

行政院及所屬各機關出國報告
(出國類別：實習)

研習美國陸上砂石開採、土地二次利用及公害防治與環境維護技術報告

服務機關：經濟部礦務局
出國人 職 稱：技士
姓 名：許慶源
出國地區：美國
出國期間：90年6月30日至8月25日
報告日期：90年11月12日

摘要

砂石為各項工程建設不可或缺之原材料，台灣地區砂石骨材大都源自河川供應，由於長期大量採掘及補充源之減失，河川砂石已漸趨枯竭，未來為供應各項建設之需，勢必轉向陸上砂石開發。惟陸上砂石之開發，會對環境景觀造成破壞與衝擊，且又涉及開採技術、公害防治及土地二次利用等項目，如何兼顧資源開發利用與環境保護，為台灣目前所面臨的課題。美國陸上砂石開採歷史悠久，累積相當多的經驗與技術，報告人奉派赴美研習上述項目，就個人研習所得加以分析整理，並提出相關建議，期能供作有關政府單位及砂石業界參考。

目 次

壹、前言及目的.....	6
貳、美國砂石骨材產銷概況.....	8
一、工程用砂、礫石.....	8
二、碎石.....	10
參、美國陸上砂石開採相關法令規定.....	13
一、聯辦法規.....	13
二、州法規.....	18
三、地方法規.....	18
肆、美國陸上砂石開採、公害防治及環境維護技術.....	20
一、陸上砂石開採情形.....	20
二、公害防治及環境維護技術.....	29
三、監督及檢查.....	31
伍、採掘跡地復整及土地二次利用情形.....	33
一、採掘跡地復整作業規劃流程.....	33
二、採掘跡地復整計畫內容.....	34
三、土地二次利用情形.....	35
陸、陸上砂石資源調查及統計.....	37
一、砂石資源調查及分佈.....	37
二、砂石品質.....	37
三、砂石替代物.....	40
四、砂石產銷統計.....	41
柒、美國陸上砂石開發所遭遇困難及發展趨勢.....	43
一、陸上砂石開發所遭遇困難.....	43
二、砂石業者努力方向及發展趨勢.....	44
捌、心得與建議.....	47

附錄

附表、附圖目次

表 1-1 行程.....	55
表 1-2 行程 (續)	56
表 1-3 行程 (續)	57
表 2-1 美國各州工程用砂、礫石生產統計表.....	58
表 2-2 美國前十大工程用砂、礫石公司統計表.....	59
表 2-3 工程用砂、礫石用途及價格統計表.....	60
表 2-4 工程用砂、礫石運輸方法統計表.....	60
表 2-5 工程用砂、礫石輸出統計表.....	61
表 2-6 工程用砂、礫石輸入統計表.....	62
表 2-7 碎石生產種類及價格統計表.....	63
表 2-8 美國各州碎石生產統計表.....	64
表 2-9 美國前十大碎石公司統計表.....	65
表 2-10 碎石用途統計表.....	66
表 2-11 碎石運輸方法統計表.....	67
表 2-12 碎石輸出統計表.....	68
表 2-13 碎石輸入統計表.....	69
表 6-1 工程用砂、礫石產銷調查表.....	70
表 6-2 工程用砂、礫石產銷調查表 (續)	71
表 6-3 碎石產銷調查表.....	72
表 6-4 碎石產銷調查表 (續)	73
圖 4-1 裝載機配合卡車搬運作業情形.....	74
圖 4-2 裝載機配合卡車搬運作業情形 (續)	74
圖 4-3 挖泥船作業情形 (Hanson Building Materials America).....	75
圖 4-4 挖泥船作業情形 (United Rock Products)	75
圖 4-5 挖吊機.....	76
圖 4-6 挖吊機之吊斗.....	76
圖 4-7 移動式碎解洗選場.....	77
圖 4-8 固定式碎解洗選場.....	77
圖 4-9 碎解洗選場作業流程圖.....	78
圖 4-10 散裝炸藥裝填情形.....	79
圖 4-11 炸藥庫外觀及周圍土堤.....	80
圖 4-12 炸藥庫外觀及周圍土堤 (續)	80
圖 4-13 炸藥庫接地電阻線.....	81
圖 4-14 炸藥庫儲存情形.....	81
圖 4-15 雷管庫外觀及周圍土堤.....	82

圖 4-16 雷管庫儲放情形.....	82
圖 4-17 卡車場內搬運情形.....	83
圖 4-18 輸送帶搬運情形.....	83
圖 4-19 鐵路運輸情形.....	84
圖 4-20 鐵路運輸情形(續).....	84
圖 4-21 Vulcan 公司平地碎石母岩採石場.....	85
圖 4-22 Luck Stone 公司平地碎石母岩北採石場.....	86
圖 4-23 Luck Stone 公司平地碎石母岩南採石場.....	86
圖 4-24 Aggregate Industries 公司坡地碎石母岩採石場.....	87
圖 4-25 Aggregate Industries 公司坡地碎石母岩採石場(續) ..	87
圖 4-26 Hanson 公司坡地碎石母岩採石場開採情形.....	88
圖 4-27 Hanson 公司坡地碎石母岩開採及使用輸送帶搬運情形....	88
圖 4-28 Vulcan 公司坡地砂、礫石採取場.....	89
圖 4-29 Vulcan 公司坡地砂、礫石採取場部分採掘跡復整情形....	89
圖 4-30 Ameron 公司坡地碎石母岩採石場.....	90
圖 4-31 Ameron 公司坡地碎石母岩採石場爆破作業準備情形.....	90
圖 4-32 Grace Pacific 公司坡地碎石母岩採石場.....	91
圖 4-33 Grace Pacific 公司坡地碎石母岩採石場(續)	91
圖 4-34 United Rock Products 公司場區周圍景觀美化情形.....	92
圖 4-35 Vulcan 公司場區周圍景觀美化情形.....	92
圖 4-36 砂石採取場場內灑水車.....	93
圖 4-37 自動輪胎沖洗台.....	93
圖 4-38 碎石機餵料口噴水抑制粉塵情形.....	94
圖 4-39 砂石料堆噴水抑制粉塵情形.....	94
圖 4-40 爆炸作業時以水車噴灑控制粉塵情形.....	95
圖 4-41 爆炸作業時以水車噴灑控制粉塵情形(續)	95
圖 4-42 碎解洗選設備置於封閉設施內情形.....	96
圖 4-43 輸送帶以帆布包覆情形.....	96
圖 4-44 碎解洗選場設於採掘跡之凹地內情形.....	97
圖 4-45 污水處理槽.....	97
圖 5-1 Vulcan 公司部分採掘跡復整為休憩地情形.....	98
圖 5-2 Vulcan 公司部分採掘跡復整為休憩地情形(續)	98
圖 5-3 Vulcan 公司部分採掘跡完成植生作業.....	99
圖 5-4 Castle Concrete 公司採掘跡地復整作為野生動物棲息地.....	99
圖 6-1 美國碎石母岩資源分佈圖.....	100
圖 6-2 砂石調查分區圖(加州)	101

壹、前言及目的

砂石為各項工程建設不可或缺之原材料，近年來因經濟發展，各大公共建設不斷增加，砂石之需求更顯殷切。依據調查統計，台灣地區近年來砂石平均年生產量為七、〇七八萬立方公尺（約一億零六百萬公噸），其中大部分源自河川供應，由於長期大量採掘及補充源之減失，河川砂石已漸趨枯竭，未來為供應國家各項建設之需要，勢必轉向陸上砂石開發，並尋求多元化砂石供應來源，始能達到供需平衡。

砂石之開發供應雖終需回歸源頭之陸上母岩及砂、礫石開採始能穩定供應，惟陸上砂石之開發，會對環境景觀造成破壞與衝擊，乃民眾所嫌惡之行業，且又涉及開採技術、公害防治及土地二次利用等項目，如何兼顧資源開發利用與環境保護，為台灣目前所面臨的課題。美國陸上砂石開採歷史悠久，累積相當多的經驗與技術，或可借他山之石，作為我國開發陸上砂石之參考。

經濟部九十年度派員出國研究實習計畫，列有「研習美國陸上砂石開採、土地二次利用及公害防治與環境維護技術」項目，報告人奉派赴美研習，自九十年六月三十日起至同年八

月二十五日止，為期五十七天。在美研習行程由美國農業部研究院協助安排，研習、參訪對象包括聯邦政府主管資源調查、土地、採礦、環保等有關單位、州政府主管礦業、土地及自然資源等相關單位、全美及地方之砂石公會、學術單位及陸上砂石採取場等，詳如後附行程（表 1-1、1-2、1-3）。

本報告共計八章，分別就美國砂石骨材產銷概況、陸上砂石開採相關法令規定、陸上砂石開採及公害防治與環境維護技術、採掘跡地復整及土地二次利用情形、陸上砂石資源調查及統計、及陸上砂石開發所遭遇困難及發展趨勢等，依研習所得加以分析整理，並提出相關建議，期能供作有關政府單位及砂石業界參考，然報告中倘有疏漏之處，亦請長官同仁及業界先進不吝指正。

貳、美國砂石骨材產銷概況

美國砂石骨材來源一般可分為工程用砂、礫石（簡稱砂、礫石，Construction Sand and Gravel）、碎石（Crushed Stone）二類。依美國地質調查局（USGS）之統計定義，工程用砂、礫石採取場（Sand and Gravel Pit）係採取砂與礫石，碎石採石場（Crushed Stone Quarry）係採取碎石母岩，其區別在於爆炸物之使用與否；使用爆炸物者定義為碎石採石場，非使用爆炸物者則為工程用砂、礫石採取場，產品亦分開統計。美國砂石骨材之生產已連續八年逐年增加，其產銷概況如下：

一、工程用砂、礫石

（一）生產：1999 年全美共生產 11 億公噸工程用砂、礫石，較 1998 年增加 2.8%，產值為 52.2 億美元，較 1998 年增加 6.9%，共有 4003 家工程用砂、礫石公司，6137 處砂、礫石採取場。全美各州皆生產工程用砂、礫石，依產量多寡前 10 大州為：加州、德州、密西根州、亞歷桑那州、俄亥俄州、科羅拉多州、華盛頓州、猶他州、明尼蘇達州及威斯康辛州，共佔總產量之 55%，

如表 2-1。另美國工程用砂、礫石生產有大型化趨勢，6137 處砂、礫石採取場中，年產量在 20 萬公噸以上者有 1629 處，約佔 26%，但累計產量為八億六千萬公噸，約佔 78%；依產量多寡前 10 大砂、礫石公司依序為：Vulcan Materials Co.、Hanson Building Materials America、Martin Marietta Aggregates、Aggregates Industries, Inc.、Oldcastle, Inc./Materials Group、Peter Kiewit Sons, Inc.、Lafarge Corp.、U.S. Bureau Of Land Management、Granite Construction Co.、RMC Industries Corp.，如表 2-2。

(二) 使用：依 USGS 1999 年調查資料，全美生產之 11 億公噸工程用砂、礫石中，530 百萬公噸未指明用途，其餘 580 百萬公噸中，40.9%用於水泥混凝土，24.9%用於路基級配料，14%用於瀝青混凝土，13%用於填充料，其餘則用於被覆砂、水泥製品、鐵路道碴、冰雪控制等用途，如表 2-3。

(三) 運輸：依統計資料，有指明運輸方法之 538 百萬公噸

中，81.2%以卡車運輸，2.5%以水路運輸，1%以鐵路運輸，另有14%直接於產地使用，並未運輸，如表2-4。

(四)價格：1999年工程用砂、礫石平均每公噸售價為4.73美元(不含運費)，較1998年增加約3.5%，砂、礫石價格視用途之不同而異，如表2-3。

(五)輸出入：美國境內因富藏砂石資源，且由於運輸成本過高，因此工程用砂、礫石輸出入之數量均小，約低於全年產量之1%。輸出入的國家以鄰近之墨西哥及加拿大為主，如表2-5、2-6。

二、碎石

(一)生產：岩石經碎解、篩選後，亦可作為砂石骨材使用。

1999年全美共生產15.4億公噸碎石，較1998年增加約2%，產值為82.4億美元，較1998年增加約1.4%。

碎石母岩的種類依產量多寡依序為：石灰岩及白雲岩，合計10.8億公噸，佔70.1%，花崗岩246百萬公噸，佔16%，暗色岩(玄武岩、輝綠岩)114百萬公噸，佔7.4%，其餘尚有砂岩、石英岩、大理岩、板岩、鈣質泥灰岩、頁岩及火山碎岩等，約佔6.5%，如表

2-7。

1999 年全美共有 1475 家碎石公司，3803 處採石場，除德拉瓦（Delaware）州不生產碎石外，其餘各州皆有生產，依產量多寡前 10 大州為：德州、賓州、佛州、依利諾州、喬治亞州、密蘇里州、俄亥俄州、北卡羅萊那州、維吉尼亞州及田納西州，佔總產量之 51%，如表 2-8。

碎石之生產亦有大型化趨勢，3803 處採石場中，年產量在 50 萬公噸以上者有 1039 處，佔 27.3%，但累計產量為 12 億公噸，佔 78%；依產量多寡前 10 大碎石公司依序為：Vulcan Materials Co.、Martin Marietta Aggregates、Hanson Building Materials America、Oldcastle, Inc./Materials Group、Lafarge Corp.、Rogers Group, Inc.、Florida Rock Industries, Inc.、CSR America, Inc.、Southdown, Inc.、Meridian Aggregates Co.，如表 2-9。

（二）使用：依 USGS 1999 年調查資料，全美生產之 15.4 億公噸碎石中，655 百萬公噸未指明用途，其餘 886

百萬公噸中，83.9%供作營建骨材用，13.4%用於化工及冶金，1.7%供農業使用，13%用於填充料，其他用途約 1%，如表 2-10。

(三) 運輸：依統計資料，有指明運輸方法之 796 百萬公噸中，77.4%以卡車運輸，6%以鐵路運輸，4.8%以水路運輸，另約有 8.6%直接於產地使用，並未運輸，如表 2-11。

(四) 價格：1999 年碎石平均每公噸售價為 5.35 美元（不含運費），較 1998 年降低約 0.5%，碎石價格視岩石種類之不同而異，如表 2-7。

(五) 輸出入：1999 年全美碎石輸出入之數量均小，約低於全年產量之 1%。輸出入的國家以鄰近之加拿大、巴哈馬及墨西哥為主，輸入之碎石主要用於營建骨材及水泥製品，如表 2-12、2-13。

參、美國陸上砂石開採相關法令規定

美國法規制度分聯邦、州、及地方三級，砂石開採係地方性產業，較受州及地方法規規範，然而州及地方法規乃參照相關之聯辦法規所制定。美國並無專門針對砂石開採之聯辦法規，惟砂石開採作業仍受其他相關之聯辦法規如採掘跡地復整（Reclamation）環境保護、安全衛生、土地管理．．等所規範。一般而言，各地方法規可能因地制宜，各不相同，但地方法規之要求標準不得低於州之標準，州之標準又不得低於聯邦之標準。

一、聯辦法規

美國雖無專門針對砂石開採之聯辦法規，惟其他直接或間接影響砂石開採作業之聯辦法規仍多，如採掘跡地復整、環境保護、安全衛生、土地管理．．等，主要之法規歸納如下：

（一）採掘跡地復整（Reclamation）法規

1977年美國針對煤礦採掘跡地之復整，訂定「露天採礦控制與復整法」（Surface Mining Control and

Reclamation Act), 由內政部露天採礦復整管理局 (Office of Surface Mining Reclamation and Enforcement, DOI) 負責執行 , 並對於煤礦以外的其他露天礦場 (含砂石) 之採掘跡地復整 , 得採取補救與管理 , 其主要內容如下 :

1. 管理計畫 :

包含五個主要的管理規定 , 於開採過程中保護人員及環境 , 並於開採完成後確保跡地能迅速復整。

2. 作業標準 :

為規範露天開採及跡地復整之基本準則 , 目的在於確保所有露天開採作業均以保護公眾及環境的方式進行 , 並確保採掘跡地能迅速復整。

3. 許可證 :

業者必須於開採作業前 , 依該法取得許可證。開採許可證之申請需檢具開採及復整計畫之詳細資料 , 其申請文件應提出有關開採前之環境概況、土地使用現況、開採及復整計畫、如何符合作業標準及土地二次利用等資料 , 提供主管機關審核。

4. 執行保證金：

在開採許可證核發前，業者需繳交一筆足夠執行開採後跡地復整之「執行保證金」，以作為業者無法完成復整工作時之用。該保證金得按不同時期復整工作（回填、植生等）完成後，分階段退還業者，而於所有復整計畫完成，並符合作業標準後全部退還。

5. 檢查及輔導：

檢查員得於發現業者違反該法或州法時發予違規通知，業者對於違規項目須於指定時間內完成改善，並得視違規程度對業者處以罰金。若業者並未完成改善，則在完成改善前將遭停止開採之處分，並科以罰金。若有重大違規事件發生（如危害公眾健康及安全、對土地、空氣或水源產生重大破壞等），則檢查員得立即發出停工命令，業者必須改善所有的缺失才能繼續開採或取得新礦區的許可證。

6. 禁採區：

該法規定於某些地區內不得開採，以避免對特殊的文化或自然資源造成永久損害，其方式如下：

(1) 於國家公園、森林、野生動物保護區及棲息地、原始及觀光河川、荒原及遊憩區、歷史及古蹟保護區內，及於住宅、公路、建築物、公園、學校、教堂、公墓等之一定限制距離內禁止採礦。

(2) 任何個人認為其利益會遭受採礦計畫之影響或損害時，得依該法之程序申請指定特定土地區域為禁採區。

(二) 環境保護法規：

1. 空氣清淨法 (Clean Air Act) : 管制空氣污染及粉塵之排放。

2. 水清淨法 (Clean Water Act) : 管制有關水污染及廢水排放。

3. 資源保護及回收法 (Resource Conservation and Recovery Act) : 管制有關固粒及有害廢棄物之排放與棄置。

4. 國家環境政策法 (National Policy Environmental Act , NAPA) : 規範需要實施環境影響評估 (Environmental Impact Statement) 之條件與程序，設有 NAPA 會議審查。

一般在聯邦管轄之公有土地 (Federal Land) 從事開發行為，及經 NAPA 會議審查認定之重大開發行為 (Federal Action)，皆需實施環境影響評估。

(三) 安全衛生：

1. 噪音管制法 (Noise Control Act)：管制及規範環境噪音量及勞工之噪音暴露量。
2. 礦場安全衛生法 (Mine Safety and Health Act)：管制及規範一般礦場安全及衛生事項。
3. 爆炸物管理：美國爆炸物管理涉不同之聯邦機關，包括菸酒及槍枝管理局 (Bureau of Alcohol, Tobacco and Firearms, BATF) 管理爆炸物之製造及販賣，交通部 (Department of Transportation, DOT) 管理爆炸物之運輸，礦場安全及衛生管理局 (Mine Safety and Health Administration, MSHA) 管理爆炸物現場之儲放及使用安全。

(四) 土地管理：

聯邦土地政策及管理法 (Federal Land Management and

Policy Act) 由內政部土地管理局 (Bureau of Land Management , DOI) 負責執行 , 管理約全國面積三分之一之聯邦公有土地 (大部分在西部地區); 所有在聯邦土地之開發行為皆需受該法管制。

二、州法規

州法規為美國砂石採取之主體 , 有關砂石採取之州法規可歸納為採礦及復整法規、及環保法規兩種 , 其名稱各州或不一致 , 但內容大同小異。一般採礦及復整法規主要參照聯邦之「露天採礦控制與復整法」制定 , 規範內容包括砂石採取之管理政策、申請程序、公聽會、許可方式、許可期限、許可證、保證金、檢查及罰則等 , 如科羅拉多州採礦跡地復整法 (Colorado Mined Land Reclamation Act) 加州露天採礦及復整法 (Surface Mining and Reclamation Act) 等。而環保法規則參照聯邦之相關環保法令制定 , 如空氣清淨法、水清淨法、資源保護及回收法等 , 其標準均較聯邦法令嚴格。砂石業者除需取得砂石採取許可證外 , 並應依環保規定取得相關污染排放許可 , 始得從事開採作業。

三、地方法規

砂石開採之申請及准駁，一般以州政府為主管機關，惟地方政府（如郡或市，County or City）仍可利用都市計畫分區使用（Zoning）法規來進行管制，部分地方政府亦有核發砂石採取許可證者，其主管機關則大部分為都市計畫單位。

肆、美國陸上砂石開採、公害防治及環境維護技術

一、陸上砂石開採情形

(一) 採取場型式：

美國陸上砂石開採依使用爆炸物與否，可分為碎石採石場 (Crushed Stone Quarry) 及砂、礫石採取場 (Sand and Gravel Pit)。碎石採石場係利用爆破方式採取碎石母岩，將堅硬之母岩爆破後，再予以碎解為砂石骨材，一般均佈置階段開採。砂、礫石採取場則直接以機械設備採掘，用於較易剝離之平地或坡地砂、礫石層，無需使用爆炸物。依統計資料，近年來碎石母岩之開採漸凌駕於砂、礫石採取，蔚為砂石骨材供應之主流。

(二) 採取方法：

美國陸上砂石採取方法與一般露天採礦方法無異，需經計畫 (含設計碎解洗選場)、整地、剝除表土、佈置階段、進行開採 (鑽孔、爆破)、搬運、碎解、洗選、及堆置運銷產品等。依地下水位之高低可分為乾式及濕式採取法，乾式採取法適用於無地下水之坡地或地下水位較低之平地；濕式

採取法則用於地下水位較高之平地砂、礫石層。二者皆無向下採取深度之限制，端視砂石賦存情形而定。

1. 機械設備：

乾式採取法使用之機械設備一般有推土機、怪手、裝載機（Loader）、剷裝機（Shovel）、挖吊機（Bucket）等，而使用裝載機剷裝料石並配合卡車搬運，為普遍的作業方式（如圖 4-1、4-2）。濕式採取法在遇地下水層之前與乾式採取法無異，而後則使用挖泥船（Dredge）、抽砂船、抽砂泵、挖吊機、或怪手等，一般以使用挖泥船或挖吊機作業為主。（如圖 4-3、4-4、4-5、4-6）

2. 碎解洗選場：

美國陸上砂石碎解洗選場通常鄰近砂石採取場，可同時處理一個或數個以上砂石採取場之料石，一般流程為粗碎、過篩、次碎、洗選、分級等。其型式可分為移動式及固定式二種（如圖 4-7、4-8），移動式用於小型採取場，處理能量小，但易於拆裝及移運；固定式則用於中大型採取場，處理能量大，但無法移運他處。典型之碎解洗選場作業流程如圖 4-9。

3. 爆炸物使用：

美國陸上砂石開採使用之爆炸物有散裝炸藥（Bulk System）及袋裝炸藥（Bag）二種，引爆系統有電氣雷管及非電氣雷管。散裝炸藥之使用較普遍，其價格便宜，需用時由炸藥服務公司以特殊裝藥卡車運至砂石採取場裝填施炸（如圖 4-10），不需建火藥庫儲存，在管理上也較容易。而在一些交通不便或離島地區則使用袋裝炸藥，必需依規定建立火藥庫儲存管理（如圖 4-11、4-12、4-13、4-14、4-15、4-16）。

4. 搬運：

砂石採掘後場內搬運方式主要有卡車及輸送帶兩種，卡車為傳統之搬運工具，目前較傾向大型化卡車運輸，以節省搬運及維護費用。卡車級數有 55 噸級、80 噸級、及 100 噸級等。55 噸級以下者大都屬於後傾式卡車，80 噸級以上卡車有後傾式及底卸式兩種，底卸式卡車係直接駛上卸料口，由底部開閘卸料，可避免因運輸視線死角而於後退時發生卡車陷落卸料口，或碰傷人員之安全問題，且產生之粉塵較少。而輸送帶之使用，雖然初期投資成本較高，但其具有減

少卡車往返之粉塵、震動、噪音等問題之優點，且無需路面維護費用，又其運量穩定，故有逐漸增加之趨勢。（如圖 4-17、4-18）

砂石產品場外運輸之方式主要有卡車、鐵路、水路等三種，以卡車運輸為主。場外運輸卡車一般在 20 噸級-30 噸級間，視各州道路交通法規而定，運輸距離在 60 英哩左右，不超過 100 英哩。鐵路及水路運輸距離較遠，費用亦較低廉，惟大多仍需再配合卡車搬運。（鐵路運輸情形如圖 4-19、4-20）

（三）本次研習所參訪之砂石採取場簡述如下：

1. Vulcan Materials Co. (Manassas, Virginia), 如圖 4-21

基本資料：面積 365 英畝，年產量約 3,000,000 噸，作業人員 58 人。

採取方式：屬平地碎石母岩採石場，岩種為火成岩，採向下佈置階段開採，使用散裝炸藥，計畫採取深度約為 150 公尺。

許可證：由州政府核發，無年限限制，至採石場壽命為

止，惟每五年需經郡政府複審換證。

復整計畫及土地二次利用：採石場土地為私有土地，依核准之復整計畫，其土地將作為蓄水池使用。

2. Luck Stone Corp. (Fairfax, Virginia), 如圖 4-22、4-23

基本資料：面積 100 英畝，年產量約 2,000,000 噸，作業人員 40 人。

採取方式：屬平地碎石母岩採石場，岩種為火成岩，採向下佈置階段開採，使用散裝炸藥，計畫採取深度約為 130 公尺。

許可證：由州政府核發，無年限限制，至採石場壽命為止，惟每五年需經郡政府複審換證。

復整計畫及土地二次利用：採石場土地為私有土地，依核准之復整計畫，其土地將作為蓄水池使用。

3. Aggregate Industries Co. (Morrison, Colorado), 如圖 4-24、4-25

基本資料：面積 350 英畝，年產量約 3,000,000 噸，作業人員 54 人。

採取方式：屬平地及坡地碎石母岩採石場，岩種為花崗岩，採階段開採，使用散裝炸藥，平地部分計畫採取深度約為 80 公尺。

許可證：由州政府核發，無年限限制，至採石場壽命為止。

復整計畫及土地二次利用：採石場土地為私有土地，依核准之復整計畫，坡地部分需植生復整，向下開採部分將作為蓄水池使用。

4. Hanson Building Materials America (Irwindale, California), 如圖 4-3

基本資料：面積 300 英畝，年產量約 2,000,000 噸，作業人員 45 人。

採取方式：屬平地砂、礫石採取場，目前以濕式採取法採掘地下水層以下之砂石，計畫採取深度約為 60 公尺。

許可證：由州政府核發，無年限限制，至採取場壽命為止。

復整計畫及土地二次利用：土地為私有土地，依核准之復整計畫，原採取場將先作為營建廢棄建材回收場，最後回填表土，作為公園或商業區用途。

5. United Rock Products (Irwindale, California), 如圖 4-4

基本資料：面積 400 英畝，年產量約 4,000,000 噸，作業人員 35 人。

採取方式：屬平地砂、礫石採取場，目前以濕式採取法採掘地下水層以下之砂石，計畫採取深度約為 85 公尺。

許可證：由州政府核發，無年限限制，至採取場壽命為止。

復整計畫及土地二次利用：土地為私有土地，依核准之復整計畫，原採取場將先作為營建廢棄建材回收場，最後回填表土，作為公園或商業區用途。

6. Hanson Building Materials America (San Diego, California), 如圖 4-26、4-27

基本資料：面積 630 英畝，年產量約 2,000,000 噸，作

業人員 30 人。

採取方式：屬坡地碎石母岩採石場，岩種為花崗岩，採階段開採，使用散裝炸藥。

許可證：由郡政府核發，年限為 20 年，每五年換證一次。

復整計畫及土地二次利用：土地為私有土地，依核准之復整計畫，將復整作為商業區或工業區用途。

7. Vulcan Materials Co. (San Diego, California), 如圖 4-28、4-29

基本資料：面積 200 英畝，年產量約 1,600,000 噸，作業人員 25 人。

採取方式：屬坡地砂、礫石採取場，採階段機械開採。

許可證：由郡政府核發，年限為 20 年，每五年換證一次。

復整計畫及土地二次利用：土地為私有土地，依核准之復整計畫，將復整作為商業區用途。

8. Ameron International Corp. (Kailua, Hawaii), 如圖 4-30、4-31

基本資料：面積 400 英畝，年產量約 2,000,000 噸，作業人員 50 人。

採取方式：屬坡地碎石母岩採石場，岩種為玄武岩，採階段開採，使用袋裝炸藥。

許可證：由州政府核發，無年限限制，至採石場壽命為止。

復整計畫及土地二次利用：採石場土地為私有土地，依核准之復整計畫需作植生復整，其土地二次利用將視都市計畫結果而定。

9. Grace Pacific Corp. (Kapolei, Hawaii), 如圖 4-32、4-33

基本資料：面積 200 英畝，年產量約 900,000 噸，作業人員 35 人。

採取方式：屬坡地碎石母岩採石場，岩種為玄武岩，採階段開採，使用袋裝炸藥。

許可證：由州政府核發，無年限限制，至採石場壽命為止。

復整計畫及土地二次利用：採石場土地為私有土地，依核准之復整計畫需作植生復整，其土地二次利用將視都市計畫結果而定。

二、公害防治及環境維護技術

陸上砂石開採多以露天階段方式進行採掘，除直接會對環境景觀造成衝擊外，並會產生污染與公害，包括空氣污染（粉塵）、噪音、水污染、及震動等，乃民眾所嫌惡之行業。砂石業者除需遵照法規規定採取相關防範措施外，均將敦睦睦鄰工作列為首要項目，以減少附近居民之抗爭。茲分述如下：

（一）景觀維護：

砂石開採之所以為人嫌惡，很主要的原因是在於開發初期對環境景觀造成破壞，形成視覺污染。業者通常會在場區周圍設立圍牆、土堤，以阻隔視線與噪音，防止外人進入，並於周邊種植花木美化景觀形成隔離綠化帶（如圖 4-34、4-35）。另依規定則必須設立緩衝帶，其主要目的為保護砂石開採作業不被干擾，另一方面也保護鄰近居民與土地所有人免受砂石開採的影響。緩衝帶的寬度各州規定不同，視採

取區所在位置及鄰近設施之種類而定，如加州規定最低寬度為 50 英尺，科羅拉多州為 200 英尺。

（二）粉塵控制：

控制粉塵的方法一般為噴灑水抑制粉塵飛揚，或以包覆機械設備方式防止粉塵外洩。砂石採取場區內常用灑水車沿路灑水（如圖 4-36），另卡車過磅出口處亦設有自動輪胎沖洗台（如圖 4-37），以減少路面粉塵飛揚；碎解洗選場、輸送帶、料堆等處亦可使用大量水抑制粉塵（如圖 4-38、4-39）；部分對粉塵敏感地區，在爆破作業時亦有以水車噴灑控制粉塵者（如圖 4-40、4-41）。機械設備如碎石機、震動篩等可置於封閉設施內，輸送帶則以包覆方式防止粉塵外洩（如圖 4-42、4-43）。

（三）噪音控制：

砂石採取場噪音主要來自其碎解洗選設備運轉之噪音，及爆破作業所產生之噪音。一般除設立緩衝帶以降低環境噪音值外，對於機械設備則以包覆方式或置於封閉設施內，或將碎解洗選場移入採掘跡之凹地內以減低噪音影響（如圖 4-44）。爆破作業則需調整爆破設計，減少裝藥量，

並於爆破前事先通知附近居民，以減低爆破噪音之衝擊。

(四) 水污染：

對於砂石採取場所排放之廢污水（包括洗選污水、雨水、地表水等），均應依照環保標準始可排放。一般砂石開採之廢水較有固粒含量的問題，大都採用沈澱池（如圖 4-45）讓污水沈澱到達排放標準後，始予排放，很多缺水地區則循環利用不予排放。

(五) 震動控制：

主要震動來源為卡車經過所產生之地面震動，及爆破作業所引起之震動。卡車經過道路應避開住宅密集區域，無法避免時則將卡車進出時間予以管制，以減少對居民的影響。爆破作業之震動可在技術上予以降低，如減少爆破鑽孔之孔數、減少裝藥量、在建築物方向鑽一排或數排吸震空孔、或挖掘明溝阻隔震波之傳播、或作業面與建築物保持垂直等，另應事先通知附近居民並加強溝通，以減少爆破震動之影響。

三、監督及檢查

陸上砂石開採在行政監督上，由許可證核發機關（一般為州政府）負責，環保方面由州及地方之環保單位作定期與不定期之檢測，安全衛生方面主要由聯邦之勞工安全及衛生管理局（Occupational Safety and Health Administration, OSHA）及礦場安全及衛生管理局（Mine Safety and Health Administration, MSHA）負責檢查。

伍、採掘跡地復整及土地二次利用情形

陸上砂石採取在計劃之初，即需考慮將來採掘跡地復整及土地二次利用問題，二者息息相關，需作整體規劃，以減低對環境景觀之影響，及創造高附加價值之土地利用。一般復整作業與開採作業可同時進行，一部分區域開採完成時，即進行復整作業。事先作妥採掘跡地復整規畫，不僅可減少廢土堆積、表土搬運與回填距離，降低作業成本，並可減緩附近居民及土地所有人之抗爭。(如圖 5-1、5-2、5-3、5-4)

一、採掘跡地復整作業規劃流程

一般採掘跡地復整作業包括：移除及堆置表土、修整採掘跡壁、回填、植生綠化等，採掘跡地復整作業規劃並需配合土地之二次利用，其規劃流程如下：

(一) 規劃土地二次利用情形：研究各種土地二次利用之可能性，選擇最適合附近環境，及最高附加價值之土地利用型式。

(二) 規劃各項設施之配置：如表土堆置位置、碎解洗選場、輸送帶等各項機械設備之配置。

(三) 規劃復整作業時程：配合開採作業，規劃不同階段之復整作業。

(四) 規劃回填及植生工作：包括選擇回填物及植生草木種類等。

(五) 綜合規劃：綜合彙整相關資料，規劃整體復整作業。

二、採掘跡地復整計畫內容

美國並無專門針對陸上砂石採掘跡地復整之聯邦法規，各州一般係參照煤礦之「露天採礦控制與復整法」訂定各自之復整法規，並要求業者提出復整計畫（與開採計畫一併提出），經審核後，發給砂石採取許可證。計畫內容大致包括：

(一) 完成期限：復整作業應按開採進度分階段完成，並於許可證到期時驗收成果。

(二) 土地二次利用規劃：一般在復整計畫中，均有提出將來土地二次利用之規劃方向，基本上復整作業是根據土地二次利用情形來作計劃。

(三) 坡度：佈置階段開採之砂石採取場，其最終坡度一般

不大於 1：2（垂直：水平）。

（四）回填計畫：平地砂石開採非規劃作為水域用之採掘跡地，需做回填工作。回填物不得為有害物質，另須回填一定厚度之表土，表土在回填之前應妥為堆置，防止風或水之侵蝕。

（五）植生計畫：採掘跡地應種植適當種類之草、木植生綠化，以維護景觀並防止水土流失。

（六）保證金：在取得採取許可證之前，業者須繳交保證金，以確保復整作業能依規定完成，該保證金得按不同時期復整工作（回填、植生等）完成後，分階段退還業者，而於所有復整計畫完成，並符合作業標準後全部退還。

三、土地二次利用情形

一般採掘跡地復整後之土地二次利用情形如下：

（一）住宅區

（二）公園、休憩地

(三) 野生動物棲息地

(四) 工業區

(五) 商業區

(六) 森林區

(七) 蓄水池、湖泊

(八) 土地改良作為業農業使用

陸、陸上砂石資源調查及統計

一、砂石資源調查及分佈

美國陸上砂石資源由地質調查局聯邦中心（Federal Center, USGS）負責調查工作。砂、礫石（Sand and Gravel）礦床源自河川沖積、冰河侵蝕及盆地沈積等，河川沖積之砂、礫石層分佈廣泛遍佈全美各地；冰河侵蝕之砂、礫石層由大陸冰河及高山冰河侵蝕而成，分佈在北部及高海拔地區；而位於乾燥或半乾燥地區，許多盆地因風化作用及間歇性暴雨帶來岩屑，沈積為相當厚度之砂、礫石層。

碎石母岩分沈積岩、火成岩及變質岩三類，沈積岩類以石灰岩、白雲岩為主，共佔約 70%之碎石供應，火成岩類以花崗岩、暗色岩（玄武岩、輝綠岩）為主，約佔 23%之碎石供應，變質岩類如大理岩、石英岩等，約佔 7%之碎石供應，其分佈情形如圖 6-1。

二、砂石品質

砂石因來源及種類之不同，品質良莠差距甚大，需經試驗以確保其品質，一般常使用美國試驗及材料協會

(American Society for Testing and Materials , ASTM)
及美國各州公路及交通主管官員協會 (American
Association of State Highway and Transportation
Officials , AASHTO) 之試驗標準。作為營建骨材用之砂石，
其品質要求如下：

- (一) 潔淨性 (Cleanness) : 骨材中所含有害物質如泥土、
煤炭、雲母、鹽類、及有機物等應在容許範圍內，以
免降低混凝土品質。
- (二) 硬度 (Hardness) : 骨材需具備一定之硬度以抵抗磨
損及衝擊。
- (三) 強度 (Strength) : 骨材需具備足夠之抗壓強度。
- (四) 穩定性 (Soundness) : 骨材之孔隙率、滲透率及吸水
性等，需具抵抗物理作用及化學作用之耐久性，前者
如冷縮熱漲之作用，後者如酸鹼性之反應。
- (五) 粒狀 (Shape) : 骨材之粒狀最好是接近圓形或立方體，
以使混凝土具較佳之工作 (坍) 度。
- (六) 比重 (Specific Gravity) : 混凝土視不同用途之需

要，選擇不同比重之骨材，美國砂石骨材之比重一般介於 2.4-3.0 間。

(七) 級配度 (Size and Gradation): 砂石骨材之級配度對混凝土之品質影響很大，一般以細度模數 (Fineness Modulus, FM) 表示，FM 愈大者表示骨材愈粗，反之則愈細。計算方式採一系列美國標準篩之篩分析：NO.100 (150 μ m) NO.50 (300 μ m) NO.30 (600 μ m) NO.16 (1.18mm) NO.8 (2.36mm) NO.4 (4.75mm) 3/8 inch (9.5mm) 3/4 inch (19.0mm) 1-1/2 inch (38.1mm)，計算殘留重量百分比之加總值。一般用於水泥混凝土之細骨材 (Fine Aggregate, 即砂)，FM 介於 2.3-3.1 間。

倘砂石品質不符標準時，可以下列方式調整：

- (一) 加入高品質之砂石骨材以提高整體品質。
- (二) 於碎解洗選過程中移除有害物質。
- (三) 調整碎解作業 (如再碎) 以改變骨材粒狀。
- (四) 於混凝土中加入化學藥劑 (如強塑劑) 以提高其品質。

三、砂石替代物

某些地區因砂石缺乏、或砂石品質不佳，且距離產地過遠，砂石價格昂貴，便使用一些砂石替代物，如：

- (一) 天然替代物如貝殼、鈣鹽等。
- (二) 經加熱膨脹後之黏土、頁岩。
- (三) 煉鐵或煉鋼所產生之爐石。
- (四) 其他替代物如煤渣、礦渣、碎玻璃、廢輪胎等。

另廢棄建材之回收 (Recycle)，如瀝青混凝土及水泥混凝土之收回，亦為重要之砂石替代物。美國砂石業者從事廢棄建材回收的工作已歷數十年。近年來，資源回收利用對業者而言更形重要，從事回收作業的公司亦逐漸增加。一般業者係將道路翻修後之瀝青混凝土及廢棄建築物之水泥混凝土，運回碎解場作碎解、洗選及回收使用。1999 年砂石業者共回收利用 7.88 百萬公噸瀝青混凝土及 8.4 百萬公噸水泥混凝土，較 1998 年之 5.73 百萬公噸及 6.04 百萬公噸分別增加 37.5% 及 39%。

四、砂石產銷統計

美國砂石產銷之統計，由地質調查局國家中心（National Center，USGS）負責辦理，其下設有砂石部門，並分工程用砂、礫石及碎石兩小組，從事有關砂石資料蒐集、分析研究等工作。由於產銷資料屬廠商個別資料，依法令規定統計資料不得顯示出個別廠商之生產數據，惟目前砂石業有大型化趨勢，某些地方（郡、市）可能僅由一家公司擁有數個採取場，該局為利統計，針對各州砂石採取場分佈狀況，設計有砂石分區（如圖 6-2），將數個郡（或市）集合為一統計區，以符合法令規定。

統計之方式採季統計及年統計兩種，並將工程用砂、礫石及碎石分開調查。季統計係以電話調查之方式進行，年統計則使用調查表：工程用砂、礫石產銷調查表及碎石產銷調查表（如表 6-1、6-2、6-3、6-4），為使統計能更精確而不重複，表中產量包括銷售或自用（Sold or Used），且不含堆料。統計調查為自願式非強迫性，但業者大都配合辦理。該局每年均進行砂石產銷調查統計，於每年年初對前一年之產銷資料進行調查，而於次年年初完成，將報告送交國會，

並出版有關砂石統計之刊物。

柒、美國陸上砂石開發所遭遇困難及發展趨勢

一、陸上砂石開發所遭遇困難

(一) 法令規定漸趨嚴格：

有關陸上砂石開發之相關法規，無論在環保、安全衛生、或土地管理等方面，均有漸趨嚴格之趨勢，如礦場安全及衛生管理局(MSHA)於1999年9月修正「Health Standards for Occupational Noise Exposure-30 CFR Parts 56,57,62,70 and 71」，提高勞工噪音暴露值之標準，並於2000年9月實施；另內政部土地管理局亦將提出一新規定，針對1955年以後在聯邦公有土地之採礦作業(含砂石)，提高其環保標準及增加保證金，並限制開發規模。此種趨勢將造成砂石業者經營成本之增加。

(二) 居民抗爭：

砂石係粗重且廉價之商品，主要的成本在於運輸費用，一般砂石採取場不會距離使用地(如都市、或人口集中區域)太遠，大都在郊區附近。近年來美國都市發展有向郊區擴大趨勢，居民漸與砂石採取場接近，砂石開採之景觀破壞與公

害等問題，常造成附近居民抗爭之對象，而民眾亦有「別在我家後院」(Not In My Back Yard, NIMBY)的心理，常造成業者經營之困擾。

(三) 政治因素：

美國係民主國家，公職需透過選舉取得，政治人物為顧及選票，亦有不在任期內核發許可證之現象(Not In My Term Of Office, NIMTOO)，以爭取連任。

(四) 許可證取得困難：

砂石開發因受日漸嚴格的法規限制、附近居民抗爭、及政治因素等影響，新開發案之許可證取得不易，而州政府在核發許可證之作為上亦漸趨保守。

二、砂石業者努力方向及發展趨勢

(一) 加強敦親睦鄰工作：

為化解附近居民對於砂石開採作業之抗爭，業者均將敦親睦鄰與溝通工作視為重要項目，除依法規作妥各項景觀維護與公害防治外，並主動限制作業時間，盡量避免在夜間作業；改變卡車運輸路線，避免經過住宅區；減緩爆破作業並

事先通知居民等。另對於土地二次利用之情形，亦加強與附近居民溝通說明，以取得對開發作業之支持。

（二）加強公會功能：

美國砂石公會分為全美之砂石公會及地方公會，其功能除服務會員、舉辦教育訓練、提昇業界形象外，最主要的是遊說立法，近年來為強化其功能，有合併之趨勢，如全美骨材公會（National Aggregates Association）與全美岩石公會（National Stone Association）合併為全美砂石公會（National Stone, Sand and Gravel Association），地方之砂石公會則多與預拌混凝土公會合併，如科羅拉多預拌混凝土及砂石公會（Colorado Ready Mixed Concrete and Rock Products Association），以擴大其影響力。

（三）大型化趨勢：

砂石業界因相關法規日趨嚴格、居民抗爭等因素，致經營成本不斷增加，小型公司漸無法負擔，為提高競爭力，其規模有大型化之趨勢，依統計資料，前十大砂石公司之產量約佔總產量之 20%。又因新開採許可證取得不易，大公司為維持其佔有率，紛紛採行併購措施，並垂直整合上中下游之

砂石業、水泥業、預拌混凝土及營造業等。

捌、心得與建議

- 一、美國砂石骨材之生產已連續八年（1992-1999）逐年增加，砂石之年產值雖不大，惟砂石乃各項工程建設之原材料，直接或間接影響其他相關下游產業-水泥、預拌混凝土、鋼鐵、營造業發展之榮枯，其生產逐年增加正印證美國經濟在九0年代的強勁表現，故砂石骨材之生產使用情形亦可作為經濟發展之初步指標。
- 二、美國砂石骨材之供應主要有砂、礫石及碎石二種，1999年砂、礫石生產11億公噸，碎石生產15.4億公噸。近年來碎石之開採漸凌駕於砂、礫石採取，成為砂石骨材供應之主流。碎石母岩之開採方法一般與採礦露天開採方法無異，台灣地區目前已規劃有碎石母岩之資源區，將來若進行開發，應可借鏡國內露天礦場開採及管理之經驗。
- 三、美國陸上砂石開採依地下水位之高低可分為乾式及濕式採取法，乾式採取法適用於無地下水之坡地或地下水位較低之平地，濕式採取法則用於地下水位較高之平地砂、礫石層，二者皆無向下採取深度之限制，端視砂石

賦存情形而定，依所參訪之砂石採取場，更有計畫採取深度達 150 公尺者，建議我國將來制定相關規定時，取消採取深度之限制，以增加砂石料源供應。

四、美國砂石業界因經營環境日趨嚴峻，致經營成本不斷增加，為提高競爭力，其規模有大型化之趨勢。又因新開採許可證取得不易，大公司為維持其佔有率，紛紛採行併購措施，並垂直整合上中下游之砂石業、水泥業、預拌混凝土及營造業等，有寡頭壟斷之勢。而國內陸上砂石開發申請，在環境保護、水土保持、土地管理等法規漸趨嚴格，且居民抗爭不斷的情況下，小型公司勢必無法負擔日益增加之各項成本，未來是否亦會朝向大型化趨勢發展，值得注意。

五、美國陸上砂石開採一般規模較大，開發時間長，業者為與附近居民保持良好關係，化解對於開採作業之抗爭，均將敦親睦鄰與溝通工作列為重要項目，除依法規作妥各項景觀維護與公害防治外，並主動限制作業時間，盡量避免在夜間作業、改變卡車運輸路線，避免經過住宅區、減緩爆破作業並事先通知附近住戶等，一般均獲得

當地居民的肯定及支持。而國內砂石開發因受環評、水保、土地等相關法規限制，規模較小，作業時間亦較短，不易與當地居民建立關係；而部分不肖業者抱著打帶跑心態，無意經營地方關係，遺留遭破壞之採掘跡地，更造成民眾對砂石業界不良之印象，因此一聞砂石開發，立即抗爭反對。鑑此，雖然目前砂石開發面臨諸多法令限制，建議政府仍應鼓勵大規模開發，如此才能輔導業者永續經營，扭轉民眾對砂石開發之負面印象。

六、美國陸上砂石採取在計劃之初，即需考慮將來採掘跡地復整及土地二次利用問題，因二者息息相關，需作整體規劃，以減低對環境景觀之影響，及創造高附加價值之土地利用。一般復整作業與開採作業同時進行，一部分區域開採完成時，即進行復整作業，事先作妥採掘跡地復整規畫，可減少廢土堆積、表土搬運與回填距離，降低作業成本。又因土地二次利用情形於開採之前即已規劃，可提供當地居民及政府美好願景，如能加強溝通說明，不僅可減少抗爭，並可使其轉而支持開發行為，達到雙贏局面。

七、美國砂石採取之主管機關，一般為州政府，由其核發許可證，而地方政府（如郡或市）則利用都市計畫分區使用法規來進行管制。台灣地區因砂石料源產地分配不均，砂石產銷早已跨越地方性產業範圍，成為全國性事務，然各地方政府或因無專責單位辦理、或因政治因素，配合意願低落，建議參考美國制度，將砂石採取在一定面積以上，主管機關提昇至中央層級，直接辦理砂石開採之申請及准駁，並核發許可證，以統籌砂石產銷供需。

八、砂石係粗重且廉價之商品，主要的成本在於運輸費用，美國陸上砂石採取場一般不會距離使用地（如都市、或人口集中區域）太遠，大都在郊區附近，砂石運輸則以卡車為主，運輸卡車通常在 20 噸-30 噸間，視各州道路交通法規而定，運輸距離一般在 60 英哩（約 100 公里）左右，故自然形成砂石供應圈。而國內因砂石生產地與使用地分配不均，長距離運輸現象極為普遍，運輸業者為節省成本，常違法使用高運量卡車，超時、超速、超載行駛，更有甚者使用 50 噸級卡車情形，造成交通安全、道路路面破壞及能源浪費等問題，究其原因及改善

方法，應儘速均衡開發各地砂石賦存料源，以形成砂石供應圈體系，避免長距離運輸之現象，減少砂石車問題發生。

九、台灣地區陸上砂石蘊藏量豐富，共計約有一二四七億立方公尺（其中坡地砂石約八五六億立方公尺、農地砂石約八五億立方公尺、碎石母岩約三〇六億立方公尺），目前經濟部已完成砂石多元化料源開發準備措施，就各縣市砂石資源賦存豐裕及對環境衝擊影響較小地區，完成十六處陸上砂石資源區規劃，面積總計五、〇八〇公頃，可採量十五億四千六百零四萬立方公尺。依行政院核定之「砂石開發供應方案」及「杜絕河川盜濫採砂石加強取締方案」，在民國九十二年應將河川砂石供應由九十五%降至五十%，至九十五年再降至三十%，故開發陸上砂石有其急迫性。惟砂石開發涉諸多機關單位及法令規定，如環保、水保、土地管理及地方政府等，事權分散，尤其在土地取得方面，更是問題之癥結，已非單一機關或單一部會所能解決，建議由行政院協調內政部、農委會、經濟部．．．等相關部會，依非都市土地使用管制規則規定，變更上述十六處陸上砂石資源區為

土石專用區，並由中央土石主管機關作為申辦之單一窗口，以求事權統一及解決土地取得之問題。

十、美國砂石開採之採掘跡地，依規定需做復整作業，包括植生、回填工作等，採掘跡地應種植適當種類之草、木植生綠化，以維護景觀並防止水土流失，回填物不得為有害物質，另須回填一定厚度之表土，表土在回填之前應妥為堆置，防止風或水之侵蝕。而在採取許可證核發前，業者需繳交一筆足夠執行開採後跡地復整之「保證金」，以作為業者無法完成復整工作時之用。該保證金得按不同時期復整工作（回填、植生等）之完成，分階段退還業者，而於所有復整計畫完成並符合標準後，全部退還。台灣目前陸上砂石多屬小規模開採，以往保證金係由縣（市）政府代收保管，俟土石採罄或不願繼續開採時，申請由政府驗收合格後，一次退還。將來制定相關規定時，對於大面積之砂石開發，因其保證金金額龐大，建議參照美國方式，視不同時期復整工作之完成，分階段退還業者，應較為合理可行。

十一、砂石係不可再生之資源，如能回收利用，不僅可增加

砂石料源供應，亦可減少廢棄物，符合環保觀念。美國砂石業者對廢棄建材之回收工作已相當普遍，近年來，資源回收利用對業者而言更形重要，從事回收作業的公司亦逐漸增加，1999年砂石業者共回收利用7.88百萬公噸瀝青混凝土及8.4百萬公噸水泥混凝土，較1998年之5.73百萬公噸及6.04百萬公噸分別增加37.5%及39%。而國內目前對廢棄建材之回收並不普遍，值得加強推廣。

十二、美國有些地區因砂石缺乏、或砂石品質不佳，且距產地過遠，砂石價格昂貴，便使用一些砂石替代物，如天然之貝殼、鈣鹽、加熱膨脹後之黏土、頁岩、及爐石、煤渣、礦渣、碎玻璃、廢輪胎等。台灣亦有砂石料源供應不足之情況，導致供需失衡，目前除努力擴大砂石供給面外，應可開發及使用砂石替代物，以減少對天然砂石之需求，並輔導從鄰近國家地區（如中國大陸、菲律賓等）進口，調節砂石供需，以尋求多元化供應來源之方式，達成砂石供需平衡。

十三、美國砂石公會組織健全，有全國性及地方性之公會組

織，其功能包括服務會員、舉辦教育訓練、及遊說立法等，近年來為強化其功能，有合併之趨勢，以擴大其影響力。而全國性之全美砂石公會每年均定期舉辦國際性研討會，藉以凝聚會員向心力，並提昇業界形象。國內之公會組織有省及各縣市砂石公會，目前砂石為台灣地區產量最大之礦產品，按理對社會應具很大的影響力，惟事實上砂石公會能見度偏低，會員之向心力不足，甚至部分公會有會員流失之現象，長期而言對砂石產業的發展定有不利影響，值得業界深思。