

行政院農業委員會林務局委託研究計畫系列 108-06-5-02

國產木材創值精緻利用推廣

Taiwan Domestic Wood Value Creation and Promotion

期末報告



委託機關：林務局屏東林區管理處

執行機關：國立屏東科技大學木材科學與設計系

計畫主持人：龍 暉 助理教授

中華民國 109 年 10 月 30 日

目 錄

壹、 計畫緣起與目標	5
貳、 文獻回顧.....	7
一、我國林業現況	7
二、國產材之範疇界定.....	9
三、提琴製作	10
四、獨木舟製作	18
參、研究方法	20
一、國產材備製	20
二、提琴製作	26
三、木質獨木舟	33
四、衍生性相關創意文創產品	36
五、國產材之提琴與獨木舟成果展示與發表會	36
肆、期末成果	37
一、國產材備製分類.....	37
二、國產材提琴	41
三、獨木舟產品	49
四、衍生之週邊文創商品	54
五、成果展示發表會.....	55
六、成本及附加價值評估	60
伍、結論與建議.....	61
陸、參考文獻	63
柒、附錄.....	65
附錄一、團隊成員	65
附錄二、審查委員之審查意見回覆	66
附錄三、文案手冊	75

圖目錄

圖 1. 不同國產材種使用之比例	8
圖 2. 受訪廠家 2015 年使用國產材生產產品類型用量比例	8
圖 3. 小提琴組成個部分構造 (HTTP://VIOLIN-BARCELONA.BLOGSPOT.COM/2012/05/TERMINOLOGIA.HTML)	10
圖 4. 提琴家族其音頻率及音色不同可分 (A)小提琴、(B)中提琴、(C)大提琴 (由屏科大龍 暉製作)	11
圖 5. 木材特性依樂器需求分類(ANDERSONS ET AL. 2006)	13
圖 6. 木材用於提琴(A)面板與(B)背板之相關木材物理性質。(立道有年, 1960)	14
圖 7. 小提琴面板及表面呈現出的(A)弧形及(B)挖鑿面板各部位厚度, 此面板之弧度與厚度 參考 GUARNERI。(龍暉製作、攝影)	15
圖 8. 小提琴背板及表面呈現出的(A)弧形及(B)挖鑿面板各部位厚度, 此面板之弧度與厚度 參考 GUARNERI。(龍暉製作、攝影)	16
圖 9. 小提琴側板及表面呈現出的弧形及厚度, 此側板之弧度與厚度參考 GUARNERI。(龍暉製 作、攝影)	16
圖 10. 提琴漆料的種類 (A)酒精性松香與蟲膠漆 (B)油性琥珀與亞麻仁油漆。	17
圖 11. 各式材質之獨木舟外型設計及其特徵。	19
圖 12. 林務局屏東林區管理處提供之國產木材進行製材前處理作業	20
圖 13. 原木進行大剖製材過程	24
圖 14. 製材後依樹種施以氣乾乾燥	24
圖 15. 臺灣檫與烏心石木材板材施以窯乾乾燥處理	25
圖 16. 製材作業原則以象鋸法為主	25
圖 17. 取上選材材與多段階利用之板料	26
圖 18. 優質化提琴製作工序	27
圖 19. 國產材手工製琴流程步驟	28
圖 20. 小提琴組成構造	29
圖 21. 小提琴面板及表面呈現出的(A)弧形及(B)挖鑿面板厚度, 此面背板之弧度與厚度 ..	30
圖 22. 小提琴側板及表面呈現出的弧形及厚度, 此側板之弧度與厚度	31
圖 23. 提琴面板 F 孔製作參考 STRADIVARI	32
圖 24. 小提琴漆料的底漆、色漆、蟲膠漆塗裝	32
圖 25. 獨木舟之設計、材料及工法創作理念	33

圖 26. 獨木舟製作工序規劃流程：(A)船體模板 (B)木片拼組船體外型 (C) 船體修整與座艙開孔 (D)玻璃纖維與碳纖維複合 (E) 船體上下模的結合&外觀修飾 (F)平整與刨光	34
圖 27. 獨木舟快速拼板製程設計	35
圖 28. 剩餘木材雖置放於氣乾棚內乾燥仍持續劣化發生	38
圖 29. 段木尺寸及狀態多變外，其劣化的程度直接影響其取材方式、取材利用率與價值	39
圖 30. 原木製材現況與提琴選材需求	40
圖 31. 國產材牛樟及松木作為提琴背板使用，國產材木材紋理(交錯紋理)，製作過程中技術。	41
圖 32. 以國產材所製作完成之弦樂四重奏提琴，包括小提琴、中提琴與大提琴	45
國產材特質與提琴加工技術及其特質，提琴聲學表現可以從以下 6 個方向去探討及後續延伸工作：	47
圖 33. 木竹質獨木舟製作製程	49
圖 34. 國產木竹材獨木舟：(A)檫木、松木。(B)相思樹、竹材、檫木。(C)竹材、桃花心木。	50
圖 35. 國產材漂流木經過乾燥處理後，二次加工過程中仍發生表面裂、翹曲等乾燥缺陷	51
圖 36. 就木材之缺點施以各項處理技術，以改善性質漂流木加工性質，樹脂填縫補強、玻璃纖維 FRP 強化&表面處理、單板積層加工&彎曲和碳纖維強化&輕量化複合。	52
圖 37. 利用 ANSYS 對國產材獨木舟進行流體設計相關分析(A)舟體承載條件影響 (B) 划行速度 0.5M/S 之界面流速變化 (C) 水流量 2 M/S 之界面流速變化	53
圖 38. 利用提琴與獨木舟製作過程中剩餘材料再利用所設計周邊文創產品	54
圖 39. 『屏東熱帶農業博覽會』-國產材樹屋杉林館推廣展示(2020 年 1 月 18 日至 2 月 9 日)	55
圖 40. 『國產材提琴極致四重奏音樂會』於屏東縣演藝廳 (2020 年 9 月 4 日)	56
圖 41. 相關媒體報導與宣傳本計劃『國產材手工提琴』成果	57
圖 42. 高雄蓮池潭舉辦國產材獨木舟 KAYAK 成果展示與發表會(2020 年 10 月 23 日)	58
圖 43. 相關媒體報導與宣傳本計劃之『國產材獨木舟 KAYAK』成果	59

表目錄

表 1. 多元各式獨木舟特徵.....	18
表 2. 林務局屏東林區管理處漂流木專案採明細表 ()原木支數	20
表 3. 國產材窯乾乾燥基準表	25
表 4. 本計畫執行所使用國產材材積之明細表.....	37
表 5. 各項開發作品料材尺寸與方法.....	39
表 6. 各項產品成本及附加價值評估.....	60

壹、計畫緣起與目標

臺灣地區木質材料之需求量與消費量現況，臺灣自 1990 年起全面禁伐天然林，每年度容許人工林木材伐採量為 20 萬 m^3 ，惟現今每年平均只伐採國產材約 4~6 萬 m^3 ，不及本國木材消費量之 1%，而國內對於林產品的需求仍持續增加，且每年平均約有 600 萬 m^3 的需求量。為因應林產利用產業界激烈的競爭與轉型，有效利用生態材料，提升我國國產材精緻活化利用、培訓更高級技術人才，為發展以國產材在地精緻化及高價值之質與量，朝機制化、精緻化、高附加價值文化等方向發展，讓國人體認新的觀念來推廣精緻與獨特的國產材利用。為能最佳化及精緻利用國產木材，在傳統家具和工藝品應用外，得已開發創新之精緻產品，特別是克服國產材材種的多樣性質、來源等條件。面對全球變遷，環境條件的轉變，林業經營必須在顧及自然生態保育與國土保安前提下，藉由產業之振興，活絡國產木、竹材產業，合理並多元利用森林資源，發展兼顧生產、生活、生態的「永續林業」。木竹材屬非均質、異方性、有孔隙及易受含水率影響，為能將國產木材得以精緻與高價值利用，並在木材科學與設計領域培育多元專長人才，亦以推動國產材利用自給率的成功關鍵之一。計畫目標在創造國產材價值之精緻產品開發，而國產材之質與量是很重要的關鍵之一，在此學術單位致力在開發國產材多元化利用，同時呼應林務局近年來推動國產材的創值活化推廣利用。因此本計畫之目標如下：

(一)製作設計國產材手工提琴;藉小、中及大提琴製琴工藝、音樂藝術，將國產材

提琴透過樂聲更可表現國產材音與色之美。達到吸引人們對國家森林資源的

價值認識及精緻多樣活化利用體驗目的。

(二)利用國產木竹開發獨木舟(Kayak)及其商品，以精緻、細緻、機制俱備的特色

下所設計出的國產材木竹材質獨木舟。

貳、文獻回顧

一、我國林業現況

森林之林木是人類發展史上重要的生物質材料 (Biomaterials) 之一，森林資源逐漸受到重視，為保障地球的生態，森林生物多樣性資源須謹慎而妥善的永續經營，符合森林經營原則適當施行主伐或疏伐，應可兼顧環境、社會與經濟發展。臺灣地理條件特殊，相對孕育出多樣化氣候環境特色，從不同地理位置、氣候條件及生長狀態等條件下之針、闊葉林木。根據林務局第四次森林資源報告(2020)臺灣地區(含金門、連江縣)總森林面積為 2,197,090 公頃，森林覆蓋度為 60.71%，其中屬森林法定義之林地，其森林覆蓋面積為 1,781,660 公頃。自 1990 年代我國即全面禁伐天然林及限制年伐採量，就以經營使用分類而言，原生林計有 1,091,882 公頃，佔 51%，經改造天然林則有 595,300 公頃(28%)；生產性人工林計 290,385 公頃(12%)，保護性人工林有 169,165 公頃(8%)。此外，天然林年均生長量平均為 2 立方公尺/公頃，人工林年均生長量為 6.8 立方公尺/公頃，人工林中又以人工針闊葉混淆林生長量最高，達 10.4 立方公尺/公頃。因此，國產木材供應來源及數量皆不足，再加上全球暖化及減碳意識，近 10 年來我國每年林木伐採量僅約 4~6 萬 m^3 ，而國人每年對木材相關製品之需求卻持續增加約為 4~600 萬 m^3 /year (林俊成、陳溢宏，2015)。以聯合國糧食及農業組織(Food and agriculture organization of the United Nations, FAO)伐採後木製品之分類方式，以材積當量為基礎，其估算我國木質材料之需求量與消費量現況之木材自給率僅約為 0.8%，換言之，不足超過 99%之木材原料係透過進口取得。然而近年來隨著「減少毀林及森林退化造成的溫室氣體排放」(Reduction in Emission from Deforestation and forest Degradation)等國際森林議題的重視，以及國際木材市場對「永續經營木材認證」如 (Forest Stewardship Council, FSC)，直接或間接使得國際木材市場價格走升，且各國對木材來源限制嚴格等造成木材進口漸缺等情形，為確保國內木質材料來源，如何有效提升我國木材自給率為當前面臨之重要課題。此外，我國農地造林、全民造林等眾多造林相關獎勵辦法及措施獎勵期(合約)20 年屆滿後，將面臨林木砍伐及多元利用之要求，如何機緻、精緻級別緻的國產木材創新利用，方為求對國內林業與林產資源妥善應用，及有效推展國家林業產業。

為能有效提升我國木材自給率，如何妥善應用及有效推展國家林業產業，針對國內自產林木與國產林業資源進行相關策略，目前土地使用現況為人工林或竹林者，僅約 9 萬餘公頃，顯示實際從事林產業經營之面積比例未達三分之一，因此，如何輔導林農從事林產業經營，創造適當的經濟誘因，並能兼顧國土保安之前提，是將來林產業應積極面對的課題，可透過推動精緻與高附加價值林產品研發、發掘具特色及發展潛力的重點產業。就目前使用之國產材樹種以柳杉、杉木、相思樹、臺灣杉及香杉等為主(圖1)(王義仲、林俊成，2011;詹為巽、林俊成 2016)。我國的木材工業由於原料短缺，人工成本高昂，售價面臨國際的競爭，而且 90%的廠商已外移，因此，大型木器製品經營環境日漸困難，但附加價值高的小器物等工藝品，發展空間仍非常寬廣。

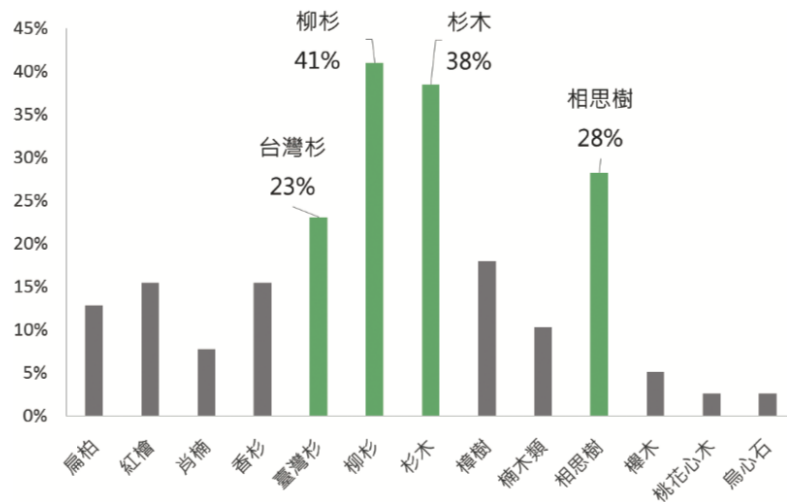


圖 1. 不同國產材種使用之比例

以近年來使用國產材之廠家所生產之產品類型，約 76%以「建築用細木製品及木做成品」為大宗。其次約有 14%生產「實木製品」，而用量第三之產品為「木條及飾條」~5%生產(圖 2)。

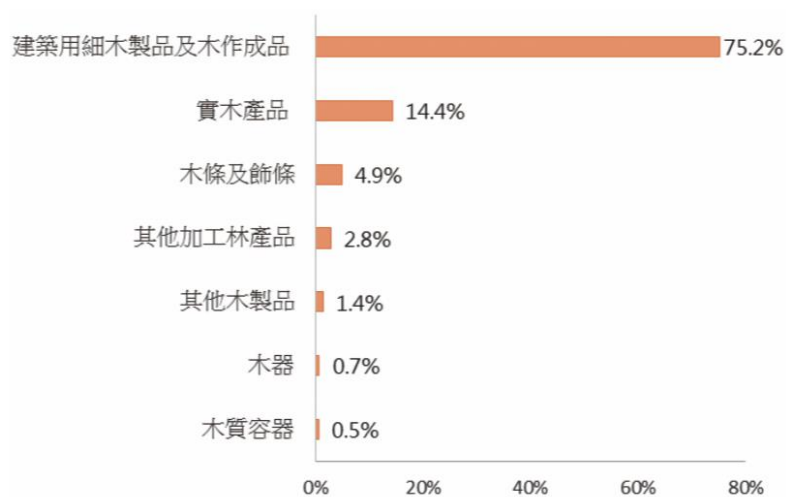


圖 2. 受訪廠家 2015 年使用國產材生產產品類型用量比例

本計畫目的在創造國產木材價值，國產材利用如何可符合「產品(消費者)」及滿足「客製化」等需求下，因此，國產材之質與量是很重要的關鍵之一，就目前林務局已針對林木資源永續利用與產業化提出對策，其中之一，以創新林產品技術研發及多元產品開發，建立國人對特色化國產木、竹材產品之新觀念，以提升相關核心技術能力，及其附加價值及使用範圍，在產、官、學界合作致力在開

發國產材多元化利用，同時呼應我國近年來推動國產材的創值活化推廣利用。因此，本計畫的製作技術成果，當以未來可轉移給產業界運用之。係以林務局屏東林區管理處所轄漂流木作為原料，應用多段階利用的理念 (Mair1& Stern 2017)，即進行全材多樣備料，提高漂流木之利用為目標，並以取上選材之理念，將材料上選，依次等材來區分開發創作『提琴』、『獨木舟』及『文創產品』為主題，藉以國產木材應用在精緻工藝及提升附加價值之可行性，促進國產木、竹材更有效與高價值利用。

二、國產材之範疇界定

國產材乃是台灣土生土長的木材，經過認證表示該木材出自合法經營管理的人工林。林務局已經制定了民國 106 年~109 年的疏伐計畫，108 年國有林計劃疏伐 600 公頃，產出材積 3.6 萬立方公尺，預計全臺國有林和公私有林每年可以提供 1.5 萬立方公尺材積木材。國產材可大致分為 3 類來源：(1)人工林木：人工林是人類有目的培育目的的不同，有計劃、有選擇、有目標營造的森林。目前國有生產性人工林面積~29 萬公頃。(2)風倒木：立木因強風倒塌之樹木。(3)漂流木：漂流木的產生主要因為林木自然老化枯死，形成枯立倒木後隨山洪逐漸漂移而下之木材。

國產木材數量少、生產成本較高，因此，林務局將先從文創商品、客製化家具推廣。108 年林務局已「臺灣木材標章」完成產銷履歷驗證系統的建置。藉由國產木、竹材產銷流程可追溯及追蹤制度，給予完成驗證者識別標章，證明其產品屬生產符合環保標章綠色產品，使國產木、竹材之應用得以推廣，並與國際相關木材認證制度接軌。

三、提琴製作

提琴為樂器之后，在西方樂器中極為重要。至 16 世紀發展演進至今，提琴的演奏表現為何能夠達到聲音響亮、樂音豐富，而廣受人們喜愛。提琴的音質會受制於使用材料、結構之物理特性、漆料的條件、弓與弦、提琴演奏與人的聽覺及演奏環境等影響，進而發展出對於提琴研究或製作方式之不同派系(Chris & Roy 1999)。於 15 世紀在提琴科學與藝術的發展中，製琴師與科學家對於如何達到品質優良的一把提琴各其說法，現今製琴技術上仍參考前人的製琴理論及工序方法。但至今尚未就對影響提琴之音色音質有明確的理論依據，其關鍵之一在於提琴所選的木材為有機質材料，其性質為非均質、異方性、有孔隙，亦會受其含水率影響，而影響其聲學特質(Holz 1994; Schleske 1996; Yano 2007)。除此之外，既使以完全相同木質材料以及工序製作方式複製一樣品質的樂器，亦無法製作出跟著名古提琴音色完全相同的提琴。由此得知，提琴相關研究至今，已經能夠指出影響提琴聲音表現的可能因子，及其改善聲音的方法，但其方法可只針對特定材種與加工形式下適用，因此，許多研究者與製琴師們仍致力克服就多樣化的木材、加工工序及聲學性質表現等提琴加工技術的方針。

(一) 提琴的構造與功能

提琴其主要結構有琴身(包括琴頭、琴頸、指板和共鳴箱)、琴弦系統(包括弦軸、拉弦板、琴橋和琴弦和琴弓，等三大組成(圖 3)，就提琴音頻率與音色有小提琴、中提琴及大提琴(圖 4)。

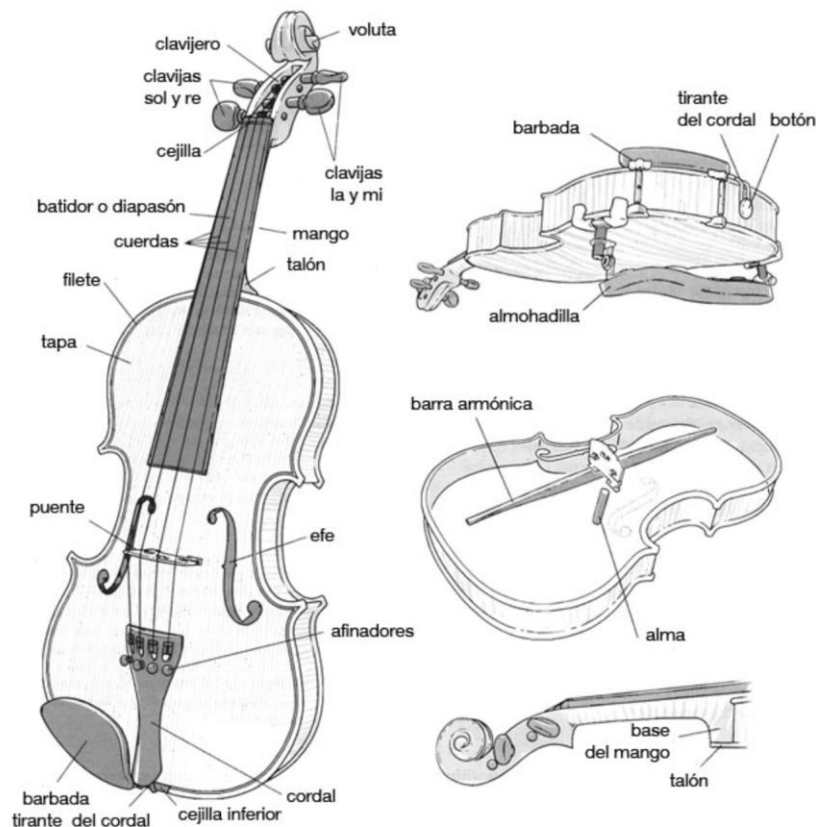


圖 3. 小提琴組成個部分構造(<http://violin-barcelona.blogspot.com/2012/05/terminologia.html>)



圖 4. 提琴家族其音頻率及音色不同可分 (a)小提琴、(b)中提琴、(c)大提琴（由屏科大龍暉製作）

傳統提琴常使用之木材為歐洲生長的雲杉(Picea)作面板及楓木(Acer)做背板。使用木質材料做為樂器和音響的共鳴板，木質材料的聲振動特性(Vibroacoustic)直接影響其振動傳遞性與聲能擴散性。提琴是高單價且具有市場潛力、普遍使用的弦樂器，從素材選用、零組件製程到組裝工序等，是值得深入探討的課題。而每個零組件分別有其相對應固定的木材種類、造型、尺寸、厚薄，以及組裝位置的組裝技術(Hutchins 1962; Hutchins 1981a & 1981b)。且在製作過程中，每個環節如素材、工法、工序、結構形狀等變因對提琴聲音品質皆會產生影響，至今製琴師的經驗以及師徒相傳的技術累積。

提琴面、背板木材對音質的影響提琴音質好壞的關鍵，主要是由面、背板音響特質決定，換句話講，提琴的音質優劣，取決於面板對琴弦發聲的表現程度。傳統提琴面、背板的最佳材質是具有重量輕、質地堅、抗壓強、彈性好、易振動、傳音快等特性，是製作提琴面、背板的理想材質。全世界絕大多數提琴都用雲杉與楓木製作提琴的面板，主要是由於它的質地輕而硬，聲學性能好(龍暉 等 2019)。它的傳聲速度可達 5000 m/s 以上，比空氣的傳導速度快 4 倍多，而且對 3000-5000 Hz 以上的高頻有阻尼作用。面板振動的聲阻抗因素主要涉及面板厚度、振動面積、年輪密度及其受力狀態(Schleske 1990; Noguchi et al. 2012)。選擇質量輕、強度佳、

無缺點、波紋清晰、乾淨無痕而輪廓分明的木材，聲音清脆響亮、年輪規則而間隔不太大且均勻，除此之外，木射線紋(Rays)垂直的紋理，一般採徑切法得能完整保有木射線紋，其對聲音的影響極小，且可降低木材的乾裂具有較佳尺寸安定性，如上述選擇提琴木材條件下就不難想像提琴音質對面板材料的要求有多麼高。

提琴製作過程中首要工序為面、背板如何選擇與備製，木材的聲學特性已在上節說明，就提琴面、背板備製(Veitl 1987; Sonnabend 1989)。用於所有零件都是手工製造的，尤其是面板和背板振動及響度，其曲率與木材的自然結構相適應都具有密切關連性(Chris and Roy 1999)。但目前很少有製琴師及研究者就其工序詳細說明，更遑論以利用我國產木材所製作之提琴相關研究或提琴作品演奏。本研究就歸納相關提琴製作過程中其面、背板工序與聲學的影響；(a)獨板和拼板提琴對音色的影響、(b)面板製作之板裡厚度、及(c)琴板弧度對聲學品質的影響。面、背板使用整塊板材(獨板)或使用膠合板材(拼板)，原則上對聲音沒有決定的影響，左右琴聲的最大因素在於對整把琴的力學結構支撐能力，次外則是美學考量(Bremaud 2012; Molin et al. 1998)。設計琴板弧度的造型很重要，因為琴外型上的美觀，代表作者的藝術風格，又直接影響其音色的變化。弧度與木材彈性模量，琴板厚度尺寸之間相互補充，相互調整，使提琴發出優美動聽的聲音。提琴面、背板弧度與厚度的設計和造型要同時滿足視覺審美和發音的需求(Hutchins 1981a & 1981b; 王栢村等 2019)。

木材對於聲波會有振動及共鳴的現象，當木材受外力敲擊時會以其自身會產生共鳴或自然頻率振動(Guan et al. 2015; Wang 2013)。且木材藉振動會將音波放射到周圍的空氣中。樂器所發出來的聲音，會因材料不同、工制手法等條件，而在音質與音色不同表現，因此，對木質樂器共鳴板使用之木材的聲振特性有極高的要求(Ono 1996; Ono & Isomura 2004)。國內外相關研究木質材料聲振性能評估方法，從振動效率品質、音色、音響擴散性等歸納出相關評估指標，如比動彈性模量(Specific modulus)、聲輻射係數(Radiation ratio)、材料阻尼係數(Damping ratio)、聲阻抗(Acoustic impedance)及聲能轉換效率(Acoustic conversion efficiency)等(Legg & Bradley 2016; Noguchi et al. 2012, Peeling et al. 2007; Rooing et al., 2010)。

木質樂器共鳴板的聲學性質特性，國內外相關研究從振動效率品質、音色、音響擴散性等歸納出相關評估指標，振動聲性能主要指標如(Ouis 2002; Jun 2006; Tandon & Choudhury 1999; Tsai et al. 2005):

- (1) 比動彈性係數 (Specific modulus, E_s): 動態楊氏係數(Dynamic Young's modulus): E'' (GPa)，密度(Density): ρ (kg/m³)。

$$E_s = E''/\rho \quad (i)$$

- (2) 聲阻抗 (Acoustic impedance, z):

$$z = (E''\rho)^{1/2} \quad (ii)$$

(3) 聲輻射係數 (Radiation ratio, R) :

$$R = (E''/\rho^3)^{1/2} \quad (\text{iii})$$

(4) 材料阻尼比 (Damping ratio, δ) : $\Delta f = f_2 - f_1$ 為自然頻率(f)為中心 3dB 位於最大幅度下點 f_1 和上點 f_2 。

$$\delta = \pi(\Delta f / 2f) \quad (\text{v})$$

(5) 聲能轉換效率(Acoustic conversion efficiency, ACE) :

$$\text{ACE} = \frac{\sqrt{E''/\rho^3}}{\tan \delta} \quad (\text{vi})$$

就木材楊氏係數、密度與各類樂器適合之聲學特質研究發現，適合提琴的木材之楊氏係數範圍 8-18 GPa，密度為 550~800 kg/m³，而仍有差異可能是由於木材紋理及含水率等引起的(Bond, 1976; Holz,1994)。顯然，提琴的設計和製作工序是一個複雜的過程，可以進行預測，並且可以相對確定地評估提琴材料特性的目標。應用這些指標參數將可用於提琴樂器的木材面背板組合評估過程之重要參考(圖 5)。

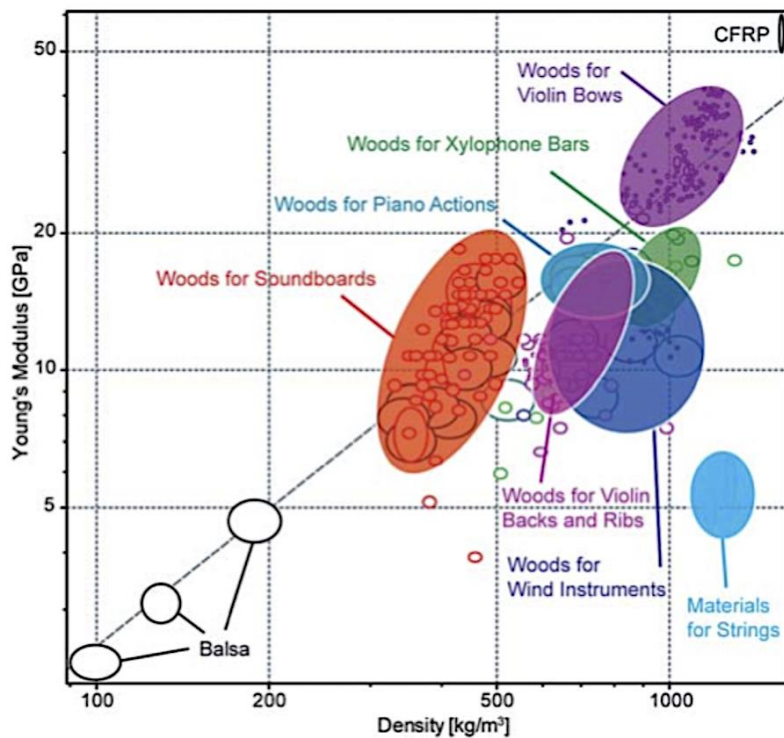


圖 5. 木材特性依樂器需求分類(Andersons et al. 2006)

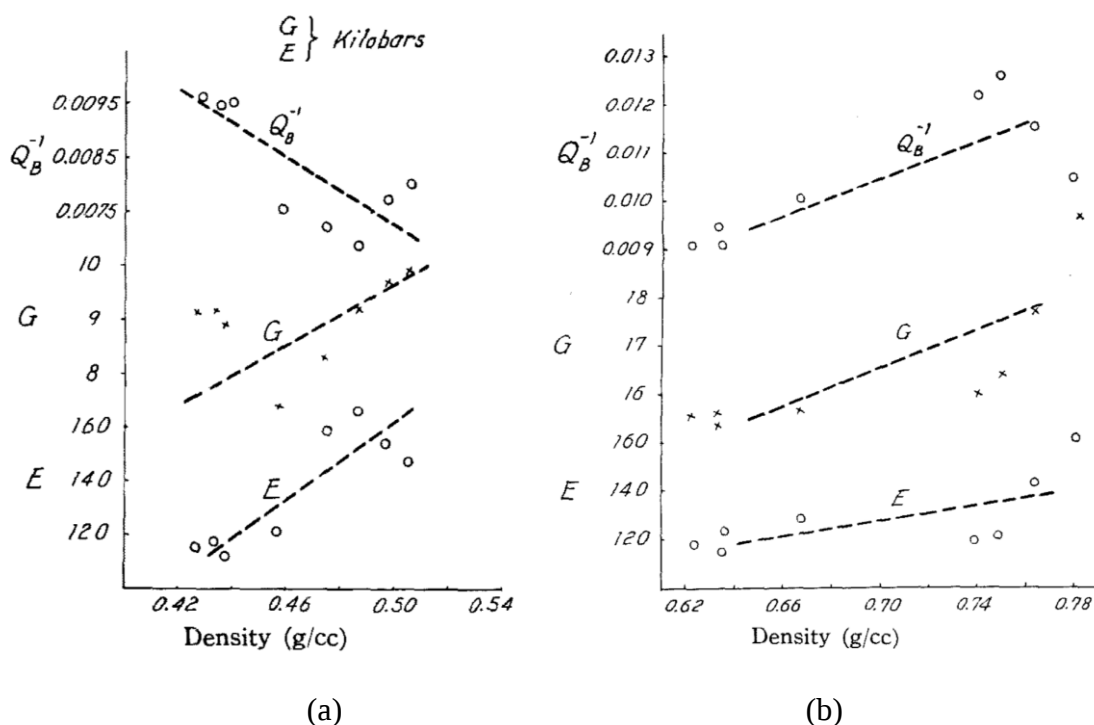


圖 6. 木材用於提琴(a)面板與(b)背板之相關木材物理性質。(立道有年，1960)

提琴對木材的選擇不僅從外觀木材紋理，可以在鋸切方法(象鋸法)中得到較佳的提琴面背板材料。具有高 E'/ρ 和低 $\tan\delta$ 的木質材料作為樂器的音板。 E'/ρ 和 $\tan\delta$ 在很大程度上不依賴於木材的密度，而在很大程度上取決於細胞壁的平均微纖維傾斜角(圖 6)。(立道有年，1960)

1. 面板

面板是提琴最重要的部分，其不但能盡量地將由琴橋傳來的琴弦振動表現出來，更重要的是其本身板的振動也會加強及特色化琴的聲音。一般而言傳統製琴面板多選用雲杉製作。提琴面板的表面呈弧形，目的是為更好地抵抗琴弦對琴橋的壓力。面板的厚度是呈區域地由中間厚，漸向四周擴張得薄下去，但也據琴板的木質而有所區別(Hutchins 1981a & 1981b; Vojtech 2016)。面板的弧度和厚度與面板的強弱有直接關係，從而對音響效果也有顯著影響(圖 7)。弦振動通過琴橋傳遞到面板，再通過音柱傳遞到背板。這種振動對小提琴琴體和發出的響度的影響隨振動頻率而變化很大。當面板和背板同時振動時琴體共振，通常對面板和背板進行和諧度調整，以使它們之間的差異為 3 個半音，從而產生一個寬泛的共振峰(Hutchins 1981b)。這兩種共振方式主要受制於板的厚度和弧曲率的影響(Dünnwald 1990)。最好的提琴的特徵是亥姆霍茲共振和提琴本身共振的頻率密切相關(Hutchins 1962)。

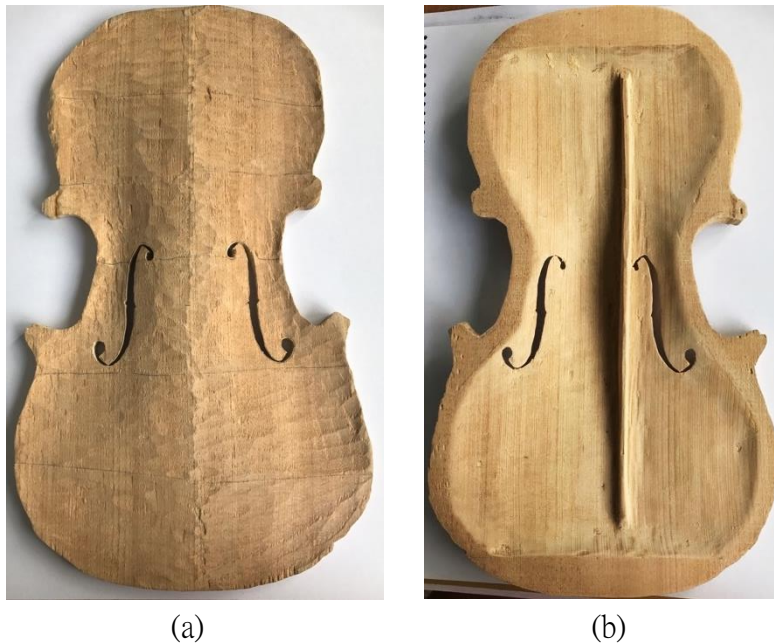


圖 7. 小提琴面板及表面呈現出的(a)弧形及(b)挖鑿面板各部位厚度，此面板之弧度與厚度參考 Guarneri。(龍暉製作、攝影)

2. 背板

傳統背板以楓木(Acer)為常用之材種，其中又以具有虎斑木紋被認為最佳，對於提琴的美學和聲學效果非常重要(Hutchins 1981a & 1981b)。在歐洲 1000 棵樹中，大約只有 1 棵樹具有這種獨特的紋理圖案，也稱為“捲曲楓”或“fiddleback 圖”，其沿年輪具有彎曲性。琴身背面的琴板，和面板一樣是構成琴身的主要部分，背板是用槭科的色木或楓木製作(圖 8)。背板的振動是靠音柱、側板和琴內空氣傳導而產生的，當面板振動時，背板也隨之振動。音柱事實上傳導一部分面板振動，側板也稍有傳導面板振動作用，而琴身內腔空氣的振動則明顯引起背板振動。背板的薄厚，不僅關係到本身的振動，同時也會改變它支撐音柱的強度，從而對面板的振動也產生影響。面板、背板及側板除自己振動外，它還使提琴有一個固定的空氣容積，使琴內空氣振動得到加強，這是琴身內部所引起的一個重要作用。



(a)



(b)

圖 8. 小提琴背板及表面呈現出的(a)弧形及(b)挖鑿面板各部位厚度，此面板之弧度與厚度參考 Guarneri。(龍暉製作、攝影)

3. 側板：

琴身週邊的框板稱為側板，由六塊（上、中、下，各兩片）組成，膠合連接面、背板的作用。側板厚度為 1.2~1.1mm，側板的寬度，則應以小提琴有適當的空氣容積為準，過大、過小都會影響琴的發音。側板內裡膠著木薄片做的襯條，在琴框的首、尾、中部四角，都黏有木塊，琴身的上下兩端，琴弦張力很大，如果沒有首、尾木塊，就很難負擔弦的張力(圖 9)。側板的寬度，應以小提琴有適當的空氣容積為準，過大、過小都會影響提琴的發音特性。



圖 9. 小提琴側板及表面呈現出的弧形及厚度，此側板之弧度與厚度參考 Guarneri。(龍暉製作、攝影)

4. 漆料

提琴表面的漆料，不僅僅是為了增加提琴表面的美感，更為重要的是，漆面的成分質地和厚薄對提琴音質具有很大的影響。好的漆料塗在提琴的表面，會增加面板和背板的堅韌度，使小提琴的音質更加銳利高亢(圖 10)。

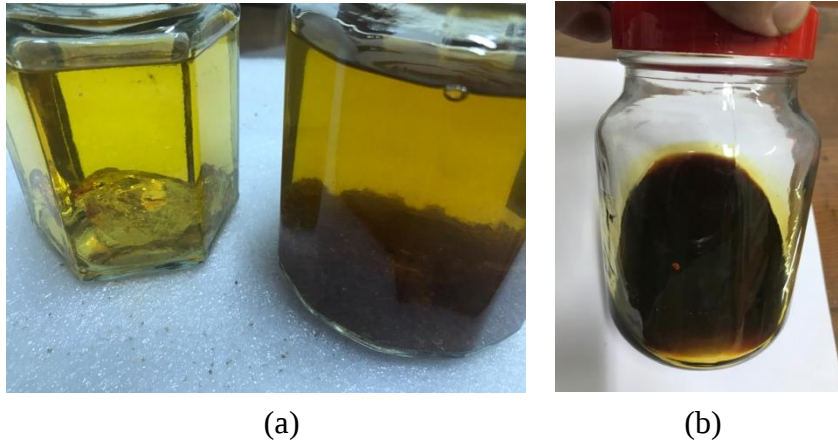


圖 10. 提琴漆料的種類 (a)酒精性松香與蟲膠漆 (b)油性琥珀與亞麻仁油漆。

此外，低音樑 (bass bar) 和音柱 (sound post) 也極大程度影響提琴音色與音質，但兩者通常都是由雲杉製成，但是它們被修改為長度(約 27.7cm)的曲線，且低音樑的位置，亦會直接影響提琴的音傳導。音柱直徑約 6 mm 的圓柱，兩端的尖端都適合上面板和下背板內壁的拱形，在調整移動位置及鬆緊，將影響整把琴的音色與音質表現。因此，低音樑和音柱的位置，厚度，長度等的選擇因製作者而異，並且迄今為止製琴師與學者家們仍致力於此之研究(Schleske, 2002a &2002b)。但是，音調定律複雜尚不清楚，就目前這完全是工匠的經驗定律。相關配件如提琴尾柱，拉弦線等也根據其材料和形狀而具有不同的色調，因此每個製造商最近都在開發新產品。由於即使更改後音色也會完全改變，因此弦樂器製造商也正在開發各種各樣的產品，因此音色不僅受樂器本身的影響，而且還受到演奏者對琴弦的選擇的影響，從而做出更多判斷亦越加複雜與挑戰。

四、獨木舟製作

獨木舟(kayak)起源於起源於加拿大，獨木舟不僅僅是小船：它亦是運動器材，是在大自然中尋求和平的一種方式，也是終極的越野探險工具。因此，1936 年第 11 屆奧運會，獨木舟開始被列為奧運會正式比賽項目，共進行了 9 項比賽。此後，獨木舟的比賽項目不斷變化，奧運會共設有 12 個項目。在獨木舟的開展過程中，最初的皮划艇設計是為了適應區域條件和划槳風格而設計的，其變化與預期的環境相差很大，隨之不少人為了提高速度，熱衷於舟形的改造(表 1)。19 世紀末英國造艇家弗龍德發現船體越長阻力越小，速度也越快，因此造船者紛紛加長船體。1923 年，丹麥、瑞典、奧地利等國家組成了一個工作委員會，規定了艇的長度為 5.2 m，寬度為 51 cm，一直延用至今。1964 年，國際劃聯又制定了"無凹面"的規則，使舟設計標準化。1972 年出現了玻璃纖維(FRP)艇。隨後又出現蜂窩結構的碳素纖維獨木舟。

表 1. 多元各式獨木舟特徵



	Sit-on-Top Rec	Sit-Inside Rec	Whitewater Kayak	Sea Kayak	Canoe/Kayak Hybrid	SUP/Kayak Hybrid
Fishing	Best	Best	Limited	Good	Best	Good
Camping	Good	Good	Limited	Good	Best	Limited
Diving	Best	Limited	Limited	Limited	Limited	Limited
Racing	Limited	Good	Good*	Best	Limited	Limited
Family	Best	Best	Limited	Limited	Best	Good
Lakes	Best	Best	Limited	Good	Good	Best
Small Ponds	Best	Best	Good	Limited	Best	Best
River (Whitewater)	Limited	Good w/skirt	Best w/skirt	Limited	Limited	Limited
River (Flatwater)	Best	Best	Good	Good	Best	Best
Open Ocean	Best	Good w/skirt	Limited	Best w/skirt	Limited	Limited
Bays	Best	Good	Limited	Best w/skirt	Best	Best
Speed	Limited*	Good	Limited	Best	Limited*	Good
Stability	Best	Good	Limited	Limited	Best	Good
Maneuverability	Good	Good	Best	Limited	Good	Good
Weight	Limited*	Good*	Best	Good*	Good*	Good*

*Can vary dramatically depending on kayak length, width and other unique characteristics specific to each boat.

利用木材建造的獨木舟比塑料輕，且和玻璃纖維一樣堅固，並且比任何一種材質都更加漂亮(圖 11)。目前可用的製舟工具和設計文獻書籍中的資料相當有限，製作時所使用之空間，時間和工具會影響較要求，且保持木質獨木舟的光潔度是保持其美觀和耐用性的關鍵之一。有別於過往的獨木舟，現今獨木舟是屬於一種高附加價值的戶外活動，也就是說獨木舟可說是一種精緻休閒項目之一（如同高爾夫球），可提高生活水平的一種活動，且不管是團體、家庭還是個人都是可以進行的運動。但獨木舟並非僅僅只是一艘戶外水上活動的工具，世界各地有些愛

好者將獨木舟視為一種工藝收藏，在家擺放不同設計、並且更純手工製造的獨木舟作為裝飾，兼具冒險挑戰個性及高社會地位的象徵，而這類獨木舟在材料的選擇與工法通常相當講究，已經將獨木舟視為藝術品般的價值。



圖 11. 各式材質之獨木舟外型設計及其特徵。

參、研究方法

一、國產材備製

原木進入製材程序，通常會依木材的使用目的來決定如何製材，且採不同裁切的方式。經製材後木材為達最佳利用前須經乾燥處理，經分級分等使用者才能得到安定的材料。本計畫之國產材之漂流木須適當備製處理，是最佳化利用木材之品質的重要因素。

1. 國產木材：林務局屏東林區管理處提供之國產木材，根據屏東林管處漂流木『專案採取』(表 2)。林務局屏東林區管理處提供之國產木材(針葉木與闊葉木)共 35 支原木段，其材積計 34m³。

表 2. 林務局屏東林區管理處漂流木專案採明細表 ()原木支數

木材	製材材積(m ³)	製材後可利用材積(m ³)
黃連木 ⁽²⁾	1.99	0.597
牛樟 ⁽²⁾	2.44	0.801
紅檜 ⁽⁵⁾	2.989	0.734
肖楠 ⁽¹⁾	0.24	0.24
烏心石 ⁽⁴⁾	4.683	1.575
櫟木 ⁽⁹⁾	5.282	2.281
松木(雜木) ⁽⁴⁾	4.36	0.962
相思木 ⁽⁴⁾	3.984	1.326
杉木 ⁽¹⁾	1.297	1.297
鐵杉 ⁽¹⁾	0.17	0.17
樟木 ⁽²⁾	1.825	0.548
總計 ⁽³⁵⁾	29.259	10.53

2. 國產材木材種與特質

- (1) 針葉樹：紅檜、肖楠、五葉松、杉木、鐵杉。
- (2) 闊葉樹：黃連木、牛樟、烏心石、櫟木、相思木、樟木。



圖 12. 林務局屏東林區管理處提供之國產木材進行製材前處理作業

3. 國產材由木材之樹種特質、木紋理等結構之影響與美學品質，推廣精緻與獨特性的國產材利用。其木材特質(陳周宏等 2012，及本研究整理)：

(1) 肖楠 (學名：*Calocedrus macrolepis* var. *formosana* (Florin) Florin)



巨觀特徵：◆早晚材：晚早材移行緩變，生長輪不明顯，具偽年輪。

◆樹脂溝：無。

◆軸向薄壁細胞：軸向薄壁細胞豐富呈散生排列。

一般特徵：◆心邊材色：區別不明顯。心材黃褐色；邊材淡黃褐色。

◆木肌木理：木理通直均勻，木肌細緻具光澤。

◆氣乾比重：0.57~0.65。

(2) 杉木 (學名：*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook. var. *lanceolata*)



巨觀特徵：◆早晚材：晚早材移行緩變到急變；早晚材區分明顯；生長輪時寬時狹，生長輪較杉木密集。

◆樹脂溝：無。

◆軸向薄壁細胞：軸向薄壁細胞呈散生排列。

一般特徵：◆心邊材色：區別明顯。心材黃褐色或褐色，經久出現紫暈。

◆木肌木理：木理通直，木肌中庸。木材具芳香味。

◆氣乾比重：0.40~0.46。

(3) 五葉松 (學名：*Pinus morrisonicola* Hayata)



巨觀特徵：◆早晚材：晚早材移行緩變，晚材帶狹而顯著。生長輪明顯均勻。

◆樹脂溝：具明顯垂直和水平樹脂溝，單獨散生餘年輪間。

◆軸向薄壁細胞：出現在樹脂溝周圍之周邊(緣)細胞。

一般特徵：◆心邊材色：區別明顯。心材黃褐色，經久變暗褐色；邊材淡黃至淡紅黃色。

◆木肌木理：木理通直，木肌中庸。

◆氣乾比重：0.40~0.50。

(4) 相思木 (學名: *Acacia confusa* Merr.)



巨觀特徵: ◆導管: 散孔材。管孔單獨偶2~3複合, 放大鏡下清楚。

◆軸向薄壁細胞: 圍孔翼狀薄壁細胞, 放大鏡下可見。

◆木質線: 密且細, 放大鏡下可見。

一般特徵: ◆心邊材色: 區別明顯。心材暗栗褐色, 邊材窄、黃~褐色。

◆木肌木理: 木理歪斜, 木肌粗糙。材質堅硬, 具光澤。

◆氣乾比重: 約0.75。

(5) 樟木 (學名: *Cinnamomum camphora* (L.) Sieb.)



巨觀特徵: ◆導管: 散孔或半環孔材。管孔單獨及2~3複合, 導管有斜列, 早材管孔略大, 放大鏡下清楚。具填充體。

◆軸向薄壁細胞: 離孔散生與環管束狀、稀短翼狀, 放大鏡下清楚。

◆木質線: 略密、細, 肉眼下可見。

一般特徵: ◆心邊材色: 區別略明顯。心材黃褐色, 邊材灰褐色至淡紅色。

◆木肌木理: 木理斜行, 木肌略粗。

◆氣乾比重: 0.42~0.51。

(6) 牛樟 (學名: *Cinnamomum kanehirae* Hayata)



巨觀特徵: ◆導管: 散孔材。管孔單獨及2~3以上複合, 導管斜列不明顯, 放大鏡下清楚。輪界處之晚材帶的導管稀而纖維壁厚。具大量填充物。

◆軸向薄壁細胞: 圍孔狀、離孔散生或翼狀。具油細胞。

◆木質線: 略密、略粗, 肉眼下明顯。徑切面上木質線斑紋明顯。

一般特徵: ◆心邊材色: 區別不明顯。心材淡黃褐色至紅褐色。

◆木肌木理: 木理交錯, 木肌粗糙。

◆氣乾比重: 0.41~0.48。

(7) 台灣櫟木 (學名：*Zelkova serrata* (Thunb.) Makino in Bot. Mag.)



巨觀特徵：◆導管：環孔材。早材導管1列。早材管孔單獨，肉眼下可見；晚材管孔數量多甚細小，2~5斜向聚集。具填充體。

◆軸向薄壁細胞：散生及翼狀，於晚材呈波浪狀，肉眼下可見。

◆木質線：略密、略細，肉眼下可見。

一般特徵：◆心邊材色：區別明顯。心材淡黃褐色或紅褐色，邊材淡紅色。

◆木肌木理：木理通直，木肌粗糙。

◆氣乾比重：0.91~0.94。

(8) 烏心石 (學名：*Michelia compressa* (Maxim.) Sargent.)



巨觀特徵：◆導管：散孔材。管孔單獨及2~4徑向複合，放大鏡下勉強可見，管孔小且多。

◆軸向薄壁細胞：散生及端生，肉眼下可見端生薄壁組織。

◆木質線：略寬，甚細，放大鏡下可見。

一般特徵：

◆心邊材色：區別明顯。心材暗黃褐色，邊材淺黃灰色。

◆木肌木理：木理通直或交錯，木肌細緻。具光澤。

◆氣乾比重：0.45~0.69。

(9) 黃連木 (學名：*Pistacia chinensis* Bunge)



巨觀特徵：◆導管：多為半環孔，早材導管多為1列。早材管孔單獨，晚材複管孔為團狀及短徑列或斜列，放大鏡下略見。

◆軸向薄壁細胞：圍孔狀，於晚材呈波浪狀，肉眼下可見。

◆木質線：密且甚細，肉眼下略見。

一般特徵：

◆心邊材色：區別明顯。心材橄欖黃或金黃色，具深色條紋，邊材淺黃褐色。

◆木肌木理：木理交錯，木肌略粗。

◆氣乾比重：0.82~1.1。

4. 大剖製材：進行大剖製材，製材作業原則以象鋸法或平鋸法為主(圖 13)，若因原木狀況不甚理想時，製材則以最大取材率為目標。在製材作業中依創作品所需材料尺寸備料製成 2.5"，2" 及 1" 等厚度尺寸之板料。



圖 13. 原木進行大剖製材過程

5. 乾燥處理：

- (1) 氣乾乾燥處理：將木材至於屏科大木設系氣乾棚內(圖 14)，採通風良好不以人工方式加熱，讓其緩慢喪失水分。氣乾材之一般含水率在 12~26%之間，而徹底氣乾材則為木材至於空氣中乾燥至不能再乾燥時稱之，亦即木材中水分蒸發力與空氣中之水分蒸發力相平衡時之含水狀態。



圖 14. 製材後依樹種施以氣乾乾燥

- (2) 窯乾乾燥處理：為減輕木材重量以便運輸或適於某實際需要，而將木材置於人工乾燥窯內(圖 15)，以人為加熱而將木材乾至所需之含水量為止。其乾燥基準表如表 3：

表 3. 國產材窯乾乾燥基準表

木材	乾燥基準代號(厚度 2")
烏心石	T8-D3
牛樟	T5-C3
欖木	T3B1
相思木	T5-B4



圖 15. 臺灣欖與烏心石木材板材施以窯乾乾燥處理

6. 料材備製：

進行大剖製材，製材作業原則以象鋸法為主(圖 16)，若因原木狀況不甚理想時，製材則以最大取材率為目標。在製材作業中依創作作品所需材料尺寸備料製成 2.5”，2”及 1” 等厚尺寸之板料，以“取上選材法” 選取『提琴』、『獨木舟』與『文創產品』之材料，並應用「多段階利用」理念，所謂多段階利用的理念，是將設計的作品各零組件尺寸依木材每階段所鋸切下來之材料加以規劃設計，使其木材之利用率增加，達到潛在資源的充分利用(圖 17)。

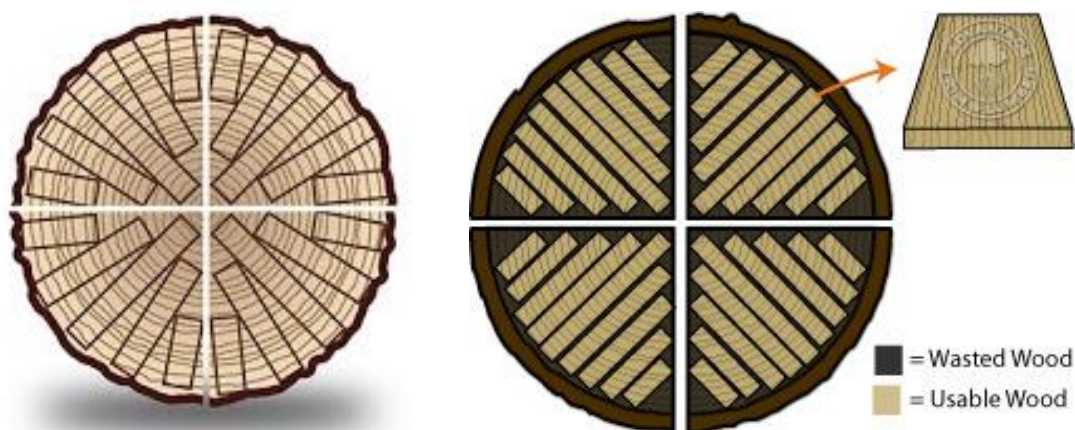


圖 16. 製材作業原則以象鋸法為主



圖 17. 取上選材材與多段階利用之板料

二、 提琴製作

傳統提琴製師是根據木材組織條件作為選擇標準，其木材多為木紋理通直、強度高且低密度，因此提琴選材以針葉樹種之雲杉(*Picea abies*)為提琴面板，闊葉樹種之楓木(*Acer pseudoplatanus*)為提琴背板為主，及側板與琴頭等部位材料，經製材、乾燥(一般需經過氣乾5年以上)、備置與取材木紋理切面分等級，後續可標準化之應用設計，研發製作手工提琴。本計劃國產木材提琴之各部組件工法工序到整支提琴的最佳音質之組合匹配層次，來分項探討並評估調質的可行性。可分別由下列項次(圖18)：

- (1) 木材組織特質：國產木材產地履歷、木材組織及木材紋理特徵。
- (2) 木材鑑別與數位資料庫建置：巨觀木材材種組織特徵如切面(橫切、徑切及弦切)、組織排列(導管排列、樹脂溝與薄壁細胞分佈)及取材部位(邊材、心材)等。
- (3) 木材物理特質：密度、含水率與聲學性質、機械強度性質及其動態聲振特質等。
- (4) 提琴工序工法：製琴工序及工法包括模板製作、側板工序、背板及面板工法工序及琴橋、音柱與低音樑設計工序等。
- (5) 提琴木材尺寸安定性與其音響性質評估：建立國產木材之面、背板聲振特質資料、含水率及乾燥方式與聲學響應及塗料選擇和上漆方式對木材尺寸安定性的影響。
- (6) 提琴聲音品質主觀評價技術：專業演奏家之主觀評價(演奏性、聲音品質)、國產材提琴材料之匹配組合與音質客觀指標及塗料選擇和上漆方式對木材聲學特質的影響。

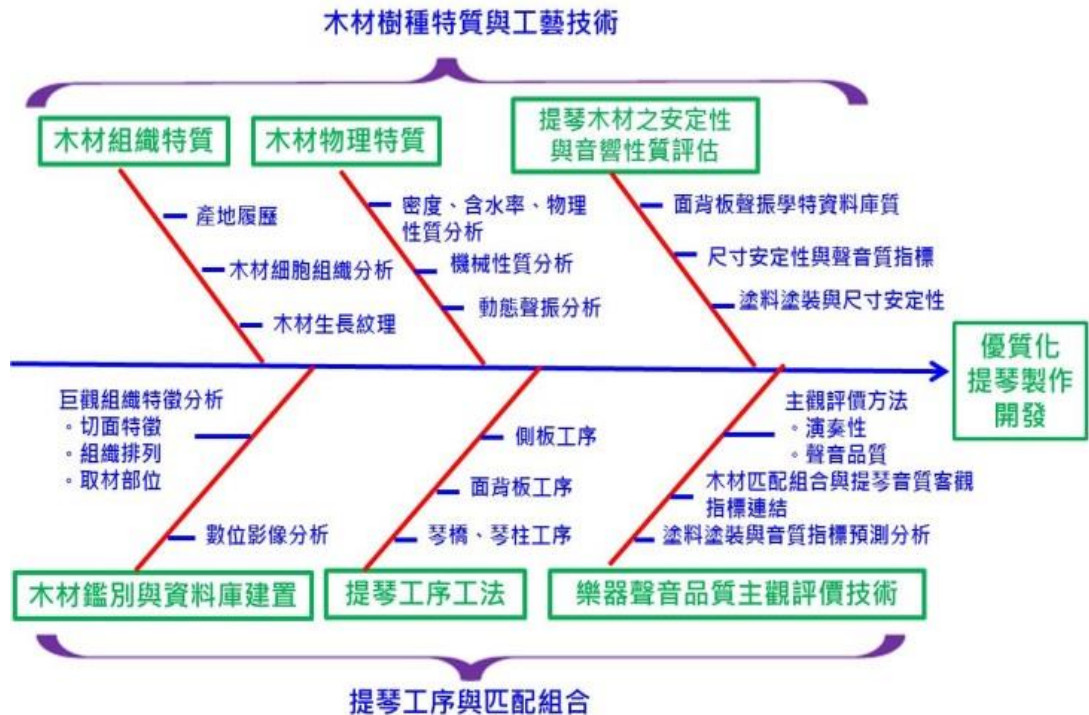


圖 18. 優質化提琴製作工序

中、西方樂器中廣泛使用木質材料做為樂器的共鳴板，木質材料的聲振動特性 (Vibroacoustic) 直接影響其振動傳遞性與聲能擴散性。傳統樂器製作時在其音箱共鳴材料的選擇，主要依賴製琴者的經驗以觀、撚、敲、聽等方式主觀評判，且無具體及系統的科学依據，難免會發生評估的偏差。此外，器樂共鳴箱體的自然共振頻率 (Natural resonance frequency) 受到其結構幾何形狀、尺寸、材料特性（彈性係數、密度、含水率等）和振動方式等影響 (Ono et al., 1983; Schwarze et al., 2008; Shen & Ming 2005)。適合用於樂器的木質材料須具有優良的聲振共振性及其頻率響應特性，能共鳴出音色優美的樂音，能將弦振動的振幅 (Amplitude) 與倍頻 (Harmonic) 擴大並美化其音色，進而擴散聲能於空間音場 (Rujiniun et al. 2005; Zhou et al. 2014)。此木質特性材料之所以得廣泛用於樂器共鳴部件的重要依據。

提琴製作過程中首要工序為面、背板如何選擇與備製，木材的聲學特性已在上一節說明，就提琴面、背板備製，目前很少有製琴師及研究者就其工序詳細說明 (圖 19)



圖 19. 國產材手工製琴流程步驟

本研究就歸納提琴製作過程中其面、背板工序與聲學的影響;(a)獨板和拼板提琴對音色的影響、(b)面板製作之板裡厚度、及(c)琴板弧度對聲學品質的影響。面、背板使用整塊板材(獨板)或使用膠合板材(拼板),原則上對聲音沒有決定的影響,左右琴聲的最大因素在於對整把琴的力學結構支撐能力,次外則是美學考量。設計琴板弧度的造型很重要,因為琴外型上的美觀,代表作者的藝術風格,又直接影響其音色的變化。弧度與木材彈性模量,琴板厚度尺寸之間相互補充,相互調整,使提琴發出優美動聽的聲音。提琴面、背板弧度與厚度的設計和造型要同時滿足視覺審美和發音的需求。小提琴構造主要有琴頭和琴頸、琴身及配件(琴橋、琴柱、弦軸、拉弦板、腮托)(圖 20),琴弦是提琴的發音體,琴身是共鳴體。

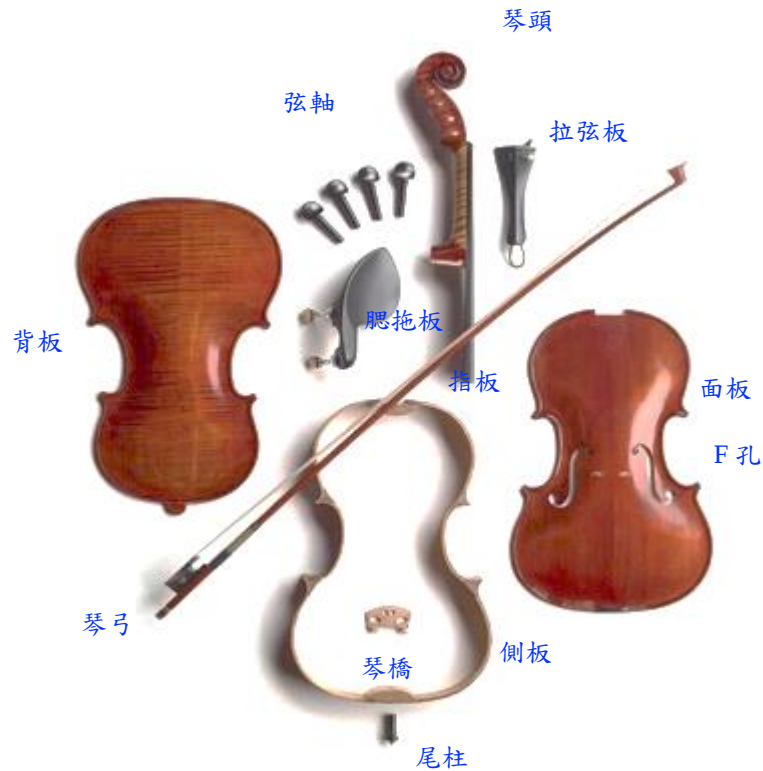
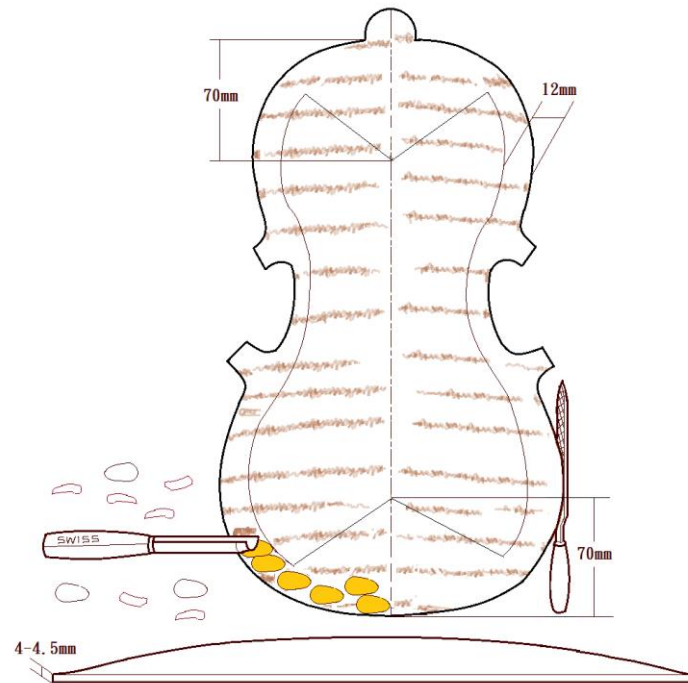


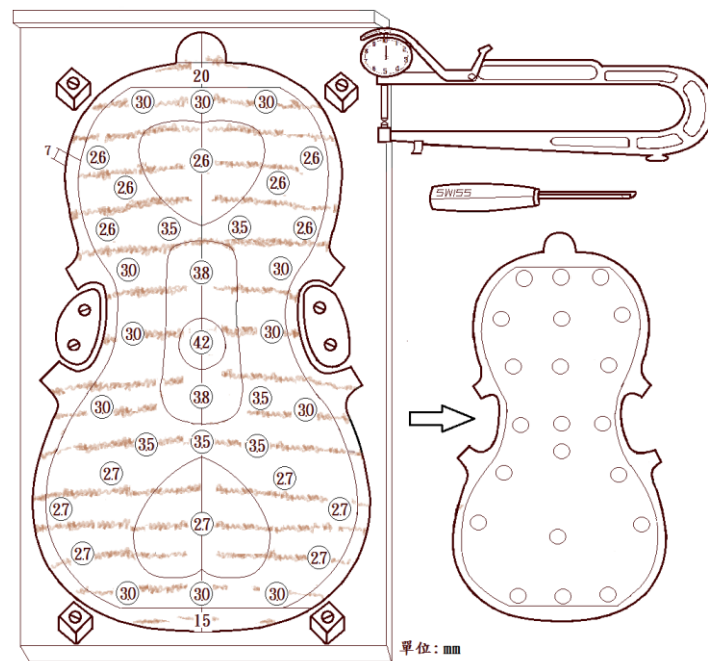
圖 20. 小提琴組成構造

(1) 面\背板：

面板是提琴最重要的部分，其不但能盡量地將由琴橋傳來的琴弦振動表現出來，更重要的是其本身板的振動也會加強及特色化琴的聲音。一般而言傳統製琴面板多選用雲杉製作。提琴面板的選擇重要之一標準是年輪寬度：小提琴和中提琴-平均生長輪寬度為1cm（0.8至2.5cm）；大提琴則為~3cm。年輪中其秋材(late wood)的比例通常為20%左右，平均密度為~400 kg/m²。且春秋材變化以緩變為宜(Holz, 1966, Bond, 1976)。本計畫所選擇之面板木材以(a)密度範圍(400~600 kg/m²) (b)無瑕疵(如節、蟲蛀、紋裂、變形等) (c)木紋理方向(徑切為首選) (d)聲學響度等。提琴面背板之弧形，目的是為更好地抵抗琴弦對琴橋的壓力。面板的厚度是呈區域地由中間厚，漸向四周擴張得薄下去，但也據琴板的木質而有所區別。面板的弧度和厚度與面板的強弱有直接關係，從而對音響效果也有顯著影響(圖 21)。



(a)



(b)

圖 21. 小提琴面板及表面呈現出的(a)弧形及(b)挖鑿面板厚度，此面背板之弧度與厚度

(2) 側板：

琴身週邊的框板稱為側板，由六片（上、中、下，各兩片）組成，膠合連接面、背板的作用。側板厚度 1.2~1.1mm，側板的寬度，應以小提琴有適當的空氣容積為準，過大、過小都會影響琴的發音。側板內裡膠著木薄片做的襯條，在琴框的首、尾、中部四角，都黏有木塊，琴身的上下兩端，琴弦張力很大，如果沒有首、尾木塊，就很難負擔弦的張力(圖 22)。側板的寬度，應以小提琴有適當的空氣容積為準，過大、過小都會影響提琴的發音特性。

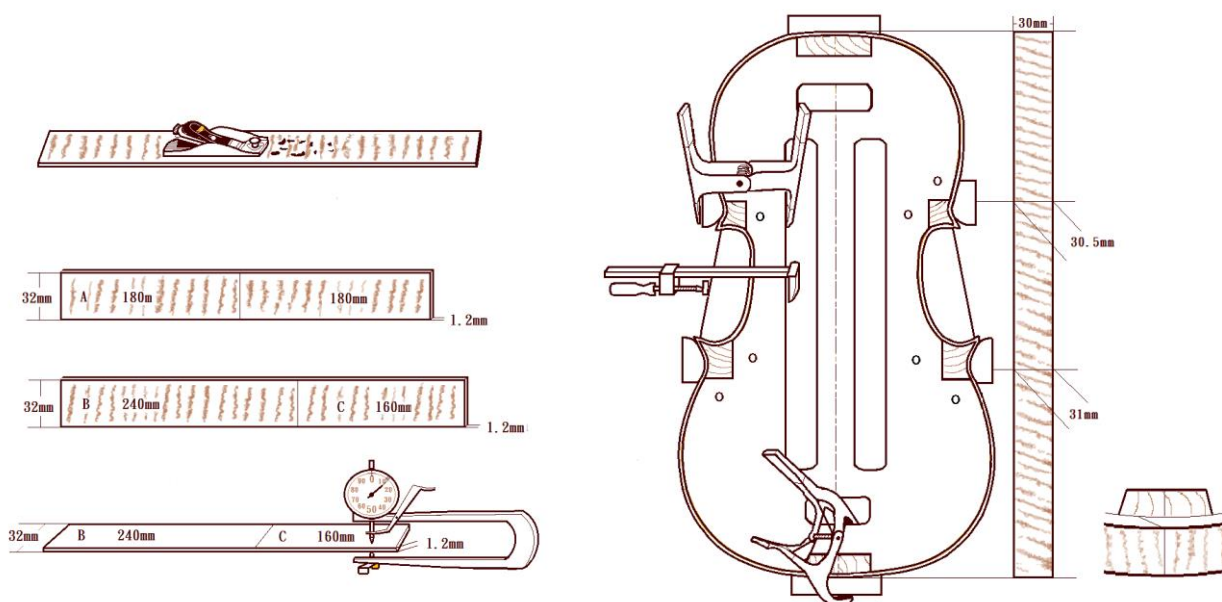


圖 22. 小提琴側板及表面呈現出的弧形及厚度，此側板之弧度與厚度

(3) 音孔：

孔開在面板中部偏下的兩側，有兩個成「f」形。音孔起著使面板中部容易振動等作用(圖 23)。面板中部是琴橋傳振的地方，但由於面板中部狹窄，四周又與側板膠合，如果沒有音孔，面板就不能強烈振動。關於音孔的位置開在其他部位，（背板、側板）都於如開在面板中部。

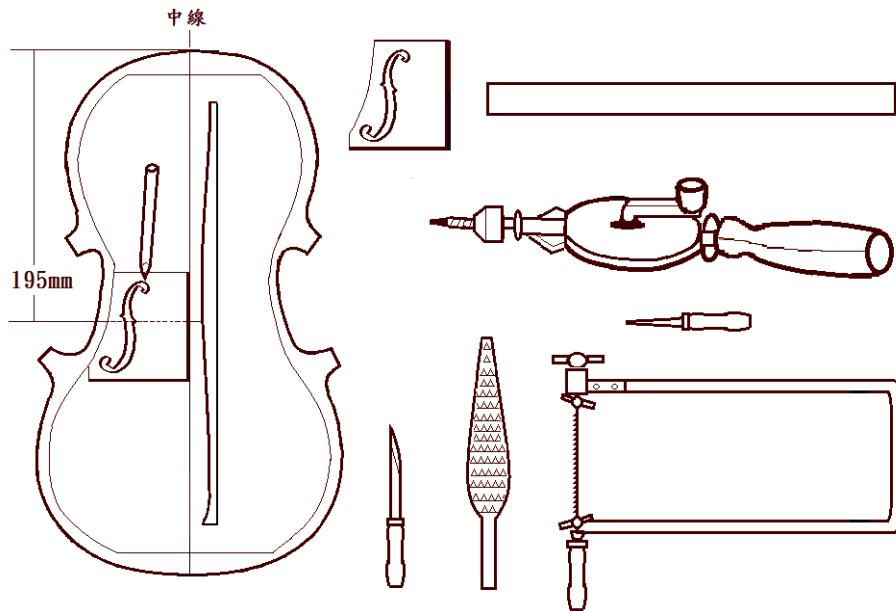


圖 23. 提琴面板 f 孔製作參考 Stradivari

(4) 漆料(Varnish)對音質的影響

提琴表面的漆料，不僅僅是為了保護木材與維持尺寸安定性外，亦增加小提琴表面的美感，更為重要的是，漆面的成分質地和厚薄對小提琴音質具有很大的影響(圖 24)。適當的漆料選擇與工法是在小提琴的表面，會根據白陞琴狀態時面板和背板的堅韌度，並調整提琴的音色使小提琴的音質更加銳利高亢或飽滿圓潤等。

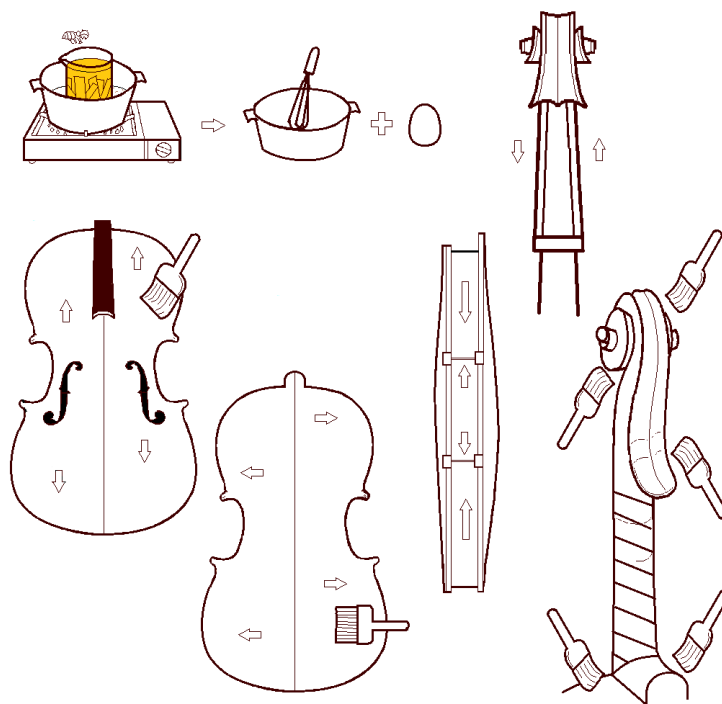


圖 24. 小提琴漆料的底漆、色漆、蟲膠漆塗裝

三、木質獨木舟

以國產木材自然美學、複合材技術、優質工藝技術及精確工序規劃，將獨木舟視為一種藝術品，不單單只是一種休閒用具，甚至想製作可視為一種奢侈品的獨木舟，可如高級樂器的存在，不只有本身的功能及作用，還賦予了可觀賞與收藏的價值。將利用高效益性之設計、材料特性選擇、工法與工序規劃等步驟，此三大點來製作最高價值的獨木舟(圖 25)。獨木舟輕質化是設計的主要目標。以自然元素，把木材與竹材質感重新在戶外挑戰性格結合，在設計方面考慮到獨木舟的藝術價值與性能，將在外觀上以及安全性進行設計，獨木舟整體以拼板建構而成，所以將會利用不同顏色拼出船體的外觀。本獨木舟設計工法，為講求輕量化，木材採用薄片製作，船體內、外將採用玻璃纖維作為防水之用，剩餘殘膠使用真空吸附去除，達到輕量化。而為保持強度，則會在獨木舟內裝部份上一層碳纖維，使他不致於破壞外觀，更能確保強度。

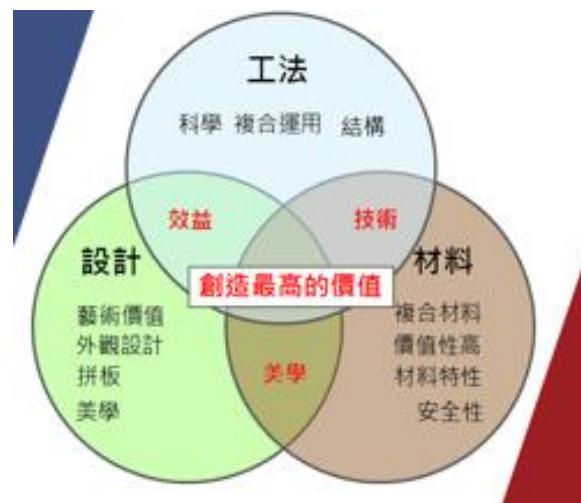


圖 25. 獨木舟之設計、材料及工法創作理念

1. 材料

國產材材料選擇以木材紋理、木材色澤以及施工安全與船體安全為基本最為選料考量，選擇價值性較高的材料來製作獨木舟。

- (1) 材料：將依船體造型設計選擇多樣化之國產木材，如針葉木材或闊葉木材（木肌、木紋、木理、比重、顏色等）。尺寸：600cm 長 x 20mm 寬 x 4mm 厚。含水率(MC)：13~16%。
- (2) 複合材料：玻璃纖維、碳纖維，將船體整體大幅度提升防水、強度、安全性 使用玻璃纖維長度 25 尺 碳纖維長度 12 尺。
- (3) 膠合劑：Titebond（太棒膠）3g/L、Epoxy 11g/L

2. 工法

獨木舟船體結構將會木、竹材組合設計且與複合材料的技術應用，木材最美的紋理及提高強度。本獨木舟之製作為呈現木竹舟體流線輪廓得運用 2 項工法；

- (1) 木塑型熱處理：當船體強度美觀將木拵條師加熱塑型之法。
- (2) 實木圓樺型工法：提高拵條精準度。

3. 船體工序流程

(1) 工序步驟：

- i. 在製作獨木舟前要先將母模完成，加上船首與船尾製作，才能將木條按照母模拼接出尺寸精準的獨木舟。母模大致為中密度纖維板 MDF(6 分板，一分為 3mm) 以及口字鐵管建構而成，間距為~250mm，總長度為 4800~5200mm，寬度為~530mm。獨木舟船體製作工序，及玻璃纖維與碳纖維材料複合加強船體結構力強度，並控制船體整體重量(圖 26)。

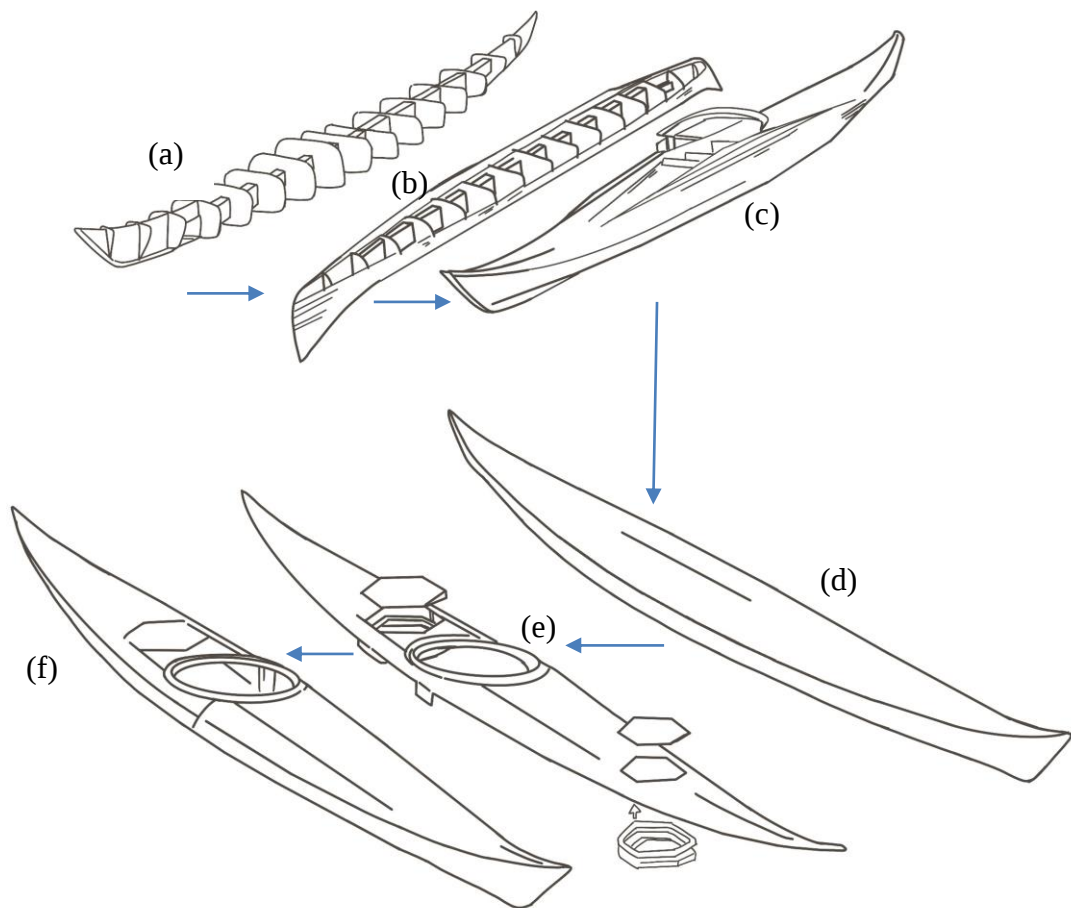


圖 26. 獨木舟製作工序規劃流程：(a)船體模板 (b)木片拼組船體外型 (c) 船體修整與座艙開孔 (d)玻璃纖維與碳纖維複合 (e) 船體上下模的結合&外觀修飾 (f) 平整與刨光

- ii. 在備木片條的時候，材料盡量選擇缺點少的木料，尤其是木節的部分，會對拼板造成最大的影響，而獨木舟木料所使用的是徑切面，那一般木條長度不夠會使用接合相接，接合方式有 4 種(圖 27)：

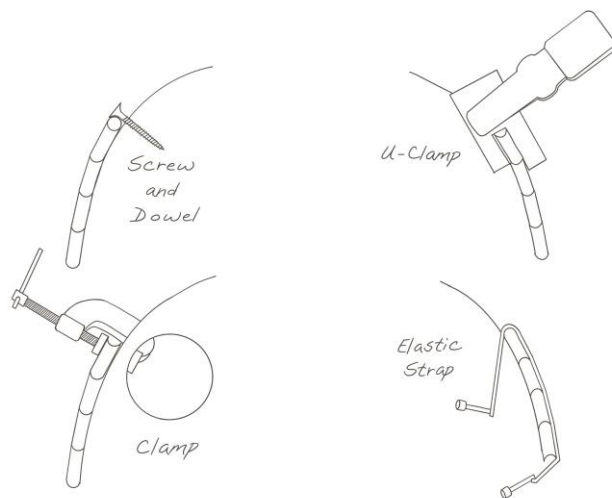


圖 27. 獨木舟快速拼板製程設計

(2) 船槳設計及製作工序

在船槳方面主要分為槳面與槳桿，表面再上漆保護。

- (3) 槳面：使用不同色澤的木材來拼板，拼接出漂亮的花紋，而角度方面為 0 度，可排除最多的水阻力，達到最省力的滑行。
- (4) 槳桿：會利用碳纖維包覆於外表，達到高強度與好的舒適感。

四、衍生性相關創意文創產品

本衍生性文創商品之創作設計，將以提琴與獨木舟相關主題為創作設計核心，並利用小、中、大提琴及木竹材獨木舟過程中之殘餘材料所製作相關文創商品，以作為對國人推廣國產材之用；如鑰匙圈、鋼筆(盒)、桌上型多功能置物架（如手機座、名片架或筆座組合）及提琴音樂盒等。利用小提琴或獨木舟製作過程中之剩餘的木材製作各項文創商品，目的在於增強國人與國產材及其產品之間的聯繫，讓商品不單單只是項商品，而是有附加價值與獨木舟及提琴有如故事性、聯結性或參與感等對國產材產生體認共鳴。在增加國人對國產材的認知同時，也減少了因製作提琴與獨木舟剩餘木料的問題，避免木材的浪費並活化再運用，如此產生有別於一般同質性的文創商品。

五、國產材之提琴與獨木舟成果展示與發表會

為讓國人認識與體驗國產材精緻利用及特色，並藉由設計後所創造新的價值之成果，本計畫將舉辦國產材手工提琴音樂發表會和國產材獨木舟展，讓參與的民眾更了解以國產材精緻利用產品設計開發應用及行銷通路等成效。進而將本計畫成果配合展出於林務局所舉辦相關成果展示與觀摩推廣活動。

肆、期末成果

一、國產材備製分類

(一) 材積估算：

1. 本計畫由林務局屏東林區管理處提供之國產木材(針葉木與闊葉木)共 35 支原木段，其材積計 34m³。經本計畫執行完成提琴(小提琴 2 把、中提琴 1 把及大提琴 1 把)及木竹材獨木舟 3 艘，其國產材料使用之剩餘材積數如表 4。

表 4. 本計畫執行所使用國產材材積之明細表

材 種	製材材積(m ³)	製材後可利用材積(m ³)	剩餘材積量(m ³)
黃連木(2)	1.99	0.597	0.45
牛樟(2)	2.44	0.801	0.42
紅檜(5)	2.989	0.734	0.71
肖楠(1)	0.24	0.24	0.1
烏心石(4)	4.683	1.575	0.98
櫟木(9)*	5.282	2.281	0.52
松木(雜木)(4)	4.36	0.962	0.43
相思木(4)	3.984	1.326	0.67
杉木(1)	1.297	1.297	0.39
鐵杉(1)	0.17	0.17	0.12
樟木(2)	1.825	0.548	0.31
總數(35)	29.259	10.53	5.5

() 表示原木支數

*部分材積屏東林管處轉移使用

觀察此置放於氣乾棚內乾燥之剩餘木材仍持續劣化(如表面裂、端裂、翹曲、脫節等)(圖 28)，所幸之處未發現明顯蟲蛀及微生物(細菌、黴菌、真菌)等腐朽現象，因此，推論該批國產材漂流木無論是針葉木或闊葉木仍有內部應力存在，經當施以製材及近 1 年之氣乾處理後，其應力持續釋放並順著木材紋理造成劈裂或翹曲等瑕疵，對於此漂流木利用上造成很大損失及加工工序的挑戰，往往為了處理上述之狀況所投入之人力、物力的成本與效益是利不及費的。



圖 28. 剩餘木材雖置放於氣乾棚內乾燥仍持續劣化發生

製材作業原則以象鋸法為主，因原木狀況不甚理想，所以製材則以最大取材率為目標。以“取上選材法”選取『提琴』、『獨木舟』與『文創產品』之材料，並應用「多段階利用」理念，所謂多段階利用的理念，是將設計的作品各零組件尺寸依木材每階段所鋸切下來之材料加以規劃設計，使其木材之利用率增加，達到潛在資源的充分利用(表 5)。

表 5. 各項開發作品料材尺寸與方法

製材與利用方法	作品名稱	備料厚度(吋)	取料方法
取上選材法	提琴(小、中、大)，面板、 背板、側板、琴頭、指板	2.5"	象鋸法
多階段利用法	提琴(小、中、大)，配件	2"	象鋸法/最大取材率
	獨木舟	1"	象鋸法/最大取材率
	文創產品		最大取材率

2. 漂流木材製材與乾燥處理過程的挑戰，除了段木尺寸及枝條狀態多變外，又以原木段劣化的程度，直接影響其取材方式、取材率與利用率(圖 29)。如何有效益的製材方式，將是林政單位未來提高漂流木利用價值重要方向，因為漂流木的外在碰撞等造成的型態是無法掌控，但就劣化程度是影響漂流木價值，這層面仍是林業單位可掌握之條件，並維護國產材最大價值。
3. 未來將能以人工林國產材利用時，可結合國產材 FSC 認證，更利於國產材之精緻產品將得以與國際市場接軌。

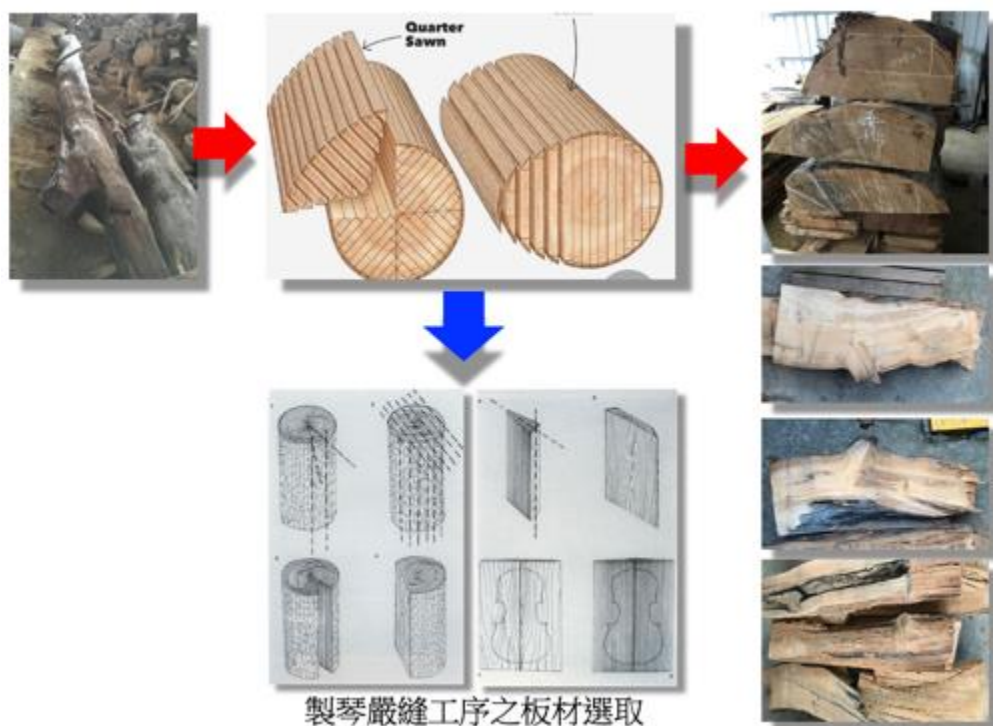


圖 29. 段木尺寸及狀態多變外，其劣化的程度直接影響其取材方式、取材利用率與價值

(二) 乾燥處理

將各材種分等篩選之木材施以窯乾乾燥處理，依各樹種窯乾乾燥基準表，將木材乾燥至含水率 13~15 % 左右，欲迅速乾燥達木材平衡含水而不致發生影響使用之乾燥缺點(圖 30)。但乾燥過程中，雖依據各材種之乾燥基準表作業，其木材仍舊發生乾燥瑕疵，如端裂、表面裂、翹曲變形等情況。此現象發生可能與該木材為漂流木，因漂流木經過在河流流域之外力碰撞與較長時間存放置於戶外環境下造成劣化所致。因此，建議未來欲需施作漂流木窯乾乾燥時，可依原乾燥基準表採選擇較溫和的乾球溫度與相對濕度條件。



圖 30. 原木製材現況與提琴選材需求

國產材利用時需注意使用前的乾燥處理，本計劃之國產材各具有其特色木材紋理(交錯紋理)，但製作過程中木材內部應力所產生尺寸安定、翹曲變形或劈裂等缺點，相對加工技術程度要求較高，木材加工過程中會造成木材嚴重的撕、劈裂發生，不利於加工製作，因此，乾燥處理技術亦是目前國產材利用的主要關鍵之一，更進而需施以性質改善處理技術。

二、 國產材提琴

以國產材製作手工提琴製作(弦樂四重奏)，於製琴過程中，利用國產材如櫟木、烏心石、相思木、牛樟及樟木等闊葉材作為提琴背板使用，這些國產材各具有其特色木材紋理(交錯紋理)，可以期待是其提琴作品更具特色，但製作過程中相對技術程度要求較高(圖 31)。木材加工過程中，製琴者須視當下木材紋理變化即時調整切削的方向、角度與力道等，往往疏忽下會造成木材嚴重的撕、劈裂發生，不利於提琴製作，這亦是目前自動化製程無法大量畫製成的主要關鍵。傳統面、背板所選用之木材對於提琴的美學和聲學效果非常重要(Wegst 2006; Ono & Isomura 2004)。提琴用木材在歐洲每 1000 棵樹中，大約只有 1 棵樹才有機會挑選出具有這種獨特的紋理圖案及聲學特性(Sonnabend 1989)。



(a)



(b)

圖 31. 國產材牛樟及松木作為提琴背板使用，國產材木材紋理(交錯紋理)，製作過程中技術。

小提琴 VIOLIN



製作者：黃聖彥
製作年分：2020年
製作地點：屏科大學院琴

五葉松 (面板)

學名： *Pinus morrissonicola* Hayata

巨觀特徵：

- ◆早晚材：晚早材移行緩變，晚材帶狹而顯著，生長輪明顯均勻。
- ◆樹脂溝：具明顯垂直和水平樹脂溝，單獨散生餘年輪間。
- ◆軸向薄壁細胞：出現在樹脂溝周圍之周邊(錫)細胞。

一般特徵：

- ◆心邊材色：區別明顯。心材黃褐色，經久變暗褐色；邊材淡黃至淡紅黃色。
- ◆木肌木理：木理通直，木肌中庸。
- ◆氣乾比重：0.40-0.50。

樟木 (背板)

學名： *Cinnamomum camphora* (L.) Sieb.

巨觀特徵：

- ◆導管：散孔或半環孔材。管孔單獨及2~3複合，導管有斜列，早材管孔略大，放大鏡下清楚。具填充體。
- ◆軸向薄壁細胞：離孔散生與環管束狀、梯短翼狀，放大鏡下清楚。
- ◆木質線：略密、細，肉眼下可見。

一般特徵：

- ◆心邊材色：區別略明顯。心材黃褐色，邊材灰褐色至淡紅色。
- ◆木肌木理：木理斜行，木肌略粗。
- ◆氣乾比重：0.42-0.51。



製作者的話：手作最美 希望相隨

演奏音樂家：杜冠璋老師 9 / 4

心得：外觀覺得整體稍寬，需要再適應。由於是新琴，剛開始拉聲音比較悶，但後來低音有慢慢變厚，有越拉越好。

小提琴 VIOLIN



製作者：龍曉

製作年分：2019年

製作地點：屏科大學院琴

肖楠 (面板)

學名： *Calocedrus macrolepis* var. *formosana* (Florin) Florin

巨觀特徵：

- ◆早晚材：晚早材移行緩變，生長輪不明顯，具偽年輪。
- ◆樹脂溝：無。
- ◆軸向薄壁細胞：軸向薄壁細胞豐富呈散生排列。

一般特徵：

- ◆心邊材色：區別不明顯。心材黃褐色；邊材淡黃褐色。
- ◆木肌木理：木理通直均勻，木肌細緻具光澤。
- ◆氣乾比重：0.57-0.65。

相思木 (背板)

學名： *Acacia confusa* Merr.

巨觀特徵：

- ◆導管：散孔材。管孔單獨偶2~3複合，放大鏡下清楚。
- ◆軸向薄壁細胞：圓孔翼狀薄壁細胞，放大鏡下可見。
- ◆木質線：密且細，放大鏡下可見。

一般特徵：

- ◆心邊材色：區別明顯。心材暗栗褐色，邊材窄、黃~褐色。
- ◆木肌木理：木理歪斜，木肌粗糙。材質堅硬，具光澤。
- ◆氣乾比重：約0.75。



製作者的話：肖傲杉林 轉琴響世

演奏音樂家：蕭伊妙老師

9 / 4

心得：第一印象是它顏色很特別，木紋很漂亮，可是整體偏重。E弦聲音很亮。

中提琴 VIOLA

製作者：龍暉
製作年分：2019年
製作地點：屏科大學院琴

香杉 (面板)

學名： *Cunninghamia lanceolata* var. *konishii* Hay.

巨觀特徵：

◆早晚材：晚早材移行緩變到急變；早晚材區分明顯；生長輪時寬時狹，生長輪較杉木密集。

◆樹脂溝：無。

◆軸向薄壁細胞：軸向薄壁細胞呈散生排列。

一般特徵：

◆心邊材色：區別明顯。心材黃褐色或褐色，經久出現紫暈。

◆木肌木理：木理通直，木肌中庸。木材具芳香味。

◆氣乾比重：0.40-0.46。

牛樟 (背板)

學名： *Cinnamomum kanehirae* Hayata

巨觀特徵：

◆導管：散孔材。管孔單獨及2~3以上複合，導管斜列不明顯，放大鏡下清楚。輪界處之晚材帶的導管稀而纖維壁厚。具大量填充物。

◆軸向薄壁細胞：圓孔狀、離孔散生或翼狀。具油細胞。

◆木質線：略密、略粗，肉眼下明顯。徑切面上木質線斑紋明顯。

一般特徵：

◆心邊材色：區別不明顯。心材淡黃褐色至紅褐色。

◆木肌木理：木理交錯，木肌粗糙。

◆氣乾比重：0.41-0.48。



製作人的話：雙香于飛 傳耳目悅

演奏音樂家：姜宜君老師 9/4

心得：第一印象是漆的顏色，偏紅色，外觀搭配整體來說很喜歡。演奏上由於是偏小型中提琴，與平常使用不同，需重新適應。中音韻聲音偏甜，尤其在拉一些巴洛克曲風、宮廷音樂等曲風感覺很適合。

大提琴 CELLO

製作者：何宇迦
製作年分：2020年
製作地點：屏科大學院琴

香杉 (面板)

學名： *Cunninghamia lanceolata* var. *konishii* Hay.

巨觀特徵：

- ◆早晚材：晚早材移行緩變到急變；早晚材區分明顯；生長輪時寬時狹，生長輪較杉木密集。
- ◆樹脂溝：無。
- ◆軸向薄壁細胞：軸向薄壁細胞呈散生排列。

一般特徵：

- ◆心邊材色：區別明顯。心材黃褐色或褐色，經久出現紫暈。
- ◆木肌木理：木理通直，木肌中庸。木材具芳香味。
- ◆氣乾比重：0.40~0.46。

台灣欒木 (背板)

學名： *Zelkova serrata* (Thunb.) Makino in Bot. Mag.

巨觀特徵：

- ◆導管：環孔材。早材導管1列。早材管孔單獨，肉眼下可見；晚材管孔數量多甚細小，2~5斜向聚集。具填充體。
- ◆軸向薄壁細胞：散生及翼狀，於晚材呈波浪狀，肉眼下可見。
- ◆木質線：略密、略細，肉眼下可見。

一般特徵：

- ◆心邊材色：區別明顯。心材淡黃褐色或紅褐色，邊材淡紅色。
- ◆木肌木理：木理通直，木肌粗糲。
- ◆氣乾比重：0.91~0.94。



製作者的話：願沉穩的弦音如鐘樓般迴盪、顫動餘韻猶如詩話。

演奏音樂家：林榆婕老師 9/4

心得：木板稍厚，演奏稍嫌吃力。低音部分不錯，高音稍悶，適合拉古典樂。木紋很美，像藝術品。

圖 32. 以國產材所製作完成之弦樂四重奏提琴，包括小提琴、中提琴與大提琴

國產材提琴與演奏家試奏後之回饋意見，如：

● 小提琴

五葉松(面板)、樟木(背板)
製作者：黃聖彥



小提琴 / 音樂家 杜冠璋 老師

外觀覺得整體稍寬還需要再適應。由於是新琴，剛開始拉聲音比較悶，但後來低音有慢慢變厚，有越拉越好。

● 小提琴

台灣肖楠(面板)、相思木(背板)
製作者：龍曄



小提琴 / 音樂家 蕭伊妙 老師

第一印象是顏色很特別、木紋很漂亮，可是整體偏重。外層的膠好像可以再修飾(太多殘膠)，聲音厚度上有點不足，但是E弦聲音很亮。

● 中提琴

香杉(面板)、牛樟(背板)
製作者：龍曄



中提琴 / 音樂家 姜宜君 老師

第一印象，漆的顏色是偏紅色，外觀搭配整體來說很喜歡。演奏上由於是偏小型中提琴，與平常使用不同，需重新適應。琴面稍窄可能因為尺寸較小。中音韻聲音偏甜，感覺適合沙龍等音樂場合，尤其在拉一些巴洛克曲風、宮廷音樂等等的曲風感覺很適合。

● 大提琴

香杉(面板)、樺木(背板)
製作者：何宇迦



大提琴 / 音樂家 林瑜婕 老師

木板稍厚，聲音無法打開，演奏稍嫌吃力。低音部分不錯，高音稍悶，適合拉古典樂。木紋很美，像藝術品。如果整體在細緻一點會更棒。

演奏家們的意見，對於以國產材製作提琴有很大的肯定(圖 32)，但仍有許多製作過程需再改進之處，如面背板木材材種的選配，就針對本計劃之漂流木條件仍有改善提琴音質提高機會，(1) 就木材乾燥及其內部應力等條件，將會直接影響提琴之聲學性質。以歐洲手工製琴所選之木材，除了選用特定目的森林經營條件外，更重要的是提琴將使用的木材都必須經過至少 5 年的氣乾處理，再就其木材音響性質、木紋理等條件，決定後續加工製作的條件與工序(如:製作時間、手工或機械製作等)。(2) 加工工序其弧度與厚度的調整標準，本計劃之國產材較傳統歐洲材易脆裂，特別是當面、背板挖鑿製作工序，因此，就提琴其弧度與厚度需做調整，以期提琴可以達到『練習琴』的音質標準(如音量、頻率響應需求)。(3) 國產材面背板材種最佳化匹配條件評估，本計畫所使用之背板皆為屏東林管處提供之，但面板需要較高之品質之針葉木，且是決定提琴音質好壞的首要關鍵之一，因此，由國產針葉木中若能取得更加適合的材種，除了可增加國產材提琴的聲音表現，更得以提升國產材的價值。

國產材特質與提琴加工技術及其特質，提琴聲學表現可以從以下 6 個方向去探討及後續延伸工作:

- i. 國產材的選擇與前處理:目前國產材中尚無提供製琴使用之雲杉及楓木之木材，但國產材中仍可選擇好的木材(無瑕疵)為首要條件之一，須具穩定性高，不易變形，強度高、比重較低且尺寸安定性佳之材種。此外，天然乾燥的材料少且取得不易，一般來說，提琴所使用之木材至少需氣乾 5 年，自然風乾時間越久，其纖維會更加緊縮，木材尺寸安定性及其動彈性表現會越來越佳。所以，提琴存放的時間越久其音質越好。(Veitl 1987; Sonnabend 1989)，因此，經過適當乾燥處理的國產材其價值亦隨之增加，更不遑論其後續產品價值。後續發展國產材在提琴配件製做上如琴橋，拉弦板、弦扭和指板等，亦具有很大的美學與聲學工藝價值。因此，所有部位及配件等聲學振動，其曲率與木材的自然結構相適應板材種性質、工序等仍有待後續研究努力。但仍須建立足夠的國產材提琴質與量驗證之(因地制宜)。
- ii. 提琴板模:根據不同的板模產生不同的聲音表現，當然亦隨木材選擇亦會有不同音質及音色(Dünnwald 1990; Schleske 1990, 1998)。如 Amati 以音色甜，但音量較小。Stradivari 呈現音量較大且音色結實。Guarneri 則為音量大音色亦豐富多變(Chris and Roy 1999)。就國產材製作提琴仍以上述之義大利製琴大師們之模板為準，但建議國產材製作提琴可採用提琴板模(外模)方式，主要是在製琴過程中，仍可就各樹種之國產材調整提琴各部位之聲振表現，以期將提琴音質及音色具有好的表現。
- iii. 弧度或與厚度:提琴的弧度與厚度影響力學的震動方式與空氣流量的關係，直接影響音量與音色的表現(Schelleng 1963)。本研究以國產材選擇面板和背板同時振動時琴體共振，通常對面板和背板進行和諧度調整，以使它們之間的差異為 3 個半音，從而產生一個寬泛的共振峰(Huchtins 1981b)。所有部位及配件等聲學振動，皆與其弧曲、厚度與木材組織結構相對適應之面、背板材種之選材及其聲學性質、工序等仍有待後續研究努力。提琴面、背板形狀影響提琴

的音色、音質的清晰度及力度，而如何改善面、背板對提琴的影響，主要從板的薄厚程度入手。面板主要是根據提琴的形狀、密度、板面弧高度來設計(Huchtins 1981b)。提琴背板的作用主要是反射面板產生的振動與聲音共鳴，因此，提琴的背板弧度不應太高，最好板中間較厚、兩邊較薄的形式，弧度為尖圓形態(Dünnwald 1990)。本研究成果驗證以國產材之闊葉材當作為提琴的背板使用時，可採上述之建議，提琴的背板弧度略平，中間較厚、兩邊較薄且板緣弧度為圓形態的形式，提琴聲音表現更響亮。

- iv. 琴漆與其工序：提琴表面的漆料，除了可增加提琴表面的質感，更為重要的是，漆面的成分和厚薄對提琴音質具有很大的影響。適宜漆料在提琴的表面，會調整面板和背板的堅韌度，使提琴的音質更加銳利高亢或宏亮圓潤。反之倘若漆層過厚，將使其聲音變弱或悶的表現，也因此漆對提琴音質的影響不可小覷(Huchtins 1981a)。漆料對國產提琴品質的影響，仍需更多研究，本研究之國產材提琴經 40 道以上之上漆程序完成；每一道漆會增加提琴約 2 公克。其工序中有無底漆(本研究之提琴皆有上底漆之工法)或選擇油性漆(本研究之大提琴之工法)或酒精漆，均會影響琴聲音的表現，當不同配方或製作的季節變化與經過時間後的漆色與音質、音色影響。
- v. 提琴裝配與調整：在提琴主體完成後，選擇輕量化的配件，可改善中低音表，但由於現有大量生產品質不甚穩定的配件，對於提琴裝配上有很大的挑戰。此外，琴橋的選擇材質軟硬度等級、年份、尺寸形狀或與面板結合，其高度或提琴仰角的問題都亦直接影響。音柱又為提琴的聲音靈魂，其頻率、粗細長短及其位置調整，會改變小提琴的音色。一般音柱的位置應位於距右琴橋腳下方 1.5 mm~3 mm 處，與提琴低音樑關於面板中線對稱的同一直線上。拉弦板的材質亦會影響音色，大提琴與中提琴尤其明顯。所以檢查適當的配件，是有其必要性的。對國產材提琴的音色、音質表現有決定性影響，因此，國產材作為提琴配件在後續應用上有很大的發揮空間。
- vi. 提琴保存與使用環境：空間與溫濕度影響提琴聲音的表現，受潮或使用不當都會導致提琴聲音不佳。琴橋變形、音柱位置移位、提琴脫膠甚至些微開裂都是有可能的。適宜將琴置入防潮箱或除濕間是有其必要性，得以確保提琴音質與良好狀態。

國立屏東科技大學自 2017 開始培訓製琴人才，畢業生已有投入相關提琴產業(維修、行銷等)，且目前利用國產材所製作的提琴(小提琴、中提琴及大提琴)，已使用之國產材之樹種如臺灣杉、肖楠、五葉松、香杉、杉木、龍柏、福建柏等針葉材，及闊葉材則有欖木、烏心石、相思樹、牛樟、樟木、桃花心、等作為提琴已累積至 30 餘把，可以期待是其提琴作品更具特色。期未來國產提琴推廣與環境教育可結合國家中小學教育新課綱內容設計成『國產材提琴材料包』或 STEAM 創客教育等，推廣及深化國產材精緻利用價值。

三、獨木舟產品

獨木舟以國產材自然元素，把木材與竹材質感在戶外挑戰性格結合，在設計方面考慮到獨木舟的藝術價值與性能，將在外觀上以及安全性進行設計，獨木舟整體以拼板建構而成，所以將會利用不同顏色拼出船體的外觀。目前進度已將完成 3 艘竹木獨木舟之拼板工序(圖 33)。

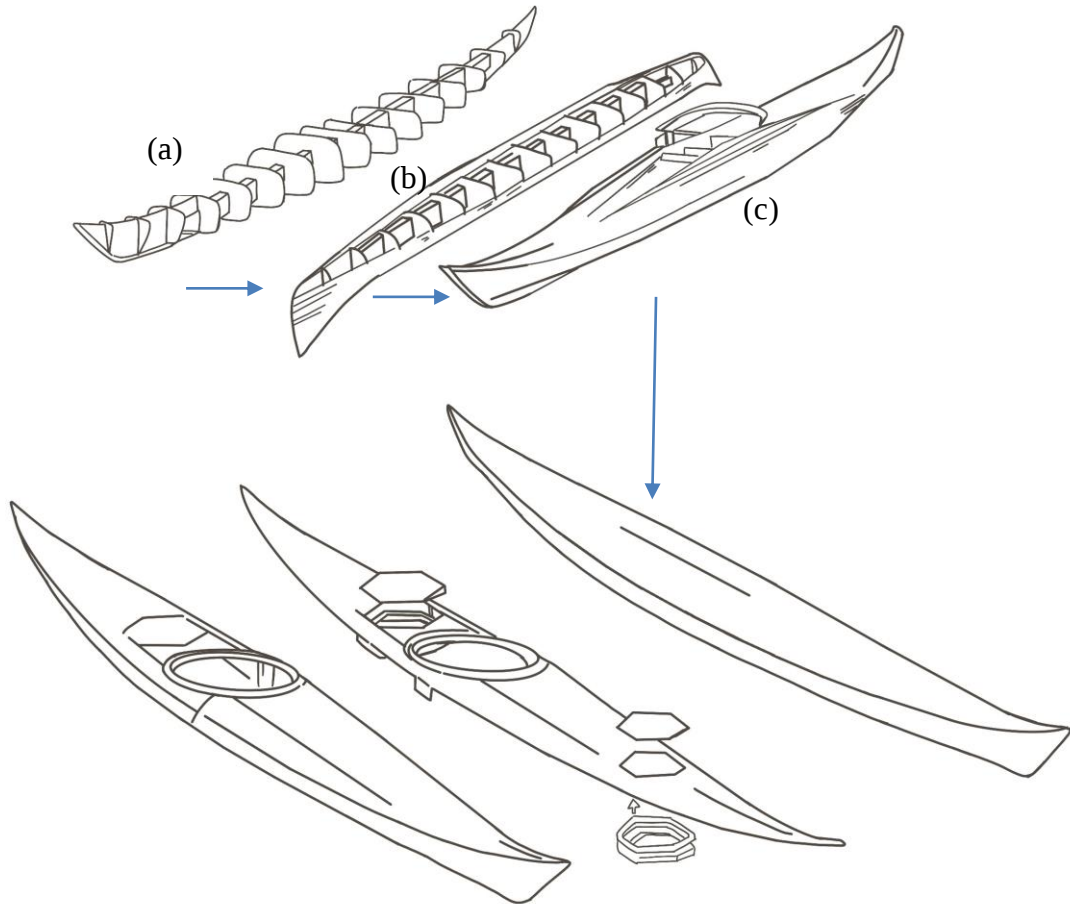


圖 33. 木竹質獨木舟製作製程

而隨著社會與經濟的成長，國人的生活品質從理性的滿足，提升至追求精神與心靈的層面。因此，人們為陶冶性情與抒發情感，而往往選擇利用戶外休閒體驗來增添生活中的樂趣。這次的展示活動邀水上活動專家進行划船示範，藉此結合台灣目前推廣國人的水上戶外活動。也期盼能讓人有獨處在台灣宏偉森林之中，優游於台灣寧靜水域的感覺，可謂山、水、人的結合體驗(圖 34)。



(a)



(b)



(c)

圖 34. 國產木竹材獨木舟:(a)檉木、松木。(b)相思樹、竹材、檉木。(c)竹材、桃花心木。

國產材利用時需注意使用前的乾燥處理，本計劃之國產材各具有其特色木材紋理(交錯紋理)，但製作過程中木材內部應力所產生尺寸安定、變形或劈裂等問題，相對加工技術程度要求較高，木材加工過程中會造成木材嚴重的撕、劈裂發生，不利於加工製作，因此，乾燥處理技術亦是目前國產材利用的主要關鍵之一，

但近年來隨著林產工業產業外移，木材乾燥專業人才亦隨之減少，甚至缺乏。但目前國產材的利用是以人工林木疏伐木為主，其木材物理機械性質與原有天然林木條件，所建立的木材乾燥基準，在使用上產生很大差異，其中就國產材漂流木所發生之內部應力，當施以標準木材乾燥基準作業時，即便已經將乾燥條件調修採取更均勻緩和處理，仍發生表面裂、翹曲等乾燥缺陷(圖 35)。因此，為克服上述瑕疵，施以以下之性質改善處理技術(如樹脂填縫補強、玻璃纖維 FRP 強化&表面處理、單板積層加工&彎曲和碳纖維強化&輕量化複合)(圖 36)。



圖 35. 國產材漂流木經過乾燥處理後，二次加工過程中仍發生表面裂、翹曲等乾燥缺陷



環氧樹脂填縫&補強技術



FRP 強化&表面處理技術



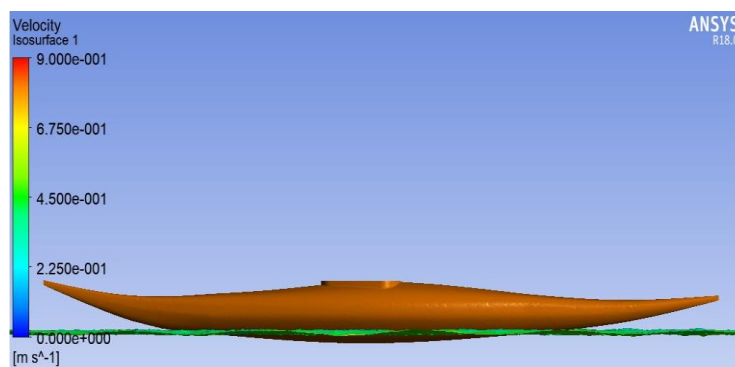
積層加工&彎曲技術



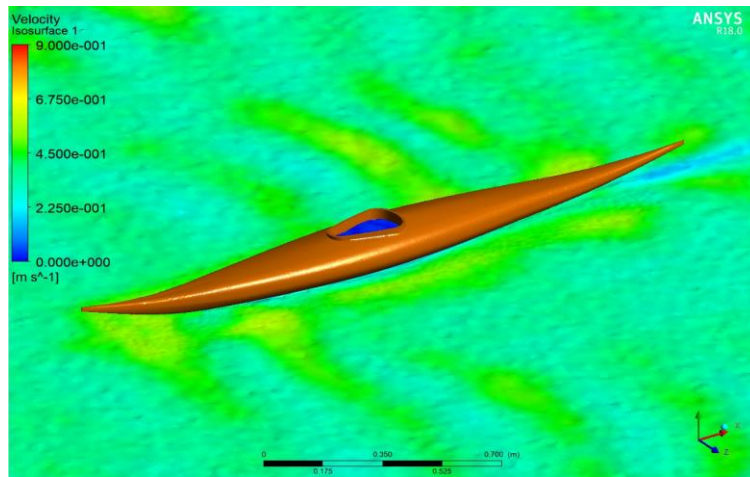
碳纖維強化&輕量化複合技術

圖 36. 就木材之缺點施以各項處理技術，以改善性質漂流木加工性質，樹脂填縫補強、玻璃纖維 FRP 強化&表面處理、單板積層加工&彎曲和碳纖維強化&輕量化複合。

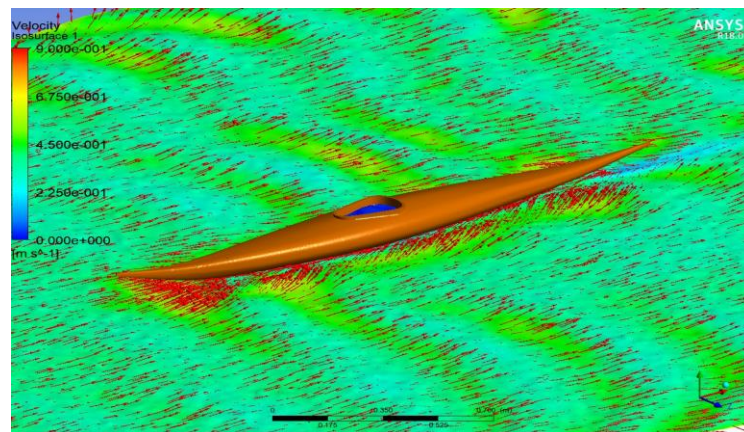
此外，本研究計畫之獨木舟設計結合本校車輛系進行應用流體力學的統御方程式分析，以 ANSYS 有限元素分析本獨木舟外型對流體得影響，並以不同乘載條件模擬其舟體之穩定性能(圖 37)，以期就未來國產材獨木舟船體可議更加機制與精緻發展，並輔助相關林產工業界解決國產材應用與產品開發上的問題。



(a)



(b)



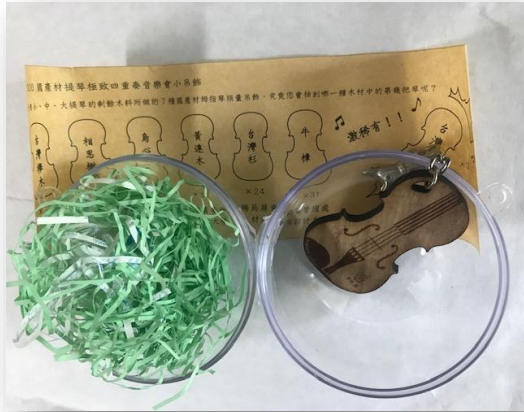
(c)

圖 37. 利用 ANSYS 對國產材獨木舟進行流體設計相關分析(a)舟體承載條件影響 (b) 划行速度 0.5m/s 之界面流速變化 (c) 水流量 2 m/s 之界面流速變化

國產材特質與提琴加工技術及其特質;如(1)國產材利用：國產材具有其特色木材紋理(交錯紋理)，可以期待多樣木紋作品更具特色。但仍須克服國產材尺寸安定性與較多的生長瑕疵(如節、未成熟材)等問題，以及相關工序技術。(2)商品化設計：國產木竹質等複合材料技術與相關安全、強度性能檢測，仍須後續進行。經過適當適合國人體型之獨木舟設計其價值亦隨之增加，更不遑論其後續產品實用與工藝價值。(3)親水休閒活動推廣與水上安全教育市場：我國內四面環海，河川、湖泊眾多，更加有利於輕艇運動的發展。獨木舟為水域活動最易上手、也是現代國人推崇低碳無動力活動，對生態環境影響較低的水域活動之一。而木竹質獨木舟較其他材質(如玻璃纖維、樹脂等)為輕，具更佳操控靈活性，及個人化的商品特質，可提供有意投入本產品的極佳誘因。

四、衍生之週邊文創商品

本計劃材料選用國產材(提琴與獨木舟相同批木料)進行加工製作，其初步設計品如下圖所示。在創造國產材精緻利用產品同時開發其周邊商品，藉多功能之產品，不僅僅可減少剩餘資材的浪費，也可以減少材料的二次使用降低汙染環境，讓材料的運用發揮最大與價值性。已著手製作並打樣測試，相關文創商品設計草及雷射雕刻打樣(圖 38)。



鑰匙圈



多功能桌架



提琴音樂盒



筆組

圖 38. 利用提琴與獨木舟製作過程中剩餘材料再利用所設計周邊文創產品

以上所使用之材料皆取自於製作提琴或獨木舟作品之剩餘木材，完成鑰匙圈 300 個(提琴 200 個及獨木舟 100 個)、鋼筆連盒 20 組、桌上型多功能置物架(如手機座、名片架或筆座組合) 100 組、提琴音樂盒 20 個。

五、成果展示發表會

(一) 於『屏東熱帶農業博覽會』-國產材樹屋杉林館推廣展示，展出形式及內容包含為計畫相關之國產材手工提琴設計之作品，同時亦以屏科大師生提琴作品成果予參觀民眾，同時並以國產提琴現場演奏台灣組曲等曲目獲得非常踴躍認同反應，更加了解林務局與屏東林區管理處在國產材永續經營利用與相關國產利用推廣的努力成果(圖 39)。

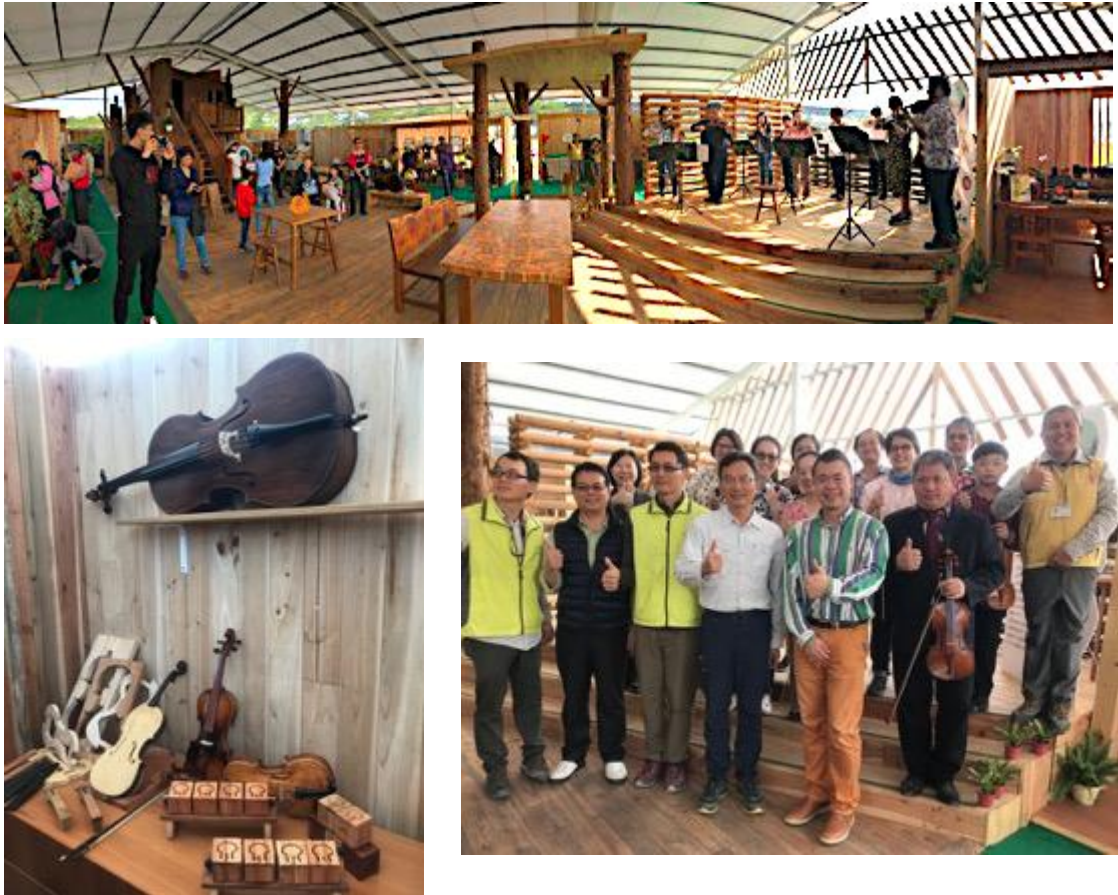


圖 39. 『屏東熱帶農業博覽會』-國產材樹屋杉林館推廣展示(2020 年 1 月 18 日至 2 月 9 日)

(二) 本計劃成果發表與推廣展示會

1. 『國產材提琴極致四重奏音樂會』：為擴大國人對國產材的認識與國產材精緻工藝技術，讓更多人(國內外)更深層的體驗認識台灣國產木材的「美」，以國產材「轉」與「傳」融韻出『世界』首次以台灣檫、烏心石、樟木、牛樟、相思木等手工製作之提琴四重奏『學院琴』，更邀請知名提琴演奏家，分享國產材提琴的特色與演奏心得。『極致四重奏』提琴演奏家演出(圖 40)，其中音樂家演奏弦樂四重奏經典曲目(古典，台灣客家民謠，及海上鋼琴師等曲)，並介紹四把樂器的製作過程介紹與單獨示範演奏，以及音樂家現身說法，試琴心得回饋等方式呈現給國人(圖 41)。



圖 40. 『國產材提琴極致四重奏音樂會』於屏東縣演藝廳(2020 年 9 月 4 日)

國產材提琴四重奏 音樂家讚好聲音飄木香[影]

最新更新：2020/09/04 22:55



行政院農委會林務局屏東林管處委託屏東科技大學木材科學與設計系，利用台灣國產材製作提琴，4日首度提供音樂家進行四重奏，帶來多首曲目。中央社記者郭芷瑄攝 109年9月4日

（中央社記者郭芷瑄屏東縣4日電）林務局屏東林管處委託屏東科技大學木材科學與設計系，利用國產材製作提琴，今天首度提供音樂家四重奏，4名音樂家合奏名曲，肯定國產材提琴音質美，並讚陣陣木香令人舒暢。

由屏科大木設系助理教授龍曉瓚領導的「學院琴」團隊，師生從2016年開始，以台灣五葉松與樟木、台灣肖楠與相思木製成小提琴，香杉與牛樟製成中提琴，香杉與台灣檫木製成大提琴，至今已研製30多把提琴。

今天，屏東林區管理處與屏科大首度舉辦國產材提琴的四重奏音樂發表會，邀請中提琴音樂家姜宜君、小提琴家杜冠璋與蕭伊妙、大提琴家林榆婕組成四重奏，演奏舒伯特「樂興之時」、柴可夫斯基「第一號弦樂四重奏作品11」等經典名曲，以及著名客家歌謠「天公落水」、喬普林「娛樂者」等曲目。

4名音樂家都肯定台灣材製成提琴的音質不錯，「很OK」，在演奏中還飄散陣陣木頭香氣，令人舒暢，但把手過寬，琴的重量也較國外琴重，是需要改善的部分。

龍曉瓚表示，台灣的木材生長在不同的溫度，提琴背板使用質地較硬的闊葉材種，增加飽滿渾厚的共鳴音色，而提琴面板選用針葉材種，利用它軟性又具高彈力特色，增加琴弦的振動，快速擴展音質頻率。

聯合報 即時 要聞 娛樂 運動 全球 社會 產經 股市 房市 健康 生活 文教 評論 地方 兩岸 數位

影／國產材的好聲音 台灣木提琴 演奏家「多感官體驗」

2020-09-04 16:39 聯合報 / 記者劉星君／屏東縣即時報導

＋屏科大



屏科大木設系的「學院琴」團隊，研製以台灣五葉松與樟木及台灣肖楠與相思木各製成兩把小提琴、香杉與牛樟製成中提琴、及香杉與台灣檫木製成大提琴等精緻工藝，組成弦樂四重奏，今天演出。記者劉星君／攝影

讚 85 分享 分享



圖 41. 相關媒體報導與宣傳本計劃『國產材手工提琴』成果

2. 獨木舟題驗發表會：

以五葉松、檫木、烏心石、黃連木、樟木、牛樟、相思木 及 竹等手工製作之獨木舟(Kayak)，研發出在地化、精緻、高質之國產木材作品。經歷一年半的研究發展，屏科大木設系透過精緻、細緻、機制具備的特色下設計出國產木竹材質獨木舟，打破原來傳統木製笨重的印象，以及工業塑化材料缺乏個性化的產品。此獨木舟設計結合輕量化、實木元素、流體力學、工藝美學以及效益工序等考量方向所創作而成。舉行國產材獨木舟成果展示與發表會(圖 42)，讓民眾能更深入了解國產材如何以最精緻的手法創作出高品質的產品，同時也能更加熟悉台灣自產的木材特色。製作獨木舟從國產材收集、製材乾燥、備製、設計配置、工法選擇與測試達到最有效的節料省時。使用的國產材如烏心石、檫木、相思木、桃花心木、二葉松、黃連木、麻竹等。依木材樹種特質、木紋理、色調表現、不同拼板工序對次組合，設計出具美學品質、獨一無二的個性化圖案。加上曲面幾何加工、輕量強化複合技術，設計出流線型的船身達到最佳巡航控制性。完美融合美學以及科學的水上工藝品。



圖 42. 高雄蓮池潭舉辦國產材獨木舟 Kayak 成果展示與發表會(2020 年 10 月 23 日)

並藉由民眾體驗與媒體報導推廣本計畫國產材的精緻工藝技術與發展。因此，選擇利用戶外休閒體驗來增添生活中的樂趣，本計畫成果展示活動邀水上活動專家進行划船示範，藉此結合台灣目前推廣國人的水上戶外活動。也期盼能讓人有獨處在台灣宏偉森林之中，優游於台灣水域的感覺，可謂山、林、水、人的結合體驗(圖 43)。



加入收藏匣



點網址進入本店 >>> <https://taiwanmhnews.shop2000.com.tw>
<https://www.shop2000.com.tw/台灣醫療保健新聞網>

★ 國產材獨木舟展示與發表會

分類位置： [屏東社政新聞](#) / [屏東地區新聞](#)

付款方式： [金融匯款](#) [ATM轉帳](#) [其他付款方式](#)

國產材獨木舟現蹤蓮池潭 精緻工藝在水上運動展特色

◎ 2020年10月26日



環境資訊中心 特約記者李育琴 高雄報導

隨著國內水域逐步開放、水域休閒活動的興起，無動力水上活動如獨木舟 (Kayak)、SUP立式划槳等成為民眾休閒運動的熱門選擇之一。高雄蓮池潭在市府的規劃下，也是各種水上運動的發展場域。23日，更有獨特的水上載具出現在蓮池潭邊，由屏科大木材科學與設計系打造的國產材獨木舟下水發表。全艘獨木舟採用台灣國產木竹材設計製作，展現國產材在精緻工藝和日常休閒領域的應用。



國產材獨木舟在蓮池潭下水發表。攝影：李育琴

精緻工藝設計 展現國產木竹材特質

【記者鄭伯勝／屏東報導】屏科大木設系與林務局屏東林區管理處合作「國產木材創值精緻利用推廣計畫」，致力於森林永續經營與木竹產業發展，積極推廣國產優質木材的多元利用，以及擴大國人對國產木竹材自然美之體驗與認識。首次以五葉松、檉木、烏心石、黃連木、樟木、牛樟、相思木及竹等手工製作之獨木舟，研發出在地化、精緻、高質之國產木材作品。23日在高雄蓮池潭舉行國產材獨木舟成果展示與發表會，讓民眾能更深入了解國產材如何以最精緻的手法創作出高品質的產品，同時也能更加熟悉台灣自產的木材特色。

校長戴昌賢指出，木設系助理教授龍曉帶領系上碩士班研究生余泓銓經歷一年半的研究發展，利用木材特性，透過精緻、細緻、機制具備的特色下設計出國產木竹材質獨木舟。屏科大致力推動跨領域特色課程，在獨木舟的設計製造上，不只有木設系、同時還需要加入森林系、休運系，同時也需要導入工程方面的專業人才，以流體力學概念，設計出最適合在海上破浪的舟體，未來更希望能透過校內跨系合作，不斷實驗、精進，朝向客製化休閒運動的器材開發，打量國人精準健康的優質生活。

屏東林管處處長張偉顯表示，林務局推廣國產材應用，提供國內木材市場需求同時加強木材生產自給率，獨木舟製作不僅為南台灣活力象徵，永續性經營生產的國產材料更是具環境面、經濟面與社會面等意義，藉由國產材的紋理、色調選材設計出獨一無二、輕量強化之複合產品，完美融合美學與科學的水上工藝品。期望未來能持續結合產官學各界一同推廣國產材的精緻工藝技術與發展。

圖說：國產材獨木舟Kayak成果展示與發表會23日在高雄蓮池潭舉行，屏科大木設系助理教授龍

圖 43. 相關媒體報導與宣傳本計劃之『國產材獨木舟 Kayak』成果

六、成本及附加價值評估

各項作品之材積、材料費、其他材料費、加工費、量產數及預定售價等評估如表 6 所示。

表 6. 各項產品成本及附加價值評估

單位：元/新台幣

產品 名稱	材積 (台才)	市價 (元/台才)	材料費	其他 材料費*	加工費 (300 元/hr)	成本	預定 售價	附加價 值(%)
小提琴	3	500	4000	1000	30000	36500	50,000	37
中提琴	3.2	500	5000	1000	36000	43600	70,000	61
大提琴	18	500	8000	3000	50000	70000	100,000	43
獨木舟	35	200	10000	10000	70000	97000	150,000	55
周邊產品	10	300	100	200	24000	27300	50,000	83

*其他材料費如膠合劑、塗料、砂磨材料、刀具研磨費等。

*1 台才=1 台寸 x1 台寸 x10 台尺=0.00334 m³(資料來源：林業手冊，埔里林區管理處印，1980)。

由於國產材樹種就質與量仍在積極推展利用，如何因應木材多樣化狀況下的利用（如人工林木、疏伐木、漂流木等），需是產官學共攜手努力。就目前國內許多木製品及其使用之木材都來至於中國大陸，以提琴為例以合板與樹脂材料製程，目標是低價位提琴的入門學琴者。因此，本計畫以國產材製作之提琴在品質及價值上更具深遠的意義。現階段希望未來能在國產材提琴配件及琴弓，將能有量產機會開發精緻產品。

伍、結論與建議

林務局致力於國產材的創新精緻應用，特別是國產材材種的多樣性質、木紋與肌理等條件在家具和工藝品產品。面對永續林業經營須顧及自然生態保育與國土保安前提下，藉由產業之振興，活絡國產木、竹材產業，合理並多元利用森林資源，發展兼顧生產、生活、生態的「永續林業」。由於國產材的來源與取得方式不同，其木材性質與後續加工如(製材分級等、乾燥處理等)，亦需有相關配套處理方法、上中下游林產加工產業鏈結與相關專業人才的質與量。本計畫以屏東林管處所轄漂流木作為材料，配合環境意識材料(Eco-materials) 與多元精緻工藝的潮流，以國產材之漂流木資源的多階段利用與取上選材之理念，依產品尺寸特性有的備料條件。本計畫以國產材開發精緻極高創值產品之國產材提琴與國產材獨木舟之結論：

- (1)以國產材製作之提琴其音質好壞的關鍵，主要關鍵之一是由提琴面、背板木材的質與量，傳統提琴面板的多以歐洲產製之雲杉，背板則以楓木為主。本計畫根據科學性面板選擇以具穩定性高，不易變形，強度高、比重較低且尺寸安定性佳之材種。因此，所使用為國產材之五葉松、香杉、肖楠作為面板；而背板以除亦具穩定性高，不易變形，強度高、比重適中、尺寸安定及共鳴性佳之材種。因此，選用為國產材之檫木、相思樹、牛樟及樟木。
國產材具有豐富木材文肌理變化，為呈現其特色需以手工製作提琴)，此手工提琴(小、中、大)製作、設計與音色、音質之成果成功展示在音樂會及演奏家們的試奏評價上。藉此將可轉換成一般民眾容易理解之具體國產木材的特質與多樣自然之美。手工提琴製作工序、塗裝等配合製琴流程及工序，同時將國產材之弦樂提琴不同聲振特質之組合層次的音響性質，了解木質材組合配置、工序等對提琴整體的音質特性之特徵與關聯性，更可以提高產品的價值。
- (2)以木竹質複合材『獨木舟』產品研發，利用國產材各木竹材的物理及木紋理等特色，結合玻璃纖維與碳纖維材料複合技術，所研製之獨木舟同時兼具輕質量與高強度的設計特質，並將國產材特有的木竹紋理、木肌及天然色澤等融和在舟體上，除此之外，以加工工藝技術施以木竹 3D 曲面彎曲製作。進一步利用有限元素分析本計畫設計之獨木舟模擬划行水面所產生的舟與流體阻力，得以提供後續國產材獨木舟成為更機能性與精緻性的產品，將國產材特色與運動休閒獨木舟結合，更提高國產材多元產品利用價值。藉此將可轉換成一般民眾容易理解之具體國產木材的特質與多樣自然之美。
- (3)同時以其剩餘材料開發之相關配合各『創意文創產品』等，因其具有產品故事性(手工提琴與獨木舟)，其創造之附加價值平均可達提高 83%。如此創新精緻的應用及開發必能促進國產材利用收益，亦提高相關林產加工或產品開發設計者信心，讓國產材資源精緻多元利用並創出造價值新方向。

後續國產材活化利用建議與延續工作：

1. 目前國產材木竹材之人工窯乾乾燥基準，需要就國產材之人工林木、疏伐木或其中小徑木等條件，建議調整現有之國產木材乾燥基準表，將得以有效益的乾燥處理國產材且維持最佳加工利用、保存條件及國產材尺寸穩定性。

2. 擴大國產材之材種(針、闊葉木)利用於提琴的製作開發，可再就國產提琴之音質、音色持續追蹤了解，因為提琴的價值將會隨著時間增長而提升。除了更進一步延伸本計劃之成果，更得以提高國產材利用(如人工林木、疏伐木等)的價值。
3. 國產材之複合材料開發具有很大的發展機會及市場需求，若能後續在製程規劃、複合技術、用途需求設計等建立標準作業技術及客製化產品，將可提高國產材更多樣活化利用。

陸、參考文獻

- 王栢村、龍暉、潘忠岳、林偉智、李哲綸、馬凱齡 (2019) 小提琴之實驗模態分析與振動模態特性探討。應用聲學與振動學刊。11(1&2):19-29。
- 王栢村、龍暉、馬凱齡、李易緯、楊彥哲、溫儒琳 (2019) 應用 CAE 與 EMA 於小提琴面板素材之機械性質測定。精密機械與製造科技期刊。9(2):27-37。
- 林俊成、林柏亨、陳溢宏、詹為巽. 2018. 臺灣製材業原料選擇與產業面臨困境調查分析 臺灣林業科學 33(1):63-76 頁。
- 林翰謙、黃金城、張義雄、黃俊傑、王瓊華. 2003. 柳杉疏伐木多階段利用創作之評估 台灣林業 29(6):34-39 頁。
- 行政院農委會林務局 第四次森林資源報告 <https://www.forest.gov.tw/0002393>
- 行政院農委會林務局 台灣木材網 <https://www.taiwanwood.org.tw/original-wood/>
- 行政院農委會林務局 漂流木專區 <https://www.forest.gov.tw/Driftwood>
- 李建霖. 2019. 林木資源永續利用與產業化。共享森林生態系服務價值專輯。
<https://kmweb.coa.gov.tw/knowledgebase.php?func=1&type=13230&id=392833>
- 卓志隆. 2018. 國產材供需與利用之問題現況. 林產工業 37(2):121-125 頁。
- 陳周宏. 2012. 台灣木材圖誌. 行政院農委會林務局屏東林區管理處。
- 許立達. 2012. 近十年 (2001~2010) 台灣國產材生產之時間趨勢及空間分佈 華岡農科學報 29 期 (06):55-65 頁。
- 許中立. 2009. 談八八水災漂流木的產生原因與處理. 台灣林業 35(5):3-6 頁。
- 楊德新、林志憲、楊子賢、李志璇、陳建銘、林育群. 2011. 不同區位漂流木強度分等檢測評估及其流向探討. 行政院農業委員會林務局委託研究計畫系列 100-00-5-12。
- 詹為巽、林俊成. 2016. 國內製材業者使用國產木材之現況. 林業研究專訊 23 (6):114-117 頁。
- 龍暉、藍浩繁、簡君純. 2019. 臺灣木竹材之『轉』與『傳』手工提琴製作。第十屆海峽兩岸森林保育經營學術論壇。第 47-51 頁。
- Andersons J., Sparnins E., Joffe R. 2006. Stiffness and strength of flax fiber/polymer matrix composites, Polymer Composites, pp. 221-229.
- Bond C.W. 1976. Wood Anatomy in Relation to Violin Tone. J. of Inst. of Wood Sci., 7(3): 22-26.
- Chris J. and Roy C. 1999. "The Art of Violin Making"; Robert Hale Verlag; London.
- Dünnwald H. 1990. Ein erweitertes Verfahren zur objektiven Bestimmung der Klangqualität von Violinen. Acustica, 71(4): 269-276.
- Holz D. 1994. Comments on "Chemical treatment of wood for musical instruments". J. Acoust. Soc. Am., 96: 3380-3391.
- Hutchins C.M. 1962. The Physics of Violins. Scientific American, 2: 79-93.
- Hutchins C.M. 1981a. The Acoustics of Violin Plates. Scientific American, 4: 170-186.
- Hutchins C.M. 1981b. Klang und Akustik der Geige. Spektrum der Wissenschaft, Weinheim Verlagsgesellsch., Heidelberg, 12: 113-122.
- Mair1 C., Stern T. 2017. Cascading Utilization of Wood: a Matter of Circular Economy? Curr Forestry Rep. DOI 10.1007/s40725-017-0067-y.

- Noguchi T, Obataya E, Ando K. 2012. Effects of age on the vibrational properties of wood. *Journal of Cultural Heritage*. 13S:21-25.
- Obataya E, Ono T, Norimoto M. 2000. Vibrational properties of wood along the grain. *Journal Mater Sci*. 35:2993-3001.
- Ono T. 1996. Frequency responses of wood for musical instruments in relation to the vibrational properties. *Journal of the Acoustical Society of Japan (E)*17:183-193.
- Ono T, Isomura D. 2004. Acoustic characteristics of carbon fiber reinforced synthetic wood for musical instrument soundboard, *Journal Acoustic Sci Tech*. 25(6): 475-477.
- Ouis, D. 2002. On the frequency dependence of the modulus of elasticity of wood. *Wood Science and Technology*. 36:335-346.
- Schelleng J.C. 1963. The violin as a Circuit. *The Journal of Acoustical Society of America*, **35**(3): 326-338.
- Schleske M. 1990. Speed of sound and damping of spruce in relation to the direction of grains and rays. *J. Catgut Acoust. Soc.* 2d ser., **1**(6): 16-20.
- Schleske M. 1996. Eigenmodes of vibration in the working process of a violin. *Catgut Acoustical Society Journal*, **3**(1): 2-8.
- Schleske M. 1998. On the Acoustical Properties of Violin Varnish. *CAS Journal*, **3**: 15- 24.
- Schleske M. 2002a. Empirical Tools in Contemporary Violin Making: Part I : Analysis of Design, Materials , Varnish, and Normal Modes. *Journal of Catgut Acoustical Society*, **4 (Series II)**(5): 50-64.
- Schleske M. 2002b. Empirical Tools in Contemporary Violin Making: Part II : Psychoacoustic Analysis and Use of Acoustical Tools. *Journal of Catgut Acoustical Society*, **4 (Series II)**(6): 43-61.
- Sonnabend J. 1989. Das Holz des Ahorns und seine heutige Verwendung (2). *Holz - Zentralblatt*, Stuttgart, 129: 2020-2024.
- Veitl F. 1987. Einflüsse des Deckenholzes auf die Klangeigenschaften der Geige. *Acustica*, **64**(5): 286-290.
- Wegst U. G. K. 2006. Wood for sound, *American Journal of Botany*, Vol. 93(10).
- Yano H. 2007. Polymer. Acoustic properties of wood for musical instruments. No.56(8):614-618.
- 立道有年，1960，ハ”イオリン用木材の内部摩擦。応用物理 No. 29(7):451-457.

柒、附錄

附錄一、團隊成員

1. 本計畫教師團隊成員

團隊	系所/單位	姓名/職稱	計畫執行內容
1. 主持人	木材科學與設計系	龍 暉 / 助理教授	計畫執行管理、製琴老師、聲學分析與計劃報告撰寫
2	木材科學與設計系	黃俊傑 / 教授	木工專業技術指導與產品設計開發
3	木材科學與設計系	林 錦 盛 / 副教授	木工機械操作&切削刀具製作技術
4.	木材科學與設計系	陳 建 男 / 助理教授	手工加工技術、塗裝與產品設計
5.	通識中心	姜宜君 / 助理教授	演奏家&試琴老師

2. 本校參與團隊之碩博士與大專生成員

碩博士生成員	系所/單位	姓名	參與之技術/製作
碩士班	木材科學與設計系	余泓銓、蘇郁嵐	1. 木質複合材料備製 2. 積層材組合(玻璃纖維、碳纖維) 3. 複材膠合製作
大專生	木材科學與設計系	陳泓翰、卓宜伶、何宇迦、蔡毓倫	1. 提琴製作 2. 特殊切削工具備置 3. 舟體模具製作 4. 木材塑型彎曲製作 5. 表面塗裝處理

3. 廠商參與團隊之成員

廠商名稱	成員姓名	職稱/合作內容
製琴師	黃聖彥	提琴家&製琴師/製琴教學
昆儀實業公司	郭宗欽	總經理/木材性質改質
元宇公司	李耀武	總經理/竹材處理與複合

附錄二、審查委員之審查意見回覆

(一) 期初報告審查委員之審查意見回覆

項次	委員審查意見	執行單位回覆
1	a. 屏東林管處所能提供之木、竹種為何？ b. 就上述之木、竹種數量多少？ c. 就上述之木、竹種有償或無償取得？ d. 所取得知木竹材可以產生多少成品？ e. 需要使用多少人力、培育多少學生、經費如何配置？ f. 成品如何展示推廣？ g. 林管處可獲何種效益？	a. 由屏東林管處提供轄屬漂流木，其樹種為針葉木：紅檜、香杉、肖楠、鐵杉等。闊葉木：欖木、楠木、樟木、烏心石、相思樹、黃連木、雜木等。 b. 共計 44 支，34m³ c. 為有償取得之。 d. 因屬漂流木且尚未製材及乾燥處理，仍無法判定該批木材可利用率，所以就現階段較無法估計可生產多少成品。需待乾燥處理後，得可以有較具體評估可利用率數據。 e. 本計劃預定使用人力約 1500 小時。培育學生>25 人。相關經費編列於按日按件計資酬金項目中。 f. 成品展示推廣方式如計畫書，國產材推廣活動成果展暨國產材獨木舟成果展 1 場次及手工提琴音樂發表會(或成果發表會)1 場次。此外，亦配合處與林務局之相關推廣活動如森林市集等。 g. (1)本計畫所使用之木材，將製作成木材標本以供後續訓練人員之用。(2)計畫成果為林務單位唯一以國產材之提琴與獨木舟，於國產材多樣化精緻化利用亮點成果推廣。(3)有別於其他推廣之成品，此可以提升國產材隨使用時間增加，其價值亦提升。
2	計畫報告書中，邀請製琴師黃聖彥等專業指導，該等人是否應納入計劃執行人員中？或在預算細目中明列人事費或酬勞	相關製琴專業老師黃聖彥等，本系已予相關授課聘書，其經費編列於按日按件計資酬金項目中。

(二) 期中報告審查委員之審查意見回覆

委員	提問與建議	執行單位回覆
一、羅委員紹麟	(一)因受限於樹種、加工程序之限制，選擇正確木材或最適用的木材是重要的，木材供需之條件，徑級、材積等，甚至可勿限於漂流木而已。 (二)提琴製作較二胡複雜，故培養人才可予同時考慮在內。 (三)未來使用木材如欲正式推廣宜先結合 FSC 規範也符合永續經營合理合法利用，此外甚至國外市場提供借證。 (四)所製作提琴要展示，甚至如能配合台北、台南等大學音樂系的合作，甚至與台灣管弦樂團去實地演奏以更能表達效果。 (五)氣乾之情形，月數、年數等，未來提供最佳控制與存貨條件。 (六)面板與背板如何選擇？針上闕下原則正確，台灣五木之利用，是否未來有特殊要求？ (七)面板除厚度外，琴板弧度會影響提琴品質 F 邊凸的聲音較大，適於練琴是否正確？ (八)弓毛是否影響音色，此是否未來也可包括在此未來的長遠計畫？ (九)製作一把提琴是否要計算工時，為何？。 (十)獨木舟長 5.8 公尺，故慎選長材是必要的（至少應大於 6 公尺），故漂流木之限制較嚴甚至受制。 (十一)p21 說明文字 a、b 兩圖但彩色圖卻有 3 個，請解釋說明。 (十二) p30 針闊葉木之配置可能有許多種，例如穩定性、音域、顏色及亮度等請給予說明。	(一)本計畫木材由屏東林管處提供之國產材漂流木為主，因此在分級採『取上選材法』及『多階段利用法』為處理原則。(p13) (二)計畫團隊有參與學生(p22) (三)未來會結合 FSC 認證之木材產品(p13) (四)已經規劃本計畫成果發表會，邀請專業音樂家演奏。(p19) (五)計畫國產材於 2019.11 完成大剖製材並開始時以氣乾乾燥至今，仍有部分乾燥瑕疵出現如端裂、表面裂等，可能是漂流木原來因外力或風化之殘留應力所致。(p14) (六)本計畫面板與背板材選擇有限，因此，僅能就後續工序調整，如上漆料工序、低音量位置、音柱、琴橋等條件。(p8-9) (七)本計畫提琴模板型是依 Stradivari。(p9) (八)希望未來能在國產材提琴配件及弓，能有機會開發精緻產品。(p20) (九)製作一把提琴工時如表 4。 (十)獨木舟設計長度，除了受限制於原料尺寸外，最主要是目前國內交通運輸時載具限制。 (十一) p21 說明文字 a、b 兩圖但彩色圖，圖中顯示出有 3 個拼接方式。 (十二)未來將邀請專業演奏家試琴，講可提供更多條件下國產材提琴的音色等回饋。
二、陳委	(一)產、官、學各階段，如何逐步落實協助產業，從技術扎根、通路推廣、到產品行	(一)本計畫目標在創造國產木材價值，而國產材之質與量是很重要的關鍵之一，在此學術單位致力在開發國產材多元化

員嘉 晉	銷方可創造國產木材真正價值。 (二) 有關的製作程序、時序、工法、進程、應予圖像化、量化、格式化，以資利用、引用、推廣。 (三) 小提琴屬於西洋樂器，其音質好壞、製作之簡陋、精美，請提供作為評定之標準，並比較不同木材之優劣，作明確建議。 (四) 獨木舟(或是拼板舟?)運動之推廣，及日前之運動風氣如何? 如何作有效之行銷? 是運動商品還是工藝品?其市場主要是內銷或是外銷?請作說明 (五) 國外市場，國產材的競爭力如何?從木材價格及人力成本評估，是否有其優勢?國內市場又如何?請說明。	利用，同時呼應林務局近年來推動國產材的創值活化推廣利用。因此，本計畫的製作技術成果，當以未來可轉移給產業界運用之。(p3) (二)以依委員意見調整。(p6-11) (三)未來將邀請專業演奏家試琴，講可提供更多條件下國產材提琴的音色等回饋。 (六) 本計劃之獨木舟主以推廣國產木材多元化精緻產品，且該產品已參加過全國性設計比賽，得獎並獲的很多好評，因此，藉林務局屏管處南台灣特有之國產材再創國產材利用的亮點。(p3) (五)本計畫目的之一，期望利用精緻創值的手工提琴及獨木舟產品，營造國產材的亮點及多樣性(除了家具及工藝品外)。目前產品進行初步成本及附加價值評估。(p20)
三、 陳委 員啟 仁	(一)本計畫利用國產木材，透過精緻再利用創造國產材之特殊加值應用，為相當重要且有意義之推動策略。 (二)建議補充說明本計畫之執行架構，期程及履約執行項目等，有助於理解本案運作。 (三)計畫中二大項目:獨木舟及樂器均可彰顯台灣技術能量，建議可補充說明以上兩項本土產業文化及產業脈絡，使未來國產材與相關產業之共榮發展。 (四)製作產品之過程，例如大剖、取材、選材、加工等過程均可作為國產材再利用之說明教材。 (五)國產材之履歷可結合於文創產品之解說，更有助於國產材價值意識之提升。	(一)團隊會持續努力。 (二)將依單位相關要求已做調整之。 (三) 本計劃之提琴與獨木舟主以推廣國產木材多元化精緻產品，且該產品已參加過全國性發表(台灣杉小提琴)與相關設計比賽，得獎並獲的很多好評，因此，藉林務局屏管處南台灣特有之國產材再創國產材利用的亮點。(p3) (四) 本計劃木材由屏東林管處提供之國產材漂流木為主，因此在分級採『取上選材法』及『多階段利用法』為處理原則。(p13) (五) 未來將會結合 FSC 認證之木材產品(p13)
四、 黃委 員裕 星	(一) 利用國產材製作提琴部分，已達預定進度，成品優良；獨木舟亦已初步成型，期中進度符合。 (二) 報告中所用木材部分呈現在表 1 之明細表，例如香杉、五葉松、桃花心木等，其來源是否可進一步說明，以了解木材之品質狀態。 (三) 國產材之高價值利用常受限於原料木材之規格不一影響後續乾燥、製材所成本。本案即便是利用漂流木，仍請於報告書中說明乾燥標準、木材材切方式等，以凸顯	(一)團隊會持續努力。 (二)提琴製作過程中，國產材之漂流木中較缺少適合之針葉材(做為提琴之面板)，因此，部分面板為 100 年國慶林務局舉辦國際雕刻展所剩餘的木料，由東勢林管處移交給屏東科技大學。 (三)相關說明已修增至 p13-14, p20。 (四)製琴上漆工序主要是為了保護木材本身，其次才是為了調整提琴音色。(p15) (五)本團隊已有相關研究發表於國際研討會中。為國產材用於提琴的質與量條件需要更進一步研究之。本計畫就針對國產材精緻多元化產品方向努力之。

	國產材利用之獨特技術及其價值。 (四) 木材之平衡含水率會影響木材開裂，上漆時是否內外均上漆才能防止乾裂？ (五) 國外提琴面板多用雲杉木，背板多用楓木等，是否可能將使用國產材於面板、背板與國際產品量化比較？。	
五、張委員智強	(一) 林務局委託計畫應有相關的格式，本期期初報告亦無內容圖表、目錄，還有文獻探討的地方都沒有寫，本日簡報內容比書面報告還豐富，很多東西沒有寫進報告書，請再補足。 (二) 林試所委託計畫所使用的是疏伐木，本計畫雖然使用漂流木，但屬成熟材，是否在計畫內比較漂流木與疏伐木製琴的差別及期表現之效果。 (三) 期初報告採書面審核，在此報告內未放期初報告委員的意見、答覆問題放在後面，請補上。 (四) 評選會議審核時有提及與其他公司合作、產業鏈結，計畫書內看不出此計畫與其他公司合作的地方，請再補充說明。	(一) 將依單位相關要求已做調整之。 (二) 製琴木材來源為疏伐木與漂流木是會影響音色等，但因本計畫主要利用國產材漂流木，尚無相對應樹種之疏伐木，期待後續能有機會。 (三) 將依單位相關要求已做調整之。(如附件二) (四) 將依單位相關要求已做調整之。(如附件一)
六、洪委員寶琳	(一) 木材的履歷資料建立須建檔，說明木材履歷故事，之後林管處可能會用到要解說，提琴的木料都有建檔會較清楚。 (二) 根據報告的圖表，木頭總計是 34 立方，製材後變 9.5 立方，製材之後可利用的材積是 10 立方，木頭量的變化可敘述的更詳細一點，因為漂流木很多可能是有很多沒辦法利用，製作過程中遇到什麼樣的困難，可詳述讓後面的人可以更清楚這些依據，讓產、官、學在鏈結的過程能更清楚製做的內容，這些在日後推廣時都很重要。	(一) 以依單位相關要求已做木料資料表(p4)，亦有單位政風人員訪察是本計畫之木料管理狀況。 (二) 製材為 29.25 立方，製材之後可利用的材積是 10 立方，是經目視分級等後之估計值(包含節、裂、腐朽、翹曲等瑕疵)。相關因應已在結果與討論中加以說明。(p13)

七、 翁召 集人 儷芯	(一) 依照合約工作項目， 團隊簡報說明已完成工作進度，惟與書面呈現資料有落差，這部分請團隊後續補上書圖資料，讓所有的人更易透過書面報告看見計畫成果。 (二) 國產木材創值、利用的部分，不僅是把琴跟舟完成，這些材料本身已經運用膠合、塗裝，或者是複合材料等，要如何讓不瞭解的人瞭解材料及工法等專業，透過國產材製作過程了解加值運用，其中需要一些專業知識的轉化，可放入手冊，提供民眾認識與了解。 (三) 報告時提到琴及舟等兩個項目的未來發展及建議，也請在期末時能具體提出，國產材本身交錯紋理，再拿交錯紋理的木材是否有些自相矛盾?之所以這樣選擇，一定有其意義的理由，之後做了什麼樣技術面的突破，突破之後是否還可以跟附近的國小做一些推廣合作或者是作一些產業上的推展，這些其實都可以把它呈現出來。這部分請老師再予補充完成。 (四) 工作項目中有一項是在期末完成的是文創商品，期望不只是剩餘製材的再運用，如果能把複合材料或是一些相關的技術運用在商品上面，或許可以透過這些推廣品讓無法擁有實體作品的民眾去瞭解，讓這些商品富有其價值。	(一)本期中報告已依單位相關要求已做調整之。 (二)後續產品說明手冊會加入相關產品所用之木材材種特色、工序及產品特色做介紹，得以提供給民眾認識與了解。 (三)已將相關技術加入報告中。(p16, p20) (四)團隊會持續努力將依委員建議事項做更完整規劃。
--------------------------------	--	---

(三) 期中工作報告審查委員之審查意見回覆

委員	提問與建議	執行單位回覆
一、 羅 委 員 紹 麟	(一) 文字中有台灣杉成品，但表 1. 漂流木專案中卻獨缺？ (二) 板材氣乾需時多久？(4-6 周乾燥？) (三) P. 12，圖 8. 流程步驟、文字編號、圖片編號缺編號。 (四) P. 16 有台寸單位、P. 18 有英吋單位，宜註明以示區別。 (五) P. 20 提琴面板與背板樹種不同，是如何決定？或有隨機性？ (六) P. 21，圖(a)是何樹種。 (七) P. 25 所提建議甚佳，擴大木材來源是趨勢，不僅限於漂流木，颱風不來是否木材來源中斷，立木、疏伐木皆可納入，甚至山老鼠所採截獲木材亦可利用(MIT)，另是否有製作小提琴適合小學生的縮小版(3/4 式或 1/2 式)。 (八) P. 25 成本及附加價值表中，若比較成本/收益分析，附加價值%的呈現方式較為不準，宜以淨值收益較為合理，涉及單位成本淨益≠粗收益。有否問題？	(一) 本計劃由漂流木專案中無提供台灣杉，此台灣杉為 107 年東勢林管處計畫提供。 (二) 板材氣乾需時間，若為樂器用材，至少需 5 年。本計畫目前所使用之木材採窯乾乾燥，乾燥處理時間 4-6 周(依數種而異)。 (三) 遵照委員建議進行修正。 (四) 遵照委員建議進行補正。 (五) 提琴面板與背板樹種不同，無一定標準，本研究其組合的依據是面板與背板工序之板各部位弧度與厚度的音學響應頻率為組合依據。 (六) P. 21，圖(a)之樹種為肖楠。 (七) 期望未來可多源使用國產材，如漂流木、疏伐木、風倒木等，除此之外包括老建築之棟樑結構材等，將是未來使用之國產材利用之範圍。 目前屏科大已開始製作小尺寸之提琴如： (1/4"，1/2"，3/4")等，遵照委員建議，目的未來提供給國小生所使用之，更可達告認識國產材教育目的。 (八) 將依建議進行修正。但本表中仍為效益概估，其因之一，為尚有其他成本並為計算(如單位成本、行銷成本、行管成本、時間成本等)，希望藉本計畫將逐階段轉型為專業經營化品牌，期持續展國產材手工提琴與專業人才培訓。
二、 陳 委 員 嘉 晉	(一) 小提琴製作流程、工法、進程請依意見調整並整理成圖像以資推廣利用。 (二) 文創商品的種類應不只計畫書(P23)鑰匙圈一項應參考其他產品進一步提出建議。 (三) 木材在製造精緻產品時之餘可利用剩料推廣技術層面紙容易推廣生活化產品，期望在期末報告多著墨。	(一) 遵照委員建議進行修正。 (二) 利用製提琴及獨木舟過程中之殘餘材料所製作相關文創商品文創商品，以提琴與獨木舟相關主題為創作設計核心，如鑰匙圈、鋼筆連、桌上型多功能置物架、提琴音樂盒等文創商品。 (三) 根據委員之建議手工紙亦為木材精緻利用其中一項選擇，本計畫團隊曾研製相關木竹等手抄紙品開發，期望未來後續計畫得以有機會研製國產材更多樣化產品。
三、	陳委員啟仁(公差請假)	
四、 林 委 員 湘 玲	(一) 報告書之照片、圖，請修正為解析度較佳的照片及圖，以提升報告品質。圖說文字模糊請重製(圖 2、8、14、17) (二) 本案依期中審查決定，應完成手冊文案提供工作會議審查，報告書內未見手冊文案之說明，請補充。 (三) 文創商品種類，報告書僅有一種，簡報提出四種，本計畫的文創商品是以商品化的概念進行設計，以期未來具有市場價值，延續計畫產品的生命週期，請補充四種文創商品的預計數量及未來供機關或一般商行採購販售的	(一) 遵照委員建議進行修正。 (二) 利用製提琴及獨木舟過程中之殘餘材料所製作相關文創商品文創商品，以提琴與獨木舟相關主題為創作設計核心，如鑰匙圈、鋼筆連、桌上型多功能置物架、提琴音樂盒等文創商品。 (三) 文創商品如鑰匙圈 300 個(提琴 200 個及獨木舟 100 個)、鋼筆連盒 20 組、桌上型多功能置物架(如手機座、名片架或筆座組合)100 組、提琴音樂盒 20 個。期望未來可技轉得以有機會研製國產材更多樣化產品。

	可行性分析。 (四) 製程中所遭遇的困難及克服的技術方法，建議能有具體的紀錄，如：木材乾燥的過程及調整、交錯木理性質的影響等。	(四) 遵照委員建議，並增加相關困難及克服技術方法，及建議等內容。
五、黃委員裕星	(一) 簡報中應將前次審查意見辦理或改善情形詳細說明，本次報告未見口頭說明，請於期末報告時改正。 (二) 材料是國產材，主要是漂流木，經過精心製作後，幾乎是化腐朽為神奇，確實證明漂流木高附加價值利用是可行的。但實務上，國產材高價值利用不能依賴漂流木，未來如欲產學化，是否可以建議如何取得來源穩定的樹種材料？例如風倒木整理或成熟造林木。 (三) 國外提琴製作材料必須有長期養成計畫，木材也是長期自然乾燥為佳。台灣是海島國家，木材氣乾始終是挑戰，故特定目的的乾燥基準表可能必須進一步研究試驗。 (四) 有價值的產品如確有市場，建議可以透過學校技術移轉的方式處理，但材料製備的各種參數，以及技術輔導的時數，必須事先完整準備(技術包裝)。 (五) 「風化」一詞不宜用於木材，因學術上「風化」是指母岩變成土壤的最初作用，木材宜用「腐朽」或「劣化」等說詞形容。	(一) 遵照委員建議於期末報告內修正。 (二) 期望未來可多源使用國產材，如漂流木、疏伐木、風倒木等，除此之外包括老建築之棟樑結構材等，將擴大未來使用之國產材利用之範圍。 (三) 國外提琴製作之木材必須經5年以上氣乾處理，其目的避免木材因含水率變化而造成木材出現瑕疵，更進而影響其聲學性質。本計劃取得為原木段，經製材後施以窯乾與氣乾處理，相較其乾燥處理時間有限，無論窯、氣乾始終是挑戰，就目前使用之乾燥基準表已無法精準提供現在狀況之國產材乾燥品質所需，如委員建議其乾燥基準表須進一步研究試驗，此項將納入本計畫期末內容建議事項。 (四) 感謝將依委員建議修正。就手工提琴及獨木舟製作將製作簡易手冊，已做後續推廣利用之，但就目前材料的質與量仍有待努力。 (五) 遵照委員建議修正。
六、張委員智強	(一) 報告書內之格式，仍是建議參考論文格式之標題編號(壹、, 一、, 1, (1)..)撰寫。 (二) P.8之辦法與步驟之國產材備製分類、流程順序，建議釐清整理(如P.9 ii)大剖製材、P.114.材料備製內亦有大剖製材稍嫌混亂。) (三) 第一次期中報告之意見，仍建議補充相關國內外研究文獻探討，提琴製作木材之理化性質、國產材與進口材對聲學性質之影響、外型藝術風格之差別及獨木舟外觀、安全設計、強度、國內外木材製程、加工性質之差異性..等。	(一) 遵照委員建議調整修正報告之格式。 (二) 遵照委員建議修正內容。 (三) 此項將納入本計畫期末內容之文獻回顧，就提琴製作木材之理化性質、國產材與進口材對聲學性質之影響、外型藝術風格之差別及獨木舟外觀、安全設計、強度、國內外木材製程、加工性質之差異性等說明。
七、	洪委員寶林(請假)	
八、翁召集人儷芯	(一) 本計畫在執行過程遭遇的困難及木材專業的技術克服過程，請執行團隊與以補述，例如國產闊葉樹種之交錯紋理、乾燥基準表的修正檢討等，應如何克服及因應皆是運用木材的專業學理融入在本計畫內涵中。 (二) 從木材理力學的角度及木材組織的影響，製琴之專業技術如何克服這些問題外，甚至可論述到音學、美學的影響，請用心著墨留在期末總結報告內(可詳述在報告書內檢討與建議項目或結果與討論項目。)	(一) 遵照委員建議調整補述與修正內容報告。 (二) 感謝委員建議。執行單位將會此項將納入本計畫期末報告內容之文獻回顧及檢討與建議項目或結果與討論項目等說明。

(四) 期末報告審查委員之審查意見回覆

委員	提問與建議	執行單位回覆
一、 陳委員 嘉晉	(一) 推廣及輔導的成果豐碩，可另行編列預算印製折頁文宣品等，擴大績效。 (二) 利用國產材開發高端製品的構思，從產、官、學各界的引領與落實，值得肯定，若能將每年可觀數量的漂流木化腐朽為神奇，實是一項政策正確。 (三) 建議可以將此項績效輔導善於雕刻的原住民部落工藝師，如泰武、佳興，可厚植社區產業升級或下放至國中小，培植音樂工藝與音樂教育，初級琴可提供偏鄉學童練習使用。 (四) 獨木舟運動可配合各級學校於龍舟競渡時節推廣，或與其他有水域的城市(交通部觀光局大鵬灣、屏東縣政府大潮州人工湖及高雄市政府蓮池潭)合作，落實市場行銷。	(一) 謝謝委員鼓勵。 (二) 謝謝委員鼓勵。 (三) 我們跟屏東地區國小的校長也有在溝通、聯繫了，不是只有我們現在看到的這把琴，我們希望透過國產材訓練學生，學生做出來的琴希望不只有給偏鄉小學。而學生製作的琴提供給中小學學生使用，他們的回饋其實是一種鼓勵。製琴的技術都是在一直精進，學生知道自己製作的琴是有人會去使用的，而不是展示而已，他們會主動說上次製作的琴聲音如何，可以試著換配方或是不同的處理方式，能夠讓聲音更豐富。很多回饋不是只有屏東地區的國小或是家長，有些學音樂的孩子已經在國外求學，父母會希望他們能擁有一把來自家鄉木材做的琴。 (四) 期待有機會配合辦理。
二、 羅委員 紹麟	(一) 本報告展示成果皆已近尾聲，「國產材」對一般認知而言為人工林或天然林木材，而此處僅限於漂流木，故如有可能加一列標題如「以漂流木為例」。 (二) 表 1 漂流木專案可能需註明年份較適宜。 (三) P. 22 有關提琴製作有詳細之說明，惟需補充細微設計圖更易瞭解。 (四) P. 40 達到練習琴的音質標準是客氣，事實上名琴需要時間的運作始成，故以初步計畫案可有如此成果已屬難得。 (五) P. 34 環氧樹脂填縫孔洞會不會太節省，台灣事實業不缺那麼一點木材，為提高品質可大膽增加作用較高品質的厚料及其價值。 (六) P. 48 第六行發表會(圖 28)是否是圖 31 之誤？ (七) P. 51 一台才為 30.3cm×30.3cm 僅平面規格，尚有立體規格且為木材常用者(1 才×1 才×10 尺)為才。(僅提供 1980 年埔里林管處之林業手冊之換算表)。	(一) 遵照委員建議，與委託單位討論後進行修正。 (二) 遵照委員建議進行修正。委請單位提供後修正。 (三) 遵照委員建議進行修正。 (四) 由於獨木舟製作需較長木料，因此，既使單板中段發節孔，在加工仍採樹枝填縫處理，仍較以拼接長度佳。 (五) 遵照委員建議進行修正。 (六) 遵照委員建議進行修正。 (七) 遵照委員建議進行修正。
三、	(四) 陳委員啟仁(公差請假)	
四、 黃委員 裕星	(一) 本案之執行，能善用國產材之次等材，運用加工技術完成優良作品，包括大、中、小提琴及獨木舟等，發揮高度技藝水準及創意，已達成國產材「創值精緻利用」之目標。 (二) P. 9 提及計畫目的包括需符合國產材利用「滿足客製化需求」，考量國產材數量有限，確實需要以精緻化、客製化為推廣方向，建議在「結論」中提供本案成果未來可擴大兩用之途徑，例如技術移轉加工學、與音樂界、體育界合作之可行管道等。 (三) 部分引用資料宜更新，例如 P. 8 所提，2016 五年內達成國產材自給率 3%，目前已經第六次全國農學會議討論，故宜修正為「2018 年提出未來 10 年國產材自給率達 5%」；另外 P. 10 國有林地 180 萬公頃，	(一) 謝謝委員鼓勵。 (二) 技轉部分主要是先看學校的法規，如何去做技轉的部分。學生可能會比較在意技轉能有什麼實際的收穫，這也是比較想去幫學生爭取的。這系列作品做下來，學校覺得是一個很大的亮點，學校行政部門也一直在幫助我們能夠把它變成是類產業的模式。 (三) 遵照委員建議進行修正。會依『第四次森林資源調查報告內之資料更新。 (四) 遵照委員建議進行修正。

	國有林占 52%，林地分級分區如保護區、保安林、森林遊樂區等，均屬錯誤資訊，應請修正。 (四) P. 13 起，樹種學名拉丁文請以斜體字呈現或劃底線。	
五、張委員智強	(一) 非本委託研究計畫統計成果產生之圖表，均請註明資料來源，如圖 1、2，表 1。 (二) P. 12 研究方法與文獻回顧內容紊亂，看不出研究方法，文獻回顧內容僅 P. 13 木材樹種特質部分有參考文獻其餘無，且 2 國產材本材料為特質無內容，無法看出各材種之木材特質適合應用在本研究之處(提琴、獨木舟之各部位應用)，又面板、背板、側板在 P. 19-26 之提琴製作及 P. 27-30 木質獨木舟之船體各部位，所使用本計畫提供木材材料材種為何？其使用原理建議敘明。 (三) 漂流木經外力碰撞與長時間放置戶外環境，導致木材裂化、瑕疵、翹曲、變形或劈裂等缺點，影響加工技術，程度需求較高，不利加工製作，故是否確認漂流木不適合本計畫之精緻利用？建議於報告中敘明。 (四) P. 38 圖 2 影像模糊、文字不清楚，P. 46、P. 47 亦同。 (五) P. 52 第四行國產材的範疇包括……，敘述不完整。 (六) P. 53 參考文獻應無需題號，另目錄及本文無第參點。 (七) P. 59 審查意見回覆(二)比較漂流木為疏伐木製琴之差別，係貴校前承接林試所委託製琴計畫之比較，是否可分析比較其效果。 (八) 文創商品系本計畫之回饋項目，非研究項目，應特別敘明。	(一) 遵照委員建議進行修正。 (二) 材料的部分，即使是同一樹種，同一塊材料，變異性也很大，因為有豐富的紋理變化，在聲學方面的表現也不一樣，所以還無法下一個肯定的結論，只能按照傳統的作法，面板是針葉樹、背板是闊葉樹，這樣的原則去選擇。 聲音的影響主要來自製作時的厚薄與弧度，而不是看木材的聲學性質好不好。製琴時只能根據一些原則去選擇木種、做一個嚐試。 現在的木料做了一些調整，讓這個琴能夠達到練習琴的水平。將來琴有什麼狀況我們也能繼續維修他，這都可以是一個紀錄。嚴格說起來我們是沒辦法去複製義大利製琴的條件，包括工法，因為不同的木材，所以會有不同的條件。製琴時老師會聽整個響度，再由弧度、厚薄去做調整，讓聲音能夠更加穿透，這部分比較困難在於就板而論，並且是單一狀況去做調整。重複性上比較沒有太多資訊，只能根據想要的呈現方式去做調整。 (三) 漂流木如果快速處理，少經曝曬，比較能將它的價值保留下來，希望經由這次提案能有更多的處理方法。 因為是使用漂流木，取下來可能會發現中間有些瑕疵，如果裁切可能會失去國產材整片漂亮的紋理，因此有考慮到用塗的比較好還是要裁斷，可是裁斷再接，對於工時、工序來說就會拉長了。 (四) 遵照委員建議進行修正。 (五) 遵照委員建議進行修正。 (六) 遵照委員建議進行修正。將會增加就提琴聲音特質金行說明比較之。 (七) 遵照委員建議進行修正。 (八) 遵照委員建議進行修正。
七、林副召集人湘玲	(一) 如漂流木材種不適合也請老師於報告中提及，可以當作木材材種選擇之依據。 (二) 尚缺文案手冊部分，將由林管處直接審查不另開審查委員會	(一) 遵照委員建議進行修正。 (二) 本計畫解說文案手冊的部分將補送併期末報告提供。

附錄三、文案手冊

國產材精緻加工產品製作手冊

提琴與獨木舟製作篇



農委會林務局屏東林區管理處



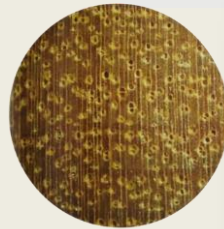
國立屏東科技大學
National Pingtung University of Science and Technology

國產木材圖庫

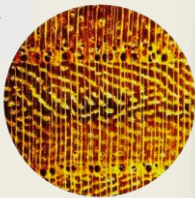
香杉



牛樟



櫟木



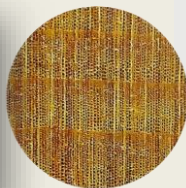
五葉松



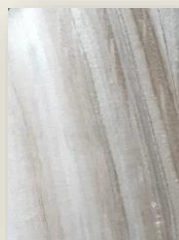
相思樹



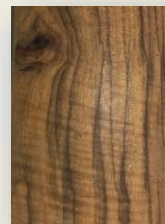
台灣肖楠



樟木



黃連木





提琴製作

提琴簡述

提琴為樂器之后，在西方樂器中極為重要。至 16 世紀發展演進至今，提琴的演奏表現為何能夠達到聲音響亮、樂音豐富，而廣受人們喜愛。提琴的音質會受制於使用材料、結構之物理特性、漆料的條件、弓與弦、提琴演奏與人的聽覺及演奏環境等影響，進而發展出對於提琴研究或製作方式之不同派系。於 15 世紀在提琴科學與藝術的發展中，製琴師與科學家對於如何達到品質優良的一把提琴各其說法，現今製琴技術上仍參考前人的製琴理論及工序方法。但至今尚未就對影響提琴之音色音質有明確的理論依據，其關鍵之一在於提琴所選的木材為有機質材料，其性質為非均質、異方性、有孔隙，亦會受其含水率影響，而影響其聲學特質。除此之外，既使以完全相同木質材料以及工序製作方式複製一樣品質的樂器，亦無法製作出跟著名古提琴音色完全相同的提琴。由此得知，提琴相關研究至今，已經能夠指出影響提琴聲音表現的可能因子，及其改善聲音的方法，但其方法可只針對特定材種與加工形式下適用，因此，許多研究者與製琴師們仍致力克服就多樣化的木材、加工工序及聲學性質表現等提琴加工技術的方針。



小提琴



中提琴



大提琴

提琴製作工具



木工工具

1. 鑿刀(平鑿、丸鑿)
2. 雕刻刀
3. 鋸子、線鋸(縱鋸、橫鋸)
4. 刨刀(平刨、圓刨、齒刨)
5. 拇指刨
6. 小刀(尖刀、切割刀、劃線刀)
7. 刮片
8. 銼刀
9. 夾具(C 夾、F 夾)
10. 砂紙(80 號~1200 號)
11. 游標尺、直角尺、軟尺
12. 磨刀石
13. 膠合劑

製琴專用工具

1. S 型音柱刀、夾
2. 音柱槌、音柱鏡
3. 漆料(酒精性、油性)
4. 彎板加器
5. 削弦鈕器
6. 提琴開孔鑿(小提、大提琴)
7. 鑲線條及開槽刀

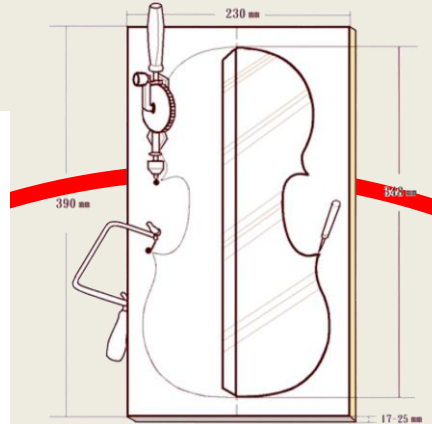
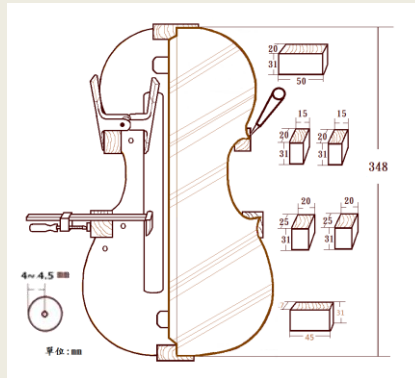
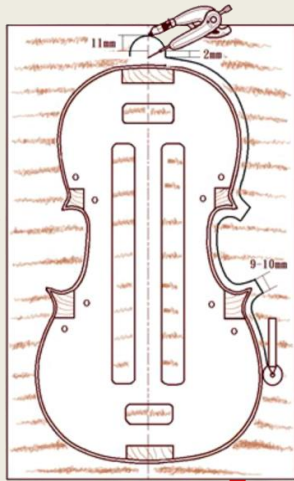


製琴專用模具

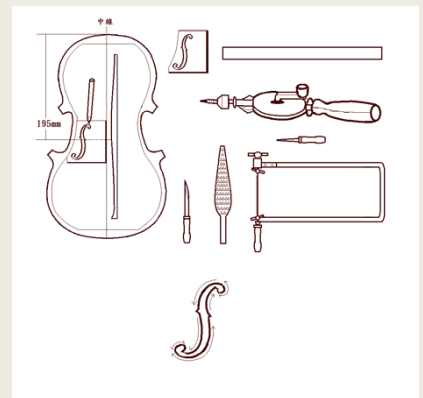
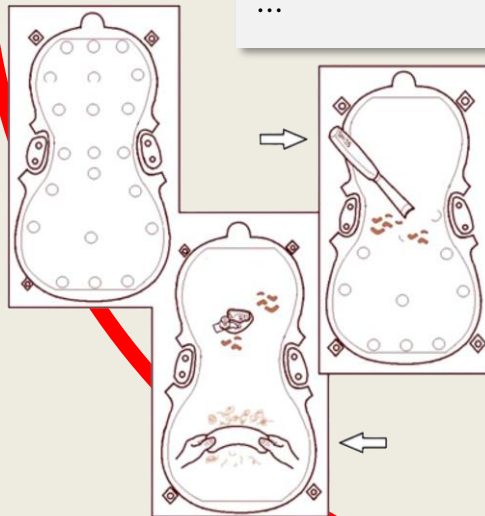
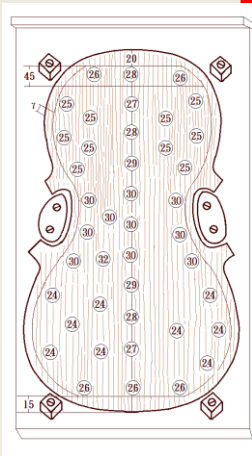
1. 背板板型模
2. 面、背弧型模板
3. 凹型模版
4. f 孔模版
5. 琴頭模板
6. 琴橋模板



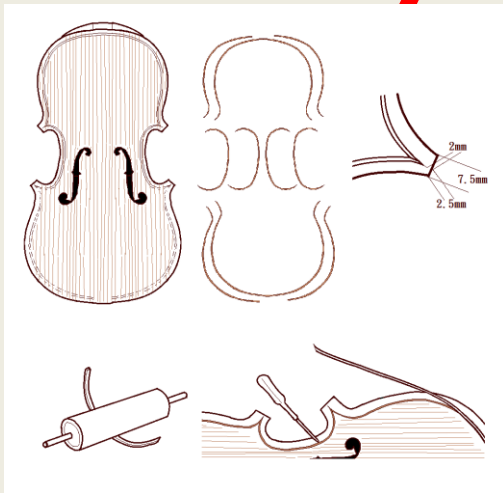
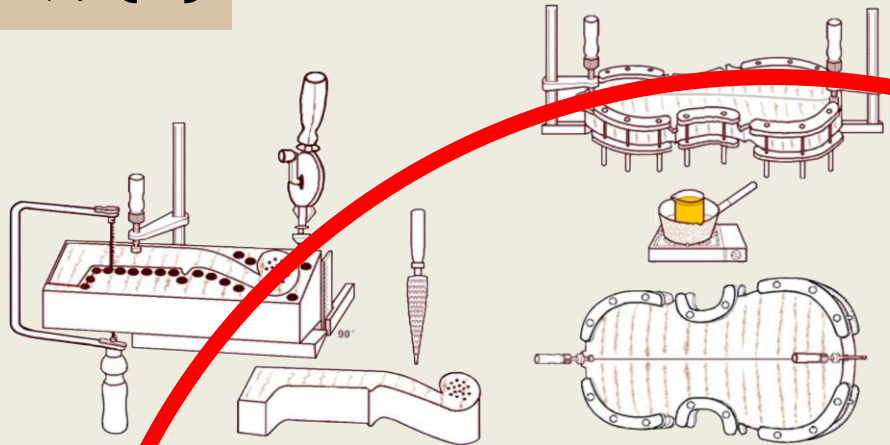
提琴製作工序(I)



1. 製作木模：琴模工序(選材、取材、工法)...
2. 鋸料嚴縫：鋸切、拼板、刨整、粘合...
3. 木墩接著：刨整、粘合...
4. 側板壓烤：整厚、塑型、粘合...
5. 背板雕刻：取材、雕切鑿背板、整厚...
6. 面板雕刻：取材、雕切鑿面板、整厚、f 孔...
- ...

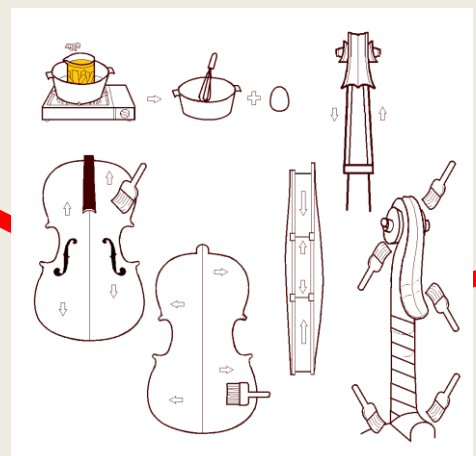
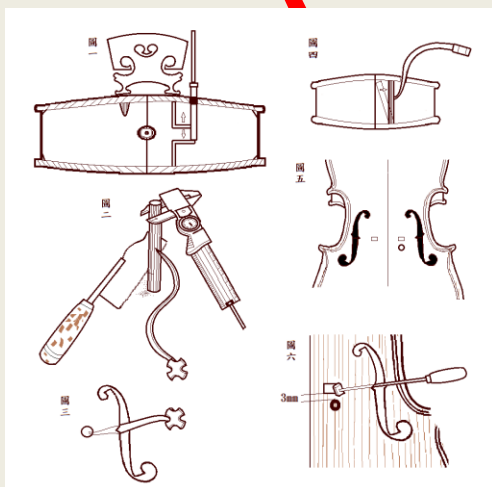


提琴製作工序(II)



...

7. 拼裝琴體：琴樑、鑲條、修整、粘合...
8. 雕刻琴頭：選材、雕刻...
9. 鑲嵌飾線：開槽、嵌線條、修整...
10. 組裝零件：音柱、琴橋、弦軸、指板、拉弦板、腮托...
11. 上漆研磨：上漆、著色、研磨...
12. 音樂家試琴



小提琴構造

提琴為木質結構樂器，包括琴頭、琴頸、琴身、琴弓和配件等組成，在每個部分中又包括若干零件(見圖)。提琴的琴弦，一端掛在弦板的系弦孔中，通過支在面板上的弦馬上端和琴頸的弦枕，另一端纏繞在琴頭的弦軸上。琴弦是提琴的發音體，琴身是共鳴體。提琴是用由馬尾做成的琴弓摩擦琴弦，產生振動而發音，並通過弦馬將其振動傳遞到琴身上，使琴板和琴身內腔的空氣也隨之振動，產生音



小提琴 (I)

製作者：龍 暉

製作年：2019年

製作地點：國立屏東科技大學學院琴

製作者的話：肖傲杉林 轉琴響世

演奏音樂家：蕭伊妙 老師 (2020/9/4)

第一印象是它顏色很特別，木紋很漂亮，可是整體偏重。E 弦聲音很亮。

台灣肖楠(面板)

- ◆心邊材色：區別不明顯。心材黃褐色；邊材淡黃褐色。
- ◆木肌木理：木理通直均勻，木肌細緻具光澤。
- ◆比重：0.57~0.65。

相思樹(背板)

- ◆心邊材色：區別明顯。心材暗栗褐色，邊材窄、黃~褐色。
- ◆木肌木理：木理歪斜，木肌粗糙。材質堅硬，具光澤。
- ◆比重：約0.75。



小提琴(II)

製作者：黃聖彥

製作年：2020

製作地點：國立屏東科技大學學院琴

製作者的話：手作最美 希望相隨

演奏音樂家：杜冠璋 老師

~心得：外觀覺得整體稍寬，需要再適應。由於是新琴，剛開始拉聲音比較悶，但後來低音有慢慢變厚，有越拉越好。

五葉松(面板)

- ◆心邊材色：區別明顯。心材黃褐色經久變暗褐色；邊材淡黃至淡紅黃色。
- ◆木肌木理：木理通直，木肌中庸。
- ◆比重：0.40~0.50。

樟木(背板)

- ◆心邊材色：區別略明顯。心材黃褐色，邊材灰褐色至淡紅色。
- ◆木肌木理：木理斜行，木肌略粗。
- ◆氣乾比重：0.42~0.51。



中提琴

製作者：龍 暉

製作年：2019

製作地點：國立屏東科技大學學院琴

製作者的話：雙香于飛 傳耳目悅

演奏音樂家：姜宜君 老師

心得：第一印象是漆的顏色，偏紅色，外觀搭配整體來說很喜歡。演奏上由於是偏小型中提琴，與平常使用不同，需重新適應。中音韻聲音偏甜，尤其在拉一些巴洛克曲風、宮廷音樂等曲風感覺很適合。

香杉(面板)

- ◆心邊材色：區別明顯。心材黃褐色或褐色，經久出現紫暈。
- ◆木肌木理：木理通直，木肌中庸。木材具芳香味。
- ◆比重：0.40~0.46。

牛樟(背板)

- ◆心邊材色：區別不明顯。心材淡黃褐色至紅褐色。
- ◆木肌木理：木理交錯，木肌粗糙。
- ◆比重：0.41~0.48。



大提琴

製作者：何宇迦

製作年：2019年

製作地點：國立屏東科技大學學院琴

製作者的話：願沉穩的弦音如鐘樓般迴盪、顫動餘韻猶如詩話。

演奏音樂家：林榆婕 老師

心得：木板稍厚，演奏稍嫌吃力。低音部分不錯，高音稍悶，適合拉古典樂。
木紋很美，像藝術品。

香杉(面板)

- ◆心邊材色：區別明顯。心材黃褐色或褐色，經久出現紫暈。
- ◆木肌木理：木理通直，木肌中庸。木材具芳香味。
- ◆比重：0.40~0.46。

櫟木(背板)

- ◆心邊材色：區別明顯。心材淡黃褐色或紅褐色，邊材淡紅色。
- ◆木肌木理：木理通直，木肌粗糙。
- ◆比重：0.60~0.84。



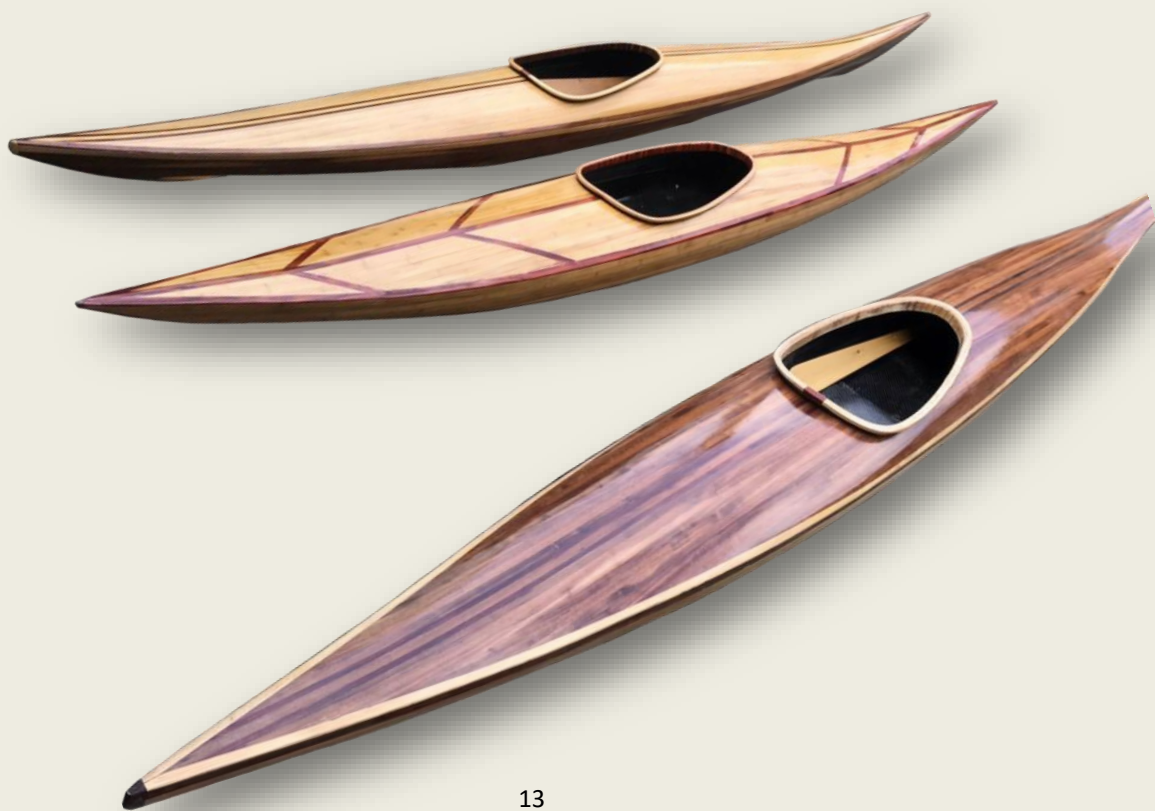


獨木舟製作



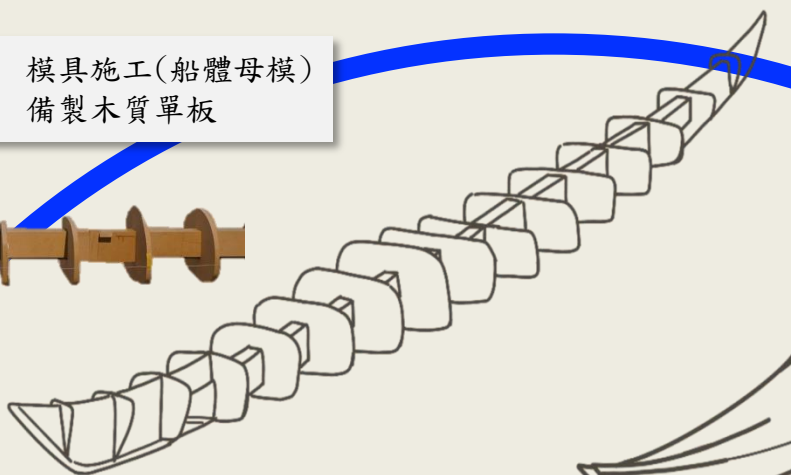
獨木舟

獨木舟(kayak)起源於起源於加拿大，獨木舟不僅僅是小船：它亦是運動器材，是在大自然中尋求和平的一種方式，也是終極的越野探險工具。因此，1936 年第 11 屆奧運會，獨木舟開始被列為奧運會正式比賽項目，共進行了 9 項比賽。此後，獨木舟的比賽項目不斷變化，奧運會共設有 12 個項目。在獨木舟的開展過程中，最初的皮划艇設計是為了適應區域條件和划槳風格而設計的，其變化與預期的環境相差很大，隨之不少人為了提高速度，熱衷於舟形的改造。獨木舟輕質化是設計的主要目標除此之外，添加了自然元素，把國產木竹材質感重新在戶外挑戰性格結合在設計方面考慮到獨木舟的藝術價值與性能，將在外觀上以及安全性進行設計，獨木舟整體以拼板建構而成，所以將會利用不同顏色拼出船體的外觀甚至代表性的。

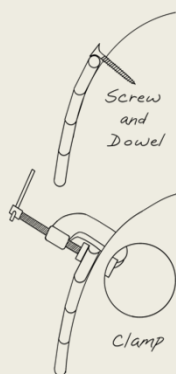


獨木舟工序步驟(I)

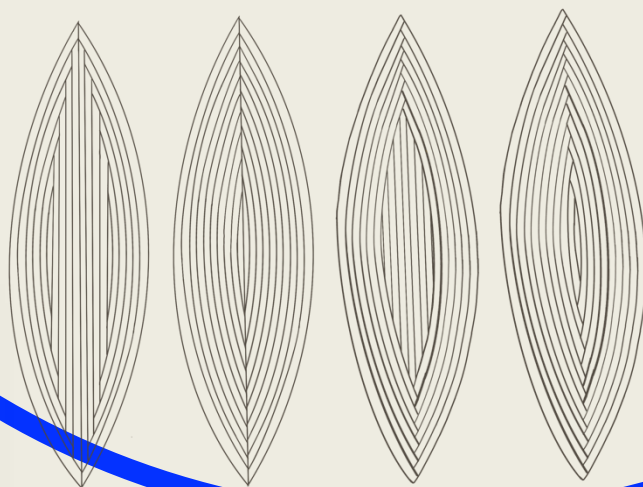
1. 模具施工(船體母模)
2. 備製木質單板



3. 拼條縫接合與工序



4. 拼條組裝設計
5. 舟體外型整補與砂磨



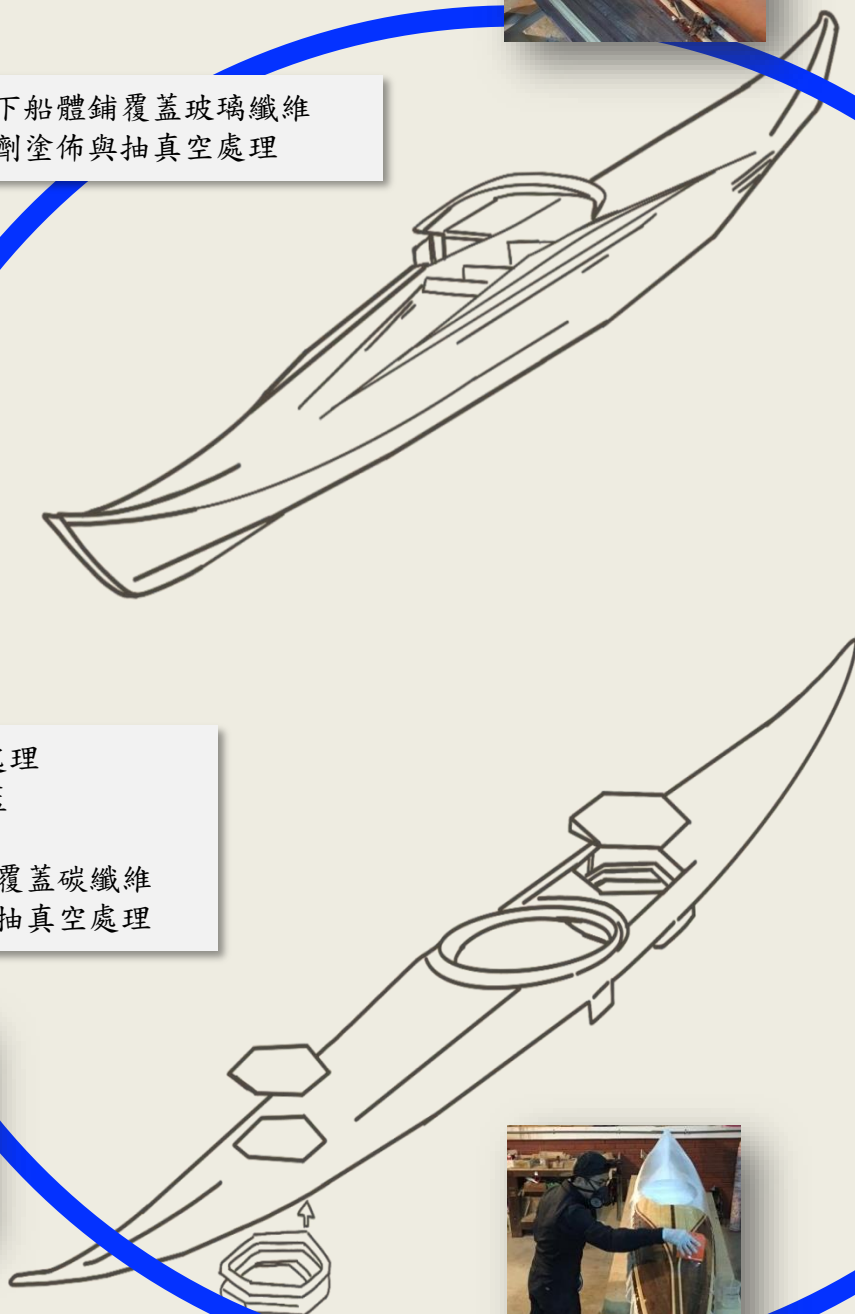
獨木舟工序步驟(II)



6. 上、下船體鋪覆蓋玻璃纖維
7. 膠合劑塗佈與抽真空處理



8. 內、外面平整處理
9. 切割舟體與艙蓋
10. 充填發泡劑
11. 上、下船體鋪覆蓋碳纖維
12. 膠合劑塗佈與抽真空處理

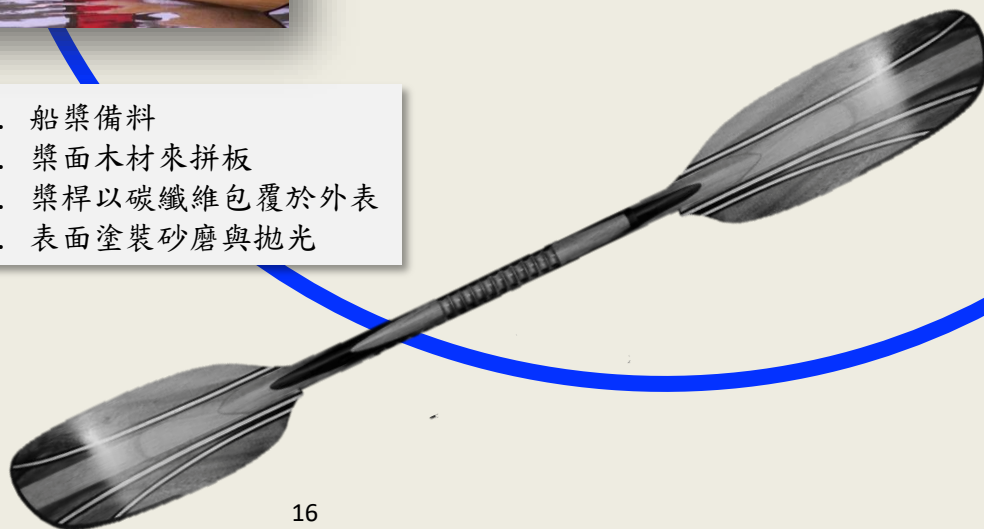
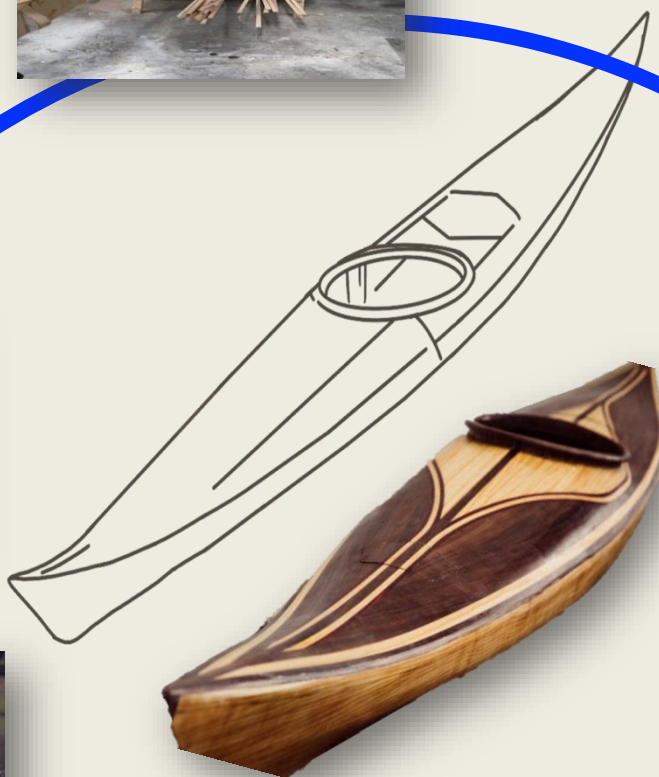


獨木舟工序步驟(III)

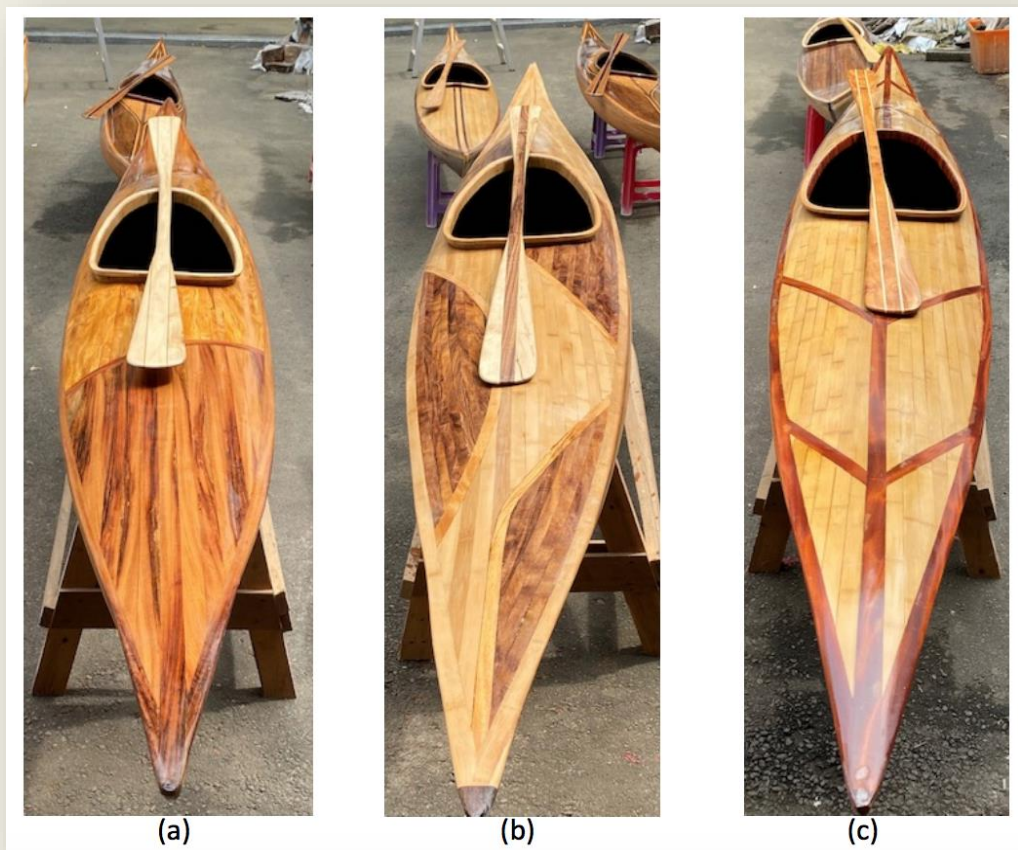
13. 上下舟體整合
14. 表面塗裝
15. 砂磨與拋光
16. 下水試舟& 完成



17. 船槳備料
18. 槳面木材來拼板
19. 槳桿以碳纖維包覆於外表
20. 表面塗裝砂磨與拋光



國產材獨木舟產品



國產木竹材獨木舟:(a)檉木、松木。(b)相思樹、竹材、檉木。(c)竹材、桃花心木。



農委會林務局屏東林區管理處



國立屏東科技大學
National Pingtung University of Science and Technology