

# 花蓮石材界何去何從

台灣的石材產業始於民國 50 年代花蓮大濁水白色大理石、爾後 60 年代清水溪蛇紋石，而 70 年代後期花崗石開始進口供應國內所需，至 80 年代，台灣石材產業已在世界舞臺上佔有一席之地。回顧過去四十年來，石材業今天能有如此發展，石材業者的胼手胝足、慘澹經營實在功不可沒。面對未來，台灣石材產業所將遭遇的難題，除了國內外景氣所造成的供需問題外，對於打破保護政策、提倡自由競爭、擴大世界貿易的世界潮流，台灣加入 WTO (World Trade Organization, 世界貿易組織) 已是不可避免的趨勢，而要如何因應台灣石材業加入 WTO 後可能產生的衝擊，繼續讓石材業在花蓮生根繁榮，是每一個台灣石材業者當前所必須深思的課題。

## 一、加入 WTO 後對石材產業的影響

隨著我國加入 WTO 的腳步，過去幾年來我國為了符合 WTO 規範的各項協定和基本原則，在貿易制度的改革、經貿法規的擬定、政策透明化、關稅減讓、非關稅貿易障礙之解除、以及市場開放等方面，做了許多的努力，也獲致了相當的成果，為台灣成為 WTO 正式會員做好了暖身的準備。但是，將來台灣一旦入會後，持續調降的關稅、非關稅障礙的完全撤除、以及國外競爭產品的漸次輸入，不可否認地仍會對國內產業仍造成一些衝擊。

另外值得注意的是，GATT (General Agreement on Tariffs and Trade, 關稅暨貿易總協定) 在 1986 年的烏拉圭回合談判的「補貼暨平衡措施協定」中針對「補貼」做了明確的認定，舉凡政府的加工出口區、中小企業發展基金支援中長期輸出貸款、民營企業購置自動化投資抵減優於國外進口等等都可能被列入「禁止性補貼」的名單，一旦出口國採補貼或傾銷等不公平貿易手段時，進口國可採貿易保護措施。因此，就政策面而言，未來台灣一旦入會，政府將不會再以輸出貸款或獎勵輸出等產業政策來鼓勵業者，否則將導致國外課徵平衡稅，造成更大的國家、產業損失。

在此，我們也就原石、石材製品與原物料方面來看未來台灣入會後，可能受到的

影響。

## 一、大環境的變遷

花蓮石材產業近三十年來號稱世界第二，僅次於義大利。然而，此項重點民生工業所潛藏的諸多問題卻值得我們深思。茲探討如下：

1. 國內礦源開發不易，礦石資源缺乏，且過度仰賴進口原石，進而阻礙產業發展。復以進口原石在匯差的壓力下直接反應到成本上，頓失產品競爭力。
2. 內銷比率佔 83%，為石材銷售的主要途徑。外銷管道不足、銷售過度集中國內市場所衍生的缺失如下：
  - (1) 國內生產過剩而趨疲軟的價格，已是欲振乏力。
  - (2) 技術勞工短缺。
  - (3) 產業升級緩慢。
  - (4) 惡性競價。
  - (5) 產銷失衡。
3. 外銷比率僅佔 17%，而其內的 80%又以中國大陸為主力市場，在不景氣及貿易自由化之雙重衝激下，石材業者若無危機意識及時尋求解決辦法，則在競爭愈益激烈的大環境之下已是危在旦夕，終將遭致淘汰。
4. 中國大陸開立信用狀之繁文縟節與百般設限使得許多買主面臨無法開狀之窘境，迫使花蓮大半石材業者不得不以寄賣方式尋求行銷出路。由是任人宰割、委曲求全的【寄人籬下】之局因應而生。尤其甚者，同業之間為求自保與生存而逕自惡性競價，造成利潤空間之極小化，甚且形成自相殘殺之局面，而讓中國大陸的買主坐收漁翁之利。

## 二、進軍中國大陸北方之利基與誘因

1. 中共錢總理此次大力查緝、整肅海關走私、逃漏稅之舉，雖迫使花蓮多數業者遭無法出貨之苦，然而也因時制宜的使通關問題合理化、合法化，對於殷實經營的業者不啻為一針強心劑，因為北方的價格將因此而得以不受南方價格「非法」底廉之影響，可保售價立於不墜之地。
2. 在一波波的金融風暴、亞洲各國皆滿目瘡痍中，只有中國大陸及美國幾乎毫髮未傷，這一年來的多災多難，反而強化了中、美兩國的影響力。以中國目前在

亞洲具影響力的經濟實力而言，加以中國大陸的基礎建設正如火如荼的進行中，可謂全世界僅存胃納最大之石材建材消耗國。掌握商機、捷足先登的攻佔其市場已成勢之所趨。

3. 由歐洲及台灣進口之板材目前皆集中於南方深圳一髒亂不堪的「紅樹林」。由於貨品集中、量大且具多重選擇性，北方廣大的客戶群均專程搭機前往該地進購板材，使得紅樹林成為板材銷售的黃金之地。然而，近年來由於廠商惡性競價，導致售價大幅下滑，有些且達不敷成本之境，前景堪虞。北方市場卻具相當大的開發潛力，仍大有可為。
4. 眾所周知的，花蓮已有許多業者前往上海投資設廠。可惜均採各自為政、單打獨鬥方式艱辛奮戰，有爾虞我詐的情勢下恐有被大陸買主各個擊潰之慮，實不可等閒視之。復以上海之石材市場不似紅樹林的集中於一區域，方便客戶的採購，力量的分散造成遠到客戶的不便，同業間又欠缺了良性的溝通與互動，以致上海市場始終無法超越南方的紅樹林。

### 三、石材產業根留台灣之必要性與重要性

1. 設若業者一窩蜂的將一次加工之拉鋸生產設備移往中國大陸，不啻將此石材產業從花蓮連根拔除，並在無形中壯大了中國石材業的實力，促使其取代花蓮石材業位居世界級之地位，屆時中國勢將不再具備向台灣進購板材之必要。試問？300 多家石材廠商到時將何去何從？又該如何自處？此問題之嚴重性實在發人省思！
2. 固守在花蓮石材產業根據地在運籌帷幄及策略的運用上雖有其絕對的必要性，然則，開拓行銷管道以紓解石材業界庫存之沉荷壓力又誠屬燃眉之急。當此進退維谷之際惟有憑藉高度智慧化解危機，進而規避業者之間的認知失調。

### 四、因應之道

1. 由台灣區石礦公會主導，對石材業者進行時局的剖析與勸導，約束業者將一次加工機器運輸至中國大陸設置、切割。否則，在可預見的五年內花蓮石材產業將潰不成軍、毀於一旦。
2. 中國大陸北方的首都重鎮北京在律令規章上較具完整性，復以市場潛力無窮，

極具進駐的價值。花蓮某家規模盛大之石材廠經由台灣投審會核准，正式於北京註冊、登記並在今年 7 月 14 日開幕。該公司於北京田村阜石路建材街上堪稱最具規模，且庫存量最充裕之石材供應商場，且在開疆闢土的過程裡已由嘗試錯誤之中規劃出順暢的管道，並樂於提供有意進駐建材街的所有業者必要的資訊與服務。

3. 花蓮石材業廠商若是能集結力量，共同於田村阜石路上的建材街營建類似【紅樹村】的石材集散地，使得石材需求商不必再專程搭機至南方採購而能就地取材，在資訊的取得與板材的供需上皆可取得平衡點。則不僅可為花蓮石材產業帶來一線生機，更可挾〔結市〕的優勢廣拓行銷通路，再創花蓮石材產業於北京的奇蹟。

## 貳、天然石材

### 一、石材的定義

地球上岩石雖然俯拾皆是，但適合用在建築石材者卻不多，因為建築石材必須符合下列幾個特性：

1. 顏色、花紋美觀一致，不含有害成分或會使石材變質者。
2. 硬度、強度適中，可加工成型並能經久耐用者。
3. 產量豐富，可大量持續供應者。
4. 解理、裂縫少，成材率高，可供大塊採取者。

建築石材的定義根據 CNS11318/A1041 建築用天然石材詞彙一般名詞中的解釋：建築用天然石經挑選、剪裁或切鋸成特定或規定之形狀尺寸，且該建築石材之面或多面可用機器磨光修飾，亦可全無表面修飾。除了定義理面的敘述外，建築石材仍具備足夠的強度及可加工性。

### 二、天然石材的分類

天然石材的礦物組成與岩理(Texture)可決定其物理化學性質，所謂的岩理是指組成岩石礦物顆粒的大小、形狀和排列方式而言，也包括它們膠結組成的情形，並可藉由礦物組成與岩理來判斷石材的種類。

岩石依生成及來源可分為火成岩、沈積岩及變質岩三大類，其主要特徵及常見石材種類如表 1 所示：

表 1 岩石分類表

岩石分類	火成岩	沈積岩	變質岩
岩石組織構造	礦物組成以角閃石、輝石、雲母等深色鐵鎂礦物及長石、石英等非鐵鎂礦物為主。礦物結晶顆粒彼此緊密鑲嵌。	層理為主要特徵。構成主體的顆粒藉由膠結物填充其孔隙，也是常見的構造。常含有完整的化石。	層理經應力作用，受到破壞，所產生的摺皺及葉理構造，為主要特徵。
常見石材種類	印度紅、南非黑、藍珍珠、菊花崗	砂岩、木紋石、新米黃、金峰石	和平白、蒙地卡羅、板岩、蛇紋石

目前商業上所使用的石材一般分為花崗石、大理石及砂岩、板岩等，其分類並非如地質上的定義，商業上幾乎將所有火成岩都可稱為花崗石，由火成岩變質的變質岩亦稱為花崗石，再依產地或花色特徵加以命名。在組成上以石英、長石、雲母、角閃石等鋁矽酸鹽類礦物為主，通常長石的含量會多於石英，紋路及色彩甚為豐富，硬度較大且較抗風化，自古即被作為主要建材，但由於台灣不產花崗石，早期的利用不多，近年因加工技術的進步，花崗石在建築上的運用與日俱增，儼然成為建材的新寵。

大理石為石灰石及白雲石的變質岩，在地質上稱為「再結晶石灰岩」，指的是碳酸鹽類經壓力及熱力變質，發生再結晶作用，結晶顆粒通常呈互嵌狀組織。在組成上，大理石與石灰石都以碳酸鹽類礦物為主，但在組織構造上，仍可發覺其差異，大理石具有變質岩的摺皺和結晶礦物互嵌組織等變質岩岩理，石灰岩則通常具有層理組織。不過商業上仍將大理石與石灰石全歸納為大理石。另外值得一提的是，蛇紋石在組成上雖然屬鋁矽酸鹽類礦物，但是由於許多性質與大理石十分接近，在建築的應用上與大理石相同，因此在習慣上也將蛇紋石稱為「綠色大理石」。台灣東部所產的大理石及蛇紋石，已有數十年的開採及加工歷史，品質優良，尤其是蛇紋石，廣受世界各地的喜愛，值得推廣成為台灣的代表石材。

砂岩主要是由石英、長石等碎屑組織構成，由氧化矽、黏土、方解石等膠結物填充而成，適合塊狀堆砌使用，依所含填隙物質及膠結物質之不同而分為矽質砂岩（以二氧化矽為主要膠結物質者）、鈣質砂岩（以碳酸鈣為主要膠結物質或砂岩中之副成份礦物或以上兩種皆有者）、泥質砂岩（黏土礦物為膠結物質）及鐵質砂岩（氧化鐵或氫氧化鐵為填充物質或膠結物質）。

凡是具有板狀構造，沿節理面可剝成片，經過輕微的變質作用的淺變質岩，統稱為板岩。多由黏土、粉砂、鈣質或中、酸性火山灰組成，原岩因脫水，硬度增加，但礦物成份基本上沒有重結晶或只有部份重結晶。外表呈緻密隱晶質，礦物顆粒很細，肉眼難以辨別。有時在節理面上有少量絹雲母及綠泥石等新生礦物，使板岩略顯絲絹光澤。常見的板岩有矽質板岩、黏土質板岩，雲母質板岩等。砂岩和板岩在國外，使用範圍相當廣泛，但是在國內的應用方面及使用量，仍有待推廣。

## 1. 原石及石材製品

目前台灣的原石進口除了對中國大陸地區有輸入上的限制外，關稅的稅率為免稅，因此，入會後，將無關稅調降所造成的價格競爭等問題，對於目前由中國大陸以外的原石進口地區而言，將不會有太大的影響。

加入 WTO 後，比較可能受到影響的是大陸大理石開放進口的部份。目前，從大陸進口的花崗石原石、大理石原石佔總原石進口的比例各為 40%、19%，是我國最大的原石進口國，主要原因是大陸原石的種類較多、價格低廉。但是，政府基於保護國內產業以及政治面上的考量，針對中國大陸大理石進口的部份設定了限制條款：規定以目前台灣地區自國外進口之大理石原石總量的四分之一為上限；並且規定每進口一立方米的原石，廠商需捐出 150 元新台幣作為石礦發展基金。一旦，台灣對大陸原石進口限量、配額措施被取消，未來大陸大理石原石進口可望大幅增加，對於降低石材加工業者的成本，有相當大的助益。相對於國內採礦業者而言，國內石材礦開採的經濟效益在評估上可能會失去競爭力而導致停採，導致國家總產值的降低。因此，如何針對國內具有特色的蛇紋石加以利用、開發，應是台灣石材產業重要的一個發展方向。

## 2. 石材原物料

目前台灣石材原物料的現行關稅如鋼砂鋸片 8%、鑽石鋸片 5%、鋼砂 2.5% (部份地區如義大利、西班牙、南非等國家免稅)、磨石 5%、索鋸 12.5%、金鋼砂免稅。進口主要國家如，鋼砂鋸片主要來自義大利、日本、大陸；鑽石鋸片主要來自日本、泰國、義大利；鋼砂主要來自西班牙、義大利、南非；磨石主要來自日本、義大利、印尼；索鋸主要來自日本、韓國、德國等等，進口值皆不大，年進口值約在 3 至 5 億之間。未來台灣加入 WTO 後，由於大部份原物料皆來自國外，受惠者主要為石材加工業者，而受到威脅的主要是國內石材耗料的生產廠商。

以鋼砂而言，目前國內的年需求約為 5 萬公噸，市場價格為世界流通價格，約有七成來自進口，且多來自關稅優惠地區如義大利、西班牙、南非等，享有進口免稅之優惠關稅，除了目前進口鋼砂受到部份國家以低於市場價格大量進口國內，導致國內鋼砂生產業者損失外，未來台灣即使入會亦不會對鋼砂進口產生價格上的衝擊，預期對石材加工業者來說可說是無太大的影響。

以磨石而言，目前磨石生產為一勞力密集產業，目前國內年使用量 1000 萬顆中約有四分之一來自進口，日本及義大利為台灣最大的磨石進口國，分佔進口比例的 46%、29%。另外，基於產業保護與政治上的考量，目前大陸地區磨石禁止進口，而未來一旦關稅下降、市場開放，主要的衝擊將來自大陸的磨石大量進口。因此，以目前 5% 的進口關稅率而言，磨石關稅率調降對石材加工業者所產生的成本降低效益將極為有限；但是對於國內磨石生產業者而言，一旦台灣加入 WTO、開放市場，具有廉價勞力、土地等成本優勢的大陸磨石將大量取代台灣現有的磨石製品，使國內磨石廠商在價格成本上喪失競爭的優勢。

未來磨石業者的因應之道唯有加強自動化生產設備以降低人工成本外，也必須加快研發腳步開發符合環保、高效能、高單價的新產品，突破目前的瓶頸、保有市場的競爭力。

## 參、台灣石材礦源

本省石材工業肇始於大理石開採，爾後陸續發展化石及蛇紋岩類石材，進而奠定石材加工王國的地位；但相對於世界其他石材大國而言，本省的石材資源就顯得相當薄弱，不僅缺乏花崗石類石材礦，就連同舊有著名的大理石、化石及蛇紋岩礦也因各種環境變遷與自然資源條件等問題而漸漸缺乏競爭力；根據台灣省建設統計（礦業）資料顯示，85年共開採大理石石材約8萬9千立方米，蛇紋岩石材約6萬2千立方米，化石石材僅526立方米，分別較84年減少0.5%，增加3.47%及減少81.9%，由數字顯示大理石與化石已漸漸減產，蛇紋岩則持平。近年來受到國內建築景氣低迷、國內外石材市場惡性競爭及新興石材國家的崛起因素，與國內環保/景觀保育意識抬頭等雙重影響下，本省石材礦相關產業生態已經產生許多改變，以下就礦產資源、礦山建設/開採、石材品質、石材市場等方面進行現況報導，以其讓石材業界共同注視目前本省石礦危機。

### 一、礦源資源方面

#### 1. 和平地區

本地區屬於大南澳變質雜岩的長春層部分，主要為大理石、片岩或片麻岩互層、斷層褶曲或節理相當發達，因此一般礦體相當破碎，成材率極低；本地區經多次地表地質調查及部分鑽孔資料顯示，石材蘊藏量可達14億公噸，石材以白色、白底黑紋或灰底黑紋為主，局部地區紋彩隨地質構造呈複雜變化，本地區目前僅存榮工處及永建兩石材礦少數（陸續）生產。

#### 2. 和仁地區

本地區屬於大南澳變質雜岩的九曲層部分，主要為黑色系，灰色系大理石及片麻岩，綠泥石片岩，本區同和平地區相似，地質構造多期且複雜，總體成材率低，蘊藏量估計可達20億噸左右；本區石材以黑灰及網花系列為主，但紋彩變化複雜、結晶粒度細緻；本區目前無相關石材礦生產。

#### 3. 瑞穗地區

地區屬於大南澳片岩的玉里帶，主要由黑色片岩、綠色片岩、矽質片岩及各種外來岩塊為主，而蛇紋岩體通常呈塊體狀（外來岩塊）與片岩混雜；本地區變質/換質作用相當發達，熱水活動多期，因此常賦生許多後期充填脈，例如碳

酸鹽、滑石、閃石、綠泥石等等；本地區蛇紋岩大致區分為深綠、中綠及淺青等系列，並且具有白紋或綠紋花紋組織，紋彩變化複雜，晶質／等級分類困難；本地區各礦體條件不一，少數成材率可達 4 成（瑞欣），其餘皆 3 成以下，目前共有計瑞欣、瑞文、久益、聖昌四個石材礦開採，月產量可達 5000 噸；總蘊藏量約 1200 萬公噸，其中以瑞欣最具規模及品質／條件較佳。

#### 4. 玉里地區

同瑞穗地區皆為玉里帶，仍以黑色片岩為主，但本區外來岩塊出露頻率高，包括變質斜長花崗岩，變質枕狀玄武岩，異剝鈣榴輝長岩及蛇紋岩體等等，本地區蛇紋岩體分佈於清水溪中游兩側，呈弧山或圓包狀出露、礦體規模大，由於受到複雜的構造運動，熱水活動及蝕變嚴重，礦體破碎，紋彩複雜及各式充填脈充斥；基本上仍以綠色系列為主，大都屬於中綠—淺青系。本地區蛇紋岩石材蘊藏量估計約可達 1 億噸左右，目前計有三泰、東南、泰山、東品行、章昌、久寶林、國華等石材礦開採，月產能約 1 萬公噸左右。

#### 5. 東海岸地區

本地區主要以化石炭岩為主，主要分佈於大港口至成功一帶的海岸山脈，屬於海岸山脈大港口層；本區域石灰岩體主要以凸鏡狀出露，介於都巒山層安山碎屑岩及下層蕃薯寮層沈積岩之間，因此除石灰岩本身組成變化（成岩作用，化石種類，比例等因素）外，局部地區混雜火山角礫或沈積岩，再加上板塊構造運動因素，使得礦體品質變化極大，成材率低，石材品質／紋彩差異大，本地區預估蘊藏量約 2 億公噸，但目前僅存台東成功一帶進行少量開採。

#### 6. 其他地區

本省蛇紋岩除玉里及瑞穗外，西林及萬榮地區亦少量不定期開採石材原石。

## 二、礦山建設與開採方面

本省開採石材礦已有三十餘年歷史，從早期人工開鑿（河床轉石），爆破／土工機械、人工鑽孔到目前現代化採礦機具運用，礦山的建設，規模及生產能力不斷地提昇，但由於本省各種石材礦體屬性不同，條件不同等因素，各礦區作業方式也非全一面性現代開採。目前石材礦開採對象包括轉石、轉石堆積層、局部性塊狀塊體及塊狀礦體等四類，前三類大都利用土木機械配合局部爆破及排鑽等方式進行取材工作（大

破)，後者則直接採用索鋸／鏈鋸等切割工具進行階段面取材，前者對於破碎礦體或堆積層是為有效率的採掘方式，但相對地卻降低成材率，增加原石瑕疵，廢捨石量及工安問題等等，因此目前礦務主管機關已漸漸禁止此法開礦，或設立更嚴格的規定讓業者降低開採利潤而自然淘汰。至於後者，則為主管機關近年來大力輔導及補助，現代化機械開採不但能提高成材率，有效利用資源，更能減少原石整型作業，減少廢石量及環境破壞等等，但此法仍不適用於破碎礦體或組織構造複雜的礦體，而且相對成本及維護費用較高。另一方面，在原石切割（小破）方面，由於索鋸及鏈鋸高效率的切割，已為大部分礦山所採用進行原石整型切割作業。

在礦山交通建設方面，由於原石噸位及尺寸逐漸增加，進使礦區聯外產業道路不斷地加強維護與整治，早期泥濘，顛坡及狹隘的林道，大都不復存在，取而代之的為平坦，堅固的運輸幹道，甚至部分地區已有全程水泥路面（瑞欣石礦），大大提高運輸效率；另一方面，礦區道路大量的開闢，雖然有助於交通運輸便利，但卻嚴重造成環境景觀破壞，甚至危害水土保持（尤其玉里地區“網路”系統著稱）。目前礦區運輸大都以 20 噸以上的平板卡車或卡車搬運，部分地區卡車不但老舊，而且往往都超載，在陡峭的山路行駛下險象環生，相當危險。目前山區運輸價格約 4-5 元／噸，平地運輸為 2 元／噸。

### 三、石材品質方面

台灣地區位處於板塊聚合碰撞帶，所以各種構造活動及伴生的變質／換質，熱水活動相當發達，因此伴生於大南澳變質雜岩體內的大理石，蛇紋岩及新生代海岸山脈的石灰岩普遍成材率低，花紋組織變化複雜，各類瑕疵充斥，造成石材品質差異性極大，均一性極低等現象。

在大理石方面，受到各種矽化作用，白云岩化作用，漂白作用及構造運動影響，顏色從純白、灰白、灰到灰黑系列均有，花紋組織從均一無紋到各種網花狀，分層分帶狀均存在，而且同一礦區或礦層都可能產生變化；早期本省大理石以高品質的和平白、白底網花等系列最為著名，但目前相關產源已枯竭；目前大理石主要的瑕疵包括裂縫、花紋組織協調、色差、風化孔洞／溶蝕洞、粒度不均一、硬度不一（拋光度不一）、組成礦物變化等等。另外，由於大理石礦體條件較差，大都分原石尺寸較小，而且外形不佳，無法完全適合鑽石拉鋸機規格。

在蛇紋岩方面，由於母岩（超基性岩）的成份組織差異及後期換質作用程度不一，構造搬運作用及熱水作用影響下，組織花紋差異性大，具有綠網紋系列、白網紋系列、流紋系列、角斑塊系列或塊狀系列等等，顏色表現由深綠或墨綠黑系列到淺青／草青系列均有；由於本省蛇紋岩特有的沈穩、華麗及高貴的綠色表徵與柔和平穩的花紋組織，使得在國內外石材市場頗受歡迎，尤其以墨綠系列流紋或白網花等相關產品（一級品）最為熱門，但目前相關品質的蛇紋石已大致枯竭；基本上蛇紋石大都具備許多瑕疵構造，主要瑕疵包括裂縫、剪力縫、綠泥石／滑石脈、色差、銹斑／銹染、風化、雜疤（臭疤）、洞孔／溶蝕洞，花紋不協調，組成礦物不均一，硬度不一等等；另外，本省蛇紋岩由於富存大量碳酸鈣、碳酸鎂充填脈或礦物，在大氣或酸雨條件下，容易產生白華現象；此外，部分蛇紋岩雜夾大量磁鐵礦礦物或其他軟質礦物（如綠泥石、滑石等），也極易遭受風化產生銹化或剝離現象，造成石材品質的下降，但在最近施工法的改進與養護觀念的推動下，已大量降低病變機率。

一般而言，目前市場大致以顏色區分三級蛇紋岩（墨綠、中綠、淺綠），但為因應建築裝飾整體表現及品質政策，各廠大都自行根據顏色、等級、紋路比率，紋路大小等等參數，進行細部分類，以維持花紋組織一致性，目前市場以墨綠、白紋墨綠等系列最具行情。在石灰岩方面，過去的大港口帝王石，因其顏色及細緻紋路組織而紅極一時，品質受到相當肯定，但目前成功一帶的化石石灰岩，因為組織強度較差，內部組成（生物骨骸、碎屑）變化大，在品質上具有較多的爭議，使用率已大為降低。

#### 四、石材市場方面

隨著國際石材市場的競爭與景氣低迷及本省內部建築需求下降等環境影響下，省產石材市場一直未見好轉，尤其大理石與石灰岩部分，已漸漸失去往日盛況；在大理石方面，主要受限於礦體成材率低及紋彩變化大等因素，使得原石正材供應量受到影響，原石品質無法掌控，因此工程使用遭遇困擾，使用意願大為降低。另一方面高品質的純白，白底網花及白底疏細黑紋等大理石，目前已極少見，相對地國外同系列高品質的大理石相當普遍，具有極高的取代性，所以省產大理石市場逐漸被取代。

另外，國內近年來採礦工資（平均 6 萬／月）不斷提高，礦業或相關法令嚴格卻無效率及環境保意識強烈抗議與質疑的環境下，泰半採礦相關業者已喪失採礦建設的信心與意願，甚至已達無利潤程度。所以省產大理石在內部及外部雙重因素衝擊下，明顯呈現萎縮凋零狀態，目前僅榮工處和平礦區進行少量開採，正材平均價格已跌至

4000 元／噸以下。

在蛇紋岩石材方面，蛇紋岩由於具有特殊紋彩及優越的顏色／質感表現，長期以來一直受到國外市場（美國、香港及大陸）及國人喜好，外銷相當活躍，價格與利潤表現良好，因此國內各礦區陸續引進現代化開採技術，進行高效率開礦工作，同時國外部分地區（例如義大利、希臘、瓜地馬拉、印度、古巴等等）也鑑於市場需求，進而大量生產與行銷，形成市場競爭趨勢。但在國際競爭下，省產蛇紋岩卻出現經營危機，主要原因包括：

1. 國內各礦區盲目開採，石材品質分類分級工作未落實，導致低品質充斥市場，不緊打壞市場價格行情，也讓使用者對蛇紋岩的“美”產生質疑，信心與意願下降，需求也因此降低。
2. 國內業者誠信不足，為消耗低品質石材或品管控制未落實，往往於貨品中雜夾次級產品，此舉對於要求嚴格的國外訂戶而言，已逐漸喪失對省產蛇紋岩及相關廠商的信心。
3. 國內各礦區開採作業不同，環境保護與育林等程度不同，相對地成本也不相同，但在低成本的下拔開採法未嚴格禁止下，產品價格威脅階段平面開採者，因此形成不等競爭，價格行情混亂且向下修正。
4. 國內過去著名的“大花綠”高品質的石材已漸漸不復存，無法再大量提供國際市場需求。
5. 國內蛇紋岩病變通病未有效防範及配合正確安裝施工與使用，導使石材建築頻頻出現病變，石材品質受到相當大的質疑與衝擊。
6. 國外相關蛇紋岩石材積極進行行銷策略，標榜品質保證，無任何病變瑕疵，嚴重分瓜國際市場。
7. 國內業者大量生產，但未配合行銷管道或市場需求，造成供過於求現象，互挖客源，彼此惡競爭。
8. 國內外石材市場總體需求下降，訂單須求減少。

基於上述種種原因作用下，蛇紋岩經營者日感困難，因此少數礦品紛紛採取量產及品質控制／分類，另一方面積極加強行銷與市場工作。

## 五、其他問題方面

目前國內各礦區均遭環保或照觀維護人士強烈抨擊，而相關法令繁雜，主管機關

(礦務局、林務局、水土保持局，各級縣市政府等等)多重管轄，行政效率不彰等等，礦業經營日漸困擾與困難。這已嚴重影響台灣石材基本礦業生存空間與條件。

鑑於上述各方面的探討與情勢發展，國內石材礦業可謂內憂外患，內憂來自國內礦源缺乏，經營者惡性競爭及整體環境改變(環保抬頭.....)，外患在於國際市場需求降低，品牌特色喪失，行銷管道未建全及他國強力競爭等。因此為持續石材王國盛名與維持國內基本石材礦業，進行各項改革工作是刻不容緩的，革新工作應包括：

1. 健全分類／分級制度及高品質政策。
2. 加強石材病變防範處理及相關病因探討。
3. 加強行銷工作及國際市場分析。
4. 分析各國競爭對手優劣條件。
5. 採取聯盟政策經營方式, 建立高品質, 好品牌與口碑。
6. 加強礦區各項建設，包括環境保護及廢拾石有效再利用。
7. 加強國內石材教育，將礦業融入教育中。
8. 推動各項行政革新，加強相關法令明確化，責任化及嚴格化。
9. 鼓勵國內各項建築設計採用省產石材。
10. 加強礦區與相關加工廠輔導與補助等等。

#### 肆、美國石材工業

美國天然石材市場有很大的部分是仰賴進口的美國國產的花崗石及板岩根據統計只佔所有石材消費量的 40%因石材產品會受到隨著經濟及人口成長影響的營建業的聯帶性影響所以在未來是深具商業潛力的。

在 1999 年 1 月中的 Stone World 雜誌即已預言美國的石材業在 1999 年將會是持續成長的狀況而廠商在 99 年計劃投資以獲利成長的做法是有 75%的廠商投資於加工設備上 40.8%投資於人力資源上而有 34%則是投資於市場的經營上。在投資於採購新設備上可發現有

1. 78%的廠商投資於採購工具上
2. 29%為拉鋸
3. 29%為磨台

4. 24%為採礦設備

5. 24%為橋剪

6. 12%為起重設備

關於投資於工廠的部分有 38.6%的廠商是用以改善其工廠設施 27.6%的廠商改善其展示能力的品質而有 13%的廠商用在改善其倉儲能力以投資於石材業的金額來看

1. 68%的廠商投資金額在\$250,000 美金以內

2. 19.6%的廠商投資金額在\$250,000 至\$500,000 美金之間

3. 8%的廠商投資金額在\$500,000 至\$1,000,000 美金之間

4. 6.7%的廠商投資金額超過\$1,000,000 美金以上

在投入的工作人力上來看 76.1%的廠商運用的人力為 20 人以內即有 90.8%的廠商所投入的人力都不超過 50 人。

#### 一、生產概況

一般由一次加工廠負責切鋸來自於礦區的原石荒料並設定了石材加工尺寸的厚度大小規格目前石材原料的最終加工規格如研磨拋光現在幾乎都可在礦區完成

##### 1. 花崗石加工

花崗石產品的加工生產在 97 年達到 1 億 1 千萬美金在 96 年時則為 1 億零 8 百萬美金但在產量方面 97 年的 444000 噸卻比 96 年少了 1%在全美 18 個有石材加工事業的州當中麻薩諸塞州是較特別的一州它的國產石材加工產量幾乎包辦了所有產量的 1/4 並且佔有超過 17%的產值另外喬治亞州明尼蘇打州北卡羅來納州南達柯達州佛蒙特州等都是再 97 年石材產量較大的州。

##### 2. 板岩加工

在 97 年時美國板岩產品有 25000 噸被加工生產出來與 96 年的 24700 噸相比相去不遠但在產值上卻掉了 18%只有 13600 美金而 96 年時則有 16500 美金。

#### 二、對未來消費量的預測

對美國未來石材消費需求量的預測將是增加的狀況其主要根據的原因是有較好的技術投入生產以及使用石材作為居家及辦公室建物的建材愈來愈被重視。

#### 三、商業交易關係

目前世界上的石材產品是依據其形態的不同而有不同進口到美國的管道現行市場上存在有四種類型的石材產品分別為原石荒料(供給一次加工廠的)石板(供給一

般的二次加工作坊)地磚製品及訂製品四種

1. 原石進口一般是由一次加工廠直接向礦區礦商或中間商批發商處買來。
2. 石板進口通常是由建材批發商進行，其中有部分的廠商設有二次加工廠可進行必要的加工石板，大部分會依訂單需求被裁製成所需的大小(用作檯面板或墓碑)。
3. 地磚製品進口多，由建材批發商來負責進口此類產品並銷售給經營天然石材及地磚的零售商或提供給作室內裝修及地板維修的零售業者，一般當有較大型的營建專案如商業大樓機場醫院學校等因其產品需求量很大，因而都會由建築師設計師工程師及開發人員組成專業營建團隊，他們必須去負責查對石材的產品特色與建地需求間的適用性，並且儘量排除中間商的影響親自去查驗石材的品質礦場及加工廠的生產力等，但目前在美國也有些例外就是有愈來愈多的石材地磚製品交易是透過可靠的供應商來進行的。
4. 訂製品的進口訂製的石材產品通常都是因客戶有大型或複雜的特定專案需求而採購進口。

#### 四、工藝標準及認證制度

目前美國並沒有具約束力的工藝標準或認證制度用來規範天然石材地磚應用於住宅所需之銷售但在商業水準上大多數的建築師及營建工程師需要有可用於比對材料特性的明確工藝標準規範通常是由 ADA(Act for Disabled Americans)負責訂定。

現行 ASTM C1028 號測試標準即是用來評定天然石材地磚的靜摩擦係數的工藝標準當石材地磚板被運用在地板或其他的表面時美國工業安全衛生單位要求的標準靜摩擦係數須大於 0.5 而若使用於公共區域或人口出入較多處之石材地磚的靜摩擦係數應大於 0.6 或更高。

美國的石材市場是龐大且未達飽和的其中還有很大的部分尚未開發在對於未來市場的預測中顯示由外國進口石材到美國具有非常驚人的潛力目前美國國產的石材仍無法滿足國內石材消費量所需因此造成市場上還有很大的範圍須依賴進口產品。

在 99 年天然石材的用量是成長的其最主要的原因就是因為建築物增加所造成的需求其中較特別的是一些屋主他們願意選擇以較炫較便宜的建材來取代生命週期較短的材料如地毯等因這種趨勢及理由造成天然石材的進口值從 93 年到 97 年增加了

24%其中花崗石進口更呈現出59%的高成長從93年的1億940萬美金到97年的1億7363萬美金板岩的進口成長則有78%從93年的2145萬美金到97年的3806萬美金。

進口到美國的天然石材大多來自義大利加拿大巴西(這三國的進口量從93~97年就成長了115%)南非西班牙和印度等國而義大利是這些進口國中的佼佼者這裡我們要問的是義大利他本身並沒有出產這麼多的石礦為何還能銷售出口這麼多的石材呢那是因為義大利從非洲印度土耳其西班牙及巴西及一些其他國家交換進口了大量的天然石材荒料例如就有不少的各種巴西花崗石被換成義大利式的名稱來進行貿易(如 Giallo Veneciano、Verde Riasa、Verde Diplomata 等)這些原石荒料由義大利人切割加工並提高其價值後再出口所以雖然 Giallo Veneciano 的礦場位於巴西國內但與屬於義大利的廠商所有並沒兩樣。

從另一方面來說義大利的石材廠商還提供了服務如品質標準快速運送及快速簡便的付款方式等)在在都使進口者會考慮向義大利下單採購當要進口天然石材到美國時透過附屬的公司分支機構或代理商以非常專業的方法去達成交期或在過程中保持買賣雙方密切的聯繫是非常重要的事。

在以消費量作為指標上大多數的天然石材都是被投入當成建材使用花崗石大多被用來當作建物正面的裝飾以及主要出入口的建設或使用作室內的檯面等用途

在佛羅里達的建材市場中大多數的花崗石為：

1. A 巴西的 Juparanas、Asa Branca、Amarelo
2. 印度的 Black Galaxy
3. 南非的 Black Absolute
4. 挪威的 Blue Pearl、Labrador
5. 西班牙的 Rosa Porrino、Azul Aran、Gris Perla、Azubel

這些供應的花崗石厚度通常為2cm及3cm的大板以及12x12英吋的地磚而板岩主要用來蓋屋頂及使用於建築物外部

## 伍、烏茲別克共和國的石材工業

位於中亞的烏茲別克共和國內，擁有數量龐大的建築用石材礦藏，超過30個以上的花崗石、大理石、石灰華和滑石礦場被開採，充分供應給石材加工業使用已有許

多年了。從礦區開採出來的原石荒料除了被運送到烏國境內的 19 家石材加工廠外，大部分幾乎都被外銷出口。

在 1970 年以前，烏國境內只有一家石材加工廠，位於 Tashkent 設立於 1934 年時，在當時每年約可生產 5000~6000 m<sup>2</sup>大理石地磚類的產品。現在，烏茲別克內較大型的石材企業公司都採用了其國產或進口的高性能機器設備來生產，目前國內還有五條義大利製的石材生產線正在組裝當中。

烏茲別克天然石材的開採利用，可溯及遠古時代，早在 14、15 世紀之初，在 Samarkand、Shahrisabz 及一些其他城市，大部分的建築物已廣泛的使用天然石材來修築。在 Tamerlane 統治時期，他建設了 Samarkand 城作為他的首都，設置了許多大型的建築，如今這些建築遺跡都完美的保存到現代，在古代的烏茲別克使用了大量的大理石來建城，如 Bukharaw、Khiva、Shahrisabz 等，有許多漂亮的建築遺跡，與義大利、希臘、埃及或印度的著名建築物相比，一點也不遜色。

烏茲別克的大理石礦藏能重獲新生，應得感謝在 1934~1995 年間莫斯科地下鐵的建築師們，他們將來自烏茲別克 Gazgan 大理石礦區的荒料依其顏色範圍與物、化特性，組織成一種規則，這種大理石的色彩劃分，使其大理石能被廣泛運用，如莫斯科的數個地下鐵車站、波蘭華沙的劇院，和一些俄羅斯邦聯內的獨特建築物都大量採用烏茲別克所產的大理石。

Samarkand 商業協會(BAS)最早由 8 家引起國外注意的烏茲別克石材加工廠組成，BAS 也是美國石材協會(MIA)的會員之一，1999 年 10 月 BAS 聯合開設了第一個烏茲別克天然石材產品展示場，在這個展示場中展出了最好的大理石、花崗石、瑪瑙等各種天然石材，經當地女匠師巧手加工製作的裝飾藝品及室內擺設用產品的樣品。BAS 所設的石材展場中的產品，曾參加過不少國際性的石材大展，如在美國舉辦的 STONEXPO '99、STONEXPO 2000，及由德國舉辦的 FAN 2000。除此之外，BAS 仍不斷繼續擴大尋找出口烏國石材產品，及進口國外技術、設備、行銷、服務、儲運與資訊服務的商業夥伴的配合，並且也不斷尋求國外的投資者來共同開創烏茲別克的石材事業。在國內有充足的石材礦產蘊藏量及設於其間的石材加工業者所組成的基礎上，使得烏茲別克的石材產品生產外銷出口充滿了商機。

在參加過美國及歐洲的石材大展後，顯示出烏茲別克大理石及花崗石的優良品質，其石材產品的最終加工及技術特性不但比國外著名的同等產品質優，在於色彩運

用上甚至更是超越外國貨，但不幸的，烏茲別克的石材礦業和石材加工業正面臨一些重要問題的考驗：

1. 沒有能達成符合國際標準要求的包裝技術。
2. 經地質調查選礦後的一些滑石、石灰華、石灰岩、砂岩等礦藏，因缺乏資金而無法順利開採利用。
3. 因欠缺大型的運輸工具及加工設備，使得從礦區開採出來的荒料體積都不大。

在考慮了前述的事實後，烏茲別克有必要於 Samarkand 舉行一場盛大的國際性石材加工技術、設備展覽會，以吸引國際企業的注意與投資。BAS 所屬的各種不同型態的企業公司正著手準備這件盛事，此外，一些位於 Samarkand 從事加工生產石材裝飾藝品，如珠寶箱、煙灰缸、花瓶、燭台、起士盤的中小企業，也正急須投資經費的挹注。

## 陸、澳洲的石材工業

在介紹澳洲石材工業之前要先說明的是，以供給、需求及商業活動三方面，來說明澳洲石材市場的生態，以使讀者能對澳洲的石材市場運作有進一步的瞭解。

天然石材被當作為建築材料的一種，是因為石材工業雖區分為礦業開採及專業石材加工，但其發展都與建築業的開發有關，如澳洲為了準備 2000 年奧運會的舉辦，即大量採用天然石材作為建築材料。在澳洲，一般而言，天然的石礦到處遍佈，但以雪梨及墨爾本為主要加工廠的集散地，目前，澳洲並未設有國家級的石材工業管理機構。

### 一、供給面

1. 雖然澳洲擁有豐富的石材資源，但這些石材資源的使用還是存在有相當的限制的，當地的石材工業規模很小，且無法滿足其區域性的需求。因此，澳洲在國際石材市場上所佔有的位置是較微不足道的，由於生產的物料成本較高且礦區的產品無法順利運送出去，故造成如此不適當的石材產品輸出地位，所以澳洲的石材在國際上沒有競爭力(尤其與勞動力低廉的亞洲國家相比)，甚至在和義大利進口的石材產品相比，其國產石材產品也只有被定位為次級品地位的份。
2. 澳洲每年約能生產 130,000 噸的天然石材，其中 37%是砂岩、22%是花崗岩、20%是石灰岩(無法拋光的)，而只有 1%為大理石，還有一些為板岩和其他類的石

材。即大約計生產有 50,000 噸的砂岩、30,000 噸的花崗岩、20,000 噸的石灰岩(含部分為特定用途的)。

3. 在澳洲的石材產品市場總值上，每年約值為二億澳幣，包括其國內的石礦生產及進口的荒料、半成品、成品等，產能需求約為每年 60,000 m<sup>3</sup>，而此已遠超過當地需求的平均水準(雖然自營建業發生巨量波動以來難以建立一精確的估算)。另外，在澳洲還有一個造成當地石材產業發展緩慢的事實，就是缺乏有良好技術與經驗的勞工，尤其是在操作特殊的機械工具生產上，澳洲的石材生產設備幾乎 100%都是由德國或義大利進口而來。雖然澳洲的石材工業似乎並不耀眼，但是澳洲的礦石資源深具潛力，受到國外投資者的青睞。
4. 澳洲的砂岩是最被海外市場所接受的石材，而花崗岩礦雖不出色，但供應到東南亞的荒料原石量正在穩健的成長中，而這也正可促進澳洲花崗岩的生產，並發展出一個對海外市場的供給關係。在澳洲來自於政府對石材業的支援是非常有限的，一般都是由澳洲貿易委員會(Australian Trade Commission)來執行，與其他國家如西班牙、義大利、葡萄牙等國的外貿單位相比，其實是非常微不足道的。
5. 目前澳洲的石材產品出口是非常有限的，砂岩的出口成長呈現出一種不穩定的狀態，它們在 80 年代急劇增長，但卻沒能維持該水準到 90 年代。而大部分的澳洲砂岩石材被出口到香港、日本、新加坡、菲律賓、台灣和紐西蘭等國。

## 二、需求面

1. 澳洲的石材市場規模對 1,800 萬澳洲人來說，是很輕微的，它非常小且大都集中在雪梨及墨爾本二個城市。事實上，澳洲國內的石材需求不足，遠小於其產能所可達成的量，故其石材工業的產能即可輕易達成需求的滿足。雖然如此，澳洲還算是個非常具有購買能力的國家，但對於各類石材產品的採購來說，卻遠低於一些能力相近的國家。
2. 澳洲人每年的每人石材消費量平均約只有 5kg，對與木材或磁磚的消費量平均相比，是還差得很遠，而澳洲還是當今世界磁磚的最大進口國。澳洲的石材市場，目前區分為建材及工藝兩大部分，但目前並沒有應用於工藝部分的詳細產值資訊，僅估計從生產者和進口者的供給來看，每年約 3,000 萬澳幣。在建材部分，其消費量佔了大部分的石材產量，在預期中顯示出：未來三年內，與居

住有關的建築石材用量，將呈穩定的成長(以 2000 年奧運會期間的預期來看石材需求是有成長的)。不過，從另一方面來看，對石材需求量的預測於今年之後將是不確定的，石材業發展的不確定性狀況，可能將因澳洲觀光業的增長而改善，這一特殊的事實，將隨著雪梨及墨爾本二大都市的翻新而來。

3. 澳洲在世界的石材市場上，算是較次要的石材進口國，1997 年進口額約為 7,200 萬澳幣，其中有一半的石材進口產品來自義大利。而在澳洲，義大利的優勢每年都很顯著，且其對澳洲石材市場的影響力是日漸成長的。
4. 在以上所說的澳洲石材市場趨勢下，有個微小的變化值得特別注意，就是有不少國家開始直接出口石材到澳洲，而不再經過義大利過一手。

### 三、澳洲石材市場的商業活動

1. 澳洲的石材需求雖然大都集中在雪梨及墨爾本二大都市，而其來源自國內其他部分與地區，澳洲在以建築業為主的石材產品的商業行為上，其所形成的石材市場是很成熟的，特別是來自進口的部分，而自義大利出口的產品就佔了澳洲石材進口產品的 55%，澳洲的石材市場只集中在少數的大廠手中，而這些廠商都是多元性生產的工廠，其中約有 200 家分佈在雪梨及墨爾本市之中，根據如此的結構，市場中大部分的產品還是來自於進口商及生產批發的中間商之手，只有少部分是來自於零售商。
2. 供應商為了要推廣其石材產品，通常會廣設展示場，並在參展時大力送出其石材樣品，以拓展行銷通路，這已成了一種通行的業務行銷模式。石材產品的價格變化，取決於其品質、最終加工方式，還有所要採購的材積大小，運輸是影響產品價格的關鍵因素之一，其可能佔到產品價值的 50%(平均為 30%)，而一般還要對產品加計 5%的營業稅。

### 四、規範

1998 年 6 月 5 日，澳洲標準局(Australian Standards)正式發布了 AS3700-1998 技術標準，作為石材產品的通行標準規範。在此之前，澳洲並沒有任何相關的石材行業技術標準，而在這個技術標準中，規範了石材應用於建築結構中，其物理及機械特性的最小要求。石材行業的專業標準一般來自以 ASTM(美係)及 BS(英係)的相關標準為主，而今透過澳洲標準局 AS 的設立，已有可直接運用於石材產品上的參考標準，石材廠商可依此標準來決定產品的尺寸大小及價格的關係。

## 五、澳洲的石材市場

受到義大利進口的石材產品所支配，為一個成熟的市場，在這個石材市場中造成進口石材產品優勢的因素，是因為國產的石材產品遭遇到礦源、生產經營等方面的障礙而供需不平衡而來。

### 1. 石材礦源的障礙

澳洲儘管有非常豐富的天然資源，但在石材的種類和藏量上都不多，且石材礦源分散於全國各地，因距離遙遠及運輸困難，使得澳洲的石礦資源開採意願低落。而影響其國內石材工業發展的最大原因，還是澳洲對其國產石材的需求不足為主。

### 2. 石材生產及經營的障礙

經營澳產天然石材生產的工廠，因受到缺少地區性石材供應商之苦，並且無法廣泛瞭解國際石材市場的資訊，因為對澳洲國產石材需求不足之故，影響了當地石材工廠經營競爭力的發展。事實上，澳洲的國產石材產品不只要和國外市場競爭，還因為與多種的進口石材產品相比較，而被列為國內需求的次要選擇地位。

3. 澳洲國內所應用的石材產品幾乎有 2/3 是以進口品為主，澳洲的主要石材生產是砂岩、花崗岩和石灰岩，而砂岩是其中唯一切合國內需求的產品，且是開始能成功、穩定地出口的產品。地區性石材工業發展的最大障礙，就是對國產石材產品的需求不足，這是任何一家有意投入澳洲石材市場生產的廠商都要牢記的事。

## 六、澳洲石材業直接依賴於營建業的特性有：

### 1. 地理上的集中性：

目前，澳洲的營建業大都集中在雪梨及墨爾本兩大城，而在雪梨的營建事業又大多與去年的 2000 年奧運會活動有關。而位於布里斯班南面的黃金海岸，因觀光事業的發展，連帶影響其營建業呈正面的成長。

### 2. 不確定的未來：

澳洲石材業自奧運會結束後，其發展就顯得不明確，石材界的企業領袖還特別預言，未來的發展恐會遲緩。大家都希望這樣的發展遲緩現象，能因雪梨及墨

爾本週遭 2~3 小時路程範圍內的衛星都市的發展而改善，隨著觀光業的持續發展，營建業還是有成長的空間的。

七、澳洲大部分人對粉色系的石材較有偏好(灰棕色及粉紅色)，在雪梨及黃金海岸目前是嘗試著淺色系(白色、牙白、粉紅)的石材，而在墨爾本則是選擇較暖色係(棕色及紅色)的石材產品。花崗石還是大部分被運用在建物外部，而在室內裝潢上，大理石的使用則有增加的跡象，而有紋路的石材又比顆粒結晶狀的石材更受到歡迎。

八、在澳洲銷售出去的石材產品中，約有 55%進口自義大利，而義大利在澳洲石材市場的領導地位之印象，則因其多年來對石材產品品質、市場需求資訊敏銳而建立起來的，但目前卻似乎也存在了一些動搖，其理由為：

1. 義大利向來只把澳洲當成是個次要的石材市場，因此，也只賣出一些較次級的產品。

2. 來自中國、印度、巴西非常具有競爭力的石材產品，開始進入澳洲的石材市場。

九、要進入澳洲的石材市場必須要牢記以下數點：

1. 澳洲石材市場受限於其未來成長空間小且產量不足。從義大利進口石材到澳洲來賣，一年約 4000 萬澳幣的情況顯示，澳洲也有接受其他類產品(非國產品)的潛力。

2. 自新的生產者以非常具有價格競爭力的產品進入市場以來，出口品的水準即集中於高品質且穩定、合時宜的產品。

3. 透過當地建築師和營建業者對營建專案的宣傳，將會造成對石材產品全面且有效的行銷推廣。

4. 運用展示場的設置雖然是個顯著的行銷推廣方式，其負面效果與直接的商業活動都將會使得石材產品廣被週知，與石材產品只被堆放於廠裡而言，此方式將加強人們對石材產品的品質印象，而且這也將是經營澳洲石材市場較遠大且關鍵的做法。

## 柒、大陸石材開採技術

目前大陸地區正在開採的礦區有數千處，包括花崗石、大理石、砂岩、板岩等。

小型石材企業數目佔 95% 以上，其石材產品約佔總產量 90%，小型石材企業約佔 4%，產量佔 10%。石材開採方法以手鑽劈裂、炸藥崩山為主，其成材石材的出材率僅 5~10%，相較於先進國家的 80~85%，效益相差甚多，造成資源嚴重浪費。

大陸地區大規模開採之國營礦區近年面臨維持生產所需之建設與設備之投資以及沈重的人事經費，已逐漸失去競爭優勢，加上外資與本地企業紛紛投入礦山經營，因此除了少數國營礦區外，大部分已為個體經營之小型礦山開採。而這些礦山由於投資規模過小，不適用大型設備方式開採，目前所使用之開採方式如下：

#### 1. 手工打楔法

為最原始之開採法，借助簡單之鑿鑽工具，利用石材本身良好的劈裂性能來分離石材，雖然此法效率低、所需勞動力大且石材平整度差，但是目前在缺乏機械化得石材礦山，依然沿用至今。

#### 2. 鑿眼劈裂法

利用手持式鑿岩機或滑架式鑿岩機械鑽鑿排眼，鑿孔間距約 20 公分，鑽孔完成後，將一組鐵楔放入鑽孔內，借助鐵楔的擠漲力使鑽孔間產生貫穿裂隙並往下延伸，造成礦體的解體分割，此法在中國大陸運用最廣。近年來有利用液壓動力取代鐵楔擠漲力的作用，液壓劈裂器的壓力可達到 500 kg/mm<sup>2</sup>，可減少鑽孔數並增加開採效率。

#### 3. 膨脹劑靜態爆破法

在鑽孔中裝入以水拌勻之膨脹劑（氧化鈣），利用膨脹劑自身作用產生的膨脹壓力使岩石劈開，其作用過程為緩慢之靜力作用，故不會產生衝擊波、震動、噪音及煙塵等問題，但此法之作用時間一般需要 8 小時以上，且在低溫寒冷地區不適合使用且爆破之效果不易控制。

#### 4. 鑿岩控制爆破法

所謂控制爆破即為對石材採用保護性的爆破方法，使石材在爆破後，礦體原岩不受爆破傷害而保持原有強度，分離之塊石能整體成型，不因爆破而碎裂。依據爆破藥劑與方法不同，可分為數種爆破法，其中以黑火藥控制爆破法之使用最廣。黑火藥為威力較弱之普通炸藥，採用輕微爆破從岩體中分離出大塊岩塊，為了減少炸藥的威力，不致損傷石材，根據石材不同的材質可以採用隔眼裝藥、分段裝藥與不耦合爆破等方式，使其爆炸時衝擊能量得到緩衝而減少對

岩體的衝擊力。

## 5. 熱能破岩法

根據岩石中不同成分受熱因膨脹係數的不同而互相分離、自行破碎的原理，石英加熱至 750°C 之後膨脹係數與抗壓強度下降，而長石、雲母的膨脹係數則繼續上升，產生分離現象，通常石材中石英(SiO<sub>2</sub>)含量大於 55% 時效果較好。

當前大陸地區石材開採之普遍現象為石材成材率低、大規格原石比例小、加工廠與礦山分佈與供應不平均，其根本主要問題除了開採方法、機械設備落後外，包括以下各點：

1. 缺乏統一規劃安排，全國開採的石材礦山有數千處，但絕大多數礦山開採規模都很小，真正形成具規模、機械化開採的礦山不多，若能統一規劃，引進大型開採機械，必能節省開採成本同時大幅提高產能。
2. 礦山建設落後，未重視礦山建設，開採機具簡陋，仍採傳統石匠手工開採方式，生產效率、品質低劣、成材率差，導致礦山開採能力小，原石產量不足，特別是品質較好的石材種類原石供應特別嚴重。
3. 部份個體開採之礦區炸藥使用之觀念落伍，盲目使用大量炸藥爆破礦山，造成礦體破碎情形嚴重，難有大體積的荒料產出，對自然資源造成嚴重之傷害，同時影響下一階段之開採。
4. 礦山開採的前期評估工作不確實，沒有詳細調查礦山的開採特性及地質條件等因素，盲目地開採，結果常使生產效率不佳、礦源品質不穩定，礦石色差太大、礦體破碎、整體性差而無法建礦，造成不必要的損失。
5. 在沒有釐清礦山資源的情況下，盲目地引進開採設備，使引進的設備無法使用，或是無法配合現地條件發揮其應有的效益，同時只引進設備而忽視設備製造技術及其周邊配套產品。
6. 礦山資源管理不力，多數地方石材礦山的開採處於無政府狀態，相關法令無法貫徹執行，國營礦山被集體、個體開採者包圍，打擊了投資者對礦山投資的積極性，嚴重影響石材礦山的建設。
7. 人為因素使原石價格偏高，資源所在地對礦種價值不明，漫天要價，迫使投資廠家望之卻步。一旦新石種開發成功，產品成為搶手貨，部份投機者無證開採，爭奪合法礦山開採業者之利益，正常生產受到嚴重干擾。

8. 學術研究單位如地質大學、地質調查隊及地礦部等單位與礦區生產業者無法結合，許多研發出來的新式開採技術與觀念並無實際推廣至礦區使用，造成礦山建設與開發技術進步緩慢。
9. 礦區開發缺乏長遠的完整規劃，開採之後之採掘跡沒有作適當復原與維護工作而任其荒廢，嚴重影響安全性，同時對生態環保造成二次的傷害。

對石材產業而言，原料（原石）成本動輒佔總成本四成以上，特殊石種在市場上更往往具有不可替代的特性，因此石材業者如能掌握優良品質之礦源，在生產上已具有絕對之優勢，在市場上將立於不敗的地位。大陸地區資源豐富，平均每天都有新的石種被發現，在經濟利益的誘導下，大陸當局對礦區開發亦多保持樂見其成之態度，結果便導致粗糙的礦山開採與自然資源的嚴重浪費，而我們都知道，地球的資源有限且這些自然資源往往具有無法再生與不可取代的特性，一旦漫無節制的開發結果，其破壞必定是無法彌補，因此如何使自然資源獲得最有效的利用並兼顧生態環境，將是刻不容緩的議題，以下可能為目前可以嘗試之方向：

1. 透過先期之礦山評估，掌握有潛能開發之優良之礦權，完整之礦區評估應考慮各種層面，包括以下各項目：
  - (1) 內在礦山因素：地表與地下地質狀況、礦床品位、可採蘊藏量、裂隙分佈與所需剝除表土量等。
  - (2) 外在環境因素：礦區所在位置、交通建設、地形、氣候、水文以及相關法規限制等條件。
  - (3) 市場性與經濟價值評估：該石種是否可為市場所接受，此點甚為重要但是也最難評估，需有敏銳的觀察、洞悉市場趨勢，否則不管內外因素如何，不被消費者接受的石種，亦絕無投資開採之價值。
2. 引進先進開採設備與技術，以提升生產速度與成材率，減少資源之浪費，可由以下方向著手：

- (1) 提高鑽孔速率

大陸目前石材開採技術仍以傳統鑽孔劈楔法為主，該流程中，鑽孔佔全部工時配比 60% 以上，為決定開採速率的關鍵步驟，在現場時常可以看見工作面等待鑽孔劈楔之原石數量甚多，顯見鑽孔作業為劈楔法操作中最主要之瓶頸。傳統的鑽孔劈楔開採石礦主要使用之機械為空壓鑿岩機，其優點

為構造簡單、操作容易與機動力強，但是此開採法主要問題有勞力密集、鑽進率低、單位面積切割之排孔數多及作業衛生條件差等問題。

因此，適當引進鑽進效率高的鑿鑽機械，如工程中開挖隧道常用之鑿鑽機與自動控制機械手臂，配合以鑽石工具鑄成之高效能鑽頭，必能大幅提高鑽孔速率。此外，部份研究學者嘗試引進以爆破聚能之技術取代傳統的鑽切作業，其原理即是利用一個聚能的裝置，將爆炸所產生的能量匯集成一股速度與壓力極高之氣流而得到極大的穿透能力，惟如何有效地運用此一技術在石材開採方面則仍有待評估。

### (2) 適當使用火藥控制爆破

理論上石材開採使用價廉之炸藥化學能取代人工與機械作功是可行的，以高效能炸藥與排鑽法聯用劈岩時，可大幅度減少鑽孔數目，增加開採效率，然而由於鑽孔間距大時或非順層理開炸時易受岩體內其他弱面影響，導致劈面不平整、劈面方向無法控制，開炸效果差，因此如何控制劈面方向與平整程度以符合石材加工所需為首要突破之技術，而此相關技術在國內外相關研究與文獻中已有相當多之發表，適當引進以符合現場操作需求為極可行之方法。

### (3) 金鋼索鋸/鏈鋸開採法

鏈鋸法在工作面掘進之底切作業，無論在採礦效率、取材率、作業安全與減少廢石各方面皆有其優越性；而金鋼索鋸之垂直切割則在切割耗材成本及切割效率方面具有優勢，故以金鋼索鋸進行垂直切割並配合鏈鋸在工作面掘進之底切作業，開採之成材率可提高 10% 以上，廢土石產生量亦可減少 10% 以上。利用碳化鎢刀片鏈鋸切割水平深度 2m 之蛇紋石石材速率約為  $3.6 \text{ m}^2/\text{hr}$ ，其底切之效率遠較傳統開採作業來的有效。

## 3. 以企業經營觀念投資礦山

石材工業中原料本身之種類與品質已決定該產品之價值，且原石成本始終佔相當大的比例，因此如何先期掌握優良品質之礦源，成為石材經營者必須十分計較的環節。在過去，石材加工業者往往針對市場上的需求而到各礦區購買各種原石，不但價格掌握在別人手上，且來源容易不穩定而影響生產流程。

礦山經營雖然具有風險性，然而若有完整評估與敏銳的眼光，往往具有低投資

高獲利的報酬率，先進國家在經營礦產資源時，往往有一專業團隊進行評估，在早期尚未正式生產時便以低價取得礦權，當該產品形成市場需求時，其價值便以倍增方式成長。中國大陸現正值經濟開放迅速時期，各種新品種石礦紛紛被發掘，若能掌握契機，先期掌握具有開採潛能的優質礦源，必定能在市場上佔有絕對優勢之地位。

#### 4. 電腦在礦業開發設計之應用

礦區的經營動輒數十年甚至上百年，因此一個長程的礦區生產規劃是必須的，從最初的剝除表土、清理工作面、運輸動線規劃到採掘跡的最終處置、復原等，都必須有計畫階段性的進行，而以上工作，都可藉由電腦軟體來處理，透過電腦程式可以將各種繁雜的地質資料、開採流程及生產狀況等數據，以立體的圖面或圖表清楚地展現出來，提供礦區經營者做判斷與規劃。

#### 5. 礦區再生與永續發展

結合礦產自然資源與遊憩觀光產業是先進國家近年之趨勢，特別是接近都會區人口密集的礦山，當停止開挖生產後留下的舊工作面、採掘跡與老舊的開採機械，對景觀、環保與安全皆具有相當威脅，如能做適當的坡地復原與動線規劃，可將一原本廢棄之礦區改變成一兼具教育文化與娛樂的大型遊憩區，在國外已有許多以礦區為主體而開發成功的例子，台灣金瓜石的老舊礦區也朝此方向規劃，對開採結束的礦區而言，不但獲得再生的機會，更是企業對礦區永續發展經營的方向。

### 捌、石材開採之流程與技術

幾乎所有的工業原料與能源，包括金屬、非金屬材料以及能源礦產，皆需要藉由採礦工作才能被我們所利用，所以說礦業為工業之母，且為一個國家生存之重要命脈。在石材產業，我們所使用之材料為天然之岩石，而這些深埋在地下或深山中的岩石如何被開採出以供我們使用呢？

石材之開採主要可分為露天及地下開採兩種方式，在台灣由於石材礦場多位於山區，故多採用露天的階梯式開採法，其作業方式為沿山坡面依序由上至下成階梯狀一階一階地向下開採，每一個階面稱為一工作面或採掘面，一般標準的採礦工作流程為

鑽孔、裝填炸藥、爆破礦石、裝載與搬運，而石材開採與一般採礦作業最大不同點在於石材要求礦體本身的完整性，盡可能減少破裂發生，所以在爆破過程中便需非常注意，以減少對礦體之破壞，近年來由於鑽石工具的大量使用與開採機械的開發改良，傳統炸藥的使用量已大為減少，也相對增加石材開採的成材率，以下簡單介紹目前開採石材的方法（以蛇紋石礦為例）：

- 一、首先以底切機（鑽石鏈鋸）將欲開採之礦體與工作底面切開，形成一底部之自由面，並以枕木插入支撐，同時由礦體上方適當位置進行鑽孔，鑽進深度達底切之自由面為止。
- 二、以金剛索鋸穿過鑽孔，將礦體與內側相連岩壁鋸開。
- 三、在鋸開的裂隙中埋入爆破裝置（水炮），並以金剛索鋸切開礦體與側邊相連之岩壁，形成六個完全之自由面。
- 四、利用水炮膨脹之力量將礦體撐開，並預先在礦體倒下的位置上堆一層碎石以防止岩體破裂。
- 五、以兩孔相鄰 25~30 公分之密集排列鑽孔方式將倒下之礦體劈開成適當大小之原石。而近年來由於鑽石工具使用日益頻繁，已有利用金剛索鋸將礦體切開以增加原石之成材率，並可得到外型較方整且表面平滑的原石，有利於後續的加工作業。由於原石開採的主要製程為鑽孔與切割，為步驟決定速率之作業流程，鑽切之作業直接影響到原石開採的生產效率，有鑑於傳統鑽孔與切割的耗時、費力與高成本，部份學者嘗試引進爆破聚能之技術以取代傳統的鑽切製程。爆破聚能最簡單的原理即是利用一個聚能的裝置，將爆炸所產生的能量匯集成一股速度與壓力極高之氣流，由於爆炸能量集中在一極小的面積釋出，因此可以得到極大的穿透能力。相同的，水刀技術（Water Jet）也是運用此一原理而能夠得到極佳的切割效果。爆破聚能之技術以廣泛運用在國防工業、石油工業與隧道開挖等工程，如何有效地運用在石材開採方面則仍有待評估。

石材資源和其他天然能源、礦產一樣，雖然看似採之不盡、用之不竭，但是在人類貪婪與漫無節制的開發下，終有耗盡的一日，因此如何尋求最有效益的開採方式，避免自然資源的污染與浪費、提高其取材率與使用率，以永續發展的態度來經營礦產的開發，才能在兼顧地球資源與經濟發展的前提下獲得雙贏的結果。

## 玖、岩石特性與石材加工

廣義的石材定義為凡是具有一定強度、穩定性、可開採潛力、可加工性及裝飾效果之天然岩石。目前應用在商業上使用之加工石材包括火成、沈積、變質等三大岩石種類，其中以火成岩為最普遍，例如花崗岩、閃長岩、玄武岩，台灣自產之蛇紋石俗稱為綠色大理石，亦屬火成岩（蛇紋岩）之一。變質岩中有片麻岩、混合岩以及大理岩（為碳酸鹽岩石經再結晶作用所變質而成）。沈積岩應用在石材中則有砂岩、頁岩、板岩（經輕度變質之頁岩）及各種生物沈積所造成之化石板（石灰岩）。

石材在切割、研磨等加工過程的難易程度即為石材之可加工性，可由石材加工效率與產品品質等作為判斷之依據。例如花崗石的可切割性中，將石材依軟硬程度而區分為六個等級，一般而言，影響石材之可加工性因素包括石材之物理力學特性、晶界單離因子、晶界間結合力（機械強度）、石材中礦物組成之比例與其岩象結構組織特徵與礦物優勢排列及再結晶作用等。

影響石材特性之物理力學因素包括岩石之比重、吸水率、孔隙率、熱膨脹係數、抗壓強度、破壞磨數、蕭氏硬度與腳踏磨損抗力等，其中蕭氏硬度代表岩石之絕對硬度，較能反應該岩石之真實硬度，此與石材之可切割性有較大之關連，而腳踏磨損抗力之參數則可能較能反映在石材的研磨加工過程中。由花崗石切割之表面微觀分析，切割過程中表面物質之破裂機構為微脆破裂而非塑性變形。石材研磨在粗磨部分之破壞機制依序為滑擦、犁溝、壓實（壓碎）與崩碎切削；而細磨部分則為滑擦、犁溝與塑性切割。

岩石主要由許多不同礦物所組合而成，花崗石的主要造岩礦物為石英、長石、雲母、角閃石與輝石等，其中石英與長石之含量對花崗石之可加工性有較大之影響，藉由全岩化學分析之結果，石英（SiO<sub>2</sub>）之含量越高之花崗石越難加工，而雲母含量對石材研磨拋光效果則具有負面效果。大理石中主要之礦物組成為硬度較低之方解石與白雲石，除受變質作用影響外，一般加工條件較佳。

影響石材多變化的紋彩與光澤主要因素便在於組成這些石材之礦物組成與岩象結構變化，通常礦物顆粒越等粒、均勻、結構緻密之石材越易切割加工，成材率也較高，而礦物結晶之程度與片狀礦物之定向排列情形則直接影響石材之可研磨性與拋光情形，由地質學之觀點，探討石材礦物組成與岩象結構變化之根本原因需由瞭解岩石

之成因與形成機制著手。

沈積岩為鬆散之沈積物經固化（成岩作用）所形成，如黃金砂岩、印度紅砂岩等；此外亦包括由生物遺骸及其分泌物所形成之有機岩石，如帝諾化石、霸王花及米黃系列等化石板。火成岩之定義為由熔融之岩漿凝固而成之岩石，由其產狀可在區分為地表附近結晶或噴出形成之火山岩（如安山岩、玄武岩）與地下深處結晶之深成岩如花崗石，其晶體結晶受到冷凝時之溫度、速度、岩漿成分與黏度、揮發性物質（氣體）之存在及冷卻時之環境（壓力）所影響，因此可以造成各種不同之岩象組構：如等粒之細粒結晶（南非黑、印度黑、鯨灰石、G603、G623等），等粒之粗粒結晶（G439），班狀結晶（浪花白、德州粉紅、大紅莓、紫羅蘭及珍珠系列等），條狀組構（虎皮石、宮廷石、蒙地卡羅、金絲鍛、舊金山綠、夢幻彩虹等）。

變質岩是在地殼深部（風化帶以下）之任何岩石在固態狀態下為因應溫度、壓力與化學環境之變化而改變其原有之礦物種類（再結晶）、化學組成與岩石組構。例如砂岩變質而成變質石英砂岩或石英岩；石灰岩變質為大理岩；玄武岩經變質而成角閃岩；而片麻岩經變質後，成為花崗岩、花崗閃長岩。一般而言，變質作用之過程主要可區分為低溫之機械變位（mechanical dislocation）與高溫之化學再結晶作用（chemical recrystallization），前者為原有之岩石因壓力（應力）而產生摩擦、壓碎即可塑性變形等之應變現象，後者則為岩石中原有之礦物群由於溫度、壓力或化學環境發生變化而改變原有之化學平衡。因此，事實上許多商業上所使用之花崗石，特別是呈現定向排列之條帶組構之石材，亦受到一定程度之變質作用所影響。

由岩石形成機制觀之，影響石材破壞之材料性質主要為礦物結晶與組構，而其因素除原始岩漿之成分、溫度、黏度與所含之揮發性氣體、冷凝時之冷卻速率與壓力等，更與變質作用有一定程度之影響，而這些因素更直接影響到晶粒間的鍵結力之強弱。

石材之切割與研磨加工過程中受到許多因素所影響而相當複雜，實在很難用一簡單的指標來判定石材之可加工性，然而，藉由一系列物理化學之試驗與岩石顯微組構之分析以及配合實際加工過程中的相關操作參數，應該能釐清石材特性與加工參數之相互關係，並進一步建立一套模式，能夠藉由綜合分析之結果，直接回饋到石材可切割性與可研磨性之判斷。

研磨加工為石材加工業的關鍵加工流程，佔有極重要的地位。由於石材為非均質材料，因種類、結構、產地和礦脈不同，其物、化性有很大的差異，因此相較金屬的

研磨加工，石材研磨加工的操作因素不僅複雜，而且不易控制。對於石材研磨加工控制的探討，一般都集中於研磨機械設備的操作和研磨耗材的品質，本文從另一角度，探討石材性質對石材研磨效果的影響。

### 一、評價指標

一般評價石材研磨效率的指標包括石材切除率、磨石磨損率、石材表面粗糙度和石材表面光澤度。對於石材研磨效率而論，石材切除率和石材表面光澤度愈高愈佳，磨石磨損率、石材表面粗糙度愈低愈好，然而有時這些指標彼此違背，例如通常石材切除率愈高，磨石磨損率愈高。為有效評估石材研磨效率，一般在粗磨階段選擇石材表面粗糙度和磨石磨損率為評價指標；細磨和拋光階段則以石材表面光澤度和磨石磨損率為評價指標。

#### 1. 石材切除量( $W_s$ )和石材切除率

石材在未經研磨處理前，表面呈現凹凸不平，甚至坑洞的現象。研磨加工過程主要除去這些突起部分，使石材表面成為平坦，這些去除的突起部分稱為石材切除量。由於去除的厚度只有幾毫米，通常石材切除量的單位大小以  $\text{cm}^3$  或  $\text{mm}^3$  表示，而石材切除率則是單位時間內的石材切除量，其單位以  $\text{cm}^3/\text{min}$  或  $\text{mm}^3/\text{s}$  表示。石材切除量或石材切除率是評價粗磨效率的重要指標，因為粗磨的主要目的就是整平石材表面。

#### 2. 磨石磨損量(WG)和磨石磨損率

磨石的磨損就是成本的浪費，所以研磨加工的設計總是減少磨石的磨損。一般磨石磨損量的單位大小以  $\text{cm}^3$  或  $\text{mm}^3$  表示，同理磨石磨損率的單位則是  $\text{cm}^3/\text{min}$  或  $\text{mm}^3/\text{s}$ 。但因磨石磨損率與石材切除率常呈線性關係，所以不少研究報告結合兩個因子為一個評估指標，謂之研磨比(G)，其定義為

$$\text{研磨比} = \text{石材切除率} / \text{磨石磨損率}$$

$$\text{或研磨比} = \text{石材切除量} / \text{磨石磨損量}$$

它是一種研磨效率的度量，石材的研磨比愈高，表示石材的切除量愈大，磨石的磨損量愈小，亦即石材的研磨效率愈高。

#### 3. 石材表面粗糙度

對於任一研磨加工的工件，表面粗糙度是一個常見且重要的評價。表面粗糙度是一個物體表面平滑、平整的量化描述，數值愈大，物體的表面愈粗糙，愈不

平整。在石板的研磨加工中，粗磨的功用在於整平石板表面，所以表面粗糙度的測定成為磨削良窳的重要指標。

表面粗糙度的量化指標非常多，它的物理意義與測量方式隨測量儀器不同而有差別，最常見且最簡單的方式乃是利用物體表面凹凸的差距為評量基準。這種測定方法使用探針式粗糙度計，藉由圓錐形的鑽石針頭在工件表面移動，掃描並記錄表面的凹凸情形，這些資訊經過程式轉換與計算處理後，不僅呈現工件表面的形態，更以規格化的指標顯示。在這種評量系統的規範中，JIS 的指標分為三類，分別是最大高度粗糙度(Rmax)、中心線平均粗糙度(Ra)和十點平均粗糙度(RZ)。

最大高度粗糙度是處理後的粗糙度曲線中，最高點與最低點的差距；十點平均粗糙度則是基準線的上方五點與下方五點的平均差距；中心線平均粗糙度的定義如下：

$$R_a = \frac{L}{L_0} \times |h(x) - h_0| dx$$

其中，L：測定長度(基準長度)

$$h_0 = \frac{L}{L_0} \times h(x) dx$$

#### 4. 石材表面光澤度(B)

石材表面光澤度是客戶對石材產品的重要要求，也是決定石材價值的關鍵指標。石材表面光澤度表示石材表面反光能力的大小，通常與石材表面的粗糙度，以及石材的物理性質有關。有時表面粗糙度相同的石材，其光澤度不一定一樣，甚至差異很大。

石材表面光澤度的量測為使用光澤度計，它含有一塊經過拋光處理的黑色玻璃板，這塊標準板的折射率為 1.567。經由標準板的校正後，光澤度計水平置於欲量測光澤度的石材上，光束以 45° 入射角照射至石材表面，若標準板表面的反射率為 R<sub>0</sub>，石材表面的反射率為 R，則石材表面光澤度 B 為

$$B = \frac{R}{R_0} \times B_0$$

其中 B<sub>0</sub> 為標準板的光澤度，一般規定為 100 度。

由於石材為多種礦物組成，而且許多礦物並非均勻介質，所以石材各方向的折

射率皆不同，因此在量測石材的表面光澤度，不能以單一固定點的光澤度為準，必須量測多點，求取其平均值。通常石材含有高光澤度的礦物，其表面光澤度愈高，然而表面光澤度還與石材構造、風化程度、緻密程度和石材的泥質含量有關。一般而言，黑色石材的表面光澤度最高，通常高達 95° 以上，紅色系列的石材次之，表面光澤度可達 90° 以上，白色石材的表面光澤度最低，只有 85° 以上。

## 二、石材性質對石材研磨效果的影響

在研磨加工過程中，工件的性質始終影響最後的研磨效果，尤其是成分複雜的石材，石材性質對研磨效果的影響更不容忽視，這些性質包括石材的礦物組成，礦物特性和硬度。以#36 磨石研磨 30×60 cm 的石板，在磨削條件相同的情況下，不同石材的磨削效果列於表 1。

表 1 列出石材的硬度、磨損抗力與磨削效果的關係，很明顯地，石材的切除量隨著石材硬度的減少而增大，二者的關係呈現在圖 1。另一方面，若以磨損抗力為考量點，雖然二者的物理表示方式不同，前者反應石材的堅硬程度，後者表示石材的耐磨情形，但二者的物理概念都是表明石材內所含礦物彼此的聯結程度，尤其磨損抗力更能凸顯這個物理概念，也較接近描述石材物性與石材切除量的關係。從表 1 可見對於多數石材而言，其硬度與磨損抗力是並行的，因此石材切除量隨著石材的磨損抗力愈小而增大。

表 1 不同石材的磨削效果

石材種類	石材硬度 (HS)	石材磨損抗力 (Ha)	石材切除量 (cm <sup>3</sup> )	磨石磨損量 (cm <sup>3</sup> )	研磨效率 (G)
彩麗紋	106.31	70.12	77.17	41.96	1.84
南非黑	99.97	48.54	98.33	33.88	2.90
印度黑	97.42	41.84	100.13	35.92	2.79
英國棕	94.70	35.74	124.65	53.12	2.35
355	93.51	33.34	128.93	40.24	3.20

使用#36 磨石研磨 30×60 cm 的石板。

磨削條件：磨頭壓力 = 36 kgf/cm<sup>2</sup>，磨頭轉速 = 650 rpm，石板進料速度 = 45

cm/min，研磨次數為 2 次。

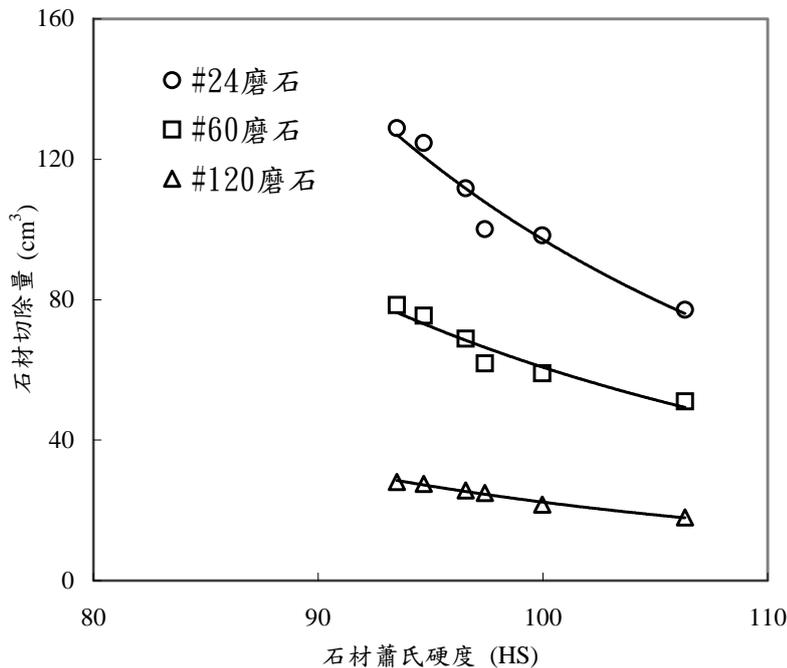


圖 1 不同石材的蕭氏硬度對石材切除量的影響

另一方面，石材硬度與磨石的磨損量並無關聯，因為磨石的磨損量由兩個因素所支配，分別是磨粒承受的切削力和石材的研磨性。當磨削壓力一定時，石材的硬度愈高，磨粒承受的磨削力愈小，因而磨粒愈不易破碎和脫落，所以就磨粒承受的切削力而言，石材的硬度愈高，磨石的磨損量愈低。此外，石材與磨石的研磨作用，使得磨石的磨粒和結合劑逐漸被磨耗，這種作用的測量稱為石材的研磨性。在各類石材中，花崗石的研磨性較高，大理石和石灰石的研磨性最低，因此在研磨花崗石時，磨石的損耗較快。

花崗石主要由石英、長石和雲母三類礦物所組成，石英的硬度最高，莫氏硬度為 7，長石次之，莫氏硬度為 6，雲母的硬度最低。因為長石的風化作用較頻繁，容易發生水解作用而風化成結構鬆散，硬度較低，易碎成粉末的高嶺土。黑雲母則因解理特別發達，在研磨過程容易沿解理面剝落或破碎，以致無法達到拋光的效果。所以對花崗石石板而言，石英的含量愈高，風化的長石和黑雲母愈少，礦物彼此間愈緻密，該石板的研磨效果愈佳。

石材研磨加工是複雜且不易預測的行為，其中石材特性扮演非常重要的角色，尤其石材的硬度和磨損抗力對石材切除量和磨石磨損量有決定性的影響。石材的硬度和

磨損抗力愈大，石材切除量愈小；而石材的硬度對磨石磨損量並無規律性地影響。對於組成礦物複雜的花崗石而言，石英的含量愈高，風化的長石和黑雲母愈少，該石板的研磨效果愈佳。

## 拾、國外花崗石薄板加工的新發展

一種新的專利技術——硅酸岩浸漬工藝，結合金鋼石工具加工的高精度板材分割技術使瑞典的特科四通（Techstone AB）公司能生產只有 4mm 厚的花崗石板材。

探求超薄花崗石板材（通常指厚度小於 8mm）的加工是一個困擾石材及金鋼石工具行業多年的一個難題。這種探求的理由是顯而易見的，超薄板對花崗石板材使用來說可以打開一個新的市場。如在新的建築物方面，當設計承重的上層結構時，它們的重量減使其相當於其他飾面材料（如瓷片），這就允許建築家去設計具有所有天然石材優點的建築物，而不必考慮通常與此材料關聯的重量和價格限制。

到目前為止，在超薄板加工方面的大部份發展均集中在改進所使用的機器及金鋼石工具方面。最新式的機器是 Pedrine's 的 M570 花崗石分割機。用這種機器，最薄可將 400mm 見方的板切成 6.5mm 厚，將 600mm 見方的板切成 8mm 厚。這種厚度被認為是可得到的最小值，因為再薄將容易導致生產或使用中破裂。

然而，瑞典的特科四通公司採取全新的方法對待這個課題，即通過研究的方法改進花崗石的內部強度。因為花崗石屬火成岩，所以它有許多裂紋和小孔洞，這正是引起它在切薄片時破裂的原因。特科四通發明了一種專利：在真空狀態下，用硅酸鹽浸漬花崗石的方法。這基本上填充了花崗石的所有小空洞，增加了其強度。

結果使這種花崗石保留了所有自然特點且強度更高，我們稱它為特科四通板。這種強度的增加使我們能將最大尺寸為 400mm×400mm 的方型及 1200mm×400mm 的條型特科四通板製成 4mm 那樣薄。

這種 4mm 薄板的重量根據花崗石類型的不同在 10~12kg/m<sup>2</sup> 之間。

特科四通購買 1250mm 長、15mm 厚的花崗石條型板，寬度比普通的厚成品板 200、305、400、610mm 的寬度稍寬幾毫米。然後用此板再行加工成 4mm 的超薄板。

超薄板生產線的主機機器有：一台 B.65 型板材拋光機、一台 M570 型分割機、一台 M642 型定厚機、一台 M750 型切斷機和一台 M842 型尺寸修整倒角機。

其主要加工工藝過程是：把每塊 15mm 厚的條型板裝入 B.65 機器磨拋，機器裝有

兩組金鋼石磨輓，接下來是 14 個磨／拋頭。根據材料的磨除量和終拋光要求，對機器進行編程選擇需要的磨頭數量。

每塊條板通過機器兩次，以便對兩個面進行拋光。拋光後的厚度通常是略厚於 13mm。目前 14 個磨頭均用傳統的磨塊。特科四通正在研究前 5 或 6 個使用金鋼石工具的可能性。

條型板拋光後進入 M570 多刀切機，此機有 14 根裝有金鋼石鋸的轉軸，鋸片直徑以 350mm 到 750mm。每個鋸片均能精確地以條型板厚度方向間下切，條型板最終被切入寬度的一半，然後經翻轉再入該機以完成分割。

進給速率型高達 2.4m/min，鋸片圓周速度在 20~35m/s 間變化，多數材質在低速度範圍工作。

用於 M570 機的鋸片是為此種用法特殊設計的，他們進行了大量的研究和試驗。最終的設計組合成了所謂的「雙齒」型：5mm 寬、20mm 長、15mm 高，即兩個 7.5mm 高的節塊焊到一起。

5mm 寬的刀頭切下的板比要求的 4mm 稍厚。刀頭用戴比爾斯的 40/50 目 SDB1100 人造金鋼石磨料，用特殊設計的鈷基結合劑製成。不久的將來，準備用直徑 900mm 的鋸片去切更寬的條型板。

條型板分割後在 M642 機上進行定厚操作，這台機器上有兩個金鋼石磨輓把條型板未拋面（即新分割面）磨到恰好 4mm 厚，然後用吸盤將每塊條板翻轉過來並自動送入 M750 型切斷機，它裝有 7 個鋸片，可通過編程將條型板切成所需要的規格尺寸。

然後將切好的板材經過一個組合的尺寸修整和倒角機 M842 進行尺寸修整和倒角。在包裝前板材弄乾輕輕地用軟皮將其擦亮。

特科四通的總裁 Rune Hurting 預言此產品除了用於建築飾面外，還可像貼瓷片一樣貼於建築物上或廚房、衛生間、甚至可包鑲在門板上，形成一種新的裝風格。

現已開始用於裝修輪船。這種 4mm 薄板已被兩家國際團體用於防火等級為 A 的輪船及離岸建築物上。

4mm 超薄板的生產最大限度地提高了天然石材的出板率，保護了世界名貴石材資源，並且大大降低了運輸費用，這不能不說是石材工業的發展方向之一。

## 拾壹、石材薄板單元式吊掛帷幕牆抗風壓測試

華峰大理石工業股份有限公司目前正在從事超大片石材薄板生產及吊掛系統的研發工作；石材薄板的生產是以複合材料來補強石板強度；外牆石材施工則是結合了強化鋁材、玻璃、背面鐵件等完整之單元式吊掛安裝系統，內牆石材則採用組裝式施工。此種超大片石材薄板吊掛系統已打破傳統外牆石材因風壓強度因素，必須使用 2.5~3cm 厚度之限制，而是採用 9mm 厚之複合強化石材薄板。使用此種超大片石材薄板及吊掛系統，可以有效快速的縮短工期並減輕大樓件材負重 2/3 以上，且與複合材料結合之石板強度更可達傳統厚石板強度 10 倍以上。

華峰大理石工業股份有限公司此次為了台北縣政府行政大樓帷幕牆新建工程的需求，特地於 2000 年 11 月將此種超大片石材薄板送樣至新加坡的 Winwall Technology PTE. LTD. 作抗風壓測試。Winwall Technology PTE. LTD. 是新加坡 Rotol 企業集團的子公司，專門從事帷幕牆風雨測試。Rotol Singapore LTD. 成立於 1984 年，目前企業集團旗下擁有十家子公司，專門從事建築材料方面的生意，例如：建築材料表層塗漆、鋁帷幕牆之設計及整修、帷幕牆及門窗的測試、天窗的設計、安裝及材料供應等等。

華峰大理石工業股份有限公司送樣至新加坡的 Winwall 的花崗石石板大小為 1235mm 寬、1668mm 長、9mm 厚，石板背面是以環氧樹脂為黏劑，黏合了鋁網強化複合材質。石板是以 6mm 的 Fisher 螺絲十六支固定在四根鋁架上，並且以 10mm 寬的建材用矽力康填縫膠將石板與鋁框架四周的細縫黏合。石板固定於鋁架後便垂直架設在氣密式壓力測試箱進行試驗，此壓力測試箱的材質為木材。

Winwall Technology PTE. LTD. 對華峰送樣的花崗石板進行了正壓及負壓兩種測試，測試方法及程序詳述如下。

正壓測試是以鼓風機將空氣吹入氣密式壓力測試箱內，氣密式壓力測試箱的壓力是以兩個球閥來控制加壓或洩壓。在加壓時，球閥從初始的全開狀態，漸漸地被閉合，當氣密式壓力測試箱的壓力達測試標準所要求的 8kPa 時，球閥便完全閉合並維持此壓力十秒鐘後再打開球閥，洩壓至零壓力。

在做負壓測試時，空氣由氣密式壓力測試箱內抽出至壓力達 -10.5kPa 後，將球閥關閉。此壓力維持十秒鐘，而後洩壓至零壓力。氣密式壓力測試箱上設有一小玻璃窗，可以從小玻璃窗觀察石板在壓力測試期間是否有破裂的情形發生。

每個測試樣本在做完測試後，從氣密式壓力測試箱取下並檢查花崗石板表面是否有裂痕，鋁框、填縫膠的狀態是否完好如初。

華峰大理石工業股份有限公司此次總共測試了三個樣本，三個樣本皆通過 8kPa 的正壓測試及 -10.5kPa 的負壓測試。在測試完畢後，花崗石板表面沒有裂痕且鋁框、填縫膠的狀態也全部完好如初。因此華峰大理石工業股份有限公司正式榮獲新加坡 Winwall Technology PTE. LTD. 認證通過 1.5Mx1.2Mx9mm 超大面積複合式花崗石薄板單元式吊掛帷幕牆抗風壓測試，證明華峰產品品質優異。

此次華峰大理石工業股份有限公司認證通過的抗風壓測試是石材帷幕牆的風雨試驗中測試項目的一種。石材帷幕牆為什麼要進行風雨試驗呢？這種風雨試驗就與汽車、飛機需要先生產原型機(prototype)進行性能試驗，從性能試驗的數據中來確定各式性能可滿足原設計的要求，並協助找出設計上的缺失、進行結構設計及材料的改善並且解決所遭遇的實質困難等，在完成改善後並經由具有公信力的單位認可，方能正式量產的道理是相同的。

石材帷幕牆的結構設計與建築物的造型、尺寸、材料、施工性皆有密切關聯性，石材帷幕牆系統是沒有統一標準型式的，縱使石材帷幕牆結構設計相似，亦因各石材帷幕牆製造廠商工藝水準的不同，而有不同的石材帷幕牆性能表現，所以在超高層的建築物或特殊造型的建築物，風雨試驗是驗證外牆性能的必要程序。建築物的造價高昂，且使用年限長達五十年以上，石材帷幕牆性能如有瑕疵，所造成的損失實難以彌補，以風雨試驗來驗證石材帷幕牆性能，僅是石材帷幕牆品質管理的基本要求，其他諸如石材及掛件的防腐蝕性及石材表面處理的耐候性、耐蝕性...等，皆是石材帷幕牆性能設計的重要考慮項目。

石材帷幕牆進行風雨試驗的測試項目有下述幾項：

### 1. 結構性能測試

用以測定石材帷幕牆的整體結構性能，在設計風壓下無破壞或繫件扭曲之現象，且其撓曲量應低於設計規範之要求，過大的撓曲量有可能發生板塊破裂或脫落飛出。

### 2. 水密性能測試

用以測定石材帷幕牆是否有滲水或進水現象，此為建築物外牆的最基本要求。

### 3. 氣密性能測試

用以測定石材帷幕牆的氣密程度，氣密的程度與能源的耗損及噪音有直接且密切的關聯。

#### 4. 動態水密性能測試

模擬在狂風暴雨下，是否有滲水或進水現象。

#### 5. 層間變位性能試驗

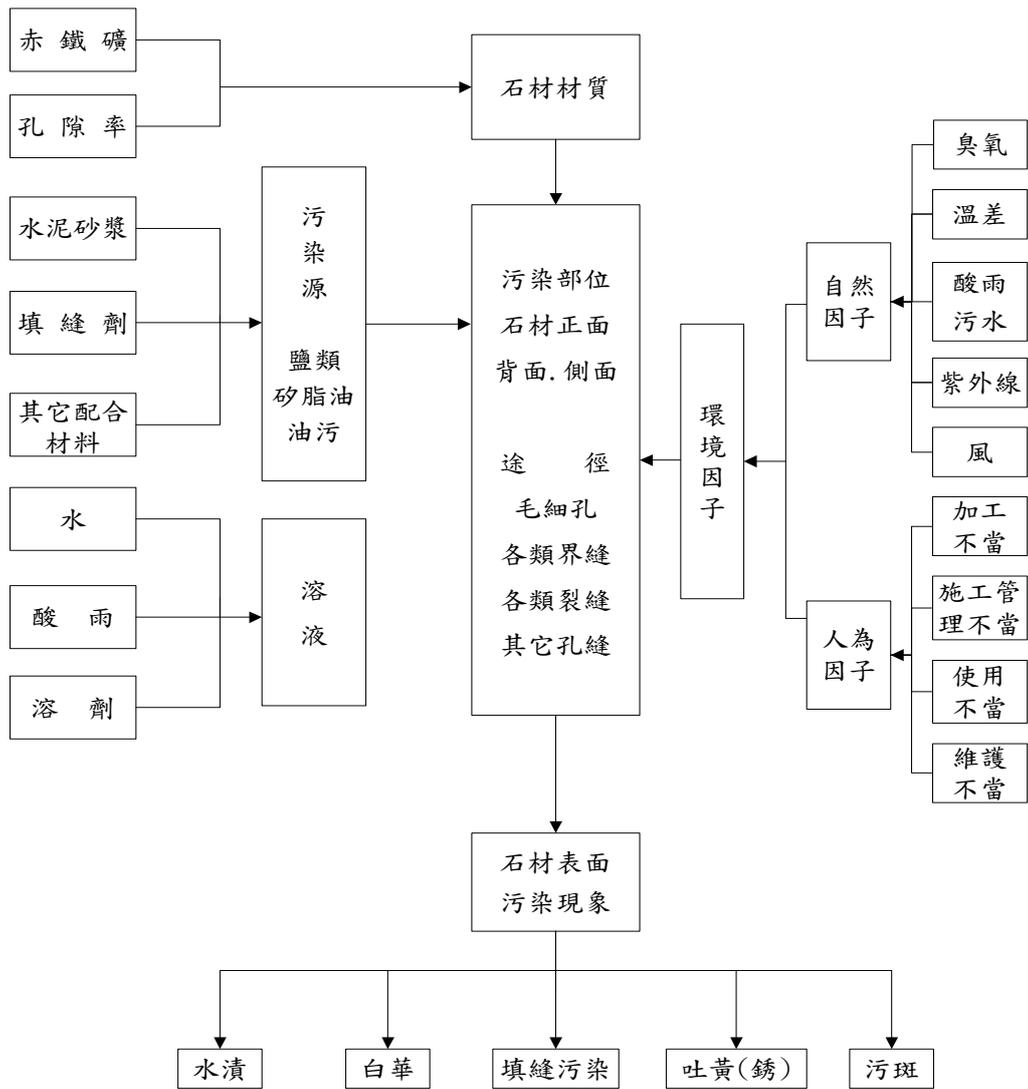
層間變位是指建築物受地震或風力的作用時，建築物因搖擺變形，造成樓層間的變位差，謂之層間變位。層間變位性能試驗是在考驗帷幕牆吸收正向及側項位移的能力。

### 拾貳、石材養護

石材工程在施工的過程中因管理不當或竣工後受到當地環境與人為作用，而在視線所及的石材表面產生改變，影響石材原有顏色及光澤的化學或物理現象，為防止或改善此現象，所採取的處理方法，稱為養護。

#### 一· 石材表面污染之種類與途徑

##### 1. 石材表面污染之途徑



## 2. 石材表面污染之預防

### (1) 白華：

#### A. 採用"乾式工法"貼掛石材

利用施工的方式來避免強鹼性的水泥砂漿與石材接觸，可完全消除白華現象的產生。

#### B. 選用無污染之骨材並應避免使用海砂或無污染河砂。

#### C. 控制拌合水量

採用低水灰比的水泥砂漿，通常具較低的透水性，應經充分水化作用，且避免使用水泥粉吸取多餘水分，即可減少白華現象的發生。

#### D. 石材背面防護處理

當必須採用濕式工法貼掛石材時，可考慮石材背面以合成樹脂注入處

理，分隔鹼性的水泥砂漿與石材，減少白華現象的產生。

(2) 水斑濕痕：

防止水斑濕痕現象的方法，便是儘量阻隔或避免外界水份侵入石材內部，以減少水份持續向石材表面析出，換言之使外來的水份無法侵入或停留在石材背面，目前常使用的方法如下：

A. 合成樹脂與乾式工法的配合運用

B. 控制含水量

低水灰比所拌合的水泥砂漿，通常具有較低的透水性，因此能夠減少水斑、濕痕現象。

C. 確實做好填縫處理。

(3) 銹斑、吐黃：

石材表面形成銹斑、吐黃的原因主要為石材內的鐵質成份與水、酸及鹽類接觸產生，防止方法如下：

A. 石材材質之運用：

避免設計高含鐵量的石材使用在潮濕或室外環境中。

B. 其它裝修工程的配合：

避免於石材表面上再裝修易污染的材質，如未經防銹處理之燈具、出風口導風板、固定鐵件……等。

C. 樹脂注入防護之運用：

藉由防護樹脂注入的事前施作處理，可防止水份的侵入與石材內部的鐵質由表面析出。

D. 施工過程之防止：

使用高壓棒徹底清洗加工過程中所殘留的鋼砂。

(4) 異物污染：

主要的防止概念為有效管理人為疏失與加強石材的抗污性能，下列各項方法可以有效防止污斑的產生。

A. 施工確實管制：

(A) 細心的施工態度，以避免施工中的污染，例如他項配合工程之油脂污染及有機物污染。

(B) 污染的管制，例如不可於工地內亂丟垃圾亂吐檳榔汁……。

(C) 小心操作施工機具，避免機具漏油。

B. 確實的清潔工作：

石材裝修施工前後與完工後的使用應確實清潔與定期保養。

C. 適當的設計：

於高污染環境，應事先做好石材防護處理。

(5) 填縫污染防止方法：

主要為有效隔離石材與填縫劑，同時使用低污染的劑型，可用以下的方法來避免填縫污染的產生。

A. 選用適當的填縫材料

於選用適當的填縫材料，不但可達到填縫的目的，且可減少填縫周邊石材表面污染。

B. 適當的清潔維護：

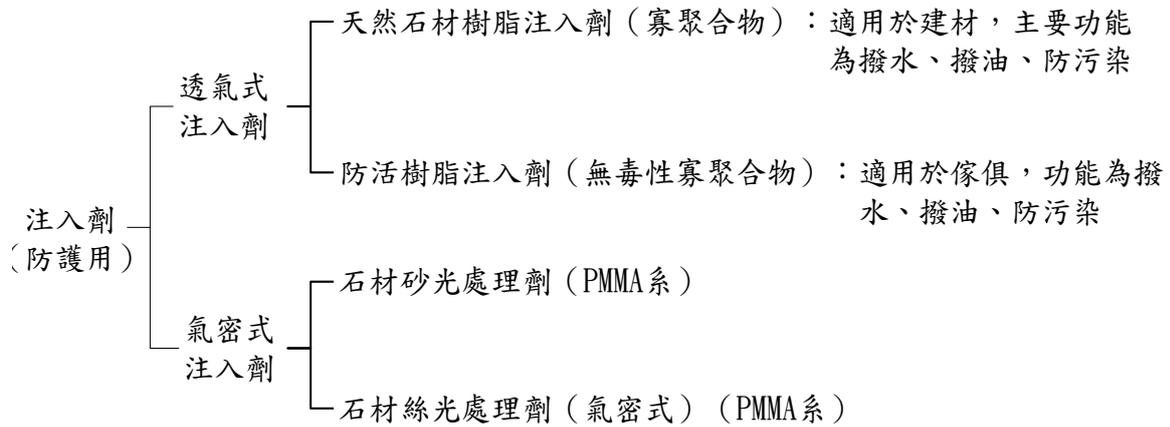
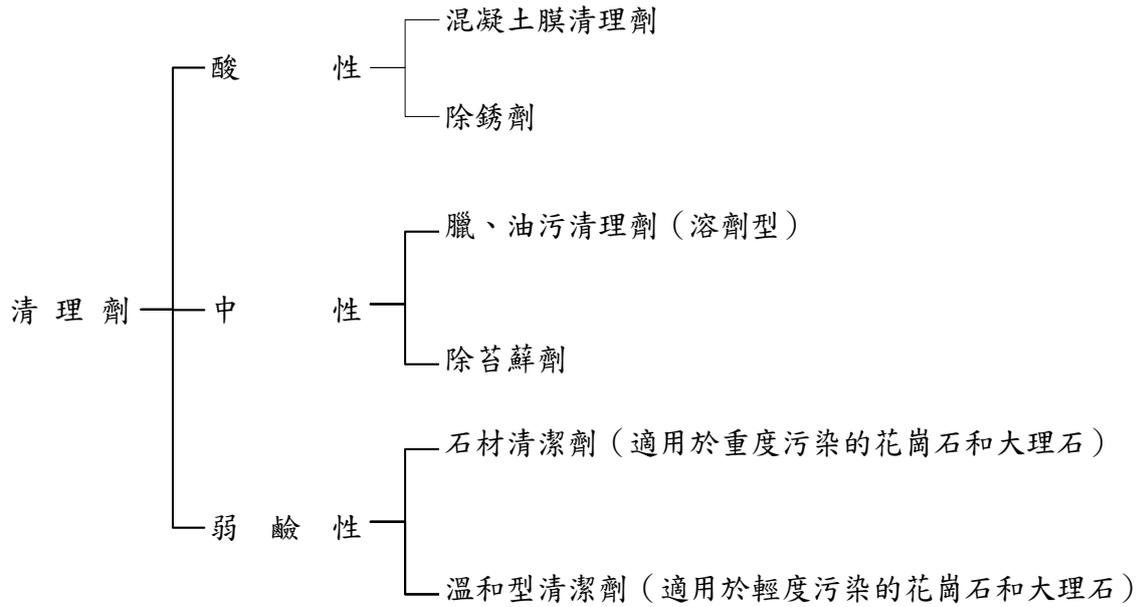
填縫前應先於填縫部位貼上護面膠帶，且於施工後立即撕去。填縫完成後，應避免使用含溶劑的清潔液，以免破壞填縫劑的材質，造成石材表面的污染。

C. 樹脂注入防護之運用：

在需要填縫的石材側面進行樹脂注入，並做適當的處理，可防止填縫劑的成份滲透至石材，造成表面污染。

## 二、污染之清理及養護

1. 材料種類：



## 2. 石材表面污染之形成原因及處理方式一覽表

結構瑕疵類型	原因	預防與處理方式
(1)孔洞與裂痕 (Pores and Fissures)	<ul style="list-style-type: none"> <li>先天的自然現象。</li> <li>後天的外力使然。</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>確認石材是否經過樹脂注入處理？如果"有"，則必須確認其主成分，先行解決妨礙接縫強度的障礙，再依適材適所原則選擇適當的填補劑。</li> <li>填補作業完成後，如有必要可以考慮進行磨平、亮光與拋光作業。</li> </ol>

結構瑕疵類型	原因	預防與處理方式
--------	----	---------

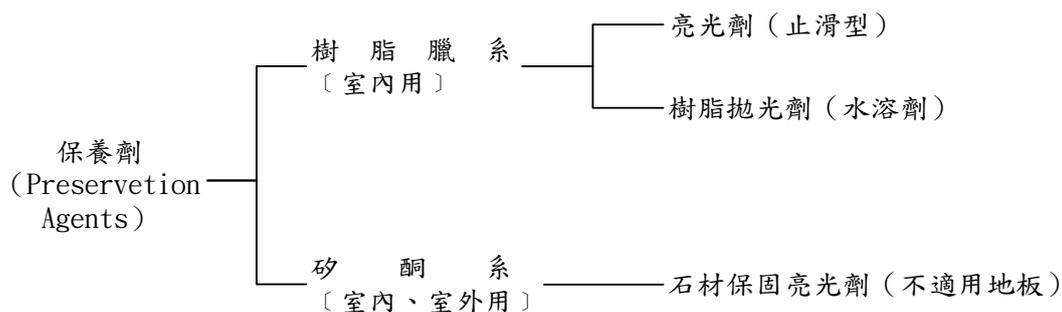
(2)鐵銹污染 (Rustcoloured-Coloured Stains)	1. 石材的物質成分中，含有赤鐵礦 (Hematites) 和硫鐵礦 (Pyrites)。 2. 外在環境中，含有鐵成分的物質沾上石材，形成鐵銹。	1. 以除銹劑或石材清理劑作定性分析，確認是鐵銹污染或是果膠褐變所致。 2. 如果是鐵銹污染，則使用除銹劑去除。理想的除銹劑必須是： (1)除銹後不再生銹 (2)不對石材酸蝕 3. 除銹工程完成後，必須用清水盡量沖洗。
(3)濕痕/水斑 (Damp Patches)	· 受濕式工法中水泥砂漿的鹼值濃度與水的影響。	1. 避免使用濕式工法；水斑現象已發生，可以塗刷合適的樹脂注入劑加深其色度，調整色差。 2. 必須使用濕式工法時，可以考慮在石材背面及四個側邊進行氣密式樹脂注入處理，隔離鹼性水泥砂漿與石材的接觸。 3. 氣密式樹脂注入劑硬化後與水泥砂漿的接著力欠佳，請使用底劑 (Primer)，藉以提高彼此間的接著強度。
(4)苔蘚植物的生長 (Moss and Alga growth)	· 石材內水分和有機質含量高的部位比較容易長苔蘚。	1. 使用除苔蘚劑。 2. 石材表面全面進行樹脂注入處理，改善排水功能以避免積水。
(5)濕氣滲透 (Penetration of Damp)	1. 石材龜裂。 2. 石材接縫處，因接著破壞或凝集破壞。	1. 參考(1)孔洞與裂痕的預防與處理方式。 2. 在接縫處使用非污染型填縫劑，接縫處位移量大時可使用 CNS8903 耐久性區分為 8020 以上的彈性填縫劑；同時注意其
結構瑕疵類型	原因	預防與處理方式
		寬(W)、深(D)比。接縫位移量小時，可以考慮多元酯系、壓克利系或環氧樹脂系的填補劑；必要時可加以調色。
(6)鹽類晶化 (白色粉末) (Efflorescence)	· 受濕式工法中水泥砂漿之鹼值濃度與水的影響。 · 酸+鹼→鹽類+水 (此鹽類溶解度高極易水解)	1. 可使用混凝土膜清理劑處理，限用於花崗石。 2. 避免使用濕式工法。 3. 必須使用濕式工法時，可在石材背面及四個側邊以進行氣密式樹脂注入處理，隔離鹼性水泥砂漿與石材的接觸。 · 氣密式樹脂注入劑硬化後與水泥砂漿的接著力欠佳，使用底劑藉以提高彼此間的接著強度。

結構瑕疵類型	原因	預防與處理方式
(7)石灰剝蝕 (俗稱白膏) (Lime erosion)	· 受濕式工法中水泥砂漿之鹼值濃度與水及空氣中 CO <sub>2</sub> 的影響。	· 處理方式與(6)鹽類晶化現象同。

	· 尚未碳酸化的石灰溶液滲流至石材表面後與空氣中CO <sub>2</sub> 起化學反應，生成不易水解的酸酸鈣。	
(8)霜凍破壞 (凍融冰蝕) (Frost Damage)	1. 石材藉著毛細現象吸收水分，液態水遇冷結冰，其膨脹率約10%，對石材內部將產生很大的壓力脹裂石材。	1. 石材背面及四個側邊採氣密式樹脂注入處理。 2. 石材正面如為粗糙面，同樣採用透氣式或氣密式樹脂注入處理。 石材正面如為光滑面，採同透氣式樹脂注入處理。 3. 只作石材正面的樹脂注入處理，則必須作好接縫處的填縫工程；填縫前必須確認樹脂注入劑與填縫劑的接著強度。
(9)化學腐蝕 (Chemical Corrosion)	1. 以燃油、燃煤設備為動力來源所排放的廢氣，徒增空氣中	1. 石材正面確實作好樹脂注入處理： (1)粗糙面可選擇透氣式或氣密式的樹脂注入處理。
結構瑕疵類型	原因	預防與處理方式
	二氧化硫(SO <sub>2</sub> )和三氧化硫(SO <sub>3</sub> )的含量，導致酸雨濃度的提高，分解石材中礦物質，例如碳酸鈣(CaCO <sub>3</sub> )等。	脂注入處理。 (2)光滑面只能選用透氣式的樹脂注入處理。 2. 石材地坪或牆面接縫處，如果以水泥砂漿或膠泥填縫，請同時進行樹脂注入處理。
(10)異物污染變色 (Staining)	1. 污染的形成機構為污染物與石材的物質成分藉著偶合作用而著色固定。這種顏色不討人喜愛，所以稱為污染。	1. 以特殊的清理劑破壞污染物使其脫離。 2. 部份偶合作用較強的污染物必須使用35%左右的雙氧水(H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> )漂白，可視不同材質調整其比例。 3. 礦物顆料間的膠結劑(Bonding Agents)受損時可使用石材強化劑予以強化。

### 三. 石材亮光與保養(preservation)

#### 1. 材料



2. 理想的樹脂注入劑必須具備下述條件

- (1) 樹脂注入劑礦物顆粒成極佳的接著強度。
- (2) 表面張力愈低愈好。
- (3) 樹脂硬化後撥離異物（包括撥水、撥油、撥顏料等）的性能愈佳愈好。
- (4) 耐候性佳。
- (5) 分子體積愈小愈好。在相同的基礎劑（Chemical Base）下寡聚合物的體

積為高分子聚合物的 $\frac{1}{1000}$ 以上。

四. 各類工法發生污染之可能性

	白華	水漬 (基座外)	填縫污染 (完工後 一年)	空氣污染	生苔	污斑 (基座)	吐黃 (淺色系 石材)	填縫 劣化
濕式	95%	95%	60%	100%	2%	100%	40%	3%
乾式 (基座有 灌漿)	95% (基座)	0	60%	100%	1%	100%	40%	3%
純乾掛 (排水工 法)	0	0	60%	100%	1%	2%	3%	3%

五. 石材養護工程流程表

主材料及副材料之確認

- 樹脂注入劑 種類、批號、製造年、月、日之確認。
- 底劑 (PRIMER) 種類、製造年、月、日之確認。
- 稀釋液 種類之確認。
- 管 種類之確認。
- 清理用溶劑 種類之確認。
- 填補劑 種類、批號、製造年、月、日之確認。
- 調色顏料 種類、批號、製造年、月、日之確認。

保管

存放於氣溫 (20±15°C) 相對濕度 (60±20%RH) 之場所，避免日光直射，不漏水之場所，妥為保管。

。注意消防規定及火災之防止。

驗收材料與保管

施工前檢討

完成施工要領

施工前之確認

適應性檢

材料選定

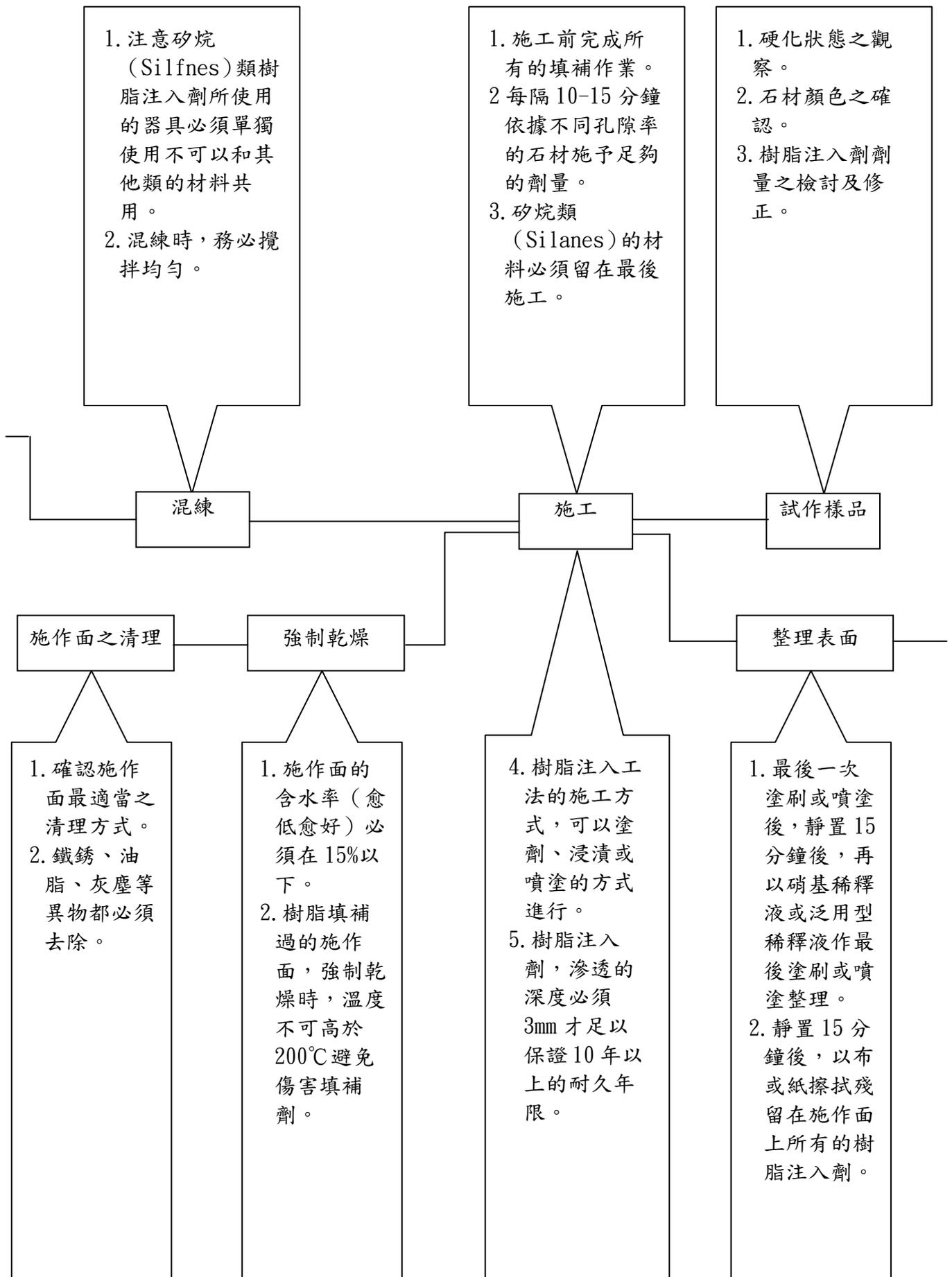
試作樣品色澤與工程品質之確認

1. 採用何種地坪鋪設工法？
2. 採用何種內外牆裝修工法？
3. 依石材毛細現象之差異選定適當的施工方式。
4. 現場施工與工廠施工之區分。

1. 樹脂注入劑與稀釋液之選定。
2. 底劑之選定。(乾式工法與濕式加強工法)。
3. 填補劑與調色顏料之選定。
4. 清理用溶劑之選定。

1. 施工要領書之綱要。
  - 總則。
  - 一般事項(概要)。
  - 主材料。
  - 副材料。
  - 施工要領。
  - 檢查。
  - 作業時安全衛生之管理。
  - 施工詳細圖。

1. 施工場所之確認。
2. 檢試所有施工器具、水份計與溫濕度計之功能與精確度。
3. 石材材質再度確認。
4. 缺陷之有無與填補。
5. 填補劑養護時間足夠與否之確認。
6. 可否施工之決定。



工程  
記  
錄

1. 作業日報表。
2. 立面圖及平面圖。

作業日報，將施工範圍  
示於立面圖、平面圖

養護

1. 硬化前，容易受人為破壞或雨水、露水影響的區域，應以PE膠布覆蓋保護。
2. 硬化前絕對避免接觸水分。
3. 施作面不可堆疊，避免樹脂注入劑水解。

檢查

1. 檢試施作面之撥水與防水功能。
2. 針對色差及其他缺點檢討並改善。

綜合檢查

1. 會同檢查。會同相關單位，就左列檢試項目檢查。

附註：

石材背面處理之主要目的為：(1)石材之補強(2)防止污染(3)增強附著性。貼掛於外牆之花崗石之最下段石材與地板石、泥土接觸部份水分多易受滲水，產生滲水斑，經過長時間，石材中之化學成份變質，致生變色，為防此種現象，於石材背面塗上壓克力系和環氧基系之合成樹脂，或於水泥砂漿中加入防水材料。

補強石材時於背面以合成樹脂（環氧基樹脂）黏著玻璃纖維網，此稱為FRP補強。也有以同種石材接著於背面，此稱為補強石。

#### 六、一次加工業者應以防護劑取代上臘作為石材品質提昇材料

1. 經常有石材安裝的業者抱怨；石材施作養護其基本的效果不明顯，無法有效的扮演期望中石材保護者的角色，甚至有業者表示，石材是施作防護劑後才會導致病變的發生，如石材表面的黃變（經常是石材本身的礦物特性或臘的黃變；目前使用的防護材料多為矽質材料，其黃變機率不大）或油斑（事實上是水斑；背填砂漿內部的鹼或骨材中鹽類滲入並沉積於石材內部）。到底石材防護劑是何種物質？而施作的效果需要如何作才能最有效的發揮其效能？要在石材加工的那一個階段施作才能符合其最大的效益及經濟性？那一種濕式安裝工法才可能避免大量的病變因子進入石材內部侵害石材？本文並無法以單一文章的份量詳述各項上述的問題點，因此，作者預定以系列文章的連載來說明各項石材保養的技術性問題及疑難解答，以供讀者參考。
2. 衡量石材業目前所面臨的石材保養的問題，莫不以安裝後發生病變問題，所衍生石材商業糾紛為最急迫。而面對該類問題的最直接從業人員多是現場安裝業者及石材防護施作的業者，因此，當業主檢討石材發生的問題時，其重點往往集中在，防護施作者是否使用品質不良的藥材、防護施作者是否使用不正確的施作工法、石材安裝者是否使用不合格的骨材、石材安裝者是否偷工減序、石材施作工法是否恰當。而對石材原始材料之供應商，一次加工廠，則較不易被聯想到其與現場病變發生關聯，充其量被質疑石材的品質有瑕疵。當然，最直接與石材發生病變相關的因素想當然與石材施工法及防護品質有關。然而，有許多石材病變的發生，其真正的肇禍因素源自於石材大板的加工程序，易言

之，大板的加工程序，有時會間接造成後段養護工程的障礙，而且要解決其造成的衍生性問題，有時遠比一般消費者所想像的麻煩。諸如此類一次加工不當所造成問題其比例其實極高，卻一直未被重視。因此，下段文章筆者將針對一般大板廠最常造成問題的工序；打臘，加以說明其利弊得失。並建議石材一次加工的業者考慮將石材防護的工序，列入其標準的加工流程中。或可考慮籌建獨立且專業的石材防護代工廠，以進行完善的石材防護工程。

3. 石材係天然的建材，其表面因石材生成過程之變異因素所造成之細紋細線（俗稱雞爪紋）及光色澤不理想實在所難免，因此，生產的廠商無不使用各種方法以提高石材表面之光澤度，降低石材表面的小細紋及細線，國內一次加工業者最常使用的方法即是，在完成研磨的石材表面打上一層臘，既可增加石材成品的表面光澤度又可降低石材表面的雞爪紋，這種為改善其賣相而進行的上臘製程對一次加工業者而言，既方便（石材打臘為表面批覆行為，石材不需太高的乾燥程續要求，其加工設備簡單且便宜）且經濟實惠（臘的材料成本低廉但石材表面改善後的收益大）。然而其對消費者及下游的施工安裝業者有可能造成極大的困擾，其主要原因如下；臘為一種批覆性材料，當其被施作於石材表面後，石材表面原有的毛細孔及細紋均會被堵塞，因此，石材安裝業者或石材防護業者，若想進行石材防護工程時，已存在於石材表面的臘反而是防護劑滲入石材內部最大的障礙，而導至防護層僅及於表面而無法進行石材表面以下的防護功能，其可能發生防護失敗及後續病變的發生的危險大增，在這種情況下若以軟底濕式施作地坪時，鋪設之石材又是較不緻密的材料（如蒙地卡羅、大陸的淺色花崗石、）則基地含水後發生局部性水斑病變幾乎無法避免，此外，有許多臘長期暴露在空氣及陽光中，容易產生黃化的現象，也可能是石材發生黃變的原兇。

4. 目前一些石材防護業者面對前述的問題（石材上臘後要進行防護施作），會使用除臘的程序進行石材表面清潔的工作，然而，其效能經常不如預期，主要原因可能是除臘劑效能不佳（臘的種類太多，目前被運用於建築材料表面的臘，其種類不下數十種，舉凡樹脂類的 PE、PU、PP、亞克力、有機矽等... 及非樹脂類的硬脂酸、油酸、白臘.... 等等，其化學性質及物理特性均不同，因此，不容易找到每一種臘均可適用的除臘劑），可能是除臘劑殘留造成間接

性病變的發生（除臘劑有時會具備酸鹼性，進入石材內部可能發生負作用），其實，就化學的觀點而言，除臘工程失敗的比例或許比成功的機率是想當然爾的高些，其景況筆者可以醫生進行人體中毒之急救比喻之，必須清楚分析臘的化學組成並對症下藥，同時需兼顧其毒性不可殘留而傷害石材本體，這其實是一件極難的事，更何況，要求石材防護業者具備完整的化學教育背景，幾乎是緣木求魚。

5. 綜合上述的觀點，讀者不難發現，一次加工業者在石材表面上臘所可能衍生的石材病變問題，其實其影響層面極大。因此，筆者在此要提出呼籲，建議石材一次加工的業者，不應再使用臘為石材表面的品質改善材料，並考慮以防護劑作為石材表面品質改善的材料，以避免阻礙石材後段的防護工程，如此應可有效降低石材發生問題的機慮，消弭消費者對使用石材的疑慮。

## 七、水斑發生機制及石材濕式安裝工法改良之必要性探討

1. 目前石材消費的糾紛頻傳，其中最常被提及的問題，莫不以石材發生水斑的問題最多。而歸納發生該類病變的區域，幾乎都是以濕式工法安裝的現場為主。這難免會使執行工程的安裝業者增加許多額外的困擾，同時亦造成消費者對石材使用於室內地坪的可行性產生質疑。相信這類問題已是石材業公認為極待解決的問題之一。在從事石材保養技術研究的過程中亦發現，石材業目前在這方面確實已遭遇瓶頸，極待改良現有之濕式工法，以提昇石材地坪安裝的工程品質，避免石材進行濕式安裝後發生病變的困擾。因此，下文將以探討水斑發生機制並進一步據以發展改良式濕式工法為主，同時將提出近年來中心在相關議題上研究的心得，供石材業者參考運用。
2. 目前國內石材安裝於地坪、室內牆面及較小面積的立面時，多數仍以濕式施作為主要之安裝方式，其主要之黏結材料仍以傳統之水泥為主，同時配合以細砂為骨材。其優點為，在地坪施作時採軟底的濕式施作，具有水平易於取得、施作速度相對較為迅速且施工材料經濟實惠的優點。然而，它卻有可能在某些狀態下產生許多不良的負作用，其中最為甚者，亦是許多病變發生的問題點即來自作為黏結材的水泥與石材及砂粒料間的反應。其緣由如下，水泥原料主要取材自黏土礦物及石灰石類礦物，經混合後以高溫煅燒而成活性粉體，可提供為黏結建材的用途。然而，因其內含有大量鹼性物質（氧化鈣、氧化鈉、、等）

及小分子矽酸類水合物，當背填砂漿被大量水份侵入時，有可能發生以下的狀況，進而導至水斑的發生（水斑發生之可能機制）。

(1) 水泥內含之鹼性物質被水份溶解後直接侵入石材內部造成石材內部充填含結晶水的鹼鹽，若該項狀況發生在材質較不緻密且吸水率較高的花崗石時，因其內部含活性較高之矽質材料，會與鹼發生鹼質與矽酸鹽間的反應（花崗石屬矽酸類石種），導至石材發生顏色加深的現象（即俗稱之水斑），持續反應數年後，長石或石英之結晶周圍，甚至可能因與鹼過度反應被侵蝕而導至結晶剝落。此外，一部份來不及與花崗石反應的鹼鹽亦可能直接滲出石材表面與空氣中之二氧化碳反應而生成白色碳酸鈣結晶（這類結晶常在牆面出現，大多數其好發區具有水量充沛的特性；可能為石材背面水源充沛或水由正面填縫區域大量侵入，俗稱白華）。

(2) 除第一點提到侵入石材內部的鹼份外，另一部份的鹼有可能與砂漿中的活性骨材發生鹼骨材反應，而生成溶於水中的矽酸鹽，這些矽酸鹽也可能經由水溶液的攜帶，逐步進入石材內部形成色澤深沉的水漬。

3. 事實上，上述的二種狀況其在整體水斑病變發生過程中，對發生速率及其發生的嚴重性所佔比率雖然會因水份侵入的狀態不同及石材所施作防護處理的情形而不盡相同，但其發生水斑的過程卻有一共通性行為。此即；水為水斑發生物質的主要載體，水急速且大量的侵入砂漿內造成短時間內漿體中鹼成份溶出過剩所致。因此，如何控制水進入漿體的速度以防範過高的瞬間鹼及金屬離子濃度所造成的高滲透壓溶液侵入石材內部即為改良現有濕式工法缺失的重要關鍵性技術。

4. 目前在一部份國家已採用硬底濕式工法進行石材地坪的安裝，其作法係以自平性水泥進行水平硬底的鋪陳，再配合以膠泥作為黏結石材的方式，解決軟底可能發生水斑的工法缺失。其之所以能降低石材發生水斑的原因有二點，一、較之於軟底的砂漿，自平水泥水經 7-14 日的水化及養生其漿體的水化完全度較高，內部所可能殘留的鹼物質較少，且自平水泥中亦可加入一部份改質劑以降低其鹼份的殘留量。二、其黏結材料膠泥，係由添加樹脂的水泥所組成，藉由樹脂的加入強化界面材料一部份的防水性，亦為該項工法的成功之處。然而，

該項工法雖能証實其可有效的改善石材發生水斑的問題，但就現有國內的石材業者施工習慣及實質之經濟效益而言，實有其推廣的困難度。因此，國內目前較需要的是針對濕式工法的改善工作，所朝的可行方向主要在於以現有之濕式工法為基礎，進行砂漿配方及添加劑的調配同時搭配合理石材防護及防水工程，以避免高濃度高滲透壓鹼性鹽類在背填漿體中形成，進一步轉成致水斑的機轉。

5. 依據現場濕式工法的施作觀念，設立了一系列的改良式濕式工法模型。在實驗中同步進行水斑環境誘發的實驗，以作為改良式工法的效能測試。經該項研究發現之幾項較明確的結果如下。

(1) 依照傳統的濕式施工法安裝石材，僅將石材加以防護（其一系列的實驗分別為正面進行防護、毛邊五面進行防護、六面進行防護），以避免石材被水斑侵入。經實驗後證實，樣本在水斑物質濃度極高時（pH 值達 13-14 以上；其模擬狀態為水份充足如水田區之上的地坪施作、地下室、水池邊等），仍有可能發生石材水斑的病變。經觀察發生水斑的試體後，研究人員發現養護劑經強鹼侵蝕後幾乎與石板同時發生侵蝕後凹陷的狀況，這項實驗的結論發現，事實上防護劑為樹脂材料，其遭遇極端強鹼的環境時，有極大的機率會發生降解的反應。因此，純粹以防護的觀念意圖保護石材不被水斑物質侵入，其風險仍大，不宜被視為單獨可解決石材水斑問題的守護神。

(2) 石材進行正面防護並在石材砂漿中添加不同濃度的防水材料（其安裝施作方法與一般之濕式作法相同）以避免水泥砂漿中侵入過量的水份後鹼水溶液進而石材造成水斑。經觀察實驗後發現，本項作法已能在相當程度內防止石材發生水斑的問題，此為一項重要的發現。該項實驗的結果說明，防止石材水斑的發生確實能經由控制水份進入漿體的速度著手，只要能讓水份進入背填砂漿的速度達到某種平衡狀態，使進入漿體的水份低於內含水泥水化反應所需的水份量，即能保持鹼性水溶液不致於過多而侵入石材。因此，研究人員下一步可能的研究方向會朝向低鹼性水泥（如高爐水泥等）及內加式水份控制劑的方向進行漿體配方的開發。

## 拾參、工程實例（以板橋新建車站—花崗石帷幕牆工法為例）可更換為華峰的 工程實例

以下以花崗石單元式帷幕工法作簡單介紹，並以榮民大理石工廠施工之工法作講解。榮民大理石工廠所承接交通部台北市區地下化鐵路工程處所發包之工程(板橋專案 601 標新板橋車站地下化工程)，此工程中外牆採單元式帷幕式工法施工，原由交通部台北市區地下化鐵路工程處設計，並經榮民大理石工廠就結構現況整合後，而該系統更臻完善。

### 一、系統概要：

以鋼架構作成單元框架，其外表嵌掛石材，形成石材鋼架構單元，一體吊掛裝組立於結構體外表形成外牆系統，此種工法具有施工快速、輕量、經濟之優點。

### 二、設計理念：

1. 施工施度較傳統乾式工法快（一天約可吊掛 220-250M<sup>2</sup>）
2. 工程精確度高
3. 工程安全性較高(工程保固五年)
4. 長期經濟效益高
5. 防震、隔熱、排水效果佳



### 三、工程概述：

工程除依據業主核頒之圖說及施工規範與說明書施工外，并應照下列規範之有關規定辦理。

1. 中華民國國家標準 CNS 之有關規定
2. 中華民國建築技術規則
3. 中華民國勞工安全衛生法則
4. 美國材料試驗協會 ASTM 有關規定
5. 美國建築用花崗石材協會 NBGQA 有關規定

#### 四、工程製作流程：

##### 1. 施工材料選用送審

- (1) 石材
- (2) 封填材料
- (3) 固定五金材料
- (4) 各型鋼料

##### 2. 花崗石製品

###### (1) 加工準備：

送審樣品審核通過後，依據工程需求確認施工圖尺寸、編號，開具製作傳票及加工需求之樣板製作等工廠加工前之準備工作。

###### (2) 鋼砂拉鋸機切割厚度：

將選定好原石，依據製作傳票內所要求之石板厚度下鋸切割。

###### (3) 研磨：

自動研磨機依研磨要求不同，使用各種磨石分序研磨石板表面。另磨光面、水磨面在研磨過程中應隨時檢查及校正磨石之工作至合乎石板表面要求為止。

研磨要求：磨光面：高亮度光面，以 1.2 公尺之直規量測與真平面偏差不得大於 1mm。

###### (4) 燒面處理：

燒面作業係將火燄噴射在表面經過清潔處理的石板上，使石材表面結晶爆裂，製成紋理規則之粗糙面，以 1.2 公尺之直規測量與真平面之偏差不得大於 4.8mm。火燄噴射前後應並行冷水冷卻，在整體作業中火燄噴射及石板運送之行進速度、火燄噴射強弱等應隨時作適當調整，使石板燒面處理均勻，並觀察火燄噴射石板表面所產生石渣之變化情形。對於火燄噴射過石板表面所殘留石渣需清除乾淨，再使用鋼刷輪處理成為圓滑表面。

###### (5) 橋式切割機裁切尺寸：

依據施工圖及製作傳票內標示需求加工之裁切尺寸，將石板送至橋式切割機依序裁切。

(6) 轉角之外露研磨切角之特殊加工：

傳票內有關轉角石板需以切角接合及或定厚接合之切角，定厚加工應依樣板及尺寸之精度要求確認後，再作切角、研磨或燒面之工作。

(7) 倒角、鑽孔、切槽、開口：

依據施工圖及製作傳票內標示需求倒角之加工尺寸，若需經切削及研磨作業時，應在加工邊貼上膠布，以避免因倒角研磨作業而造成變形。

(8) 成品整理：

依製作傳票內所需求完成之加工製品，在加工廠成品整理時，應再次確認已加工完成之製品是否合乎要求。



圖 2 單元成品整理

(9) 品管：

A. 在加工廠成品整理時，應依施工圖及製作傳票與檢查表內之品質要相互比照，並檢查切角、孔徑、尺寸等各種情況加工後之製品，有無缺角、色差、缺陷等不符品質要求。

B. 石材加工製品應符合 CNS 6300 之一級品管要求。

(10) 發貨運輸：

- A. 製品完成品管、包裝後，原則上是以卡車運至指定地點存放，除要求相關承辦人員對照發貨明細，並依排定順序發貨。
- B. 裝卸石材時應避免破碎、斷裂、受污染及其他損害，必要時石材邊緣襯墊木條或其他硬質物體保護，裝吊石材應儘可能使用寬條形索帶。
- C. 石材應儲放於枕木或托板上，應垂直疊放；使重量平均分佈避免石材斷裂，使用防水無污染性之覆蓋物保護之。



圖 3 單元發貨運輸情形

3. 金屬架構材

(1) 鋼料選用：

- A. 鋼板及型鋼：需符合 CNS 之有關規定
- B. 矩形碳鋼鋼管：需符合 CNS 之有關規定
- C. 鍍鋅鋼片：需符合 CNS 之有關規定
- D. 不銹鋼型鋼：需符合 ASTM 之有關規定

(2) 並依據工程施工規範確實進行金屬構材之加工作業。

(3) 作表面處理：

所有鋼材(含螺栓、螺帽)除不銹鋼外，其表面應予鍍鋅處理。

(4) 成品整理：

依製作傳票所要求之完成之加工成品，在成品整理時，應再次確認已加工完成之製品是否符合要求。



圖 4 合格之鋼材成品之堆放情形

(5) 品管：

應依施工圖與檢查表內品質要求相互比照，於成品整理時，進行品質檢查，對於缺角、孔徑、尺寸等各種情況加工之製品，有無碰撞、缺陷等不符品質之情形。

(6) 包裝：

完成之製品作製編號，包裝時須作良好之保護，以防止在運送中造成不當之碰撞、彎曲、變形等缺陷。

#### 4. 鋁擠型加工及組立作業

(1) 鋁擠型進料檢驗：

針對鋁擠型之規格(依簽認之擠型圖)、平整度、陰陽處理.....等進行初步檢查。

(2) 物料管理：

倉儲人員一製程順序，安排各種鋁擠型之堆放位置，以利加工人員領料及盤點之進行。

(3) 領料：

加工人員依裁切指示單來領取所須之材料。

(4) 擠型裁切：

裁切作業員依主管單位開立之裁切指示單上所尺寸進行鋁擠型裁切作業，

並於醒目處貼標籤以資識別。

(5) 擠型加工:

鋁擠型加工時，依標籤所示之加工編號並參照加工圖進行工作母機之調整及加工。本工作階段中涵蓋沖、鑽...等項目為最重要之製程。故應選派經驗豐富之人員擔任，並隨時對加工成品進行檢驗。

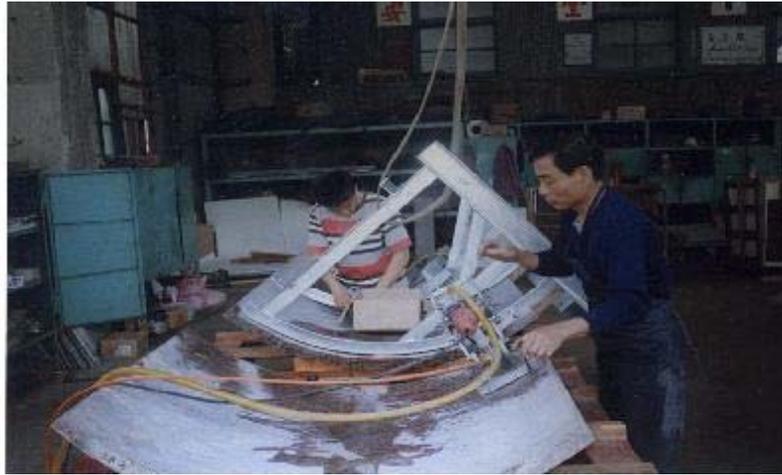


圖 5 石材鑽孔以組裝鋁擠型之情形

(6) 單元組立:

組立人員應依製程所排定之順序，進行單元組裝，本階段應特別注意各種擠型之尺寸及加工位置規格，是否與單元組立圖所示吻合，單元組立完成，應對其外觀尺寸及對角長度進行初步檢驗。

(7) 預組式石材單元框架組織架組立吊裝:框架與石材組立吊裝:

A. 鋼架加工組立:

不同尺寸之單元框架各別繪製加工圖，依合約規定鐵材質加工，完成加工之鋼架送達組裝場組裝。



圖 6 框架製作、組裝



圖 7 石板與框架組裝之情形

B. 石材組立：

完成加工送達組裝廠之石材依圖說編號，逐一組裝，組裝作業應保持石材平整、水平、垂直等要求，大板片採獨立式組裝以避免翻板造成彎曲變形。

C. 運輸：

板片運輸以特殊車輛，橫向水平運輸，避免震動造成彎曲變形。

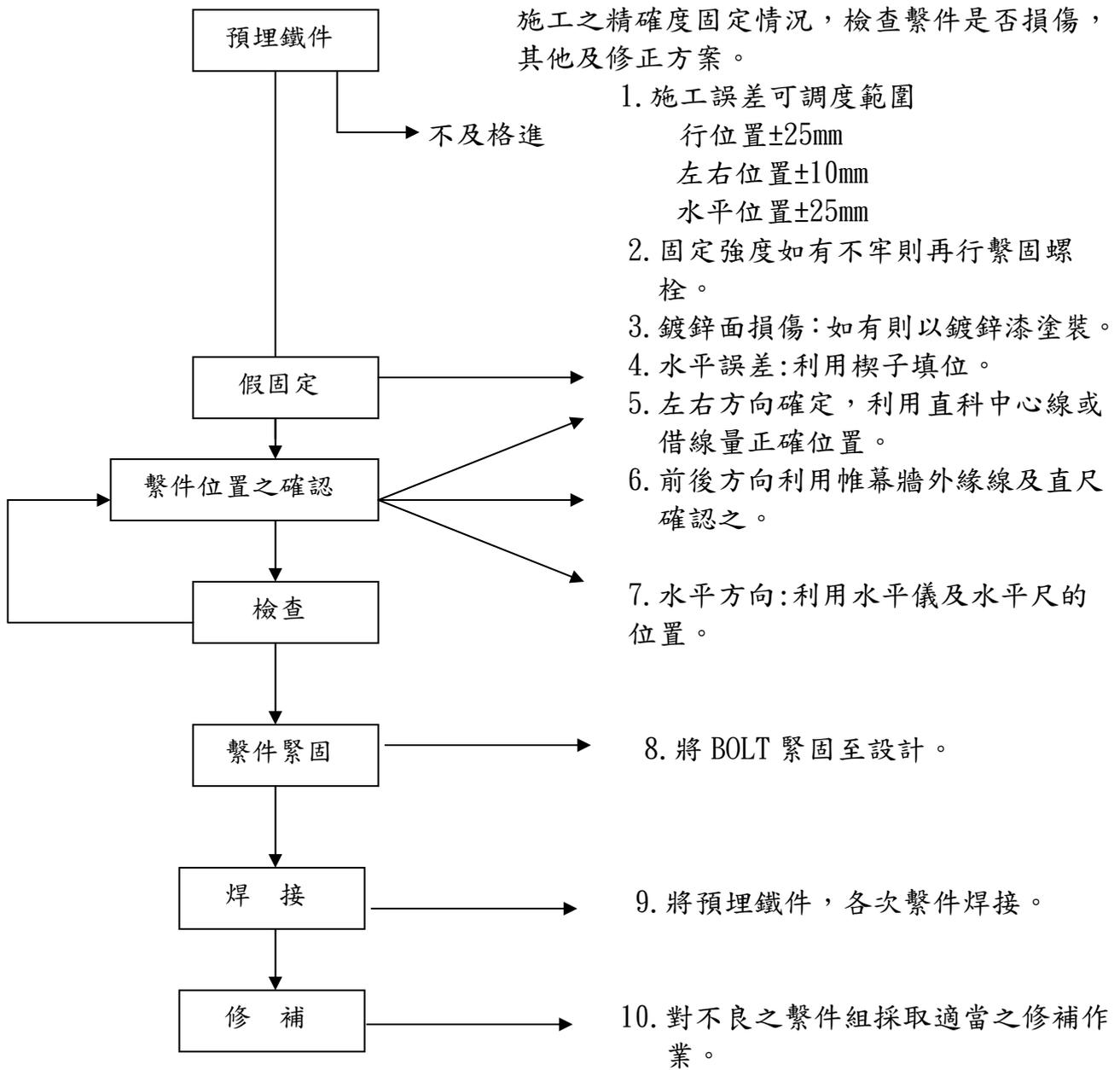
D. 吊掛：

依施工順序運抵工地之板片，利用輪式全吊車，吊裝之結構定位固定妥善後再裝下一片。塔吊吊掛定位暫不調整，先完成假固定，再作細部調整，細步調整後電焊固定。板片吊掛，板片間一次防水立即施做以免日後無法施作。

五、安裝計畫：

1. 繫件按裝：

繫件為聯結建築結構及帷幕牆之繫固配件，對帷幕牆按裝位置及分格等有重要關係。每套繫件均應具備上、下、左、右、前、後之調校功能，並可以調至正確位置。



## 2. 單元吊掛

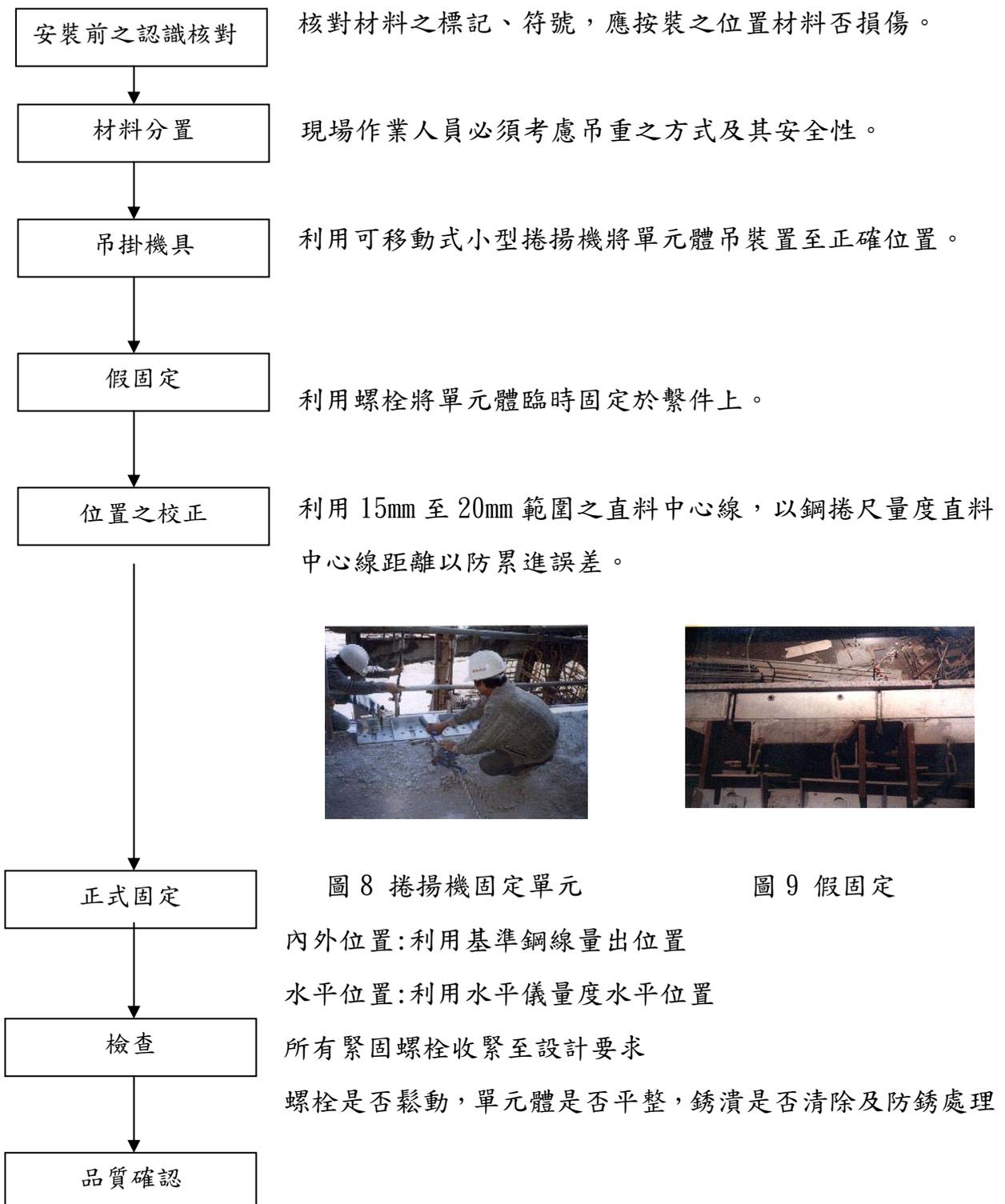


圖 8 捲揚機固定單元



圖 9 假固定

內外位置:利用基準鋼線量出位置

水平位置:利用水平儀量度水平位置



圖 10 單元吊掛情形一

#### 拾肆、結論

台灣已於 90 年 11 月 12 日通過 WTO 入會案，未來台灣石材工業，將不可避免地面對市場自由競爭的挑戰。隨者世界運輸交通的頻繁、技術交流的日益密切、加上來自新興地區低成本製品的壓力，台灣石材製品要維持既有的市場競爭力已是越來越難，加上國內市場的飽和，生產效率不佳的廠商將會面臨被淘汰的嚴酷考驗，因此未來台灣石材工業可能的因應之道如下：

1. 加速國內產業升級、強化產業研發能力及技術水準。
2. 培養國貿人才、積極拓展外銷。
3. 整體產業進行整合、策略聯盟，健全產銷體系。
4. 投資國外礦區，取得長期穩定、廉價的礦源。
5. 強化產品設計能力、提高產品附加價值、提昇品質形象。
6. 推動生產自動化、解決勞工短缺問題。

