

4.2 北山

北山地電測線的位置如圖26所示。亦顯示線路7(山的南側200米)及線路8(山的北側100米)的地電電阻率橫截面。該等線路的較大規模地電電阻率橫截面如圖27(線路7)及圖28(線路8)所示。

就北山而言，已挖掘三個鑽孔，即BH-4、BH-5及BH-6。在該地區已進行兩個地電電阻率線路。線路7位於該山的南部，其西部走向為西北偏西往東南偏東，而其東部走向為東北偏東往西南偏西方向。該線路可以與鑽孔BH-5及BH-6相關連。線路8位於北山北面，可與鑽孔BH-4相關連。這兩條線路說明地電電阻率成像所釐定的地下狀況相對一致。表層相對較低的電阻率(小於100歐姆·米)說明有覆蓋岩，其為略帶些許石英小石粒的沙質砂砂。覆蓋岩層以下，地電電阻率價值隨著深度不斷增加，說明有隨著深度增加斷層程度減弱的石灰石存在。雖然在BH-5及BH-6鑽孔內均發現空洞，地電電阻率成像並無顯示在所勘探地區存在空洞，說明該等空洞的橫截分佈有限。該等結果亦顯示地下空洞的可檢測性隨著深度增加而降低。

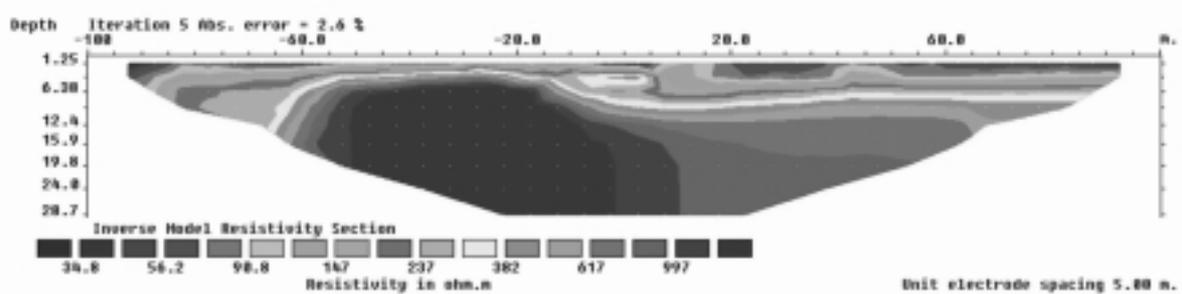


圖27：北山線路7的地電電阻率橫截面。

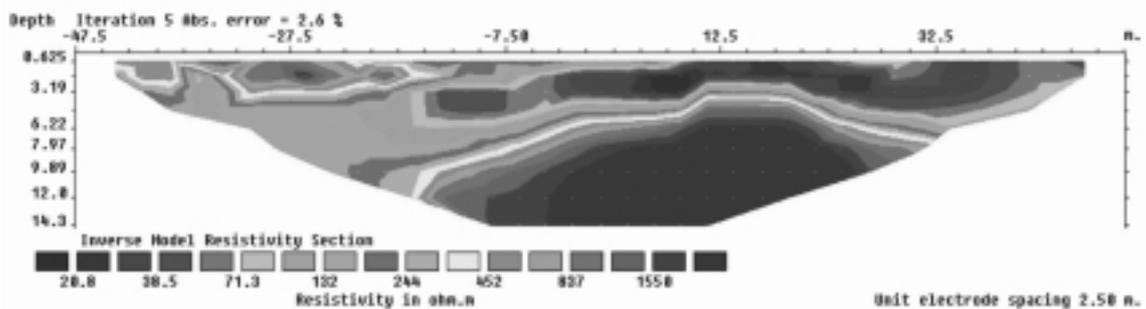


圖28：北山線路8的地電電阻率橫截面。

## 5 礦物及化學成分

### 5.1 礦物成分

所選樣本(包括選自地表以上及地下)的礦物構成由岩相技術來釐定，該技術由X射線衍射技術(XRD)相輔助。所選樣本總計為22份，包括10份地表以上的樣本及12份選自鑽孔的地下樣本。10份地表以上樣本中的5份選自從南山收集用作下文化學分析的10份樣本，餘下的5份選自從北山收集的12份樣本(請參閱表2及表3以知其各自的GPS座標及高度)。2份樣本選自各鑽孔，一共有12份樣本。用於礦物研究的樣本概要如下文表7所示。

表7：礦物研究的樣本概要。

	編號	選自南山的樣本	編號	選自北山的樣本
地表以上樣本	1	59B	6	81B
	2	61B	7	83A
	3	77A	8	83B
	4	77C	9	89A
	5	80	10	91
地下樣本	11	BH-1 9.50M	17	BH-4 15.0M
	12	BH-1 24.5M	18	BH-4 33.0M
	13	BH-2 10.5M	19	BH-5 9.50M
	14	BH-2 31.5M	20	BH-5 24.5M
	15	BH-3 22.5M	21	BH-6 10.0M
	16	BH-3 40.5M	22	BH-6 22.0M

### 5.1.1 岩相學

#### 5.1.1a 宏觀研究

對手標本的觀察可以將這些岩石分為兩大類：(1)細粒至中粒狀晶狀白雲石，顏色為深灰色，及(2)中粒至粗粒狀晶狀白雲石，顏色為灰色，有很多縱橫切割的方解石礦脈。

細粒至中粒狀白雲石是最常見最豐富的岩類，在南山和北山均有存在。這種岩類整體上約佔整塊白雲石的90%。除了顏色為深灰色之外，岩石厚重緊密，斷層很少，且縱橫切割的方解石礦脈不常見。不過在某些地點，可以觀察到葉片或薄片結構(圖29)。

第二類岩石分佈不廣泛；這些岩石在南山某些地點存在，亦在某深度的鑽孔樣本中發現這類岩石。在22份已研究的樣本中，僅有4份樣本屬於這一類岩石。相信是由附近岩漿體的變形及侵入原有白雲石重新結晶而形成該等岩石。毫無疑問，該等岩類的出現在一定程度上由結構所控制，因為它們通常由節點及斷層連接，而這些節點及斷層是在岩石變形過程中出現的。幾乎所有的節點及斷層均由方解石礦脈組成(圖30)。下列表8顯示這22份樣本的手標本描述。

表8：白雲石樣本的宏觀本質。

編號	樣本編號	手標本描述
1	59B	深灰色，細粒至中粒狀，厚重緊密，並無任何斷層跡象。
2	61B	深灰色，細粒至中粒狀，厚重緊密，並無任何斷層跡象。
3	77A	深灰色，細粒至中粒狀，厚重緊密，並無任何斷層跡象。
4	77C	暗灰色，中粒至粗粒狀，厚重，有方解石斷層跡象。
5	80	深灰色，細粒至中粒狀，厚重緊密，並無任何斷層跡象。
6	BH-1 9.50 M	深灰色，細粒至中粒狀，厚重緊密，並無任何斷層跡象。
7	BH-1 24.5 M	深灰色，細粒至中粒狀，厚重緊密，並無任何斷層現象。
8	BH-2 10.5 M	暗灰色，中粒至粗粒狀，厚重，有方解石斷層跡象。
9	BH-2 31.5 M	深灰色，細粒至中粒狀，厚重緊密，並無任何斷層跡象。
10	BH-3 22.5 M	暗灰色，中粒至粗粒狀，厚重，有方解石斷層跡象。
11	BH-3 40.5 M	深灰色，細粒至中粒狀，厚重緊密，並無任何斷層跡象。
12	81B	深灰色，細粒至中粒狀，厚重緊密，並無任何斷層跡象。紋層狀。
13	83A	深灰色，細粒至中粒狀，厚重緊密，並無任何斷層跡象。
14	83B	深灰色，細粒至中粒狀，厚重緊密，並無任何斷層跡象。
15	89A	深灰色，細粒至中粒狀，厚重緊密，並無任何斷層跡象。
16	91	深灰色，細粒至中粒狀，厚重緊密，有輕微斷層跡象。
17	BH-4 15.0 M	深灰色，細粒至中粒狀，厚重緊密，有輕微斷層跡象。
18	BH-4 33.0 M	深灰色，細粒至中粒狀，厚重緊密，並無任何斷層跡象。
19	BH-5 9.50 M	暗灰色，中粒至粗粒狀，厚重，有方解石斷層跡象。
20	BH-5 24.5 M	深灰色，細粒至中粒狀，厚重緊密，並無任何斷層跡象。
21	BH-6 10.0 M	深灰色，細粒至中粒狀，厚重緊密，有高度斷層跡象。
22	BH-6 22.0 M	深灰色，細粒至中粒狀，厚重緊密，有輕微斷層跡象。

## 5.1.1b 微觀研究

## 樣本準備

岩石樣本經使用金剛石鋸片形岩石夾頭機器(圖31)切割為2厘米x 4厘米 x 0.5厘米的厚片狀。厚片的一面安裝在研磨機上，研磨機的輪子，旋轉時可以研磨厚片(圖32)。表層可以透過用手在一塊玻璃上用細粒狀硅碳化物粉末加上水研磨進一步磨光及磨平。經超聲波清潔器清洗後，厚片放在熱板上加熱約一個小時。使用加拿大香脂(一種松脂)將光滑的表面附在標準的玻璃板上(圖33)。

逐漸降溫後，使用修整設備(圖34)將暴露在外面的表面修整為約40微米厚。使用更細的硅碳化物粉末研磨所暴露的表面直到達到0.03毫米(30微米)的厚度。經沖洗後，所暴露的表面用一層薄玻璃片覆蓋以免造成樣本污染或磨損(圖35)。

## 顯微鏡觀察

使用卡爾蔡司(Carl Zeiss)極化研究顯微鏡。採納Sibley及Gregg白雲石分類。



圖29：第一類白雲石(深灰色、細粒至中粒狀大小)。樣本中有礦物線理。

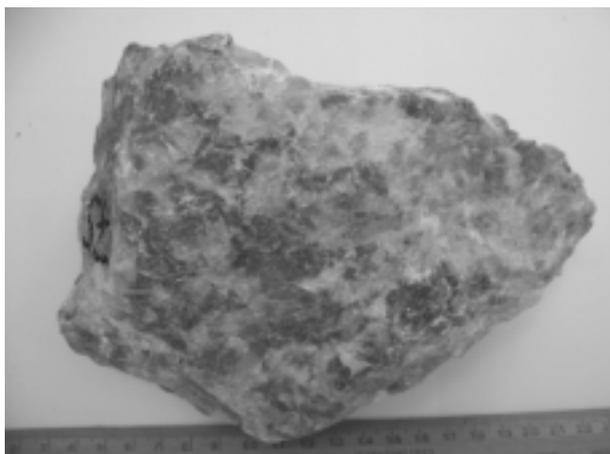


圖30：第二類白雲石由豐富的方解石礦脈(白色)組成。其顏色為暗灰色，中粒至粗粒狀大小，有輕微斷層跡象。



圖31：金剛石鋸片岩石夾頭機器。



圖32：有旋轉輪的研磨機，用於研磨岩石板。



圖33：將樣本放在熱板上再用玻璃片覆蓋。



圖34：修整設備



圖35：白雲石樣本的薄片。顯示所準備的透過顯微鏡檢測的22份樣本中的8份樣本。

細粒至中粒狀晶狀白雲石

該等岩石為細粒至中粒狀 (0.1毫米至0.5毫米)，由兩種礦物組成：(1) 白雲石，及(2)方解石。白雲石的含量遠遠超過方解石。表9顯示就該等樣本薄片所進行的點數計結果。白雲石的平均百分比為98.41%；方解石的比例較低 (平均為1.58%)。在顯微鏡下，白雲石呈現為緊密地結合在一起的自形 (形狀好) 粒狀結合物。該等礦物的顏色呈棕色至深棕色，相比較而言，方解石的顏色呈黃色至棕黃色 (圖36)。棕色至深棕色說明該等岩石的鎂含量高 (圖37、圖38)。某些樣本為中等粒狀，但是白雲石仍然是最豐富的礦物。雖然方解石的含量有所增加，某些方解石以礦脈形狀出現 (圖39)。

表9：細粒至中粒狀岩石內的白雲石及方解石的百分比。

編號	樣本編號	白雲石百分比	方解石百分比
1	59B	97.78	2.22
2	61B	97.65	2.35
3	77A	98.22	1.78
4	80	97.68	2.32
5	BH-1 9.50 M	97.72	2.28
6	BH-1 24.5 M	98.76	1.24
7	BH-2 31.5 M	98.87	1.13
8	BH-3 40.5 M	98.52	1.48
9	81B	98.74	1.26
10	83A	98.92	1.08
11	83B	97.86	2.14
12	89A	99.38	0.62
13	91	98.88	1.12
14	BH-4 15.0 M	98.45	1.55
15	BH-4 33.0 M	98.56	1.44
16	BH-5 24.5 M	98.35	1.65
17	BH-6 10.0 M	98.02	1.98
18	BH-6 22.0 M	99.04	0.96
	平均	98.41	1.58

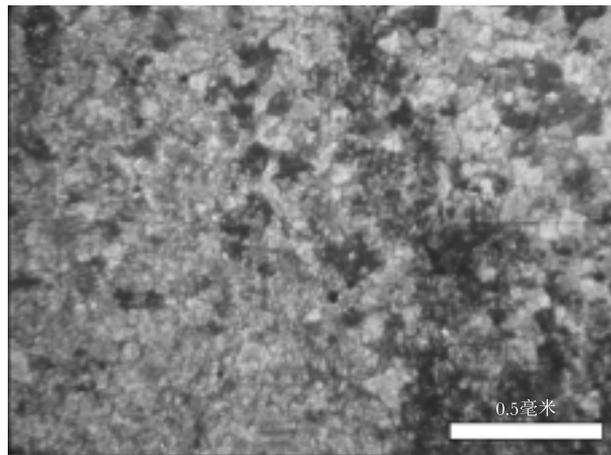


圖36：細粒至中粒狀白雲石樣本的顯微鏡特徵。顯示顏色呈黑色至深棕色的白雲石礦物的分佈。

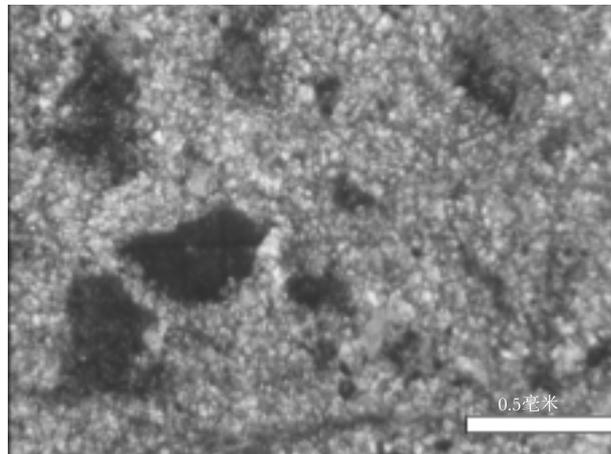


圖37：含鎂量高的深棕色白雲石礦物樣本，其中的鎂以粒狀分佈。

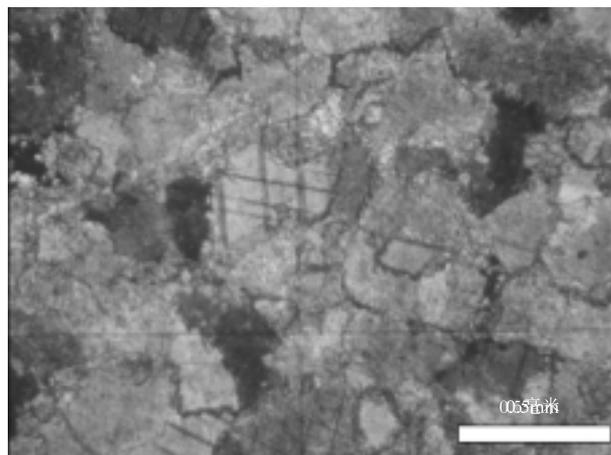


圖38：中等粒狀大小白雲石的顯微鏡特徵。所觀察到的礦物的尺寸長度為0.1毫米至0.5毫米之間。

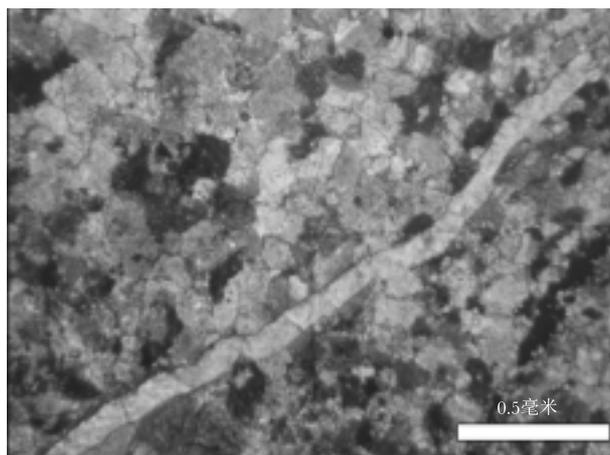


圖39：中等粒狀大小白雲石的顯微鏡特徵。小的方解石礦脈橫向切過岩石。

#### 中粒至粗粒狀晶狀白雲石

這類岩石顯示粒狀大小為0.5毫米至1毫米範圍之間(圖40)。可以通過解理(圖41)認出方解石。點數顯示四份樣本中的白雲石及方解石的平均百分比分別為97.63%及2.37%(請見表10)。總的來說，與細粒狀類型相比，這類岩石包含較高含量的方解石，但是主要存在於斷層及微觀礦脈中。

表10：中粒至粗粒狀岩石內白雲石及方解石的百分比。

編號	樣本編號	白雲石百分比	方解石百分比
1	77C	97.04	2.96
2	BH-2 10.5 M	97.05	2.95
3	BH-3 22.5 M	98.45	1.55
4	BH-5 9.50 M	97.98	2.02
	平均	97.63	2.37

#### 5.1.2 X射線衍射技術

X射線衍射技術(XRD)是一種可識別以晶體形式出現的相(混合物)的儀器技術。晶體相(包括礦物)由有獨特內部原子結構的晶體組成。晶體的每一個相均有其獨特及永恆的層間距離，即重複類似原子結構層間的以Angstrom數計的距離。其為晶體的層間距離，有異於其他者。

## 5.1.2a 釐定礦物含量

## 理論

通過使用X射線(普遍使用的為CuK- $\alpha$ )對晶狀樣本進行粒子輻射，樣本產生獨特的由多個頂峰組成的XRD圖像，每一個頂峰屬具獨特間距的晶相。圖像與其他屬於已知材料的該等圖像相對比，這些材料稱為標準(普遍稱為JCPDS標準)，存入電腦系統(約100,000個已知材料的圖像存於D-5000西門子衍射儀)。當圖像與某特定標準吻合時，即可命名未知晶相。

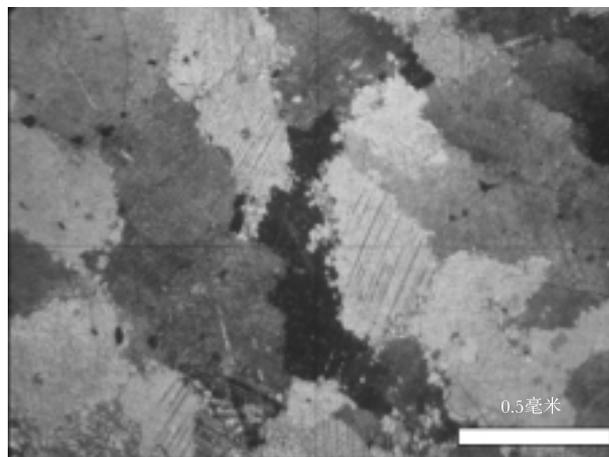


圖40：第二類型白雲石的顯微鏡特徵。

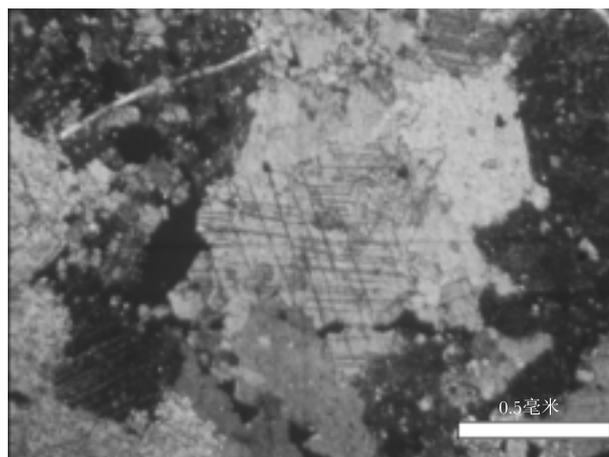


圖41：粗粒狀白雲石的顯微鏡特徵。  
顯示通過解理可認知的方解石礦物。

通常三個最高峰足以確認一個晶相。不過，倘有超過三個的頂峰存在，則肯定程度越高。例如，倘我們可以看到最高峰（有 $2.89\text{\AA}$ 的層間距離）、第二高峰（有 $2.19\text{\AA}$ 的層間距離）及第三高峰（有 $1.79\text{\AA}$ 的層間距離）（JCPDS檔案編號11-078），則可以肯定地確認白雲石。按同樣的方法，倘圖像並無顯示 $3.04\text{\AA}$ 、 $2.29\text{\AA}$ 及 $2.10\text{\AA}$ 的層間距離（即該礦物的三個最高峰）（JCPDS檔案編號5-586），則我們可以確認樣本中並無存在方解石。

該等樣本的X射線衍射圖像已通過使用全自動的西門子D-5000衍射儀（安裝有DIFFRAC-XT軟件設備）（圖42）而生成，其操作條件如下：

輻射來源	:	Cu K- $\alpha$ , $\lambda = 1.5418 \text{ \AA}$ 。
KV	:	40
mA	:	30
每步掃描速度	:	$0.04^\circ 2\theta$ /秒，或 $2.4^\circ 2\theta$ /分
掃描範圍	:	2 - $60^\circ$ 。

標準實驗程序用於將表層樣本及鑽孔樣本轉換成細研粉末（單個粒度介乎20至30微米）。磨碎過程包括清洗及乾燥樣本、使用夾片壓碎機將樣本粉碎成1厘米至2厘米的碎片及使用碳化硅層塗的輾磨杯將碎片磨碎成粉碎。研磨成粉的樣本儲存於密封的帶有標籤的塑料瓶（圖43）。

就XRD分析而言，樣本形式為放置在一個扁平樣本托盤上的一個環形洞孔中的未經過處理的乾燥樣本粉末，用手按壓以讓其表面平滑（圖44）。

## 結果

經研究的樣本總數為22份。該等樣本包括10份表層樣本（自南山及北山各選取5份）及12份地下樣本，即自鑽孔BH-1, BH-2及BH-3（南山）及鑽孔BH-4, BH-5及BH-6（北山）各選取2份。

所生成的XRD圖像證明所有經分析的樣本均由白雲石作為其主要礦物所組成，含有極少量方解石。表11載有發現結果概要，而圖45至圖66顯示該等樣本各自的XRD圖像。



圖42：供XRD分析的西門子D-5000衍射儀。



圖43：經磨碎的樣本。

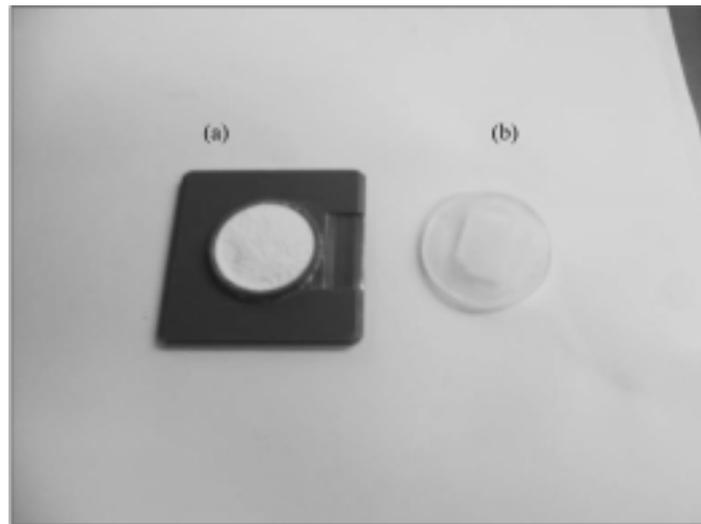


圖44：兩種類型的樣本準備1，(a)供XRD分析及(b)供XRF分析。

表11：通過XRD分析的22份樣本中的礦物含量概要。

地點(山)	樣本編號	礦物含量	圖片編號
南山(表層)	59B	白雲石 >> 方解石	圖45
	61B	白雲石 >> 方解石	圖46
	77A	白雲石 >>> 方解石	圖47
	77C	白雲石 >> 方解石	圖48
	80	白雲石 >> 方解石	圖49
南山(鑽孔)	BH-1 9.5M	白雲石	圖50
	BH-1 24.5M	白雲石 >>> 方解石	圖51
	BH-2 10.5M	白雲石	圖52
	BH-2 31.5M	白雲石	圖53
	BH-3 22.5M	白雲石 > 方解石	圖54
	BH-3 40.5M	白雲石 >> 方解石	圖55
北山(表層)	81B	白雲石 >>> 方解石	圖56
	83A	白雲石 >>> 方解石	圖57
	83B	白雲石 >>> 方解石	圖58
	89A	白雲石	圖59
	91	白雲石 >>> 方解石	圖60
北山(鑽孔)	BH-4 15.0M	白雲石 >> 方解石	圖61
	BH-4 33.0M	白雲石 >> 方解石	圖62
	BH-5 9.5M	白雲石 >>> 方解石	圖63
	BH-5 24.5M	白雲石	圖64
	BH-6 10.0M	白雲石 >>> 方解石	圖65
	BH-6 22.0M	白雲石 >> 方解石	圖66