

勞動部補助職業災害預防及職業災害勞工職業重建計畫

期末報告

單位名稱：臺北榮民總醫院

計畫名稱：玉石加工業職業病風險研究調查

計畫類別：職業傷病之調查及研究

計畫主持人：楊振昌／計畫共同主持人：許仁毓／研究員：聞遠志

單位負責人：陳威明

計畫執行期間：114年1月1日至114年12月31日止

目錄

一、報告摘要.....	6
二、計畫緣由及目的.....	8
1. 台灣玉石現況.....	8
2. 台灣玉石加工業與可能的健康危害.....	10
3. 玉石種類及其組成成分.....	10
4. 計畫目的.....	14
三、研究辦理方法.....	15
1. 加工廠聯繫.....	15
2. 石綿空氣採樣方法（位相差分析方法）.....	15
3. 穿透式電子顯微鏡驗證.....	16
4. 大塊樣本（Bulk sample）分析.....	16
5. 問卷設計.....	17
6. 肺功能檢測.....	19
7. 風險評估方法.....	19
8. 統計方法.....	21
9. 健康講座宣導.....	21

四、研究資料之來源與分析	22
1. 聯繫玉石加工工廠歷程	22
2. 現場訪視廠家聯絡歷程	24
3. 現場空氣採樣設置	28
4. 肺功能檢測.....	31
5. 檢驗體液重金屬濃度	34
6. 問卷招募人數說明	34
五、研究結果之分析	36
1. 基本資料.....	36
2. 石綿空氣採樣濃度	37
3. 問卷調查結果與肺功能檢測結果.....	39
4. 風險描述.....	40
5. 玉石樣本（Bulk sample）分析與穿透式電子顯微鏡分析.....	42
六、各項預定目標之達成程度.....	48
七、討論及建議.....	50
1. 玉石加工業石綿濃度與其餘行業石綿濃度比較	50
2. 濕式作業與乾式作業	52

3. 採樣流速.....	52
4. 底泥區採樣.....	53
5. 玉石之石棉纖維型態	53
6. 玉石之石棉纖維毒性	54
7. 研究限制.....	55
8. 結論與建議.....	56
八、衛生教育宣導	58
1. 建國玉市.....	58
2. 現場訪視衛教.....	58
3. OO 縣 OO 職業工會	59
4. 玉石加工作業與職業性肺病宣導座談會	62
九、經費運用情形報告	65
十、效益評估	67
十一、參考資料	70
十二、附件	73
1. 附件一：IRB 核准公文.....	73
2. 附件二：IRB 同意執行證明書	74

3. 附件三：調查問卷	75
4. 附件四：第一次經費變更申請.....	79
5. 附件五：第二次經費變更申請.....	82
6. 附件六：第三次經費變更申請.....	85
7. 附件七：經費支用報告表	88
8. 附件八：專家討論會議紀錄	91

一、報告摘要

石綿是一種纖維狀水合矽酸鹽天然礦物的總稱，主要分為蛇紋石屬與角閃石屬兩大類，這些礦物在破碎或研磨時會分解成細長的石綿纖維。1977 年國際癌症研究署（International Agency for Research on Cancer, IARC）已將所有種類的石綿列為第一類人體致癌物[1]。本院職業傷病診治整合服務中心於2023年11月30日發現一名非礦區玉石加工工人罹患惡性間皮細胞瘤之病例，顯示非礦區玉石加工業者亦可能面臨石綿引起癌症之風險。依據〈職業暴露石綿引起之癌症認定參考指引－惡性間皮細胞瘤〉，從事含白石綿的蛇紋石採石並加工玉石的工人，可能在研磨作業中暴露於白石綿粉塵。然而，該指引未提及其他玉石（如角閃石類的透閃石）加工過程的石綿暴露風險。本研究旨在分析台灣常見玉石加工過程中產生之粉塵成分是否含石綿，以期強化玉石加工業職業病防治及促進早期診斷與治療。

本研究為台灣首次系統性調查玉石加工作業中空氣中石綿暴露濃度及其健康風險之研究。共訪視七家仍在營運之玉石加工工廠，納入十四位勞工，並採集八十四件空氣樣本，分別以位相差顯微鏡（Phase Contrast Microscope, PCM）與穿透式電子顯微鏡（Transmission Electron Microscope, TEM）分析。結果顯示，以玉石種類分類，角閃石類軟玉（台灣玉、加拿大玉）產生的纖維濃度最高（平均 0.31 f/cm^3 ），而蛇紋石類或輝石類玉石則顯著較低或未檢出。個人採樣濃度顯著高於環境採樣，最高平均濃度出現在粗研磨作業（ 0.436 f/cm^3 ），其次為切割作業（ 0.247 f/cm^3 ），再其次為細研磨作業（ 0.231 f/cm^3 ）。

根據美國環保署風險評估指引計算之終生致癌風險 (Excessive Lifetime Cancer Risk, ELCR) 介於 5.8×10^{-6} 至 3.29×10^{-2} 之間，部分勞工的個別風險超出國際建議可接受範圍 (10^{-6} 至 10^{-4})。受試者中僅有 28.6% 使用個人防護具，且無人曾接受粉塵相關健康檢查，顯示該產業之職業衛生防護不足。雖然本次肺功能檢查均在正常範圍內，但由於石綿相關間皮瘤具有長潛伏期，肺功能檢查並不適合作為早期偵測工具，因此應建立持續追蹤制度。

台灣玉石加工產業較從前式微，但是仍有勞工從事相關作業。本研究結果顯示台灣傳統軟玉加工作業過程仍有可能釋放可吸入之石綿型纖維，造成長期健康風險。由於目前仍然無法確認台灣常見的玉石是否屬於石綿型礦物，建議未來應擴大樣本並以穿透式電子顯微鏡進行晶體結構鑑定，以確認其形貌及潛在毒理特性。

關鍵詞：石綿、玉石加工、職業暴露、角閃石、致癌風險、台灣

二、計畫緣由及目的

1. 台灣玉石現況

根據經濟部地質調查及礦業管理中心的 112 年礦物統計年報顯示，臺灣地區礦產具有開發經濟價值而曾經開採者，玉石被歸類為「非金屬礦產」中的寶石類礦物，與蛇紋石、大理石、滑石及石棉等同屬變質岩系礦產。根據《中華民國112年礦物統計年報》，目前臺灣設有礦業權的礦種共有 14 項，其中包含寶石（Gemstone）。寶石礦於 112 年度的產量約 95 公斤，產值約 76 萬新臺幣，雖規模較小，但顯示臺灣仍持續存在玉石與寶石的採集與加工活動。整體而言，臺灣玉石產業屬於規模極小但具歷史延續性的非金屬礦產開發項目，主要分布於東部變質岩區（如花蓮、臺東），其礦源與蛇紋石及角閃石等變質礦物共生，曾經與傳統軟玉（nephrite）資源開採密切相關[2]。

臺灣東部自 1940 年代起便展開石綿礦的開採，隨後也逐漸發現多種具有商業價值的玉石礦藏。到了 1970 年代，臺灣玉的研究與加工產業進入最興盛的時期。當時最具代表性的玉石為「豐田玉」，產於臺東豐田地區，屬於角閃石類的透閃石礦物，常與蛇紋石類的白石綿共生[3]。豐田玉質地細膩、色澤柔和，是當時國人視為珍貴象徵的軟玉代表。然而，隨著礦區於 1980 年代逐漸停採，豐田玉的產量大幅減少。

儘管國內礦源因政策與環境保護等而禁止開採、封礦，但玉石加工與收藏市

場仍相當活躍。由於國際間尚未全面禁止玉礦開採，許多加工廠改以進口玉料為主，例如加拿大閃玉、緬甸玉、俄羅斯玉、紐西蘭玉及瓜地馬拉玉等。本研究研究員於建國玉市實地訪查與詢問，目前市面上以緬甸玉（俗稱翡翠）為主流，屬於硬玉類；其次是軟玉類的和田玉，以及珊瑚玉、珍珠與臺灣藍玉髓等飾材。相較之下，臺灣本產的豐田玉及部分進口軟玉，如加拿大閃玉，目前加工量較少。本研究訪查之個人加工工廠，加工的玉石種類分別為加拿大玉、台灣玉、墨玉與硬玉（玉髓），如下圖一至四。圖二可見當時開採的台灣玉，其外殼上仍附有與其共生的石綿（白石綿礦物）。



圖一、加拿大玉



圖二、台灣玉



圖三、墨玉



圖四、玉髓

2. 台灣玉石加工業與可能的健康危害

根據勞動部職業安全衛生署《職業暴露石綿引起之癌症認定參考指引—惡性間皮細胞瘤》，石綿暴露的主要來源多為與玉礦共生之含白石綿之蛇紋石礦。然而，該指引雖說明開採玉礦與石綿暴露的關聯，但並未特別提及玉石（如透閃石玉）加工過程中是否可能產生的石綿暴露風險。

本院於民國 112 年 11 月服務一名長期從事玉石加工作業之個案。該名工人從事玉石切割與研磨約 17 年，於民國 112 年 8 月出現胸部不適，初以為為搬運重物導致肌肉拉傷，曾於診所接受復健治療，惟症狀未見改善。其後於同年 10 月轉往醫院檢查，出現持續數月之呼吸困難與右背疼痛。病理檢查結果顯示胸膜組織疑似間皮細胞瘤或分化不良癌，肺部則呈現輕度慢性炎症伴局部纖維化。最終於同年 11 月 30 日確診為惡性間皮細胞瘤，並於 113 年 3 月 6 日通報為職業病個案。

另有相似研究報告指出[4]，一名 72 歲男性個案，自 1974 年至 2021 年間自營寶玉石加工工廠，長期從事玉石琢磨與雕刻工作，平均每週工作 6 天、每日約 8 小時，累計暴露時間達 47 年。該個案具 B 型肝炎、氣喘及冠狀動脈疾病等病史，無吸菸習慣。個案最終診斷罹患惡性間皮細胞瘤。顯示玉石加工作業中潛在的石綿暴露風險不容忽視。

3. 玉石種類及其組成成分

玉石作為一種常見的裝飾品，長期以來受到不同文化背景的人們的喜愛，可分為硬玉（Jadeitite）和軟玉（Nephrite）[5]。玉石種類整理如下表一，軟玉

(Nephrite) 包括台灣玉、加拿大玉與崑崙玉（和田玉）等，主要由透閃石、陽起石系列之角閃石礦物組成，屬單斜晶系，化學式為 $\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ 。其纖維緻密、質地細膩，但屬非石綿型礦物。蛇紋石玉與岫岩玉同樣屬於軟玉範疇，主要成分為蛇紋石（Serpentine），結晶系亦為單斜晶系，化學式 $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ，呈現蠟狀光澤與綠色調。硬玉（Jadeite）即翡翠或緬甸玉，屬輝石類礦物，結晶系為單斜晶系，化學式 $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$ 。其結構緻密、硬度高，為高壓變質作用形成的典型礦物，與軟玉在礦物學與產狀上皆顯著不同。此外，屬於石英類玉石的礦物包括碧玉（Jasper）、玉髓（Chalcedony）、瑪瑙（Agate）與珊瑚玉（Coral Jade）等，皆為六方晶系，化學組成為 SiO_2 。碧玉與瑪瑙屬微晶質石英，色彩變化源於氧化鐵或雜質帶狀構造；玉髓為纖維狀石英的變種，結構緻密且半透明；珊瑚玉則為古代珊瑚化石經矽化作用形成。最後，玫瑰玉（Rhodonite）屬含錳矽酸鹽礦物，結晶系為三斜晶系，化學式 MnSiO_3 ，常因含鋅而呈現粉紅至玫瑰紅色。整體而言，玉石礦物的結晶系主要分布於單斜晶系與六方晶系，化學組成以矽酸鹽為主，並含鈣、鎂、鐵、鈉、鋁或錳等元素。軟玉與蛇紋石玉源自變質岩作用，硬玉形成於高壓變質帶，而石英類玉石多由矽化或沈積作用形成，顯示玉石成因與地質環境間的多樣性與複雜性。

表一、玉石礦物摘要整理 [6-15]

名稱	學名	類別 / 屬性	結晶	化學式	主要參考文獻
碧玉 (Jasper)	Jasper	屬玉髓 (石英)	六方	SiO_2	Kostov (2010) 指出碧玉為微晶質石英的一

			晶系		種，常含氧化鐵致紅色或綠色，屬矽酸鹽類礦物。[6]
軟玉 (加拿大玉、台灣玉)	Nephrite	軟玉	單斜晶系	$\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	Jing & Liu (2022) 認為軟玉由透閃石—陽起石系列構成，屬角閃石類，為典型非石綿型礦物。[7]
岫岩玉 / 蛇紋石玉	Serpentine	軟玉	單斜晶系	$\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	陳韻婕 (2014) 指出岫岩玉主要成分為蛇紋石，質地細膩但不具石綿型結構。[8, 9]
崑崙玉 (和田玉)	Nephrite	軟玉	單斜晶系	$\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	Ding et al. (2025) 以遙測資料探討崑崙山玉礦分布，確認其屬角閃石類軟玉。[10]
翡翠 (緬甸玉)	Jadeite	硬玉	單斜晶系	$\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$	Prewitt & Burnham (1966) 證實翡翠為輝石類礦物，晶體結構緻密、硬度高，與軟玉成分不同。[11]
玉髓	Chalcedony	屬石英	六方晶系	SiO_2	Heaney et al. (1994) 認為玉髓為纖維狀微晶石英，與石英成分相同但結構較細。

					[12]
瑪瑙	Agate	屬石英	六方晶系	SiO ₂	Monico et al. (2024) 指出瑪瑙屬於玉髓的帶狀變種，顯示顯微結構與化學成分變異。[13]
珊瑚玉	Coral Jade / Agatized Fossil Coral	屬石英	六方晶系	SiO ₂	Stanley & Cairns (1988) 描述珊瑚玉為化石珊瑚矽化形成的玉髓類礦物。[14]
玫瑰玉	Rhodonite (“Fowlerite”)	屬矽酸鹽礦物 (含 Mn)	三斜晶系	MnSiO ₃	Nelson & Griffen (2005) 研究指出其富含鋅與錳，屬錳質矽酸鹽礦物，呈粉紅至玫瑰紅色。[15]

石綿是一類纖維狀水合矽酸鹽礦物的總稱，依據礦物結構可區分為蛇紋石屬 (serpentine group) 與角閃石屬 (amphibole group) 兩大類。兩者在結晶方式上形成不同類型的纖維結構，因此在化學組成與物理性質上亦存在差異。蛇紋石屬僅包含溫石綿 (chrysotile，又稱白石綿)，為全球最廣泛使用的石綿種類，約占石綿使用量的95%以上；角閃石屬則包括青石綿 (crocidolite，藍石綿)、褐石綿 (amosite，棕石綿)、斜方角閃石 (anthophyllite)、陽起石 (actinolite) 及透閃石 (tremolite) 等多種礦物。

1993年 Guthrie and Mossman[16]在美國礦物學會出版書籍，進一步指出，「石棉狀」(asbestiform) 並非特指某一礦物，而是描述一種具石綿纖維外觀與形態的

物質特性。當此詞用於礦物時，「纖維狀」意指其外觀由細長、柔韌且可分離的纖維所構成，與礦物化學成分無關。這種纖維狀結構是石綿的重要識別特徵之一，也正是其在吸入後對人體造成危害的主要原因。在玉石相關礦物中，僅蛇紋石玉（Serpentine）與透閃石—陽起石（Tremolite–Actinolite）玉系列的成分屬於「石綿類礦物」族群；但玉石本身（Nephrite, Serpentine Jade）為非石綿型（non-asbestiform）結構，纖維短而交織。

4. 計畫目的

過往研究多是針對石綿礦區或者石綿製品進行健康風險評估，較少是對玉石加工相關的方向去調查。因此本研究尋找受試對象為透過電話訪談調查全臺各地目前仍從事玉石加工之工廠。本計畫研究之目的為針對非礦區玉石加工業者進行訪談調查及測量其暴露環境中之石綿，包含：

- (1) 透過實地訪視與結構式訪談，描繪玉石加工作業產業之現況。
- (2) 利用個人與環境空氣採樣，測量不同玉石加工程序中的空氣中石綿濃度。
- (3) 以問卷與肺功能檢查評估工人健康狀況，辨識與職業性暴露相關的呼吸影響。
- (4) 透過計算終生致癌風險（Excessive Lifetime Cancer Risk, ELCR），進行致癌風險評估。
- (5) 宣導粉塵作業健康追蹤檢查與玉石加工業之健康風險。

三、研究辦理方法

1. 加工廠聯繫

本研究設計盡量針對台灣非礦區玉石加工業者進行訪談調查及測量其暴露環境中之石綿。透過公會資訊、網路資訊，我們於 2025 年聯繫了總計目前仍有在營業的玉石加工工廠共 35 家，聯繫歷程詳見第四大點第一小點。

2. 石綿空氣採樣方法（位相差分析方法）

採樣方法參考行政院勞工委員會的採樣分析建議方法（方法編號：2318，等級 B），即參考 NIOSH 7400 採樣方法，通過相位差顯微鏡測得的石綿纖維濃度（以纖維數每立方厘米 f/cm^3 表示）。採樣介質使用具導電性的石綿濾紙匣，內裝直徑 25 mm、孔徑 0.8 μm 的纖維素酯濾紙，並含有墊片[17, 18]。

採樣流速設定為 2 至 4 L/min，並依現場作業環境之粉塵狀況進行調整。現場設置 2 個空白樣本作為對照。樣品前處理以丙酮蒸發器使濾紙透明化，並以相位差顯微鏡（Phase Contrast Microscope, PCM）進行觀察與計數。僅計入長度大於 5 μm 且長寬比大於或等於 3:1 之纖維。

採樣設計分為環境採樣與個人採樣兩部分。環境採樣範圍包括工廠作業區、生活區域之底泥棄置區，以及遠離工廠的街道；個人採樣則依不同工序進行，包括切割、粗研磨、細研磨與拋光等作業。大部分作業皆採濕式作業方式進行。個人採樣時，將採樣器固定於工人衣領上，位置接近個人呼吸帶；環境採樣時，採

樣器置於距地面約 120 至 150 公分處。工廠區域的採樣器設置於機具附近及工人活動區域；生活區域的採樣器放置於勞工休息區；另於遠離工廠的街道設置採樣器，以作為環境背景值參考。

3. 穿透式電子顯微鏡驗證

為了確認空氣樣本中檢出的纖維是否確實為石綿，以及判定其礦物種類與來源。空氣樣本依據 NIOSH 方法7400採樣後之濾紙，依 NIOSH 方法7402進行確認分析[19]。此方法以穿透式電子顯微鏡（Transmission Electron Microscope, TEM）驗證相差顯微鏡（PCM）所檢出的石綿纖維。TEM 操作電壓為200 kV，並配備選區電子繞射（selected area electron diffraction, SAED）與能量散射 X 光光譜儀（Energy Dispersive X-Ray, EDX）。依纖維密度（<5、5–25、>25 fibers/opening）隨機選取網格孔位進行計數，僅分析碳膜完整區域。符合位相差顯微鏡等效條件（長度>5 μm 、長寬比 $\geq 3:1$ ）之纖維於10,000倍放大下量測尺寸；纖維以 EDX 與 SAED 進行成分及晶體結構確認。代表性空氣樣本纖維之元素比例（Na–Mg–Si–Ca–Fe，相對 Si 正規化）再與同一玉石加工環境採得之塊材樣本（bulk mineral samples）比對。塊材樣本經 X 光繞射分析（XRD）鑑定其主要礦物組成，以建立蛇紋石、透閃石與陽起石之能譜與繞射圖樣作為比對參考。所有樣品之製備與分析均委託工業技術研究院（Industrial Technology Research Institute, ITRI）執行。

4. 大塊樣本（Bulk sample）分析

本研究輔以非破壞性方式確認玉石樣本中是否含有石綿相關角閃石礦物，

並建立其礦物學特徵以供 TEM (SAED/EDX) 比對之參考。檢測程序依據美國環保署 (EPA) 方法 600/R-93/116 進行[20]。本研究送檢樣本包含墨玉、加拿大玉與玉髓，採用該方法中所述之 X 光繞射分析 (X-ray diffraction, XRD) 作為非破壞性表面分析手段，以偵測石綿相關角閃石礦物。樣品於不切割、不研磨之完整狀態下進行分析。分析使用 Bragg-Brentano 幾何之 XRD 儀。所得繞射圖譜與標準礦物資料庫比對，並依據蛇紋石、透閃石與陽起石系列角閃石之特徵峰進行礦物鑑定。

5. 問卷設計

本研究設計結構式問卷，內容包含受訪者之基本資料（如年齡、性別、從業年資、工作內容）、作業環境特性、個人防護具使用情形、健康狀況與呼吸道症狀等。問卷經專家審閱以確認內容效度後進行施測，並於訪談過程中由研究人員協助填答。本研究於民國 114 年 3 月 29 日召開第一次專家會議以檢視問卷之專家效度，根據專家會議修正之問卷，增加呼吸自覺症狀描述並根據作業流程、工作環境保護與個人防護具配戴進行工作暴露矩陣評估，共收案 14 人，收案對象涵蓋玉石加工工人與行政人員。本問卷已於 114 年 4 月 24 日通過臺北榮民總醫院人體試驗委員會 (IRB) 審查，核准文號為北總臨研保字第 1145000384 號，詳見附件一、二，問卷詳見附件三。

職業病調查問卷及基本資料表

調查編號		年紀	
性別	☐ 男 ☐ 女	身高	公分 體重 公斤
教育程度	☐ 國中(含)以下 ☐ 高中職 ☐ 大學 ☐ 研究所(含)以上		
過去病史	☐ 無 ☐ 有, 如下: ☐ 高血壓 ☐ 糖尿病 ☐ 高血脂 ☐ 心臟病 ☐ 胃病 ☐ 肺病 ☐ 關節炎 ☐ 過敏或自體免疫疾病: ☐ 肺病 ☐ 癌症病史: ☐ 其他疾病: ☐ ☐ 手術史: ☐ 開刀史: ☐ ☐ 家族病史: ☐ 哮喘: ☐ 肺結核: ☐ ☐ 過敏或自體免疫疾病: ☐ 其他疾病: ☐ ☐ 家族遺傳		
職業資訊	現職: ☐ 從業 ☐ 目前無, 平均每週 小時, 持續 年, ☐ 已退 年 備註: ☐ 從業 ☐ 目前無, 持續 年, ☐ 已退 年 備註: ☐ 從業 ☐ 目前無, 持續 年, ☐ 已退 年		
工作環境資訊	1. 您是否於一年中大多數日子接觸任何五個月以上? (非故意所致) ☐ 是 ☐ 否 2. 您是否連續兩年, 每年持續三個月以上? (非故意所致) ☐ 是 ☐ 否 3. 您是否一年中大多數日子有, 持續三個月以上? ☐ 是 ☐ 否 4. 您是否連續兩年, 每年有三個月有? ☐ 是 ☐ 否 5. 您是否曾連續兩年, 每年有連續三個月有? ☐ 是 ☐ 否 6. 您是否曾連續兩年, 每年有連續三個月有? ☐ 是 ☐ 否 7. 您是否曾連續兩年, 每年有連續三個月有? ☐ 是 ☐ 否 8. 您是否曾連續兩年, 每年有連續三個月有? ☐ 是 ☐ 否 9. 您是否曾連續兩年, 每年有連續三個月有? ☐ 是 ☐ 否 10. 您是否曾連續兩年, 每年有連續三個月有? ☐ 是 ☐ 否 11. 您是否曾連續兩年, 每年有連續三個月有? ☐ 是 ☐ 否 12. 您是否曾連續兩年, 每年有連續三個月有? ☐ 是 ☐ 否		

職業病調查問卷及基本資料表

職業病調查問卷及基本資料表

調查編號		年紀	
性別	☐ 男 ☐ 女	身高	公分 體重 公斤
教育程度	☐ 國中(含)以下 ☐ 高中職 ☐ 大學 ☐ 研究所(含)以上		
過去病史	☐ 無 ☐ 有, 如下: ☐ 高血壓 ☐ 糖尿病 ☐ 高血脂 ☐ 心臟病 ☐ 胃病 ☐ 肺病 ☐ 關節炎 ☐ 過敏或自體免疫疾病: ☐ 肺病 ☐ 癌症病史: ☐ 其他疾病: ☐ ☐ 手術史: ☐ 開刀史: ☐ ☐ 家族病史: ☐ 哮喘: ☐ 肺結核: ☐ ☐ 過敏或自體免疫疾病: ☐ 其他疾病: ☐ ☐ 家族遺傳		
職業資訊	現職: ☐ 從業 ☐ 目前無, 平均每週 小時, 持續 年, ☐ 已退 年 備註: ☐ 從業 ☐ 目前無, 持續 年, ☐ 已退 年 備註: ☐ 從業 ☐ 目前無, 持續 年, ☐ 已退 年		
工作環境資訊	1. 您是否於一年中大多數日子接觸任何五個月以上? (非故意所致) ☐ 是 ☐ 否 2. 您是否連續兩年, 每年持續三個月以上? (非故意所致) ☐ 是 ☐ 否 3. 您是否一年中大多數日子有, 持續三個月以上? ☐ 是 ☐ 否 4. 您是否連續兩年, 每年有三個月有? ☐ 是 ☐ 否 5. 您是否曾連續兩年, 每年有連續三個月有? ☐ 是 ☐ 否 6. 您是否曾連續兩年, 每年有連續三個月有? ☐ 是 ☐ 否 7. 您是否曾連續兩年, 每年有連續三個月有? ☐ 是 ☐ 否 8. 您是否曾連續兩年, 每年有連續三個月有? ☐ 是 ☐ 否 9. 您是否曾連續兩年, 每年有連續三個月有? ☐ 是 ☐ 否 10. 您是否曾連續兩年, 每年有連續三個月有? ☐ 是 ☐ 否 11. 您是否曾連續兩年, 每年有連續三個月有? ☐ 是 ☐ 否 12. 您是否曾連續兩年, 每年有連續三個月有? ☐ 是 ☐ 否		

職業病調查問卷及基本資料表

職業病調查問卷及基本資料表

職業病調查問卷及基本資料表

職業病調查問卷及基本資料表

調查編號		年紀	
性別	☐ 男 ☐ 女	身高	公分 體重 公斤
教育程度	☐ 國中(含)以下 ☐ 高中職 ☐ 大學 ☐ 研究所(含)以上		
過去病史	☐ 無 ☐ 有, 如下: ☐ 高血壓 ☐ 糖尿病 ☐ 高血脂 ☐ 心臟病 ☐ 胃病 ☐ 肺病 ☐ 關節炎 ☐ 過敏或自體免疫疾病: ☐ 肺病 ☐ 癌症病史: ☐ 其他疾病: ☐ ☐ 手術史: ☐ 開刀史: ☐ ☐ 家族病史: ☐ 哮喘: ☐ 肺結核: ☐ ☐ 過敏或自體免疫疾病: ☐ 其他疾病: ☐ ☐ 家族遺傳		
職業資訊	現職: ☐ 從業 ☐ 目前無, 平均每週 小時, 持續 年, ☐ 已退 年 備註: ☐ 從業 ☐ 目前無, 持續 年, ☐ 已退 年 備註: ☐ 從業 ☐ 目前無, 持續 年, ☐ 已退 年		
工作環境資訊	1. 您是否於一年中大多數日子接觸任何五個月以上? (非故意所致) ☐ 是 ☐ 否 2. 您是否連續兩年, 每年持續三個月以上? (非故意所致) ☐ 是 ☐ 否 3. 您是否一年中大多數日子有, 持續三個月以上? ☐ 是 ☐ 否 4. 您是否連續兩年, 每年有三個月有? ☐ 是 ☐ 否 5. 您是否曾連續兩年, 每年有連續三個月有? ☐ 是 ☐ 否 6. 您是否曾連續兩年, 每年有連續三個月有? ☐ 是 ☐ 否 7. 您是否曾連續兩年, 每年有連續三個月有? ☐ 是 ☐ 否 8. 您是否曾連續兩年, 每年有連續三個月有? ☐ 是 ☐ 否 9. 您是否曾連續兩年, 每年有連續三個月有? ☐ 是 ☐ 否 10. 您是否曾連續兩年, 每年有連續三個月有? ☐ 是 ☐ 否 11. 您是否曾連續兩年, 每年有連續三個月有? ☐ 是 ☐ 否 12. 您是否曾連續兩年, 每年有連續三個月有? ☐ 是 ☐ 否		

職業病調查問卷及基本資料表

職業病調查問卷及基本資料表

調查編號		年紀	
性別	☐ 男 ☐ 女	身高	公分 體重 公斤
教育程度	☐ 國中(含)以下 ☐ 高中職 ☐ 大學 ☐ 研究所(含)以上		
過去病史	☐ 無 ☐ 有, 如下: ☐ 高血壓 ☐ 糖尿病 ☐ 高血脂 ☐ 心臟病 ☐ 胃病 ☐ 肺病 ☐ 關節炎 ☐ 過敏或自體免疫疾病: ☐ 肺病 ☐ 癌症病史: ☐ 其他疾病: ☐ ☐ 手術史: ☐ 開刀史: ☐ ☐ 家族病史: ☐ 哮喘: ☐ 肺結核: ☐ ☐ 過敏或自體免疫疾病: ☐ 其他疾病: ☐ ☐ 家族遺傳		
職業資訊	現職: ☐ 從業 ☐ 目前無, 平均每週 小時, 持續 年, ☐ 已退 年 備註: ☐ 從業 ☐ 目前無, 持續 年, ☐ 已退 年 備註: ☐ 從業 ☐ 目前無, 持續 年, ☐ 已退 年		
工作環境資訊	1. 您是否於一年中大多數日子接觸任何五個月以上? (非故意所致) ☐ 是 ☐ 否 2. 您是否連續兩年, 每年持續三個月以上? (非故意所致) ☐ 是 ☐ 否 3. 您是否一年中大多數日子有, 持續三個月以上? ☐ 是 ☐ 否 4. 您是否連續兩年, 每年有三個月有? ☐ 是 ☐ 否 5. 您是否曾連續兩年, 每年有連續三個月有? ☐ 是 ☐ 否 6. 您是否曾連續兩年, 每年有連續三個月有? ☐ 是 ☐ 否 7. 您是否曾連續兩年, 每年有連續三個月有? ☐ 是 ☐ 否 8. 您是否曾連續兩年, 每年有連續三個月有? ☐ 是 ☐ 否 9. 您是否曾連續兩年, 每年有連續三個月有? ☐ 是 ☐ 否 10. 您是否曾連續兩年, 每年有連續三個月有? ☐ 是 ☐ 否 11. 您是否曾連續兩年, 每年有連續三個月有? ☐ 是 ☐ 否 12. 您是否曾連續兩年, 每年有連續三個月有? ☐ 是 ☐ 否		

職業病調查問卷及基本資料表

職業病調查問卷及基本資料表

職業病調查問卷及基本資料表

圖五、北榮 IRB 審核通過問卷(詳見附件三)

6. 肺功能檢測

肺功能測定使用攜帶型肺量計（Spirolab III, MIR – Medical International Research）進行，所有測試皆由受過訓練之人員依廠商操作手冊進行。受試者被指示先深吸氣，再用力呼氣持續至少 3 秒。每位受試者進行兩次測量，當兩次最大用力吐氣肺活量（FVC, forced vital capacity）及兩次最大第一秒用力吐氣量（FEV₁, forced expiratory volume in one second）之差異皆在 0.2 公升（200 毫升）以內時，視為可接受結果。最終分析採用兩次測試中較佳的一次。測得之參數包括 FVC、FEV₁ 及 FEV₁/FVC 比值，並由儀器內建軟體依受試者之年齡、性別、身高及族群自動計算預測值

7. 風險評估方法

本研究評估石綿吸入所導致之肺癌與間皮細胞瘤的綜合終生致癌風險。參考 ATSDR（2015）針對美國賓州 Ambler 地區 BoRit 石綿污染場址之健康風險評估報告，本研究亦採用美國環保署（Environmental Protection Agency, EPA）建議的吸入單位風險值進行終生致癌風險（ELCR）估算[21, 22]，可接受的風險約介於 10⁻⁶ 至 10⁻⁴ 之間。估算空氣中石綿暴露的終生致癌風險計算公式如下：

$$ELCR = EPC \times TWF \times IUR$$

EPC（Exposure Point Concentration）為暴露點濃度，單位為 f/cm³，表示作業人員在特定活動或工序中的石綿纖維濃度。本研究採用 PCM 方式測得的纖維濃度，以確保與美國環保署（EPA）及 ATSDR 評估模型的一致性。TWF（Time-

Weighting Factor) 為時間加權係數，代表實際暴露時間在整個終生 (24 hr/day × 365 day/yr × 70 yr) 期間所佔的比例，終生年數依 ATSDR/EPA 標準假設為70年。

公式如下，用以校正非持續性暴露的影響，反映實際暴露時間在整個終生期間所佔的比例。其計算方式如下：

$$TWF = \frac{\text{hours of exposure per day} \times \text{days of exposure per year} \times \text{years of exposure}}{24 \times 365 \times 70}$$

此係數可將實際的工作時數與天數轉換為相對於連續終生暴露的時間比值，並據此調整風險估算結果。以職業暴露為例，本研究假設每日工作 8 小時、每年工作 220 天來做計算，IUR (Inhalation Unit Risk) 為吸入單位風險值，代表長期吸入單位濃度石綿纖維所對應的終生致癌風險。根據美國環保署 (EPA) 建議值，IUR 採用 $0.23(\text{f}/\text{cm}^3)^{-1}$ ，本研究沿用該值以進行石綿相關致癌風險之計算。

近年有研究利用穿透式電子顯微鏡 (TEM) 測得的纖維尺寸與形態資訊，以進行更精細的風險評估。Berman 與 Crump (2008) 等人提出的方法可根據纖維長度、寬度及礦物類型估算癌症致效係數，適用於同時具備纖維尺寸分布資料的 TEM 分析結果[23]。然而，本研究為確保與現行職業衛生監測方法一致，採用相位差顯微鏡 (PCM，依據 NIOSH 7400 法) 進行纖維計數。PCM 僅能偵測長度超過 5 μm 、長寬比 $\geq 3:1$ 之纖維，無法區分石綿狀與非石綿狀纖維，亦無法辨識直徑小於約 0.25 μm 之細纖維。因此，須以纖維尺寸分布為基礎的 TEM 致癌風險模型無法直接套用於本研究，故本研究仍選擇採用與 PCM 資料相容之濃度基準風險評估方式，並依循 EPA 與 ATSDR 暴露評估架構估算終生致癌風險。

8. 統計方法

統計分析使用 SPSS 軟體第 25.0 版進行。以描述性統計呈現空氣中石綿濃度、肺功能參數及問卷結果。

9. 健康講座宣導

(1) 114年10月26日（日），舉辦於 OOOOO 職業工會。

(2) 114年11月13日（四），舉辦於臺北榮民總醫院致德樓一樓第五會議室。

四、研究資料之來源與分析

1. 聯繫玉石加工工廠歷程

透過電話訪談調查全臺各地區目前仍從事玉石加工之工廠。資料來源包含：

台灣區 000000 同業公會、台灣區 0000 同業公會、網路蒐集的業者資料。

(1) 聯繫廠家數

➤ 北區/台北區

地區	宜蘭縣	基隆市	臺北市	新北市	桃園市	新竹市	新竹縣	苗栗縣	總計
預聯繫數	1	0	6	7	5	0	2	0	21
已聯繫數	1	0	6	6	3	0	1	0	17
願意輔導	1	0	0	1	2	0	0	0	4

➤ 中區

地區	臺中市	彰化縣	南投縣	雲林縣	嘉義市	總計
預聯繫數	0	3	0	0	0	3
已聯繫數	0	3	0	0	0	3
願意輔導	0	1	0	0	0	1

➤ 南區

地區	臺南市	高雄市	屏東縣	總計
預聯繫數	0	4	0	4
已聯繫數	0	4	0	4
願意輔導	0	0	0	0

➤ 東區

地區	花蓮縣	臺東縣	總計
預聯繫數	3	3	6
已聯繫數	3	2	5
願意輔導	2	1	3

(2) 致電詢問歷程（無意願之廠家）：

經致電詢問過後，事業單位多因個人因素、工廠經營...等考量，目前暫無意願接受場訪與現場採樣，整理如下表二。

表二、無意願廠家之聯繫歷程

編號	區域劃分	聯絡歷程回覆
1	北區	有從事玉石加工，老闆不願意研究團隊進入
2	北區	工廠已外移國外，無意願
3	北區	工廠已外移國外，無意願
4	北區	工廠已外移國外，無意願
5	北區	已無玉石加工產線，無意願
6	北區	已聯繫，說明後無意願
7	北區	已聯繫，工廠已外移國外，說明後無意願
8	北區	已聯繫，未接通
9	北區	已聯繫，說明後無意願
10	北區	已聯繫，說明後無意願
11	北區	已聯繫，空號
12	北區	已聯繫，原先有意願可進場，但因工廠老闆在做大腸癌化療，時程上無法配合
13	北區	已聯繫，說明後拒絕
14	北區	已聯繫，空號
15	北區	已聯繫，說明後無意願，目前已經沒有再做豐田玉，人在大陸做緬甸玉進口
16	北區	已聯繫，接通後直接掛斷
17	北區	已聯繫，未接通
18	北區	已聯繫，金工居多，已無玉石加工
19	東部	已聯繫，說明後無意願
20	東部	已聯繫，說明後無意願，表示有技術隱私不便進場
21	中部	已聯繫，說明後無意願
22	中部	已聯繫，說明後無意願
23	中部	已聯繫，金工居多，已無玉石加工
24	南部	已聯繫，說明後無意願
25	南部	已聯繫，說明後無意願，表示有技術隱私不便進場
26	南部	已聯繫，因需照顧家人，不便進場
27	高雄	已聯繫，未接通

2. 現場訪視廠家聯絡歷程

經前期初步詢問調查後，有意願可進入工廠場訪與採樣者共八家，最終同意進行空氣採樣檢測者共七家。聯絡歷程、衛教宣導與現場訪視情形整理如下表三。

表三、有意願廠家之聯繫歷程

編號	工作項目說明	聯絡歷程回覆
1	1. 初步連繫 2. 進場拜訪與衛教 3. 聯繫環測公司 4. 進場採集樣本	1. 二、三月聯繫了解工廠是否有在做玉石加工，玉石加工工序分為哪幾種？了解目前玉石加工業的產業狀況，以及工廠目前的經營模式。 2. 獲工廠同意並於3/26進行場訪，並與工廠老闆詳細說明本研究目的及後續採樣流程。了解工廠規模、環境格局、加工程序與模式、動線。並與老闆進行職業傷病健康衛教宣導：了解該工廠有四位師傅，目前還有再進行作業的為兩位師傅。訪談過程中進行衛教方面有關粉塵健檢的分享，因在玉石加工、礦物開採、加工設備器具切割過程中，會產生粉塵。目前政府已將採礦、石材切割或是雕刻等粉塵作業、石綿作業納入職業病補助。 3. 與環測公司訂於5/15進行環境樣本採集，本研究所有的環境採集分析方式皆是使用:CLA2318。 4. 根據工廠環境格局進行儀器架設，分為環境採樣與個人採樣。個人採集：讓工廠兩位師傅身上背帶採集器進行，環境採集：以加工區劃分兩側的區各擺一台，大型切割機一台；工廠外面一台，行政辦公區一台，共五台環境採集。 5. 問卷部分：採樣當日詢問老闆問卷填寫意願，但因工廠為營業場所，不便撥冗填寫問卷。後續聯繫問卷填寫意願不大。
2	1. 初步連繫與再次確認意願 2. 進場拜訪與衛教 3. 環測公司進場採集樣本	1. 於三至五月聯繫個人工作室，先初步了解是否有在做玉石加工，玉石加工工序分為哪幾種？了解廠家目前的經營模式，並重點說明計畫內容，與詢問進場採樣意願。 2. 經協調，獲得同意於5/21進行訪談與樣本採集，於5/21進場採樣，工作室只有一位作業師傅，現場由本計畫人員與師傅詳細說明計畫內容並進行職業

		傷病健康衛教宣導：了解作業師傅過去有從事過水泥工2~3年，問卷訪談時在呼吸自覺症狀中有感到胸痛或壓迫感。依訪談內容醫師研究人員建議可定期至醫院健檢、若是肺部狀況有明顯不是盡早就醫與轉介職業傷病科做進一步評估。3因發現現場作業的加工器具為金屬材質的磨砂輪，研究人員有特別提出可至本院進行重金屬檢測，但師傅表示距離較遠不願前往。以及說明採樣流程。 3. 再由師傅介紹工作室環境與格局，了解過後由研究人員以問答方式協助師傅完成問卷填寫，並使用肺功能儀器檢測其目前肺功能狀態。 4. 接續當日環測公司到場，架設環境檢測儀器與確認放置點位、師傅背帶儀器，前置作業完成後進行採樣。個人採集：一位師傅身上背帶採集器進行工序採樣(切割、粗研磨、細研磨、拋光)。環境採集：加工區劃擺一台；工廠外面一台，共二台環境採集。
3	1. 初步連繫與確認場訪意願 2. 進場拜訪與衛教 3. 環測公司進場採集樣本	1. 三至五月聯繫並了解個人工作室是否有在做玉石加工，玉石加工工序分為哪幾種？了解廠家目前的經營模式及加工區格局。 2. 經協調，獲得同意於6/6先以廠訪了解個人工作室的加工流程與格局、目前有在加工的玉石種類。了解目前工廠有兩位作業師傅，並分別對兩位進行問卷訪談以及肺功能檢測。並說明本計畫內容與後續採樣方式，以及與兩位師傅進行職業傷病健康衛教宣導：了解其中有一位作業師傅過去有從事過挖礦30年，在問卷中呼吸自覺症狀部分有偶爾感到胸痛，吸菸有40年。另外一位師傅有22年的玉石加工資歷目前自覺呼吸狀況無明顯問題。醫師研究人員普及職業病相關資訊與健檢資訊給兩位師傅，提及若是願意可至本院進行重金屬檢測，但因距離較遠師傅表示無意願，兩位師傅於聽取職業病衛教後，皆表示將更重視自身健康狀況，並持續配戴個人防護具。 3. 於7/22前往採樣，依工序(切割、粗研磨、細研磨、拋光)分別進行兩次採樣，環境採集：工廠內、街道、生活區各一個採集點。

4	1. 初步連繫與了解場訪意願 2. 再次聯繫場訪、採樣意願 3. 進場拜訪、衛教、採樣 4. 環測公司進場採集樣本	1. 三、四月聯繫了解廠家是否有在做玉石加工，玉石加工工序分為哪幾種？了解廠家目前的經營模式及加工區格局。 2. 五至七月聯繫協調可進場採樣與拜訪意願，以及進一步了解目前有在加工的玉石種類，並摘要說明採樣方式。獲同意於7/18進場採樣與拜訪。 3. 7/18採樣當日與老闆了解目前經營模式與接觸那些玉石種類，向老闆說明本研究計畫內容與詳細說明採樣方式。與老闆和同住家人進行職業傷病健康衛教宣導：曾經當過工程師機械維修，後來從事玉石加工25年，自述身體狀況有心律不整，在自覺呼吸症狀上無明顯感到不適。醫師研究人員普及職業病相關資訊與健檢資訊，提及若是願意可至本院進行重金屬檢測，但因距離較遠師傅表示無意願，老闆於聽取職業病衛教後，皆表示將更重視自身健康狀況，並持續配戴個人防護具。並由老闆帶領了解工作室環境和了解玉石種類。 4. 接續環測公司到場，進行儀器的架設與紀錄。依工序(切割、粗研磨、細研磨、拋光)分別進行兩次採樣，環境採集：工作區、底泥、生活區、街道，各一個採集點。
5	1. 初步聯繫與了解場訪意願 2. 再次聯繫場訪、採樣意願 3. 進場拜訪、衛教 4. 環測公司進場採集樣本	1. 二至五月聯繫工作室，詢問目前是否還有再進行玉石加工作業，了解目前有哪些工序以及環境規模。 2. 經協調，獲得同意於6/6進場訪、當日分別對兩位師傅進行問卷訪談以及詳細說明計畫目的。由醫師研究員進行衛教宣導：兩位師傅加工玉石的年資分別為20年和5年，兩位過往工作經驗其一曾從事電子業外銷工程師其二當過職業軍人。醫師研究人員普及職業病相關資訊與健檢資訊給兩位師傅，提及若是願意可至本院進行重金屬檢測，但因距離較遠師傅表示無意願，兩位師傅於聽取職業病衛教後，皆表示將更重視自身健康狀況，並持續配戴個人防護具。 3. 六至八月聯繫進場採樣日，於9/24獲同意進場採樣，和師傅溝通如何進行，環測公司到場，進行儀器的架設與紀錄。依工序(切割、粗研磨、細研磨、拋光)共採集9個點，環境採集：作業區、底泥區、戶外、銷售區，各一個點。

6	1. 初步聯繫與了解場訪意願 2. 再次聯繫場訪、採樣意願 3. 進場拜訪、衛教 4. 環測公司進場採集樣本	1. 四、五月聯繫了解工坊的經營模式，了解目前工坊還有在進行加工工序。 2. 經協調，獲得同意在6/6進行廠訪了解工坊的加工流程與格局、目前有在加工的玉石種類、針對計畫進行說明。並由醫師研究員進行衛教：三位作業師傅加工玉石的經驗分別為18、20、40年，前兩位在自覺呼吸症狀上無明顯感到不適；而第三位則有不適感，醫師研究人員建議可至醫院進行相關健檢。並對其進行職業病相關資訊宣導，轉知政府有將粉塵作業、石綿作業納入這類危害作業範圍，像是採礦、石材切割、玉石加工也在範圍內，若是日後有相關疑問可致電職病中心詢問。提及若是願意可至本院進行重金屬檢測，但因距離較遠師傅們意願不是很高。 3. 於9/25獲同意進場採樣，和師傅溝通如何進行，環測公司到場，進行儀器的架設與紀錄。依工序且分濕式、乾式(切割、粗研磨、細研磨、拋光)採樣19個點，環境採集：作業區、底泥、櫃台、戶外，各一個採集點。
7	1. 初步電話聯繫意願與了解 2. 再次電話協調場訪時間 3. 進場拜訪與問卷調查 4. 致電訂時間採樣 5. 進場採樣	1. 三、四月聯繫了解廠家是否有在做玉石加工，玉石加工工序分為哪幾種？了解廠家目前的經營模式及加工區格局。 2. 五至七月與老闆聯繫協調，獲同意在7/30先進行場訪，由醫師研究員進行問卷訪談、進行衛教宣導：老闆過去曾從事木材加工5-6年，後加工軟玉1-2年硬玉30-40年，菸齡有50年，問卷訪談在自覺呼吸症狀有稍微明顯不適。且表示目前正在看戒菸門診。醫師研究人員協大致了解狀況，並建議老闆就進醫院就診。並對其進行職業病相關資訊宣導，轉知政府有將粉塵作業、石綿作業納入這類危害作業範圍，像是採礦、石材切割、玉石加工也在範圍內，若是日後有相關疑問可致電職病中心詢問。由於切割機是金屬輪，醫師提及若是願意可至本院進行重金屬檢測，但因距離較遠，醫師提議可至附近醫院進行檢驗。 3. 八至十月聯繫進場採樣日，於10/20獲同意進場採樣，和師傅溝通如何進行，環測公司到場，進行儀器的架設與紀錄。依工序(切割、粗研磨、細研

		磨、拋光)共採集4個點，環境採集：作業區、戶外、銷售區，各一個點。
8	1. 初次電話聯繫意願 2. 電話聯繫可場訪、採樣時間 3. 進行場訪與問卷調查 4. 無意願採樣	1. 三、四月聯繫師傅，了解個人工作室的經營模式，以及有在進行的加工工序、目前有加工的玉石種類。 2. 經協調，獲得同意於6/6進場訪、問卷訪談、進行衛教宣導：作業師傅目前從事玉石加工經驗為6年且有挖隧道的工作經驗，問卷訪談在自覺呼吸症狀上無明顯感到不適，但過去病史中有過敏性氣喘。醫師研究人員協助作業師傅使用肺功能機在數值判讀上處於正常標準。並對其進行職業病相關資訊宣導，轉知政府有將粉塵作業、石綿作業納入這類危害作業範圍，像是採礦、石材切割、玉石加工也在範圍內，若是日後有相關疑問可致電職病中心詢問。 3. 五至八月聯繫師傅進場採樣意願，後續表示不便，因此未進行採樣。

3. 現場空氣採樣設置

實際採樣點設置過程如下：

編號	工廠描述
1	(1) 作業型態：工廠，工廠布局如下圖。 (2) 作業工序：切割、粗研磨、細研磨、拋光。 (3) 採樣樣本數：切割兩點、粗研磨兩點、細研磨兩點、拋光一點依工序分別採樣共7個點（分別為兩名工人個人採樣），環境採樣點為辦公室生活區與街道共2點，總計採樣樣本數9點。
2	(1) 作業型態：自營加工，工廠布局如下圖。

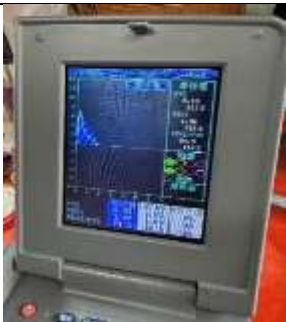
	 (2) 作業工序：切割、粗研磨、細研磨、拋光 (3) 採樣樣本數：切割兩點、粗研磨一點、細研磨兩點、拋光兩點，依工序分別採樣共 7 個點（由一位工人示範兩次），環境採樣點為工廠內部一點，生活區不便進入故不採樣，以及街道空氣採樣作為背景值一點，總計採樣樣本數 9 點。
3	(1) 作業型態：自營加工，工廠布局如下圖。  (2) 作業工序：切割、粗研磨、細研磨、拋光。 (3) 採樣樣本數：切割、粗研磨、細研磨、拋光各工序分別採樣兩次（分別為兩名工人個人採樣），環境採樣點為工廠內部與辦公室生活區共 2 點，以及街道空氣採樣作為背景值 1 點，總計擬定採樣樣本數 11 點。
4	(1) 作業型態：個人工作室，工廠布局如下圖。 

	(2) 作業工序：切割、粗研磨、細研磨、拋光。 (3) 採樣樣本數：切割、粗研磨、細研磨、拋光各工序分別採樣兩次（由 1 名工人個人採樣），環境採樣點為工廠內部與生活區共 2 點，以及街道空氣採樣作為背景值 1 點，底泥存放區 1 點，總計擬定採樣樣本數 12 點。
5	(1) 作業型態：DIY 工廠，工廠布局如下圖。  (2) 作業工序：切割、粗研磨(濕式)、細研磨(濕式)、拋光(乾式為主) (3) 採樣樣本數：切割、粗研磨(濕式)、細研磨(濕式)、拋光(乾式)各工序分別採樣 2 次（由一名工人代表兩位工人行個人採樣），環境採樣點為工廠與銷售區共 2 點，街道空氣採樣作為背景值 1 點，以及底泥存放區 1 點，總計擬定採樣樣本數 13 點。
6	(1) 作業型態：DIY 工廠，工廠布局如下圖。  (2) 作業工序：切割、粗研磨(乾式/濕式)、細研磨(乾式/濕式)、拋光。 (3) 採樣樣本數：切割、粗研磨(乾式/濕式)、細研磨(乾式/濕式)、拋光各工序分別採樣 3 次（分別為三名工人個人採樣）以及一個空白粗研磨(乾式)，環境採樣點為工廠內部與辦公室共 2 點，以及街道空氣採樣作為背景值 1 點，底泥存放區 1 點，總計擬定採樣樣本數 23 點。
7	(1) 作業型態：DIY 工廠，工廠布局如下圖。

	 (2) 作業工序：切割、粗研磨、細研磨、拋光。 (3) 採樣樣本數：切割、粗研磨(濕式)、細研磨(濕式)、拋光各工序分別採樣 1 次（由一名工人個人採樣），環境採樣點為工廠與銷售區共 2 點，街道空氣採樣作為背景值 1 點，總計擬定採樣樣本數 7 點。
--	---

4. 肺功能檢測

肺功能檢測結果整理如下，共14位受訪者接受肺功能檢查。

受試者	量測照片	量測結果			
受試者1			預計值	量測值	%預計值
		FVC	2.43	1.83	75
		FEV1	1.87	1.69	90
		FEV1/FVC	74.3	92.3	124
受試者2			預計值	量測值	%預計值
		FVC	3.78	3.09	82
		FEV1	2.98	2.60	87
		FEV1/FVC	76.1	84.1	111

受試者3			預計値	量測値	%預計値
		FVC	4.96	3.38	69
		FEV1	4.05	3.25	80
		FEV1/FVC	81.6	96.1	117
受試者4			預計値	量測値	%預計値
		FVC	3.03	2.43	80
		FEV1	2.59	2.29	88
		FEV1/FVC	79.6	94.2	118
受試者5			預計値	量測値	%預計値
		FVC	4.40	3.44	78
		FEV1	3.59	3.34	93
		FEV1/FVC	78.8	97.1	123
受試者6			預計値	量測値	%預計値
		FVC	2.48	2.29	92
		FEV1	1.93	2.09	108
		FEV1/FVC	74.6	91.3	122
受試者7			預計値	量測値	%預計値
		FVC	4.17	3.08	74
		FEV1	3.43	2.76	80
		FEV1/FVC	79.1	89.6	113
受試者8			預計値	量測値	%預計値
		FVC	4.77	4.56	96
		FEV1	3.98	3.94	99
		FEV1/FVC	80.9	86.4	107

受試者9			預計値	量測値	%預計値
		FVC	4.03	5.47	136
		FEV1	3.21	5.47	170
		FEV1/FVC	77.0	100	130
受試者10			預計値	量測値	%預計値
		FVC	3.49	3.28	94
		FEV1	2.78	3.12	112
		FEV1/FVC	76.4	95.1	124
受試者11			預計値	量測値	%預計値
		FVC	3.92	3.41	87
		FEV1	3.39	3.09	91
		FEV1/FVC	81.8	90.6	111
受試者12			預計値	量測値	%預計値
		FVC	3.31	3.46	105
		FEV1	2.87	3.03	106
		FEV1/FVC	82.6	87.6	106
受試者13			預計値	量測値	%預計値
		FVC	3.30	2.05	62
		FEV1	2.59	1.95	75
		FEV1/FVC	75.5	95.1	126
受試者14			預計値	量測値	%預計値
		FVC	2.70	1.96	73
		FEV1	2.30	1.96	85
		FEV1/FVC	79.8	100	125

5. 檢驗體液重金屬濃度

114 年 3 月 29 日專家委員會議時，委員於會議提出重金屬採檢可能執行困難，且採集檢驗後的結果濃度可能略低，預期結果會較不顯著。建議先進行作業場所訪視來佐證加工過程中確實有明顯的金屬微粒殘留，再決定後續是否有必要進行體液微量金屬濃度檢查。

計畫執行時，研究團隊於訪談過程中由醫師與研究人員向作業人員進行健康宣導，說明可自願前往臺北榮民總醫院進行尿液中重金屬濃度檢測。但因為該檢測為自願性質，未強制要求作業人員參與，訪查結果顯示，北部地區廠商對進行檢測之意願普遍不高，部分員工亦表達排斥；而位於中南部及其他外縣市之工廠，雖同樣接受健康宣導，惟受限於地理距離，實際前往檢測之可行性較低。

此外，研究團隊亦指出，體液重金屬濃度可能受飲食習慣或其他環境因素影響，難以直接判定與玉石加工作業之關聯。經實地訪查亦顯示，現階段多數作業人員所使用之研磨工具以砂紙輪為主，較少採用金屬材質之砂輪。截至目前，受訪廠家普遍使用之為羊毛輪及樹脂結合型磨砂輪，皆屬於非金屬類研磨工具，與原預期可能涉及金屬暴露之風險不符。綜合評估後，為避免不必要之資源投入與非具關聯性樣本之納入，決議暫緩執行原預定之該項採樣作業，並經勞動部回函同意辦理計畫經費項目的變更。

6. 問卷招募人數說明

本計畫原規劃蒐集玉石加工從業人員問卷共 250 份，作為職業暴露與健康影

響評估之基礎。然而，於實際執行期間發現玉石加工產業之整體規模遠較前期推估為小，產業型態多以家庭式或微型作坊為主。本研究於前期已廣泛聯繫業者，惟符合條件且願意填寫問卷之對象仍相當有限。相關產業規模與現況之描述，詳見本報告第 22 至 23 頁。綜合以上因素，計畫最終僅得以發放問卷 14 份，問卷數量雖不足以進行大規模統計推估，但仍可反映目前玉石加工產業的人力結構與作業特性。另，本計畫原規劃自預估之 250 名從業人員中招募 20 人進行重金屬檢測。然而，經專家會議討論（詳見附件八），決議改以肺功能檢查取代重金屬檢測，最終共完成 14 名工人的肺功能檢查資料蒐集。

五、研究結果之分析

1. 基本資料

本研究共收集自七家玉石加工廠的 84 個空氣樣本，各工廠之基本資訊如表四所示。採樣樣本數及分布如表五所述，包含個人、工廠環境、生活區、加工廢土之底泥堆積區以及遠處街道的採樣，並非所有工廠皆有廢土底泥棄置區。

表四、七家玉石加工廠之基本特性

工廠編號	加工玉石	員工人數	空間描述	通風設備
1	加拿大玉	3	獨立工廠，半開放空間，現場環境明顯可見粉塵。	整體換氣設備。
2	硬玉	1	家庭工廠，半開放空間。	局部排氣設備。
3	墨玉	2	家庭工廠，開放空間。	無
4	台灣玉	2	獨立工廠，開放空間。	無
5	加拿大玉 台灣玉	3	獨立工廠，開放空間。	無
6	加拿大玉 台灣玉	4	獨立工廠，半開放空間。	局部排氣設備。
7	硬玉 (玉髓)	2	家庭工廠，半開放空間。	局部排氣設備。

表五、各玉石加工廠之空氣樣本數與分布（n, 樣本數）

工廠 編號	個人採樣(n)	工廠環境(n)	生活區(n)	底泥區(n)	街道(n)
1	7	0	1	0	1
2	7	1	0	0	1
3	8	1	1	1	1
4	8	1	1	0	1
5	9	1	1	1	1
6	19	1	1	1	1
7	4	1	1	0	1

2. 石綿空氣採樣濃度

本研究之個人採樣依作業型態區分為濕式作業與乾式作業兩大類。濕式作業包括切割、粗研磨、細研磨與拋光等程序；乾式作業則包括粗研磨（乾式）、細研磨（乾式）與拋光（乾式）。此外，環境採樣則設置於工廠區、生活區、街道以及加工廢土底泥堆積區等四個位置，以評估作業環境中空氣中纖維的散布情形。所有樣本均以位相差顯微鏡（PCM）分析纖維濃度。分析結果、採樣時間與校正後採樣體積如表六所示，呈現不同作業型態與環境位置之纖維濃度分布。平均值以濕式粗研磨產生的石綿濃度最高，為 0.436 f/cm^3 ，環境背景值，即遠離工廠的街道區採樣濃度為 0.0004 f/cm^3 。

表六、個人與環境採樣之 PCM 纖維濃度分布

採樣點	石綿採樣濃度(f/cm^3)				採樣參數(平均/標準差)		
	樣本 數	平均值 (標準差)	最小值	最大值	流速 (ml/min)	時間 (分鐘)	校正後體 積(L)
濕式作業							
切割	14	0.247 (0.297)	0.002	0.790	2940.429 (550.383)	45.143 (99.781)	105.828 (202.656)

粗研磨	14	0.436 (0.614)	0.002	2.267	2959.000 (486.665)	66.214 (126.023)	149.611 (254.865)
細研磨	14	0.231 (0.414)	0.002	1.260	2962.643 (575.845)	70.857 (137.769)	159.564 (279.852)
拋光	4	0.079 (0.151)	0.002	0.31	2521.000 (734.001)	104.250 (178.500)	221.648 (367.827)
乾式作業							
粗研磨	4	0.003 (0.0004)	0.0025	0.0032	3210.750 (377.910)	15.000 (0)	46.158 (5.301)
細研磨	3	0.0025 (0.00006)	0.0024	0.0025	3483.333 (81.562)	15.000 (0)	49.960 (1.157)
拋光	9	0.063 (0.122)	0.002	0.31	3141.222 (187.929)	17.222 (2.635)	51.763 (6.775)
環境採樣							
工廠區	6	0.0004 (0.0001)	0.0002	0.0006	2783.500 (586.919)	161.000 (74.972)	432.867 (228.134)
底泥區	3	0.0002 (0.0001)	0.0002	0.0003	3273.333 (249.532)	190.667 (96.028)	579.760 (237.513)
生活區	6	0.0004 (0.0003)	0.0002	0.0009	2843.333 (560.819)	207.000 (116.502)	537.028 (248.873)
街道	7	0.0004 (0.0004)	0.0001	0.0012	2943.143 (776.041)	194.143 (110.932)	537.646 (323.235)

不同種類的玉石加工產生的石綿纖維呈現如表七，透閃石類軟玉如加拿大玉和台灣玉的濃度最高，平均為 0.31 f/cm^3 ，蛇紋石類玉石如墨玉平均濃度為 0.041 f/cm^3 ，兩者加工過程的個人採樣濃度皆與環境採樣濃度有顯著差異。加工硬玉類如玉髓、緬甸玉與翡翠之個人採樣皆無檢出，與環境採樣濃度因檢測極限差異，統計上仍有顯著差異。

表七、不同玉石種類加工過程之石綿纖維濃度結果(f/cm^3)

玉石種類	樣本數	濃度平均值(標準差)		P 值
		個人採樣	環境採樣濃度	
加拿大玉	56	0.310 (0.453)	0.0004 (0.00029)	0.018
台灣玉				
墨玉	12	0.041	0.0003	0.004

		(0.072)	(0.00023)	
硬玉	16	0.0034	0.0002	<0.01
		(0.0008)	(0)	

3. 問卷調查結果與肺功能檢測結果

本研究可以訪視的且量測肺功能之工人共 14 人，問卷基本資料與肺功能檢查結果呈現如表八。受訪的 14 位玉石加工業從業人員平均年齡為 51.1 歲（標準差 14.3），男性佔 64.3%。平均身體質量指數為 25.7 kg/m²。在吸菸習慣方面，有一半受訪者（50%）從未吸菸，另一半仍持續吸菸，平均累積吸菸量為 29.6 包年。過去病史中，14.3% 有心血管疾病；14.3% 有胸腔疾病；35.7% 的受訪者自覺有呼吸症狀。

在工作特性方面，平均玉石加工年資為 22.0 年（15.5），每日工作時間平均約 4.1 小時，所有受訪者皆無其他石綿相關作業暴露史。濕式作業佔全部工序的 89.7%，但僅 28.6% 的人使用個人防護具。各工序每日平均作業時間分別為：切割 0.92 小時、粗研磨 1.64 小時、細研磨 1.29 小時、拋光 1.07 小時。無任何受訪者曾接受粉塵作業相關健康檢查。

肺功能檢測結果顯示，平均 FVC 為 3.12 L，FEV₁ 為 2.90 L，FEV₁/FVC 比值為 92.8%。以預測值百分比計算，FVC 為 82.9%，FEV₁ 為 97.2%，FEV₁/FVC 為 118.4%，整體顯示受訪者肺功能均在正常範圍內，未見明顯阻塞或限制型通氣異常。

表八、受試者基本特徵與肺功能檢測結果（n = 14）

項目	平均（標準差）／數量（％）
年齡, 平均值(標準差)	51.1 (14.3)
男性, 數量(百分比)	9 (64.3%)
身體質量指數, 平均值(標準差)	25.7 (3.7)
吸菸習慣, 數量(百分比)	
從未吸菸	7 (50%)
已戒菸	0
仍在吸菸	7 (50%)
抽菸數量(PPY), 平均值(標準差)	29.6 (16.2)
心血管疾病過去病史, 有(百分比)	2 (14.3%)
胸腔疾病過去病史, 有(百分比)	2 (14.3%)
呼吸自覺症狀, 有(百分比)	5 (35.7%)
玉石加工工作狀況	
年資(年)	22.0 (15.5)
每日工作時間(小時), 平均值(標準差)	4.1 (2.2)
其他石綿作業暴露史, 有(百分比)	0
濕式作業, 總作業工序(百分比)	44 (89.7%)
個人防護具, 有(百分比)	4 (28.6%)
每日從事工序時間(小時)	4.3 (2.0)
切割, 平均值(標準差)	0.92 (0.73)
粗研磨, 平均值(標準差)	1.64 (1.15)
細研磨, 平均值(標準差)	1.29 (0.73)
拋光, 平均值(標準差)	1.07 (0.73)
是否曾接受過粉塵作業相關健康檢查, 有(百分比)	0 (0%)
肺功能檢測	
FVC (L), 標準差	3.12 (1.01)
FEV1 (L), 標準差	2.90 (0.98)
FEV1/FVC (%), 標準差	92.80 (4.86)
FVC, % of prediction, 標準差	82.93 (18.56)
FEV1, % of prediction, 標準差	97.21 (23.54)
FEV1/FVC, % of prediction, 標準差	118.35 (7.63)

4. 風險描述

我們利用吸入單位風險值（ $IUR = 0.23 \text{ (f/cm}^3\text{)}^{-1}$ ）以及測得的石綿平均濃度計

算不同種類玉石加工的致癌風險評估，時間加權係數中的工作年資則以本研究測得的平均年資 22 年來做計算，風險評估各工序結果，公式如下：

$$ELCR = (\text{採樣平均濃度}) \times \left(\frac{8 \times 220 \times 22}{24 \times 365 \times 70} \right) \times 0.23$$

另依照每位參與者加工之玉石種類、實際工作年資及每日工時計算個人風險，結果呈現如表九。若以較保守的方式以最高濃度估計終生致癌風險，以工序分類，最大風險值出現在粗研磨工序為 0.03290；以玉石種類做分類，最大風險值出現在台灣玉及加拿大玉之加工，風險為 0.032885。若以每位參與者實際做風險評估，則最大風險發生在一位加工台灣玉年資約 22 年的工人，其風險值為 0.022437。

表九、不同作業條件與玉石種類之終生致癌風險（ELCR）估算結果

	終生致癌風險 (ELCR)		
	濃度平均值	濃度最小值	濃度最大值
加工工序			
乾式作業			
切割	0.003585	0.000029026	0.01146527
粗研磨	0.006328	0.000029026	0.032900971
細研磨	0.003353	0.000029026	0.01828638
拋光	0.001147	0.000029026	0.00449903
濕式作業			
粗研磨	4.35 E-05	3.62825 E-05	4.64416 E-05
細研磨	3.63 E-05	3.48312 E-05	3.62825 E-05
拋光	0.000914	0.000029026	0.00449903
背景值(街道)	5.81 E-06	1.4513 E-06	1.4513 E-06
玉石種類			
加拿大玉/台灣	0.00449903	2.98 E-05	0.032885

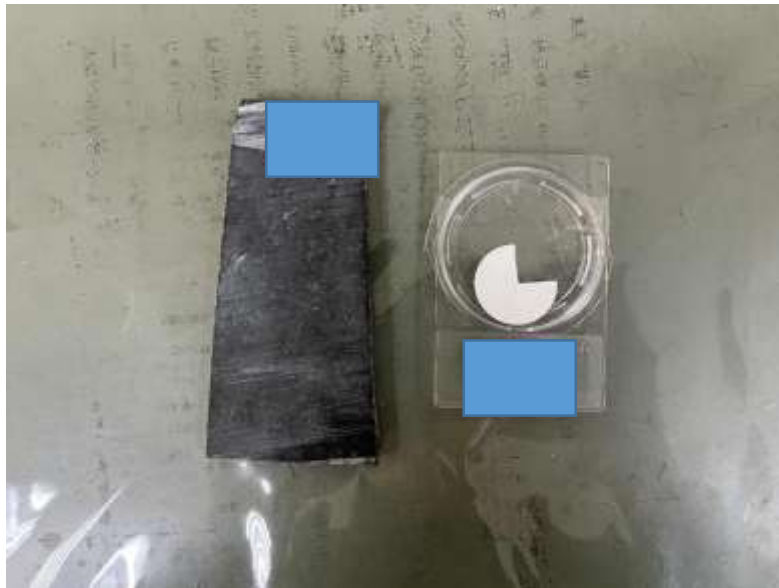
玉

墨玉	0.000595033	3.12 E-05	0.003067
硬玉	4.93442 E-05	3.34 E-05	5.88 E-05
個人風險評估	0.001051	1.4814 E-7	0.022437

5. 玉石樣本 (Bulk sample) 分析與穿透式電子顯微鏡分析

(1) 墨玉

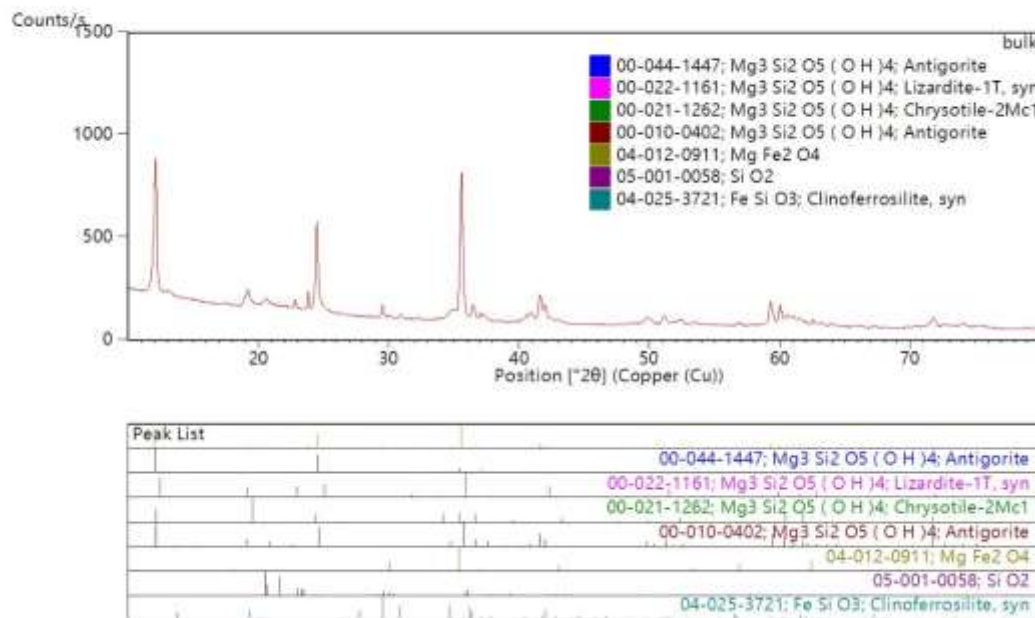
為進一步確認礦物組成，本研究將墨玉塊材樣本（如圖六）以非破壞方式進行 X 光繞射 (XRD) 分析。



圖六、送檢之墨玉塊材與送檢之墨玉檢測纖維濾紙

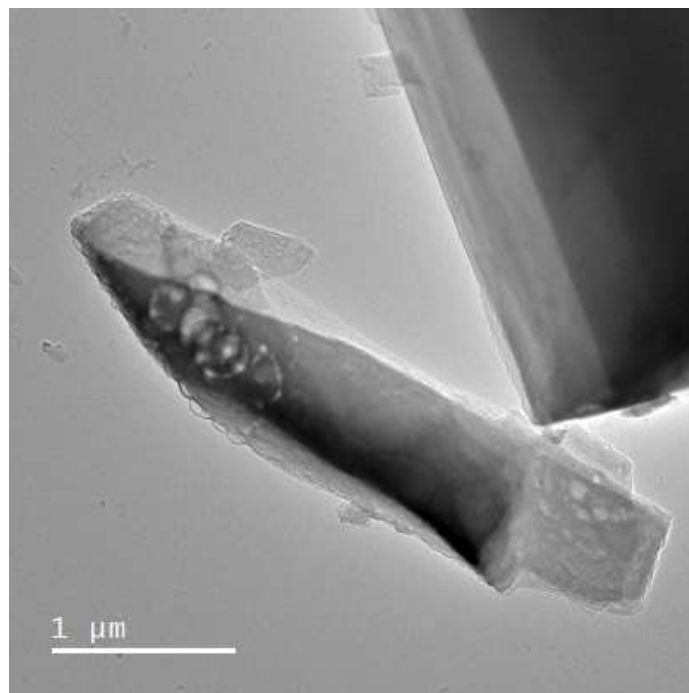
結果顯示如圖七，其主要繞射峰位置與葉蛇紋石 (Antigorite) 標準圖譜高度吻合，並在 2θ 約 12.0° 、 19.5° 、 35.4° 、 61.7° 處出現典型的蛇紋石衍射峰。與 Chrysotile 與 Lizardite 相比，樣品中並未出現其專屬高強度峰，顯示本樣品主要礦

物相為葉蛇紋石（Antigorite）。次要礦物相可見於 20° 與 61.7° 處出現部分強度的峰值，可見墨玉之組成應為葉蛇紋石與少量纖蛇紋石（chrysotile，即溫石棉）。



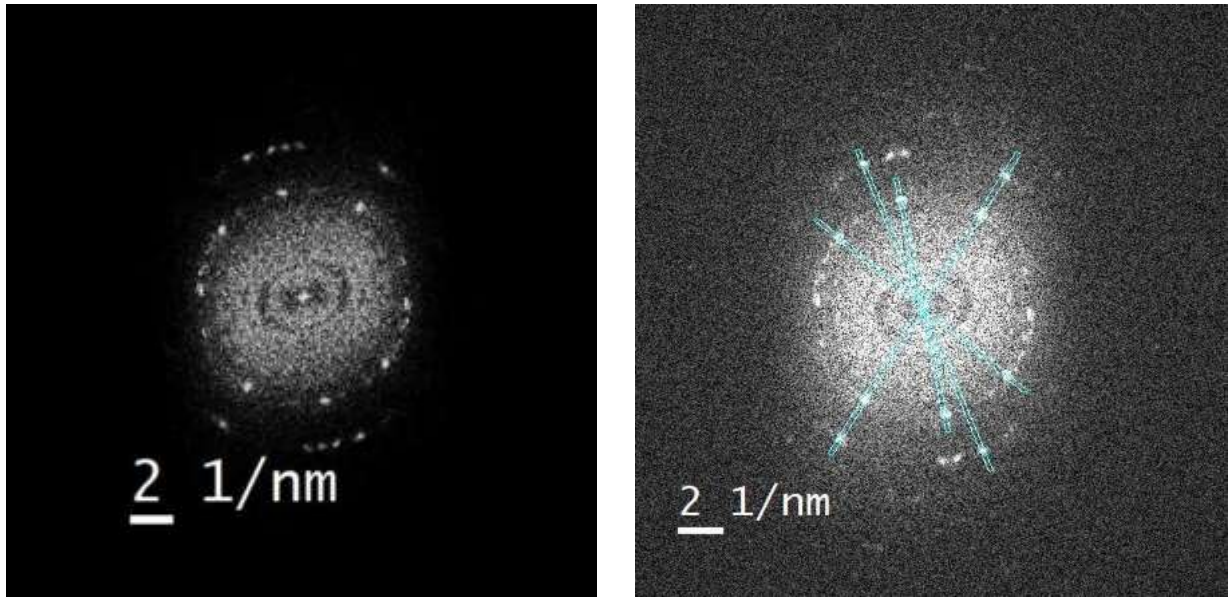
圖七、墨玉 X 光繞射結果

本研究針對墨玉空氣採樣樣本進行穿透式電子顯微鏡（TEM）、能量散射 X 光光譜（EDS）以及傅立葉轉換繞射（FFT）分析，以探討其纖維形態、晶體結構與礦物成分。TEM 影像顯示如圖八，樣品中存在部分細長纖維狀結構，長寬比多大於 3:1，外觀上與石綿型纖維（asbestiform fibers）相似。然而，這些纖維並非平行排列，而呈現彎曲、交錯與分岔等形態，顯示樣品為多晶交織纖維集合體（polycrystalline fibrous aggregate），並非單晶或具長直可分離的典型石綿結構。



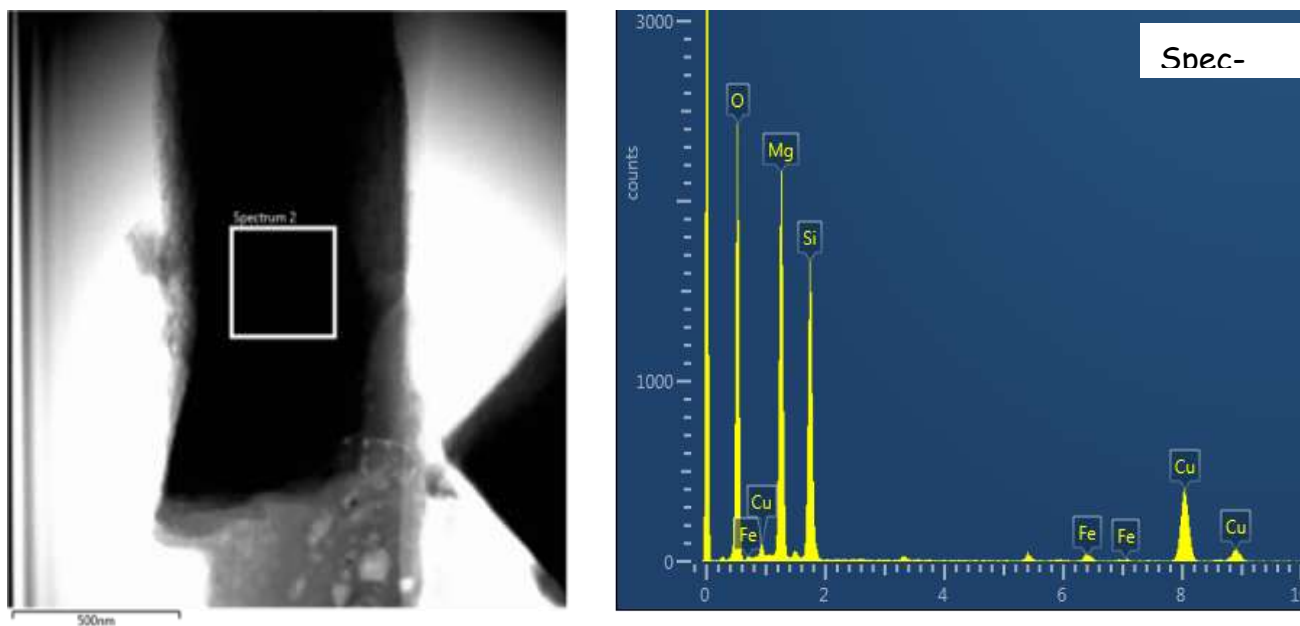
圖八、墨玉樣本之穿透式電子顯微鏡影像

由於樣品在電子束照射下會發生輻照損傷，無法獲取清晰的選區電子繞射（SAED）圖樣，因此以高解析 TEM（HRTEM）影像的傅立葉轉換（FFT）替代，分析其晶格間距。FFT 圖像呈現明顯環狀繞射分布，顯示樣品具多晶性（polycrystalline）。主要測得晶面間距（d-spacing）為 0.2108 nm、0.2063 nm、0.1471 nm、0.1410 nm，如圖九。這些間距與國際粉末繞射資料中心（ICDD）中蛇紋石族礦物（ $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ）的特徵峰高度一致，尤其與纖蛇紋石（Chrysotile）相符。



圖九、墨玉纖維晶面間距

進一步的 EDS 分析顯示如圖十，樣品主要元素為 Mg、Si、O、Fe，符合蛇紋石族礦物的化學組成式 $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$ ，且未檢出異常重元素訊號。這些特徵顯示樣品屬於蛇紋石類矽酸鹽礦物。綜合 TEM、FFT、EDS 與 XRD 結果，墨玉樣品可歸屬於蛇紋石類礦物，主要為葉蛇紋石與共生之少量纖蛇紋石，其纖維結構主要纖蛇紋石（Chrysotile）加工產生，由於短而交織，缺乏長直且可分離的纖維連續體，屬於非石綿型蛇紋石（non-asbestiform serpentine）。因此，雖然墨玉在顯微結構上含有蛇紋石礦物成分，此結果亦與玉石屬非石綿型矽酸鹽礦物的文獻描述一致。



圖十、墨玉纖維能量散射 X 光光譜結果

(2) 加拿大玉、玉髓

本研究另行委託檢測單位進行其他樣本之礦物鑑定分析，包括加拿大玉塊材樣本、加拿大玉加工環境之空氣採樣濾紙樣本，以及玉髓塊材樣本。然而，由於樣品在前處理過程中出現技術性問題，纖維樣本厚度過高，導致分析程序延宕，至本期末報告繳交截稿時，相關檢測結果尚未完成並出具正式報告。根據楊孝友（2013）針對花蓮玉石加工區之透閃石類軟玉（nephrite jade）樣本與加工環境空氣樣品進行礦物學與毒理學分析，X 光繞射分析（XRD）結果顯示，樣本主要礦物相為透閃石（tremolite），伴隨少量陽起石（actinolite），兩者皆屬角閃石類矽酸鹽礦物，確認玉石本體為緻密結晶之透閃石類礦物。穿透式電子顯微鏡（TEM）觀察進一步揭示，玉石加工過程中釋放的空氣樣本中同時存在石綿型（asbestiform）與非石綿型（non-asbestiform）的透閃石纖維。TEM 影像顯示部分

纖維呈現典型的長直、柔韌、可分離之石棉結構，但更多纖維為短小、不規則或解理產生的針狀碎片。透過選區電子繞射（SAED）確認這些纖維具有角閃石類晶格，能量散射 X 光光譜（EDS）亦檢出主要元素為 Ca、Mg、Si，與透閃石理論組成一致[24]。Jing & Liu (2022)X 光繞射分析結果與前述分析一致[7]。因此，可以預期本研究所送檢之加拿大玉樣本，其分析結果將與前述文獻報告趨於一致，加拿大玉與台灣玉同屬透閃石—陽起石系列（tremolite-actinolite series）軟玉，其礦物學特性應顯示以角閃石類矽酸鹽為主要成分。根據 Heaney 等人（1994）之研究，玉髓的結構可視為由石英與莫加石（moganite）交互排列的纖維狀微晶組織，兩者皆為 SiO₂ 的多形體[12]。綜合而言，玉髓的礦物成分單一、結構緻密，屬非石棉型矽酸鹽礦物。預期本研究送檢之玉髓塊材樣本，經 X 光繞射（XRD）分析應顯示明顯的 α -石英繞射峰（ 2θ 約 20.8°、26.6°、36.5° 等）。

六、各項預定目標之達成程度

工作項目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
前置期：												
設計調查問卷												
聯繫玉石加工業者												
擬定可進行環境採樣的地點												
執行期：												
問卷調查與訪談												
個人石綿採樣												
協助相關勞工進行粉塵、石綿作業之特殊作業健康檢查												
勞工肺功能量測												
檢驗體液重金屬濃度	因計畫調整，並未執行，詳如專家會議討論（頁36、37）與現場訪視廠家聯絡歷程(頁24至28)。											
成果期：												
數據統計分析												

研析改善措施										████████████████████		
異常客案追蹤				██								
辦理說明宣導 座談										████████		
撰寫、修正期 末報告書										████████████████████		
每月累積進度 時程	5%	15%	20%	30%	40%	50%	55%	65%	75%	80%	95%	100%

七、討論及建議

1. 玉石加工業石綿濃度與其餘行業石綿濃度比較

根據最新發表的一篇綜述文章，整理了戶外環境中的空氣石綿濃度進行監測，採樣地點位於一般都市或鄉村區域，而非室內或職業作業場所。這些研究所測得的石綿纖維主要來源於建築物中老化、破損或拆除的含石綿材料，例如屋頂瓦、外牆板、水泥板及隔熱層等，而非工廠排放或天然礦物釋放。綜合九篇研究結果，戶外空氣中石綿濃度約介於 3×10^{-5} 至 9×10^{-3} f/cm³，多數平均值集中於 10^{-4} 至 10^{-3} f/cm³ 之間，另整理了十三篇研究皆針對仍持續使用含石綿煞車片與離合器的地區進行戶外空氣石綿監測，整體濃度範圍約介於 $<1 \times 10^{-4}$ 至 2×10^{-1} f/cm³，大多數研究的平均值集中在 10^{-3} 至 10^{-2} f/cm³[25]。根據 Pasta 等人（2022）所彙整的全球研究資料[26]，世界各地都市及環境空氣中的石綿濃度普遍介於 10^{-6} 至 10^{-2} f/cm³，但不同地區因地質條件、工業背景與分析方法而差異顯著。歐洲地區如波蘭及義大利的都市背景濃度多落於 10^{-5} 至 10^{-3} f/cm³，而希臘某些含天然石綿的地區則可達 10^{-2} f/cm³。在俄羅斯世界最大石綿礦城 Uralasbest，歷年監測顯示平均濃度由 1995 年的 0.92 f/cm³ 上升至 2013 到 2014 年的 2.22 f/cm³，反映礦區周邊的長期高暴露情形。北美的數據則相對較低，例如美國底特律在老舊住宅拆除期間的濃度約為 0.0004–0.013 f/cm³。近年南韓針對廢棄石綿礦與自然發生石綿地區的研究報告指出，都市與礦區周邊的空氣石綿濃度約為 10^{-4} 至 10^{-3} f/cm³。

台灣早期各類石綿加工與製造業的空氣中石綿暴露濃度差異顯著，整體範圍

約介於 1×10^{-2} 至 2 f/cm^3 。其中，以石綿水泥製造業的加料口暴露最高，平均濃度達 2.13 f/cm^3 ，最高可達 13.84 f/cm^3 ；其次為石綿耐磨製造業，其加料及混合作業平均濃度約 2 至 4 f/cm^3 。石綿紡織業亦屬高暴露產業，加料口平均 6.25 f/cm^3 ，石綿煞車來令片製造業暴露值則介於 0.33 至 0.94 f/cm^3 。相較之下，非作業區與辦公室等背景環境多低於 0.2 f/cm^3 。[27-30]

本研究針對玉石加工作業環境之空氣中石綿濃度進行系統性量測的調查，共分析七家工廠的 84 份樣本。整體而言，個人採樣濃度顯著高於環境樣本，顯示作業者暴露風險遠大於一般環境中逸散的纖維濃度。不同工序之間的濃度差異亦明顯，尤其以濕式粗研磨作業的平均濃度最高 (0.436 f/cm^3)，其次為切割 (0.247 f/cm^3) 與細研磨 (0.231 f/cm^3)，而乾式作業及拋光階段濃度則顯著較低 (皆低於 0.1 f/cm^3)。

與前述文獻比較，玉石加工的平均濃度 (最高達 0.436 f/cm^3) 已高於多數戶外環境研究所報告之都市背景值 (10^{-6} – 10^{-2} f/cm^3)，亦顯著高於韓國與義大利等地一般環境採樣 (10^{-4} – 10^{-3} f/cm^3)。雖低於台灣早期石綿製造業 (1×10^{-2} – 13.8 f/cm^3) 之工廠暴露水準，但已接近部分輕工業或維修作業的濃度區間 (0.1 – 1 f/cm^3)，顯示玉石加工勞工的長期暴露仍具有潛在健康風險。尤其在透閃石類玉石加工中，即使未直接使用石綿原料，所釋放之纖維型態與尺寸已符合國際石綿定義 (長度 $> 5 \mu\text{m}$ ，長寬比 $\geq 3:1$)，對呼吸系統可能造成類似的致病效應。

2. 濕式作業與乾式作業

根據工業衛生建議，以及前人研究[31]，濕式作業應能降低空氣中纖維濃度，然而本研究於乾式作業及拋光階段之石綿濃度則相對較低，此結果顯示，即便使用濕式作業作為粉塵抑制手段，研磨與切割過程仍會釋放石綿纖維。可能原因為本次研究每一種乾式作業採樣僅有三處採樣點，採樣濃度不夠具代表性，且乾式作業前，玉石仍經歷過濕式切割，玉石要加水加工才不會碎裂，並不是完全乾式作業的影響。

3. 採樣流速

本研究之採樣流速與時間依各工作場所條件及作業型態調整，個人採樣平均流速約2,800至3,400 mL/min，平均採樣時間介於15至230分鐘。由於玉石產業多屬家庭式或接案加工型態，作業者通常僅在接單時短時間開工，因此多數工序的個人採樣時間約為15分鐘，僅有一家工廠的採樣時間為400分鐘。在現場粉塵明顯飄散的情況下，本研究適度降低採樣體積（ ≤ 400 L），以確保纖維分布適合顯微鏡計數。校正後採樣體積平均介於48.8至593.7 L，最小體積為30.1 L。根據 NIOSH 7400採樣方法與 OSHA 建議，最低採樣體積應為 48 L[32]，而依據美國職業安全衛生署（OSHA）《29 CFR 1910.1001 附錄 B》之規定，空氣中石綿採樣應使用混合纖維素酯（MCE）濾膜與恆流抽氣幫浦，建議最小採樣體積為 25 L，分析精度以約 48 L 為宜[33]。因此，雖然本研究有 13 份樣本因作業時間短或加工素材數量

限制而未達48 L，仍屬於分析可接受範圍，足以支持纖維濃度的定量判讀。

4. 底泥區採樣

本研究於現場訪視時注意到加工過程會產生底泥，靜置的底泥可能乾燥後再度產生石綿粉塵，底泥區共採集3個樣本，平均石綿纖維濃度為 0.0002 f/cm^3 （標準差 0.0001 ），濃度範圍介於 0.0002 至 0.0003 f/cm^3 。結果顯示整體濃度極低，接近一般環境背景值，顯示玉石加工廠棄置區底泥上方的空氣中僅有微量可檢出纖維，對周遭環境的石綿逸散影響有限，也可能因為本次研究每一種乾式作業採樣僅有三處採樣點，採樣濃度不夠具代表性。在希臘北部 MABE 石綿礦區的研究中，Anastasiadou 與 Gidarakos（2007）指出，礦渣堆積物為該區最主要的污染來源。最新分析顯示，這些沉積物中石綿含量高達 60–70%（主要為溫石綿 chrysotile），石綿纖維可經由空氣與水體擴散，此外，礦石處理設施（mineral processing facilities）亦為主要污染，監測顯示空氣中石綿濃度雖較低，但因採樣方式為靜態分析，實際污染程度可能被低估[34]。

5. 玉石之石綿纖維型態

綜合本研究與前人文獻結果可推測，玉石加工所產生的非石綿型纖維，其健康風險相對較低。首先，本研究發現依玉石種類區分，透閃石類軟玉（加拿大玉與台灣玉）的個人採樣平均濃度最高（ 0.310 f/cm^3 ），蛇紋石類玉石（墨玉）次之（ 0.041 f/cm^3 ），硬玉類（緬甸玉、玉髓）則未檢出可量測之纖維。此現象與礦物

組成一致，前者含透閃石或陽起石（amphibole group）成分，較易在機械加工中生成具長徑比的針狀碎片；相對地，硬玉屬輝石類礦物，結構緻密且非石綿型態，因而並未檢出。楊孝友醫師等人（2016）以穿透式電子顯微鏡分析玉石加工空氣樣本，同樣觀察到68%的纖維長度小於5 μm 、平均長寬比約8.8，顯示纖維型態主要為短而細的角閃石類顆粒[35]。依據 Berman 與 Crump（2008）所提出之纖維尺寸與礦物型態風險模型，長度小於10 μm 的纖維在肺癌與間皮瘤的致癌效力極低或可視為零，僅有長度超過10 μm 的細長纖維才具有明顯貢獻[23]。根據文獻，玉石加工過程產生的纖維大多不符合長纖維特徵，即使其礦物成分屬於致癌效力較高的角閃石類（如透閃石、陽起石），其整體致癌潛勢仍可能有限。因此，在現有暴露濃度與纖維形態下，玉石加工勞工的石綿相關癌症風險推估應屬低度，但若存在少量長而細的角閃石纖維，仍可能成為主要風險來源，需以更進一步較多的 TEM 分析樣本確認其比例與分布。

6. 玉石之石綿纖維毒性

Addison 與 McConnell（2008）發表的綜述文章，系統性回顧了石綿型與非石綿型透閃石（tremolite）及其他角閃石類礦物的致癌性研究，探討纖維形態、尺寸與毒理效應之間的關聯。作者指出，石綿型角閃石具有細長且可分離的纖維結構，能在肺中長期滯留並引發慢性發炎與腫瘤形成；相對地，非石綿型角閃石呈粗短棱柱狀碎片，難以形成可吸入且具生物持續性的長纖維，因此致癌性極低。動物吸入與注射實驗顯示，僅有長度超過8至10 μm 、直徑小於0.25至1 μm 的細

長纖維與肺癌及間皮瘤的發生有關，而短纖或厚纖維幾乎不具致癌性[36]。Harper 等人（2008）則指出若依據 ASTM D7200-06 規範，將符合「長度 $>5\ \mu\text{m}$ 、長寬比 $\geq 3:1$ 」者判定為石綿纖維，多達 40% 的非石綿型顆粒（如透閃石與褐閃石）會被誤判為「可能為石綿纖維」；若改以「長度 $>10\ \mu\text{m}$ 且寬度 $<1\ \mu\text{m}$ 」為判定條件，誤判率可大幅降低至接近 0%。此外，石綿型樣本（特別是青石綿與鐵石綿）中，大多數纖維寬度小於 $1\ \mu\text{m}$ ，而非石綿型樣本的纖維寬度則多大於 $1\ \mu\text{m}$ ，顯示纖維寬度可作為區分石綿型與非石綿型角閃石的重要指標[37]。其它研究也指出石綿的纖維寬度是誘發間皮細胞瘤的重要決定因素，只有那些較細的纖維(纖維直徑主要小於 0.25 至 0.30 微米)才具有明顯生成間皮細胞瘤的特性[38]。

本研究依據 NIOSH 7400 方法進行分析，石綿計數準則為長度大於 $5\ \mu\text{m}$ 且長寬比 $\geq 3:1$ 的纖維。然而，由於 PCM（相位差顯微鏡）分析無法取得每根纖維的完整長度、寬度與形態資訊，因此雖然本研究於玉石加工作業中檢測出可計數之石綿濃度，但考量玉石屬於非石綿型礦物，這些纖維是否真正屬於石綿型結構、並具毒理意義，仍需透過更多樣本的 TEM（穿透式電子顯微鏡）分析加以驗證。

7. 研究限制

本研究之限制之一為可實際訪談的工廠數量較少。本研究共聯繫 35 家廠家，其中 27 家未表達參與意願，僅 8 家願意接受訪談。兩組廠家的平均員工數差異不顯著（ $P=0.440$ ），平均員工數為 1 至 2 人，顯示目前市場主要由小型個人加工工廠組成。本研究所訪談的工廠在營運型態上具有代表性。研究限制之二為本研究共

納入 14 位玉石加工從業者，樣本規模有限，可能無法完全代表全台玉石加工工人之健康狀況情形。此外，參與者多為自願加入，可能存在自我選擇偏差。研究限制之三為風險評估模型限制。ELCR 計算基於一般 EPA 與 ATSDR 建議之吸入單位風險值 ($IUR = 0.23 (f/cm^3)^{-1}$)，未區分纖維長度分佈、礦物型態與纖維形貌，若玉石加工產生之纖維以短纖為主，IUR 套用可能高估實際風險。

8. 結論與建議

玉石加工產業在台灣已趨近式微，本研究實地調查並採樣之七家加工場所，僅代表早期約五萬名從業人員中的極少數。然而，本研究結果顯示，即使在規模有限的現代玉石加工作業中，研磨與切割過程仍會釋放可檢測的石綿型纖維，尤其以含透閃石成分的軟玉 (tremolite-type nephrite) 暴露濃度最高。其測得濃度在個別情況下超出國際建議的可接受致癌風險範圍 (10^{-6} – 10^{-4})，顯示長期從業者仍可能面臨潛在健康風險。

綜合礦物學與毒理學文獻可知，玉石加工所產生的纖維多屬短小、非石綿型的角閃石碎片，其生物持續性與致癌性顯著低於工業石綿。然而，由於現行 PCM (相差顯微鏡) 方法無法辨識纖維形態與結構，仍需進一步以 TEM (穿透式電子顯微鏡) 分析更多樣本，以確認所偵測纖維是否具真正的石綿型特徵及毒理意義。

根據本研究採樣結果，輔以工業衛生角度，給予以下建議。

(1) 建議逐步以硬玉 (jadeite) 或玉髓 (chalcedony) 等非角閃石類玉石取代含透

閃石、陽起石成分之軟玉（nephrite），以降低釋放石綿型纖維的可能性。然而，台灣玉加工屬於台灣特有的地質與文化產業，具有重要的歷史與經濟價值。根據本研究之採樣結果，工廠作業環境及周邊生活區的空氣中石綿濃度均極低，顯示其對環境之影響有限。應主要關注的暴露風險來自於加工過程中之作業人員，因此防護重點應放在勞工個人防護與作業環境管理上。

- (2) 建議作業人員應配戴 N95 等級之防塵口罩或半面罩式呼吸防護具，確保能有效阻擋微細纖維吸入，作業後應更換工作服與清洗暴露部位，防止纖維附著於衣物、皮膚或帶回家中造成家庭性暴露。
- (3) 建議加強安全教育與訓練，提升勞工對粉塵危害與正確防護具使用之認知。鼓勵從業者參與粉塵作業特殊健康檢查，早期發現呼吸道異常。

八、衛生教育宣導

1. 建國玉市

臺北市規模最大、且長期販售玉石的市場為建國玉市，場內約有近百個攤位。經實地觀察與多位攤商師傅（老闆）訪談後發現，目前玉市主流商品以緬甸玉（俗稱翡翠）為主，屬於硬玉類；其次為軟玉類的和田玉，以及珊瑚玉、珍珠、水晶、臺灣藍玉髓等裝飾性寶石。相較之下，臺灣本產的豐田玉數量極為稀少，僅有三個攤位販售豐田玉與部分進口軟玉（如加拿大閃玉）。雖然數量不多，但仍具有一定的文化與收藏價值。

在訪談中詢問為何硬玉（緬甸玉）成為市場主流時，師傅們普遍提出兩項主要原因：一是礦源限制。目前多數軟玉礦區（如臺灣）已禁止開採，加拿大等地的礦區也逐步封礦，因此現有軟玉多為早期開採的存料；反之，緬甸與瓜地馬拉等地的硬玉礦仍可持續開採，供貨穩定。二是人力成本因素。臺灣加工人力成本高，許多玉石加工師傅選擇外移或轉型為批發、買賣業者，而非自行製作。

現場觀察發現，部分攤位提供代客拋光或當日取件服務，部分師傅會佩戴防護裝備，但也有未配戴者。曾嘗試聯繫相關公會進行職業安全宣導，但推動成效有限。未來若能針對此類集中加工與銷售場域進行有系統的職安與健康宣導，將更有助於提升業界防護與健康意識。

2. 現場訪視衛教

本研究針對已同意場勘與採樣的工廠、工坊及個人工作室皆進行衛教宣導。

於現場訪視或採樣當日，由醫師及研究人員向業主與員工說明研究目的，並解釋為何選擇「軟玉」作為研究對象。研究團隊指出，過去相關研究多著重於礦區暴露風險，較少探討軟玉加工的職業危害，然而本院曾收治從事玉石加工之相關職業病案例，因此希望喚起社會對軟玉加工從業人員健康風險的重視。說明研究背景後，隨即進行問卷訪談及衛教宣導。部分師傅認為軟玉屬濕式加工，不會產生粉塵，但採樣結果顯示實際上仍會有微量石綿粉塵生成。醫師提醒師傅們，即使在濕式作業下仍建議全程配戴防護裝備，加工後應更換衣物，並避免於密閉、通風不良環境作業。問卷與宣導結束後，醫師與研究人員協助操作肺功能檢測儀，並逐一說明圖譜判讀結果，讓師傅了解自身肺功能狀況，同時提醒平時應留意身體自覺症狀，若有異常應至醫院職業醫學科或相關科別就診檢查。

3. OO 縣 OO 職業工會

本研究聯繫 OO 縣某工會進行職業安全宣導，於 114 年 10 月 26 日（日）舉辦宣導座談一場，主題為「常見職業性肺病與職災給付」。此次講座共分為四個主題，分別為：①玉石作業與石綿、②粉塵作業與矽肺症、③勞工保險與給付、④研究採樣結果分享。

在「玉石作業與石綿」及「研究採樣結果」部分，首先向會員介紹石綿的基本特性與生活中常見的應用，並報告本院於執行研究計畫期間所進行的環境監測與採樣結果。說明由於本院曾收治玉石加工從業者罹患職業病之案例，因此展開相關研究，以瞭解玉石加工對作業人員健康的潛在影響，並結合案例說明職業病

的發病機轉與申請職災補助流程（含加保中、未加保及退保後等情況）。

在「粉塵作業與矽肺症」部分，引用勞動部 2018 年發布的〈石材加工作業不可輕忽粉塵危害〉公告，說明矽塵已被國際癌症研究機構（IARC）列為第一類致癌物，同時介紹相關職業病與症候群，如：塵肺症、矽肺症、石綿肺症、支氣管肺癌、慢性支氣管炎及職業性氣喘等，並透過實際案例協助會員更了解職業病認定原則。

最後在「勞工保險與給付」階段，會員們反應熱烈，踴躍提問。講師與醫師團隊逐一詳細說明並給予建議，提醒會員在玉石或石材加工時務必正確穿戴防護裝備以降低健康風險。活動照片整理如下：



現場並發放自製宣導品〈玉石加工與石綿暴露風險〉三摺頁（如圖十一），期能提升會員對職業安全與健康防護的認知與重視。





圖十一、玉石加工與石綿暴露風險宣傳三摺頁

4. 玉石加工作業與職業性肺病宣導座談會

除前述已至玉市、OO 職業工會及 7 間玉石加工廠進行衛教宣導外，本研究亦主動聯繫北部地區台灣 OOOOO 同業公會與 OOOO 玉石協會聯繫，並獲得公會熱心協助公告宣導座談會資訊於會員 line 群組，安排對會員進行健康講座與資訊分享（如下圖）。本研究於114年11月13日（四），於臺北榮民總醫院致德樓一樓第五會議室舉辦玉石加工作業與職業性肺病宣導座談會。講座中向會員說明本研究對既有採樣樣本的分析結果，依加工工序區分後，哪些作業階段具有較高的粉塵與石綿暴露濃度，並討論其可能的健康風險。透過此次交流，會員們不僅獲得最新研究資訊，也能進一步了解在實際加工作業中可採取的防護措施與環境改善方

向，以降低職業暴露風險並促進工作安全與健康。





九、經費運用情形報告

項目	金額	付款狀況	說明
業務費			
環境採樣分析	35,400	已支付	已採環境定點採樣與個人環境採樣，包含採樣人員費用。
環境採樣分析	36,200	已支付	已採環境定點採樣與個人環境採樣，包含採樣人員費用。
環境採樣分析	43,420	已支付	已採環境定點採樣與個人環境採樣，包含採樣人員費用。
環境採樣分析	46,640	已支付	已採環境定點採樣與個人環境採樣，包含採樣人員費用。
環境採樣分析	51,360	已支付	已採環境定點採樣與個人環境採樣，包含採樣人員費用。
環境採樣分析	88,560	已支付	已採環境定點採樣與個人環境採樣，包含採樣人員費用。
環境採樣分析	29,540	已支付	已採環境定點採樣與個人環境採樣，包含採樣人員費用。
樣本分析費	24,150	已支付	委託工研院對環境採集後之樣本進行元素晶體等分析(玉品：墨玉)。
樣本分析費	30,450	已支付	委託工研院對環境採集後之樣本進行元素晶體等分析(玉品：加拿大玉、玉髓)
影印費	1,838	已支付	影印宣導文宣三折頁。
影印費	483	已支付	影印健康講座的講義。
影印費	416	已支付	期末報告影印費。
臨床試驗審查費	5,000	已支付	確保研究符合科學、法規和倫理的適當性，並保護受試者的權益與安全。
專家出席費	7,500	已支付	3/29邀請三位院外環境與職業醫學領域專家與會提供專業建議，以協助擬定採樣計畫
講師鐘點費	2,000	已支付	11/13舉行調查研究後，針對玉石加工業者可能暴露的石綿風險進行衛教宣導與分享計畫執行成果及經驗心得。
差旅費			
台鐵	1,356	已支付	6/6場訪三間工坊，台北→OO：\$238*2人，OO→台北：\$440*2人

租車	445	已支付	6/6場訪三間工坊，使用租車用於點和點間的移動交通。
高鐵+交通	3,900	已支付	7/18台 北→OO：\$820*2人，OO→台北：\$795*2人。以及往返採樣地之必要交通。
油資	497	已支付	7/22OO採樣，自行開車前往
台鐵+交通	4,924	已支付	7/30台 北→OO：\$936*2人，OO→台北：\$936*2人。以及往返訪採樣地之必要交通。
台鐵+交通	2,969	已支付	9/24、9/25台 北→OO：\$593*1人，台北→OO：\$627*1人，OO→台北：\$627*2人。以及往返採樣地之必要交通。
台鐵+交通	3,062	已支付	10/20台 北→OO：\$936*1人，OO→台北：\$936*1人。以及往返採樣地之必要交通。
台鐵+交通	2,647	已支付	10/26台 北→OO：\$583*2人，OO→台北：\$583*2人。以及往返宣導地之必要交通。進行職業安全衛生講座。
油資	481	已支付	11/14研究人員自行開車前往工研院進行樣本分析作業。
人事費			
專任研究助理	616,173	已支付	擔任計畫主要聯絡與協調窗口，協助計畫相關事宜。支應2至12月薪與年終，含保費、退休金或離職儲金。
主持人費	90,000	已支付	負責研究計畫之規劃與計畫執行中之協調、監督及研究報告之撰寫等事宜。
行政管理費			
	12,192	已支付	由計畫執行單位統籌支用，為不含人事費及管理費之各項經費總額百分之四為限。

部分經費變更項目及函文來往詳見附件四（第一次經費變更）、附件五（第二次經費變更）及附件六（第三次經費變更），經費支用報告表如附件七。

十、效益評估

本計畫為國內首度針對玉石加工業進行石綿暴露之系統性研究，經電話訪談與實地訪視共聯繫 35 家玉石加工業者，最終有 7 家工廠（含個人工作室與 DIY 工坊）同意現場採樣。結果顯示，目前國內仍持續進行玉石加工作業的廠家已相當少，多為小規模自營或結合觀光體驗的休閒型工坊，多數僅 1 至 2 名作業人員。此現象反映玉石加工產業規模的萎縮與轉型現況，並說明本研究可及之樣本數量有限，但對掌握現存產業的實際工作環境與風險狀況具有代表性與參考價值。

本計畫完成七家工廠共 84 件空氣樣本採樣，涵蓋個人作業與環境、底泥及街道背景值，分析方法依勞研所建議之 CLA2318（參考 NIOSH 7400）進行。結果顯示，透閃石類軟玉（台灣玉、加拿大玉）加工過程中可檢出符合國際定義之纖維，平均濃度約 0.3 f/cm^3 。以吸入單位風險值（ $\text{IUR}=0.23(\text{f/cm}^3)^{-1}$ ）計算的終生致癌風險（ELCR）結果顯示，最高之風險值可達 10^{-2} 等級，超過可接受風險上限，顯示需注意玉石加工環境之石綿暴露風險。

健康監測部分，完成 14 位玉石加工從業人員問卷與肺功能檢測，結果均在正常範圍內，未見明顯阻塞或限制型換氣異常。雖原計畫預定進行血液與尿液重金屬檢驗，但因勞工意願及地理限制未能執行，經專家會議決議改以肺功能監測替代，並經勞動部核准經費調整，仍達健康風險評估之目的。

此外，本計畫於 OOOOOO 工會及本院辦理職業病與粉塵危害衛教講座，參與人數逾 30 人，並發放「玉石加工與石綿暴露風險」宣導三摺頁，提升作業者防護

意識與健康檢查意願。整體而言，本計畫已達成主要預期目標，建立國內玉石加工業石綿暴露之基礎資料與風險評估模型，補足過去文獻空白，對未來職災認定、勞工健康監測與傳統產業安全管理具實質效益。

整體計畫效益與計畫申請書之預期成效敘述整理如下表：

預期成效	實際成果	達成情形
(一)玉石產業作業風險 預計採集約100個作業環境樣本、調查產業規模與健康狀況、確認石綿濃度及型態。	實際完成7家工廠共 84 點採樣（含個人、環境、底泥、背景值），共14位勞工完成問卷調查。透過 PCM 分析確認可檢出符合國際定義的纖維，並由 ITRI 進行 XRD 與 TEM 確認。	採集樣本數完成度 84 %。確認整體作業環境之空氣石綿濃度之核心目標完成。
(二) 異常個案追蹤 聯繫檢驗結果異常的受檢者，安排回診追蹤，達到早期診斷、早期治療的目的。	共 14 位勞工完成肺功能檢測，並無個案檢測異常需要回診追蹤，且無個案有粉塵相關肺部疾病診斷。	無異常需追蹤者，給予檢康衛教，並宣導粉塵作業健康檢查。
(三) 宣導座談 辦理衛生教育宣講，宣導石綿和粉塵的危害，協助作業員工進行健康檢查。	已辦理宣導座談場次兩場，並製作宣導品三摺頁。	達成。
績效評估方法	實際成果	達成情形
(一) 在玉石加工現場進行實地調查，完成調查分析報告，透過問卷調查或訪談方式蒐集數據，統計現場訪視次數與問卷調查人次。	已訪視共八家玉石加工現場，並完成七家之採樣，訪視次數總計 13 次。共接觸 17位仍有在加工之員工，完成 14 份員工調查問卷。	問卷填答率為 82%，共有 3 位員工因有顧慮未完成填答。
(二) 在每個作業現場至少完成兩次採樣，包含環境背景採樣，每次採樣至少持續兩小時。	每個作業場所皆依照勞研所公告採樣方法完成採樣，最少採樣數為 7 次，僅一家採樣時間最低為 89 分鐘（工廠編號 7）。	採樣時間最少 2 小時，因配合工廠作業休息時間，僅一家未能達成，但採樣過程仍符合公告採樣方法。
(三) 針對參與本計畫的所	舉辦兩場宣導座談會，參與人數	達成。

有公司和作業人員進行宣導教育，至少辦理兩到三次衛生教育宣講，每場至少參與20至30人，統計辦理衛生教育場次與參與率。	皆在 20 人以上。	
(四) 統計石綿採樣樣本之檢出率。	整體採樣 84 個空氣樣本，共有 35 個樣本檢測出高於檢測極限之石綿濃度。	樣 本 檢 出 率 41.6% 。
(五) 統計異常受檢者的通知率與安排回診追蹤的回診率。	共 14 位勞工完成肺功能檢測，並無個案檢測異常需要回診追蹤。	無異常需追蹤者。

備註：於本院與勞動部簽訂之契約書內容第12、13頁中【玉石加工業之風險評估】中第2點作業環境採樣，寫到本研究初步擬定採樣點後，若採樣經費有結餘將增加環境中游離二氧化矽粉塵之分析。依目前實際計畫執行之蒐集採樣過程中，預定採樣之廠家尚未全部採樣完畢，且採樣點個數增加、單價提升以及確認分析等原因辦理經費變更(參考期末報告附件四至五)，又因游離二氧化矽採樣分析單價略高(空氣採樣分析一點17,000元)，因此未有節餘款項進行游離二氧化矽採樣分析。

十一、參考資料

1. IARC, W., *Asbestos (chrysotile, amosite, crocidolite, tremolite, actinolite, and anthophyllite). IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. A review of human carcinogens; part C: arsenic, metals, fibres, and dusts.* (No Title), 2012: p. 219.
2. Central Geological Survey, M.o.E.A., *Mineral Statistics Annual Report, 2023 (ROC Year 112).* 2024, Ministry of Economic Affairs: Taipei, Taiwan.
3. 俞震甫, 臺灣玉礦研究: 過去, 現在, 未來. 國立臺灣博物館學刊, 2016. **69**(1): p. 3-15.
4. 林純吉, et al., 玉石業石綿暴露導致惡性間皮細胞瘤-個案報告. 中華職業醫學雜誌, 2024. **31**(4): p. 309-318.
5. Harlow, G.E. and S.S. Sorensen, *Jade (nephrite and jadeitite) and serpentinite: metasomatic connections.* International Geology Review, 2005. **47**(2): p. 113-146.
6. Kostov, R., *Review of the mineralogical systematics of jasper and related rocks.* Archeometria Mühely, 2010. **3**: p. 209-213.
7. Jing, Y. and Y. Liu, *Genesis and mineralogical studies of zircons in the Alamas, Yurungkash and Karakash Rivers nephrite deposits, Western Kunlun, Xinjiang, China.* Ore Geology Reviews, 2022. **149**: p. 105087.
8. 陳韻婕, 蛇紋石玉-岫岩遇與岫玉的礦物特性. 臺灣博物季刊, 2014. **33**(2): p. 66-71.
9. Xue, S., et al., *The Structural Characteristics and Chemical Composition of Serpentine Jade Weathering Rinds: Implications for the Formation Process.* Crystals, 2023. **13**(2): p. 239.
10. Ding, W., et al., *Application of multi-source remote sensing data to nephrite exploration in the Eastern Kunlun Range: A new perspective for jade prospecting.* International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2025. **140**: p. 104583.
11. Prewitt, C. and C.W. Burnham, *The crystal structure of jadeite, NaAlSi₂O₆.* American Mineralogist: Journal of Earth and Planetary Materials, 1966. **51**(7): p. 956-975.
12. Heaney, P.J., D.R. Veblen, and J.E. Post, *Structural disparities between chalcedony and macrocrystalline quartz.* American Mineralogist, 1994. **79**(5-6): p. 452-460.
13. Monico, S., et al., *Similarities and differences among selected gemmological varieties of chalcedony: chemistry, mineralogy and microstructure.* Mineralogical Magazine, 2024. **88**(2): p. 136-146.
14. Stanley Jr, G.D. and S.D. Cairns, *Constructional azooxanthellate coral communities: an overview with implications for the fossil record.* Palaios, 1988: p. 233-242.
15. Nelson, W.R. and D.T. Griffen, *Crystal chemistry of Zn-rich rhodonite ("fowlerite").* American Mineralogist, 2005. **90**(5-6): p. 969-983.
16. Guthrie Jr, G.D. and B.T. Mossman, *Health effects of mineral dusts.* Vol. 28. 2018: Walter de Gruyter GmbH & Co KG.
17. 職業危害評估研究組, 行., 採樣分析建議方法: 石綿及其他纖維 (方法編號: CLA2318 ,

等級B)。2008, 行政院勞工委員會: 臺北市, 臺灣。

18. Safety, N.I.f.O. and Health, *Asbestos and Other Fibers by Phase Contrast Microscopy (NIOSH Method 7400)*. 1994, U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention: Cincinnati, Ohio.
19. Safety, N.I.f.O. and Health, *Asbestos by TEM: Method 7402, Issue 2, August 15, 1994, in NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), Fourth Edition*. 1994, U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention (CDC): Cincinnati, Ohio.
20. Agency, U.S.E.P., *Method for the Determination of Asbestos in Bulk Building Materials (EPA 600/R-93/116)*. 1993, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development: Washington, DC.
21. Agency, U.S.E.P., *Integrated Risk Information System (IRIS) on Asbestos*. 1993, Environmental Criteria and Assessment Office, Office of Health and Environmental Assessment, Office of Research and Development: Cincinnati, Ohio.
22. Substances, A.f.T. and D.o.P.H. Disease Registry *Public Health Assessment: BoRit Asbestos National Priorities List (NPL) Site, Ambler, Montgomery County, Pennsylvania*. 2015, U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service: Atlanta, GA.
23. Berman, D.W. and K.S. Crump, *A meta-analysis of asbestos-related cancer risk that addresses fiber size and mineral type*. Critical reviews in toxicology, 2008. **38**(sup1): p. 49-73.
24. Yang, H.-Y., R.-H. Shie, and P.-C. Chen, *Carving of non-asbestiform tremolite and the risk of lung cancer: a follow-up mortality study in a historical nephrite processing cohort*. Occupational and environmental medicine, 2013. **70**(12): p. 852-857.
25. Sørensen, M.K., et al., *A systematic review of outdoor airborne asbestos concentrations in urban and rural areas*. Journal of Hazardous Materials Advances, 2025: p. 100926.
26. Pena-Castro, M., M. Montero-Acosta, and M. Saba, *A critical review of asbestos concentrations in water and air, according to exposure sources*. Heliyon, 2023. **9**(5).
27. 葉文裕 和 石東生, 輔導石綿水泥瓦製造工廠勞工危害預防計畫執行報告. 工業安全衛生, 1991(6): p. 43-51.
28. 林宜長, 磨擦材料製造廠石棉汙染問題之研究. 1991.
29. 張火炎, et al., 臺灣地區石綿工廠空氣中石綿濃度測定. 中華民國公共衛生學會雜誌, 1988. **8**(1): p. 28-35.
30. Chang, B. and et al., 台灣省轄石綿作業事業單位勞工石綿暴露實況調查報告 [Survey Report on Asbestos Exposure among Workers in Asbestos-Related Enterprises in Taiwan Province]. 1994, Taiwan Provincial Government Department of Labor: Taipei, Taiwan.
31. Obmiński, A., *The concentration of asbestos fibres during buildings exploitation analysis of concentration variability*. Archives of Civil and Mechanical Engineering, 2021. **22**(1): p. 6.
32. Safety, O. and U.D.o.L. Health Administration *Occupational Exposure to Asbestos, Tremolite, Anthophyllite, and Actinolite Asbestos; Final Rules, 29 CFR Part 1910.1001*. 1986, U.S. Department of Labor: Washington, DC.
33. Safety, O. and U.S.D.o.L. Health Administration *Appendix B to §1910.1001 – Detailed*

Procedures for Asbestos Sampling and Analysis. 1998, U.S. Department of Labor: Washington, DC.

34. Anastasiadou, K. and E. Gidarakos, *Toxicity evaluation for the broad area of the asbestos mine of northern Greece*. Journal of hazardous materials, 2007. **139**(1): p. 9-18.
35. Yang, H.-Y., et al., *Cancer mortality in a population exposed to nephrite processing*. Occupational and Environmental Medicine, 2016. **73**(8): p. 528-536.
36. Addison, J. and E.E. McConnell, *A review of carcinogenicity studies of asbestos and non-asbestos tremolite and other amphiboles*. Regulatory toxicology and Pharmacology, 2008. **52**(1): p. S187-S199.
37. Harper, M., et al., *Differentiating non-asbestiform amphibole and amphibole asbestos by size characteristics*. Journal of occupational and environmental hygiene, 2008. **5**(12): p. 761-770.
38. Ilgren, E.B. and J.A. Hoskins, *Anthophyllite asbestos: the role of fiber width in mesothelioma induction part I: epidemiological studies of Finnish anthophyllite asbestos*. Environ. Pollut, 2017. **7**(9).

十二、附件

1. 附件一：IRB 核准公文

副本

臺北榮民總醫院 書函

地址：11217 臺北市北投區石牌路二段201號

承辦人：簡易萱

電話：2871-2121轉24167

電子信箱：yhchien7@vghtpe.gov.tw

受文者：臨床研究受試者保護中心

發文日期：中華民國114年4月29日

發文字號：北總臨研保字第1145000384號

類別：普通件

密等及解密條件或保密期限：

附件：

主旨：臺端所提研究計畫：「玉石加工業職業病風險研究調查（計畫編號：Jade Processing Industry）」(IRB編號：2025-05-007AC) 同意執行證明書案，詳如說明段，請查照。

說明：

- 一、本案經本院人體試驗委員會(一)審查，於114年04月24日審查通過。
- 二、本案由本院人體試驗委員會自行列管。
- 三、計畫主持人應辦及注意事項如后：
 - (一)本研究計畫之同意執行證明書請自行至臨床資訊管理系統(PTMS)(網址: <https://vghtpe.cims.tw/>)計畫新案送審文件「35.其他」下載使用。
 - (二)請確實依本院人體試驗委員會審查同意之各文件版本執行。
 - (三)計畫若需展延、變更、暫停執行、結束、終止或撤案時，請依規定向人體試驗委員會申請，並經同意後始得實施。

正本：本院職業醫學及臨床毒物部楊振昌醫師

副本：本院人體試驗委員會、臨床研究受試者保護中心

2. 附件二：IRB 同意執行證明書



臺北榮民總醫院
TAIPEI VETERANS GENERAL HOSPITAL

201 SHIH-PAI ROAD, SEC. 2
TAIPEI, TAIWAN 11217
REPUBLIC OF CHINA
TEL: (886)-2-2871-2121

同意執行證明書

日期：114 年 4 月 29 日

計畫編號：Jade Processing Industry

IRB編號：2025-05-007AC

部門/計畫主持人：職業醫學及臨床毒物部 / 楊振昌醫師

計畫名稱：玉石加工業職業病風險研究調查

本案經本院人體試驗委員會（一）審查通過，由本院人體試驗委員會（一）自行列管，由臨床研究受試者保護中心複核相關文件，代表機構正式同意本案執行。



臺北榮民總醫院
臨床研究受試者保護中心主任
曾令民副院長

Implementation Letter

Date: Apr 29, 2025

Protocol No.: Jade Processing Industry

TPEVGH IRB No.: 2025-05-007AC

Department/Principal Investigator: Department of Occupational Medicine & Clinical
Toxicology / Chen-Chang Yang, M.D., Ph.D.

Protocol Title: Occupational Disease Risk Survey in the Jade Processing Industry.

The protocol has been approved by the Institutional Review Board (1) of Taipei Veterans General Hospital and supervised by 「the Institutional Review Board (1) of Taipei Veterans General Hospital」. After the review by Human Research Protection Center, the implementation of the protocol is approved.



Vice Superintendent Ling-Ming Tseng, M.D.
Director of Human Research Protection Center
Taipei Veterans General Hospital, Taiwan, R.O.C.

3. 附件三：調查問卷

基本資料	個案編號		年紀	
	出生年月日： 民國 年 月 日			
	性別	☐ 男 ☐ 女		身高：____公分 體重：____公斤
	教育程度	☐ 國中(含)以下 ☐ 高中職 ☐ 大學 ☐ 研究所(含)以上。		
	過去病史 ☐無 ☐有，如下： ☐高血壓 ☐糖尿病 ☐高血脂 ☐心臟病 ☐氣喘 ☐肺結核 ☐痛風 ☐甲狀腺疾病 ☐過敏或自體免疫疾病：_____ ☐肺部疾病 _____ ☐癌症病史：_____ ☐其他疾病：_____ ☐手術史：_____ ☐用藥史：_____ 家族病史：☐癌症：_____ ☐肺結核：_____ ☐過敏或自體免疫疾病：_____ ☐其他疾病：_____ 生活習慣 吸菸：☐從未 ☐目前有，平均每天_____支，持續_____年，☐已戒_____年 喝酒：☐從未 ☐目前有，持續_____年，☐已戒，_____年 檳榔：☐從未 ☐目前有，持續_____年，☐已戒，_____年			
呼吸自覺症狀	1. 您是否持一年中大多數日子持續咳嗽三個月以上？（非感冒所致） ☐ 是 ☐ 否			
	2. 您是否連續兩年中，每年持續三個月咳嗽？（非感冒所致） ☐ 是 ☐ 否			
	3. 您是否一年中大多數日子有痰，持續三個月以上？ ☐ 是 ☐ 否			
	4. 您是否連續兩年中，每年有三個月有痰？ ☐ 是 ☐ 否			
	5. 您是否有過喘鳴聲（胸口發出呼呼聲）持續不到兩年？ ☐ 是 ☐ 否			
	6. 您是否有過喘鳴聲（胸口發出呼呼聲）持續超過兩年？ ☐ 是 ☐ 否			
	7. 您是否在平地快走或走上緩坡時感到喘？ ☐ 是 ☐ 否			
	8. 您是否因呼吸困難，走路時比同齡人慢，或在平地以自己速度行走時需停下來喘氣？ ☐ 是 ☐ 否			
	9. 您是否常感到胸痛或壓迫感？ ☐ 是 ☐ 否			
	10. 您是否有因呼吸不順就醫或住院的紀錄？ ☐ 是 ☐ 否			
	11. 是否曾被診斷為： ☐ 慢性支氣管炎 ☐ 肺氣腫 ☐ 間質性肺病 ☐ 石棉肺 ☐ 間皮瘤 ☐ 肺癌？ ☐ 否			
	12. 您是否曾暴露於粉塵、煙霧、化學氣體或石棉？ ☐ 是 ☐ 否			

醫療狀況簡述

工作狀況

公司名稱：_____ 地區：_____ 縣市_____ 鄉鎮市區
 職稱：_____ 年資：民國____年____月～____年____月共計____年
 工作班別：☐固定班：_____ ☐輪班：兩班制_____/三班制_____
☐其他：_____
 工作時間：每月工作_____天、每天工作_____小時（____：____～____：____）
 中間休息_____小時（____：____～____：____）

過往工作經歷 (由最近的開始填寫)

工作期間	公司或工廠名稱	職務名稱	工作內容簡述

1. 您過去是否有接觸石綿相關的工作？
 例如：石綿瓦、石綿板、石綿隔熱磚、石綿磁磚、石綿管、防火隔熱布、石綿毯、石綿防火衣與防火手套、煞車來令片、離合器片、絕熱填充材料、防漏墊圈、石綿油漆填充物等產品的製造；海運、船艙作業、鍋爐製造相關產業與造船業相關產業。
☐ 是，曾從事 _____
☐ 否
2. 您是否從事過下列玉石加工作業？（可複選，接續作答 (2.A)；如無，作答 (2.B)）
☐ 切割 ☐ 粗研磨 ☐ 細研磨 ☐ 拋光 ☐ 雕刻

 2.A 作業員工作項目：
 切割： 小時/日
 粗研磨： 小時/日
 細研磨： 小時/日
 拋光： 小時/日
 雕刻： 小時/日
 加工工序描述：
 2.B 非作業員工作項目
 職務內容：
 辦公區域是否位於工廠區內？☐ 是 ☐ 否
3. 您從事玉石加工的年資： 年
4. 您是否仍在從事玉石加工？
☐ 是
☐ 否，結束於 _____ 年
5. 您每日平均從事玉石加工的時間為： 小時
6. 您每週平均從事玉石加工的時間為？
☐ 少於 10 小時 ☐ 10-30 小時 ☐ 超過 30 小時：
7. 您的工作地點為？
☐ 自家住宅 ☐ 加工廠/作坊 ☐ 其他： _____
8. 工作時的通風情況為何？（分工序）
 切割 ☐ 良好（有排氣設備） ☐ 一般（有窗無機械通風） ☐ 不良（密閉空間）
 粗研磨 ☐ 良好（有排氣設備） ☐ 一般（有窗無機械通風） ☐ 不良（密閉空間）
 細研磨 ☐ 良好（有排氣設備） ☐ 一般（有窗無機械通風） ☐ 不良（密閉空間）
 拋光 ☐ 良好（有排氣設備） ☐ 一般（有窗無機械通風） ☐ 不良（密閉空間）
 雕刻 ☐ 良好（有排氣設備） ☐ 一般（有窗無機械通風） ☐ 不良（密閉空間）
9. 通風換氣方法（可複選）：
☐ 自然通風(門/窗) ☐ 通風孔道 ☐ 電風扇 ☐ 機台有抽吸集塵設備 ☐ 其他：

10. 您工作時是否有使用個人防護具？（可複選）

切割 ☐ 一般口罩 ☐ N95口罩 ☐ 無使用 ☐ 其他：_____

粗研磨 ☐ 一般口罩 ☐ N95口罩 ☐ 無使用 ☐ 其他：_____

細研磨 ☐ 一般口罩 ☐ N95口罩 ☐ 無使用 ☐ 其他：_____

拋光 ☐ 一般口罩 ☐ N95口罩 ☐ 無使用 ☐ 其他：_____

雕刻 ☐ 一般口罩 ☐ N95口罩 ☐ 無使用 ☐ 其他：_____

11. 您工作時，工序是否為濕式作業？（邊做邊加水）

切割 ☐ 是 ☐ 否

粗研磨 ☐ 是 ☐ 否

細研磨 ☐ 是 ☐ 否

拋光 ☐ 是 ☐ 否

雕刻 ☐ 是 ☐ 否

12. 您從事該職務期間，接觸之石材種類(可複選)：

☐ 碧玉 ☐ 白玉 ☐ 岫岩玉 ☐ 崑崙玉 ☐ 翡翠 ☐ 蛇紋石玉 ☐ 玉髓 ☐ 瑪瑙

☐ 其它：

13. 您是否曾接受石綿／粉塵相關健康檢查？☐ 有 ☐ 無

14. 其它工作內容說明：

4. 附件四：第一次經費變更申請

(1) 本院申請函（北總職醫字第1145100252號）

副本

檔 號：
保存年限：
總頁數：

臺北榮民總醫院 函

地址：11217 臺北市北投區石牌路二段201號
承辦人：聞遠志
電子信箱：ycwen5@vghtpe.gov.tw

受文者：職業醫學及臨床毒物部

發文日期：中華民國114年6月11日
發文字號：北總職醫字第1145100252號
速別：普通件
密等及解密條件或保密期限：
附件：如文

主旨：檢送本院114年度職業災害預防及職業災害勞工重建補助
案計畫經費變更，復如說明，請查照。

說明：

- 一、隨函檢附勞動部職業災害預防及職業災害勞工重建補助
實施計畫之經費變更對照表(如附件一)、經費概算表之核
定版(如附件二第12頁)及調整版(如附件三)。

正本：勞動部職業安全衛生署
副本：本院職業醫學及臨床毒物部

院長 陳 威 明

(2) 同意經費變更函（勞職保2字第1141501087號）

2025/7/1 上午9:13

線上_1149908900_便簽、簽稿審核單

檔 號：

保存年限：

勞動部職業安全衛生署 函

機關地址：242030 新北市新莊區中平路439

號南棟11樓

承辦人：林宏勳

電話：(02)8995-6666 分機：8228

電子信箱：AN3508@osha.gov.tw

受文者：臺北榮民總醫院

發文日期：中華民國114年6月25日

發文字號：勞職保2字第1141501087號

速別：普通件

密等及解密條件或保密期限：

附件：

主旨：貴院申請變更114年職業災害預防及職業災害勞工重建補

助案（計畫名稱：玉石加工業職業病風險研究調查）之

經費概算一案，同意備查，請查照。

說明：復貴院114年6月11日北總職醫字第1145100252號函。

正本：臺北榮民總醫院

副本：勞動部職業安全衛生署職業災害勞工保護組

114/06/25
14:40:09

臺北榮民總醫院

第1頁，共1頁
線上簽核文件列印 - 第3頁/共3頁



1149908900 11406/25

(3) 第一次經費變更對照表與修正原因

項目	原核定經費	調整後經費	修正原因
採樣分析費用	250,000	361,000	由於採樣檢測單一點的價位提高，以及各工廠會因人數、加工工序種類...等原因，對採樣點之個數進行調整，因此原核定之費用不敷支應檢測分析費，從業務費項下其他次項目流用\$111,000至「採樣分析費用」。
採樣人員費用	30,000	17,200	原核定之「採樣分析費用」不敷支應檢測分析且同意進場採樣的廠家間數不多，因從「採樣人員費用」流用\$12,800元至「採樣分析費用」項下。
作業人員金屬檢查費用	80,000	0	原核定之「採樣分析費用」不敷支應檢測分析，且因1.本研究人員於場訪問卷訪談時皆有宣導重金屬檢測，但北部廠家不願檢測且反彈較大；而其他外縣市地區也有同步宣導但因距離原故沒辦法至北榮檢測，且檢測尿液重金屬若是濃度過高，可能會是因飲食等其他外因引起的；較難判定是由玉石加工引起的高重金屬濃度。 2.114年3月29日專家委員意見會議，研究人員於會議提出重金屬採檢執行困難，因此專家委員建議可使用肺功能機來檢測作業人員肺功能狀況，且檢測肺功能也較能看出作業人員是否有肺功能問題，肺功能儀器由專家委員免費贊助使用。將「作業人員金屬檢查費用」流用\$80,000元至「採樣分析費用」項下。
問卷調查費	25,000	21,800	原核定之「採樣分析費用」不敷支應檢測分析，且因近年玉石加工從業人員減少外，從事玉石加工之工廠也減少，因此原預計發放250份問卷改發放218份問卷，並從「問卷調查費」流用\$3,200元至「採樣分析費用」項下。
設備使用及維護費	15,000	0	原核定之「採樣分析費用」不敷支應檢測分析，且無使用相關設備以及設備維護，將「設備使用及維護費」流用\$15,000元至「採樣分析費用」項下。
合計	400,000	400,000	

5. 附件五：第二次經費變更申請

(1) 本院申請函（北總職醫字第1145100498號）

副本

檔 號：
保存年限：
總頁數：

臺北榮民總醫院 函

地址：112201 臺北市北投區石牌路二段201

號
承辦人：閻遠志

電子信箱：ycwen5@vghtpe.gov.tw

受文者：職業醫學及臨床毒物部

發文日期：中華民國114年9月18日

發文字號：北總職醫字第1145100498號

速別：普通件

密等及解密條件或保密期限：

附件：如文

主旨：檢送本院114年度職業災害預防及職業災害勞工重建補助
案計畫經費變更，復如說明，請查照。

說明：隨函檢附勞動部職業災害預防及職業災害勞工重建補助
實施計畫之經費變更對照表(如附件一)、經費概算表之核
定版(如附件二)及調整版(如附件三)。

正本：勞動部職業安全衛生署

副本：本院職業醫學及臨床毒物部

院長 陳 威 明

(2) 同意經費變更函（勞職保2字第1140010221號）

檔 號：

保存年限：

勞動部職業安全衛生署 函

機關地址：242030 新北市新莊區中平路439
號南棟11樓

承辦人：林宏勳

電話：(02)8995-6666 分機：8228

電子信箱：AN3508@osha.gov.tw

受文者：臺北榮民總醫院

發文日期：中華民國114年9月25日

發文字號：勞職保2字第1140010221號

速別：普通件

密等及解密條件或保密期限：

附件：

主旨：貴院申請變更114年職業災害預防及職業災害勞工重建補助案（計畫名稱：玉石加工業職業病風險研究調查）之經費概算一案，同意備查，請查照。

說明：復貴院114年9月18日北總職醫字第1145100498號函。

正本：臺北榮民總醫院

副本：勞動部職業安全衛生署職業災害勞工保護組



臺北榮民總醫院



1149913974 114-09-25

(3) 第二次經費變更對照表與修正原因

經費變更對照表

計畫名稱：玉石加工業職業病風險研究調查

修正文件：經費預算概算表之人事費與業務費項下次項目

項目	核定經費	調整後經費	修正原因
採樣分析費用	361,000	391,000	依據採樣分析建議方法(方法編號:2318)之採樣分析結餘經費，因為要確認石棉纖維長度、形貌(長寬比)、晶體型態、元素組成、結晶光譜分析等；因此需加做穿透式電子顯微鏡分析(Transmission Electron microscopy)分析方法為 NIOSH 7402 方法以及 X 光繞射分析(X-ray diffraction analysis)。核准後的第一次經費變更之經費仍不敷支應樣品檢測分析及進一步確認分析費用，所以從人事費項下之主持人費項目流用 \$30,000 至「採樣分析費用」。
主持人	120,000	90,000	核准後的第一次經費變更之「採樣分析費用」仍不敷支應樣品檢測分析及進一步確認分析且經計畫主持人核准同意挪用主持人費，因從「主持人費」流用 \$30,000 元至「採樣分析費用」項下。
合計	481,000	481,000	

6. 附件六：第三次經費變更申請

(1) 本院申請函（北總職醫字第1145100639號）

副本

檔 號：
保存年限：
總頁數：

臺北榮民總醫院 函

地址：112201 臺北市北投區石牌路二段201
號
承辦人：聞遠志
電子信箱：ycwen5@vghtpe.gov.tw

受文者：職業醫學及臨床毒物部

發文日期：中華民國114年11月18日
發文字號：北總職醫字第1145100639號
速別：普通件
密等及解密條件或保密期限：
附件：如文

主旨：本院114年度職業災害預防及職業災害勞工重建補助案計畫經費變更案，復如說明，請查照。

說明：隨函檢附勞動部職業災害預防及職業災害勞工重建補助實施計畫之經費變更對照表(如附件一)、經費概算表之核定版(如附件二)及調整版(如附件三)。

正本：勞動部職業安全衛生署
副本：本院職業醫學及臨床毒物部

院長 陳 威 明

(2) 同意經費變更函（勞職保2字第1140130701號）

檔 號：

保存年限：

勞動部職業安全衛生署 函

機關地址：242030 新北市新莊區中平路439
號南棟11樓

承辦人：林宏勳

電話：(02)8995-6666 分機：8228

電子信箱：AN3508@osha.gov.tw

受文者：臺北榮民總醫院

發文日期：中華民國114年11月24日

發文字號：勞職保2字第1140130701號

速別：普通件

密等及解密條件或保密期限：

附件：

主旨：貴院申請變更114年職業災害預防及職業災害勞工重建補助案（計畫名稱：玉石加工業職業病風險研究調查）之經費概算表中相關項目金額一案，同意備查，請查照。

說明：復貴院114年11月18日北總職醫字第1145100639號函。

正本：臺北榮民總醫院

副本：勞動部職業安全衛生署職業災害勞工保護組

114/11/24
14:48:45

(3) 第三次經費變更對照表與修正原因

經費變更對照表

計畫名稱：玉石加工業職業病風險研究調查

修正文件：經費預算概算表之業務費項下次項目

項目	核定經費	調整後經費	修正原因
鐘點費	24,000	19,000	核准後的第二次經費變更之經費，經研究需要為確保研究的嚴謹性進行申請人體研究倫理審查，所以從業務費項下之鐘點費項目流用\$ 5,000 至「臨床試驗審查費」。
臨床試驗 審查費	0	5,000	為確保研究的嚴謹性進行申請人體研究倫理審查。核准後的第二次經費變更之「業務費」仍需支應臨床試驗審查費，因新增該項目並從「鐘點費」流用\$ 5,000 元至「臨床試驗審查費」項下。
合計	24,000	24,000	

7. 附件七：經費支用報告表

經費支用報告表

單位：新臺幣元

項目	預算數	實支數	自 籌 款	勞 動 部 補 助 金 額 (請 自 行 分 配)	單 據 編 號	實 支 數 分 析		
						機 關 別	補 助(自 籌)比例	實 際(自 籌)補助金 額
一、 人 事 費	723,448	706,173	0	706,173		自 籌 部 分	0	0
主持人費	90,000	90,000	0	90,000	114C006593			
專 任 研 究 助 理	536,951	520,112	0	520,112	114C000800、 114C001345、 114C001971、 114C002490、 114C003169、 114C003867、 114C004424、 114C005185、 114C005884、 114C006708、 114C007621、 114D009972			
保 費、退 休 金 或 離 職 儲 金	96,497	96,061	0	96,061	114C000800、 114C001345、 114C001971、 114C002490、 114C003169、 114C003867、 114C004424、 114C005185、 114C005884、 114C006708、 114C007621、 114D009972			
二、 業 務 費	519,360	407,457	0	407,457		勞 動 部 補 助	100%	1,146,103

						部 分		
臨時工資	27,360	0	0	0				
採樣分析 費用	391,000	368,520	0	368,520	114B046118、 114B046119、 114B059689、 114B059690、 114B069520、 114B069521、 114B069519、 114B073076、 114B077987			
採樣人員 費用	17,200	17,200	0	17,200	114B046118、 114B046119、 114B059689、 114B059690、 114B069520、 114B069521、 114B069519			
問卷調查 費	21,800	0	0	0		備註： 1. 單據編號：已確實匯 款之項目將填寫傳票 號(共10碼)。		
鐘點費	19,000	2,000	0	2,000	114B075273			
出席費	15,000	7,500	0	7,500	114B073109、 114B073110、 114B073111			
報告印刷 費	9,000	2,737	0	2,737	114B065480、 114B065482、 114B077065			
租金	10,000	4,500	0	4,500	114B068151			
保險費	4,000	0	0	0		合 計	100%	
臨床試驗 審查費	5,000	5,000	0	5,000	114B024458			
三、 差旅費	25,000	20,281	0	20,281	114B041761、 114B039174、 114B044192、 114B042567、 114B045812、 114B045922、 114B045921、 114B061785、 114B061784、 114B065483、	勞 動 部 核 定 補助金額		1,280,000

					114B066197、 114B066198、 114B073929		
四、 行政管理 費	12,192	12,192	0	12,192	114D006468	勞 動 部 實 際 可 補 助 金 額	1,146,103
合 計	1,280,000	1,146,103	0	1,146,103			

8. 附件八：專家討論會議紀錄

本計畫原規劃召開六次專家會議，以討論採樣計畫內容。然而，於實際執行階段，採樣流程相對單純且順利，相關技術細節已能依既定方法完成，故無須多次召集專家研商。最終僅於前期召開一次專家會議，主要針對問卷設計、調查內容架構及資料蒐集方式進行審議與確認，以確保研究工具之適切性與完整性。

本研究於民國114年3月29日召開第一次專家會議以檢視問卷之專家效度，會議內容如下：

(1)會議出席人員：

楊振昌醫師、楊孝友醫師、曹又中醫師、張榮偉副教授、許仁毓醫師、聞遠志醫師、蔡雨潔助理。





圖一、會議出席人員

(2)研究目的簡報

- 調查非礦區勞工(單純加工進口玉石的勞工)會不會也產生類似在礦區加工玉石勞工相同的疾病風險，並以問卷調查相關勞工的健康狀況。
- 以此研究呈現目前國內玉石加工業的產業現況，及了解曾經有多少勞工曾從事玉石加工。(在之前聯絡勞工及工會的過程中發現，國內目前還在從事玉石加工的業者人數有慢慢縮減的情況)
- 鼓勵曾經或目前仍從事玉石加工的業者接受相關健康檢查，並透過早期衛教介入以提高勞工的健康意識。

(3)研究進度報告

透過電話訪談調查全臺各地目前仍從事玉石加工之工廠。資料來源包含：OOOOOOOO工業同業公會、台灣 OOOOO 同業公會、網路蒐集的業者資料。



圖二、目前聯繫玉石加工場狀況

(4)問卷內容與專家建議

- 「基本資料」包含性別、年齡、教育程度，過去病史(或肺部病史)、家族病史、生活習慣(吸菸、飲酒、嚼檳榔)。

建議：若為受訪者自填，除了請受訪者填寫時勾選「有」、「無」，並加註下列字樣以提醒受訪者填寫後續答案，例如：勾選「有」過去病史時，加註「請勾選以下哪些？」或是「如下選項可複選」等文字敘述，便於受訪者進行填寫或使訪員能協助詢問。

- 「呼吸自覺症狀」（心血管疾病、呼吸系統症狀）。目前是否有在接受醫療就診之簡述。

建議：問卷設計應以簡明易懂語句表達，降低受訪者的理解困難。

- 「工作狀況」：目前的工作、工作時間、年資等，以及過往的工作經歷。

建議：考慮到工人的過往工作經歷會有不同，建議填寫欄位新增兩欄位。

- 職業病調查問卷收案對象是否僅限現場玉石加工作業人員？

建議：考量事業單位的規模與營業型態，工廠或個人工作室之格局多半是加工區與行政辦公區相鄰或是同處一個空間，部分行政人員可能亦暴露於粉塵作業環境中，本次收案對象預計涵蓋行政人員。

(5)問卷設計

根據專家會議修正之問卷，增加呼吸自覺症狀描述並根據作業流程、工作環境保護與個人防護具配戴進行工作暴露矩陣評估。本問卷已於114年4月24日通過臺北榮民總醫院人體試驗委員會(IRB)審查，核准文號為北總臨研保字第1145000384號，詳見附件一、二，問卷詳見附件三。

(6)討論事項一：受試者群體

- 專家提問：目前已聯繫上可進入工廠進行採樣與訪問的家數為8家。就統計家數來看略少，是否有發文或是以什麼管道來尋找受試者？

回覆：有發文至同業公會招募受試者，但受試者參加意願不是很高。

建議：可以健康宣導方式提升廠商參與意願；或是在詢問調查訪問的過程中暫不提及可能的危害，以循序漸進的方式表述研究內容目的等，進而可以較順利招募受試群體。

(7)討論事項二：採樣方式

- 提問：接受訪問的工廠之工人，當日的加工程序不一定為四個工序都做(切割、粗研磨、細研磨、拋光)，因此採樣會以當日有做的工序去蒐集樣本，是否能涵蓋所有主要加工工序？

建議：為確保樣本完整性，利於後續風險或暴露評估建構，建議與廠家溝通或是與環測公司討論儀器架設方式，以使每個玉石加工之工序都能進行採樣與蒐集，讓後續蒐集的結果能更加完善。

(8)討論事項三：重金屬採樣

- 體液微量金屬濃度檢查採集：玉石加工中所使用的切割、研磨、雕刻之工具和設備也可能釋放含有重金屬的微粒，因此，本計畫協助加工業者進行特殊作業健康檢查，並採集體液進行重金屬濃度分析。

建議：專家委員評估有關金屬的蒐集執行上會有難度，且採集檢驗後的結果濃度略低，預期結果會較不顯著。建議先進行作業場所訪視來佐證加工過程中確實有明顯的金屬微粒殘留，再決定後續是否有必要進行體液微量金屬濃度檢查。

(9)討論事項四：肺功能檢測

- 除利用問卷評估肺部疾病與空氣石綿採樣外，建議可利用簡易肺功能機，幫勞工進行肺功能量測，以檢查是否有阻塞性或限制性肺病。