



變遷中的世界 -- 木材科學，我們應往 何處去？

預測未來可能會發生何事總是冒險的，尤其在追求對未來的事件有所期望時（尤其對長遠的未來有所期待時）。處理近期的事件可能少些不確定因素存在，主要原因乃近期發生的事件及長期的趨勢所能提供線索較多。因此，雖然本文的標題為談論未來，但仍有相當篇幅在於歷史的探討。

簡史

回顧過去，本文未考慮以編年史方式來記錄有關木材使用及木材科學歷史之重要事件，而只陳述一些曾經證實的事件。首先，值得注意的是，木材純熟的使用技術已有相當久的歷史。如單板膠合及鑲嵌技術早在紀元前3000年在古埃及已相當純熟。紀元前2700-2600年埃及已經利用大型木船航行於地中海。

◎鐘大歡 / 中興大學森林系博士班學生

◎林曉洪 / 屏東科技大學木材工業系副教授
(現于中興大學森林系博士班進修)

◎陳載永 / 中興大學森林系教授

本文譯自 J.L. Bower, "Wood Science in a changing world - where are we headed?" Wood Science and Technology, 2000 (34) : 175-181.

幾世紀來，如何有效利用木材的知識，多經由師徒代代相授傳承下來，並經由商人及旅行家做區域間的傳播。紀元後105年中國發明了紙。500年後造紙技術傳到日本及伊朗，1000年後才傳到西歐。紀元後704年，第一座造紙廠在中國設廠。雖然早期的紙由植物內皮、棉及亞麻製成，而非由木材，木材纖維成為造紙原料則是在1800年代中至末葉才開始。以現存的構件證實，日本在第7世紀中葉，木材建築技術已經相當先進。如日本奈良的法隆寺(Horyuji)完成於紀元後650年現仍完好保存，內有精巧的柱、椽、桁架及橫撐(support eaves)。挪威Borgund Stave教堂建於西



元 1150 年，為使用 6 個陡峭傾斜及人形的屋頂以不具耐久性的針葉樹材而作耐久性的結構。14 世紀時日本已開發量尺的技術(carpenter's square)，使木材更能精密的接合。在 14 世紀前，歐洲便已擁有相當數量的木彫家、木匠及精巧的木結構建築師。在義大利佛羅倫斯的帕拉底歐博物館(Palazzo Davanzati)內的構件(14 世紀中葉至末葉)，1395 年英國的 Westminster 大廳，1430 年德國的 Esslingen 的市政大廳及 1714 年俄羅斯內 Karela 的 Khizi 教堂等均保留當時工匠的巧工。18 世紀後期，斯洛伐克共和國(Selmecbanya)的皇家礦業學院的學生，不僅要學習有關礦業技術且要學習礦坑木材選擇及加工。1800 年代早期，

以木材為導向的教學，漸擴張至成立林學的學術研究所。在帝國皇家礦業學院教授的木材課程是最早出現的有關木材性質的專業書籍之一。1788 年義大利大植物學家 Giovanni Antonio Scopoli 之著作題目 " 數種雲杉屬木材的松脂、焦油、黑焦油及樹脂之探討 "。發展至 19 世紀後期，木材研究的進展十分神速，且更為精緻，許多產品現今仍為人知。1883 年瑞士土木工程師 Tetmajer L. T.，後來成為瑞士聯邦實驗室材料測試與研究的主管，曾發表數篇有關木材為結構用材接合穩定性測試及研究的報告。10 年後(1893)膠合層積材最先使用於瑞士 Basel 演講廳的建築上。1898 年英國硬質纖維板，首先以廢紙熱壓製造成硬質



纖維板。相關產品的纖維板，於1908年於加拿大製造生產。雖然經過很長時間，木材科技才明顯的浮現，而成爲科學探究領域，但仍可證明18世紀末爲開端。不論如何，今天在一些技術與科學會議上討論的一些產品，其實早在百年前即已了解，不免令人有些汗顏。木材基本特性之知識，於1900年後迅速擴大。1902年，東京大學農學院森林系設立木材加工實驗室，首開木材加工課程之端。三年後也成立了森林及林產研究所。1910年美國林產實驗室成立。同年，蘇黎士瑞士聯邦技術研究所植物系首開木材解剖研究。早期的木材科學家多著重於木材的解剖，以了解其基本性質(如木材強度、尺寸安定性、耐久性、比重、水分的相關性質及化學)，經由乾燥、處理技術以延長木材使用年限。1910之後半世紀，木材科學逐漸被認爲一獨立的科學、技術及專業之領域。此50年間的發展如下：

1923年，匈牙利Sopron大學首先成立木材技術及機械學會。而該正規教育則於1924年開始。

1929美國第一個和大學有關的木材技術研究計畫開始。1941至1951年間即有12項以上的計畫產生。

1931年，國際木材組織研究協會成

立。

1936年，第一份木材技術專刊出版(Technologie des Holzes)。

1936年，蘇黎士瑞士聯邦材料試驗及研究實驗室成立木材研究與試驗系。

1946年，美國林產研究學會(今之林產學會)成立。

1948年，美國最早的木材科學及技術教科書出版，作者爲Brown、Panshin及Forsaitth。

1948年，日本木材技術學會成立。

1949年，挪威木材技術研究所成立。

1949年，匈牙利木材科學研究所於布達佩斯成立。

1952年，中國的中央科學森林研究所成立於北京，該組織主要是探討木材及木製品研發中心。

1955年，日本木材研究學會成立。

1956年，中國首先將木材科學視爲國家重點發展科技術之一。

1958年，中國森林學院成立木材工業研究所。

1966年，國際木材科學協會成立。

在新產品競爭激烈的世界裏，1920及1930年代陸續有許多重要的新發現。如硬質纖維板於1922年開發於美國。熱硬化型樹脂於1920年末被開發。10年

表 1. 每公頃花旗松產量 (美國西奧勒岡) (平均收穫材積 / ha=1252m³)

產品	年		
	1948	1963	1973
木 材	252	322	350
紙	0	266	413
合 板	0	56	119
紙 板	0	0	105
總 生 產	252	644	987

資料來源: Bingham (1975)

後，第一個粒片板原型於德國的實驗室製造。1940年後，有關木材的性質及加工發表論著明顯的增加。早期研究多著重於基本性質、化學及乾燥。1940年代後期，穿透式電子顯微鏡出現，促使重新對木材超微構造的注意。1950年後，幾乎所有的研究及技術的發展都朝向木材的有效加工的改善。這些研發工作帶來了無比的效益。Bingham氏(1975)以美國西北地區為例，指出有效率的加工技術快速增加了產能。至1973年止的25年內，每公頃花旗松成熟材的產量，幾乎成長了百分之四百，如表 1 所示。當然，技術的進步並非至 1973 年就停息了。一連串的研發迅速的接踵而至。

1983~1993 年：

利用小徑木、疏伐木、收穫後殘餘之加工技術已獲得良好的發展。

方薄片型粒片板即是一種新的高強

度複合材產品，在美國及加拿大已商業化生產。此技術可由小徑木來製造高強度板材而完全取代合板。

木結構的工字樑及單板層積材(LVL)，兩者已在市場上販售，此項開發已可使用小徑木來製造大尺寸結構用材及板材。

無中心的旋切單板技術(Centerless lathe technology)引進製造單板，此技術能對先前無法製造單板的原木進行加工。此技術亦能旋切至原木中心，因此增加了單板的產能。

因為原木的平均直徑下降，以及造林木的產量開始供給下，木材科學家逐漸對未成熟材之小徑木產生注意。

輕量塗佈紙技術開發於歐洲。

炭化螺縲開始應用於高性能噴射飛機的表面。

1993~1998 年：



今日的木材科學

平行長條層積材 (PSL)開發於加拿大並開始市售。

澳洲 C S I R O 由疏伐材開發出 Scrimber 技術 (註 1)。

由美國林產研究所研發的最佳表面技術 BOF(Best Opening Face)為一種以電腦掃描器及電腦輔助的生產設備可獲得最大利用率。美國有半數的針葉材製材廠使用此技術，至少達 75% 的收率，並利用製材後剩餘之廢材以指接技術來製造針葉材間柱。

利用單板以單板層積技術製造複雜剖面的基材以生產高品質模板，裝飾板及浮雕。

以 100% 的回收聚乙烯及木材廢料複合製造之木材塑膠複合材，已商用作為建材及各種產品應用。

木材塑膠摻合技術通常應用在汽車工業的成型組件上。

1998 年：

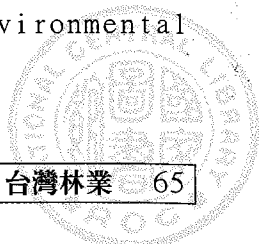
玻璃纖維應用在木樑的接合上，以強化連接處之強度。

木材 - 水泥壁板已商業化利用。

以擠壓法將木材廢料及回收塑膠製成複合材作為窗框之工業生產而已經商業化，可取代實木窗台板及框架，且具優異強度及耐久性。

由近年來科學及技術的文獻可發現木材科學領域的發展與變遷之大方針，有些專有名詞，於數年前僅見或今日一般人仍舊完全不知，這些名詞包含如下：

1. 熱塑性補強材料 (Thermoplastic reinforcement)
2. 纖維膠囊化 (Fiber encapsulation)
3. 微胞泡沫 (Microcellular foaming)
4. 氣式網絡技術 (Air-formed web technology)
5. 分子與容積動力學 (Molecular and bulk dynamics)
6. 無機物鍵結 (Inorganic bonding)
7. 限界靜態設計 (Limit states design)
8. 非破壞性評估 (NDE)
9. 玻璃纖維補強材料 (Fiberglass reinforcement)
10. MRI、紅外線及音測 (MRI, IR, Acoustical detection)
11. 製程控制 (Process control)
12. 碳素循環 (Carbon cycling)
13. 環境的性能 (Environmental performance)



除外，特別要強調的，今天在木材科學研究發展上，有朝向以材料組合製造之產品的開發趨勢，亦即經由各原材料之最佳性質，而反映在最終產品上。另外近來所發展的類別及範圍，讓人聯想到進一步及快速的變化。能突顯出木材研究需求以及木材科學進一步收益，下列諸重點成爲各國及世界共同關注的趨勢：

1. 普遍的關心森林及林木收穫的問題。
2. 世界木材需求量爲 35 億 m^3 ，在最近的 1/3 世紀內提升了 17 億 m^3 。
3. 木材消耗量很可能在 2050 年再增加 17 億 m^3 。
4. 八大洲中有七大洲已經快速的在造林。
5. 全世界共同的舉動是保證在對天然林的經營及收穫作業上，朝向於減少伐木水準。
6. 因爲未成熟材比例增加及中小徑木多節，使得製材後品質欠佳。
7. 報告指出(至少在美國)木構造房屋在過去 20 年來爲耐久性構造最差之建築。

對增加的木材研究成果及技術改進需求而言，美國的發展正面臨以下困難：

1. 儘管對林產科學畢業生而言有相當多的工作機會，但是這些機會下降了。
2. 對木材科學及技術的經費補助急速下降。

正視未來

未來可能會發生什麼?由最近與更久遠的過去之經驗能提供那些建議呢?我的預言如下數點：

1. 複合產品技術將變爲更加的精緻。
2. 有關木材的研究，將逐漸增加對纖維的特性及化學性質爲探討重點。
3. 許多人今天一直在討論 2 百，3 百年森林輪伐期，但從今天組合材產品技術情形看來，不用說 200 年，實木未必有大的市場。
4. 材料與產品的環境性能將較今日更爲重要。
5. 生命周期指數 (LCI) 及生命周期分析 (LCA) 必須在近期內提供一合理的基準以形成公共政策。
6. LCI/LLA，目前在歐洲已普遍在使用，未來將廣泛的被全世界所接受，並提供作爲環境性能的基準。
7. 雖然木材的生產與使用對環境有諸多優點，但木材有時會被其他替代品所取代，故木材這些優點不可能一直被



維持，而不繼續做研究與發展。

8. 能源問題很可能刺激對一些含低能源產品產生興趣，如木材及其他生物量。

9. 石油生產高峰，已形成具體共識。

10. 建築學在未來將變為更重要。

11. 作為建築物的材料且能在建築系統中有效發揮功能，必須具備以下幾點：

(1) 具有能源的效益。

(2) 耐久性。

(3) 低維護費。

(4) 安全性。

(5) 可生產供給者。

12. 提升木材燃燒效能是有必要的。只要增加10 %木材燃燒熱能使可以減少2050年該年全球木材需求量的1/4。從另外的觀點視之，將減少2千3百萬公頃新的造林。

13. 傳統的木材科學家者，必須逐漸有成為材料科學家之最嚴苛認知。在所有工業材料之中，除木材外，其他材料將是科學家們未來也要加以了解的。

14. 木材科學畢業生，必須要增加除木材外之其他材料的了解，否則難以成為科學家。

15. 木材科學在未來仍將是重要性存

在的，但同時，木材科學的獨立性及和其它領域的界線，將不再明顯。

16. 以木材科學及技術為重點或作為工業材料者的專業協會、機構及政府有關機構等，未來必需扮演更積極更有效率的角色。此類組織（如國際木材科學學會）應開始考慮策略聯盟的可能性，而聯盟內應廣為包含材料科學及工程人員。

結語

世界如同木材科學領域一樣，非常快速的在變遷，尤其對過去相當短暫的歷史之木材科學領域而言，很明顯的是項戲劇性的變化。此外，一些市場與非市場的壓力及大環境的趨勢，使得木材與其他生物量材料為推向更深層技術發展之驅動力。

技術變遷發展的結果，則是傳統的木材科學研究者，未來必然要走的大路，乃必須包含其他材料。面對材料的開發及加工的複雜性，身為木材科學從業人員及相關機構者，未來必需要扮演更具效率的角色。

註1：Scrimber為澳洲CSIRO機構的專利。利用人工林疏伐材製成結構用材的一種技術。將未成熟材壓延成長串狀並複合形成結構用集成材。