

■ 魏稽生 私立文化大學地質學系副教授兼系主任，以經濟地質學、岩石學、礦物學、環境地質學見長。

煤礦遺跡之 潛在災害

煤礦遺址對於現代人而言，除了懷舊的意義之外，尚有土地再利用的價值，然而這些舊址卻隱藏著災害危機，值得重視與探討！

文◎ 魏稽生 朱子豪
嚴治民 張智傑

煤礦資源曾經在臺灣經濟成長上扮演重要的角色，從民生需求到工業發展都不可或缺。時至今日，在開採成本及環境保護的考量下，煤礦已逐漸淡出舞台，留下令人懷念的歷史遺跡。

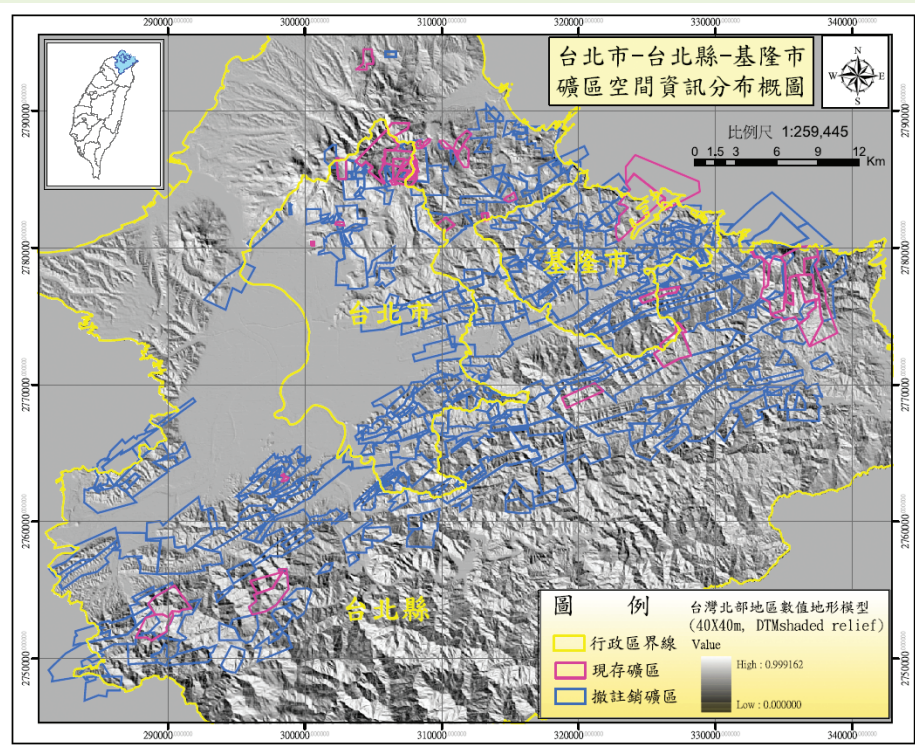


- 新平溪煤礦博物館，曾經風光一時的煤礦所在地，在時代變遷下退居幕後，留下的是珍貴的歷史教材與遊憩資源（A為平溪煤礦博物館意象標誌與坑口現況；B當年採礦用的五分車，如今成為旅客休閒的遊樂設施）。

近年來觀光遊憩快速發展，臺灣許多採礦舊址或附近區域被開發成觀光景點，就連採礦使用的器物，都可能以提供遊樂的姿態出現，重新讓人們認識並瞭解這段快被遺忘的採礦足跡。然而另一方面，這些被高度開發利用的採礦舊址，許多人為設施及建物也逐漸暴露出潛在安全問題。

因此經濟部礦務局、中國文化大學地質學系以及臺灣大學地理環境資源學系等研究團隊，便於民國92、93年進行臺北市、臺北縣以及基隆市三縣市之煤礦資源坑口及礦渣堆調查，同時將成果建置為資料庫以提高其利用價值，希望能提供給政府相關部門在礦區管理、國土開發利用以及防災規劃上最完整的資訊。

- 臺北市、臺北縣及基隆市礦區分布範圍圖。

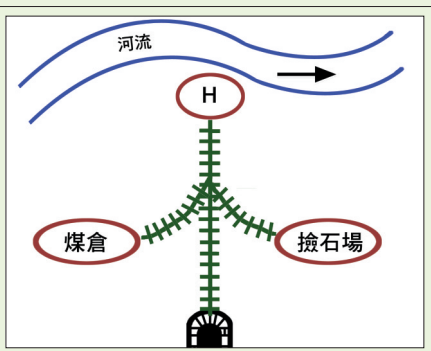


3S技術的應用

爲了提高礦區空間資訊的精度與成果應用價值，本研究團隊在調查廢棄坑口位置及礦渣堆時結合3S (G.P.S. - G.I.S. - R.S.) 的航照技術來輔助判釋礦渣堆，以及PDA現地調查系統的開發來達成資訊整合與即時更新的目的。

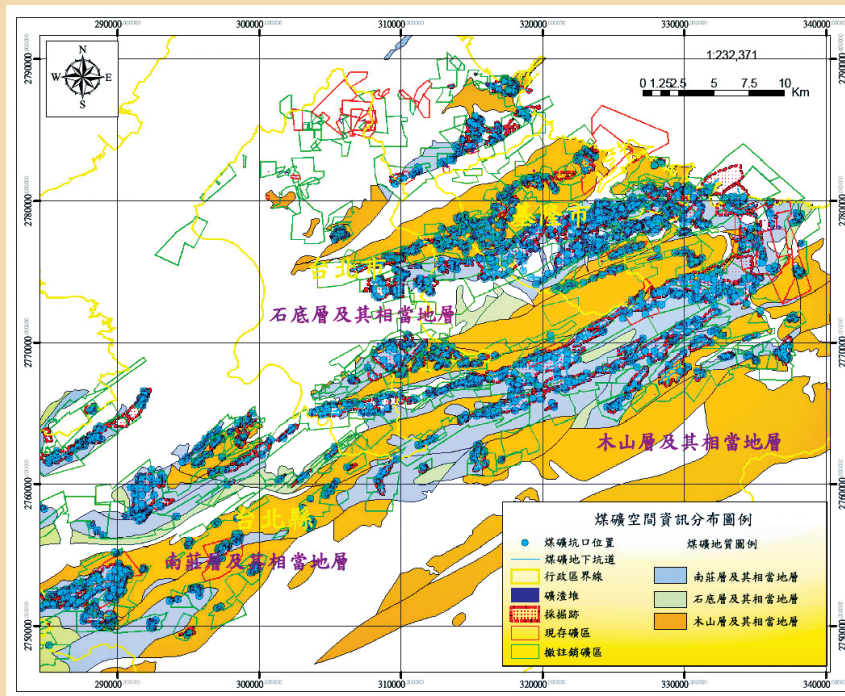
首先依據調查底圖找尋坑口及礦區所在相關位

- 應用航照技術輔助判釋礦區設施與坑口、礦渣堆之空間相對位置，以利現地調查檢測。



臺灣煤的產狀與特性

臺灣煤礦分布於第三紀中新世的木山層、石底層及南莊層（由老至幼）等三個岩層中，在早期文獻與採礦人員均以「下部含煤層 / 下部煤系（木山層）、中部含煤層 / 中部煤系（石底層）、上部含煤層 / 上部煤系（南莊層）」稱之。通常這些含煤層常為砂一頁岩夾層其間而形成凸鏡狀，且連續性差、層厚不一（何春蓀，1983）。一般而言，年代愈老之含煤層其固定碳含量與熱值較高，煤級也較高。由於這些含煤層在受到造山作用的擾動，使其傾斜且上、下岩磐變得脆弱，導致在開採時容易發生坑道落磐的情形，特別是在較淺層的礦脈處常成為地盤下陷的誘發因子。臺灣煤的開採以房柱法（room and pillar mining）或長壁法（long-wall mining）之地下開採為主。

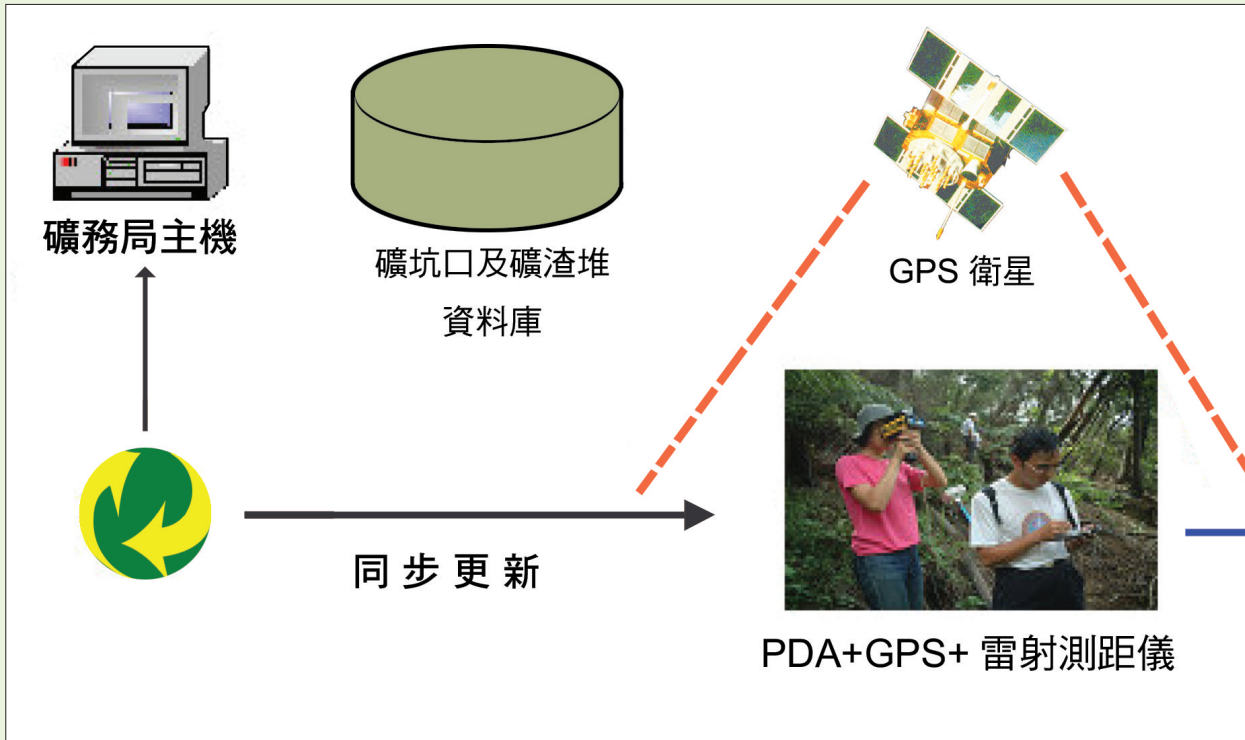


- 臺灣北部地區含煤層由老至幼為木山層（下部含煤層）、石底層（中部含煤層）及南莊層（上部含煤層）等三個岩層中，均為地下開採（under-ground mining）。



- 圖A為臺北縣新烏路屈尺附近之木山層含煤層露頭（下部含煤層）；圖B為採礦人員於片道內以長壁法（long-wall mining）開採傾斜煤層情形（照片來源：平溪煤礦博物館）。





置，並於現地啟動GPS（其座標系統為TWD67）後，待到達目的地後，隨即標定坑口位置以及使用雷射測距儀標定礦渣堆範圍並填寫相關屬性資料以建立圖層。

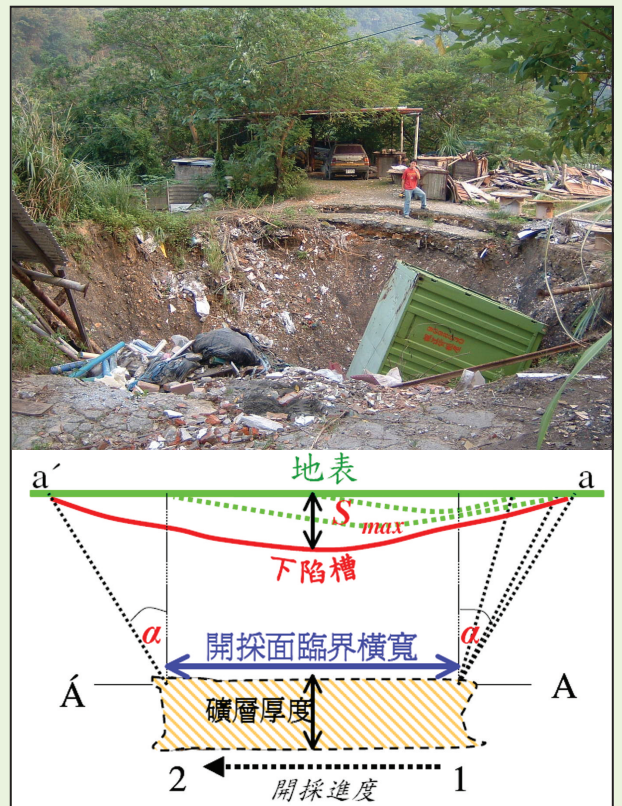
此外於主要路標以及週邊環境建物、設施遺跡等進行拍照定位，以便導引後續中央或地方政府相關作業人員前往礦區。

廢棄礦區與環境災害

荒廢已久的礦區容易產生的環境災害可分：地下廢棄坑道的地盤下陷問題，以及礦渣堆邊坡穩定與地表沖蝕問題。

地下廢棄坑道與地盤下陷 (ground subsidence)

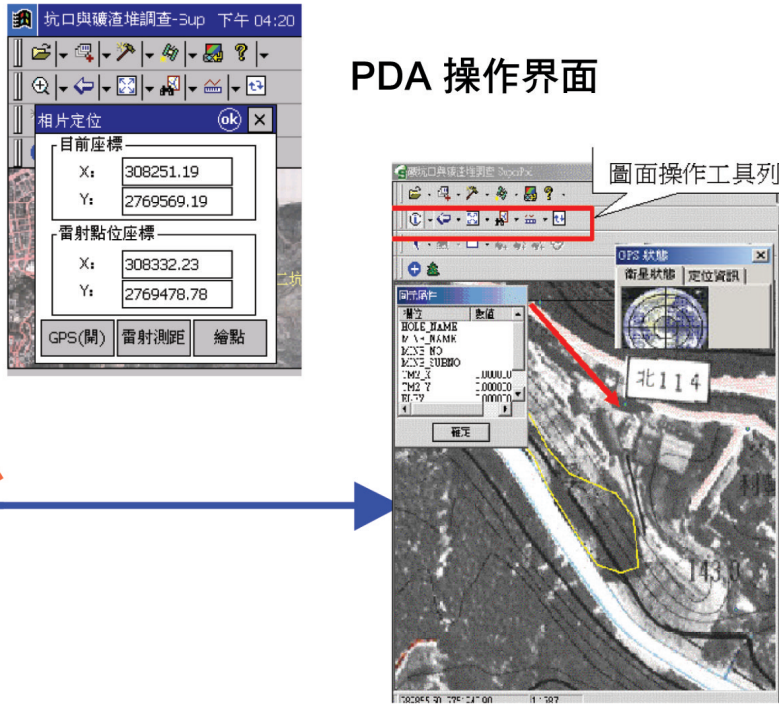
廢棄礦坑主要的安全危害係因地下坑道在長久廢棄之下，由於坑道上方



- 下陷槽理論之基本限制為：當礦層採掘進度(由1→2)達到臨界橫寬時，最大下陷量 $S_{max} \leq$ 礦層厚度，且地表下陷延伸角度(α)介於 $25^\circ \sim 35^\circ$ (經驗值)

- 研發現地調查系統與PDA整合，即時建立資訊與同步更新。

PDA 操作界面



- 中市東運瓷土礦（舊彰和煤礦）第一下陷區每當大雨過後即易發生地盤下陷。

（或地下開採工作面）的土壤或岩石中產生不平衡的應力所造成的地盤下陷問題。地盤下陷顯現於地表的特徵通常為一凹槽，且在進行地下挖掘時隨

著開採進度而逐漸發生下陷。當然，這樣的地表下陷行為並非無止盡的，其下陷範圍與開採方式、開挖深度、開採空間大小、上覆岩盤之物理特性



● 中和市東運瓷土礦（舊彰和煤礦）第二下陷區位於舊坑道及礦渣堆上方，其下陷深度達5公尺以上。

以及地下水的的作用有關係。

然而實際上這些地下廢棄坑道常常無法由地表得知其確切位置，因此需藉助於野外地表之坑口位置判斷及測量後，才能得知與坑口相連之坑道分布位置。通常在野外的小山溝或排水溝可見到異常湧出之紅褐色鏽水，這在野外判斷坑口位置與地下坑道存

在與否是相當重要的參考依據。此外，位於舊礦區附近之地上建物發生不明原因的傾塌或龜裂之現象，亦為重要的指標。



● 基隆三坑車站旁傾塌之舊建築物位於坑道上方。



● 風坑口湧出的紅色鏽水。

礦渣堆邊坡穩定與地表沖蝕

臺灣煤層很薄，平均厚度才約30公分而已，所以開採時常須將煤層之上、下磐岩層超採，因此產生許多礦渣，須運出坑外棄置。由於過去對其廢棄堆置規定較不嚴謹，加以近年來已有民宅因其附近之礦渣堆受大雨沖蝕而造成財產損失，因此礦渣堆所造成的環境災害問題逐漸受到重視，一般將其視為災害性土壤考慮，而特別注意其邊坡穩定與護坡工法之處理。



●雙華(大華)煤礦坑口雖以封坑，仍可見地下水湧出之現象。



●八堵煤礦坑口附近羅萬住宅之房屋龜裂情形。



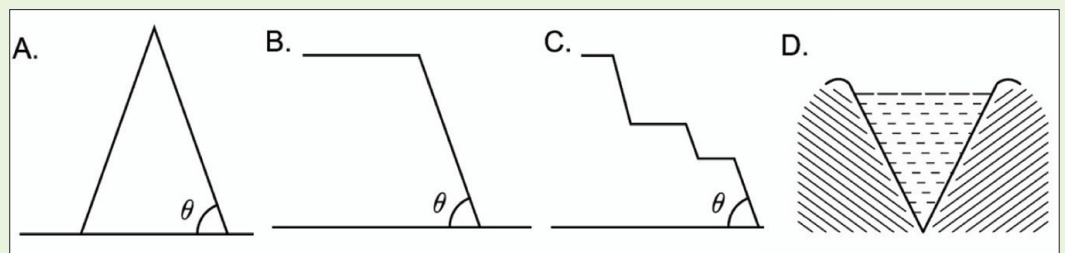
●雙溪鄉新拓煤礦礦渣堆上方之民宅。



●左圖礦渣堆近照。



●八堵煤礦坑口現以水泥灌漿封閉，紅磚拱門之坑口位置仍可見。



●礦渣堆的典型外觀：A. 錐狀式、B. 平頂斜坡式、C. 階梯式，及D. 谷中填平式。



● 新店市直潭附近產業道路建於金城煤礦礦渣堆上方，已有路基毀壞之虞。



● 臺北市南港國宅後方之礦渣堆過去曾發生土石流情事，現已植被及護坡處理。

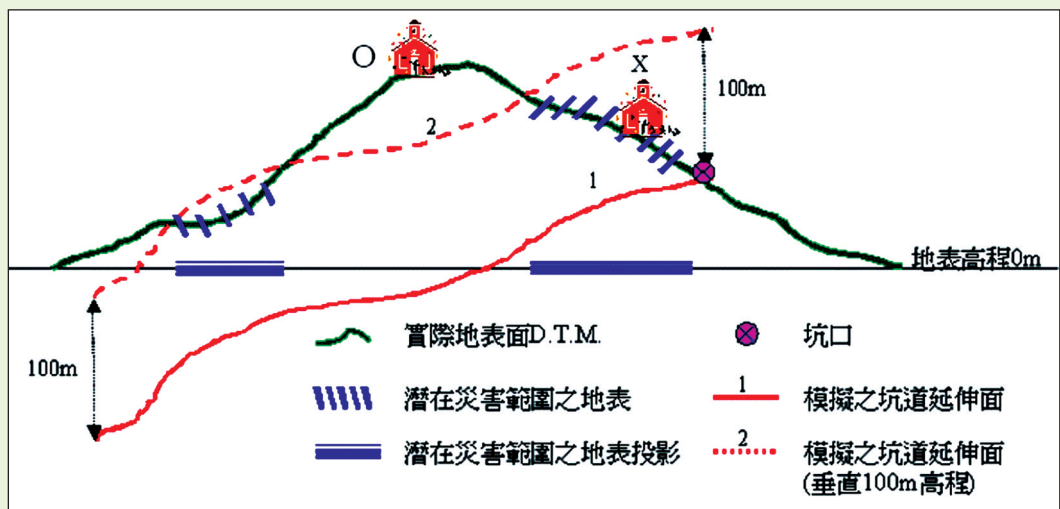
建立礦區基本資料的重要性

爲了讓民眾瞭解自己周圍環境與礦區開採有關之潛在災害資訊，相關政府部門已訂有限制法規及條例來保障民眾的權益與安全。本研究依據經濟部礦務局之礦業法規「臺灣地區礦

害預防及處理辦法」、「行政院農委會之水土保持技術規範」以及「建築技術規則」等法規來界定高、低潛在災害範圍如下：

1. 坑道部份以礦區採掘跡範圍及其周圍60公尺，並以採礦層距離地表垂直深度100公尺內範圍爲高潛在災害區；再由高潛在災害區外圍水平距離

● 地下坑道通過之地表潛在災害範圍剖面示意圖。

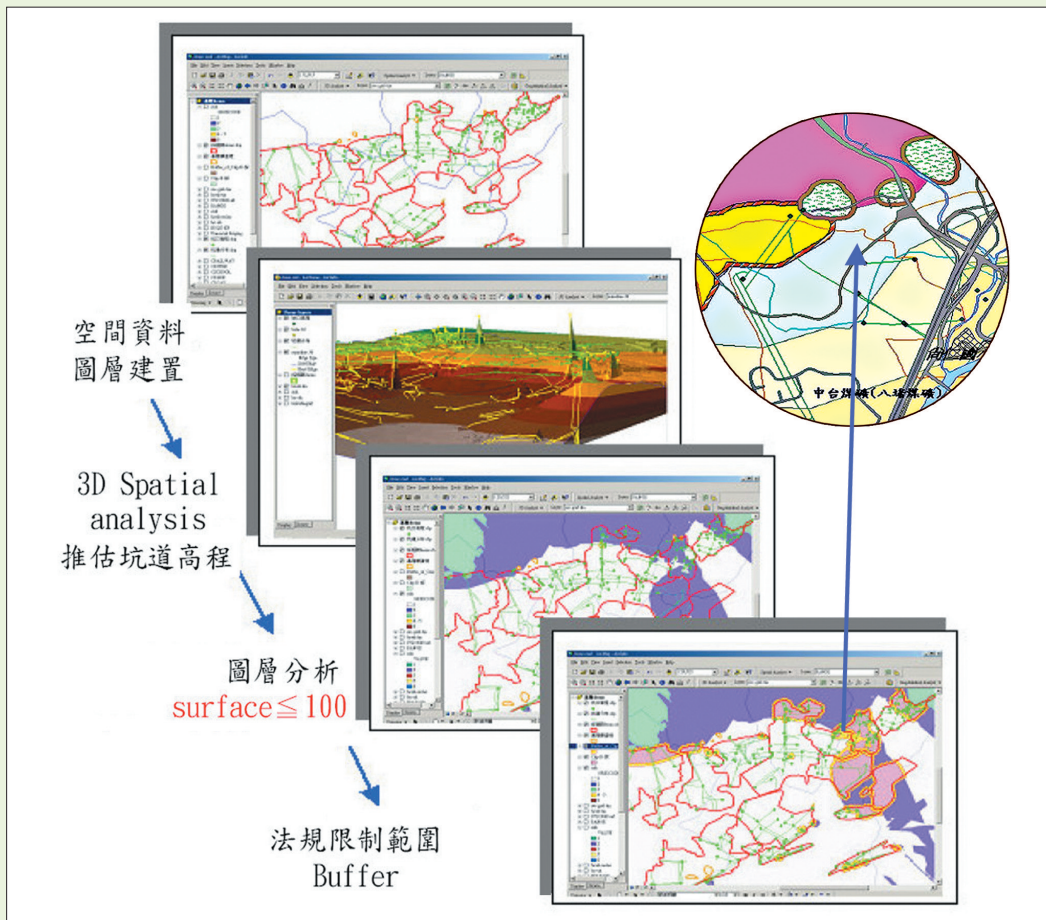
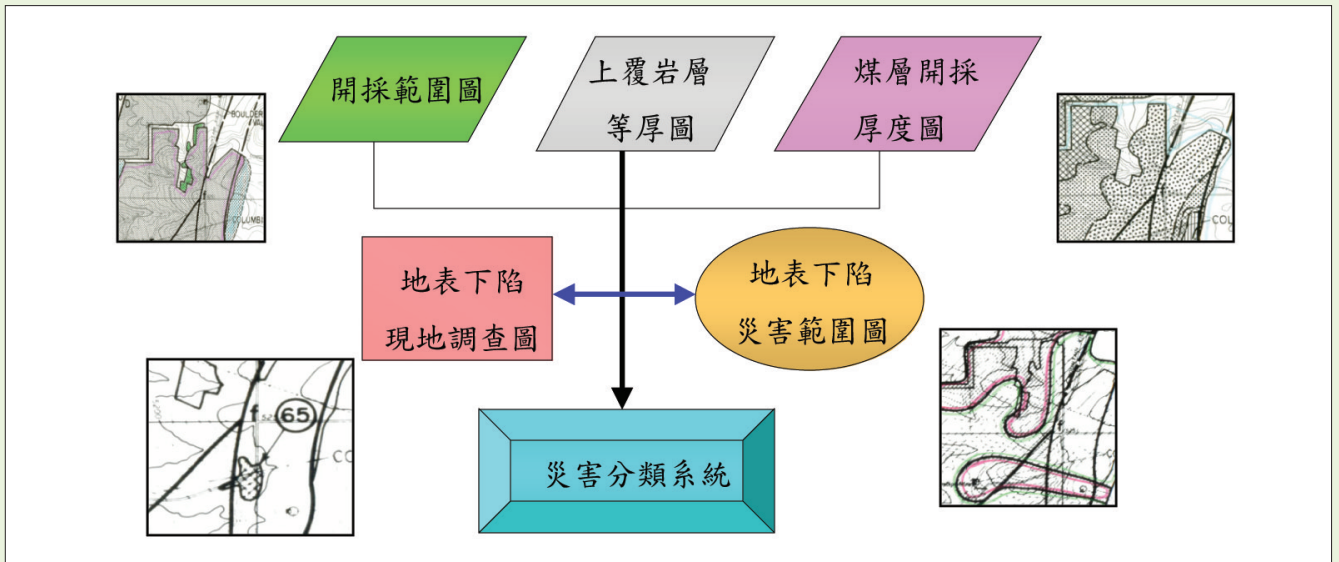


15公尺寬度之緩衝帶為低潛在災害區。

2. 礦渣堆範圍周圍30公尺以內範圍為高潛在災害區；再由高潛在災害區外圍水平距離15公尺寬度之緩衝帶

為低潛在災害區。

然而上述法規限制係參考國外之經驗法則界定之，且國內因煤礦停採



● 礦區地盤下陷災害範圍評估流程圖，是目前一般評估礦區地盤下陷經常參考的資料與程序。（修改自Ameudo and Ivey,1975）。

● 利用G.I.S.推估煤礦採掘跡（礦層距地表以下100公尺深）與礦渣堆之潛在災害區之流程圖。

多年，許多基本資料尚未建立。因此在界定潛在災害範圍時，需藉助功能強大之分析工具—G.I.S.空間分析功能來協助推估與模擬。

未來發展方向

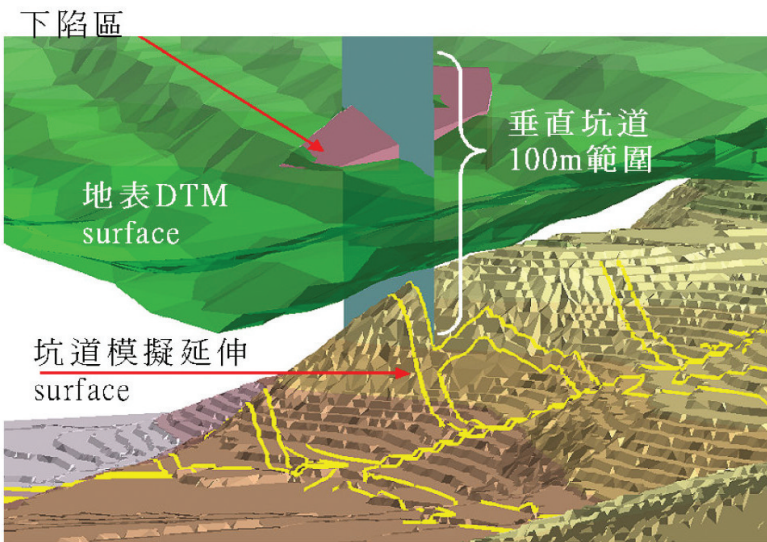
本研究發展了現地調查輔助系統以及遙測技術，並建立高精度之測量數據。所建置之礦區空間資訊，希望能提供業管單位在現有礦區管理、長期監測礦區（停採、撤註銷礦業權礦區）以及各縣市政府相關管理單位（工務局或建設局）對轄區內撤註銷礦業權礦區之土地使用分區與後續開發利用的參考。而在礦區坑道上方建物之潛在災害範圍評估中藉助G.I.S.強大之空間分析功能，將野外高精度測量之資料進行分析，產生附加價值。

也希望能提供未來國土開發利用之參考。惟廢棄礦坑之坑內塌陷或破壞情形無法從野外調查瞭解，僅能以現有之坑道平面圖及測點之深度，與相對座標的資料來推測其可能發生之下陷範圍。

再者，此項評估絕非單一法定距離來決定其潛感度，目前先將初步評估模式限制在符合法令規定範圍內。

希望未來能夠建立更多礦區之基本資料，如開採範圍，開採深度圖等，再將相關自然因素，如該地區之地形坡度、地下水位、礦層與上下覆岩層之層態（傾斜與走向）以及礦區岩磐強弱等重要影響因子一併考慮，逐步修正而達到符合實際現況需求的目標。

- 利用G.I.S.模擬中和市東運瓷土礦下陷區。



後語

本研究係經濟部中央地質調查所「都會區及周緣坡地整合性環境地質資料庫建置－92及93年度臺灣能礦資源坑道及礦渣堆調查」計畫之部分內容，執行期間承蒙地調所與礦務局同仁全力支援與提供寶貴建議。礦務局退休同仁方錫鏘、詹秋雄以及黃忠誠等三位前輩在訓練調查人員如何現地判釋坑口與礦渣堆更是功不可沒。

參考文獻

- 潘國樑 (1999) 區域國土開發保育防災基本資料 (山坡地之地質環境)。內政部營建署，臺北。
- 譚立平、魏稽生 (1997) 臺灣經濟礦物第一卷：臺灣金屬經濟礦物。臺灣地質，第十號，經濟部中央地質調查所，202頁。
- 魏稽生、譚立平 (1999) 臺灣經濟礦物第二卷：臺灣非金屬經濟礦物。臺灣地質，第十二號，經濟部中央地質調查所，230頁。
- 魏稽生等 (2000) 臺灣經濟礦物第三卷：臺灣能源礦產及地下水資源。臺灣地質，第十三號，經濟部中央地質調查所，21頁。
- Aneudo and Ivey(1975) Coal Mine Subsidence and Land Use in the Boulder-Weld Coalfield, Boulder and Weld Counties, Colorado. Colorado Geological Survey, Department of Natural Resources, Denver, Colorado, 88p.
- Bell,F.G., Stacey,T.R.and Genske,D.D.(2000) Mining Subsidence and Its Effect on the Environment: some differing examples, Environmental Geology No.40(1-2).
- Booth,C.J., Spande,E.D., Pattee,C.T., Miller,J.D.and Bertsch,L.P.(1998) Positive and Negative Impacts of Longwall Mine Subsidence on a Sandstone Aquifer, Environmental Geology No.34(3/4).
- Colorado Geologic Survey(2002) Best Practices in Abandoned Mines Land Reclamation, Department of Natural Resources, Denver, Colorado 57p.
- Sizer,K.E. and Gill,M.(2000) Pillar failure in Shallow Coal Mines – a recent case history, Trans. Instn Min. Metall(Sect. A: Min. techno) ,109p.
- Zipper,C., Balfour,W., Roth,R. and Randolph,J.(1997) Domestic Water Supply Impacts by Underground Coal Mining in Virginia,USA, Environmental Geology No.29(1/2).