

煤層分佈地區調查方法
SITE INVESTIGATION OF ABANDONED COAL
MINE AREA

郭文祥，傅怡仁，段紹緯
W. S. Guo, Y. J. Fu and S. W. Duann

原著載於現代營建第141期，
1991年9月，39-44頁

Reprinted from
Modern Construction of Civil Engineering & Architecture, No. 141
September 1991,
pp. 39-44

煤層分佈地區調查方法

郭文祥 亞新工程顧問公司經理

◆ 傅怡仁 原亞新工程顧問公司工程地質師

段紹緯 亞新工程顧問公司正大地工程師

摘要

台灣煤層主要分佈在北部區域第三紀中新世地層，由於目前許多重大工程建設規畫經過煤層分佈地區，產生特殊大地工程問題；例如已採掘礦坑造成地表沉陷、地盤坍落、或形成空洞，地下開挖施工時遭遇廢棄礦坑或空洞之瓦斯毒氣、甲烷爆炸、湧水泛濫、煤層或煤碴接觸空氣自燃現象、礦碴堆積區不穩定、礦坑水或礦碴環境污染等潛在性工程問題層出不窮。本文希冀從一系列調查及資料研判過程中設立系統性之指引，以為工程建設煤層分佈地區調查方法之參考。

實際煤層礦坑深度予以參考並祈不吝指教。

一、前言

煤層分佈地區有特殊大地工程上的問題，尤其國內多項重大工程建設陸續展開，煤層分佈地區其工程性能及大地工程問題實有予以探討及調查必要。台灣於民國三十八年以前的煤礦開採多未保留開採記錄或坑道平面圖等資料，或未備案開採及越界開採等，使煤層分佈地區廢棄礦坑之存在，增加重大工程規畫施工之複雜性及危險性。其不僅使工程進度受阻、預算增加、將來維護困難，國外隧道施工曾有甲烷逸出及爆炸事件危及施工人員及機具安全。考慮如何迅速有效、系統的掌握煤層分佈及廢棄礦坑地區之大地工程上性能，本文即由台灣煤層分佈、工程問題、煤層及礦坑調查方法、資料整理研判等做拋磚引玉指引性介紹，以為日後工程同好遇到類似問題，可視工程規模，

二、台灣煤層分佈

台灣煤田依地理位置可分為北部及中部煤田區，在台灣東部及南部均無煤田。而台灣中部之煤既薄且劣，多成不規則凸鏡體，難以大規模開發。依何春蓀(1958)台灣煤層主要分佈在北部如圖一所示，含煤地層之地質年代均屬第三紀中新世。有開採價值煤層共有十四層，分佈於三個不同含煤地層，自下而上為木山層、及南莊層。目前國內許多重大工程建設、工業區、社區開發如座落其上勢必產生特殊大地工程問題，影響到工程安全、工程預算、施工品質、及長期營運維護。

三、工程問題

在煤層分佈地區由於採礦進行，尤其許多

未經核准的礦坑將威脅到工程安全。一般煤層分佈地區工程問題如下：

(一)地盤不穩定現象

- 1 豎井及坑道口為地表空洞，將來施工對機具及人員直接構成威脅，豎井及坑道口亦因自然坍塌和地表覆蓋，於受到結構物荷重、工廠震動、開炸震動及地震等造成豎井或坑道口附近不穩定。
- 2 坑道延伸及位置高程不似豎井或坑口出露地表較易調查，且煤層開採後頂盤即開始鬆弛坍塌而上移，最後達地表形成地表沈陷。若坑道上方遇有堅硬岩層則坍塌之空隙不上移而在此堅硬岩層下形成空隙。此二者對工程設施具潛在危險性。
- 3 煤矽疏鬆易風化，不宜做填土材料，結構物基礎座落其上呈不穩定現象。

(二)地下水

- 1 地下水沿著坑道而下，於地勢較低坑道局部處形成巨大水櫃，尤其地下開挖工程遭遇時，將對人員、機具造成極大威脅。
- 2 煤礦內的地下水因岩石礦物氧化作用而呈酸性傾向，這些將對環境造成污染。

(三)瓦斯

隧道施工開挖或襯砌後，偶有甲烷爆炸及人員中毒事件發生。有害氣體包括下列：

- 1 甲烷是一種無色無臭氣體，其比重僅為空氣 0.6 倍，易聚集在隧道頂部。甲烷易燃，其與空氣混合而成爆炸性瓦斯，甲烷和空氣混合比在甲烷含量為 5% 至 15% 時才會爆炸。甲烷亦可溶於水中，於 1 個大氣壓力可達 21 至 47mg/l。隧道開挖過程中，因岩盤鬆動造成空隙，如未予固結灌漿則甲烷會由滲流進入隧道內。
- 2 其他氣體如一氧化碳為高毒性氣體，係於通風不良處燃燒不完全所致。二氧化碳為窒息性氣體，較空氣重，聚集於低處。二氧化碳濃度超過 10% 時對人體有害。氮氧化物為高毒性氣體，對肺組織具破

壞性。硫化氫為高毒性氣體，由有機質腐化和黃鐵礦氧化產生，對人體呼吸系統具破壞性。二氧化硫為含硫物質燃燒結果，對人體呼吸系統亦具有破壞性。

(四)自燃

煤與空氣接觸時吸收氧氣而氧化，產生自燃升高溫度，周圍環境如不能消散降低溫度則導致煤的燃燒而釋放出大量的一氧化碳。一般低級煤或黃鐵礦含量高較易產生自燃現象。實驗證明煤在氧化過程中，最初幾個鐘頭每小時可增加 3℃，尤其在潮濕有水氣狀態下更高。但在充滿水時，就無自燃現象。

由上所述礦坑分佈、地下水與瓦斯性質、及煤自燃性均需予以事先調查。

四、調查方法

含煤地層及礦坑分佈調查方法，依工程規模、重要性、及礦坑分佈深度有所不同。為有系統的說明起見，可略分為二種；一般性調查即在基地附近範圍內，對煤層及礦坑分佈通盤性探查，而特殊性調查則考慮煤層或礦坑對重要結構物或地下開挖工程等影響予以探查。

(一)一般性調查

1 資料蒐集

為事先對調查區內含煤地層及礦場之區域分佈狀況有初步瞭解。所蒐集之資料應包括省礦務局或礦主等相關礦業人士所保存之比例尺 1:5,000 礦區平面圖及比例尺 1:1000 礦區實測圖，由圖中可研判坑口位置及其高程，片道及斜坑或水平坑之位置及高程、開採深度、礦界、礦業字號、礦主姓名、地址及何時開始開採基本資料，對研判探礦對基地之影響程度及範圍能有所瞭解。煤田地質調查之文獻資料，如地質調查所、中華民國礦業協進會、經濟部煤礦探勘處、經濟部礦業研究服務組等機構所出版之資料亦應盡量蒐集，

對研判煤層之區域性分佈狀況，可採煤層之層數、厚度及其間距等資料都能事先瞭解，並據以為露頭勘查及礦坑訪查之後續工作之參考。

2. 航照判釋及露頭勘查

由於台灣煤層平均厚度一般約為 0.4 至 0.5 公尺左右，超過 1 公尺厚較少，同時由於近地表處風化作用盛行且植生茂密，因此僅能發現局部少數分佈相當零散的煤層露頭，於地表進行追蹤殊為不易。惟根據台灣含煤地層之特性，一般在煤層之附近多有一層厚約 10 公尺左右之白砂岩層，由於白砂岩岩性較堅硬，在地形上常形成陡崖，無論在航照判釋或地表露頭追蹤時均可利用該白砂岩層做為指準層，不但可收事半功倍之效，且對區域性地質構造之情形亦能一併有所瞭解。

3. 現場訪查

現場訪查即直接至坑口附近探尋過去或現在礦工或礦主，由於這些當年曾實際參與採礦的人士，相當熟悉當地之採礦史，有些礦工甚至曾於數家礦場中參與開採工作，因此如果能直接面談，詳細詢問各礦場之開採情形，往往能獲得相當珍貴的一手資料。訪查時應詢問之重點，至少應包括下列各項：

一礦場名稱：因許多礦場數度更名，為慎重起見應詢問礦場之名稱及其舊名，並與礦務局之資料核對。

一礦場負責人：詢問其姓名、住址，以便查訪，並詢問礦場負責人是否有保留礦區平面圖。

一停採時間：據以研判沈陷作用是否已完全。

一坑口數量及種類：除礦務局登記有案之坑口外，是否尚有其他未立案之坑口。此

外，亦可請求一併會同至現場踏勘坑口之位置，並詢問係屬本坑，分坑或風坑，為水平坑或斜坑，坑口是否已坍塌，是否有水流出，大約掘進長度等資料，並做成記錄。

一煤碴堆積：煤碴堆積之位置、範圍及是否會有不穩定現象發生。

一開採層數：除本層煤外，是否有兼採其他煤層，煤層厚度，煤層間距。

一開採狀況：開採時是否遭遇斷層，煤層走向，傾斜是否規則，最大開採深度若干，月產量大約若干，以掌握大致開採狀況及地下地質概況，並核對所蒐集之礦區平面圖。

一災變概況：是否曾有二氧化碳引起窒息事件，一氧化碳、氮氧化物、硫化氫、二氧化硫等引起的中毒事件，甲烷或塵爆引發爆炸事件，地盤下陷或煤碴堆不穩定造成礦區地面民宅龜裂事件及自然現象等，以做為研判爾後工程施工時可能遭遇災害種類之依據。

經由上述之訪查能更進一步了解基地內之採煤狀況及可能遭遇之災害種類，在訪查時應逐一記錄，並研判其合理性。同時應盡量多詢問幾位礦工，彼此互相印證，並與所蒐集之資料比對。

4. 坑口測量

於調查期間所發現之坑口，除詳細紀錄坑口之種類外，並應測量其座標與高程，並留下明顯之標記及相片以便爾後尋找

。測量成果可用以來檢核所蒐集之礦區平面圖，以彼此印證。

(二) 特殊性調查

1. 地質鑽探

地質鑽探有助於瞭解被開採煤層之確實深度，核證坑道，採掘跡及其上方受擾動岩層之範圍，並可埋設水壓計量測地下水壓及局部礦坑水櫃之水壓分佈，採取瓦斯及煤層樣品進行相關之試驗等用途。

2. 地球物理探測

地球物理探測方法中，較有利於煤礦坑道之偵測者有二，一為震測反射波法，另一為微重力法。

震測反射波法對坑洞偵測時，需要煤礦坑道有達到約數十公尺範圍時方能偵知。此法可合併折射法應用，可校正風化層效應。

微重力法技術曾普遍成功的用於自然與人工坑洞之偵測，此法能滿足高地形起伏區或複雜岩層高解像度之需求。

3. 試驗

一 甲烷逸出試驗：有助於瞭解煤層中是否含多量之甲烷，以事先避免於施工時因電器火花或開炸而引起瓦斯爆炸事件。

一 煤層自燃試驗：一般而言，品質較差之煤，自燃之可能性較高，因品質較差之煤中，往往含較多之雜質，如黃鐵礦等礦物，與空氣接觸時，因氧化作用產生熱量而導致煤層自燃。石底層之煤（品質較差之燃料煤）較木山層之煤（品質較優之焦煤）易產生此種自燃之現象。進行自燃試驗有助

於瞭解煤層之自燃潛能，有助於施工時事先採取應變措施之依據。

五、資料整理及研判

為符合工程規畫設計需要調查資料整理及研判應包括下列：

(一) 煤區劃分之建立

依據調查區之地理位置或行政區位置配合所開採之含煤層（如木山層、石底層或南莊層）將調查區予以劃分為數個煤區，以便逐一予以系統性地說明。

(二) 各煤區基本煤田地質資料之建立

說明各煤區可採煤層之厚度及其間距與基本地質資料及各礦場之開採情形。為便於說明起見可以表格化方式表示之。

(三) 可採煤層命名

由於煤層分佈有上下數層，各煤區之可採煤層給予一個代號，以方便彼此區分，避免混淆。

(四) 礦場基本採煤資料

透過礦務局資料之蒐集及礦坑訪查之結果，應將各礦場之資料逐一予以系統化之建立，其項目應包括上述各項礦坑訪查之重點。

(五) 含煤地層柱狀圖之建立

含煤地層柱狀圖之建立係根據地表地質調查、地質鑽探及文獻資料蒐集之結果，於工程進行時，有助研判工作面與煤層或已被開採煤層間之距離，對工程之進行有莫大之幫助。

(六) 坑口資料之建立

列表說明坑口之種類如本坑、分坑、風坑、探坑等，礦場名稱、坑口之性質為水平坑或斜坑，掘進長度等。此外，每一坑口應給予一編號，並附相片及坑口實際測量之座標及高程。

(七) 訪查名冊

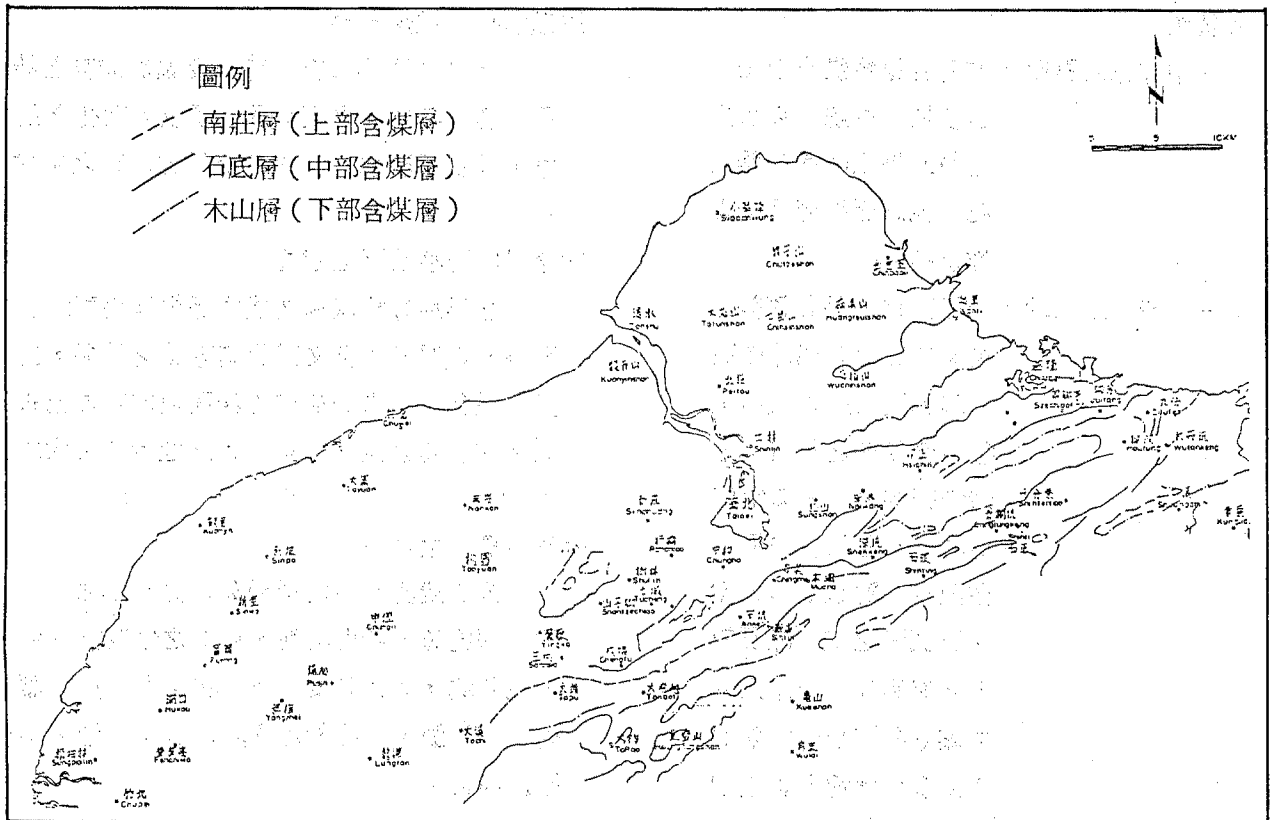
列表說明在調查過程中所訪查人士之基本資料，如姓名、地址、電話、年齡及其所熟知之煤區或礦場名稱。以為爾後再次詢問之依據。

(八)坑道平面及剖面圖

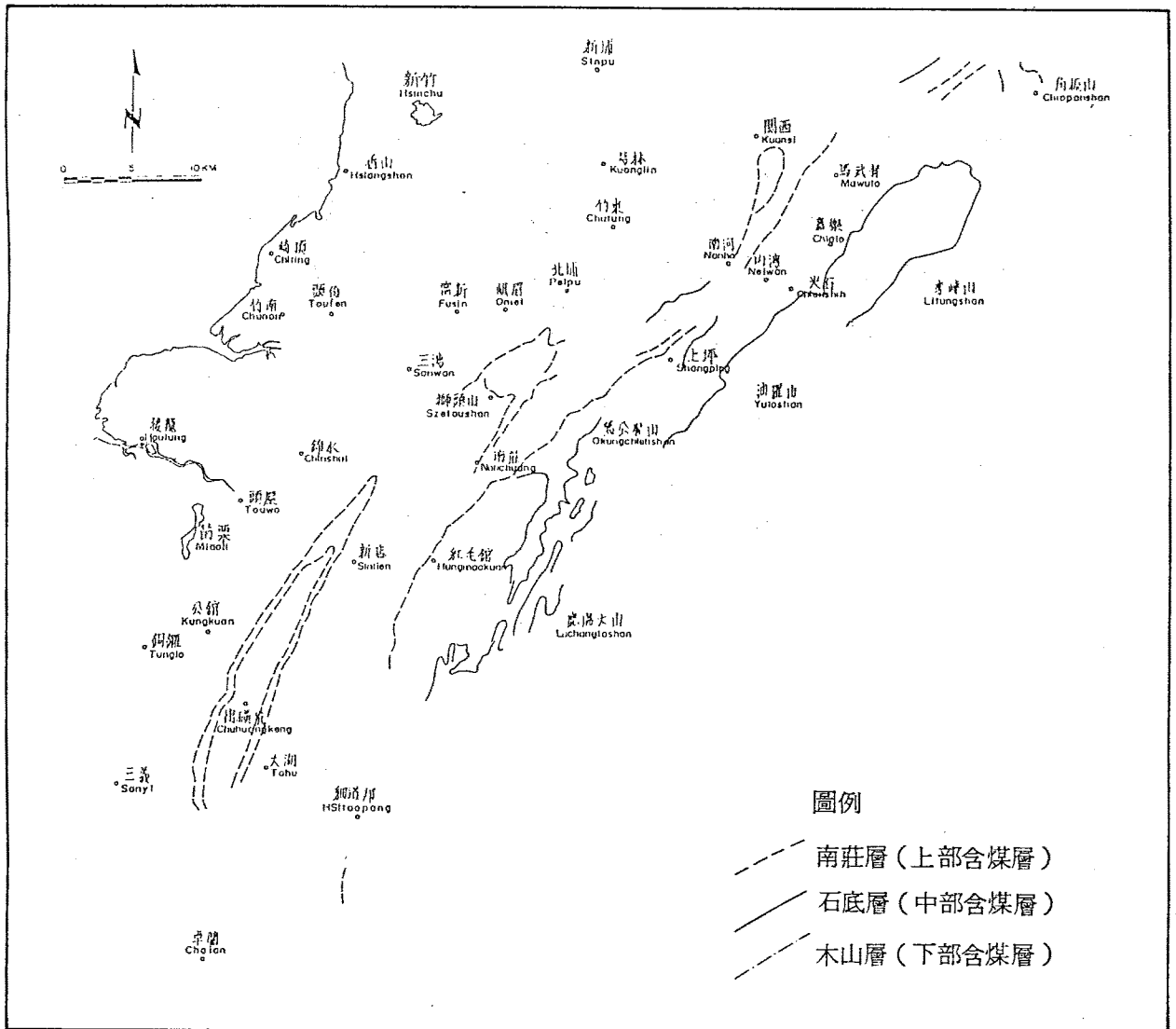
本項工作為整個調查成果綜合整理研判中最重要之一環，首先必須依據坑口實際測量成果將坑口位置標示於地形底圖上，再將礦務局或礦主提供之坑道平面圖依上述坑口之位置及方向將開採片道再套繪於地形底圖上，如此可將因轉繪或座標系統不一致造成之誤差減至最低。通常每一礦場均有至少二個坑口，即本坑與風坑，往往實際坑口測量結果與所蒐集之坑道平面圖上之坑口位置，無法全部吻合，亦即套準本坑口時，風坑口套不準，反之亦然。在此情形下，若彼此間差異不大時，宜以本坑口為準，因本坑口係最重要之坑口，在所蒐集之礦區平面圖上，應以本坑口之可信度較高之故。若差異太大

時，應再赴現場檢核，並再次訪查礦業人士，以互相印證之。在平面圖上可將坑口以礦務局有立案及未立案者分成兩類，再以現場坑口未坍塌及已坍塌兩種情形，將前二者再分成四類，分別給予不同之圖例加以區分之。此外，每一坑口應給予一編號，在整個工程計劃中，將這些編號繼續延用下去，以免作圖之疏忽而有所遺漏。

在剖面圖繪製之過程中，主要之依據仍為礦區平面圖內記載之片道高程，有時剖面切過處可能並無直接之高程資料，此時可以內插法或平移推算法推測之，惟應將實際之高程及推測之高程以二種不同之圖例表示之，以利參考及研判。此外，在剖面圖中建議將煤層以四種不同之圖例區分為：已被開採煤層，可能已被開採煤層，未開採煤層及推測煤線等四類，對於研判採煤活動對調查區之影響範圍及程度有相當大之幫助。



圖一(a)台灣北部主要含煤地層 (基隆—竹北)



圖二(b)台灣北部主要含煤地層 (新竹—卓蘭)

六、結論與建議

煤層及礦坑分佈調查方法內容依不同基地狀況、工程性質及規模、工程進度進行等均有所不同。於工程規畫初期盡可能掌握煤層及礦坑分佈位置深度、及一般概要性問題，並於後續之設計施工特殊需求或位置再予細部調查。

再依前述之整理工作，相信對調查區內之採煤活動及其影響已有相當程度之瞭解，且將原來凌散之資料透過系統化之具體表達方式，

建立起完整之基本資料，使所有之工程人員均能一目瞭然，對工程之設計與施工將有所裨益。

七、誌謝

本文承蒙亞新工程顧問股份公司莫總經理若楫博士、高協理聰忠博士及亞新同仁的指導及協助。國工局多位長官同仁寶貴建議，中央地質調查所、台灣省礦務局、中興顧問社、及 Golder Associates 等工程地質同好提供珍貴資料及建設性意見特此致謝。

參考文獻

- 1 何春蓀，台灣之煤礦資源，台灣省地質調查所彙刊，第十號 PP. 1-164, (1959)。