

隧道之煤坑調查案例
A CASE HISTORY OF INVESTIGATION ON
COAL MINE WORKING

傅建華，黃清輝，鄧文廣

C. H. Fu, C. H. Huang and W. K. Teng

原著載於 1996 岩盤工程研討會論文集
1996 年 12 月 12~13 日，第 93~101 頁

*Reprinted from 1996 Taiwan Rock Engineering Symposium
December 12~13, 1996, pp.93~101*

隧道之煤坑調查案例

傅建華¹、黃清輝¹、鄧文廣²

¹ 亞新工程顧問公司

² 台灣省交通處公路局

摘要

台灣北部的山麓地帶是以往本省主要的採煤地區，而近年來因有許多重大工程建設經過這些煤層分佈地區，因而產生了許多特殊的大地工程課題。本案例之隧道位於基隆市暖暖區至台北縣平溪鄉之間，隧道通過石底層的含煤地層，沿線遺留有日據時代之採煤跡，隧道南口附近仍有開採中的煤礦場。

依調查結果顯示，石底層在本區域含有八層煤，其中的一(又稱最上層煤)、四(中層煤)、五(含六層，本層煤)、八(最下層煤)層煤皆有大規模開採之記錄。隧道通過含煤層時，將遭遇採煤遺留之廢棄坑道或未開採煤層等對隧道不同程度的影響問題。隧道在遭遇未開採的煤層時，主要的課題為煤層的岩體性質極差且不透水，易引起坍塌、抽心、湧水等問題；在遭遇舊有的採煤坑道時可能引發的問題如上述課題外，尚有瓦斯逸出、地盤陷落及坑道積水等問題，這些課題經現場調查研判後，以地盤陷落及頂拱抽心對工程的影響最大。

一、前言

台灣的煤層主要分佈在北部區域的第三紀中新世地層，有開採價值的含煤地層由下而上分別為木山層、石底層及南莊層。當工程建設經過這些煤層分佈地區時，會產生許多內大地工程問題；例如已採掘礦坑造成地表沉陷、地盤坍塌、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、煤層或煤渣接觸空氣自燃現象、開挖面坍塌、礦渣堆積區不穩定、礦坑水或礦渣環境污染等潛在性工程問題層出不窮。

本研究隧道係穿越五分山山脈，全長2514公尺，開挖斷面寬度約14.6公尺，高約9.7公尺，為一條雙向行車之公路隧道。隧道通過石底層的含煤地層，其中有些煤層以往有開採之記錄。由於煤層開採之情況及支撐方式會影響到隧道工程施工之安全及穩定性，乃著手進行煤坑調查工作，藉由了解煤坑之現況研判未來隧道施工可能遭遇之問題，以為後續工作之參考。

二、工作內容

煤坑調查的主要目標是針對煤礦開採及煤層的存在對隧道工程可能之影響作評估，其主要工作內容為收集研究現有煤礦場的礦坑資料，野外調查各礦坑之廢棄坑口、坑道等結構物及廢棄礦渣位置，並進入礦坑內調查煤坑之現況，再將這些成果分別標示於地形圖上，並縮圖展示於本文中。另外，將所有廢棄礦坑資料，及由老礦工或原礦主處訪查得到之資料、區域地質資料、鑽探資料和煤層露頭等結合起來，並套繪礦區測量圖(1/1000)於隧道沿線地形圖(1/1000)上，研判各煤層及礦坑的分佈狀況。最後綜合上述成果來研判沿線煤礦坑對隧道工程可能之影響，作為本工程設計及施工之參考。

三、煤層概述

本隧道沿線產煤地層屬於石底層。石底層為中新世三含煤地層之一，俗稱「中部含煤層」，是台灣最重要之含煤地層，所含煤層最多，且最具經濟價值。石底層中可採煤層之厚度平均在25至60公分之間。僅本層煤在若干地點厚達1公尺。煤層之延續性欠佳，常有局部變薄、尖滅或轉為煤質頁岩之現象。煤層依其在地層中相對層位關係共分為八層。其中一、四、五、六、八層煤有開採之記錄。其中本層煤(五、六層煤)中間有黑色頁岩或砂質頁岩所成之夾層，俗稱石矸，其厚度自數公分至三公尺不等。此夾石層將本煤層分為上下兩部，上為第五層煤，下為第六層煤。

四、煤礦開採情形

本隧道附近所開採的煤層均屬於石底層，其採掘歷史開始於日據時代，當時開採的路徑係由東勢坑沿溪谷而上進行採掘工作。經研判現有之礦場遺址及煤渣之處理情況，推測當時之煤礦可能在現場即進行淘選工作，並利用小溪谷之水流搬運至東勢坑後再由陸上轉運。由遺址中之石板屋數量推測本地區曾有相當規模之開採盛況，估計礦工人數

最高應達百人以上。於現場調查時曾發現舊坑口及各種洗煤、運煤之設施，其位置如圖一所示。

民國53年在本隧道南口附近設立一個煤礦場，有計畫的開採本地區之煤礦。開採前先開挖一條長約1300公尺穿越南港層之水平主坑(又稱平硯)，鑽過本層煤後之主坑道；民國55年開始煤礦的量產。該礦場礦區面積有553公頃，開採迄今已有三十年歷史，輝煌時期礦場工作人員曾多達五、六百人，採三班作業，月產煤5~6仟公噸。目前工作人員約七、八十人，編制礦工三十餘人，月產煤約1仟噸，本區域開採之煤礦坑分佈如圖一所示。

本煤礦場採掘之煤層係石底層之本層煤(五、六層)、中層煤(四層)、最上層煤(一層)及最下層煤(八層)。這些開採煤層之層位高程與本隧道工程有直接關係之片道分佈，如表一所示。依各煤層之開採狀況說明於下：

(1) 本層煤(五及六層煤)

主坑道完成後，首先進行本斜坑向下之開採工作，並逐漸開採本層煤之片道，在平硯西側由高程+235至高程-287共開採15個片道。在平硯東側則計開採17個片道，同時也開採平硯高程以上之區域，共計5個片道。本層煤系含有石底層的五、六層煤，兩者相距厚度最寬不及2公尺，而偶有合併在一起。其中以五層煤最為重要，煤層厚度在30公分以上，最厚可達1公尺，煤質良好，是本省最重要之產煤層位。

由目前開採情形研判，本層煤由高程+370公尺至-350公尺皆已開採完畢，且絕大多數之片道已閉合。本隧道將在里程6K+070左右與本層煤的坑道相交，這個位置恰好位於五層西平巷的位置，目前做為搬運坑道使用，其長寬約為1.8×1.8公尺。

(2) 中層煤(四層煤)

第二個開採的煤層為中層煤，即四層煤，自高程+310公尺至-62公尺，共計11個片道，其中的向上二巷及向上三巷目前仍在開採中。中層煤厚度在25~40公分左右，煤質堅硬，而其延展性尚佳。本隧道將在里程6K+120附近與中層煤的坑道相交。

(3) 最上層煤(一層煤)

第三個開採的層位為最上層煤，即一層煤。開採之片道由高程+232公尺至高程-19公尺，計有7個片道，片道也多已閉合，煤層厚度在20~30公分左右，延展性尚可，惟部份位置因缺乏經濟價值而未開採。本隧道原預估在6K+200處與一層煤相交，惟依新平溪礦場提供之資料顯示，隧道通過之路段，並未有開採之記錄。

(4) 最下層煤

第四個開採煤層為最下層煤，即八層煤，開採之片道由高程+125公尺至高程18公尺，共計4個片道，煤質優良，延展性亦佳，其厚度在30~60公分左右，片道目前也多已閉合。本隧道原預估在5K+840附近與最下層煤相交，惟依新平溪礦場提供之資料顯示，隧道通過路段亦未開採。

五、採掘方式及支撐

開採中的煤礦場目前採煤的方法是類似長壁採煤法。其最大的特色是除了必須保護地下坑道暢通而留支撐外，一般不留煤柱作為頂盤的永久支撐。當煤層從採煤區被採掘時，只以臨時的枕木支撐，採完後就任由頂盤坍塌，而最後塞滿開挖之空間。

長壁法的採煤法首先由主坑口及雙斜坑系統下到採煤面。斜坑的傾角在25~27度之間。此雙斜坑其中之一是用來輸送人員、物質和煤，另一個是用來作通風回路和連接一地表風扇。一般坑道的寬度約為1.8公尺，高亦約為1.8公尺，有時其寬度可達3公尺左右。沿著煤層傾向每約60~80公尺的距離，岩層厚度為40~50公尺左右，有一主要的採煤片道順著煤層走向。在大約沿著搬運片道100公尺的距離，再沿平行斜坑傾斜方向鑿一上升坑(昇樓)至遇到上層搬運片道為止，如此即形成一回風通道，再由上升坑的兩側採煤，順著煤層走向前進或後退採煤。

在採取煤層時，開挖面通常以枕木或岩塊支撐以防止上方岩盤崩塌和保護礦工安全。當某一片道開採完畢，若枕木的材料情況良好，可繼續使用則將其撤收至另一區域使用，若枕木不堪使用則留置於當地。而各個片道之間則留有1~2公尺厚之煤柱作為永久支撐之用。

六、煤坑影響

本隧道沿線地區有許多的廢棄礦區及仍在進行之採礦活動，將影響整個隧道工程之安全，以下將依資料蒐集及現場調查結果，評估未來隧道工程進行時可能遭遇之問題。

(1) 頂拱抽心及地盤坍塌

廢棄坑道在開採完畢後，通常在半年之後即會自行因上方岩盤之塌陷而閉合，達到一個暫時穩定之狀態。此時位於煤層上方的岩體性質將影響廢棄坑道坍塌之範圍。

當隧道通過廢棄坑道的上方時，因基盤的岩體破碎易發生坍塌及開挖面滑動等問題；若隧道過廢棄坑道的下方時，因頂拱的岩體惡劣易產生頂拱抽心及開挖面滑動等現象。本隧道依煤坑調查之結果(如圖二)顯示，隧道若由南洞口向北掘進，則在6K+250以後須注意地盤塌陷的問題。在6K+250~6K+170之間，因其下方的一層煤並未開採，產生地盤坍塌之問題應不大，到了6K+170以後則逼近四層煤巷及五層煤巷，此時隧道方岩體在不同深度有2處廢棄坑道存在，產生地盤塌陷的機率大增。到36K+120~6K+070之間，則是隧道的上方及下方皆有煤巷存在，此為煤巷影響隧道最嚴重的問題，可能的災害有頂拱抽心、地盤坍塌、開挖面坍塌等課題。通過6K+070以後，五層煤巷位於隧道上方且距離會愈來愈遠，隧道將逐漸趨於穩定。

當隧道開挖又逐漸逼近八層煤巷時，由於八層煤巷的最高開採高程為170公尺距離隧道底部尚有一段距離，研判應不致於影響隧道之穩定。

隧道除了遭遇廢棄坑道之外，也會碰到未開採之煤層。此時應將煤層視為一層岩體不佳的路段，其工程特性為煤層易破碎且不透水，容易造成開挖面坍塌之現象。

(2) 湧水、瓦斯逸出

煤層本層透水性不佳之岩層，因此開採後之煤層巷道易形成水胞或地下水聚集之現象。隧道開挖遇五層及四層煤時，將可能因此而遭遇湧水問題。

地下水的另一課題是地下坑道可能形成與地表水相通之水路，使得地表水沿煤層之巷道直接流入隧道之開挖面上。依目前尚在開採中之煤巷情形研判，引起此種湧水之機會應不大。

依本省以往在煤礦開採時發生重大災難的例子，除了湧水問題外，另一類重大災害自於瓦斯突出，造成岩壁崩塌而引起慘劇。依礦場之員工表示，本礦場開採時一氧化碳、二氧化硫及甲烷濃度尚符合安全值，且開採三十年亦未有氣爆之現象發生。但是，煤巷開採完畢後，由於崩塌之結果，部份區間之煤巷是完全封閉的，因此局部地區可能會有甲烷、二氧化硫及一氧化碳等度增加之機會，因此在隧道施工時仍應針對各類有毒氣體之濃度進行監測，以維持隧道內之安全。

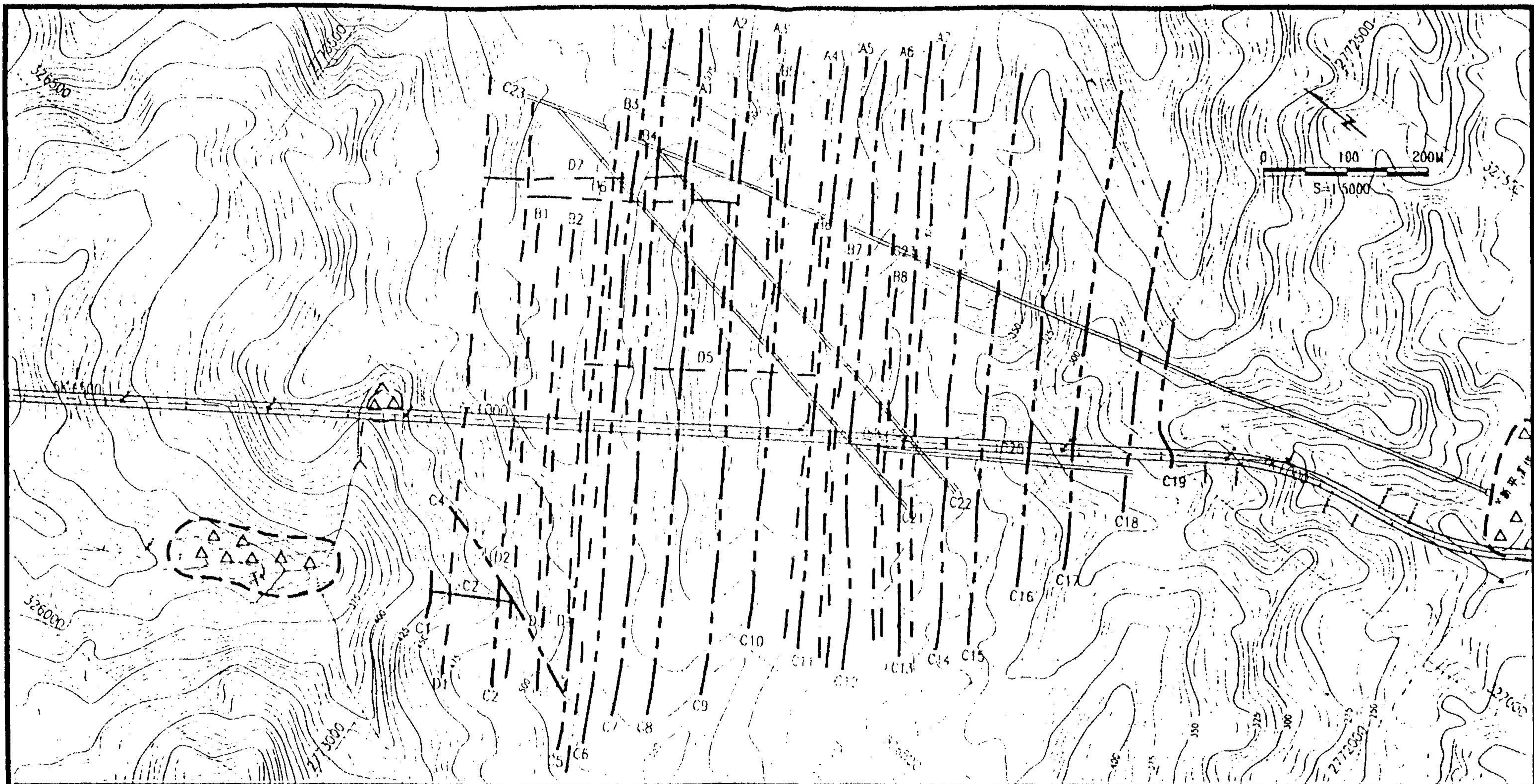
七、結論

- (1) 本隧道在通過石底層時，將遭遇八層煤層，隧道開挖方向與煤層走向呈直交。估計廢棄煤礦坑道及含煤地層對隧道影響之區域在里程6K+000~6K+250之間，其中以直接開挖到石底層的四層煤巷及五層煤巷的前後50公尺間(6K+020~6K+170)為最危險之路段。
- (2) 產生的災害的類型依廢棄煤巷位於隧道上方或下方來決定，當煤巷位於隧道上方時易產生頂拱抽心及開挖面崩滑等問題；反之，若煤層位於隧道下方則易產生地盤坍塌等問題。
- (3) 隧道在遭遇未開採煤層時，可將岩體視為惡劣之岩體處理，並須注意湧水的情況。
- (4) 經現場調查顯示，本隧道以往並未發現瓦斯逸出及地下湧水等問題，研判產生大規模破壞之機率不大，惟局部區域仍有地下水集中及瓦斯濃度過高之可能，宜隨時注意監測儀器之變化。

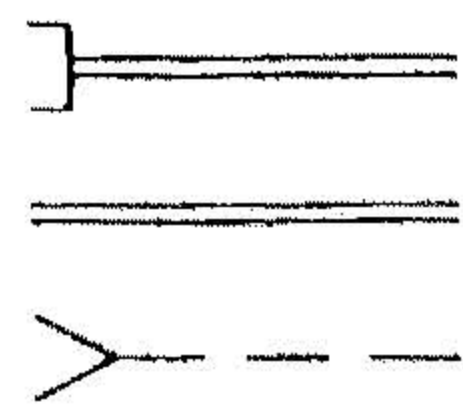
表一 煤礦坑道分佈

編號	名稱	約略高程，公尺 (位於隧道路線附近)	目前情形 (84年2月)
A1	一層西平巷	+232*	已閉合
A2	一層西0巷	+192*	已閉合
A3	一層一巷	+153*	已閉合
A4	一層二巷	+108*	已閉合
A5	一層西三巷	+67	已閉合
A6	一層西三半巷	+25	已閉合
A7	一層東五巷	-20	已閉合
B1	四層東上三巷	+311	開採中
B2	四層東上二巷	+282	開採中
B3	四層西平巷	+242	已閉合
B4	四層西0巷	+210*	已閉合
B5	四層西二巷	+120*	已閉合
B6	四層西三半巷	+20	已閉合
B7	四層西五巷	-23	已閉合
B8	四層東六巷	-62	已閉合
C1	五層西上五巷	+369*	排氣使用
C2	五層排風坑	+310~+369*	排氣使用
C3	五層上三巷	+310*	開採中
C4	西斜昇	+230~+369*	開採中
C5	五層西平巷	+235	通道使用
C6	五層西0巷	+205	已閉合
C7	五層西一巷	+164	已閉合

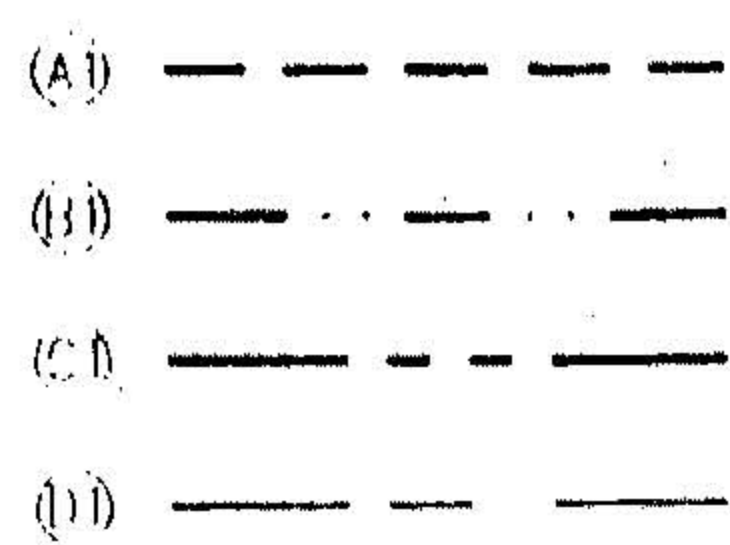
註：*表未與隧道路線相交



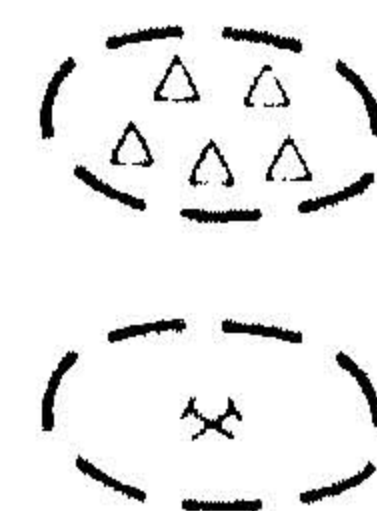
圖例



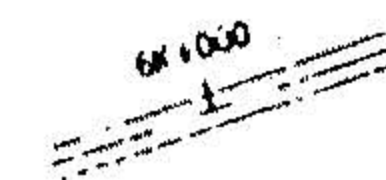
平洞(主坑道)
主斜坑
煤坑口



(A) 層煤巷及編號
(B) 四層煤巷及編號
(C) 五層煤巷及編號
(D) 八層煤巷及編號

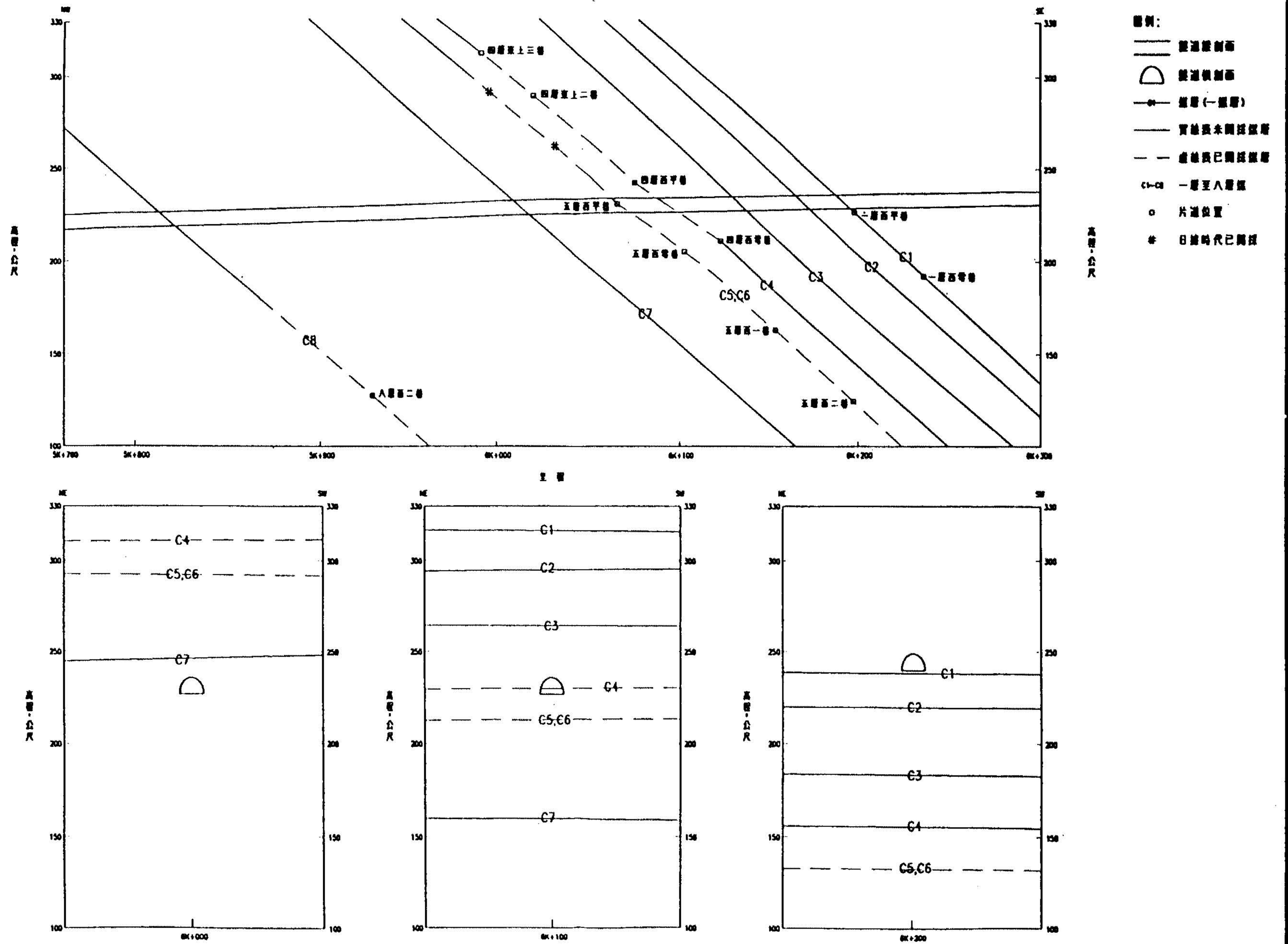


煤積堆積
採礦遺址



計畫隧道及里程

圖一 隧道附近煤礦分佈圖



圖二 隧道與煤坑關係剖面圖