產費用包括工資、機件使用、物料動力等 3 個項目。依序說明如下：

(1)工資

以每人每日工作時間 6 小時為計算基礎，相關竹東事業區第 7 林班柳杉原木裝運材與卸材整堆作業之每人每日之作業材積量為 3.609 m³。依目前集材之平均每工工資為 2500 元，則和竹東事業區第 7 林班柳杉原木裝運材與卸材整堆作業 1 m³ 柳杉原木所需之工資費用為 693 元。

(2)機件使用費

原木裝運材與卸材整堆作業之機件使用費包括 John Deere 5055E 型曳引機、BMF6T2 原木裝運材拖車等機件折舊費，依機件折耗率乘以購置價格，機件價格如表 33 所示；折耗率為實際生產原木材積除以機件耗竭量如表 32 所示(機件使用壽命中合計之生產量)。原木裝運材車輛耗竭量依前述四(一)1.節裝載式集運材車輛為 70,560m³/年(每年生產量)X6 年(使用壽命)為 423,360 m³ 計。依原木裝運材與卸材整堆作業所使用之機件，計算其單位材積原木集材整堆之機件使用費為元，如表 34 所示。

表 34 機件使用費

機件種類	實際生產材積(m ³)	耗竭量(m ³)	折耗率(%)	購置價格(元)	機件使用費(元)
John Deere 5055E 型曳引機	7.875	423,360	0.000062	700,000	130.2
BMF6T2 原木裝運材拖車	7.875	423,360	0.000062	780,000	145.2
合計			275.4		
單位材積機件使用費 35.0 元/ m³ (=275.4/7.875)					





(3) 物料動力費

柳杉原木裝運材與卸材整堆作業之物料動力費包括作業過程之柴油燃料及機械零件更換維修所需費用，本計畫所消耗之柴油燃料為 10 L、每裝運與卸材整堆 1m³ 柳杉原木材積之柴油燃料費用為 108 元(10 L×28.1 元/L/2.625 m³)，機械零件費依單位材積機件使用費的 10%計算，結果為 9.18 元，合計柳杉原木裝運材與卸材整堆 1 m³ 所需之物料動力費用為 117.18 元。Johansson (1997)針對農用牽引機用於中小徑木收穫所消耗的油料的研究結果顯示，皆伐作業時，每收穫 1m³ 公尺的原木須消耗 0.57 公升油料，疏伐作業所消耗用油則約為皆伐作業的兩倍，為 1.22 公升。

合計共生產 7.875 m³ 之柳杉原木裝運材與卸材整堆作業中，相關單位材積所需之工資、機件使用費、物料動力費統計結果如表 35，合計柳杉原木裝運材與卸材整堆作業之平均單位材積生產費用(元/m³)為 846 元。

表 35 柳杉原木裝運材與卸材整堆費用

單位材積生產費用(元/m ³)			
工資	機件使用費	物料動力費	合計
693	35	118	846





(四) 編撰塔式集材機集材作業教材一冊

國內採用之傳統固定式橈式集材機，以定張式架線集材作業，需先完成許多附屬作業（架設主尾柱、集材機盤臺設施等）才能開始作業，工作項目複雜且作業人力需求大；收穫區域變動時，集材機移轉效率低，且整體收穫作業效率亦較低，單位材積生產費用較高。於低海拔闊葉林進行木材及竹林竹桿之收穫作業時，常面臨現場無合適高度的立木作為主尾柱之困境。塔式集材機主柱架設時間很短、集材機移轉容易、集材作業之人力需求較少，並可應用單面式搬器，克服多徑間長距離集材須設置息木柱與多部集材機需求之作業瓶頸，因此塔式集材機適合陡峭地形之木材收穫作業，且採用之架線集材方式對森林環境衝擊低。

國內木竹材收穫作業主要瓶頸為集材作業效率低，塔式集材機可大幅提升生產性，間接降低國產材生產成本，增加與進口木竹材市場價格競爭力。因此在提升國產材自給率目標下，應適度引進塔式集材機，透過教育訓練與職能檢定，讓林業合作社、伐木業者、林農等具備以塔式集材機進行集材作業的知識與技術能力，逐步改善集材技術，擴大國產材生產規模，活絡山區林業經濟。

本教材內容包括如何提高林木收穫生產力、塔式集材機構造與架線方式、作業計畫與架線計畫、塔式集材機架線作業、架線安全評估與檢查共五個章節，詳細內容，請參考附件一「塔式集材機集材作業手冊」。期望本教材可提供林業機關、各級森林相關科系學生、林木收穫工作者等參考價值及對國內林產業的振興帶來貢獻。





(五) 辦理現場塔式集材機集材作業訓練

1.辦理「塔式集材機集材與裝運材教育訓練」課程1場次

於 111 年 11 月 7 日至 8 日於新竹林管處竹東林業產創育成基地與竹東事業區第 7 林班辦理「塔式集材機集材與裝運材教育訓練」課程，學員主要以林業機關員工、林業合作社員工、林木收穫業者及學生等。為培育利用塔式集材機與裝載式原木拖車進行集材與裝運材作業之專業人才，希望透過人才教育訓練，提升國內林木收穫作業之集材與裝運材生產力，達到國產材生產量之目標，課程內容包括作業計畫與架線計畫、提高林木收穫生產力、架線安全評估與檢查、集材柱架設實務操作、塔式集材機集材與自動解材裝置實務操作及裝載式原木拖車裝運材實務操作，透過課程之作業模擬實習與實際現場操作練習，驗收學習的成果。共有 35 位學員報名參加，相關課程表如表 36 所示，實施過程如圖 22 至圖 33，講習手冊如附件二。

學員意見回饋如表37，教學評量統計結果如表38，整體而言，學員對本次活動滿意程度在滿意以上的比率為97%(29/30)，學員對於作業計畫與架線計畫、架線安全評估與檢查課程與安排實務操作相關課程對現場作業人員有實際的幫助，另外也建議日後的課程增加作業道架設相關課程及邀請國外學者授課座談等建議，謝謝學員寶貴意見。

為瞭解學員學習成果，課程最後安排「塔式集材機集材架線安全評估作業練習」及「立木、錨定選定練習」，相關答案說明如附錄。





表 36 「塔式集材機集材與裝運材教育訓練」課程表

日期	時間	課程內容綱要	講師/助教	上課地點
111.11.7 (一)	8:40-9:00	報到		竹東林業產 創育成基地
	9:00-10:30	作業計畫與架線計畫	卓志隆	
	10:30-10:40	休息		
	10:40-12:10	提高林木收穫生產力	卓志隆	
	13:10-15:00	架線安全評估與檢查	卓志隆	
	15:00-15:10	休息		
	15:10-17:00	架線安全評估與檢查	卓志隆	
111.11.8 (二)	08:30-10:00	集材柱架設實務操作	陳進樹 / 宋梧魁、胡子恒、曾偉晨	竹東事業區 第 7 林班
	10:00-12:30	塔式集材機集材操作示範與實務操作	宋梧魁 / 陳進樹、胡子恒、曾偉晨	
	13:00-14:00	自動解材裝置實務操作	卓志隆、黃爾偉 / 曾冠語	
	14:10-16:00	裝載式原木拖車裝運材實務操作	卓志隆 胡子恒	
	16:00-16:10	休息		
	16:00-17:00	綜合討論	卓志隆	





表 37 「塔式集材機集材與裝運材教育訓練」課程意見回饋

問題	回應
希望未來可增加的課程類型?	<ol style="list-style-type: none"> 1. 新式林業機械。 2. 增加木材木紋及樹皮介紹。 3. 造材伐頭的操作與維護。 4. 希望多買一些設備，才有更多相關課程，因為我從事林業現場，想了解更多國外的機具。 5. 希望引進其他機具，如:加工造材機，有新機具就可以有新課程。 6. 作業道開設，很重要的技巧，業界缺乏正確經驗及安全作業規範。 7. 作業道開設、空拍機事前規劃、材積計算。 8. 林業作業道現場開設施作/ 遙控搬器 / 自動造材系統。 9. 現場下坡集材示範(未來購買機具到位後)。 10. GIS 及數位應用方面。 11. 時間可以再拉長，可以學更細。 12. 可邀私有林場(國外)的學者座談。
這次課程對您最有幫助的地方是?	<ol style="list-style-type: none"> 1. 這次安排的每個課程都有幫助。 2. 藉由參加課程的機會可以和其他單位同仁交流，了解各處狀況。 3. 曳引機和裝材機的操作練習。 4. 了解塔式集材機的架設與操作。 5. 本身從事林業，還有很多要學，剛好在工作地點有這個機會並可以馬上投入操作。 6. 學習到實務的操作，塔式集材機。 7. 鋼索、架空索、作業索安全係數計算，提高現場勞安知識。 8. 對塔式集材機操作更加了解。 9. 林業機具操作技術精進。 10. 了解架線規劃及安全評估。 11. 了解設計規劃過程，及各項安全數值。 12. 瞭解木材伐採實際操作(機器應用)，材積、器具計算等之相關性，對於林木伐採規劃有更多應用、思考。 13. 造林地要伐採時，對集材有更深刻的認識。 14. 了解運作流程及原理，更能夠業務接軌。 15. 學到不熟悉的機器及操作。 16. 實際操作課程很有幫助。 17. 瞭解國際作業趨勢。





	18. 器材設備了解與實作。
其他建議?	1. 感謝宜大的老師、助教及現場施作的師傅們讓學員有實際練習機器的機會。 2. 上課場地可換交通方便地方。 3. 非常讚，很棒的課程。

表 38 「塔式集材機集材與裝運材教育訓練」課程教學評量統計結果

壹、課程方面	非常滿意	滿意	尚可	不滿意	非常不滿意
一、您對本課程主題安排的滿意程度	23	7	0	0	0
二、課程主題和內容之相關性的滿意程度	23	7	0	0	0
三、您對本次課程講師授課的滿意程度	27	3	0	0	0
四、您對本次課程進行方式的滿意程度	24	6	0	0	0
五、您對本次課程教材內容的滿意程度	24	5	1	0	0
貳、活動整體安排方面	非常滿意	滿意	尚可	不滿意	非常不滿意
一、您對本次課程時間安排的滿意程度	22	7	1	0	0
二、您對場地與設備的滿意程度	24	4	2	0	0
三、您對工作人員態度的滿意程度	28	2	0	0	0
四、您對本次課程整體滿意度	26	4	0	0	0
五、課程對您未來工作(教學/學習)的幫助	23	6	1	0	0





圖 22 卓志隆教授講授「作業計畫與架線計畫」



圖 23 卓志隆教授講解鋼索構造





圖 24 「塔式集材機集材架線安全評估作業練習」老師和學員講解



圖 25 集材柱架設實務操作解說





圖 26 集材柱架設



圖 27 塔式集材機集材操作示範與實務操作





圖 28 自動解材裝置實務操作





圖 29 造材作業



圖 30 怪手協助集材作業





圖 31 裝載式原木拖車裝運材機具作業解說



圖 32 裝載式原木拖車裝運材機具實務操作





圖 33 學員合照





(六) 定張式集材架線設計系統開發

本架線分析系統係以 Microsoft Excel 做為基礎進行開發，透過輸入自地理資訊系統分析的地形剖面資料，作為規劃林木收穫作業集材架線時，分析鋼索承受張力與安全係數、集材原木淨空距離，提供評估架線系統可行性之參考依據。本架線分析系統有一個資料庫，其中包含搬器規格，以及搬器合適的鋼索種類與尺寸和其他重要數據。地理空間資料，包含規劃架線路線的 shape file 或是網格式地形資料可以配合 QGIS 或是 ESRI ArcMap GIS 中的 Profile Tool 進行使用。本系統以友善的使用者介面，透過功能按鍵提供使用者輸入相關數據，並將輸入資料繪製成圖形資料，提供使用者直觀的地形空間資訊呈現，作為評估架線時相關的分析、評估安全性與可行性之參考依據。本架線系統使用 VBA 進行開發，使用較為普及的 Excel 軟體作為架線分析工具，可以透過 Excel 可自動處理大量數據資料的功能，提供架線規劃時所需要的各項專業數據的分析。相關資料分析結果可提供各型表單作業輸出，且開發程式時間較短、成本低，且日後維護較易，並符合各單位需求等優點。

本集材設計系統目前名稱設定為「集材架線系統 1.0-鋼索設施及載重分析」，主要依拋物線理論，應用 Excel 試算功能來進行定張式架空索設計及架線安全性評估。設計之工作表(sheet)包括訂 1.定張式集材架線系統介紹(圖 34)；2.縱剖面資料輸入與圖形輸出，應用 QGIS 或 ESRI ArcMap GIS 轉換輸入所設計集材架線路徑之地形高程資料，繪製集材架線路徑之地形縱剖面圖；3.集材機與搬器選擇(圖 35)，以下拉式選單選擇所使用集材機、搬器類型與重量輸入，架空索、集材主索、回控索之直徑與長度輸入，集材主柱、中間柱、尾柱架設高度；4.載重資料輸入，下拉式選單選擇原木之樹種、原木直徑與材長資料輸入、原木捆材位置輸入；5.資料分析，包括架空索最大張力、集材主索最大張力、回控索最大張力、捆材索最大張力、集材路線個位置點之原木淨空距離；6.結果輸出，包括各式鋼索安全係數，評估是否符合林場安全設施規則之規定，架空索、集材主索、回控索與捆材索之安全係數規定分別為 2.7、4、4 與 6。集材路線不同位置之搬器與原木淨空距離表，評估是否對林地土壤會造成損傷。輸出集材路線之縱剖面圖與架空索負荷載時之線形圖；7.註解說明，相關術語的圖示與文字解釋。相關 Excel 工作表之巨集以 Visul basic 語言編寫，如附錄二。





集材架線設計系統1.0 - 鋼索設施及載重分析 2022.6

此 Excel 工作表用於分析地形剖面以進行架空索有效載荷分析、線路張力、捆材索和架空索可行性。一般來說，可以分析定張式架線之架空索、支持索、搬器及捆材索之配置。

本系統之數據庫，其中包含定張式架線的塔式集材機、搬器及架空索，以及它們各自的線路長度、線路尺寸和其他重要數據。

集材架線設計系統1.0 分析包括：a) 基於地形起伏計算，b) 鋼索安全係數評估表，c) 搬器及原木淨空距離分析表。

如果您有任何問題或意見，請聯繫以下人員

國立宜蘭大學 森林暨自然資源學系
卓志隆 教授
rockcho@seed.net.tw
03-9357400 分機7681



圖 34 集材架線介紹





集材機...				Units: Metric			
集材機選擇		主柱高度 (m)	集材機功率(kw)	最大制動 扭矩	集材 主索	回控索	
Koller K301 2-drum		10	99	N-m			
架線鋼索用途	鋼索直徑 (mm)	鋼索種類	單位重量 (kg/m)	拉斷 荷重 (kg)	鋼索長度 (m)	捲筒直 徑(mm)	捲筒寬 度 (cm)
架空索	15.9000	IWRC	1.44	7,409	518		
集材主索	9.6000	Swaged	0.52	2,797	549		
回控索							
搬器				Units: Metric			
搬器選擇		重量(KG)	功率 (KW)	自動 煞車 功能	持張拉動 功能	多徑間 使用	需求捲 筒數
Koller SKA 1		149		是	手動	可	2

圖 35 集材機與搬器選擇工作表設計

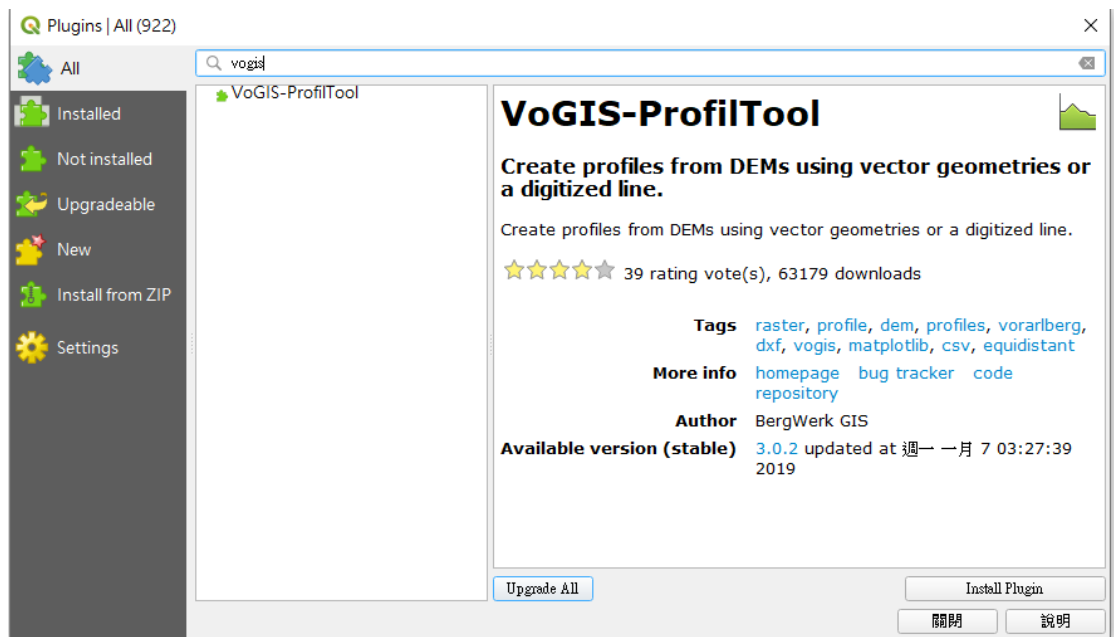
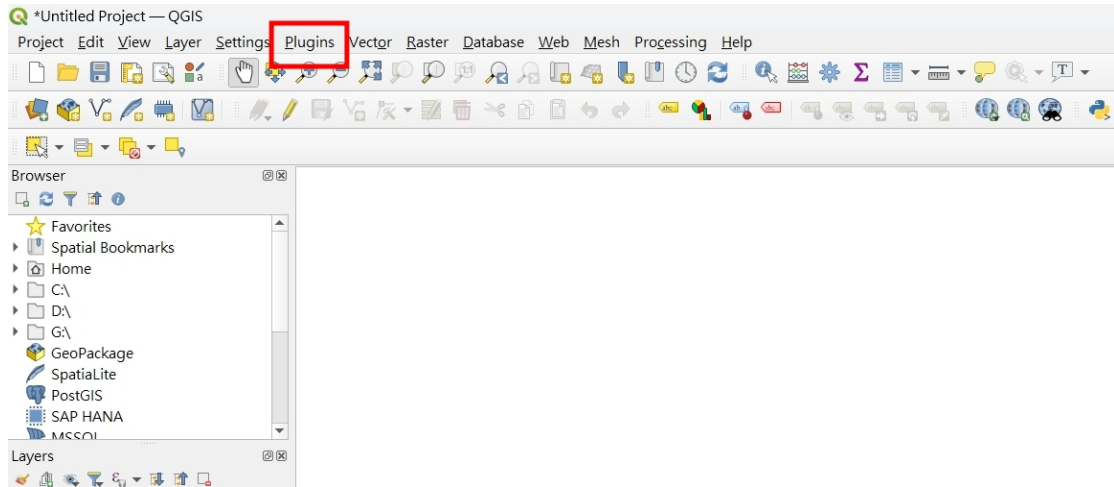


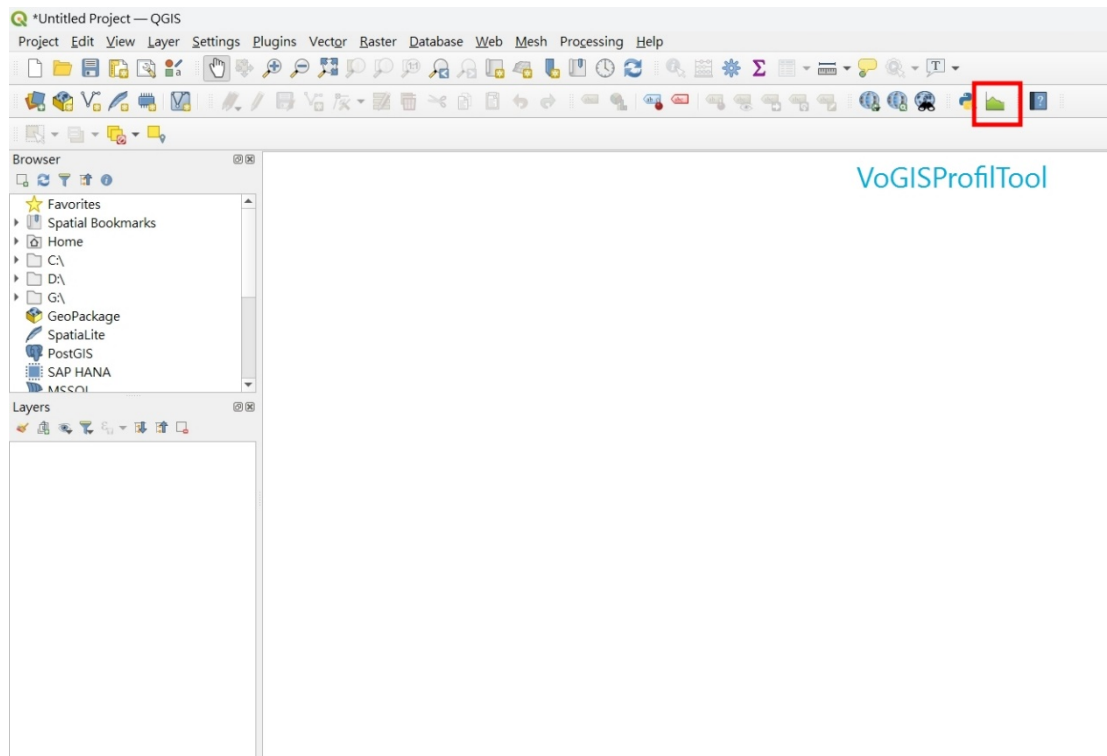


(七) 定張式集材架線設計系統作業指引

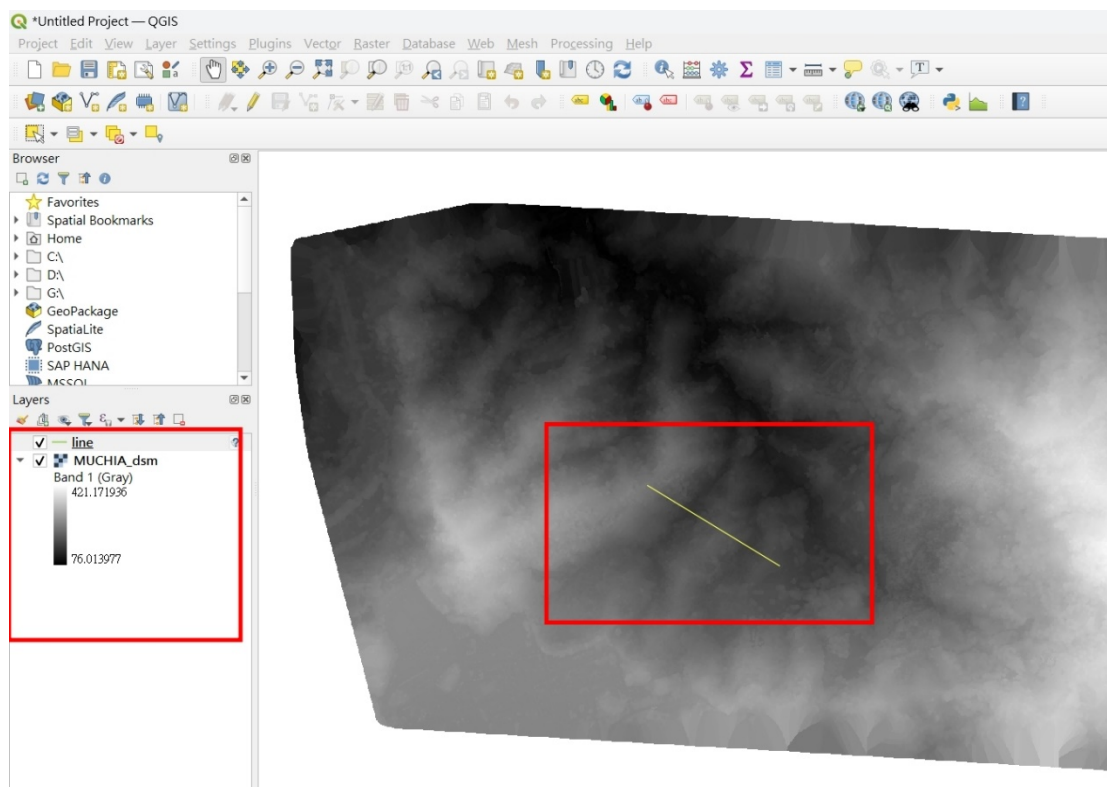
1.QGIS 製作縱剖面之附加元件

QGIS → Plugins → VoGIS-ProfilTool



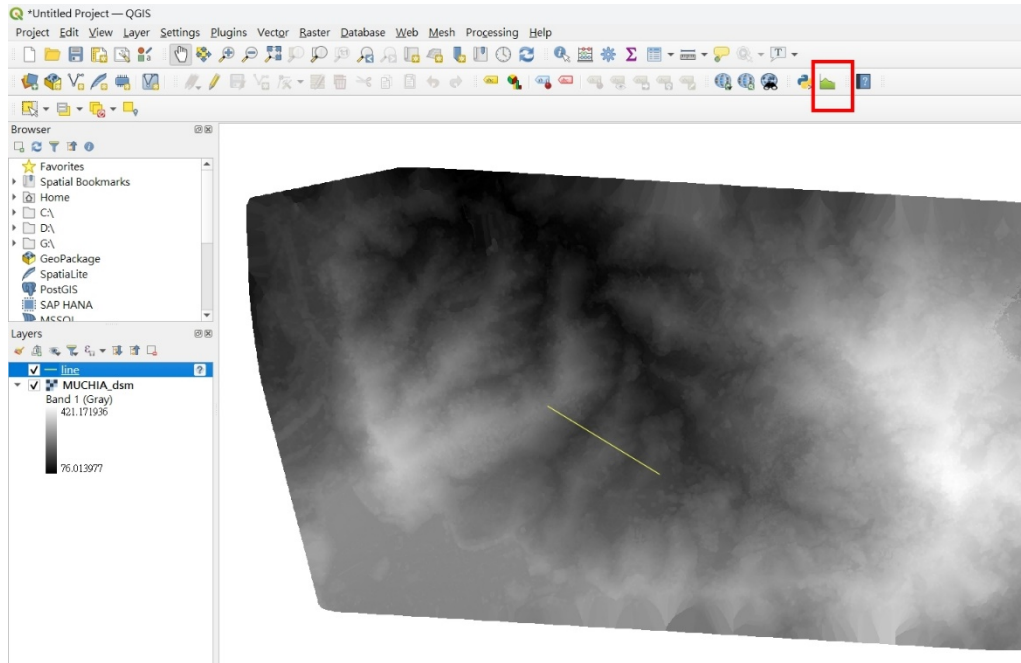


2.加入 DTM 及集材架線圖層

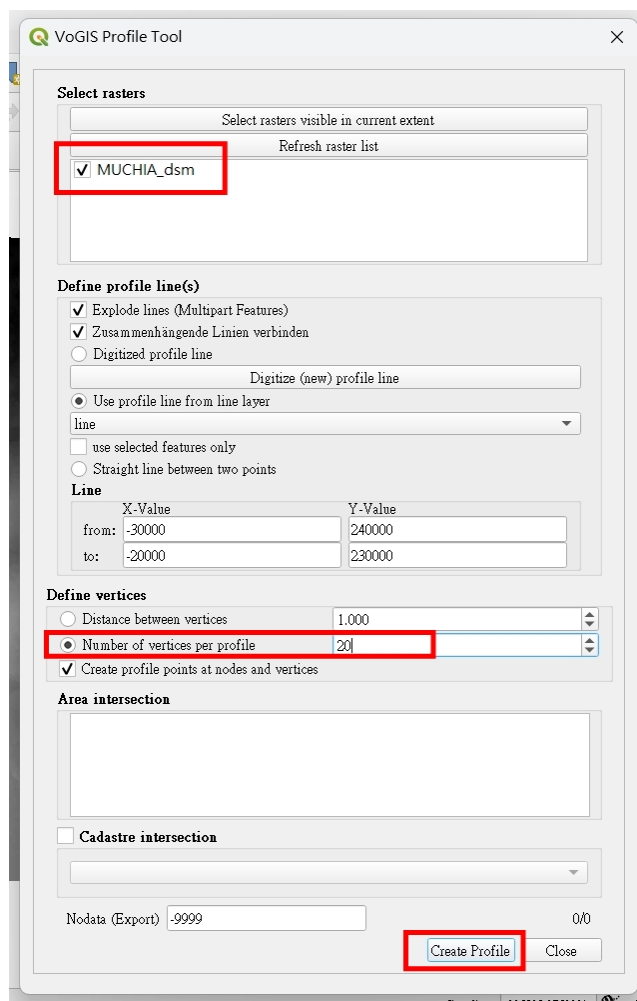


- 點選 VoGISProfilTool



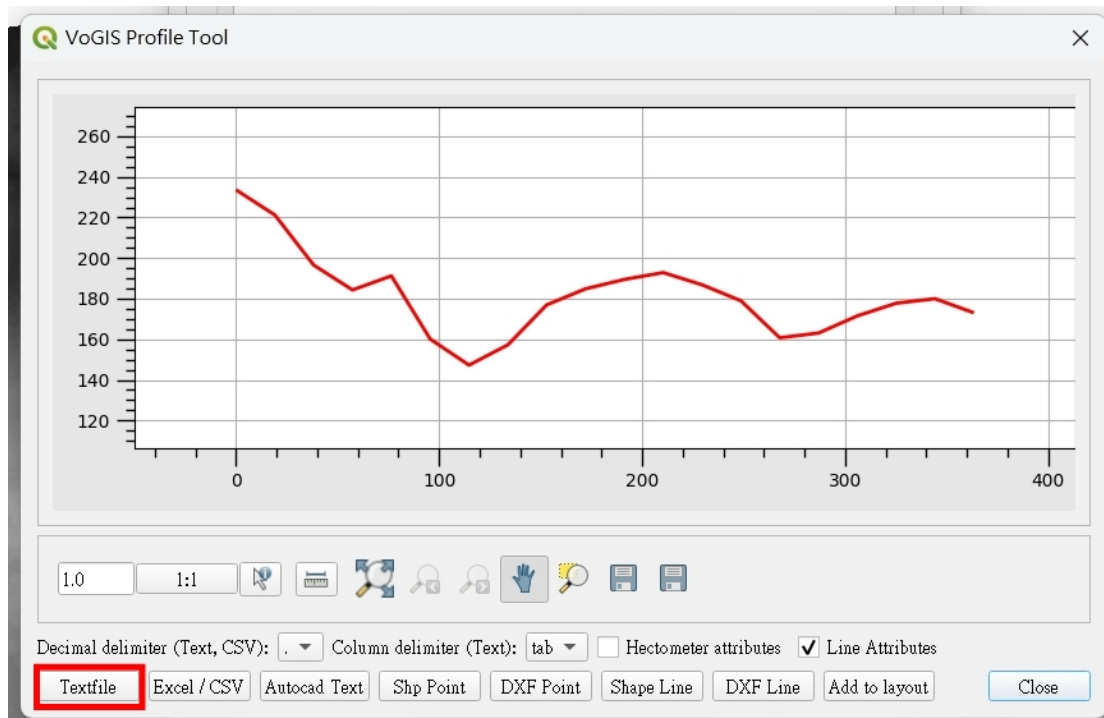


- 確定等高線圖與架線水平距離之間隔數量後（一般採用 20 個間隔），繪製縱剖面圖





- 選擇輸出 textfile



2. 縱剖面資料輸入與圖形輸出

本系統工具需要先由 GIS 系統(ex:QGIS 或 ESRI ArcMap GIS)，萃取作業區集材架線處的地形高程資料，並輸出成文字檔案格式(DTM 檔案)。網格式地形需以公尺為單位(例如 TWD97 或是 UTM 系統)，注意空間資料圖層必須具有相同的座標系統，以避免後續分析上產生錯誤。

- (1) 將藉由 QGIS 所產製的 DTM 檔案資料，透過本系統的資料輸入系統，使用滑鼠左鍵點選「選擇 DTM 檔案」功能按鈕，將 DTM 檔案輸入，如圖 36，並進行後續的分析作業。
- (2) 可以於下方的測站數量功能，自下拉式選單中，選擇縱剖面預定的測站數量，如圖 37。



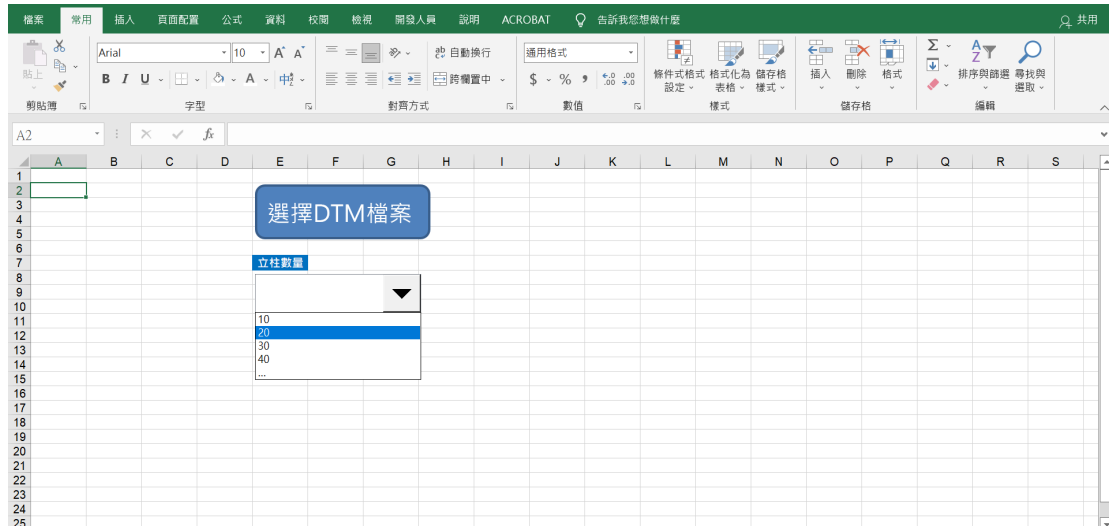


圖 36 「選擇 DTM 檔案」，將 DTM 檔案輸入

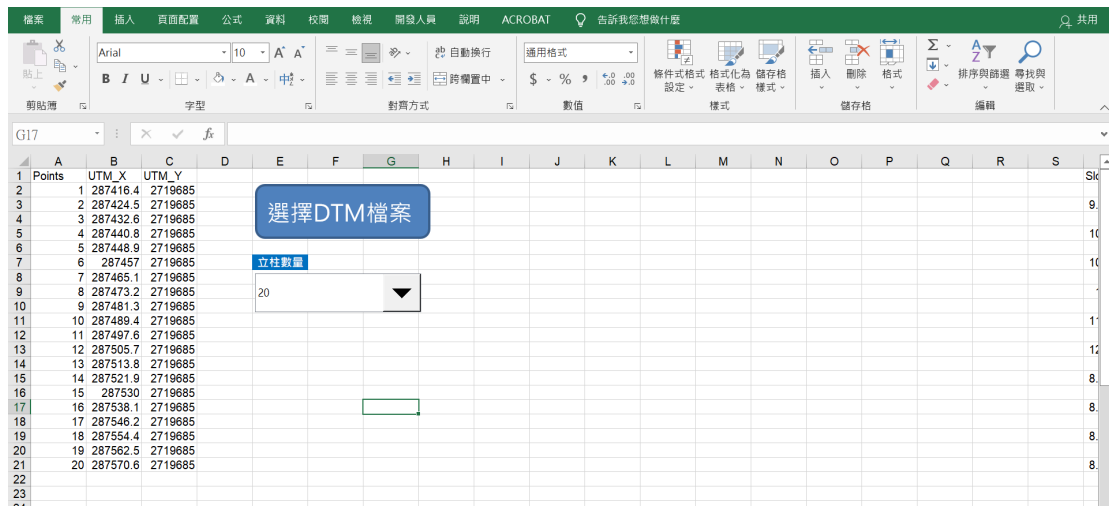


圖 37 以下拉式選單選擇測站的數量與 DTM 檔案輸入結果

3.圖形化地形縱剖面

- (1) 地形剖面參數計算功能，當作業區的 DTM 檔案完成輸入後，本架線系統會依據使用者所輸入的 DTM 檔案，進行斜距(slope distance)、坡度百分率(slope percentage)與垂直及水平距離的計算，如圖 38。
- (2) 圖形化地形剖面繪製功能，可以使用本架線系統所開發繪製地形縱剖面的功能，將數值檔的地形資料轉換為圖形化地形縱剖面展示，提供使用者直觀的識別作業區的地形變化，如圖 39。





	A	B	C	D	E	F	G
2		Select measurement type		Metric			
3							
4		Terrain pt	Slope dist (m)	% slope (+/-)	Horiz - (m)	Vert - (m)	Notes
5		1			0.0	1,901.0	
6			9.8	-67.9%			
7		2			8.1	1,895.5	
8			10.6	-83.8%			
9		3			16.2	1,888.7	
10			10.7	-85.7%			
11		4			24.4	1,881.7	
12			11.4	-98.0%			
13		5			32.5	1,873.8	
14			11.4	-98.3%			
15		6			40.6	1,865.8	
16			12.7	-120.9%			
17		7			48.7	1,856.0	
18			8.8	-42.9%			
19		8			56.8	1,852.5	
20			8.2	16.9%			
21		9			64.9	1,853.9	
22			8.6	36.6%			
23		10			73.0	1,856.9	
24			9.0	48.1%			
25		11			81.1	1,860.8	

圖 38 地形剖面參數計算功能

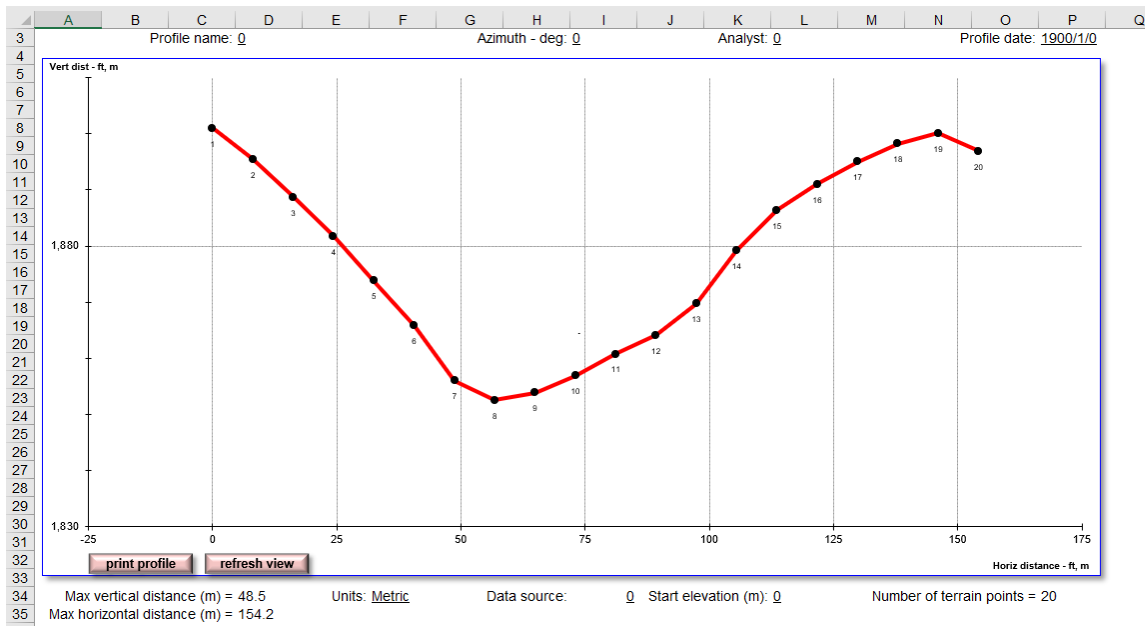


圖 39 圖形化地形縱剖面繪製功能

4. 架空索負載載重輸入

由圖 40 之集材機與搬器計算工具設定搬器種類、數量、鋼索單位重量拉斷載重，搬器型號與重量。





5. 架空索負載線形分析

如圖 41 架空索分析工具輸入原木種類、數量、材積、重量、主尾柱位置點與高度、搬器運材之範圍，分析架空索負載後之線形，如圖 42 中之綠色線。

Rockline Analysis - Yarder and Carriage Selections

集材機...
Units: 公制

集材機選擇	主柱高度 (m)	集材機功率 (kW)	最大制動扭矩 (N-m)	集材主索 (N-m)	回控索 (N-m)
2捲筒式	10	99	N-m		

架線鋼索用途	鋼索直徑 (mm)	鋼索種類	單位重量 (kg/m)	拉斷荷重 (kg)	鋼索長度 (m)	捲筒直徑 (cm)	捲筒寬度 (cm)
架空索	15.9000	FC	1.44	7,409	518		
集材主索	9.6000	FC	0.52	2,797	549		
回控索							

搬器...
Units: English

搬器選擇	重量 (kg)	功率 (kW)	自動剎車功能	持張拉動功能	多徑周使用	需求捲筒數
搬器_1	149		可	手動	可	2

選擇一種 集材機/搬器

加入新的 集材機/搬器 到資料庫

維護資料庫

列印

圖 40 集材機與搬器計算工具

Rockline Analysis - Analysis Input - Standing Skyline System

profile = ● skyline load path = — chord = - - - - -

開啟首檔

儲存分析結果

Analysis type	集材機	搬器_1
Standing	2捲筒式	搬器_1

Supports Table	At terrain point	Rigging height (m)
head spar		10
tail spar		
int support 1		
int support 2		
int support 3		

集材機位置參數	Inner dist terrain pt.	Outer dist terrain pt.
yarding limits		

landing cut (-) or fill (+) - (m)

Susp. type	Log Susp. & Clearance Table	Log clearance (m)
partial		2.0

分析結果檔名:

單位: 公制 分析時間: 2022/11/15

開始分析

列印分析結果

清除鋼線路徑

依設定重新繪製

圖 41 架空索分析工具



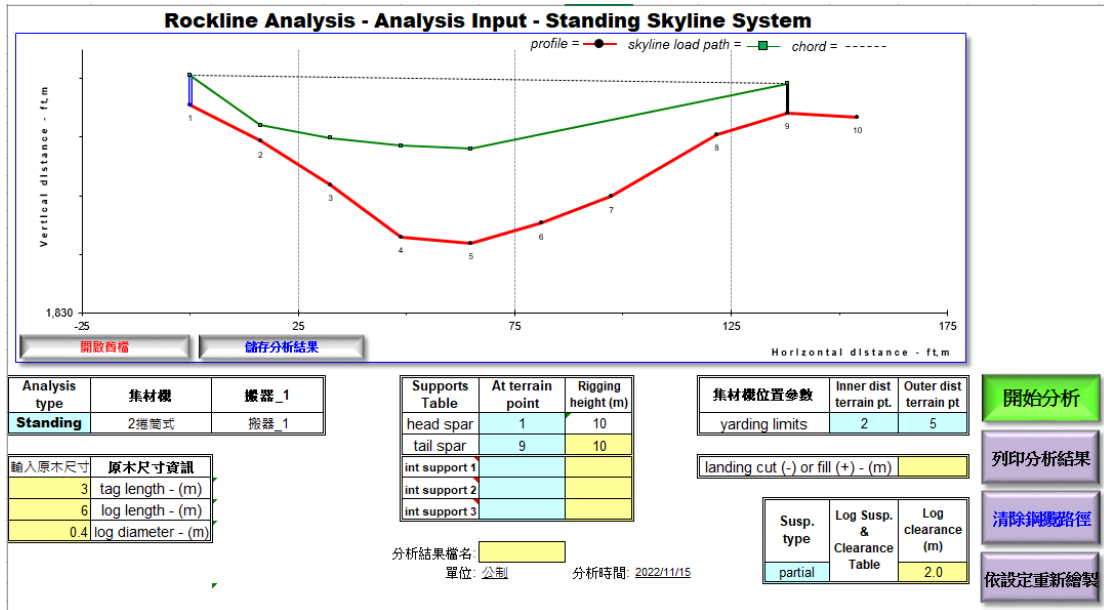


圖 42 架空索附在線形分析案例

6. 結果分析(如圖 43, 圖 44)

- (1) 架空索張力。
- (2) 作業索張力。
- (3) 捆材索張力。
- (4) 原木淨空距離。

7. 結果輸出(如圖 43, 圖 44)

- (1) 安全係數表。
- (2) 淨空距離表。
- (3) 縱剖面與負荷索線形圖。(如圖 42)

鋼索安全係數評估表

鋼索	拉斷荷重(KG)	最大承受張力(KG)	安全係數	安全性(OK or not)
			(拉斷荷重/最大承受張力)	
架空索(2.7)	518	250	2.07	Danger
主索回控索(4.0)	549	140	3.92	Danger
集材索(6.0)	0	270	0	Danger

圖 43 鋼索安全係數評估





搬器及原木淨空距離分析表

位置	搬器淨空距離(M)	原木淨空距離(M)	各位置點完全淨空距離(M)
0	5.458131289	2	0
1	15.91853599	11.71269549	0
2	31.16500422	Full	8.479964821
3	32.08269702	Full	9.397657621

圖 44 搬器與原木淨空距離分析

(八) 集材架線載重基礎資料調查

為能正確評估架空索、主索、回控索、捆材索等在集材作業時之安全係數，有必要針對木材竹密度、鋼索、搬器、附屬配件等進行調查。木材調查樹種包括柳杉、台灣杉、巒大杉、杉木；闊葉樹為相思樹；竹材包括桂竹、孟宗竹及蔴竹。原木容積重量的測定，依 CNS442「木材之分類」規定量測原木材積，原木與竹材重量測定則利用吊車進行（圖 45 與圖 46），目前於竹東事業區第 7 林班完成柳杉與杉木原木容積重量之調查；於根源貯木場完成和平事業區第 62 與 65 林班柳杉及相思樹原木容積重量之調查；於永在林業合作社貯木場完成相思樹原木容積重量之調查；於根源貯木場完成和平事業區第 62 與 65 林班柳杉及相思樹原木容積重量之調查；於苗栗南庄私有林完成杉木原木容積重量之調查；於台灣大學實驗林管理處內茅埔第 22 林班完成台灣杉及巒大杉原木容積重量之調查；於桃園復興鄉桂竹發展協會之桂竹集散地完成桂竹之容積重量；於竹山竹產業廠商完成來自古坑石弊的孟宗竹竹桿之容積重量測定；蔴竹之竹桿之容積重量由屏東科技大學羅凱安老師提供。依原木材種區分之單位 m^3 之原木容積重量統計結果如表 39，每支竹桿之容積重量統計結果如表 40。

1. 原木與竹材重量調查與分析

本研究中，巒大杉與杉木中原木與大原木的生材容積重量相對於其他樹種明顯較低，但與 CNS 442「主要造林木樹種用材及枝梢材容積重量表」中杉木用材容積重量 790 kg/m^3 相近；柳杉中原木與大原木的生材容積重量平均為 1032 kg/m^3 ，與 CNS 442「主要造林木樹種用材及枝梢材容積重量表」中柳杉用材容積重量 1079 kg/m^3 差異約 4%；台灣杉中原木與大原木的生材容積重量平均為 1054 kg/m^3 ，與柳杉原木容積重量 1032 kg/m^3 相近；相思樹大原木的生材容積重





量平均為 1161 kg/m^3 ，與 CNS 442「主要造林木樹種用材及枝梢材容積重量表」中相思樹用材容積重量 1144 kg/m^3 差異約 1.5%。

桂竹、孟宗竹、荊竹竹桿測定時之含水率分別為 30-40%、40-50%、50-60%，如表 39。桂竹竹桿長度約 10 m，中小竹（直徑 5.5 cm 未滿）與大竹（直徑 5.5 cm 以上）每支竹平均直徑 11.5 cm 之平均鮮重分別為 10.7 kg 與 7.2 kg，圖 47 為桂竹竹桿首徑與重量的關係，兩者間呈顯著之線性關係，決定係數 R^2 為 0.9677；孟宗竹竹桿長度約 11 m，小竹（平均直徑 8.5 cm）、中竹（平均直徑 11.5 cm）與大竹（平均直徑 14.2 cm）每支竹桿之平均鮮重分別為 18.5 kg、36.1 kg 與 46.8 kg；平均胸徑 8.1 cm 之荊竹竹桿長度約 14 m，每支竹桿之平均鮮重為 26.3 kg，相對於其他兩種竹種之重量，荊竹鮮重的變異性較高，可能未先依竹桿直徑大小先分類的關係，圖 48 為荊竹竹桿胸徑與重量的關係，兩者間呈顯著之線性關係，決定係數 R^2 為 0.7771。



圖 45 原木重量測定





圖 46 竹材重量測定





表 39 原木容積重量統計結果

樹種	材種區分	樣本數	容積重量(kg/m ³)	
			平均值	標準偏差
台灣杉	小原木(6-14cm)	25	1348	47
	中原木(14-30 cm)	25	1040	37
	大原木(30 cm 以上)	10	1089	116
巒大杉	小原木(6-14cm)	24	1221	48
	中原木(14-30 cm)	26	726	76
	大原木(30 cm 以上)	9	724	64
柳杉	小原木(6-14cm)	50	825	109
	中原木(14-30 cm)	52	1077	145
	大原木(30 cm 以上)	51	986	53
杉木	中原木(14-30 cm)	31	871	165
相思樹	大原木(30 cm 以上)	28	1161	187





表 40 竹桿容積重量統計結果

樹種	材種區分	樣本數	含水率 (%)	容積重量(kg/支)	
				平均值	標準偏差
桂竹	大竹 (首徑 5.5cm 以上)	500	30-40	10.7	0.7
	中小竹 (首徑 5.5cm 以上)	500	30-40	7.2	0.6
孟宗竹	小竹 (平均 8.5 cm)	40	40-50	18.5	1.6
	中竹 (平均 11.5 cm)	493	40-50	36.1	3.3
	大竹 (平均 14.2 cm)	26	40-50	46.8	4.1
蔴竹	平均胸徑 8.1 cm	12	50-60	26.3	11.4

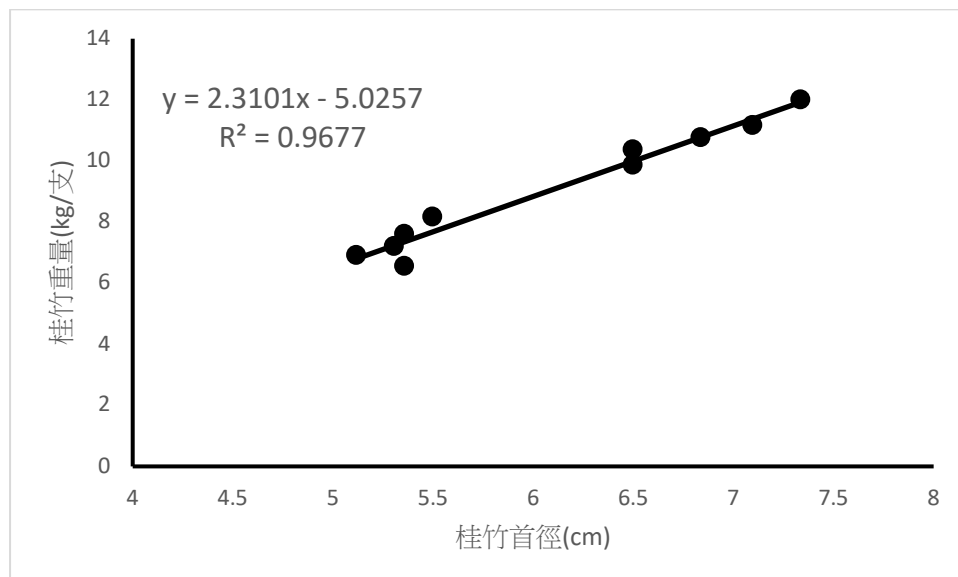


圖 47 桂竹竹桿首徑與重量的關係



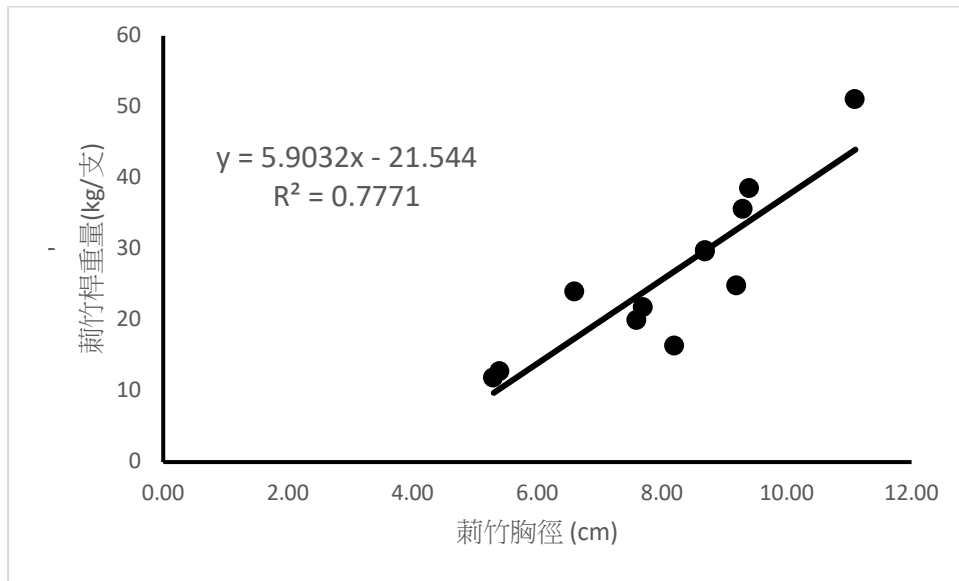


圖 48 荊竹竹桿胸徑與重量的關係

2. 架空索上負載器具之重量調查

為能正確評估架空索與作業索的作業安全係數，有必要針對可能負載在架空索的物件進行重量的調查，如圖 49 為搬器加載於架空索之情況。一般架空索上負載物件包括搬器、作業索、滑車、鉤環與鋼索夾。說明如下：

(1) 搬器

搬器具備二個以上滑輪，承受木材載重，於架空索上行走。二輪時滑輪直徑要大於架空索直徑六倍以上，四輪時滑輪直徑要大於架空索直徑五倍以上。目前國內用於集材作業的搬器包括無法通過中間支撐木的傳統封閉型搬器（圖 50）、可通過中間支撐木進行多徑間集材作業的單面型搬器（圖 51），相關重量參考表 41 資料。

(2) 作業索

集材索、回控索、昇舉索、循環索等總稱為作業索，均捲於捲筒內，由於捲筒之回轉被捲取或放鬆而進行作業，因此鋼索的磨損較激烈，必須經常檢查以確保安全。一般國內長使用的作業鋼索形式為 6×19 鋼纜，相關常用於林業之 6×19 鋼纜規格與單位長度重量與最小拉斷負載資料如表 42。





圖 49 搬器加載於架空索上

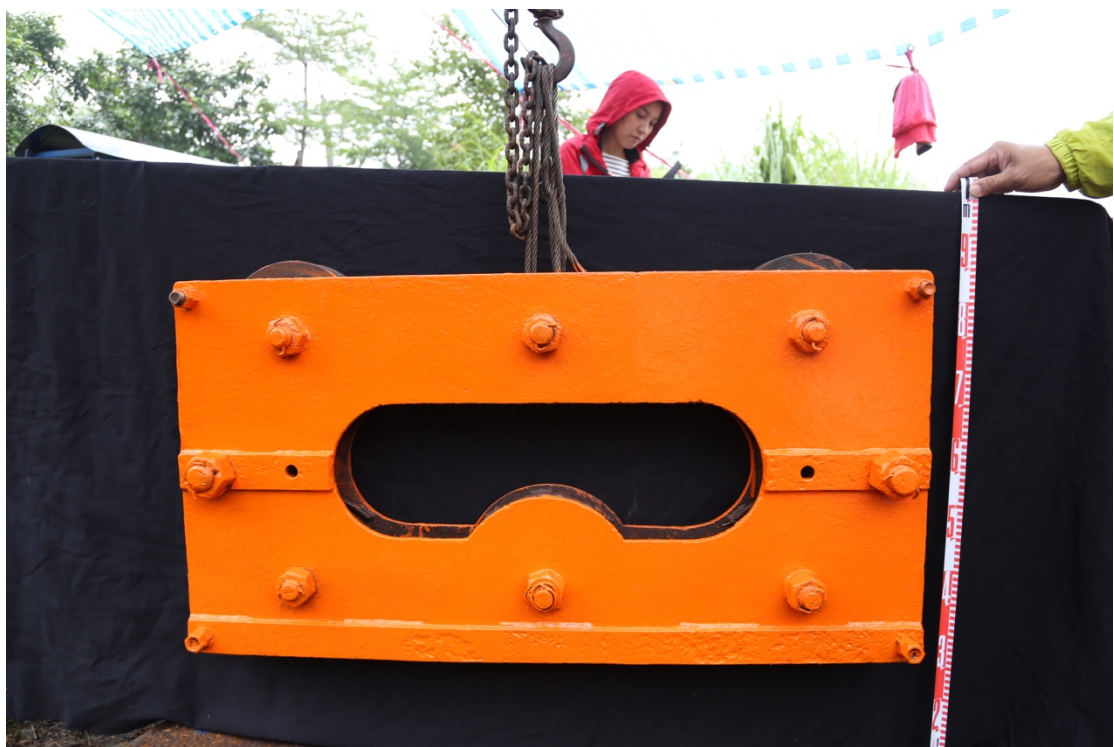


圖 50 無法通過中間支撐木的傳統封閉型搬器





圖 51 可通過中間支撐木的單面型搬器

表 41 搬器的重量

搬器種類	廠牌型號	重量 (kg)
傳統封閉型搬器	-----	需洽詢製造商 (一般在 50 kg 以上)
單面型搬器	Koller SKA1	160
	Wyssen HY2	385





表 42 (6×19)普通型鋼纜之拉斷負載

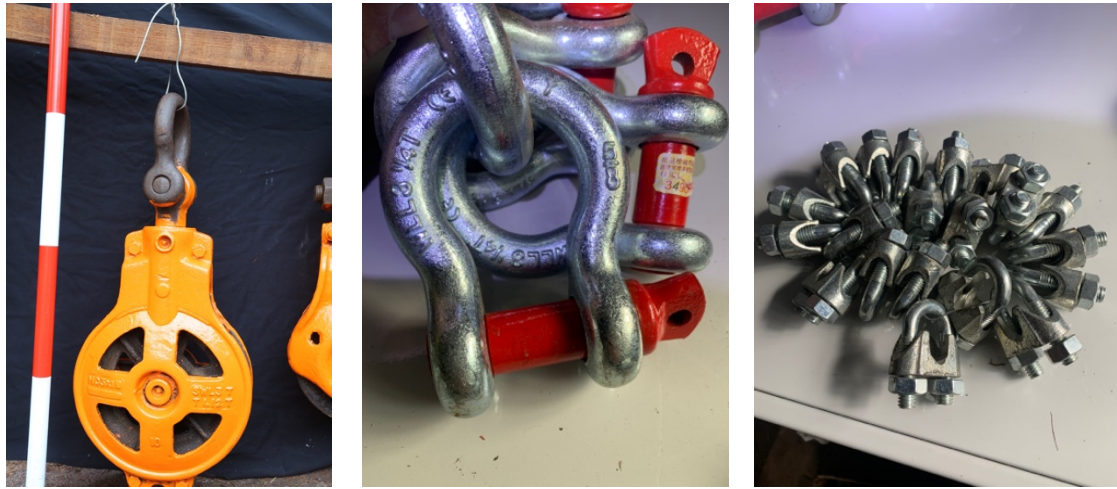
標稱直徑 (mm)		概算單位質量 (參考) (kg/m)	最小拉斷負載 (KN)	
鋼纜	普通鋼絲		正常撚法 鍍鋅鋼纜 G 種	正常撚法 裸鋼纜 A 種
6	0.39	0.131	18.1	19.4
8	0.53	0.233	32.1	34.6
9	0.59	0.295	40.7	43.8
10	0.66	0.364	50.2	54.0
12	0.79	0.524	72.3	77.8
14	0.93	0.713	98.4	106
16	1.06	0.932	128	138
18	1.19	1.18	163	175
20	1.33	1.46	201	216
22	1.46	1.76	243	261
24	1.59	2.10	289	311
26	1.78	2.46	339	365
28	1.86	2.85	393	424

(3) 其他架空索上負載器具會使用到之器具

其他架空索上負載器具會使用到之器具可能包括滑車、鉤環及鋼索夾器具等（圖 52）。滑車用途為轉移鋼索方向及減低張力等，主要有三種滑車：(1)三角滑車掛設於主、尾柱上，以承受架空索；(2)導索滑車用於架設各種作業索，使鋼索行走平順，並防止與地面磨擦；(3)吊滑車吊設於搬器下方，並可昇降，下方要安裝吊鉤供吊材用。滑車滑輪的外徑，原則上應為鋼索直徑的 10 倍以上，但三角滑車不在此限，滑輪溝槽深度則以 1.75~3 倍為佳。

林木收穫作業中一般常用之滑車、鉤環及鋼索夾器具等器具重量分別如表 43、表 44、表 45 所示。





滑車

鉤環

鋼索夾

圖 52 滑車、鉤環及鋼索夾器具

表 43 常用滑車之規格與重量

適用鋼索直徑(mm)規格	重量(kg)
7-9	3.3
13-15	8.9
15-18	15.5
18-20	26.5
20-24	29.5
24-26	33.0

表 44 常用鉤環之規格與重量

規格(in)	重量(kg)
1/2	0.32
5/8	0.58
3/4	1.04
7/8	1.54
1	2.26
1 1/8	3.08
1 1/4	4.72
1 1/2	7.50
2	19.52





表 45 常用鋼索夾之規格與重量

適用鋼索規格(mm)	重量(kg)
10	0.12
12	0.23
16	0.42
19	0.48
22	0.74
25	0.87
35	1.6





五、結論

- (一) 由林業機械作業成本分析結果，國內林木收穫作業可考慮引進塔式集材機與裝載式集運材拖車取代傳統之集運材機械，可大幅提升國內集運材作業效率。
- (二) 使用塔式集材機完成和平事業區第 62、65 林班與竹東事業區第 7 林班兩處人工林木材生產區域之集材作業效率與生產成本調查與分析，合計至目前集材原木材積共 395.645 m³。
- (三) 和平事業區第 62、65 林班以塔式集材機作業之每人每日集材材積為 8.746 m³，平均單位材積生產費用為 620.3 元/m³。竹東事業區第 7 林班以塔式集材機使用一般捆材索與自動解材裝置進行集材作業下之每人每日之標準集材材積量分別為 11.376 m³ 與 16.592 m³，平均單位材積生產費用分別為 551 元/m³ 與 482 元/m³。採用塔式集材機之集材生產效率明顯優於國內傳統之集材作業方式。使用自動解材裝置顯著提升集材生產效率並減低作業人員解材時的受傷風險。
- (四) 國內初次應用拖車式原木裝運材車進行原木裝運材與卸材整堆作業之之每人每日生產材積為 3.609 m³，平均單位材積生產費用為 846 元/m³。整體作業技能需要持續培養至熟練。
- (五) 完成塔式集材機集材作業教材五大章節內容之編撰。
- (六) 辦理完成一場次兩天的現場塔式集材機集材作業訓練課程，共 35 位學員參加。
- (七) 應用 Excel 試算功能完成「集材架線系統 1.0-鋼索設施及載重分析」系統，並提供相關系統的作業指引，對國內架線集材作業安全提供可靠的評估基準。
- (八) 完成柳杉、台灣杉、巒大杉、杉木、相思樹、桂竹、孟宗竹、蔴竹及集材架線會使用器具之重量調查，提供集材架線系統各鋼索安全係數評估之基準。





六、參考文獻

1. 吳順昭、鍾達雄、曹志毅、彭英藏、蔡鍾鎰、吳維新（1981） 柳杉人工林疏伐木最適當集材方法之研究，國立台灣大學森林學系與行政院退輔會森林開發處合作試驗報告第 35 號，40pp。
2. 卓志隆(2013) 疏伐作業之多段式集材架線規劃及標準工作量之研究與疏伐木搬出示範計畫成果報告，林務局。72 頁。
3. 卓志隆 (2015) 對環境友善之森林收穫作業與技術開發(3/3)成果報告,林務局。148 頁。
4. 卓志隆、胡子恒(2018) 針葉樹人工林疏伐作業之生產量與二氧化碳排放量分析比較。林產工業 37(1): 23-35。
5. 湯適謙、黃進和、周文彬、吳順昭（1997）高山地區柳杉人工林行列疏伐之作業效率，吳教授順昭榮退紀念論文集「木材利用與林產科技」，p.185-207。
6. 湯適謙（2007）棲蘭山柳杉人工林社會效益及決策策略之探討(2/4) 期末報告，21pp。
7. 朴相俊、岩岡正傳、酒井秀夫、小林洋司(1994) Thinning operation systems with a mobile tower-yarder and a profitable forest-road density. 東大農學部演習林報告 92: 175-197.
8. Adebayo Adebola B. (2006) Productivity and cost of cut-to-length and whole-tree harvesting in a mixed-conifer stand. Master thesis, University of Idaho, 45p.
9. Akay A. E. (1998) Estimating machine rates and production for selected forest harvesting machines operating in the western United States and determining the most economical machine combinations under representative conditions in Turkey. Master thesis, Oregon State Univ. 195 p.
10. Baek, SA., KH. Cho, and E. Lee(2020) Performance comparison for two cable extraction machine in Larix Kaempferi(Lamb.) Carr.Plantation, Sustainability 12.
11. Brinker R.W., J. Kinard, B. Rummer, B. Lanford (2002) Machine rates for selected forest harvesting machine. Alabama agricultural experimental station. Sept. 2002. 32p





12. Campbell T. (2016) Assessment of the opportunity of Modern cable yarder for application in New Zealand, Master thesis, 86 P. New Zealand School of Forestry, University of Canterbury, New Zealand.
13. Erber G., A. Haberl, T. Pentek, K. Stampfer (2017) Impact of operational parameters on the productivity of whole tree cable yarding- a statistical analysis based on operation data. *Austrian J For Sci.* 134(1):1-18.
14. Eriksson M. and O. Lindros (2014) Productivity of harvester and forwarder in CTL operations in northern Sweden based on large follow-up datasets. *Intl. j. For. Eng.* 25(3): 179-200.
15. FAO (1977) Planning forest roads and harvesting systems. FAO forestry paper 2 , FAO , Rome
16. Ghaffariyan MR., K. Stampfer, J. Session (2009) Production equations for tower yarders in Austria. *Int J For Eng.* 20(1):17-21.
17. Gumus, S. and Acar H. H. (2010) Evaluation of consecutive skyline yarding and gravity skidding systems in primary forestry transportation on steep terrain. *J. Environ. Biol.* 31: 213-218.
18. Hoffmann S., D. Jaegar, S. Schoenherr, M.Lingenfelder, D. Sun, J Zeng (2016) The effect of forest management systems on productivity and costs of cable yarding operation in Southern China. *For. Lett No* 109:11-24.
19. Holzleitner F., K. Stampfer, R. Visser (2011) Utilization rates and cost factors in timber harvesting based on long term machine data. *Croat. J. For. Eng.* 32: 501-507.
20. Howard A. F. and L. E. Coultish (1993). Production equations for tower yarding in coastal British Columbia. *Int J For Eng* 4(2): 19-25.
21. Huber C. and K. Stampfer (2015) Efficiency of Topping Tree in Cable Yarding Operations. *Croat. j. for. eng.* 36(2):185-195.
22. Johansson J. (1997). Small tree harvesting with a farm tractor and crane attached to the front. *Int J For Eng* 8(1): 21-33.
23. Kaakkurivaara N and T. Kaakkurivaara (2018) Productivity and cost analysis of three timber extraction methods on Steep terrain in Thailand, *Croat J. for Eng.*





- 39(2): 213-221.
24. Kellogg L. D., C. V. Milota, and M. Miller Jr. (1996). A comparison of skyline harvesting costs for alternative commercial thinning prescriptions. *Int J For Eng* 7(3): 7-23.
 25. LeDoux CB and LW Starnes (1986) Cable logging production rate equations for thinning young-growth Douglas-fir, *For. Prod. J.* 36(5):21-24.
 26. Lee E.,S. Im, and SK Han(2018) Productivity and cost of a small scale cable yarder in an uphill and downhill area : a case study in South Korea, *Forest Sci. Technol.*
 27. McNeel J. F. and K. Dodd (1997). Improving cable thinning system productivity by modifying felling phase operations. *Int J For Eng* 8(2): 47-56.
 28. Nitami T. , S. Suk , A. Kataoka and T. Mitsuyama (2011) Tower Yarder Operation in Japan and the Performance Analysis by GPS-based system. *Proceedings of FORMEC Conference. October(9-13):1-6.*
 29. Rien J. M. Visser and K. Stampfer (1998). Cable extraction of harvester-felled thinnings: An Austrian case study. *Int J For Eng* 9(1):39-46.
 30. Schweier J., ML Klein, H. Kirsten, D. Jaegar, F.Brieger, and UH Sauter (2020) Productivity and cost analysis of tower yarder systems using the Koller 507 and the Valentini 400 in Southwest Germany,*Int J For Eng.* 31(3):172-183.
 31. Spinelli R., N.Maganotti, R.Visser(2015) Productivity models for cable yarding in Alpine forests. *Eur. J Forest Eng.*1(1):9-14.
 32. Spinelli R., B. R. Hartsough, N. Magagnotti (2010 a) Productivity standards for Harvesters and processors in Italy. *Foresy Prod. J* 60(3):226-235.
 33. Spinelli R., N. Magagnotti, C. Lombardini (2010 b) Performance, capability and cost of small-scale cable yarding technology. *Small-scale For.* 9: 123-135.
 34. Spinelli R., N.Maganotti, G. Cosola, E.Labelle, R.Visser, and G.Erber (2021) The effect of yarding technique on yarding productivity and cost:Conventional Single-Hitch Suspension vs. Horizontal Double-Hitch Suspension, *Croat.J.Eng.* 42(3):369-380.
 35. Tunay M., K. Melemez, H. Acar (2003) Work performance of Koller K300 cable system on difficult terrain in Turkey. In: *New trends in wood harvesting with cable systems for sustainable forest management in the mountains; Ossiach,Austria, Rome: FAO/ECE/ILO and IUFRO: p.113-119.*





附錄一 塔式集材機集材作業練習題目與解答

1. 塔式集材機集材架線安全評估作業練習

有一塔式集材機之單徑間集材架線水平距離為 200 m，塔式集材機位置之海拔高度為 1,000 m，塔柱架空索滑車高度為 10 m，尾柱位置之海拔高度 1,053 m，尾柱架空索滑車高度為 8 m，集材作業採用之中點下垂度與機具如下：

1. 中點下垂度設定為 0.05。
2. 搬器採 Koller SKA1 型搬器重量為 150 kg 重。
3. 架空索採用標稱直徑 24 mm 6×19 普通型，正常撚法，裸鋼纜 A 種。
4. 作業索包括集材索與回控索，採用標稱直徑 12 mm 6×19 普通型，正常撚法，裸鋼纜 A 種。
5. 捆材索(升舉索)採用標稱直徑 12 mm 6×19 普通型，正常撚法，裸鋼纜 A 種，原木吊高之高度為 20 m，採一條掛法，每次捆材原木支數為 3 支。
6. 集材原木最大尺寸為末徑 30 cm，首徑為 36 cm，材長為 3.6 m，原木生材密度為 1.05 g/cm³。

試問：

1. 此集材架線之傾斜角。
2. 架空索無負載時之中點下垂量。
3. 徑間之架空索長度與重量。
4. 架空索承受之設計重量。
5. 載重後，架空索、回控索、捆材索承受之最大張力與安全係數?是否符合安全之規定。
6. 架空索承受張力為 6,400 kg 時之無負載及負載之中點下垂量與總下垂量?





2. 立木、錨定選定練習

承上題之單徑間架線，架空索之最大張力為 9,000 kg，尾柱架空索滑車高度為 8 m，錨定根株處鋼索角度為 40°，尾柱為柳杉立木，其彈性模數為 80,000 kgf/cm²，錨定根株處之根系牢固，使用時間 10 天，試問：

1. 尾柱承受之壓縮載重？
2. 尾柱中間處及繫滑車處之不含樹皮直徑應達多少才可以符合安全？(立木安全係數設定為 5)
3. 錨定根株直徑應達多少 cm 才可以承受 9,000 kg 之架空索張力？
4. 錨定處與尾柱間之水平距離應為多少公尺？





3.塔式集材機集材架線安全評估作業練習解答

$$1. \quad \alpha = \tan^{-1} \frac{(1061-1010)}{200} = 14.3^\circ$$

$$2. \quad f_0 = 200 \times 0.05 = 10 \text{ (m)}$$

$$3. \quad \begin{aligned} \angle &= \beta \cdot \ell = \left(1 + \frac{8}{3} s^2 \cos^4 \alpha\right) \cdot \ell_0 \cdot \sec 14.3^\circ \\ &= \left(1 + \frac{8}{3} 0.05^2 \cos^4 14.3^\circ\right) \cdot 200 \cdot \sec 14.3^\circ \\ &= 206.4(1.00588) = 207.6 \text{ (m)} \end{aligned}$$

$$W = 207.6 \times 2.10 \text{ (kg/m)} \doteq 436.0 \text{ (kg)}$$

$$4. \quad \text{作業索重量} = 207.6 \times 1.2 \times 0.524 = 130.5$$

$$\text{原木重量} = 0.3^2 \times 3.6 \times 1050 \times 3 = 1021 \text{ (kg)}$$

搬器重量: 150kg

$$\text{設計重量(P)} = (1021 + 150) \times 1.3 + \frac{130.5}{2} \doteq 1588 \text{ (kg)}$$

$$5. \quad \text{載重度} n = \frac{P}{W} = \frac{1588}{436} = 3.64$$

$$Z_1 = \frac{1 + n}{\sqrt{1 + 3n + 3n^2}} = 0.646$$

$$\Rightarrow S_1 = Z_1 \cdot S = 0.646 \cdot 0.05 = 0.032$$

(1) 架空索最大張力

$$\begin{aligned} T_{1\max} &= (W + P) \cdot \frac{\sqrt{1 + (\tan \alpha + 4S_1)^2}}{8S_1} \\ &= (436 + 1588) \cdot \frac{\sqrt{1 + (\tan 14.3 + 4 \cdot 0.032)^2}}{8 \times 0.032} \\ &= 2024 \left(\frac{1.07}{0.256} \right) = 8460 \text{ (kg)} = 82908 \text{ (N)} \end{aligned}$$

$$N(\text{安全係數}) = \frac{BS}{T_{1\max}} = \frac{311 \times 10^3 \text{ (N)}}{82908 \text{ (N)}} = 3.75 \Rightarrow 3.75 > 2.7 \Rightarrow \text{OK 安全}$$

$$(2) \quad \text{回控索張力} T = (150 + 1021) \times \sin 14.3 = 289.2 \text{ (kg)} = 2834.5 \text{ (N)}$$

$$N(\text{安全係數}) = \frac{BS}{T} = \frac{77.8 \times 10^3 \text{ (N)}}{2834.5 \text{ (N)}} = 27.4 \Rightarrow 27.4 > 4 \Rightarrow \text{OK}$$

$$(3) \quad \text{捆材索張力} T = \frac{1021}{1} + 0.524 \times 20 = 1031.5 \text{ (kg)} = 10109 \text{ (N)}$$

$$N(\text{安全係數}) = \frac{BS}{T} = \frac{77.8 \times 10^3 \text{ (N)}}{10109} = 7.7 \Rightarrow 7.7 > 6 \Rightarrow \text{OK}$$





6. 無負荷時之中點下垂量 $f_0 = \frac{L^2 \times q}{8 \times T} = \frac{206.4^2 \times 2.10}{8 \times 6400} = 1.75 \text{ (m)}$

負荷時之中點下垂量 $f_1 = \frac{L \times Q}{4 \times T} = \frac{206.4 \times (1021 + 150 + \frac{130.5}{2})}{4 \times 6400} = 9.97 \text{ (m)}$

總下垂量 = $f_0 + f_1 = 1.75 + 9.97 = 11.7 \text{ (m)}$

$\frac{11.7}{200} = 0.059$ (中點下垂度) > 0.05 ，應增加架空索張力至 7498 kg，中點下垂度才符合 0.05 規度

$f_0 = 1.491 \text{ (m)}$ ， $f_1 = 8.508 \text{ (m)}$

$f_0 + f_1 = 9.98$ ， $S = \frac{9.98}{200} \approx 0.05$





4. 立木、錨定選定練習解答

1. $P = 9,000 \times \sin 14.3^\circ = 2,223 \text{ (kg)}$

或查表 $14.4^\circ \Rightarrow 9,000 \text{ kg} \rightarrow \frac{2,010+2,510}{2} = 2,260 \text{ (kg)}$

2. $dm = \sqrt[4]{\frac{64 \times I}{\pi}}$, $I = \frac{P \times \ell_R^2 \times v}{\pi^2 \times E} = \frac{2,223 \times 800^2 \times 5}{\pi^2 \times 80,000} = 9,009 \text{ (cm}^4\text{)}$

$dm = \sqrt[4]{\frac{64 \times 9,009}{\pi}} = 20.7 \text{ (cm)}$

或查表 $P = 2,000 \text{ kg} \rightarrow dm = 20.5 \text{ (cm)}$

$P = 3,000 \text{ kg} \rightarrow dm = 22.5 \text{ (cm)}$

$P = 2,223 \text{ kg} \rightarrow dm = 21.0 \text{ (cm)}$

繫索處直徑 $P = 2,000 \rightarrow 17 \text{ cm}$

$P = 3,000 \rightarrow 19 \text{ cm}$

$P = 2,223 \rightarrow 17.5 \text{ cm}$

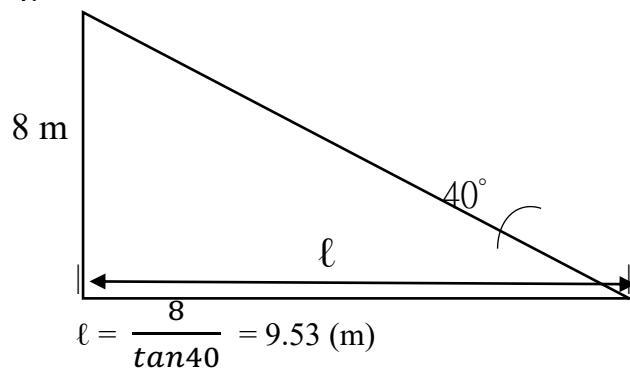
3. $9,000 \text{ kg} \approx 90 \text{ KN}$

$F(Z) = \frac{(\frac{D}{10})^2 \times 10}{5} \geq 90 \text{ KN}$

$(\frac{D}{10}) \geq 6.71$

$D \geq 67.1 \text{ (cm)}$

4.





附錄二 「集材架線系統 1.0-鋼索設施及載重分析」巨集程式

```
Sub Get_coords()  
' Get_coords Macro  
' Macro recorded 6/10/2022by Tseng '  
,  
  
Application.ScreenUpdating = False  
Sheets("縱剖面資料輸入").Select  
ActiveSheet.Unprotect Password:="berger00"  
Range(Cells(5, 27), Cells(54, 28)).Select  
Selection.ClearContents  
Range("A1").Select  
Xcoord = Range(Cells(5, 5), Cells(5, 5)).Value  
Ycoord = Range(Cells(5, 6), Cells(5, 6)).Value  
Range(Cells(5, 27), Cells(5, 27)).Value = Xcoord  
Range(Cells(5, 28), Cells(5, 28)).Value = Ycoord  
    For i = 1 To 50  
        If Range(Cells(5 + (2 * i), 5), Cells(5 + (2 * i), 5)).Value > 0 Then  
            Xcoord = Range(Cells(5 + (2 * i), 5), Cells(5 + (2 * i), 5)).Value  
            Ycoord = Range(Cells(5 + (2 * i), 6), Cells(5 + (2 * i), 6)).Value  
            Range(Cells(5 + i, 27), Cells(5 + i, 27)).Value = Xcoord  
            Range(Cells(5 + i, 28), Cells(5 + i, 28)).Value = Ycoord  
        Else  
            End If  
    Next i  
Range("A1").Select  
ActiveSheet.Protect Password:="berger00", DrawingObjects:=True, Contents:=True,  
Scenarios:=True  
ActiveSheet.EnableSelection = xlUnlockedCells  
ActiveSheet.EnableSelection = xlLockedCells  
Call Chart_scale  
Call Chart_scale_view  
Sheets("縱剖面圖輸出").Select  
Range("A1").Select  
End Sub  
Sub Refresh_analysis()  
Call Get_coords  
Sheets("資料分析").Select  
Range("A1").Select  
End Sub  
Sub Get_coords_analysis()  
,  
  
' Get_coords_analysis Macro  
' Macro recorded 6/10/2022by Tseng '
```





```
'  
Application.ScreenUpdating = False  
Sheets("縱剖面資料輸入").Select  
ActiveSheet.Unprotect Password:="berger00"  
Range(Cells(5, 27), Cells(34, 28)).Select  
Selection.ClearContents  
Range("A1").Select  
Xcoord = Range(Cells(5, 5), Cells(5, 5)).Value  
Ycoord = Range(Cells(5, 6), Cells(5, 6)).Value  
Range(Cells(5, 27), Cells(5, 27)).Value = Xcoord  
Range(Cells(5, 28), Cells(5, 28)).Value = Ycoord  
For i = 1 To 49  
    If Range(Cells(5 + (2 * i), 5), Cells(5 + (2 * i), 5)).Value > 0 Then  
        Xcoord = Range(Cells(5 + (2 * i), 5), Cells(5 + (2 * i), 5)).Value  
        Ycoord = Range(Cells(5 + (2 * i), 6), Cells(5 + (2 * i), 6)).Value  
        Range(Cells(5 + i, 27), Cells(5 + i, 27)).Value = Xcoord  
        Range(Cells(5 + i, 28), Cells(5 + i, 28)).Value = Ycoord  
    Else  
        End If  
Next i  
Range("A1").Select  
ActiveSheet.Protect Password:="berger00", DrawingObjects:=True, Contents:=True,  
Scenarios:=True  
ActiveSheet.EnableSelection = xlUnlockedCells  
ActiveSheet.EnableSelection = xlLockedCells  
Call Chart_scale_view  
Call Chart_scale  
Sheets("資料分析").Select  
Range("A1").Select  
End Sub  
Sub Load_conv_gis_pro()  
'  
'Load a converted gis profile macro  
' Macro recorded 6/10/2022by Tseng '  
MsgBox "Load converted GIS Profile Data (text file converted from GIS data by this  
program only) into this worksheet. Choose the filename and location in next window"  
Application.ScreenUpdating = False  
fileToOpen = Application _  
.GetOpenFilename("Text Files (*.txt), *.txt")  
    If fileToOpen = False Then  
        GoTo Cycle  
    End If  
Workbooks.OpenText Filename:=fileToOpen, Origin:=xlWindows, StartRow:= _
```





```
1, DataType:=xlDelimited, TextQualifier:=xlDoubleQuote, _  
ConsecutiveDelimiter:=False, Tab:=False, Semicolon:=False, Comma:=True _  
, Space:=False, Other:=False, FieldInfo:=Array(Array(1, 1), Array(2, 1), _  
Array(3, 1), Array(4, 1), Array(5, 1), Array(6, 1), Array(7, 1))
```

```
File2 = ThisWorkbook.Name 'Workbook to copy to  
File3 = ActiveWorkbook.Name 'Workbook to copy from
```

```
Workbooks(File3).Activate  
TypeP$ = Range("A1").Value  
Workbooks(File2).Activate
```

```
If TypeP$ <> "GIS_PRO" Then  
    MsgBox "The file you have selected is not a Converted GIS Profile "  
    Workbooks(File3).Close SaveChanges:=False  
    Range("C6").Select  
    End  
End If
```

```
ActiveSheet.Unprotect Password:="berger00"  
Range("Y13").Value = False  
Range("C6:D102").Select  
Selection.ClearContents  
Range("A1").Select
```

```
Workbooks(File3).Activate  
Range("A2").Select  
Selection.Copy  
Workbooks(File2).Activate  
Range("I13").Select  
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _  
False, Transpose:=False
```

```
Range("I15").Value = "GIS"  
Range("I5") = File3
```

```
Workbooks(File3).Activate  
Range("A3:B99").Select  
Selection.Copy  
Workbooks(File2).Activate  
Range("C6").Select  
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _  
False, Transpose:=False
```





```
Workbooks(File3).Close SaveChanges:=False
Range(Cells(5, 27), Cells(54, 28)).Select
Selection.ClearContents
Range("A1").Select
Xcoord = Range(Cells(5, 5), Cells(5, 5)).Value
Ycoord = Range(Cells(5, 6), Cells(5, 6)).Value
Range(Cells(5, 27), Cells(5, 27)).Value = Xcoord
Range(Cells(5, 28), Cells(5, 28)).Value = Ycoord
For i = 1 To 50
    If Range(Cells(5 + (2 * i), 5), Cells(5 + (2 * i), 5)).Value > 0 Then
        Xcoord = Range(Cells(5 + (2 * i), 5), Cells(5 + (2 * i), 5)).Value
        Ycoord = Range(Cells(5 + (2 * i), 6), Cells(5 + (2 * i), 6)).Value
        Range(Cells(5 + i, 27), Cells(5 + i, 27)).Value = Xcoord
        Range(Cells(5 + i, 28), Cells(5 + i, 28)).Value = Ycoord
    End If
Next i
ActiveSheet.Protect Password:="berger00", DrawingObjects:=True, Contents:=True,
Scenarios:=True
ActiveSheet.EnableSelection = xlUnlockedCells
Sheets("資料分析").Select
ActiveSheet.Unprotect Password:="berger00"
Range("F22:F27").Select
Selection.ClearContents
Range("G23:G27").Select
Selection.ClearContent
Range("K22:L22").Select
Selection.ClearContents
Range("A22").Select
Selection.ClearContent
Range("H104").Select
Selection.ClearContents
Range("H106").Select
Selection.ClearContents
Range("E112").Select
Selection.ClearContents

Range("E115").Select
Selection.ClearContents

Range("L24").Select
Selection.ClearContents

Range("A1").Select
```





```
ActiveSheet.Protect Password:="berger00", DrawingObjects:=True, Contents:=True,  
Scenarios:=True
```

```
Sheets("結果").Select  
ActiveSheet.Unprotect Password:="berger00"
```

```
Range("AE17:AO57").Select  
Selection.ClearContents  
Range("AI11:AT11").Select  
Selection.ClearContents
```

```
ActiveSheet.Protect Password:="berger00", DrawingObjects:=True, Contents:=True,  
Scenarios:=True  
Range("A1").Select
```

```
Call Chart_scale  
Call Chart_scale_view
```

```
Sheets("縱剖面資料輸入").Select  
ActiveSheet.Protect Password:="berger00", DrawingObjects:=True, Contents:=True,  
Scenarios:=True  
ActiveSheet.EnableSelection = xlUnlockedCells
```

```
Cycle:  
Range("D2").Select  
End Sub  
Sub Get_pro()  
,
```

```
'Get_pro Macro saved previously  
' Macro recorded 6/10/2022by Tseng '  
MsgBox "Import previously saved PROFILE DATA ONLY (text file saved by this  
program only) into this worksheet. Choose the filename and location in next window"  
Application.ScreenUpdating = False  
fileToOpen = Application _  
.GetOpenFilename("Text Files (*.txt), *.txt")  
If fileToOpen = False Then  
GoTo Cycle  
End If  
Workbooks.OpenText Filename:=fileToOpen, Origin:=xlWindows, StartRow:= _  
1, DataType:=xlDelimited, TextQualifier:=xlDoubleQuote, _  
ConsecutiveDelimiter:=False, Tab:=False, Semicolon:=False, Comma:=True _  
, Space:=False, Other:=False, FieldInfo:=Array(Array(1, 1), Array(2, 1), _  
Array(3, 1), Array(4, 1), Array(5, 1), Array(6, 1), Array(7, 1))
```





```
File2 = ThisWorkbook.Name 'Workbook to copy to  
File3 = ActiveWorkbook.Name 'Workbook to copy from
```

```
Workbooks(File3).Activate  
meas = Range("H1").Value  
Version = Range("G1").Value
```

```
If Range("A1").Value = "GIS_PRO" Then  
    MsgBox "This profile is a converted GIS profile and cannot be opened with this  
    routine. Use the LOAD CONVERTED PROFILE ROUTINE."  
    Workbooks(File3).Close SaveChanges = False  
    Workbooks(File2).Activate  
    Range("A1").Select  
    End  
End If
```

```
'If Version < 2 Then  
'MsgBox "This profile was saved by a earlier SkylineXL version and cannot be opened."  
' Workbooks(File3).Close SaveChanges = False  
' Workbooks(File2).Activate  
' Range("A1").Select  
'End  
'End If
```

```
Workbooks(File2).Activate  
ActiveSheet.Unprotect Password:="berger00"  
Range("Y13").Value = False  
Range("C6:D102").Select  
Selection.ClearContents  
Range("G5:G103").Select  
Selection.ClearContents  
Range("A1").Select  
Workbooks(File3).Activate  
If meas <> 0 Then  
    Range("H1").Select  
    Selection.Copy  
    Workbooks(File2).Activate  
    Range("D2").Select  
    Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _  
        False, Transpose:=False  
    End If  
Workbooks(File3).Activate  
Range("A1").Select
```





Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range("I5").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
False, Transpose:=False
Workbooks(File3).Activate
Range("B1").Select
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range("I7").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
False, Transpose:=False
Workbooks(File3).Activate
Range("C1").Select
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range("I9").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
False, Transpose:=False
Workbooks(File3).Activate
Range("D1").Select
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range("I11").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
False, Transpose:=False
Workbooks(File3).Activate
Range("E1").Select
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range("I13").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
False, Transpose:=False
Workbooks(File3).Activate
Range("F1").Select
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range("I15").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
False, Transpose:=False
Workbooks(File3).Activate
Range("A2:B98").Select
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate





```
Range("C6").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
    False, Transpose:=False
Workbooks(File3).Activate
Range("C2:C100").Select
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
    If Version < 2 Then
        Range("G7").Select
    Else
        Range("G5").Select
    End If
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
    False, Transpose:=False
Range("G5").Select
Selection.Copy
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
    False, Transpose:=False
Workbooks(File3).Close SaveChanges = False

Range(Cells(5, 27), Cells(54, 28)).Select
Selection.ClearContents
Range("A1").Select
Xcoord = Range(Cells(5, 5), Cells(5, 5)).Value
Ycoord = Range(Cells(5, 6), Cells(5, 6)).Value
Range(Cells(5, 27), Cells(5, 27)).Value = Xcoord
Range(Cells(5, 28), Cells(5, 28)).Value = Ycoord
For i = 1 To 50
    If Range(Cells(5 + (2 * i), 5), Cells(5 + (2 * i), 5)).Value > 0 Then
        Xcoord = Range(Cells(5 + (2 * i), 5), Cells(5 + (2 * i), 5)).Value
        Ycoord = Range(Cells(5 + (2 * i), 6), Cells(5 + (2 * i), 6)).Value
        Range(Cells(5 + i, 27), Cells(5 + i, 27)).Value = Xcoord
        Range(Cells(5 + i, 28), Cells(5 + i, 28)).Value = Ycoord
    End If
Next i
ActiveSheet.Protect Password:="berger00", DrawingObjects:=True, Contents:=True,
Scenarios:=True
ActiveSheet.EnableSelection = xlUnlockedCells
ActiveSheet.EnableSelection = xlLockedCells
Sheets("Analysis").Select
ActiveSheet.Unprotect Password:="berger00"
Range("F22:F27").Select
Selection.ClearContents
Range("G23:G27").Select
```





Selection.ClearContents
Range("K22:L22").Select
Selection.ClearContents
Range("C25:C27").Select
Selection.ClearContents
Range("A22").Select
Selection.ClearContents
Range("H104").Select
Selection.ClearContents
Range("H106").Select
Selection.ClearContents
Range("E112").Select
Selection.ClearContents
Range("E115").Select
Selection.ClearContents
Range("L24").Select
Selection.ClearContents
Range("A1").Select
ActiveSheet.Protect Password:="berger00", DrawingObjects:=True, Contents:=True,
Scenarios:=True

'Sheets("集材機與搬器").Select
Range("C5").Select
Selection.ClearContents
Range("C16").Select
Selection.ClearContents
Range("A1").Select

Sheets("結果").Select
ActiveSheet.Unprotect Password:="berger00"
Range("AE17:AO57").Select
Selection.ClearContents
Range("AI11:AT11").Select
Selection.ClearContents
ActiveSheet.Protect Password:="berger00", DrawingObjects:=True, Contents:=True,
Scenarios:=True
Range("A1").Select

Call Chart_scale
Call Chart_scale_view

Sheets("縱剖面資料輸入").Select
ActiveSheet.Protect Password:="berger00", DrawingObjects:=True, Contents:=True,
Scenarios:=True





```
ActiveSheet.EnableSelection = xlUnlockedCells
Cycle:
Range("D2").Select
End Sub
Sub Save_analysis()
'
' Save_analysis Macro
' Macro recorded 6/10/2022by Tseng "
'
analysisname$ = Range("AG38").Value
Dim Msg, Style, Title, Response
Msg = "Save the current PROFILE AND ANALYSIS DATA in a text file for later use.
Choose the file name and location in next window."
Style = vbOK
Title = "Save Analysis & Profile Data Text File"      ' Define title.
Response = MsgBox(Msg, Style, Title)

Application.ScreenUpdating = False

If Response = vbOK Then
    FileSaveName = Application.GetSaveAsFilename(analysisname$,
fileFilter:="Text Files (*.txt), *.txt")

        If FileSaveName <> False Then
            fname = FileSaveName
        Else
            GoTo Ending
        End If
    Else
        GoTo Ending
    End If

Range("A1").Select

Open FileSaveName For Output As #1

Sheets("縱剖面資料輸入").Select

RecordMeas = Range("D2").Value
RecordName = Range(Cells(11, 33), Cells(11, 33)).Value
RecordAz = Range(Cells(7, 9), Cells(7, 9)).Value
RecordDate = Range(Cells(8, 33), Cells(8, 33)).Value
RecordAnalyst = Range(Cells(11, 9), Cells(11, 9)).Value
RecordElevation = Range(Cells(13, 9), Cells(13, 9)).Value
```





```
RecordPrototype = Range(Cells(15, 9), Cells(15, 9)).Value
Version = 2

Write #1, RecordName; RecordAz; RecordDate, RecordAnalyst, RecordElevation,
RecordPrototype, Version, RecordMeas

For i = 1 To 99
    RecordSD = Range(Cells(5 + i, 3), Cells(5 + i, 3)).Value
    RecordPS = Range(Cells(5 + i, 4), Cells(5 + i, 4)).Value
    RecordNotes = Range(Cells(4 + i, 7), Cells(4 + i, 7)).Value
    Write #1, RecordSD; RecordPS; RecordNotes
Next i
,
Sheets("分析").Select
,
lsys$ = Range("A22").Value
tagl = Range("C25").Value
logl = Range("C26").Value
logd = Range("C27").Value
hsd = Range("F22").Value
hsh = Range("G22").Value
tsd = Range("F23").Value
tsh = Range("G23").Value
is1d = Range("F24").Value
is1h = Range("G24").Value
is2d = Range("F25").Value
is2h = Range("G25").Value
is3d = Range("F26").Value
is3h = Range("G26").Value
aname$ = Range("F28").Value
iyd = Range("K22").Value
oyd = Range("L22").Value
'fulls$ = Range("J28").Value
suspt$ = Range("J29").Value
'specs$ = Range("J30").Value
'fulld = Range("K28").Value
suspd = Range("L29").Value
'specd = Range("K30").Value
lcf = Range("L24").Value
,
'Write Analysis screen'
Write #1, lsys$
Write #1, tagl
Write #1, logl
```





```
Write #1, logd
Write #1, hsd
Write #1, hsh
Write #1, tsd
Write #1, tsh
Write #1, is1d
Write #1, is1h
Write #1, is2d
Write #1, is2h
Write #1, is3d
Write #1, is3h
Write #1, aname$
Write #1, iyd
Write #1, oyd
'Write #1, fulls$
Write #1, suspt$
'Write #1, specs$
'Write #1, fulld
Write #1, suspd
'Write #1, specd
Write #1, lcf
'Write #1, yardn$
'Write #1, carrn$
,
Range("A1").Select
,
Sheets("集材機與搬器").Select
,
'集材機選擇'
yName$ = Range("C5").Value
'yName$ = yName$ & "_added"
tHeight = Range("E5").Value
hPower = Range("F5").Value
,
mLineftlb = Range("I5").Value
hLineftlb = Range("J5").Value
,
sLinedia = Range("D8").Value
sLinetype$ = Range("E8").Value
    If sLinetype$ = "0" Then sLinetype$ = ""
    'End If
sLinelen = Range("H8").Value
,
mLinedia = Range("D9").Value
```





```
mLinetype$ = Range("E9").Value
  If mLinetype$ = "0" Then mLinetype$ = ""
  'End If
mLinelen = Range("H9").Value
mDrumdia = Range("I9").Value
mDrumwid = Range("J9").Value
'
hLinedia = Range("D10").Value
hLinetype$ = Range("E10").Value
  If hLinetype$ = "0" Then hLinetype$ = ""
  'End If
hLinelen = Range("H10").Value
hDrumdia = Range("I10").Value
hDrumwid = Range("J10").Value
'
skLinedia = Range("D11").Value
skLinetype$ = Range("E11").Value
  If skLinetype$ = "0" Then skLinetype$ = ""
  'End If
skLinelen = Range("H11").Value
'
'搬器選擇'
cName$ = Range("C16").Value
'cName$ = cName$ & "_added"
cWeight = Range("E16").Value
cPower = Range("F16").Value
cClamp$ = Range("G16").Value
cMethod$ = Range("H16").Value
cCapable$ = Range("I16").Value
cDrums = Range("J16").Value
'
cSkymindia = Range("E19").Value
cSkymaxdia = Range("F19").Value
cMainmindia = Range("E20").Value
cMainmaxdia = Range("F20").Value
cDroplen = Range("G21").Value
cDropdia = Range("H21").Value
'
'Write Yarders & Carriages screen
'
Write #1, yName$
'
Write #1, cName$
'
```





```
Range("A1").Select
,
Sheets("註解說明").Select
,
For i = 1 To 25
    note$ = Range(Cells(5 + i, 2), Cells(5 + i, 2)).Value
    Write #1, note$
Next i
Range("A1").Select
,
'Write Database selections
,
Write #1, tHeight
Write #1, hPower
Write #1, mLineftlb
Write #1, hLineftlb
Write #1, sLinedia
Write #1, sLinetype$
Write #1, sLinelen
Write #1, mLinedia
Write #1, mLinetype$
Write #1, mLinelen
Write #1, mDrumdia
Write #1, mDrumwid
Write #1, hLinedia
Write #1, hLinetype$
Write #1, hLinelen
Write #1, hDrumdia
Write #1, hDrumwid
Write #1, skLinedia
Write #1, skLinetype$
Write #1, skLinelen
,
Write #1, cWeight
Write #1, cPower
Write #1, cClamp$
Write #1, cMethod$
Write #1, cCapable$
Write #1, cDrums
Write #1, cSkymindia
Write #1, cSkymaxdia
Write #1, cMainmindia
Write #1, cMainmaxdia
Write #1, cDroplen
```





```
Write #1, cDropdia
,

Close #1
,

Sheets("資料分析").Select
,

Ending:
    Range("A1").Select
End Sub
Sub Save_pro()
,

' Save_pro Macro
' Macro recorded 6/10/2022by Tseng '

,

proname$ = Range("AG24").Value

Dim Msg, Style, Title, Response
Msg = "Save the CURRENT PROFILE DATA ONLY in a text file for later use.  Choose
the file name and location in next window."
Style = vbOK
    Title = "Save Profile Data Text File"      ' Define title.
    Response = MsgBox(Msg, Style, Title)
    If Response = vbOK Then
        FileSaveName = Application.GetSaveAsFilename(proname$, fileFilter:="Text
Files (*.txt), *.txt")
        If FileSaveName <> False Then
            fname = FileSaveName
        Else
            GoTo Ending
        End If
    Else
        GoTo Ending
    End If
    Range("A1").Select
    Open FileSaveName For Output As #1
    RecordMeas = Range("D2").Value
    RecordName = Range(Cells(11, 33), Cells(11, 33)).Value
    RecordAz = Range(Cells(7, 9), Cells(7, 9)).Value
    RecordDate = Range(Cells(8, 33), Cells(8, 33)).Value
    RecordAnalyst = Range(Cells(11, 9), Cells(11, 9)).Value
    RecordElevation = Range(Cells(13, 9), Cells(13, 9)).Value
    RecordProttype = Range(Cells(15, 9), Cells(15, 9)).Value
    Version = 2
```





```
End If
'
Application.ScreenUpdating = False
'
Count = 50 - Range("AG5").Value
Range(Cells(5, 30), Cells(103, 32)).Select
Selection.ClearContents
Range("A1").Select
notes$ = Range(Cells(103 - 2 * Count, 7), Cells(103 - 2 * Count, 7)).Value
Range(Cells(5, 32), Cells(5, 32)).Value = notes$
'
k = 1
For i = 1 To 49
    If Range(Cells(105 - (2 * i), 5), Cells(105 - (2 * i), 5)).Value > 0 Then
        SD = Range(Cells(104 - (2 * i), 3), Cells(104 - (2 * i), 3)).Value
        PS = Range(Cells(104 - (2 * i), 4), Cells(104 - (2 * i), 4)).Value
        notes$ = Range(Cells(103 - (2 * i), 7), Cells(103 - (2 * i), 7)).Value
        '
        Range(Cells((2 * k) + 5, 30), Cells((2 * k) + 5, 30)).Value = SD
        Range(Cells((2 * k) + 5, 31), Cells((2 * k) + 5, 31)).Value = -PS
        Range(Cells((2 * k) + 5, 32), Cells((2 * k) + 5, 32)).Value = notes$
        k = k + 1
    Else
        End If
    Next i
'
Range(Cells(7, 30), Cells(103, 31)).Select
Selection.Copy
Range(Cells(6, 3), Cells(102, 4)).Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
'
Range(Cells(5, 32), Cells(103, 32)).Select
Selection.Copy
Range(Cells(5, 7), Cells(103, 7)).Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks _
    :=False, Transpose:=False
'
Range(Cells(5, 27), Cells(54, 28)).Select
Selection.ClearContents
Range("A1").Select
'
Xcoord = Range(Cells(5, 5), Cells(5, 5)).Value
Ycoord = Range(Cells(5, 6), Cells(5, 6)).Value
```





```
Range(Cells(5, 27), Cells(5, 27)).Value = Xcoord
Range(Cells(5, 28), Cells(5, 28)).Value = Ycoord
  For i = 1 To 50
    If Range(Cells(5 + (2 * i), 5), Cells(5 + (2 * i), 5)).Value > 0 Then
      Xcoord = Range(Cells(5 + (2 * i), 5), Cells(5 + (2 * i), 5)).Value
      Ycoord = Range(Cells(5 + (2 * i), 6), Cells(5 + (2 * i), 6)).Value
      Range(Cells(5 + i, 27), Cells(5 + i, 27)).Value = Xcoord
      Range(Cells(5 + i, 28), Cells(5 + i, 28)).Value = Ycoord
    Else
      End If
  Next i
,
Sheets("資料分析").Select
ActiveSheet.Unprotect Password:="berger00"
Range("F22:F27").Select
Selection.ClearContents
Range("K22:L22").Select
Selection.ClearContents
Range("G23:G27").Select
Selection.ClearContents
Range("EL24").Select
Selection.ClearContents
Range("A1").Select
ActiveSheet.Protect Password:="berger00", DrawingObjects:=True, Contents:=True,
Scenarios:=True
,
Call clear_load

Sheets("縱剖面資料輸入").Select
Range("I13").Value = newele
Call Get_coords
,
Sheets("縱剖面資料輸入").Select
ActiveSheet.Protect Password:="berger00", DrawingObjects:=True, Contents:=True,
Scenarios:=True
ActiveSheet.EnableSelection = xlUnlockedCells
ActiveSheet.EnableSelection = xlLockedCells
Range("D2").Select
End Sub
Sub Get_ana()
' Macro recorded 6/10/2022by Tseng '
MsgBox "Import previously saved PROFILE AND ANALYSIS DATA (text file saved by
this program only) into this worksheet. Choose the filename and location in next
window"
```





```
Application.ScreenUpdating = False
fileToOpen = Application _
.GetOpenFilename("Text Files (*.txt), *.txt")
    If fileToOpen = False Then
        GoTo Cycle
    End If
Workbooks.OpenText Filename:=fileToOpen, Origin:=xlWindows, StartRow:= _
    1, DataType:=xlDelimited, TextQualifier:=xlDoubleQuote, _
    ConsecutiveDelimiter:=False, Tab:=False, Semicolon:=False, Comma:=True _
    , Space:=False, Other:=False, FieldInfo:=Array(Array(1, 1), Array(2, 1), _
    Array(3, 1), Array(4, 1), Array(5, 1), Array(6, 1), Array(7, 1))
```

```
Application.ScreenUpdating = False
File2 = ThisWorkbook.Name 'Workbook to copy to
File3 = ActiveWorkbook.Name 'Workbook to copy from
```

```
Workbooks(File3).Activate
Version = Range("G1").Value
MoveOn = Range("A148").Value
```

```
'If Version < 2 Then
'MsgBox "This profile was saved by a earlier SkylineXL version and cannot be opened."
'    Workbooks(File3).Close SaveChanges = False
'    Workbooks(File2).Activate
'    Range("A1").Select
'End
'End If
```

```
Workbooks(File2).Activate
```

```
Sheets("縱剖面資料輸入").Select
ActiveSheet.Unprotect Password:="berger00"
Range("C6:D102").Select
Selection.ClearContents
Range("G5:G103").Select
Selection.ClearContents
Range("A1").Select
```

```
Workbooks(File3).Activate
If Range("H1").Value <> 0 Then
```

```
    meas = Range("H1").Value
    Range("H1").Select
    Selection.Copy
```





```
Workbooks(File2).Activate  
Range("D2").Select  
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _  
    False, Transpose:=False  
End If
```

```
Workbooks(File3).Activate  
Range("A1").Select  
Selection.Copy  
Workbooks(File2).Activate  
Range("I5").Select  
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _  
    False, Transpose:=False
```

```
Workbooks(File3).Activate  
Range("B1").Select  
Selection.Copy  
Workbooks(File2).Activate  
Range("I7").Select  
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _  
    False, Transpose:=False
```

```
Workbooks(File3).Activate  
Range("C1").Select  
Selection.Copy  
Workbooks(File2).Activate  
Range("I9").Select  
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _  
    False, Transpose:=False
```

```
Workbooks(File3).Activate  
Range("D1").Select  
Selection.Copy  
Workbooks(File2).Activate  
Range("I11").Select  
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _  
    False, Transpose:=False
```

```
Workbooks(File3).Activate  
Range("E1").Select  
Selection.Copy  
Workbooks(File2).Activate  
Range("I13").Select  
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
```





False, Transpose:=False

```
Workbooks(File3).Activate
Range("F1").Select
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range("I15").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
    False, Transpose:=False
```

```
Workbooks(File3).Activate
Range("A2:B98").Select
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range("C6").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
    False, Transpose:=False
```

```
Workbooks(File3).Activate
Range("C2:C100").Select
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
    If Version < 2 Then
        Range("G7").Select
    Else
        Range("G5").Select
    End If
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
    False, Transpose:=False
```

```
Range(Cells(5, 27), Cells(54, 28)).Select
Selection.ClearContents
Range("A1").Select
Xcoord = Range(Cells(5, 5), Cells(5, 5)).Value
Ycoord = Range(Cells(5, 6), Cells(5, 6)).Value
Range(Cells(5, 27), Cells(5, 27)).Value = Xcoord
Range(Cells(5, 28), Cells(5, 28)).Value = Ycoord
For i = 1 To 49
    If Range(Cells(5 + (2 * i), 5), Cells(5 + (2 * i), 5)).Value > 0 Then
        Xcoord = Range(Cells(5 + (2 * i), 5), Cells(5 + (2 * i), 5)).Value
        Ycoord = Range(Cells(5 + (2 * i), 6), Cells(5 + (2 * i), 6)).Value
        Range(Cells(5 + i, 27), Cells(5 + i, 27)).Value = Xcoord
        Range(Cells(5 + i, 28), Cells(5 + i, 28)).Value = Ycoord
    Else
```





```
End If
Next i
Range("A1").Select
ActiveSheet.Protect Password:="berger00", DrawingObjects:=True, Contents:=True,
Scenarios:=True
ActiveSheet.EnableSelection = xlUnlockedCells
ActiveSheet.EnableSelection = xlLockedCells

Sheets("資料分析").Select

Range("F22:F26").Select
Selection.ClearContents
Range("G23:G26").Select
Selection.ClearContents
Range("K22:L22").Select
Selection.ClearContents
Range("C25:C27").Select
Selection.ClearContents
Range("A22").Select
Selection.ClearContents
Range("A1").Select

Sheets("集材機與搬器").Select

Range("C5").Select
Selection.ClearContents
Range("C16").Select
Selection.ClearContents
Range("A1").Select

Sheets("結果").Select

ActiveSheet.Unprotect Password:="berger00"
Range("AE17:AO66").Select
Selection.ClearContents
ActiveSheet.Protect Password:="berger00", DrawingObjects:=True, Contents:=True,
Scenarios:=True
Range("A1").Select

Sheets("資料分析").Select

Workbooks(File3).Activate
If Version < 2 Then
    Range("A99").Select
```





```
        Else
        Range("A101").Select
    End If
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range("A22").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
    False, Transpose:=False

Workbooks(File3).Activate
If Version < 2 Then
    Range("A100").Select
    Else
    Range("A102").Select
    End If
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range("C25").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
    False, Transpose:=False

Workbooks(File3).Activate
If Version < 2 Then
    Range("A101").Select
    Else
    Range("A103").Select
    End If
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range("C26").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
    False, Transpose:=False

Workbooks(File3).Activate
If Version < 2 Then
    Range("A102").Select
    Else
    Range("A104").Select
    End If
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range("C27").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
    False, Transpose:=False
```





```
Workbooks(File3).Activate
If Version < 2 Then
    Range("A103").Select
Else
    Range("A105").Select
End If
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range("F22").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
    False, Transpose:=False
```

```
'Workbooks(File3).Activate
'Range("A37").Select
'Selection.Copy
'Workbooks(File2).Activate
'Range("G22").Select
'Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
'    False, Transpose:=False
```

```
Workbooks(File3).Activate
If Version < 2 Then
    Range("A105").Select
Else
    Range("A107").Select
End If
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range("F23").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
    False, Transpose:=False
```

```
Workbooks(File3).Activate
If Version < 2 Then
    Range("A106").Select
Else
    Range("A108").Select
End If
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range("G23").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
    False, Transpose:=False
```





```
Workbooks(File3).Activate
If Version < 2 Then
    Range("A107").Select
Else
    Range("A109").Select
End If
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range("F24").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
    False, Transpose:=False
```

```
Workbooks(File3).Activate
If Version < 2 Then
    Range("A108").Select
Else
    Range("A110").Select
End If
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range("G24").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
    False, Transpose:=False
```

```
Workbooks(File3).Activate
If Version < 2 Then
    Range("A109").Select
Else
    Range("A111").Select
End If
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range("F25").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
    False, Transpose:=False
```

```
Workbooks(File3).Activate
If Version < 2 Then
    Range("A110").Select
Else
    Range("A112").Select
End If
Selection.Copy
```





```
Workbooks(File2).Activate  
Range("G25").Select  
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _  
    False, Transpose:=False
```

```
Workbooks(File3).Activate  
If Version < 2 Then  
    Range("A111").Select  
    Else  
    Range("A113").Select  
End If
```

```
Selection.Copy  
Workbooks(File2).Activate  
Range("F26").Select  
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _  
    False, Transpose:=False
```

```
Workbooks(File3).Activate  
If Version < 2 Then  
    Range("A112").Select  
    Else  
    Range("A114").Select  
End If
```

```
Selection.Copy  
Workbooks(File2).Activate  
Range("G26").Select  
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _  
    False, Transpose:=False
```

```
Workbooks(File3).Activate  
If Version < 2 Then  
    Range("A113").Select  
    Else  
    Range("A115").Select  
End If
```

```
Selection.Copy  
Workbooks(File2).Activate  
Range("F28").Select  
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _  
    False, Transpose:=False
```

```
Workbooks(File3).Activate  
If Version < 2 Then  
    Range("A114").Select
```





```
        Else
            Range("A116").Select
        End If
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range("K22").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
    False, Transpose:=False

Workbooks(File3).Activate
If Version < 2 Then
    Range("A115").Select
Else
    Range("A117").Select
End If
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range("L22").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
    False, Transpose:=False

'Workbooks(File3).Activate
'Range("A116").Select
'Selection.Copy
'Workbooks(File2).Activate
'Range("J28").Select
'Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
'    False, Transpose:=False

Workbooks(File3).Activate
If Version < 2 Then
    Range("A116").Select
Else
    Range("A118").Select
End If
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range("J29").Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
    False, Transpose:=False

'Workbooks(File3).Activate
'Range("A118").Select
'Selection.Copy
```





```
'Workbooks(File2).Activate  
'Range("J30").Select  
'Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _  
'    False, Transpose:=False
```

```
'Workbooks(File3).Activate  
'Range("A119").Select  
'Selection.Copy  
'Workbooks(File2).Activate  
'Range("K28").Select  
'Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _  
'    False, Transpose:=False
```

```
Workbooks(File3).Activate  
If Version < 2 Then  
    Range("A117").Select  
    Else  
    Range("A119").Select  
End If  
Selection.Copy  
Workbooks(File2).Activate  
Range("L29").Select  
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _  
    False, Transpose:=False
```

```
'Workbooks(File3).Activate  
'Range("A121").Select  
'Selection.Copy  
'Workbooks(File2).Activate  
'Range("K30").Select  
'Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _  
'    False, Transpose:=False
```

```
Workbooks(File3).Activate  
If Version < 2 Then  
    Range("A118").Select  
    Else  
    Range("A120").Select  
End If  
Selection.Copy  
Workbooks(File2).Activate  
Range("L24").Select  
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _  
    False, Transpose:=False
```





```
Sheets("集材機與搬器").Select

If MoveOn = 0 Then
    Workbooks(File3).Activate
    If Version < 2 Then
        Range("A119").Select
        Yarder_add$ = Range("A119").Value
    Else
        Range("A121").Select
        Yarder_add$ = Range("A121").Value
    End If

    If Version < 2 Then
        Range("A120").Select
        Carriage_add$ = Range("A120").Value
    Else
        Range("A122").Select
        Carriage_add$ = Range("A122").Value
    End If
    Workbooks(File2).Activate
    Range("C5").Value = Yarder_add$
    Range("C16").Value = Carriage_add$
    Range("A1").Select
    GoTo Skipper

Else
    GoTo Skip
End If

Skip:

Dim Msg, Style, Title, Response
Msg = "Do you want to save the YARDER and CARRIAGE used in the analysis as new
entries in your equipment database?"
Style = vbYesNo
    Title = "Save To Database"      ' Define title.
    Response = MsgBox(Msg, Style, Title)

If Response = vbYes Then
    Workbooks(File3).Activate
    If Version < 2 Then
        Range("A119").Select
        Yarder_add$ = Range("A119").Value
```





```
        Yarder_add$ = Yarder_add$ & "_ad"
    Else
        Range("A121").Select
        Yarder_add$ = Range("A121").Value
        Yarder_add$ = Yarder_add$ & "_ad"
    End If
Else
    Workbooks(File3).Activate
    If Version < 2 Then
        Range("A119").Select
        Yarder_add$ = Range("A119").Value
    Else
        Range("A121").Select
        Yarder_add$ = Range("A121").Value
    End If
End If

Workbooks(File2).Activate
Range("C5").Value = Yarder_add$

If Response = vbYes Then
    Workbooks(File3).Activate
    If Version < 2 Then
        Range("120").Select
        Carriage_add$ = Range("A120").Value
        Carriage_add$ = Carriage_add$ & "_ad"
    Else
        Range("A122").Select
        Carriage_add$ = Range("A122").Value
        Carriage_add$ = Carriage_add$ & "_ad"
    End If
Else
    Workbooks(File3).Activate
    If Version < 2 Then
        Range("A120").Select
        Carriage_add$ = Range("A120").Value
    Else
        Range("A122").Select
        Carriage_add$ = Range("A122").Value
    End If
End If

Workbooks(File2).Activate
Range("C16").Value = Carriage_add$
```





Range("A1").Select

Skipper:

Sheets("Notes").Select

Workbooks(File3).Activate

If Version < 2 Then

 Range("A121").Select

 Else

 Range("A123").Select

End If

Selection.Copy

Workbooks(File2).Activate

Range("B6").Select

ActiveSheet.Paste

Workbooks(File3).Activate

If Version < 2 Then

 Range("A122").Select

 Else

 Range("A124").Select

End If

Selection.Copy

Workbooks(File2).Activate

Range("B7").Select

ActiveSheet.Paste

Workbooks(File3).Activate

If Version < 2 Then

 Range("A123").Select

 Else

 Range("A125").Select

End If

Selection.Copy

Workbooks(File2).Activate

Range("B8").Select

ActiveSheet.Paste

Workbooks(File3).Activate

If Version < 2 Then

 Range("A124").Select

 Else





```
        Range("A126").Select
    End If
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range("B9").Select
ActiveSheet.Paste

Workbooks(File3).Activate
If Version < 2 Then
    Range("A125").Select
Else
    Range("A127").Select
End If
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range("B10").Select
ActiveSheet.Paste

Workbooks(File3).Activate
If Version < 2 Then
    Range("A126").Select
Else
    Range("A128").Select
End If
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range("B11").Select
ActiveSheet.Paste

Workbooks(File3).Activate
If Version < 2 Then
    Range("A127").Select
Else
    Range("A129").Select
End If
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range("B12").Select
ActiveSheet.Paste

Workbooks(File3).Activate
If Version < 2 Then
    Range("A128").Select
Else
```





```
        Range("A130").Select
    End If
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range("B13").Select
ActiveSheet.Paste
```

```
Workbooks(File3).Activate
If Version < 2 Then
    Range("A129").Select
Else
    Range("A131").Select
End If
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range("B14").Select
ActiveSheet.Paste
```

```
Workbooks(File3).Activate
If Version < 2 Then
    Range("A130").Select
Else
    Range("A132").Select
End If
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range("B15").Select
ActiveSheet.Paste
```

```
Workbooks(File3).Activate
If Version < 2 Then
    Range("A131").Select
Else
    Range("A133").Select
End If
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range("B16").Select
ActiveSheet.Paste
```

```
Workbooks(File3).Activate
If Version < 2 Then
    Range("A132").Select
Else
```





```
        Range("A134").Select
    End If
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range("B17").Select
ActiveSheet.Paste
```

```
Workbooks(File3).Activate
If Version < 2 Then
    Range("A133").Select
Else
    Range("A135").Select
End If
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range("B18").Select
ActiveSheet.Paste
```

```
Workbooks(File3).Activate
If Version < 2 Then
    Range("A134").Select
Else
    Range("A136").Select
End If
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range("B19").Select
ActiveSheet.Paste
```

```
Workbooks(File3).Activate
If Version < 2 Then
    Range("A135").Select
Else
    Range("A137").Select
End If
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range("B20").Select
ActiveSheet.Paste
```

```
Workbooks(File3).Activate
If Version < 2 Then
    Range("A136").Select
Else
```





```
        Range("A138").Select
    End If
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range("B21").Select
ActiveSheet.Paste

Workbooks(File3).Activate
If Version < 2 Then
    Range("A137").Select
Else
    Range("A139").Select
End If
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range("B22").Select
ActiveSheet.Paste

Workbooks(File3).Activate
If Version < 2 Then
    Range("A138").Select
Else
    Range("A140").Select
End If
Range("A140").Select
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range("B23").Select
ActiveSheet.Paste

Workbooks(File3).Activate
If Version < 2 Then
    Range("A139").Select
Else
    Range("A141").Select
End If
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range("B24").Select
ActiveSheet.Paste

Workbooks(File3).Activate
If Version < 2 Then
    Range("A140").Select
```





```
        Else
            Range("A142").Select
        End If
    Selection.Copy
    Workbooks(File2).Activate
    Range("B25").Select
    ActiveSheet.Paste

    Workbooks(File3).Activate
    If Version < 2 Then
        Range("A141").Select
    Else
        Range("A143").Select
    End If
    Selection.Copy
    Workbooks(File2).Activate
    Range("B26").Select
    ActiveSheet.Paste

    Workbooks(File3).Activate
    If Version < 2 Then
        Range("A142").Select
    Else
        Range("A144").Select
    End If
    Selection.Copy
    Workbooks(File2).Activate
    Range("B27").Select
    ActiveSheet.Paste

    Workbooks(File3).Activate
    If Version < 2 Then
        Range("A143").Select
    Else
        Range("A145").Select
    End If
    Selection.Copy
    Workbooks(File2).Activate
    Range("B28").Select
    ActiveSheet.Paste

    Workbooks(File3).Activate
    If Version < 2 Then
        Range("A144").Select
```





```
Else
    Range("A146").Select
End If
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range("B29").Select
ActiveSheet.Paste

Workbooks(File3).Activate
If Version < 2 Then
    Range("A145").Select
Else
    Range("A147").Select
End If
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range("B30").Select
ActiveSheet.Paste

Range("A1").Select

If MoveOn = 0 Then
    GoTo Ending
Else
    GoTo NextOne
End If

NextOne:

If Response = vbNo Or Version < 2 Then
    GoTo Ending
Else
    GoTo Dbase
End If

Dbase:

Sheets("Database").Activate

ActiveSheet.Unprotect Password:="berger00"

If meas = "Metric" Then

    RowRemain = Range("K107").Value
```





```
RowCopy = Range("H107").Value  
RowCopy = RowCopy + 110
```

```
cRowRemain = Range("K159").Value  
cRowCopy = Range("H159").Value  
cRowCopy = cRowCopy + 162
```

Else

```
RowRemain = Range("K2").Value  
RowCopy = Range("H2").Value  
RowCopy = RowCopy + 5
```

```
cRowRemain = Range("K54").Value  
cRowCopy = Range("H54").Value  
cRowCopy = cRowCopy + 57
```

End If

If RowRemain = 0 Then

```
Dim Msg2, Style2, Title2, Response2
```

```
Msg2 = "Not enough room in database to add new yarder - YARDER SELECTION  
USED MAY RESULT IN ANALYSIS ERROR"
```

```
Style2 = vbOK
```

```
Title2 = "Database Full" ' Define title.
```

```
Response2 = MsgBox(Msg2, Style2, Title2)
```

```
If Response2 = vbOK Or Response2 = vbCancel Then
```

```
GoTo FinishDB2
```

```
Else
```

```
GoTo FinishDB1
```

```
End If
```

Else

```
GoTo FinishDB1
```

End If

FinishDB1:

If Version < 2 Then

```
GoTo Cycle
```

```
Else
```

```
Range(Cells(RowCopy, 2), Cells(RowCopy, 2)).Value = Yarder_add$
```

```
End If
```





```
Workbooks(File3).Activate
If Version < 2 Then
    GoTo Cycle
Else
    Range("A148").Select
End If
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range(Cells(RowCopy, 3), Cells(RowCopy, 3)).Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
    False, Transpose:=False
```

```
Workbooks(File3).Activate
If Version < 2 Then
    GoTo Cycle
Else
    Range("A149").Select
End If
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range(Cells(RowCopy, 24), Cells(RowCopy, 24)).Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
    False, Transpose:=False
```

```
Workbooks(File3).Activate
If Version < 2 Then
    GoTo Cycle
Else
    Range("A152").Select
End If
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range(Cells(RowCopy, 4), Cells(RowCopy, 4)).Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
    False, Transpose:=False
```

```
Workbooks(File3).Activate
If Version < 2 Then
    GoTo Cycle
Else
    Range("A153").Select
End If
Selection.Copy
```





```
Workbooks(File2).Activate  
Range(Cells(RowCopy, 6), Cells(RowCopy, 6)).Select  
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _  
False, Transpose:=False
```

```
Workbooks(File3).Activate  
If Version < 2 Then  
    GoTo Cycle  
Else  
    Range("A154").Select  
End If
```

```
Selection.Copy  
Workbooks(File2).Activate  
Range(Cells(RowCopy, 5), Cells(RowCopy, 5)).Select  
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _  
False, Transpose:=False
```

```
Workbooks(File3).Activate  
If Version < 2 Then  
    GoTo Cycle  
Else  
    Range("A155").Select  
End If
```

```
Selection.Copy  
Workbooks(File2).Activate  
Range(Cells(RowCopy, 9), Cells(RowCopy, 9)).Select  
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _  
False, Transpose:=False
```

```
Workbooks(File3).Activate  
If Version < 2 Then  
    GoTo Cycle  
Else  
    Range("A156").Select  
End If
```

```
Selection.Copy  
Workbooks(File2).Activate  
Range(Cells(RowCopy, 11), Cells(RowCopy, 11)).Select  
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _  
False, Transpose:=False
```

```
Workbooks(File3).Activate  
If Version < 2 Then  
    GoTo Cycle
```





```
Else
  Range("A157").Select
End If
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range(Cells(RowCopy, 10), Cells(RowCopy, 10)).Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
  False, Transpose:=False
```

```
Workbooks(File3).Activate
If Version < 2 Then
  GoTo Cycle
Else
  Range("A160").Select
End If
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range(Cells(RowCopy, 14), Cells(RowCopy, 14)).Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
  False, Transpose:=False
```

```
Workbooks(File3).Activate
If Version < 2 Then
  GoTo Cycle
Else
  Range("A161").Select
End If
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range(Cells(RowCopy, 16), Cells(RowCopy, 16)).Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
  False, Transpose:=False
```

```
Workbooks(File3).Activate
If Version < 2 Then
  GoTo Cycle
Else
  Range("A162").Select
End If
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range(Cells(RowCopy, 15), Cells(RowCopy, 15)).Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
  False, Transpose:=False
```





```
Workbooks(File3).Activate
If Version < 2 Then
    GoTo Cycle
Else
    Range("A165").Select
End If
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range(Cells(RowCopy, 19), Cells(RowCopy, 19)).Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
    False, Transpose:=False
```

```
Workbooks(File3).Activate
If Version < 2 Then
    GoTo Cycle
Else
    Range("A166").Select
End If
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range(Cells(RowCopy, 21), Cells(RowCopy, 21)).Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
    False, Transpose:=False
```

```
Workbooks(File3).Activate
If Version < 2 Then
    GoTo Cycle
Else
    Range("A167").Select
End If
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range(Cells(RowCopy, 20), Cells(RowCopy, 20)).Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
    False, Transpose:=False
```

```
Workbooks(File3).Activate
If Version < 2 Then
    GoTo Cycle
Else
    Range("A158").Select
End If
Selection.Copy
```





```
Workbooks(File2).Activate  
Range(Cells(RowCopy, 25), Cells(RowCopy, 25)).Select  
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _  
False, Transpose:=False
```

```
Workbooks(File3).Activate  
If Version < 2 Then  
    GoTo Cycle  
Else  
    Range("A159").Select  
End If
```

```
Selection.Copy  
Workbooks(File2).Activate  
Range(Cells(RowCopy, 26), Cells(RowCopy, 26)).Select  
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _  
False, Transpose:=False
```

```
Workbooks(File3).Activate  
If Version < 2 Then  
    GoTo Cycle  
Else  
    Range("A150").Select  
End If
```

```
Selection.Copy  
Workbooks(File2).Activate  
Range(Cells(RowCopy, 27), Cells(RowCopy, 27)).Select  
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _  
False, Transpose:=False
```

```
Workbooks(File3).Activate  
If Version < 2 Then  
    GoTo Cycle  
Else  
    Range("A163").Select  
End If
```

```
Selection.Copy  
Workbooks(File2).Activate  
Range(Cells(RowCopy, 28), Cells(RowCopy, 28)).Select  
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _  
False, Transpose:=False
```

```
Workbooks(File3).Activate  
If Version < 2 Then  
    GoTo Cycle
```





```
Else
    Range("A164").Select
End If
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range(Cells(RowCopy, 29), Cells(RowCopy, 29)).Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
    False, Transpose:=False

Workbooks(File3).Activate
If Version < 2 Then
    GoTo Cycle
Else
    Range("A151").Select
End If
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range(Cells(RowCopy, 30), Cells(RowCopy, 30)).Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
    False, Transpose:=False

FinishDB2:

If cRowRemain = 0 Then
    Dim Msg1, Style1, Title1, Response1
    Msg1 = "Not enough room in database to add new carriage - CARRIAGE
SELECTION USED MAY RESULT IN ANALYSIS ERROR"
    Style1 = vbOK
    Title1 = "Database Full"      ' Define title.
    Response1 = MsgBox(Msg1, Style1, Title1)

    If Response1 = vbOK Or Response1 = vbCancel Then
        Range("A1").Select
        ActiveSheet.Protect Password:="berger00", DrawingObjects:=True,
Contents:=True, Scenarios:=True
        GoTo Ending
    Else
        GoTo FinishDB
    End If

Else
    GoTo FinishDB
End If
```





FinishDB:

If Version < 2 Then

 GoTo Cycle

Else

 Range(Cells(cRowCopy, 2), Cells(cRowCopy, 2)).Value = Carriage_add\$

End If

Workbooks(File3).Activate

If Version < 2 Then

 GoTo Cycle

 Else

 Range("A168").Select

 End If

Selection.Copy

Workbooks(File2).Activate

Range(Cells(cRowCopy, 3), Cells(cRowCopy, 3)).Select

Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _

 False, Transpose:=False

Workbooks(File3).Activate

If Version < 2 Then

 GoTo Cycle

 Else

 Range("A169").Select

 End If

Selection.Copy

Workbooks(File2).Activate

Range(Cells(cRowCopy, 4), Cells(cRowCopy, 4)).Select

Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _

 False, Transpose:=False

Workbooks(File3).Activate

If Version < 2 Then

 GoTo Cycle

 Else

 Range("A170").Select

 End If

Selection.Copy

Workbooks(File2).Activate

Range(Cells(cRowCopy, 5), Cells(cRowCopy, 5)).Select

Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _

 False, Transpose:=False





```
Workbooks(File3).Activate
If Version < 2 Then
    GoTo Cycle
Else
    Range("A171").Select
End If
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range(Cells(cRowCopy, 6), Cells(cRowCopy, 6)).Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
    False, Transpose:=False
```

```
Workbooks(File3).Activate
If Version < 2 Then
    GoTo Cycle
Else
    Range("A172").Select
End If
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range(Cells(cRowCopy, 7), Cells(cRowCopy, 7)).Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
    False, Transpose:=False
```

```
Workbooks(File3).Activate
If Version < 2 Then
    GoTo Cycle
Else
    Range("A173").Select
End If
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range(Cells(cRowCopy, 8), Cells(cRowCopy, 8)).Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
    False, Transpose:=False
```

```
Workbooks(File3).Activate
If Version < 2 Then
    GoTo Cycle
Else
    Range("A174").Select
End If
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
```





```
Range(Cells(cRowCopy, 9), Cells(cRowCopy, 9)).Select  
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _  
False, Transpose:=False
```

```
Workbooks(File3).Activate  
If Version < 2 Then  
    GoTo Cycle  
Else  
    Range("A175").Select  
End If
```

```
Selection.Copy  
Workbooks(File2).Activate  
Range(Cells(cRowCopy, 10), Cells(cRowCopy, 10)).Select  
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _  
False, Transpose:=False
```

```
Workbooks(File3).Activate  
If Version < 2 Then  
    GoTo Cycle  
Else  
    Range("A176").Select  
End If
```

```
Selection.Copy  
Workbooks(File2).Activate  
Range(Cells(cRowCopy, 11), Cells(cRowCopy, 11)).Select  
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _  
False, Transpose:=False
```

```
Workbooks(File3).Activate  
If Version < 2 Then  
    GoTo Cycle  
Else  
    Range("A177").Select  
End If
```

```
Selection.Copy  
Workbooks(File2).Activate  
Range(Cells(cRowCopy, 12), Cells(cRowCopy, 12)).Select  
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _  
False, Transpose:=False
```

```
Workbooks(File3).Activate  
If Version < 2 Then  
    GoTo Cycle  
Else
```





```
        Range("A178").Select
    End If
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range(Cells(cRowCopy, 14), Cells(cRowCopy, 14)).Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
    False, Transpose:=False

Workbooks(File3).Activate
If Version < 2 Then
    GoTo Cycle
Else
    Range("A179").Select
End If
Selection.Copy
Workbooks(File2).Activate
Range(Cells(cRowCopy, 15), Cells(cRowCopy, 15)).Select
Selection.PasteSpecial Paste:=xlValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:= _
    False, Transpose:=False

Range("A1").Select
ActiveSheet.Protect Password:="berger00", DrawingObjects:=True, Contents:=True,
Scenarios:=True

Ending:

Sheets("資料分析").Select

Range("A1").Select

Workbooks(File3).Close SaveChanges = False

Cycle:
Call Chart_scale_view
Call Chart_scale
Application.ScreenUpdating = True
Range("A1").Select

End Sub
```





附錄三 期初審查意見回覆

審查意見	意見回覆
1. 本案目標與重要工作項目及實施方法完整，目標亦明確，期待後續高性能設備之應用。	謝謝委員意見。
2. 前人研究部分詳列歐、日、美及國內研究現況。	謝謝委員意見。
3. 111 年度對 CO ₂ 排放調查，於工作項目方面似著重於附抓鉤之原木拖車裝運材之集材 CO ₂ 排放，前端收穫部分未見是否已有相關研究，又前人研究所指出每生產 1 m ³ 原木堆整於林道旁之 CO ₂ 排放量為 18.37 kg 是否為現行狀況(傳統或高性能設備)。	CO ₂ 排放調查包括集材作業與附抓鉤之原木拖車裝運材作業兩部分，已於計畫書P.1-8修正。前人研究所指出每生產1 m ³ 原木堆整於林道旁之CO ₂ 排放量為18.37 kg係傳統作業之結果，已於計畫書P.1-5補充說明。
4. 建議將十三重要工作項目及實施方法中之 7.集材架線載重基礎資料調查移至 6 項目下，以符合重要工作項目預定進度。	謝謝委員意見。已於計畫書P.1-10修正。
5. 人事費用臨時人力(學士畢)應為 1,411 元/日。	謝謝委員意見。已於計畫書P.1-12修正。
6. 本計畫內容撰寫完整，執行之預期結果可提供林務局木(竹)收穫之參考，本計畫強調智慧科技解決林業問題，因此建議未來在成果上強調下列問題。 1. 智慧科技在本計畫的重點。 2. 評估實用性。(優、缺點評估) 3. 投入產出的評估。 4. 安全性的問題。 5. 對於環境友善的貢獻。	謝謝委員意見。未來計畫研究成果會強調委員所建議的議題。
7. 本計畫與其他計畫無重複申請。	謝謝委員意見。
8. 本計畫無需簡併。	謝謝委員意見。
9. 依據規劃構想所開發結合 GPS 之集材架線設計系統，惟依據細部計畫書 p.1-9 以 Excel 試算功能設計架線系統，是否相符？建議說明。	透過ArcMap的附加元件連結到Excel進行後續分析。已於計畫書P.1-10補充說明。
10. 擬訂塔式集材機集材作業教材手冊建議增加作業成本分析之章節。	謝謝委員意見。可增加作業成本分析之章節。已於計畫書P.1-9修正。
2. 11. p.1-8 公式(1)對於評比及寬裕率建議加以建議說	已於計畫書P.1-8補充說明。





附錄四 期中審查意見回覆

審查意見	意見回覆
1. 第 1-9 頁，請問捨棄的資料多嗎？雖然沒有用來分析，但如果能了解背後的原因也許有助於避免未來會發生同樣的問題。。	謝謝委員意見。本研究計畫集材與裝運材作業工時調查發生異常要捨棄資料很少，機率約為 0.01%。
2. 請問機件維護費用如何計算？	謝謝委員意見。機件維護費用依林產處分實務制定想法，將其涵蓋於機械零件更換所需費用，集材機件機械零件更換依單位材積機件使用費的 10%計算。
表 23，容積密度值似乎過大？	謝謝委員指正。容積密度於期末報告已修正為容積重量。
4. 文獻回顧之撰寫方式，建議採表格方式整理，以利閱讀，並請補充高性能機械集材之相關國內外文獻的回顧。	謝謝委員意見。綜合各委員意見，依文獻內容歸納兩個細部章節說明。請參閱P.1-3至p.1-6。
5. 第 1-14 頁，每年機械實際生產時間 (PMH)分別為 1300hr，1600hr，資料來源建議註明，PMH 與表 3 註解 PMH 為每一機械生產小時，兩處定義不同，建議說明。	謝謝委員意見。已註明相關文獻來源並修正PMH的內容說明，避免誤解。請參閱P.1-13。
6. 第 1-16 頁，每小時零件更換費用 (RP)元/年，其中 $RP=(4300 \times D)/SMH$ ，其中之常數 4300，應有所說明。	謝謝委員意見。參閱引用文獻來源，並無相關常數4300的說明。因此目前仍無法提出相關說明。
7. 第 1-18 頁、表 4 中 1485(0.65)各代表何種意義，建議註解說明。	謝謝委員意見。1485為每一機械生產小時的生產量，括號內數值0.65為機械的稼動率。P.1-16已註解說明。
8. 第 1-19 頁、表 5~7 所列之(元 /SMH)，SMH 與第 1-16 頁之 SMH 定義不同？建議說明。	謝謝委員意見。表5~7所列之(元 /SMH)，SMH與第1-15頁之SMH定義應相同。表5~7所列之表頭為PMH之分析，已於p.1-18補充。
9. 簡報中之討論內容建議增加至期末報告中	謝謝委員意見。已將期中簡報新增內容補充於期末報告中。
10. 第 1-47 頁，建議集材作業之成本分析加入教材中。	謝謝委員意見。但因塔式集材機剛引進至國內，相關作業技術還不熟練與機件零件與保養費用上有待建立等因素，將成本分析納入塔式集材機作業教材中，無法正確評估其作業成本，應有待國內塔式集材機





	集材作業較完善且有可靠資料，再納入教材較適合。
11. 前言第 1-1 頁後段與第 1-2 頁前中段重複，請修正，本文文獻回顧評析相當多國內外作業現況，相當完整，惟指出日本自 1990 年引進塔式集材機，但卻因現場使用狀況無法配合，而無法成功。台灣目前亦引進相關設備，如何避免重蹈日本覆轍，應請團隊建議。(如團隊報告目前以和平事業區第 62、65 林班為例，每人日作業量為 7-11m ³ ，仍較全球平均 20m ³ 為低)。	謝謝委員指正與建議。已修正文字重複之內容。日本林業之木材生產，因配合作業到網路密度的提高，導致使用塔式集材機的機會變少，以台灣地形與林道網路狀況，塔式集材機是非常適合被引進到台灣的集材設備。
12. 已擬定塔式集材機集材作業教材 7 個主要章節與細部章節。	完成塔式集材機集材作業教材乙冊，並將內容合併為五個章節。
13. 本案於集材架線載重基礎資料調查 3 種針葉樹、3 種闊葉樹與 3 種竹材均為目前常見主要樹種，相當具有應用性，惟相關來源是否掌握？本案已完成南華貯木場之台灣杉容積密度之測定，是否應修正為容積重量。原 CNS442 台灣杉用材為 1200kg/m ³ 、枝梢材為 1258kg/m ³ ，與本報告中小原木 1143kg/m ³ 、大原木 523kg/m ³ ，顯有差距，特別是大原木，其原因為何？	謝謝委員建議。相關原木樹種與竹材皆至現場量測的最新資訊。相關來源請參考P.1-84。容積密度已修正為容積重量，南華貯木場之台灣杉之重量測定，應放置時間超過兩年且劣化顯著，故相關數據不可靠，已刪除本場域量測的資料。
14. 前言處有許多段落有大量的文字重複，建議能重新檢視修正。另外有些句子似乎尚未完成或內容有疑義，請思考是否應予以修正。如第二段末及最後一段末的文句。	謝謝委員指證與建議。已檢視修正相關文字重複與未完成之句子內容。
15. 文獻回顧章節的段落建議可以再稍加細分。	謝謝委員意見。綜合各委員意見，依文獻內容歸納兩個細部章節說明。請參閱P.1-3至P.1-6。
16. 結果所得之相關數據可提供作為林務局相關作業之參考，圖 6 及圖 7 (第 1-27 頁)所建立之樹高曲線式，是純林或非純林？應在內文中稍加敘述，此外，圖 6 的橫軸標題應予修正。	謝謝委員意見。合平事業區第62、65林班與竹東事業區第7林班林相均非純林，已於內文中補充說明。
17. 本次審查之兩細部計畫格式應一致，建議未來計畫主持人可以協調格式。	謝謝委員意見。期末報告兩細部計畫格式已協調一致。





附錄五 期末審查意見回覆

審查意見	意見回覆
1. 文獻回顧中所記錄的材積(如 1-4 頁)哪些每公頃之材積、那些為總材積?	謝謝委員意見。文獻回顧探討林木收穫生產量，文中所記錄的材積為生產材積。
2. 第 1-19 頁，是否可以將 ft ³ 改成 m ³ ?	謝謝委員意見。已修正為 ft ³ 與 m ³ 併列，如 p.1-21。
3. 計劃推薦引進塔式集材機以大幅提升生產性，未來國家考慮提高至 10% 的自產率的情況下，想請問需要多少年才能將成本打平?	謝謝委員關心國產材自給率提升的問題。依本研究採用之 Koller K301-2H 塔式集材機及搬器的合計購置費用為新台幣 550 萬元，國內目前業者集材 1 m ³ 的淨利潤為 200 元，若依一個業者目前每年可作業的最大年生產量約 3000 m ³ 計，則概估要 9.2 年才能將塔式集材機購置成本打平，若年生產量可提高至 10000 m ³ 時，則概估 2.75 年可將塔式集材機購置成本打平。已於 p.1-53 補充說明。
4. 建議增加英文摘要。	謝謝委員意見。已於內文中補充英文摘要。
5. 國內傳統之集材作業，其平均單位材積生產費用大約多少? 建議於摘要中呈現。	謝謝委員意見。已於中英文摘要註明國內傳統之集材作業，其平均單位材積生產費用大約 864 元。
6. 第 1-1 頁，前言第二段，具備木材收穫技術的作業……此段語意不完整，建議修正。	謝謝委員意見。原文漏打，已補充本段之完整內容，如 p1-1。
7. 第 1-3 頁，二、文獻回顧，有關國內外之集材作業效率之描述，建議盡可能以表格方式呈現，以利研讀。	謝謝委員意見。為使閱讀者容易研讀，已就文獻內容屬性，分不同章節屬性說明，如 p1-3 至 p.1-7。
8. 第 1-13 頁，表 4 的價格(萬) 建議增加新台幣單位。	謝謝委員意見。表 4 的價格已修正為新台幣，萬元，已於 p.1-14 補充說明。
9. 第 1-17~1-18 頁，表 6、7 建議增加機械稼動率，並加註如表 5。	謝謝委員意見。已於表 6、7 增加兩種林業機械稼動率，並加註相關數值之說明，如 p.1-18 與 p.1-19。
10. 內文之表標號與表格標號有誤植現象，建議修正。	謝謝委員意見。已整體審視修正。
11 第 1-20 頁、表 9 之 Road 代表何意?	謝謝委員意見。已於 p.1-21 表 9 加註說明 Road 為林道建設費用。





12. 第 1-21~1-23 頁、圖 3、4、5 建議增加比例尺、指北針及圖例。	謝謝委員意見。已於圖3、4、5增加比例尺與指北針。圖例說明於各層內容中。
13. 第 1-33 頁，部分內容與第 1-5 頁之內容重複，建議修改。	謝謝委員建議。相關重複內容已更新，如p.1-34。
14. 全文中有錯字，建議全面檢視。	謝謝委員意見。已檢視修正相關錯字。
15. 本業符合期末審查標準，報告書內容質量均佳，僅提供下列建議供參。	謝謝委員意見。
16. 文獻回顧章節，雖以文來表示，但內容上仍以各篇研究說明為主。仍建議可調整斷落或直接以條列分項說明，可能更容易表達清楚。	謝謝委員意見。已就文獻內容屬性，分不同章節段落說明，如p1-3至p.1-7。
17. 結果討論之各項題頁與重要工作項目與實施方法一致，如結果討論(一)塔式集材機...與重要工作之(一)台灣使用高效能林木收穫機械可行性評估無法呼應。另在此項下應提供日，德，芬，奧，瑞等相關機械性能與研究論文亦應標註。	謝謝委員意見。已將結果與討論之項目與重要工作項目名稱盡可能一致。同時加註相關引用之研究論文，如p.1-8。
18. 第 1-17 頁，林木單價分析應為表 8，其中提到應有一定規模可引進，是否提出建議規模?第 1-19 頁，不同收穫系統應為表 9。	謝謝委員意見。相關內文表標號以分別修正為表8與表9。就台灣每年可作業的天數，高性能林木收穫機械生產量等考量下，每個業者年生產規模應在10000 m ³ 以上，概估3年可將機械購置成本打平，若生產規模在3000 m ³ 以下時，概估月10年才能將機械購置成本打平，於p.1-17-P.1-18補充說明。
19. 第 1-23 頁，竹東 7 林班有提供造林年度，和平 62、65 林班則無，另為呼應表 9，建議亦可加上坡度資訊。(二區之蓄積量差異頗大)	謝謝委員意見。已補充造林年度與地形平均坡度資料，如p.1-24。
20. 第 1-33 頁，二區利用塔式集材機之每人每日作業量仍較全球為低，顯示仍應持續辦理相關訓練以熟悉操作、達其效益。另這裡提到原木生產成本。是否為表 31 與表 34 之單位材積生產費用?若是，建議可敘明。	謝謝委員意見。相關提到之原木生產成本為國內傳統集材作業之費用，並不是表31與表34之單位材積生產費用。
21. 本案另提出原木容積重量表與竹桿容積重量表，具有應用性。	謝謝委員的肯定。





22. 建議報告書中的公式可予以編號，單位的表示能統一，如秒有採用 s 及秒表示。	謝謝委員意見。相關單位表示以整體審視並統一以英文表示。
23. 第 1-88 頁，荊竹在表 39 未列樣本數，另圖 47 的數值是否有誤，請檢核。圖 48x 軸的荊竹的胸徑應為 cm 而非 cmm。	謝謝委員指正。荊竹樣本數已增列於表40，圖47與圖48內容已修正。
24. 學員有 35 人，但問卷人數僅 30 分，其中 5 人未答或未施測?	謝謝委員意見。因問卷調查時，有 5位學員因公務關係請假未施測。
25. 第 1-88 頁，表 39 桂竹中小竹(首徑 5.5cm 以上?)?	謝謝委員指正。桂竹中小竹(首徑應為5.5cm未滿)，已於表40修正。
26. 表 25，竹東事業區第 7 林班集材作業標準作業量，有關作業項目:使用一般捆材索，使用自動解材裝置，實際作業與準備收拾平均時間涉及標準作業量的分析結果，建議能在第 1-42 頁的塔式集材機作業標準作業量分析上再予詳細說明，以了解運用塔式集材機較具集材效率。	謝謝委員意見。相關使用一般捆材索與自動解材裝置進行原木解材作業時間與每迴次集材材積的T test分析結果，如p1-32，表21，p值皆小於0.01，顯示使用自動解材裝置可顯著降低解材作業時間並提升每迴次的集材材積量。
27. 表 31，塔式集材機集材單位材積生產費用，表中所列附屬作業費用，和平事業區、竹東事業區均為 184 元，與第 1-50 頁內文所列和平事業區塔式集材機附屬作業費用為 205 元，請釐清兩者之差異。	謝謝委員指正。內文p.1-50所列和平事業區塔式集材機附屬作業費用為205元為誤植，應為184元。另補充竹東事業區塔式集材機附屬作業費用為175元，修正後之結果如p.1-52，表31；p.1-53，表32。

