

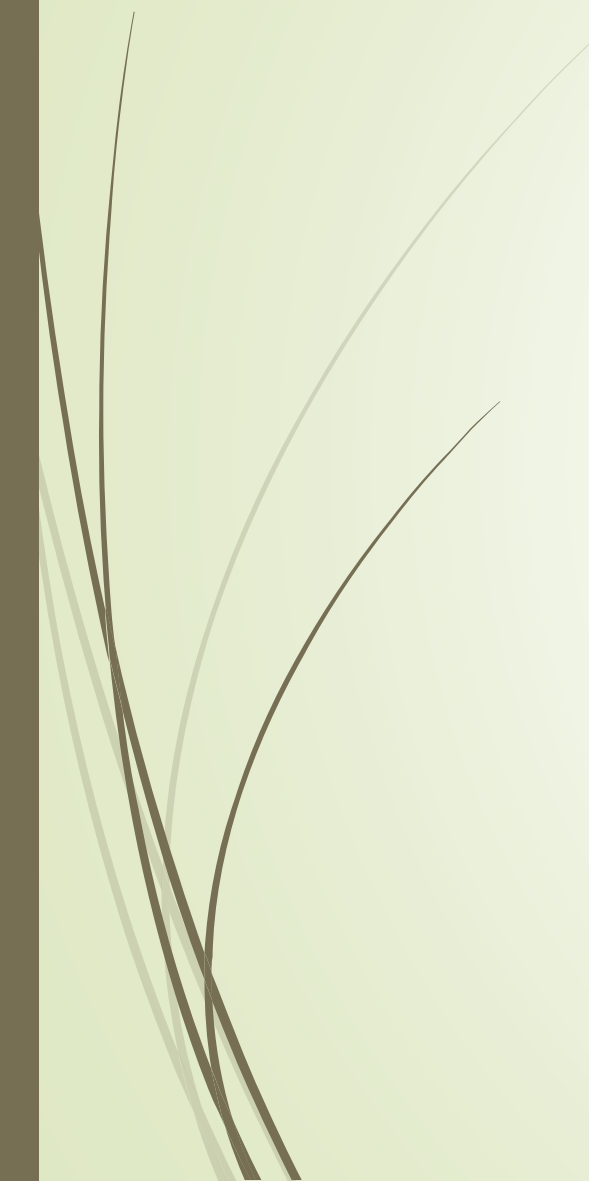
超低頻電磁波技術應用在礦 物探勘上

台大地理環境資源系

朱子豪教授編輯

2019/05/31

大綱



- 一.地勘理論
- 二.地勘技術應用
- 三.礦產探勘的程序
- 四.礦產探勘的實務案例
- 五.新探勘儀器的研發進度
- 六.結論

一、地勘理論

超低頻電磁波探勘原理---遵循大地截頻定律，遵守電磁場的能量衰減模式

- 以截頻方式截取由地下反射上來的某一頻段的電磁波，解算的是截止頻率與能量的換算關係($E = h\nu$)

$$V_{f_h-f_l} = \frac{h \cdot \gamma(\lambda, T, \rho) \cdot m_i}{q} \int_{f_l}^{f_h} F(f) df$$

其中： $\gamma(\lambda, T, \rho)$ 為介面對某一頻率 f_i 的反射係數， m_i 為某一頻率的電磁波列數
 q 為接收反射上來電磁波引起的電子擾動的總電量， h 為普朗克常數

$\int_{f_l}^{f_h} F(f) df$ 為反射至地表的某一段電磁波頻率的積分， f_h 為高頻點， f_l 為低頻點

- 不同深度會反射與輻射特定頻段電磁波
- 電位差、反射係數、視電阻率等參數代表著某一深度的地下物性綜合結果
- 可由**視電阻率→轉換→相對地應力**：用以描繪物體應力應變分佈的分佈情形(光彈效應)。光彈性法對於描繪複雜幾何結構以及複雜載荷下的物體的應力應變尤其有效，即使對於(地質體)材料的斷裂處如落盤、隧道變形等現地測量(*in situ*)也能夠評估相對準確的應力分佈圖像。

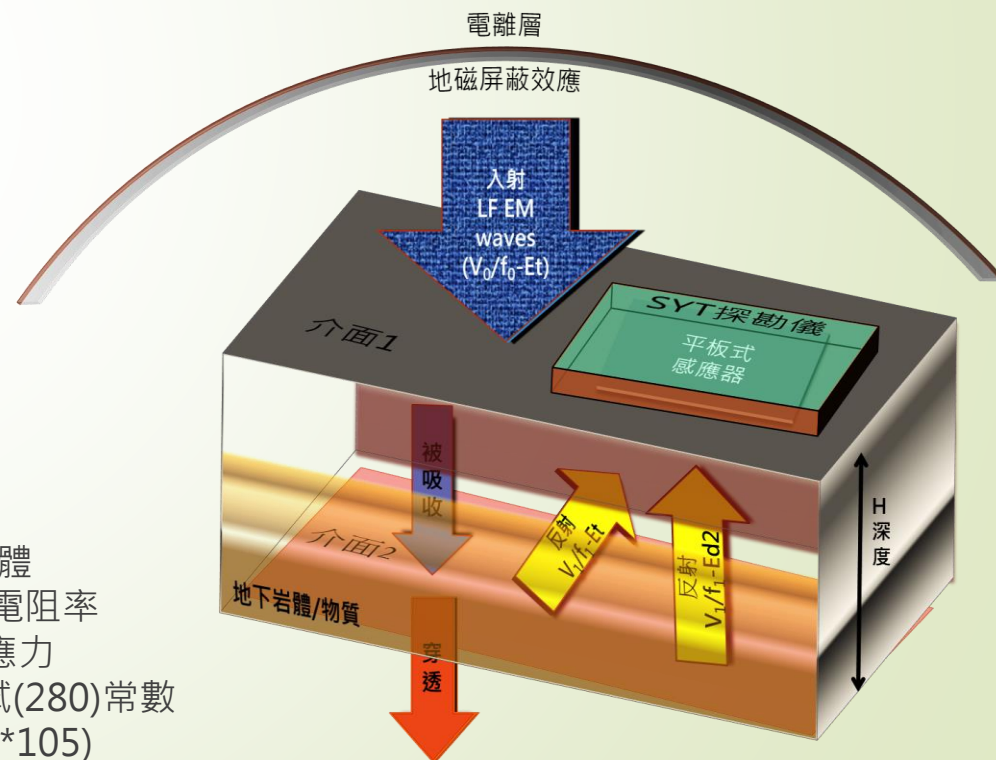
$$f_0 = \frac{K \cdot \bar{\rho}}{(H + A)^2}$$

$\bar{\rho}$ (視電阻率)

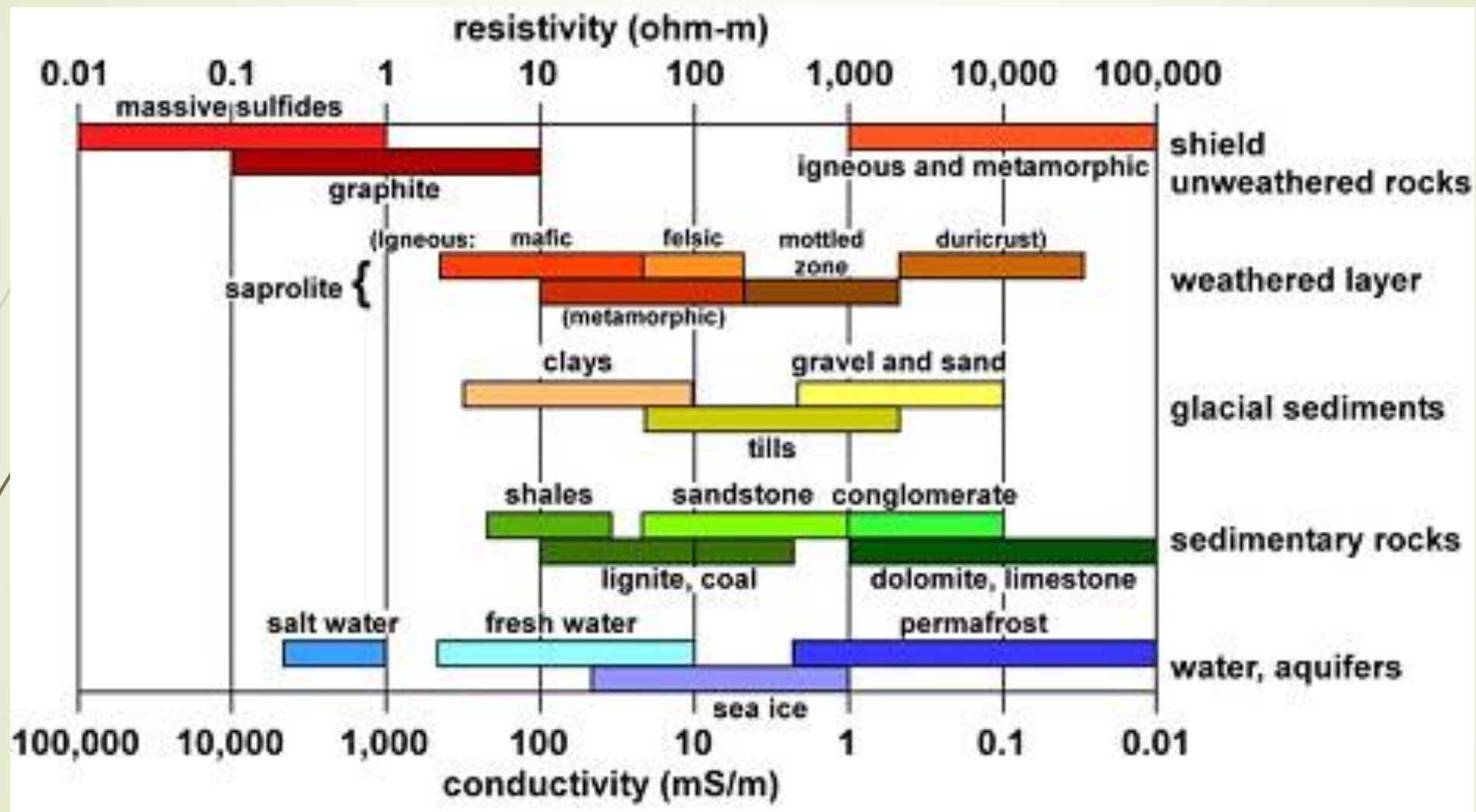
$$V_{fi} = n \cdot \frac{(\lambda, T, \rho) \cdot \sigma^2 \cdot \bar{\rho}^2}{(H + A)^4}$$

σ (相對地應力)

f_0 : 截止頻率
 H : 某深度岩體
 $\bar{\rho}$: 平均電磁電阻率
 σ^2 : 相對地應力
 A 為野外測試(280)常數
 K 為常數(9.4×10^5)



物質的電性多解性



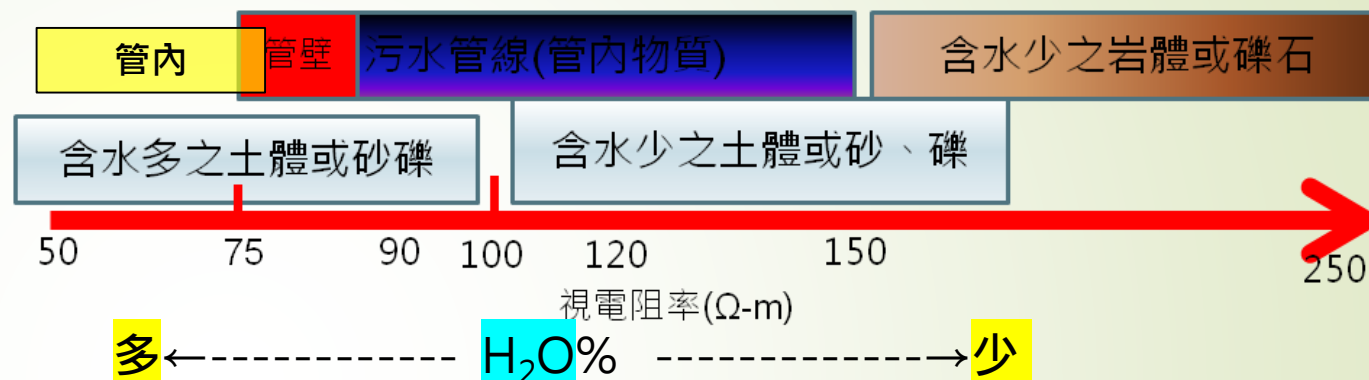
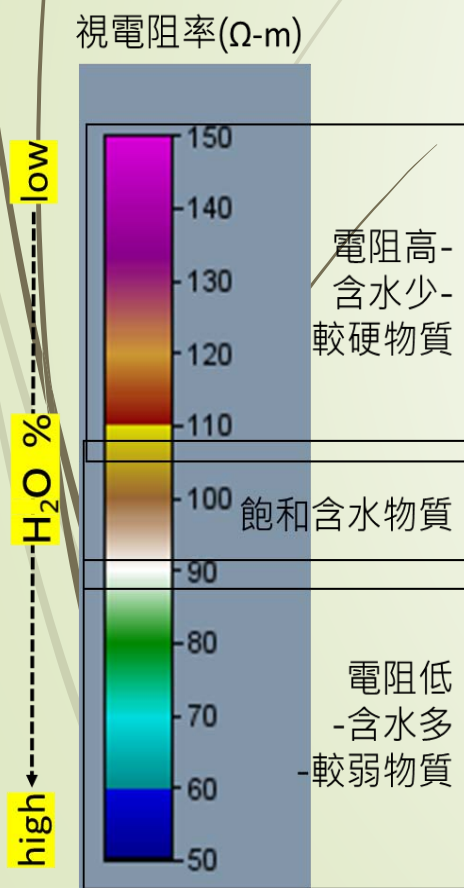
1. 判釋方法(逐步收斂、確認)

建立探測範圍之
兩垂直剖面電性圖

電阻率區間分類
(管線物性-電阻大包絡電組小)

影像過濾
(形狀-管徑)

2. 物質的多解性(1種量值-可能對應-多種物質)



- 一根砂岩岩心在自然實體的認知是砂岩，但若因含水%、受壓的差異，則電阻率就不盡唯一，而是一範圍的值域
- 同樣的，管壁與周圍回填土體的電性物理性質接近，亦會造成多解性的混淆、困擾，需藉由經驗判斷是協助判斷埋深、管徑大小等等合理之邏輯來確認。

低頻電磁波探勘儀器有別於傳統技術

- ◆被動源法，工作頻段低，穿透性高
- ◆儀器遮罩效果佳、方向性穩定
- ◆非破壞式，不受人為結構及地形影響
- ◆速度快、成本低，有效篩選熱點區
- ◆提交報告週期短
- ◆可執行大範圍前導型快篩-細部加密探勘-週期性監測與檢核資訊建立

方法	探測深度 範圍(公尺)	受地形影 響之程度	探測經費(以相同測 區範圍為比較基準)	探測結果
折射震測	0~30	低	中	岩石震波速度分布
反射震測	0~3000	高	高	地質構造及震波速度分布
垂直地電阻 法	0~800	中	低	測點下方岩層電阻率分布
地電阻影像 剖面法	0~500	低	中	測線下方岩層電阻率分布
人控音頻大 地電磁法	0~1000	低	低	測點下方岩層電阻率分布
大地電磁法	0~10000	低	低	測點下方岩層電阻率分布
重力法	0~5000	高	中	測點下方岩石密度分布
磁力法	0~5000	中	低	測點下方岩石磁感率分布
透地雷達法	0~20	中	高	測線下方地質構造

(摘自Hubbard and Rubin,2005)

二、地勘技術應用

在台灣已有探勘經驗

- 1.地下管線
- 2.地下水
- 3.地下地質結構
- 4.地下廢棄物掩埋
- 5.土壤與道路含水量
- 6.坑洞探測
- 7.崩塌滑動面
- 8.水下探測

正在測試的地勘項目

- 1.建物健檢

大陸已探勘項目

- 1.礦物探測

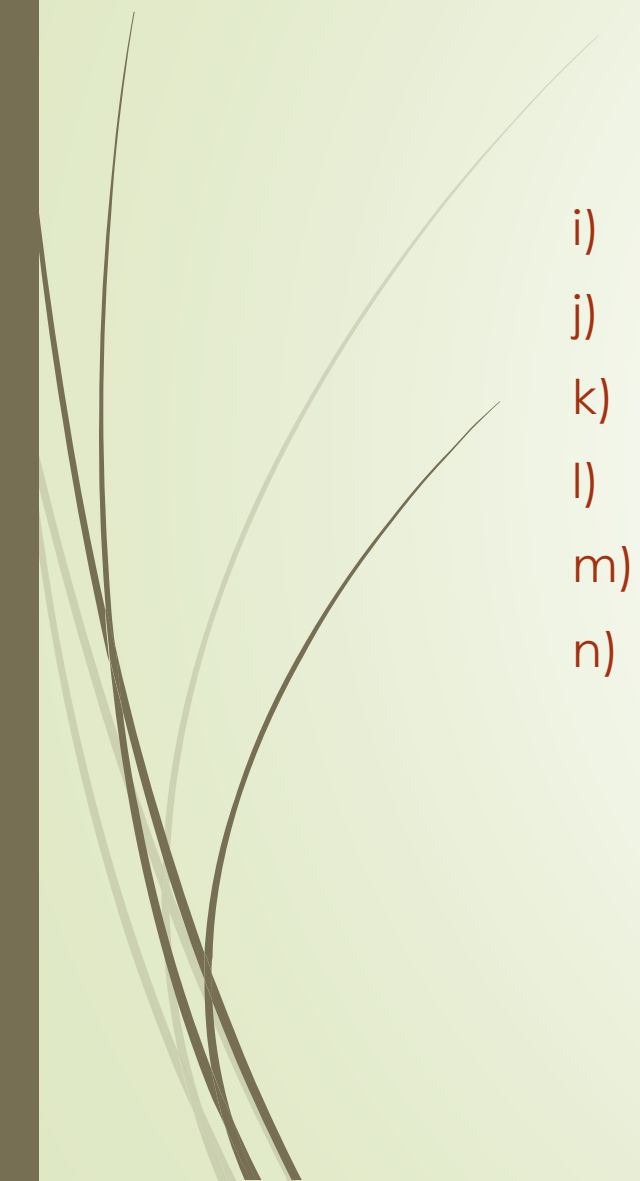
有潛力發展的探勘項目

- 1.考古探測
- 2.隧道地質探測
- 3.寶藏探測

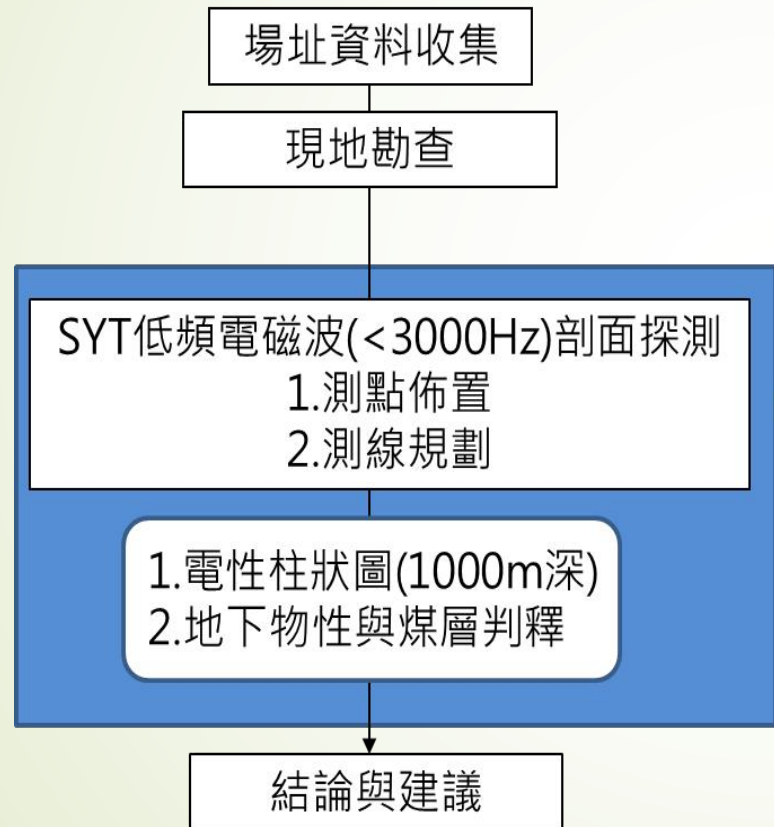


探勘的實務計畫

- a) 2017-2018，臺北市地下管線探勘。與道路下陷探勘
- b) 2018，水利署彰化縣地層下陷、礁溪溫泉探勘
- c) 2017，水利署伏流水、與越域引水到隧道探勘
- d) 2017-2018，六都中的高雄、台南、台中市的地下管線探勘（試探）
- e) 2018，工業局、台電、公路總局地下管線探勘
- f) 2018，臺北市自來水處的自來水管線（漏水）探勘
- g) 2017，臺北市大地工程處崩坍探勘
- h) 2017，環保署高雄旗山爐渣廢棄掩埋探勘

- 
- 
- i) 2017，臺北市捷運漏水探勘
 - j) 2017，台鐵截彎取直地質探勘
 - k) 2017，台水基隆水下管線探勘
 - l) 桂林探勘500公頃園區地下水與溶洞
 - m) 台台鐵鐵路蓋到煤礦區探勘
 - n) 2015-2018，各地區溫泉探勘

三.礦產探勘的程序



確認地下煤層、地下水
水分布與構造判釋



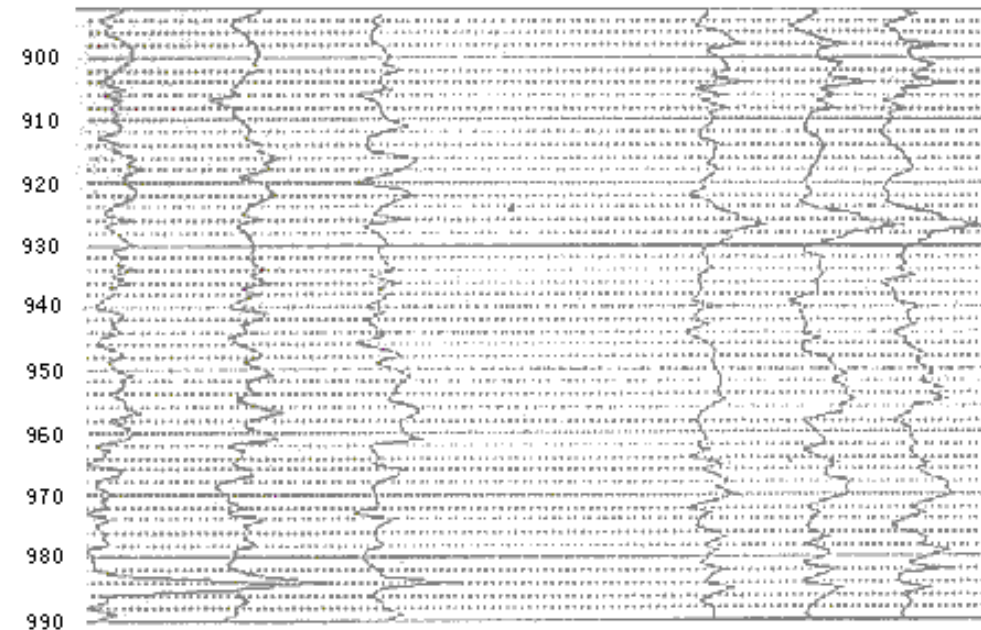
SYT物性地勘儀---1m解析度

儀器的信度檢測

同一地點重複不同時間的探勘比對
(具有高相關性)

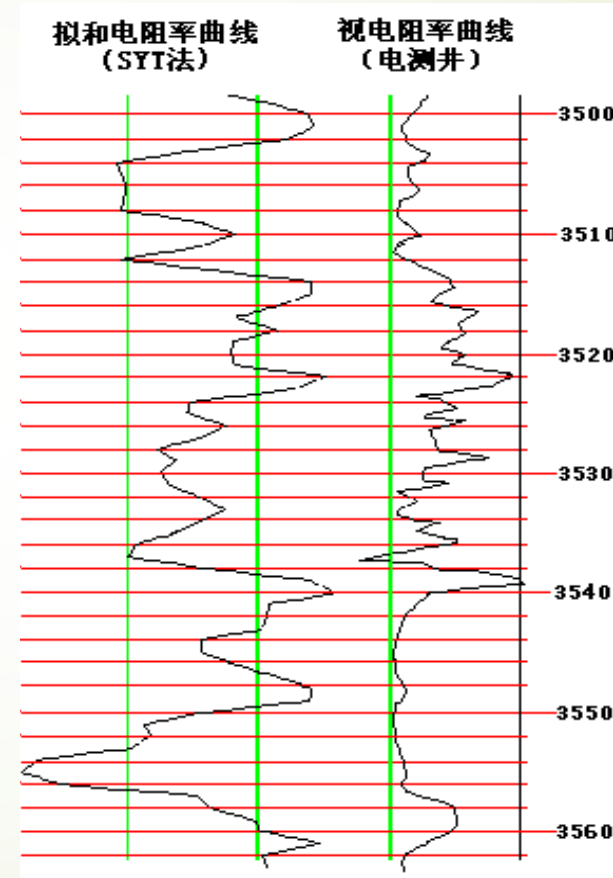
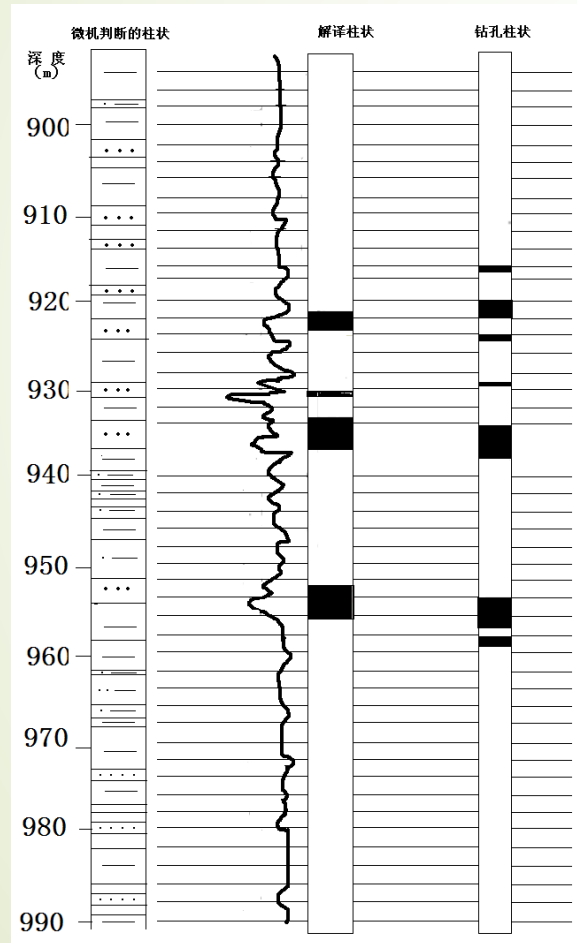
孔号: 9-8-47
次數: 第1遍 第2遍 第3遍
日期: 6月5日 6月5日 6月6日

孔号: 10-1-47
次數: 第1遍 第2遍 第3遍
日期: 6月5日 6月5日 6月6日

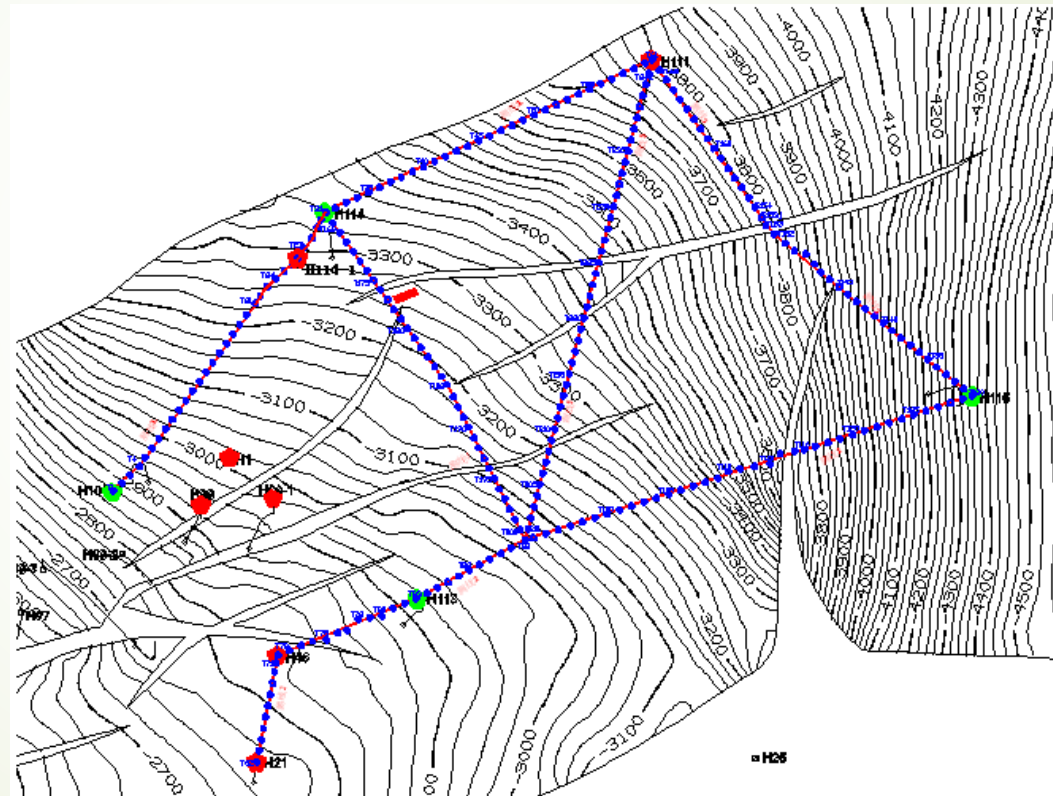


探勘單點相當於一個鑽孔資料

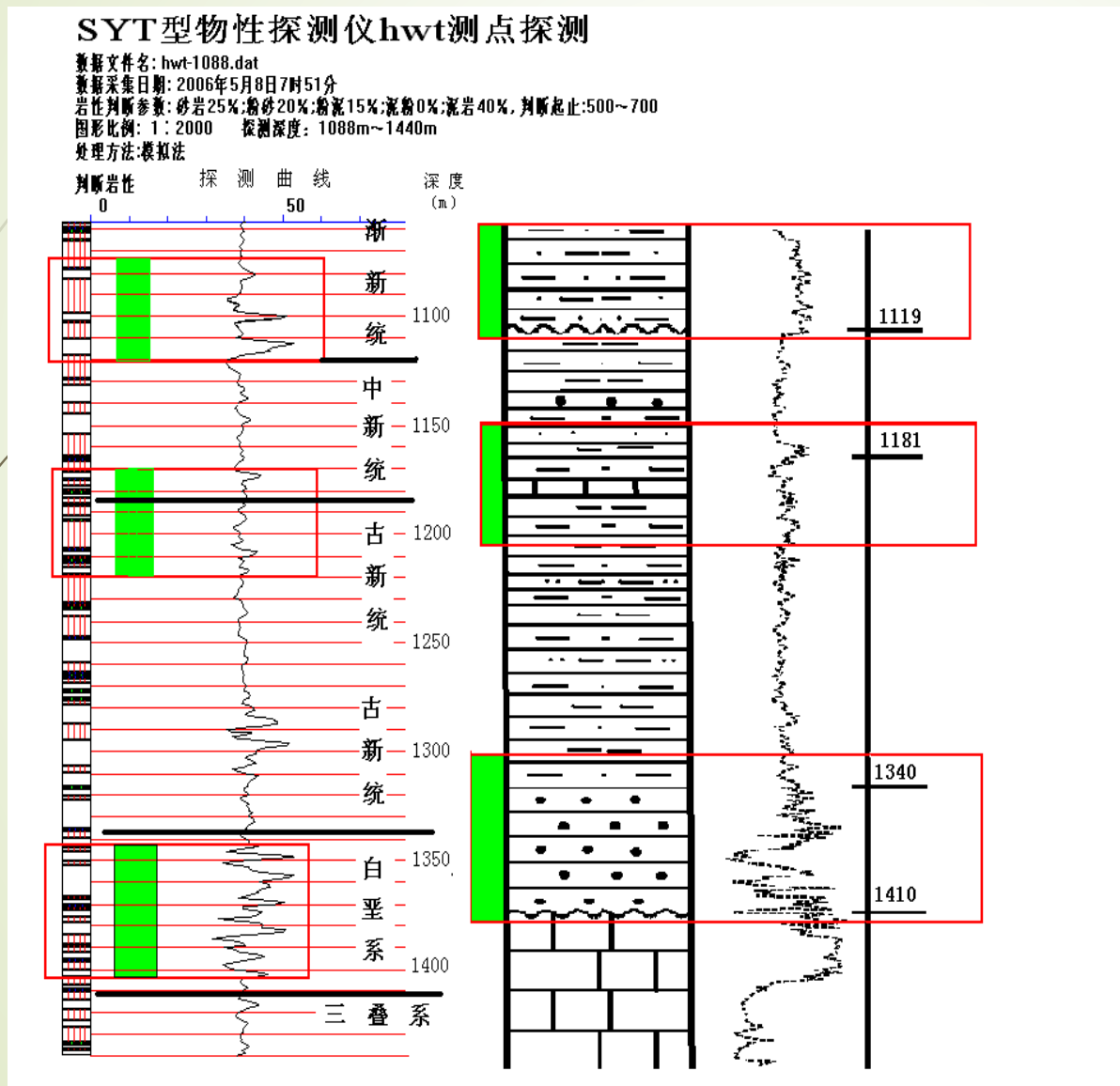
一系列的探勘點可以形成地質剖面，可用此地電阻判釋地質的組成與結構



規劃探測計畫（設計探測線與測點分佈）

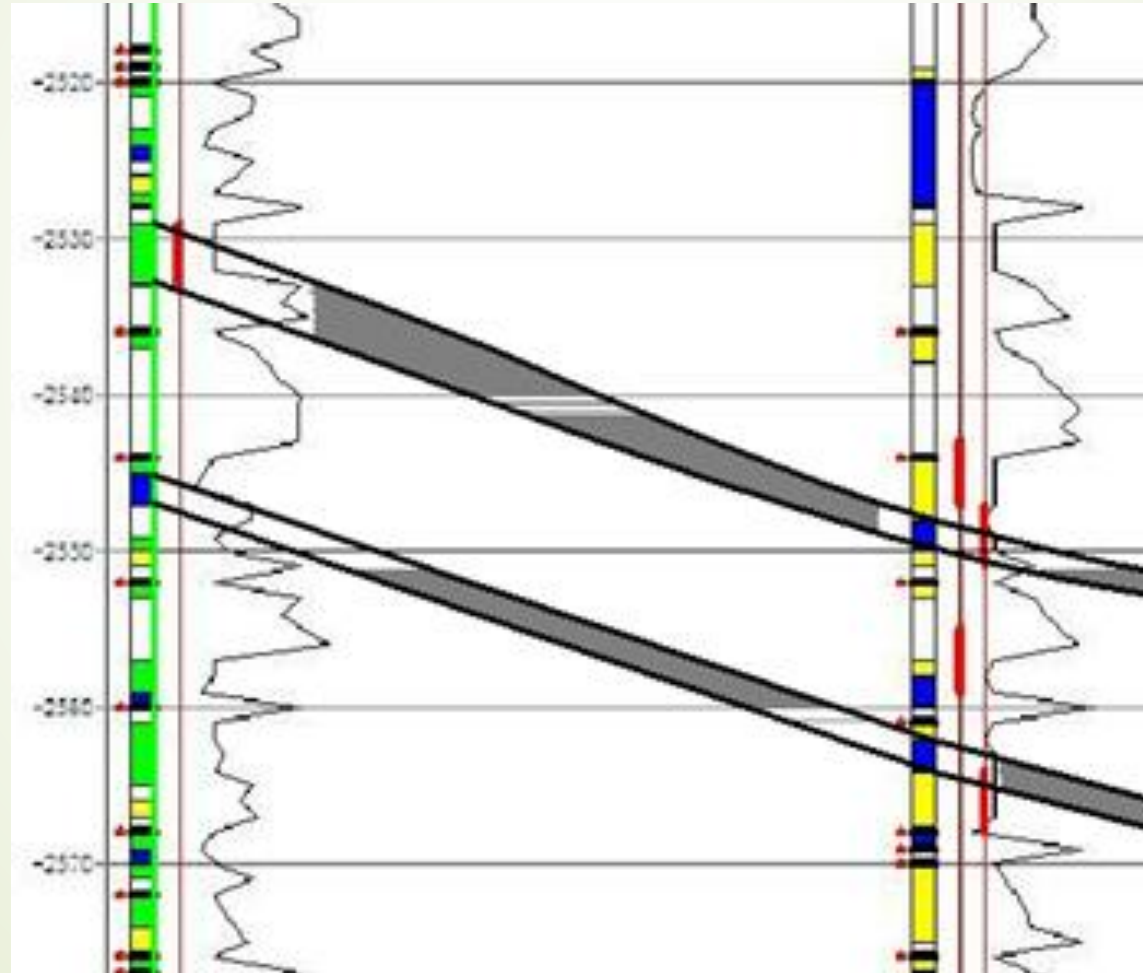


判釋：對照已知鑽井資料可以劃分地層時代與確定岩性層 鑽孔自然電位曲線和SYT探測曲線對比圖

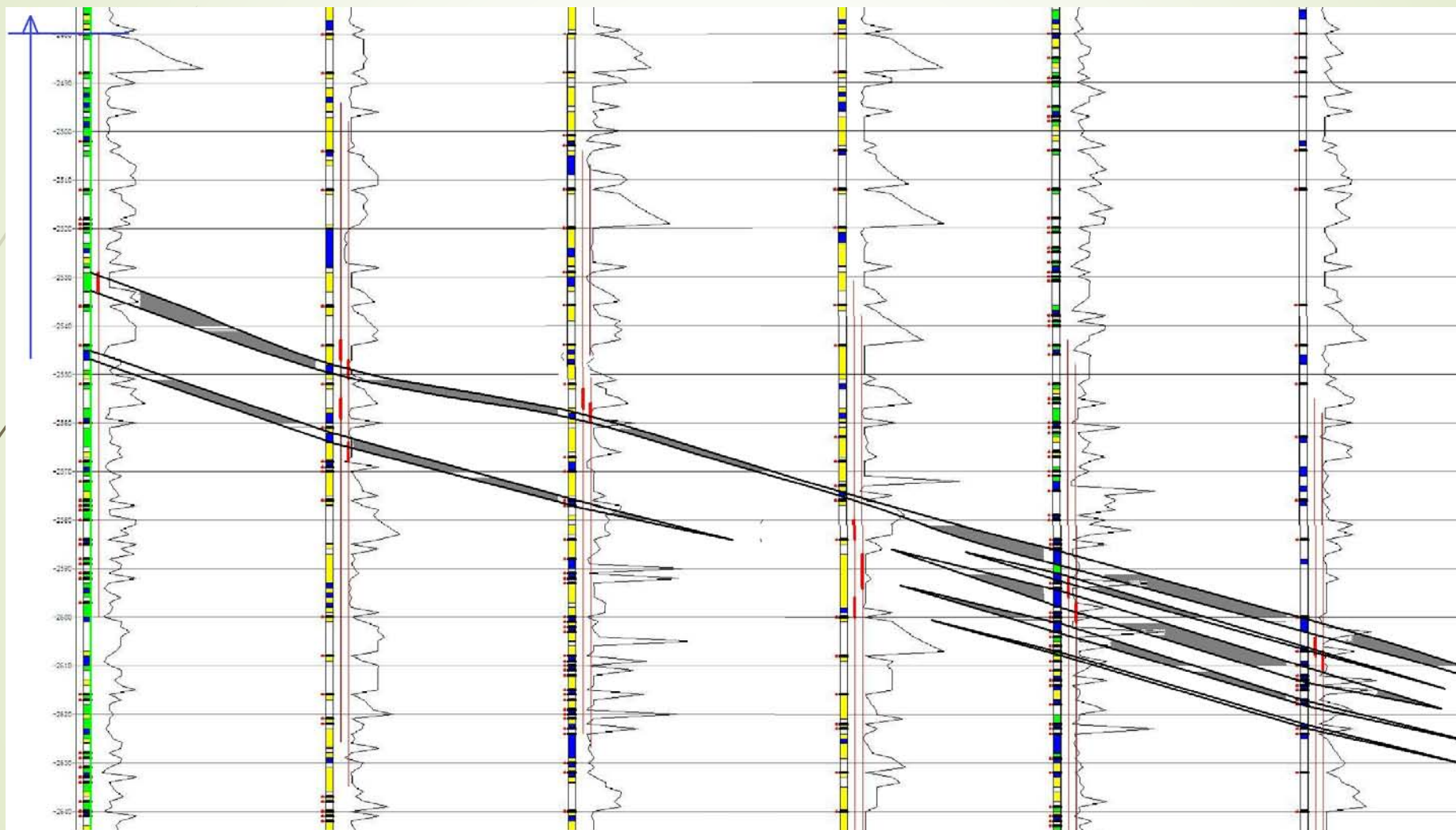


地層內礦床的地電阻特徵

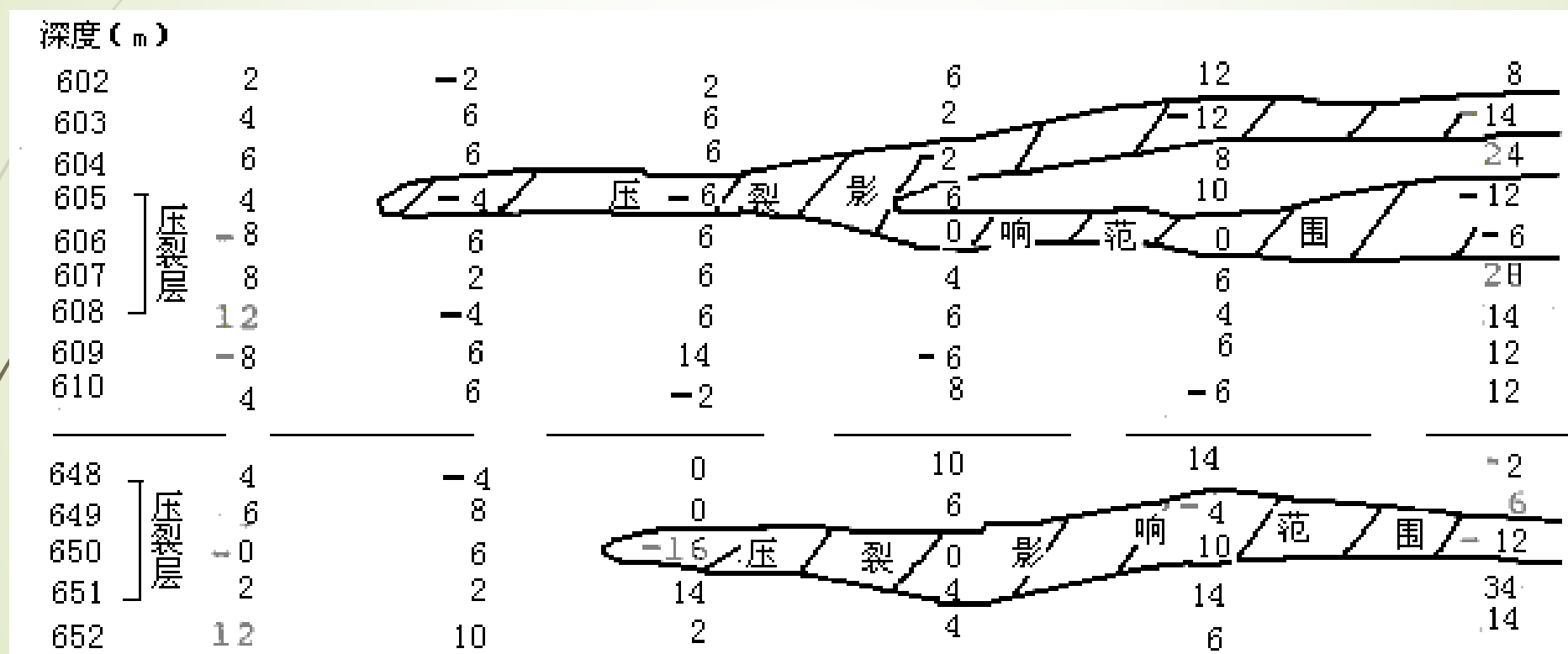
(找到石油的地電阻歸屬函數、較一般地層地電阻較低再考慮其他的PATTERN的特徵)



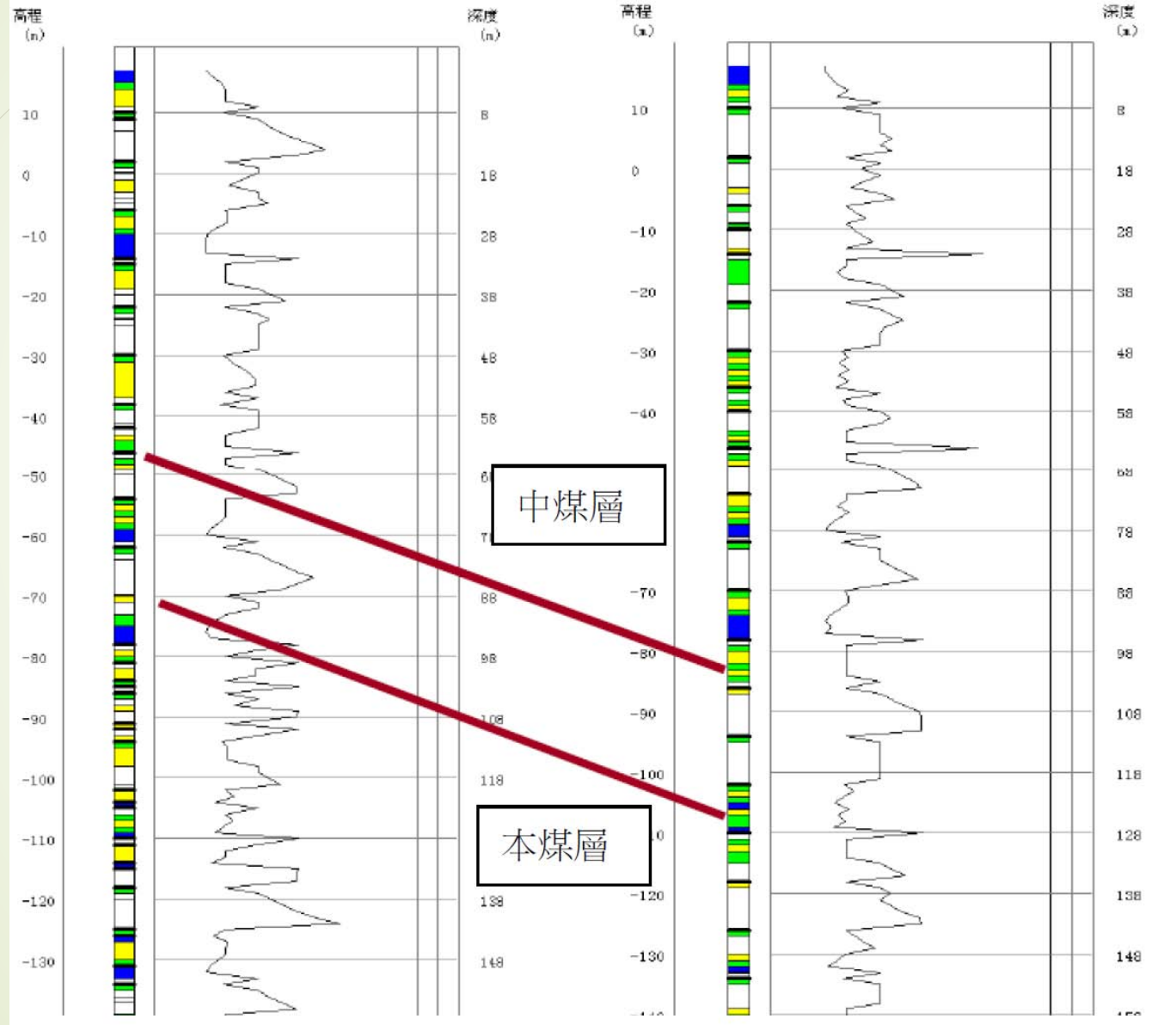
判釋：每一條測線分析礦床判釋剖面分佈圖



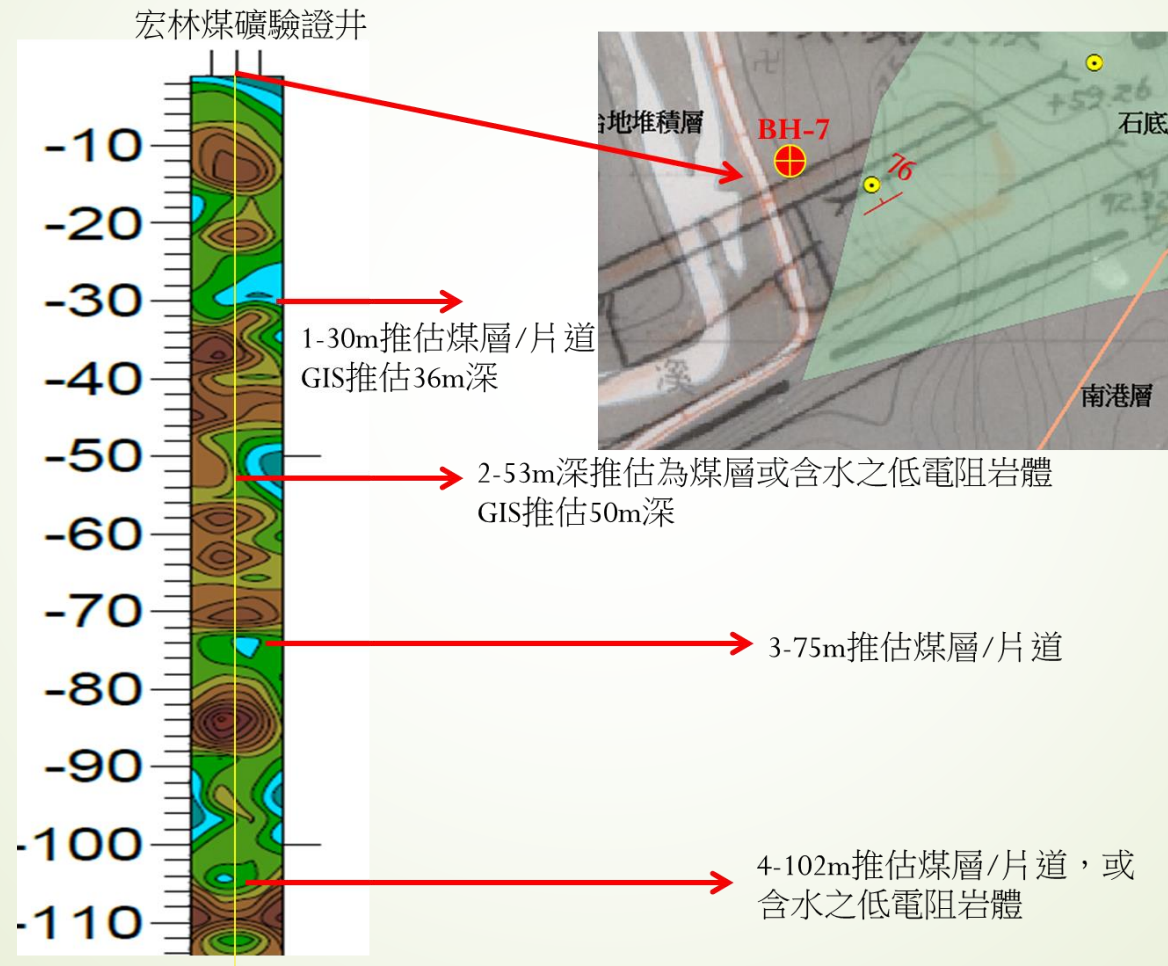
分析：地應力分析，如，礦床壓裂效果追蹤



偵測各測線計算各礦床含量高低的均數剖面圖



分析繪製探勘礦床剖面分佈圖



驗證：地質鑽探資料驗證物探資料的正確性 誤差在10m之內、平均約在2-3m誤差範圍內

BH-7煤礦驗證井岩心分析



- ◆ 28~28.4m風坑上盤破裂帶,岩體因上覆荷重而碎裂
- ◆ 28.4~30.8m應為風坑本體,若考量鑽井取樣誤差,會再小些。坑道空間堆積許多碎石塊,應為風坑上盤岩體經壓碎而落盤造成
- ◆ 30.8~31.2m---為坑底附近,殘留煤層、煤渣及捨石等物質
- ◆ 原GIS推估約地下36m深,係因地表高程誤差所致
- ◆ SYT探測深度為30m,誤差1m內



四、礦產探勘的實務案例

(一) 礦產探勘

1.煤礦

2.其他金屬礦

3.石油礦

(二) 地熱探勘

(三) 地下水探勘

(四) 地質構造與水土保持探勘

(五) 地下坑洞探看（老礦坑）

(六) 水下的礦區探勘

(七) 山崩與地震前兆偵測（潛在礦災前兆）

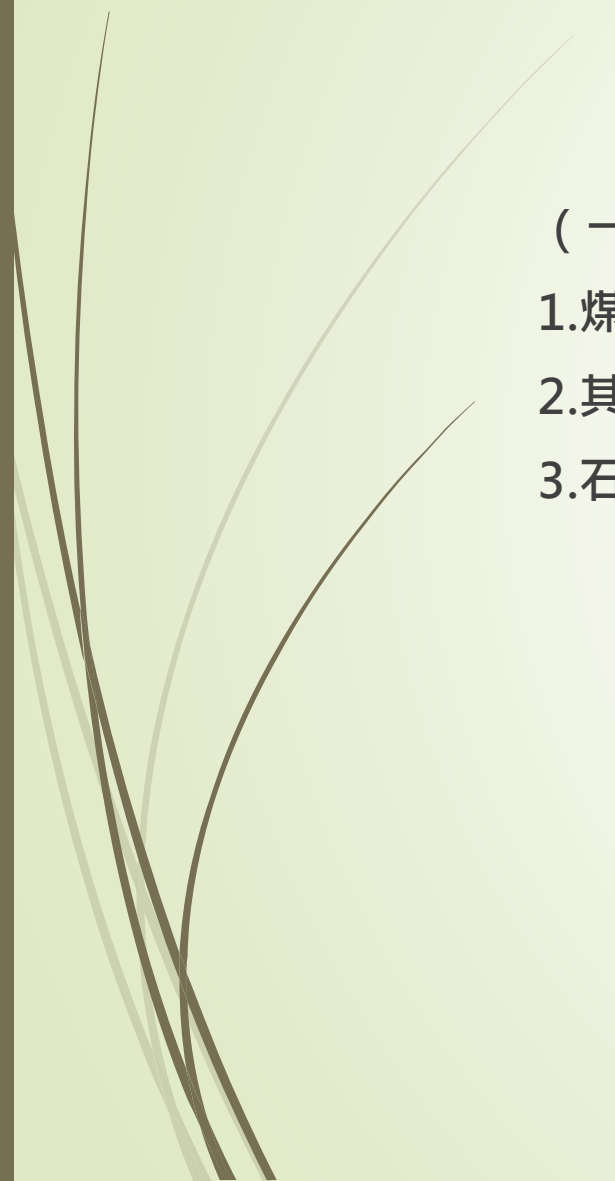


（一）礦產探勘

1.煤礦

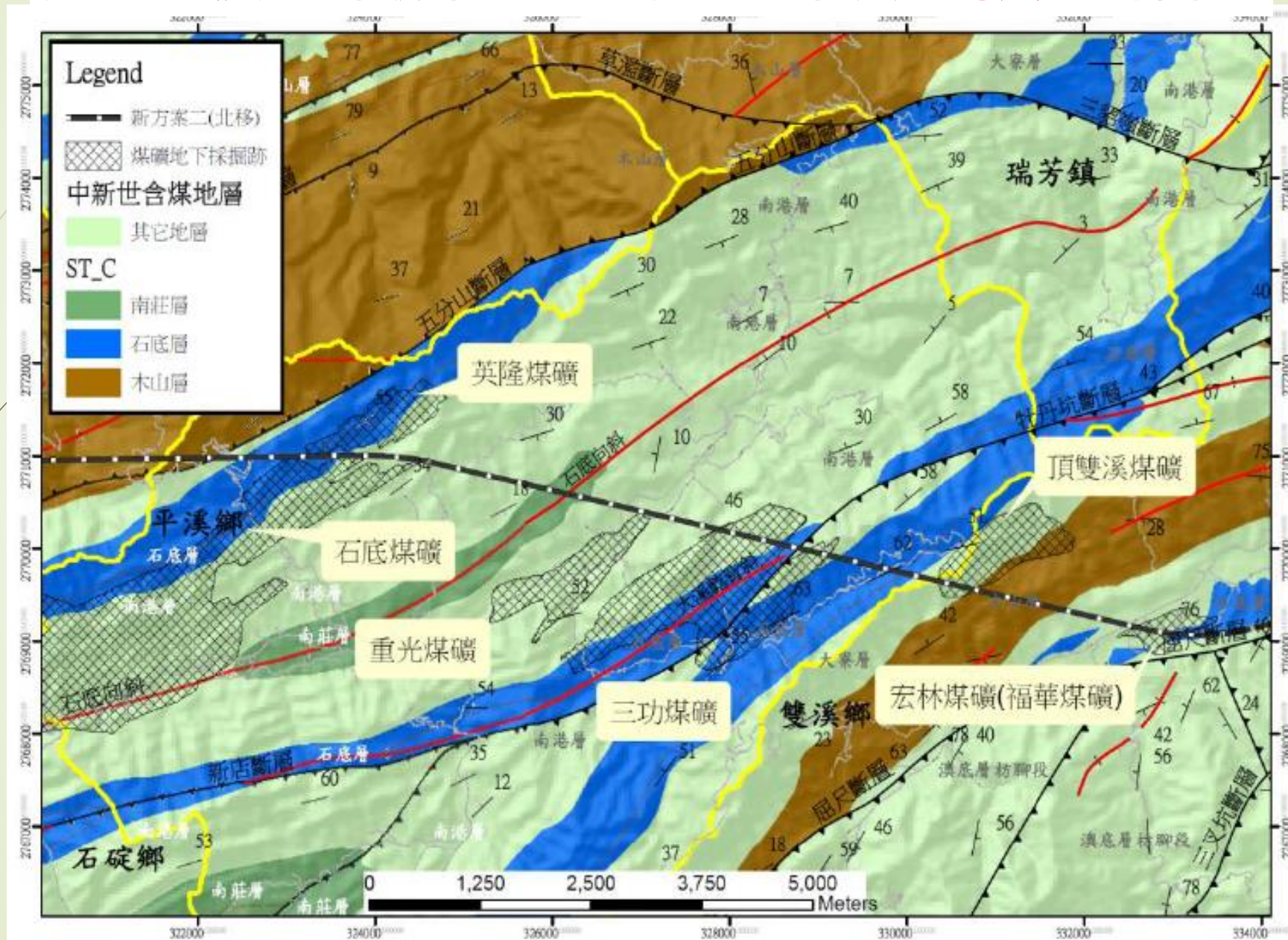
2.其他金屬礦

3.石油礦



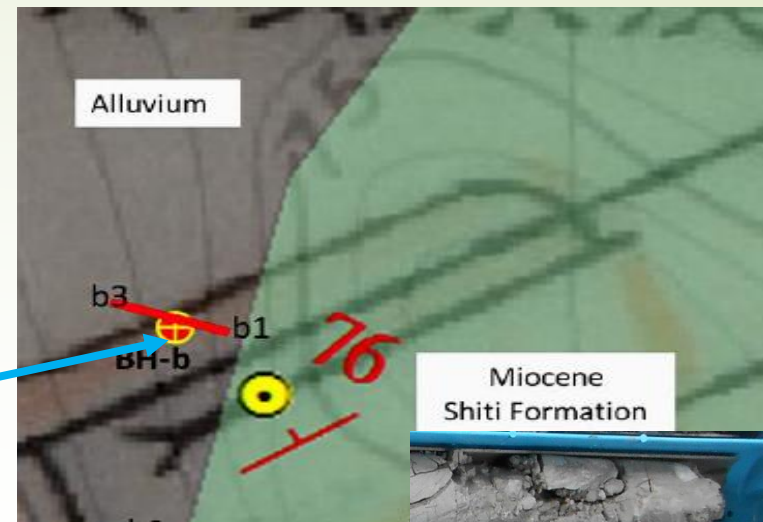
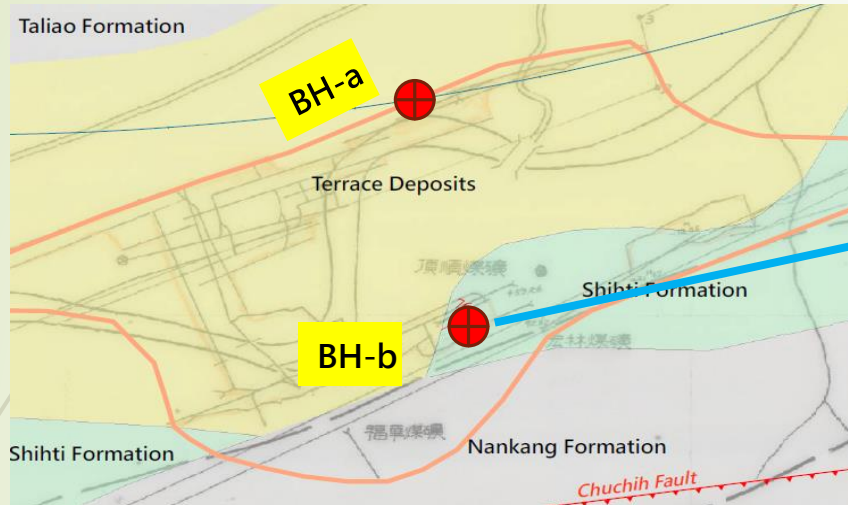
1.煤礦：

北宜直鐵廢棄煤礦探勘，找出工程潛在災害物質---採掘跡



Case B: test group

prospected had done before drilled

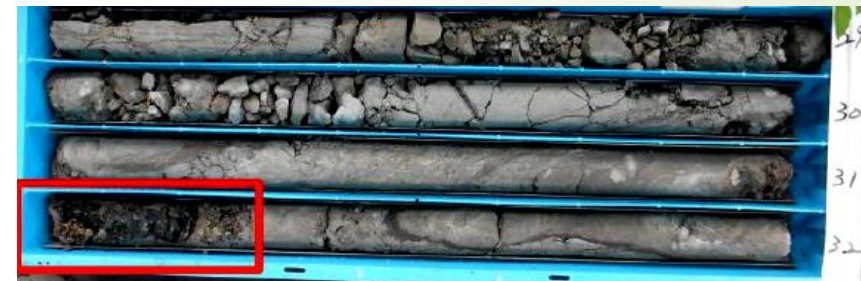


b3

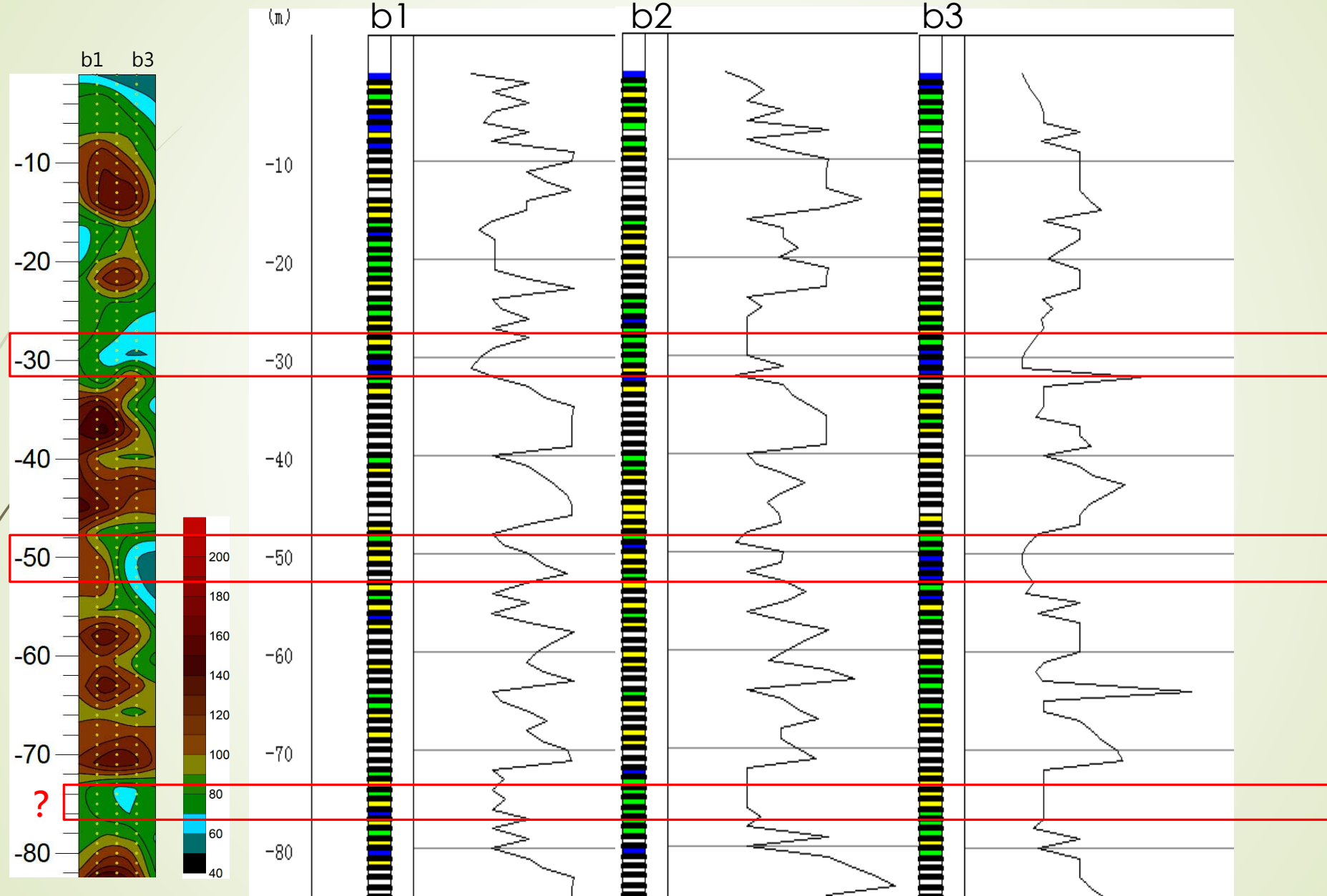
b2

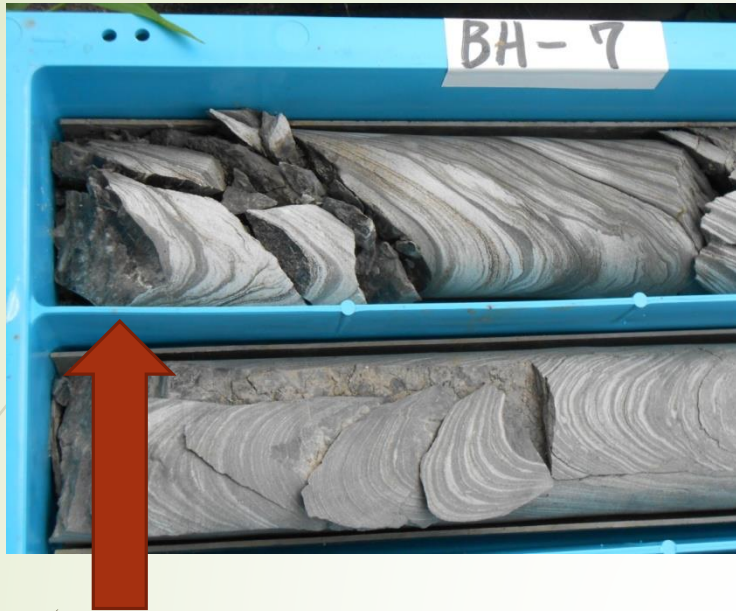
b1

Depth	Resistivity	Depth	Resistivity	Depth	Resistivity	Rank
-20	101.006	-20	101.006	-20	101.006	D
-21	101.091	-21	101.173	-21	139.667	D
-22	101.163	-22	141.038	-22	139.678	D
-23	68.983	-23	69.866	-23	69.887	B
-24	77.588	-24	76.690	-24	82.382	B
-25	67.787	-25	101.138	-25	69.807	A
-26	69.887	-26	69.859	-26	69.852	B
-27	62.226	-27	101.074	-27	69.865	B
-28	55.328	-28	69.830	-28	69.926	B
-29	50.016	-29	58.163	-29	69.888	B
-30	50.021	-30	50.134	-30	101.030	C
-31	155.529	-31	71.014	-31	59.961	A
-32	69.845	-32	101.041	-32	101.076	C
-33	69.989	-33	114.055	-33	109.885	D
-34	69.898	-34	141.227	-34	123.055	D
-35	62.174	-35	139.817	-35	139.935	D
-36		-36	139.811	-36	139.980	D
-37		-37	139.958	-37	139.850	D
-38		-38	139.837	-38	139.710	D
-39		-39	69.880	-39	69.887	B
-40		-40		-40		



Surfer mapping showed---Shape + Electric property !!





◆ downward to the 50m depth

◆ Coal-bearing laminations !!



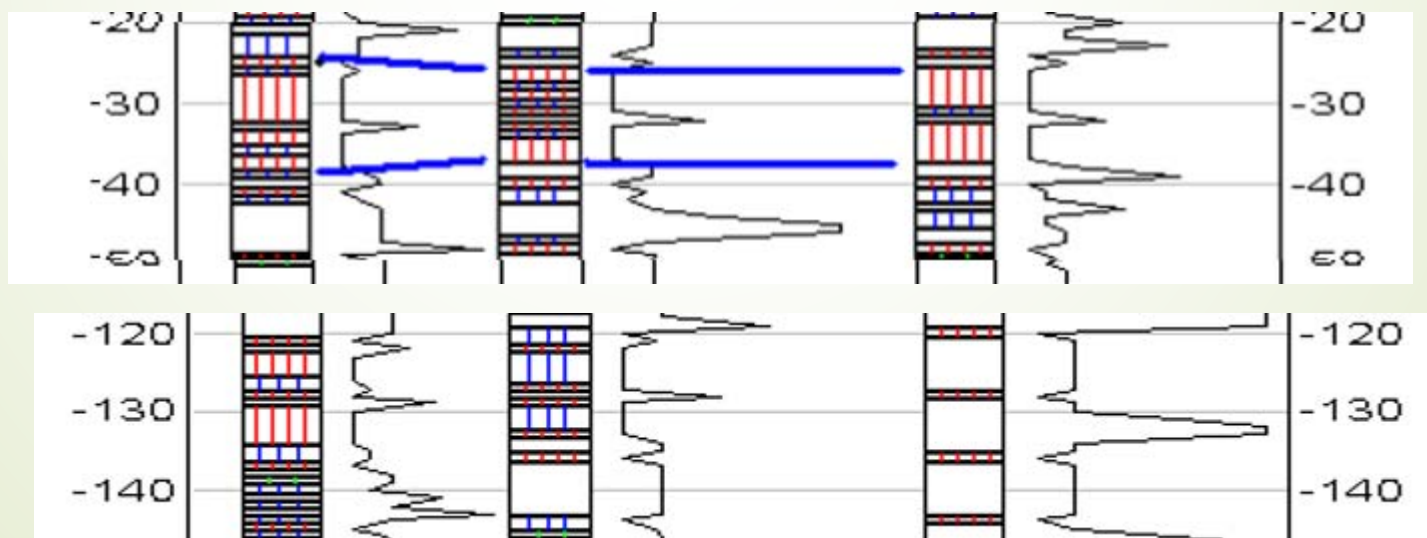
2.其他金屬礦

- 1)四川赤鐵礦礦脈
- 2)四川磁鐵礦
- 3)福建金屬礦體
- 4)內蒙金屬礦體(鉛銅)
- 5)內蒙錫林浩特鉛鋅礦
- 6)湖南黃貓頭金礦
- 7)河北豐寧縣金礦
- 8)磁鐵礦中探測含金礦脈

找礦的兩個判釋條件

歸納礦脈的地電阻的值域範圍與特徵

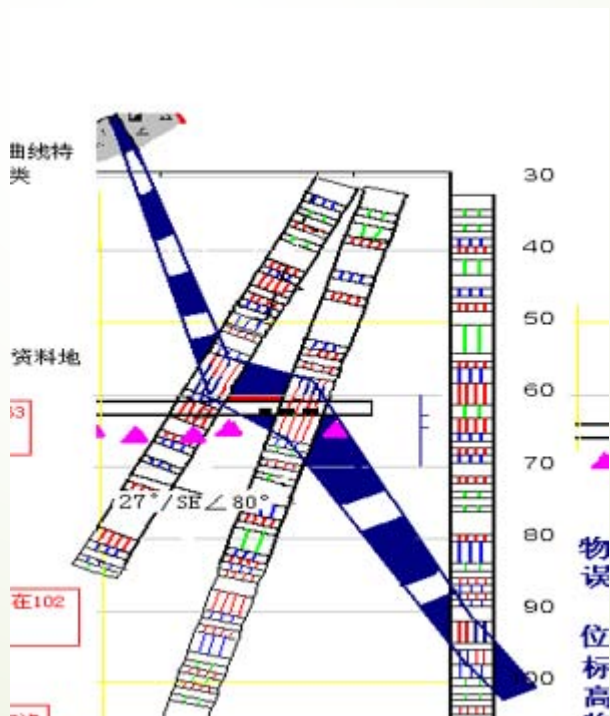
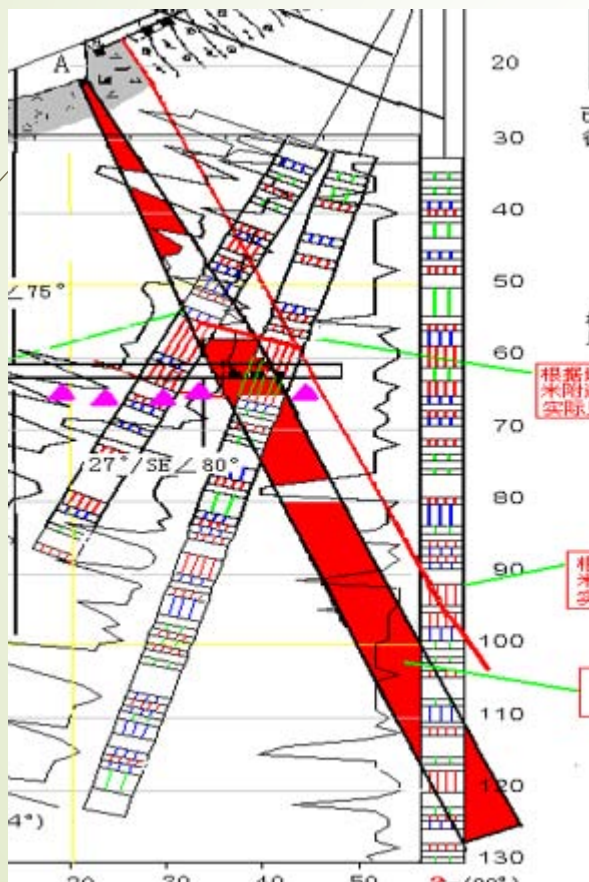
各種礦是不同的礦物與圍岩形成地電阻的特殊值域（要產生大數據來歸納，需要在實驗室中取得數據、或實證探勘中取的數據）、與PATTERN



2. 礦脈的存在

連接所有的可能礦測點的連線，形成脈狀則可能是礦脈

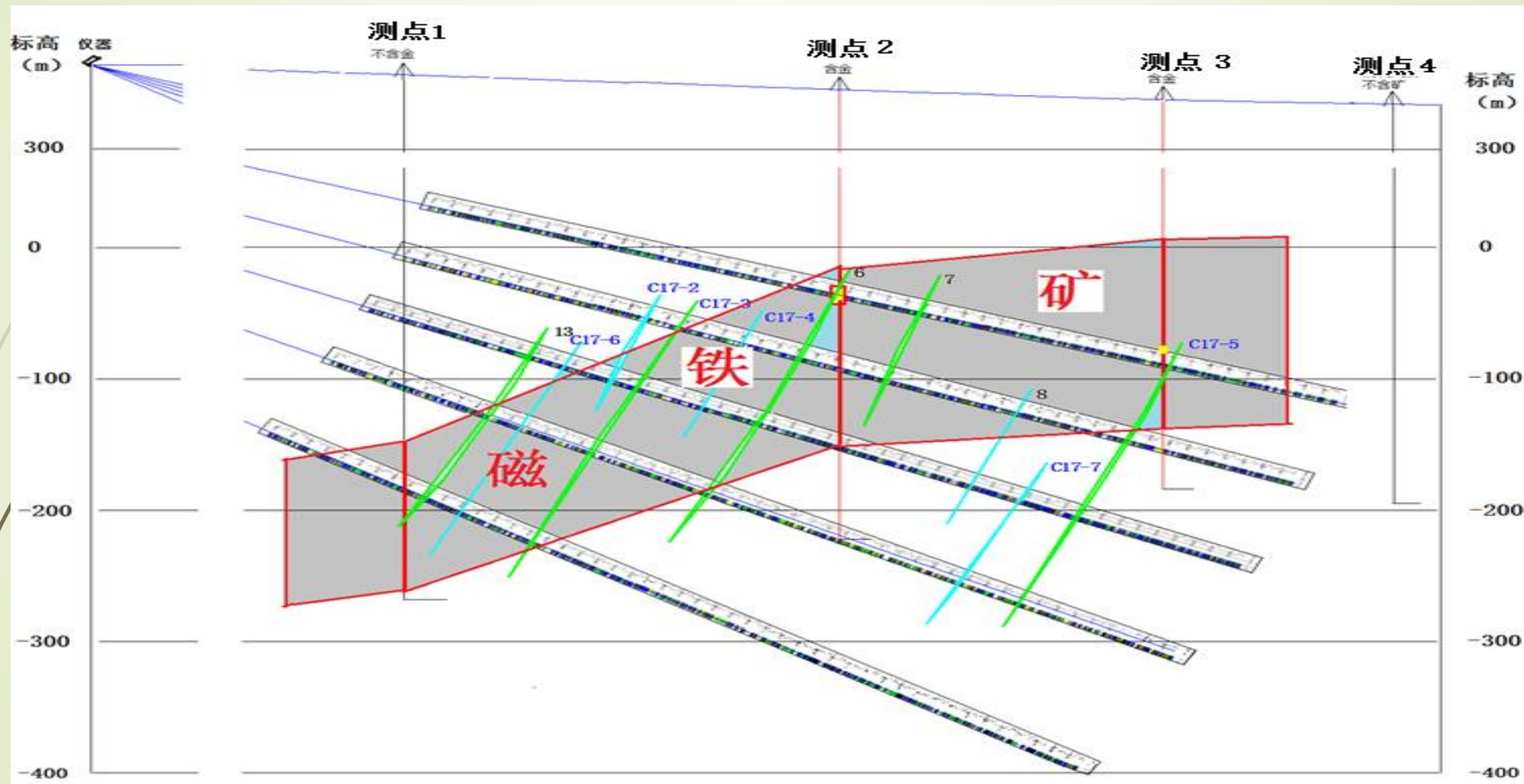
若高密度探勘，則可你連接STANDS來判定形狀是否為狹長型的STANDS則為礦脈，有時礦脈會分岔



有時礦脈會分岔

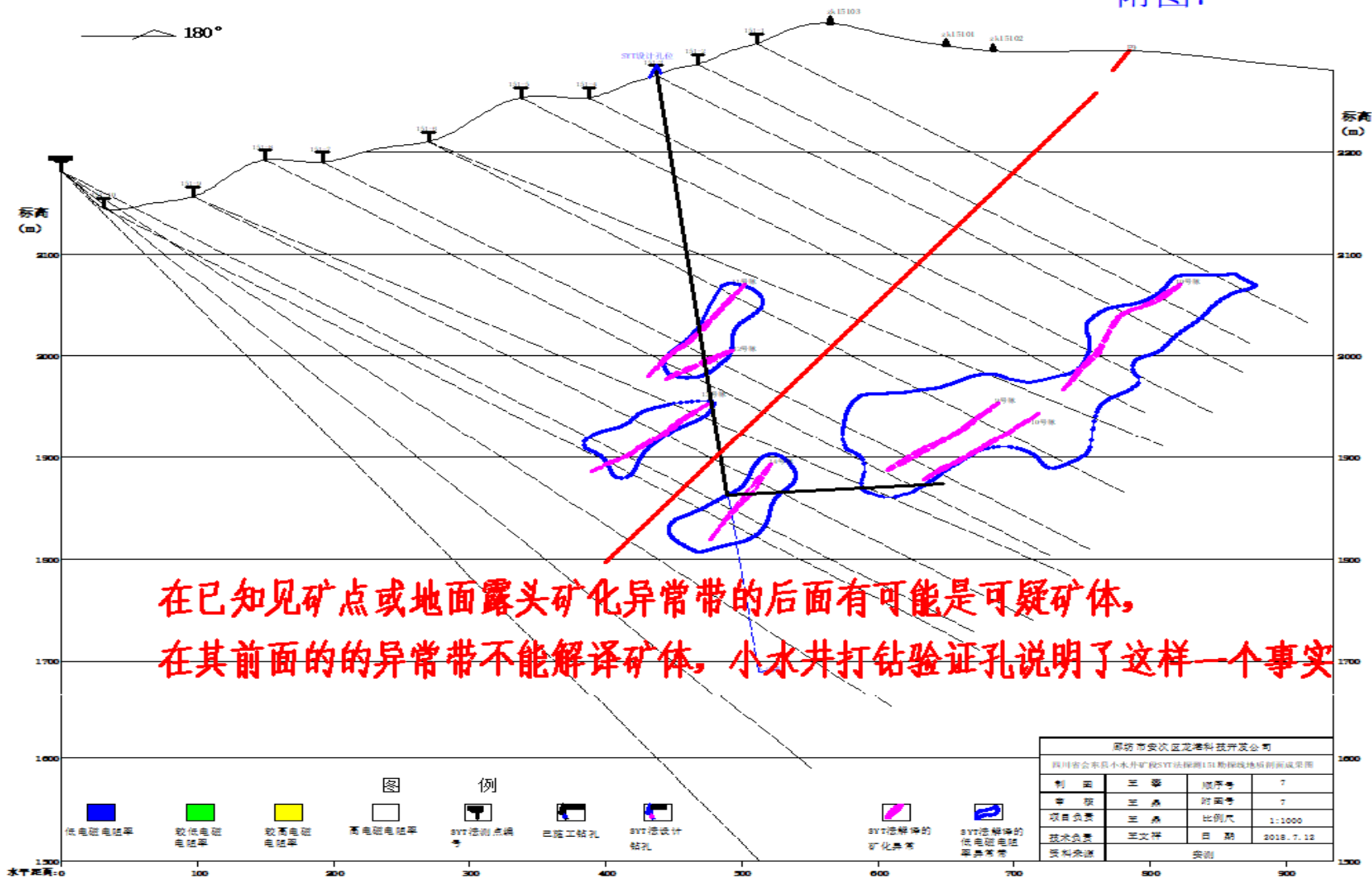


在磁鐵礦中探測含金礦脈的埋深與厚度

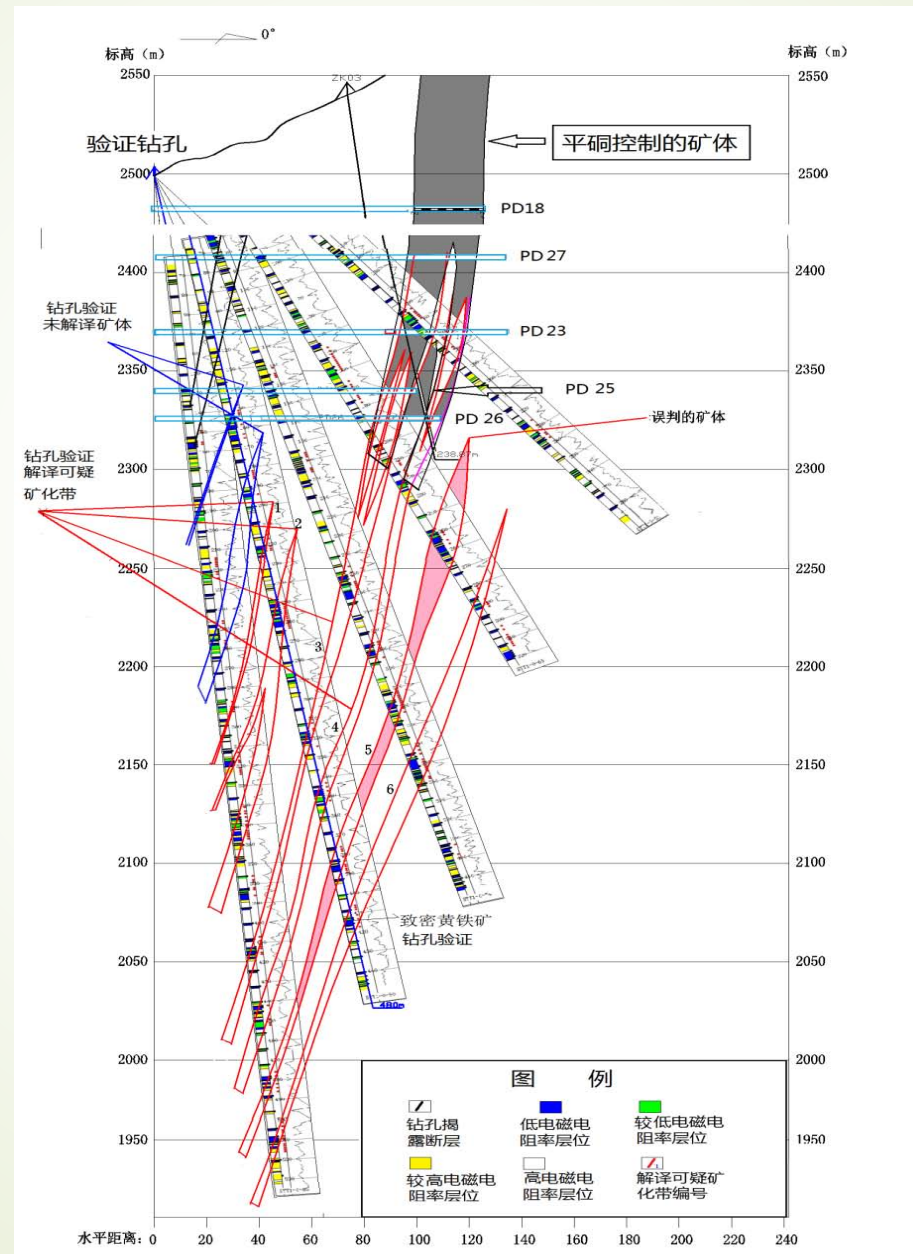


四川省会东县小水井矿段SYT法探测151勘探线地质剖面成果图

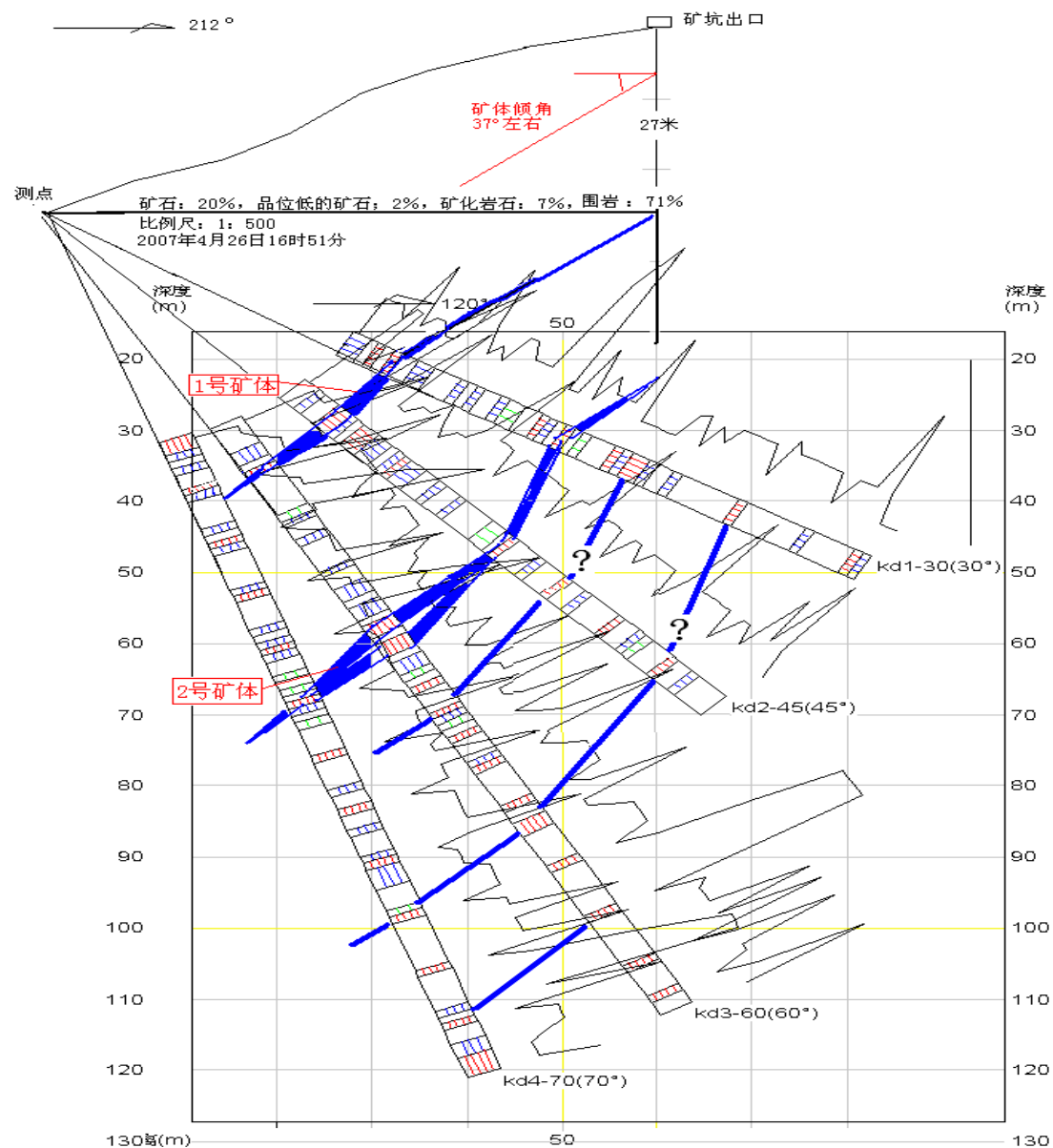
附图7



在四川打鑽驗證的赤鐵礦礦脈充分說明物探成果與鑽探的相似性



在東北探測有一定傾角磁鐵礦體剖面圖

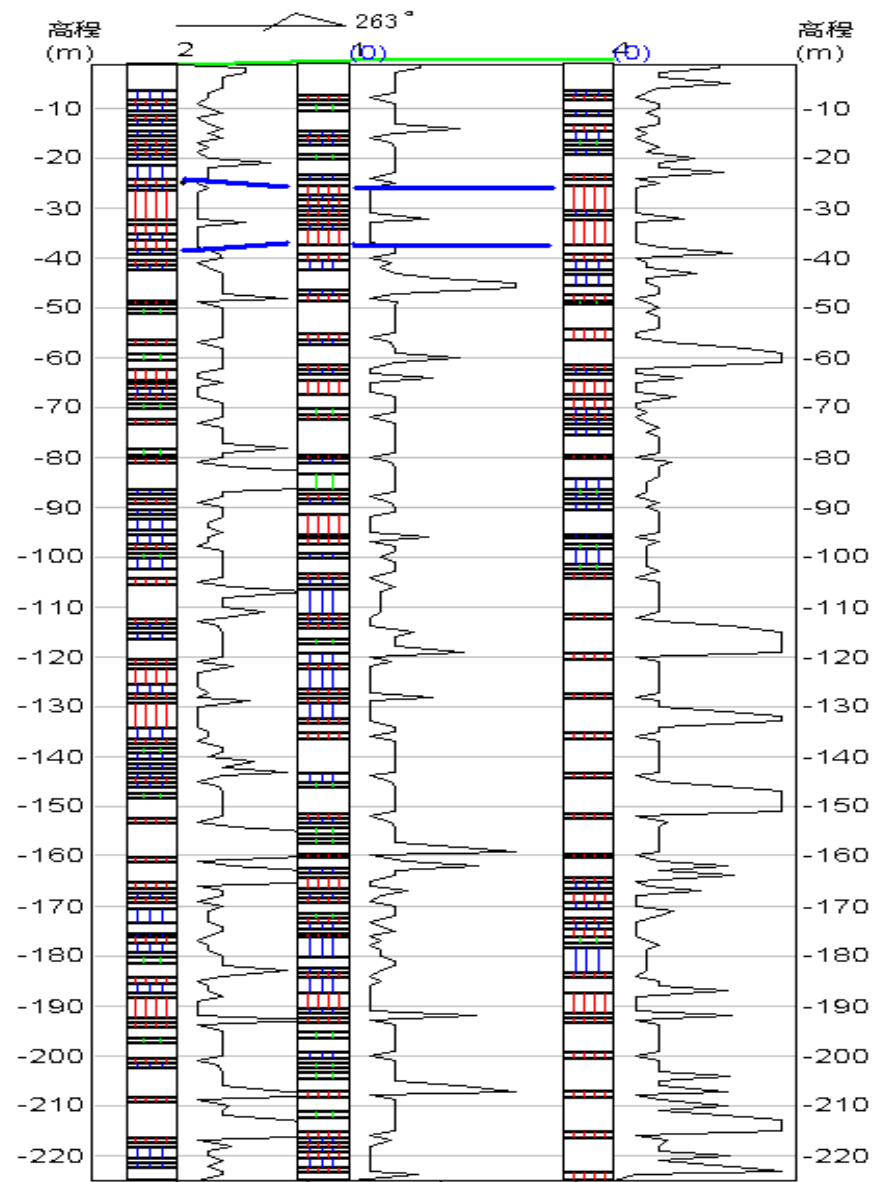


在東北探測磁鐵礦體剖面圖

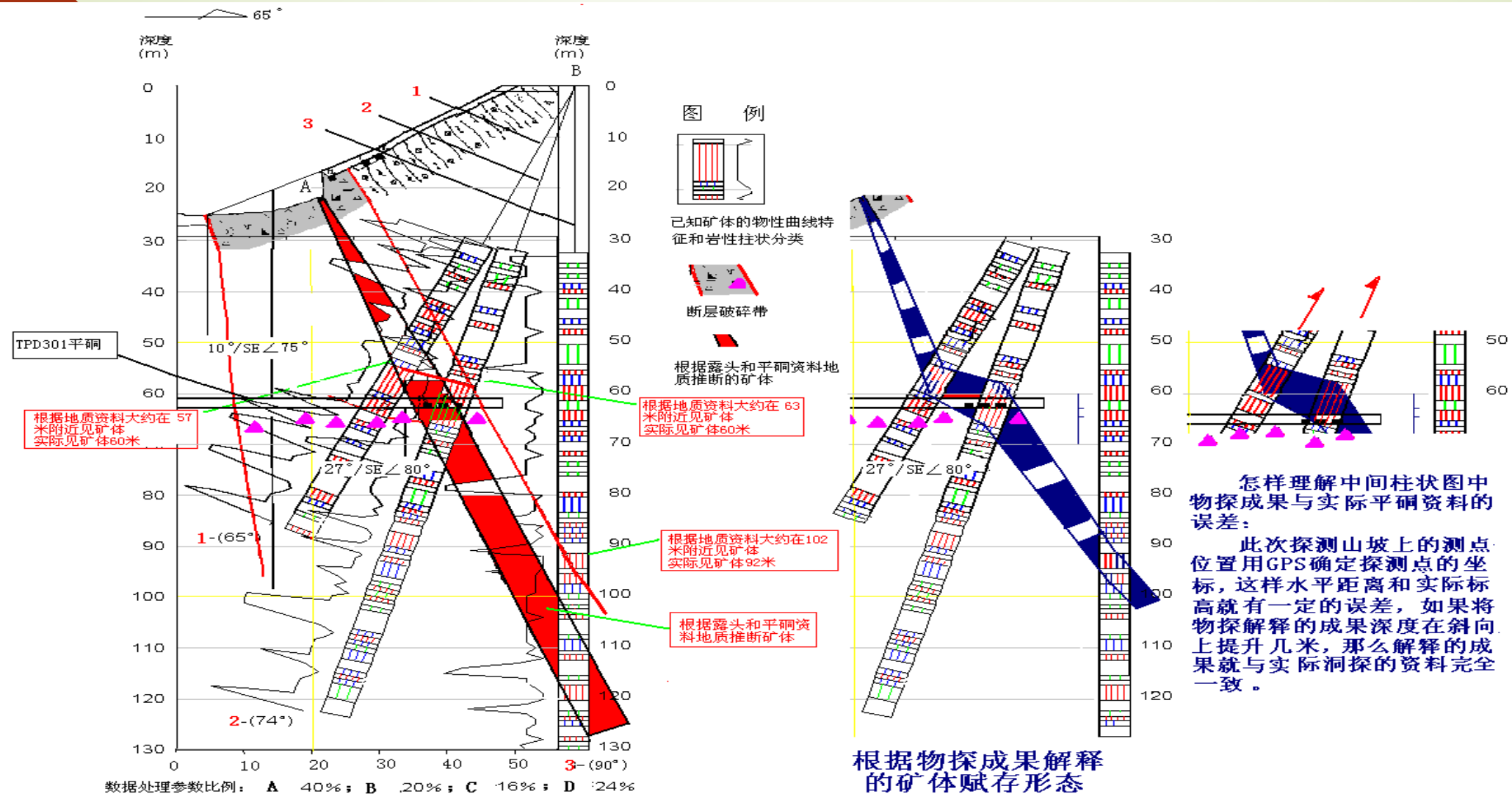
采集日期: 2007年4月27日9时57分

矿石: 25% 品位低的矿石: 20% 矿化岩石: 5% 围岩: 50%

垂直比例尺: 1: 1000 水平比例尺: 1: 500

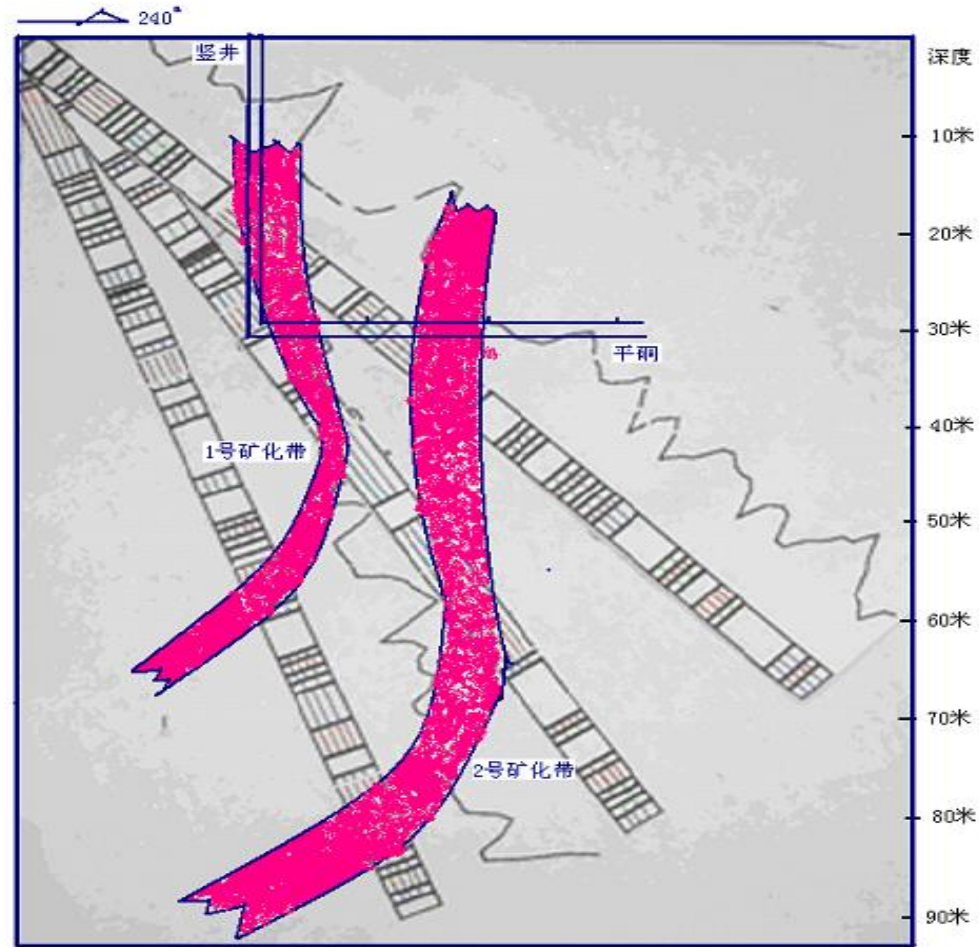


在福建探測金屬礦體剖面圖



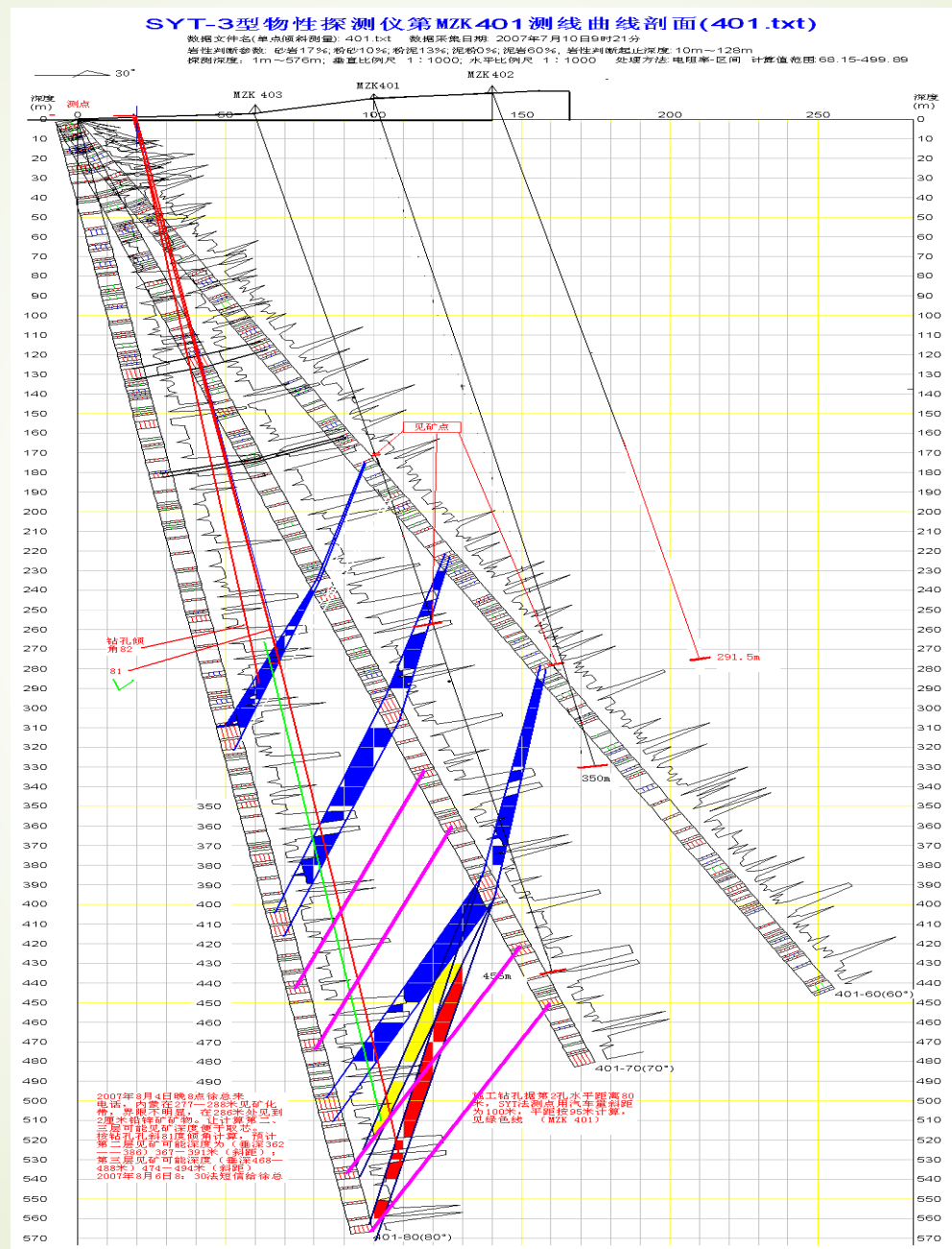
在內蒙探測金屬礦(鉛銅)剖面圖

內蒙古自治區扎魯特旗
超浩爾圖銅銀多金屬礦區 6 號點 SYT 法勘查剖面圖

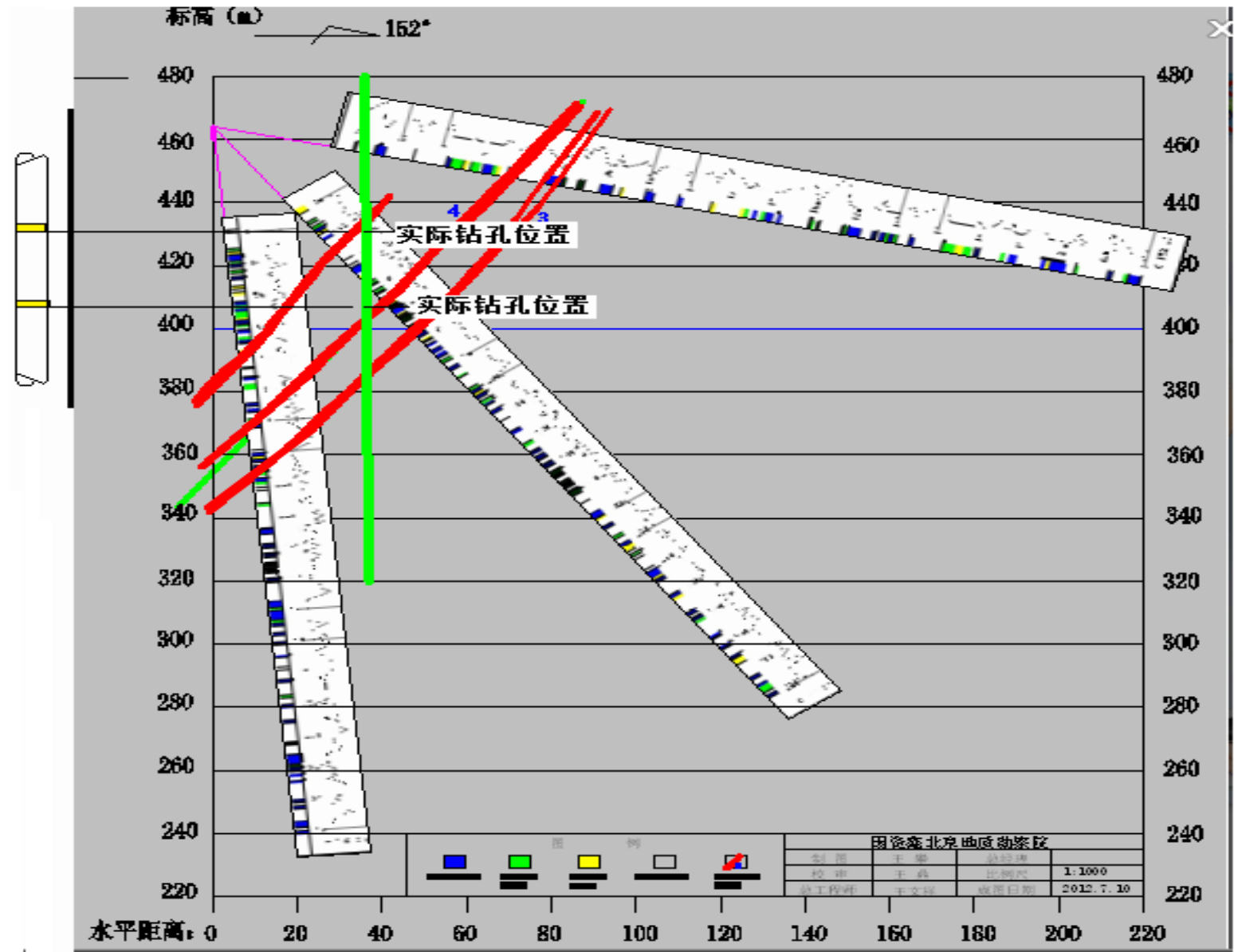


2006 年 5 月，在內蒙古自治區扎魯特旗超浩爾圖銅銀多金屬礦區利用 SYT 電磁波探測儀進行了試驗性找礦工作。在 6 號點進行了放射狀測量，結果發現了兩個隱伏的礦化蝕變帶。經 7 月份硃探驗證，兩個礦體均出現了 1.5 米厚的工業礦體，銅含量達到 10% 以上。

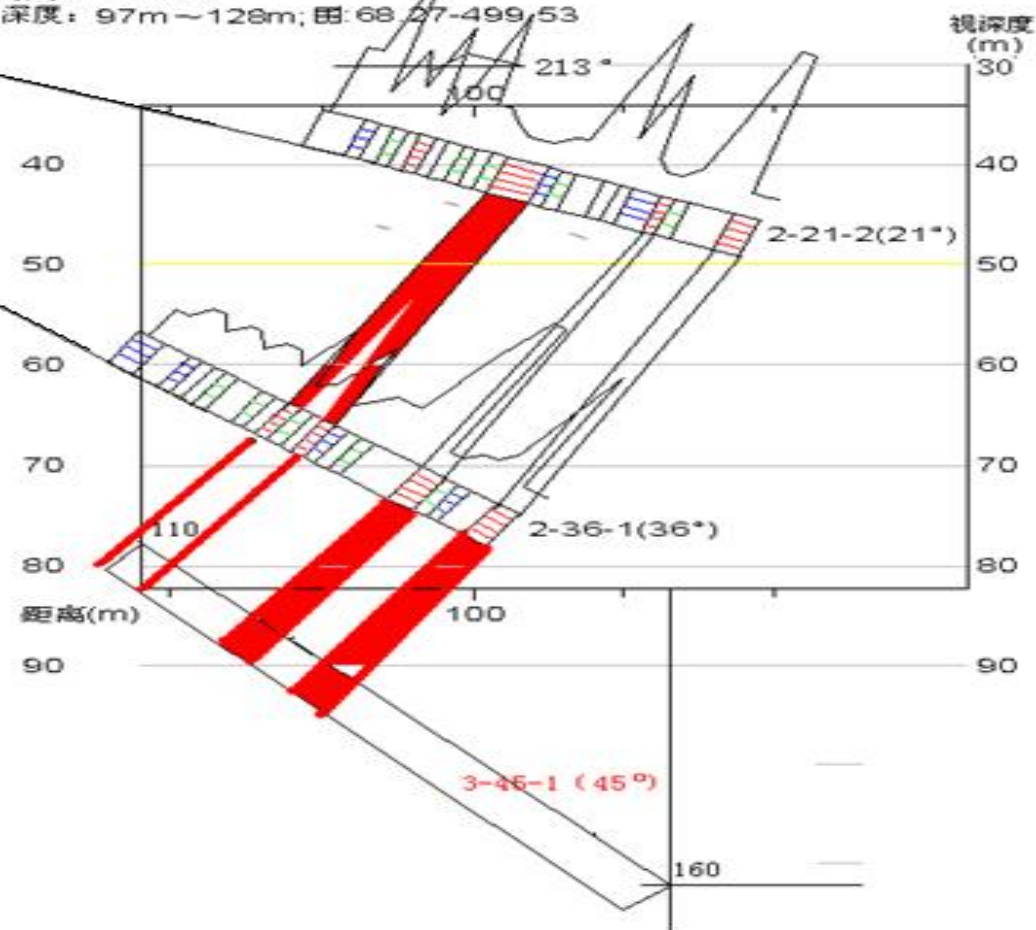
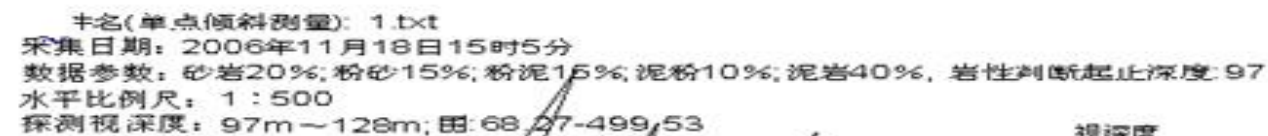
在內蒙錫林浩特探測鉛鋅礦的過程和驗證情况



湖南黃貓頭礦SYT法探測可疑含金礦化異常帶經打鑽驗證剖面圖



河北丰宁县哈拉海湾村水泉沟1号金矿SYT法勘探剖面



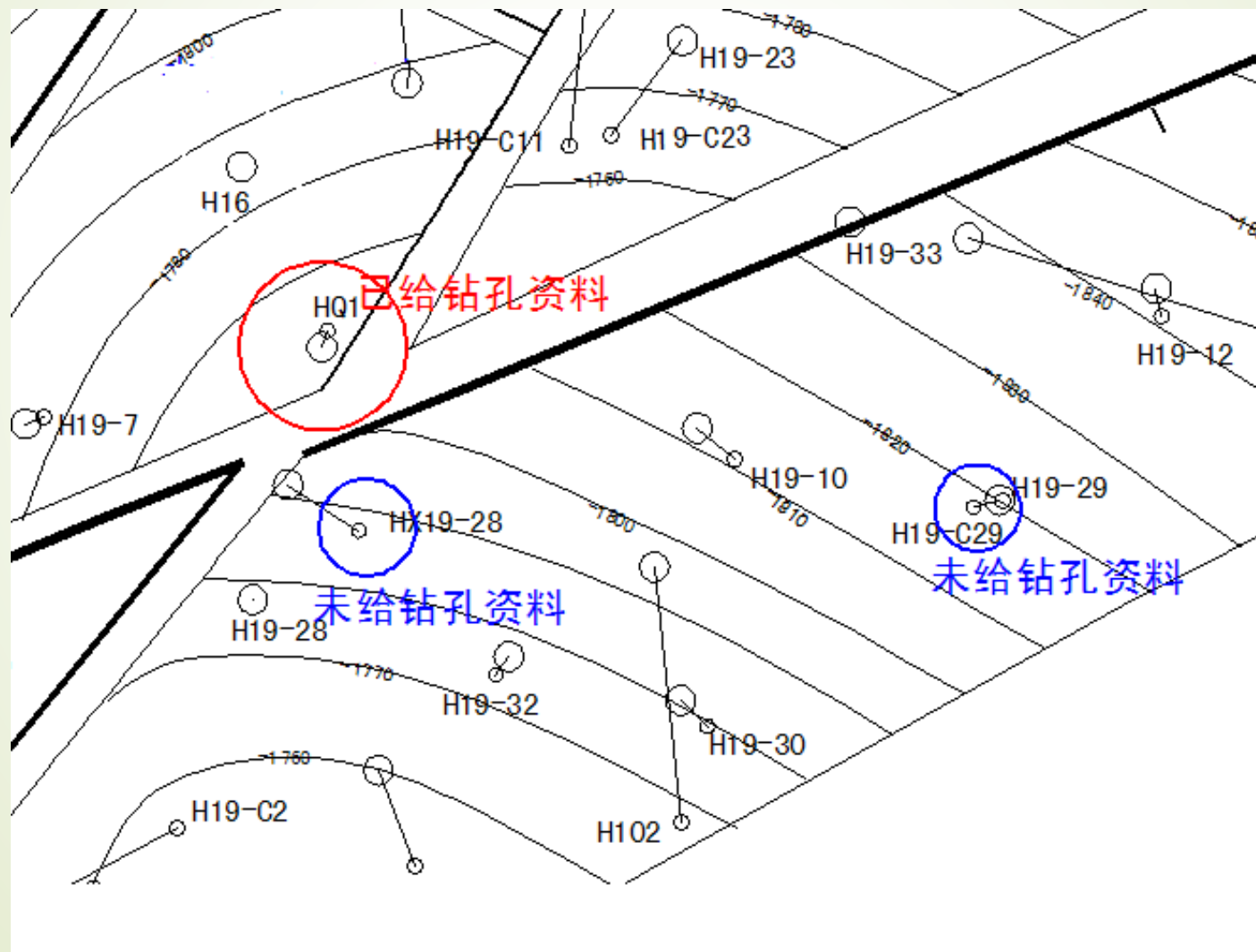


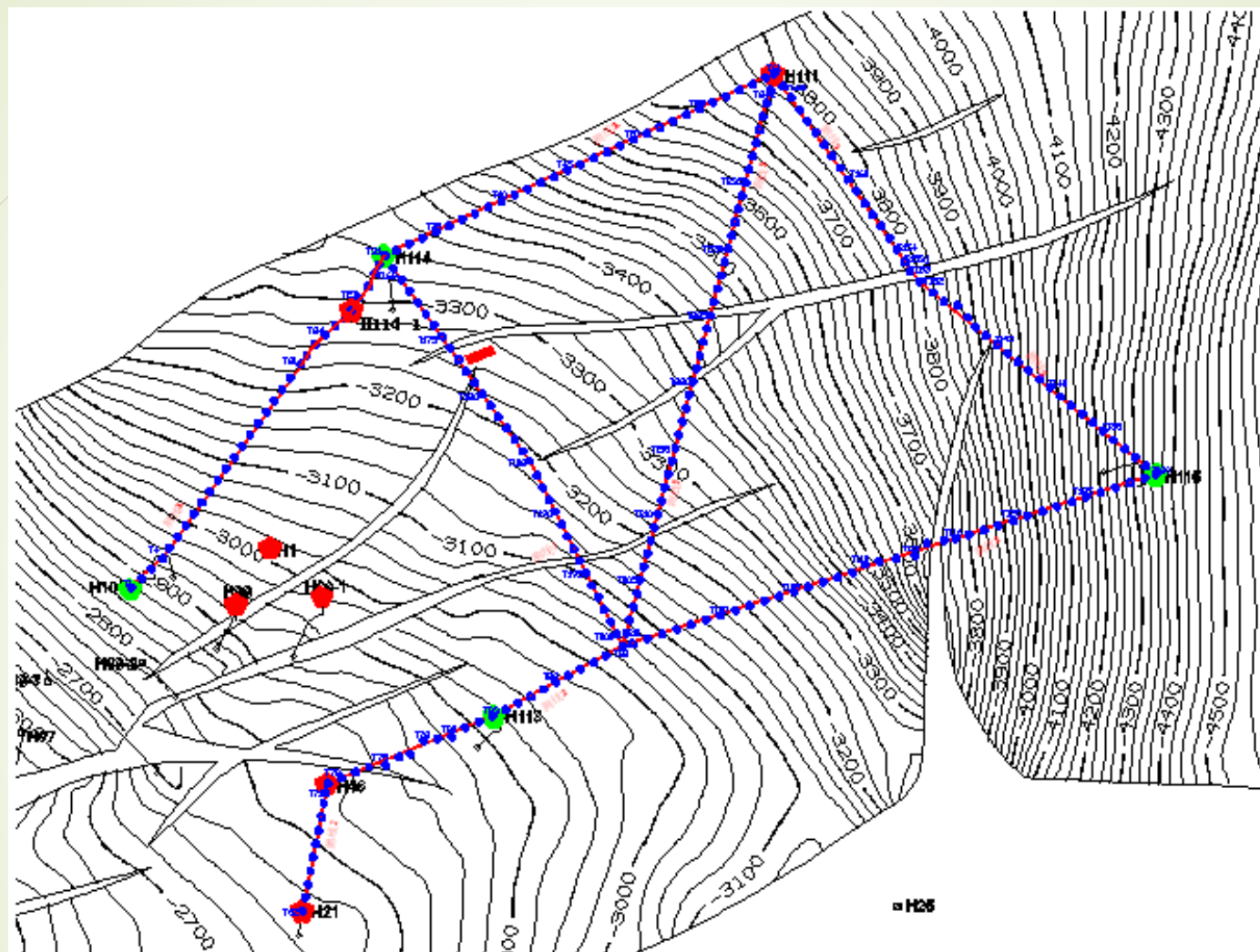
3.石油 (探勘的實務案例)

- 1.中原油田
- 2.大慶採油七探測
- 3.陝北勞山-川口探區
- 4.子長油礦舊井油層
- 5.子北油礦2013油井
- 6.大港油田
- 7.南黃海0-3360m深度段

1.中原油田

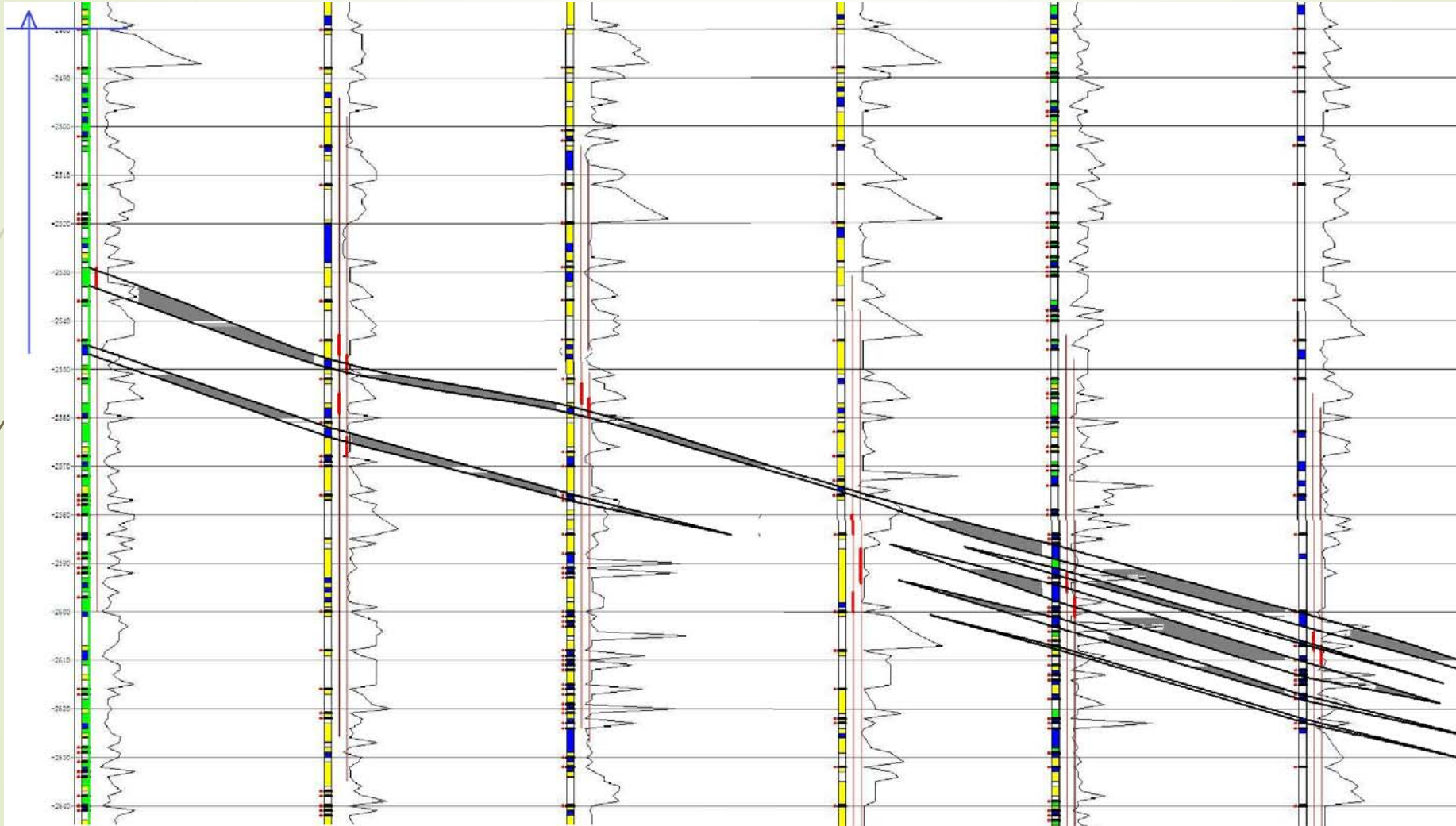
在中原油田第一次試驗，3口鑽井孔位分佈圖



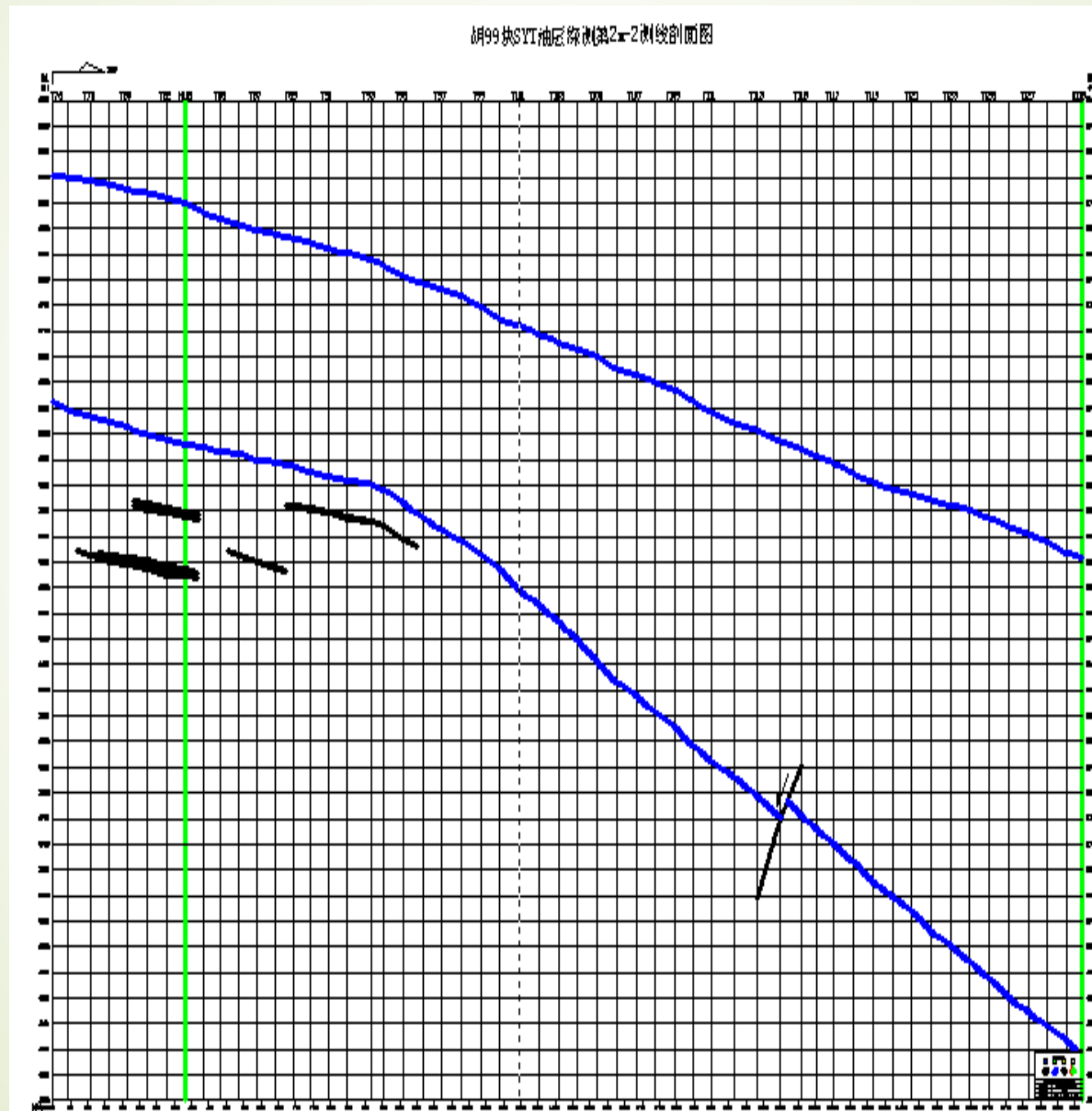


SYT法探測測線施工平面圖

第1測線開始油層判釋圖



第2測線剖面圖



7口油井找油情况

钻孔	油层、差油层、油迹层识别吻合率
H99	90%
H99-1	60%
H1	无油吻合
H114-1	62.5%
H111	66.7%
H21	21%
H46	64.3%

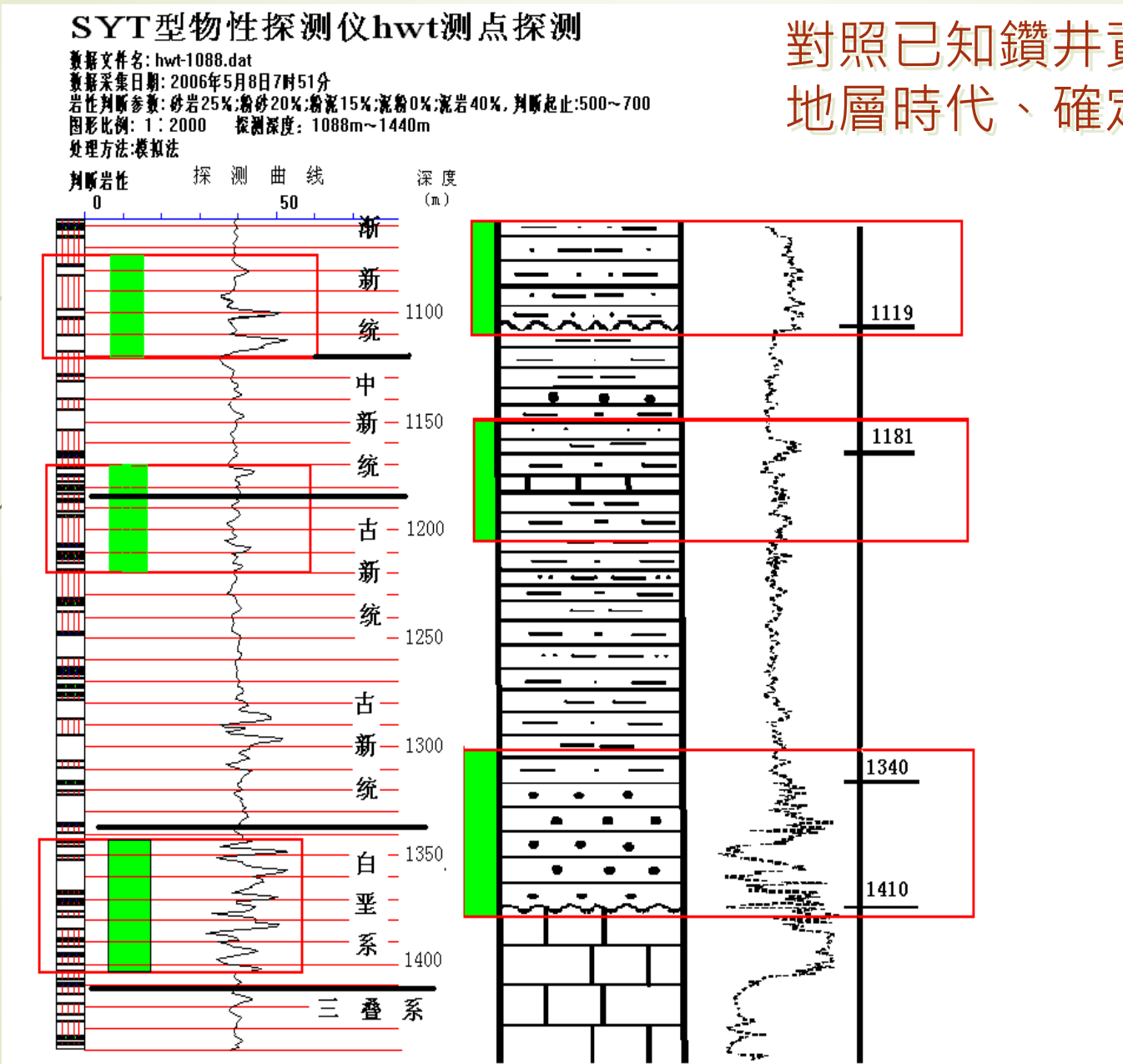
指導5口油井打鑽先後順序與該井出油率對比情況

H99	3 层	27m	第一选择	出油率好
H99-1	3 层	11m	第四选择	出油率较差
H114-1	4 层	12m	第五选择	出油率最差
H111	4 层	13m	第三选择	出油率差
H21	3 层	27m	第二选择	出油率较好

2口钻井油层现场验证结果

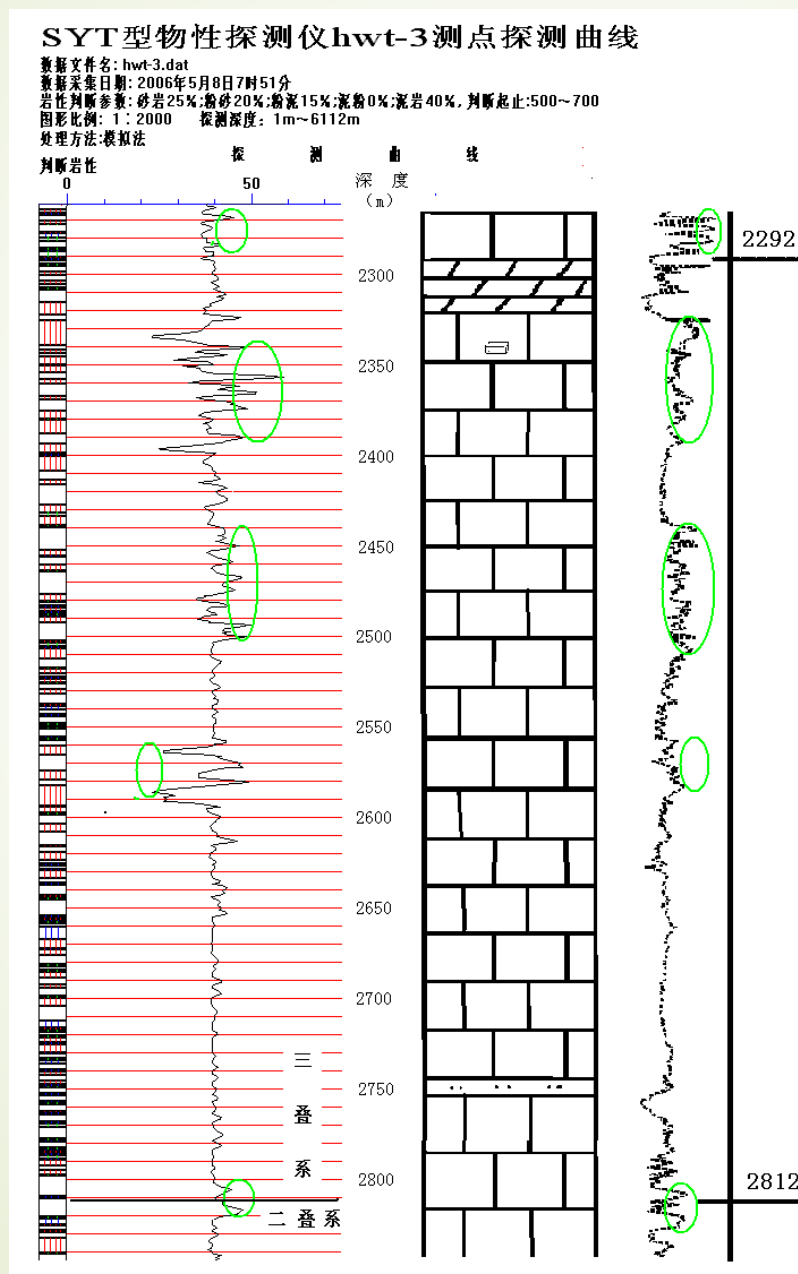
钻孔编号	钻探揭露油层			物探解译的油层			钻探揭露的油层赋存深度段	物探解译的油层赋存深度段
	层数	深度	厚度	层数	深度	厚度		
H19-29	5	1759	2	3	1757	2	1759-1815	1720-1800
		1768	2					
		1772	2		1771	1		
		1780	4		1790	2		
		1810	5					
H19-28	6	1777	3	4	1768	4	1770-1820	1760-1820
		1784	4		1789	8		
		1791	2					
		1800	4		1808	1		
		1809	5					
		1817	2		1816	10		
HQ-1		1750	5		1747	3	1750-1789	1747-1789
		1761	2		1760	1		
		1770	3		1771	3		
		1774	1		1773	1		
		1786	2		1789	2		

鑽孔自然電位曲線和SYT探測曲線對比圖



對照已知鑽井資料可以劃分
地層時代、確定岩性層

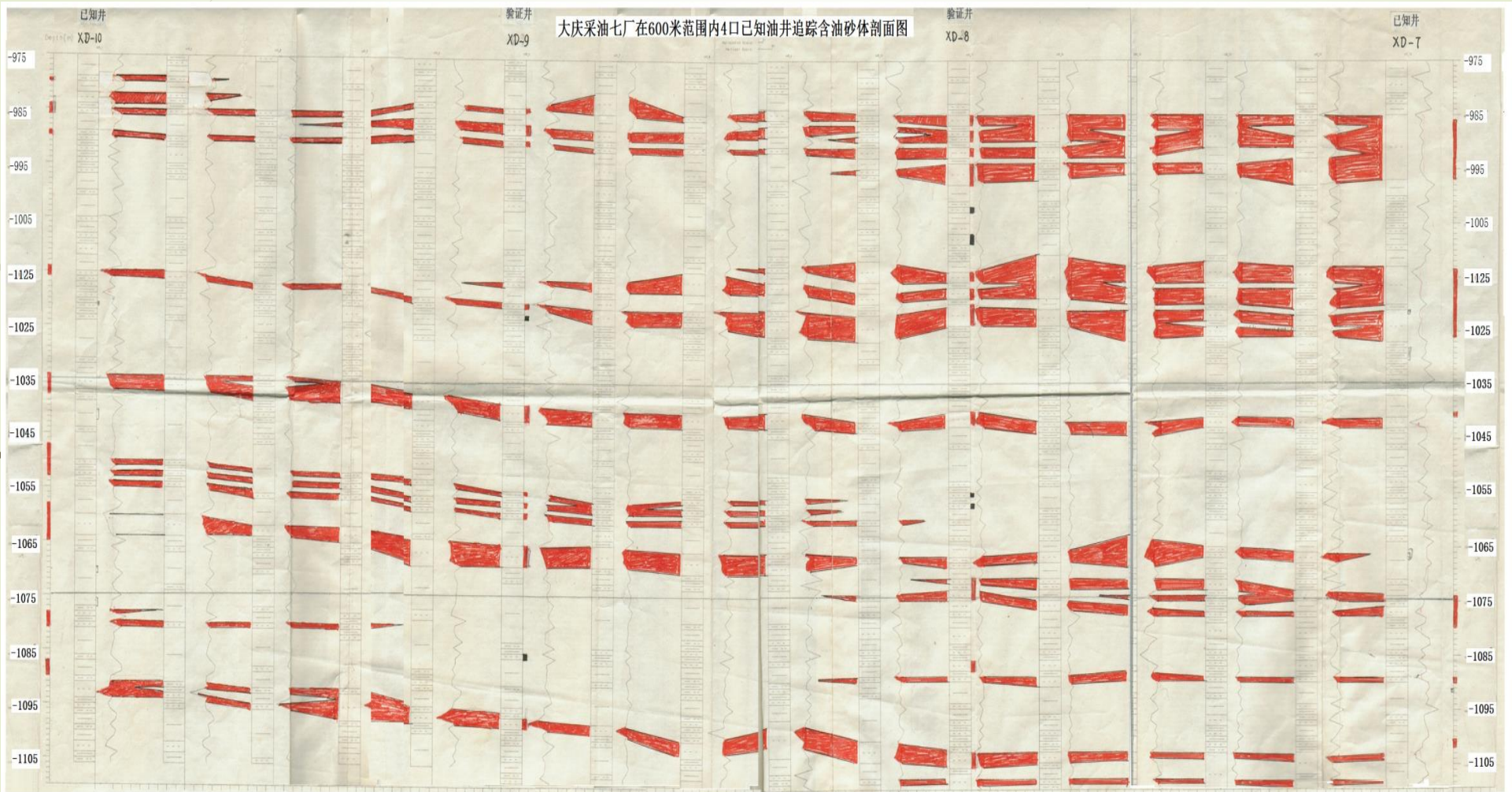
鑽孔自然電位曲線和SYT探測曲線對比圖



對照已知鑽井資料可以劃分地層時代、確定灰岩中裂隙、岩溶發育帶

2.大慶採油七探測

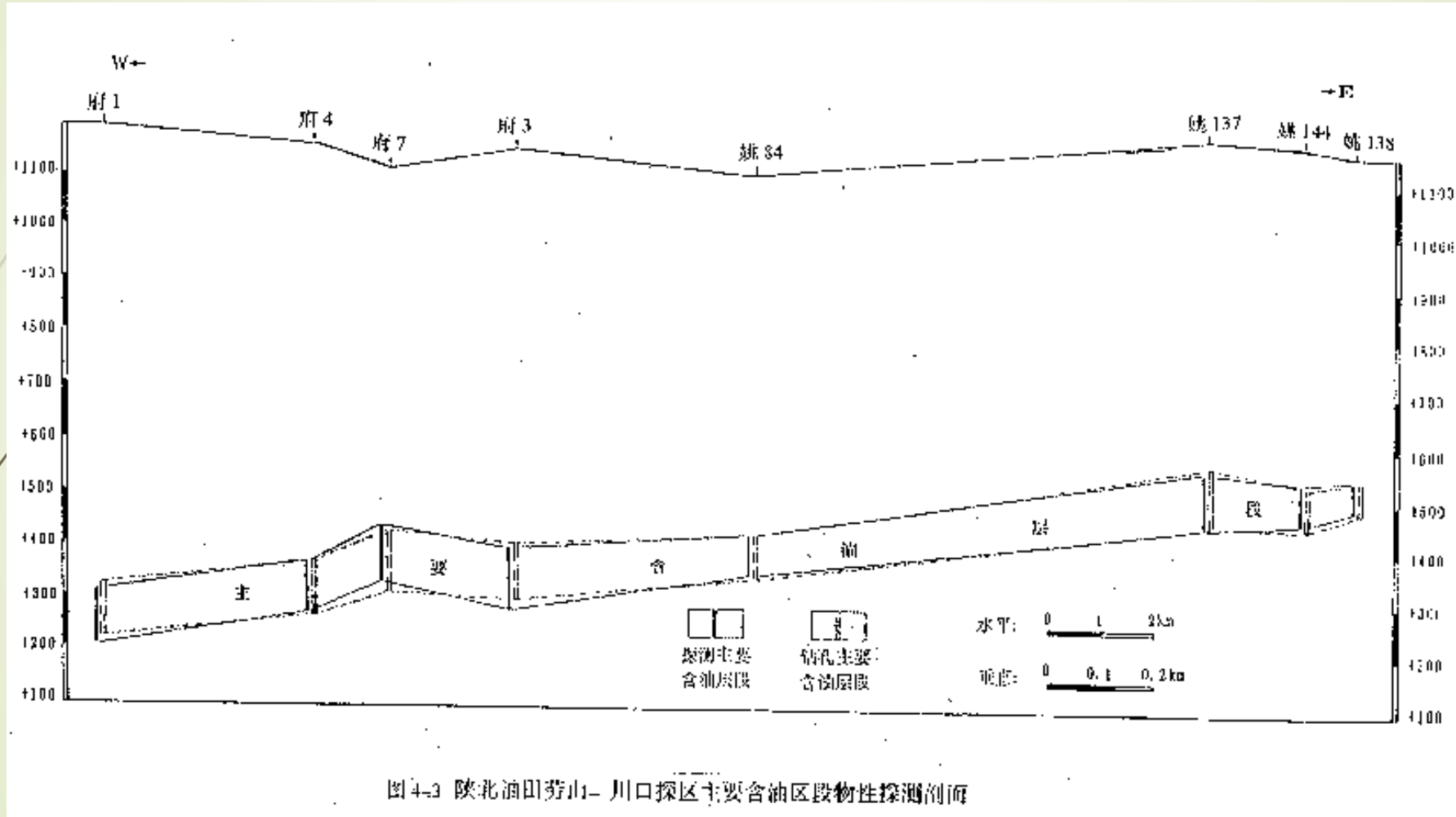
大慶採油七探測油層試驗驗證結果廠



說明：兩側為已知井含油層位，中間兩口油井為驗證井；紅顏色的層位為解釋追蹤的油層，驗證孔出黑色方塊為沒有解釋出來的油層，但該處解釋的却是砂體。

3. 陝北勞山-川口探區

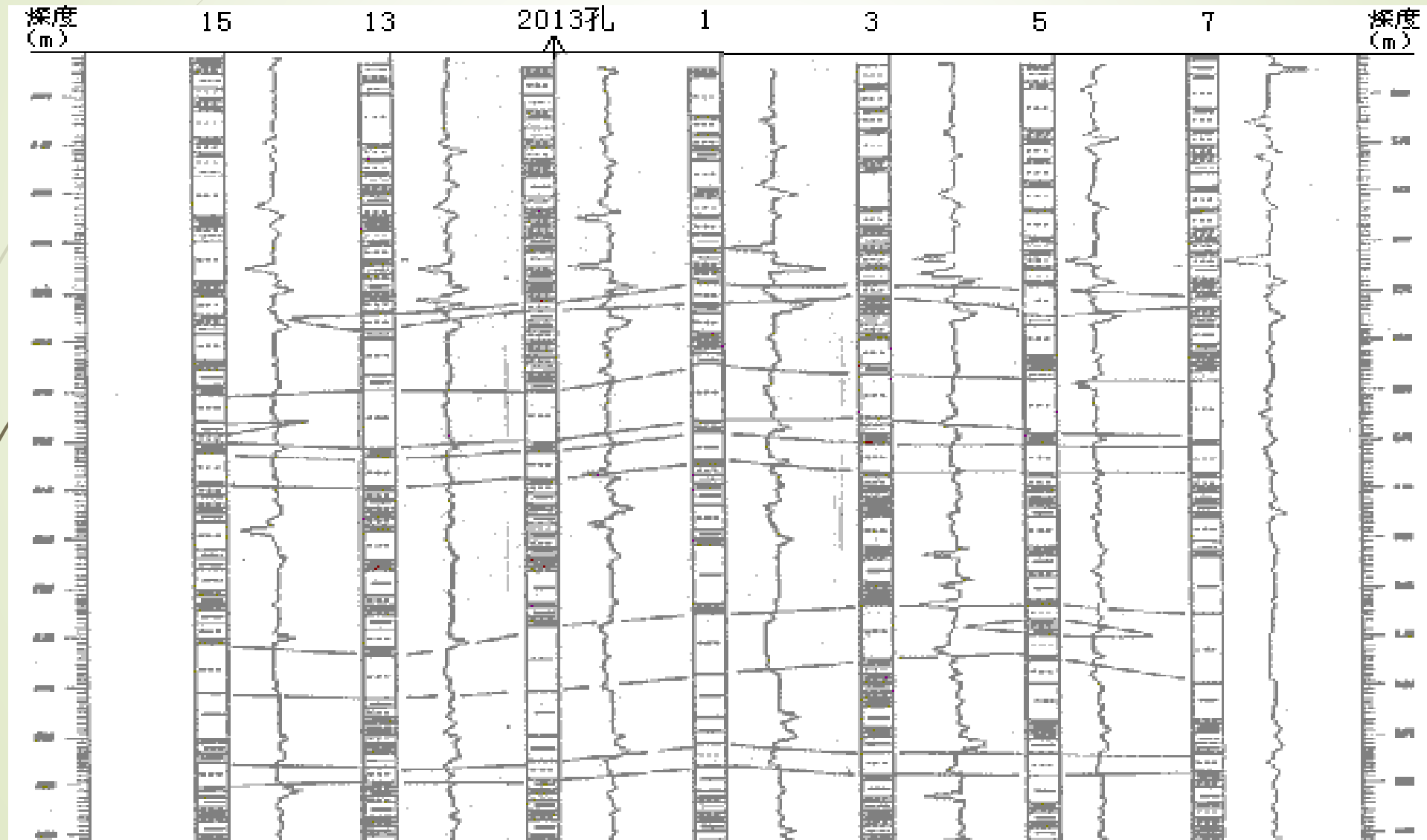
陝北勞山-川口探區石油探測



先物探、後鑽探的驗證效果

4. 子長油礦舊井油層

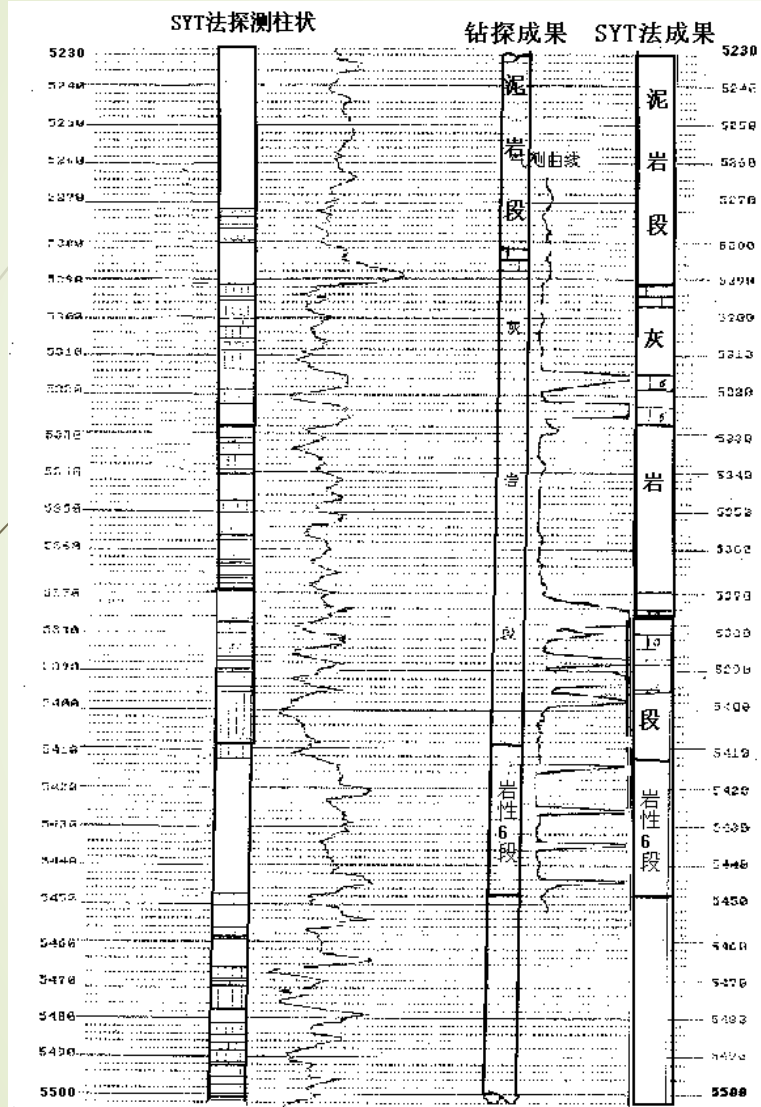
子長油礦舊井挖潛改造當年產量翻一番，子長油礦舊井油層
橫向追蹤剖面圖



塔里木油田

石油探測成果

對氣層的判斷與鑽孔資料揭露的一致，5700多m深的奧灰頂介面埋深鑽孔與物探成果誤差17m。開始儀器設計10000米後來進入到油田，發現沒有這個深度的鑽孔，從2型儀器開始將深度改為6100m。



轮南LN18井SYT法物探成果

5.子北油礦2013油井

SYT探測在子北礦追蹤含油砂體在橫向上的變化

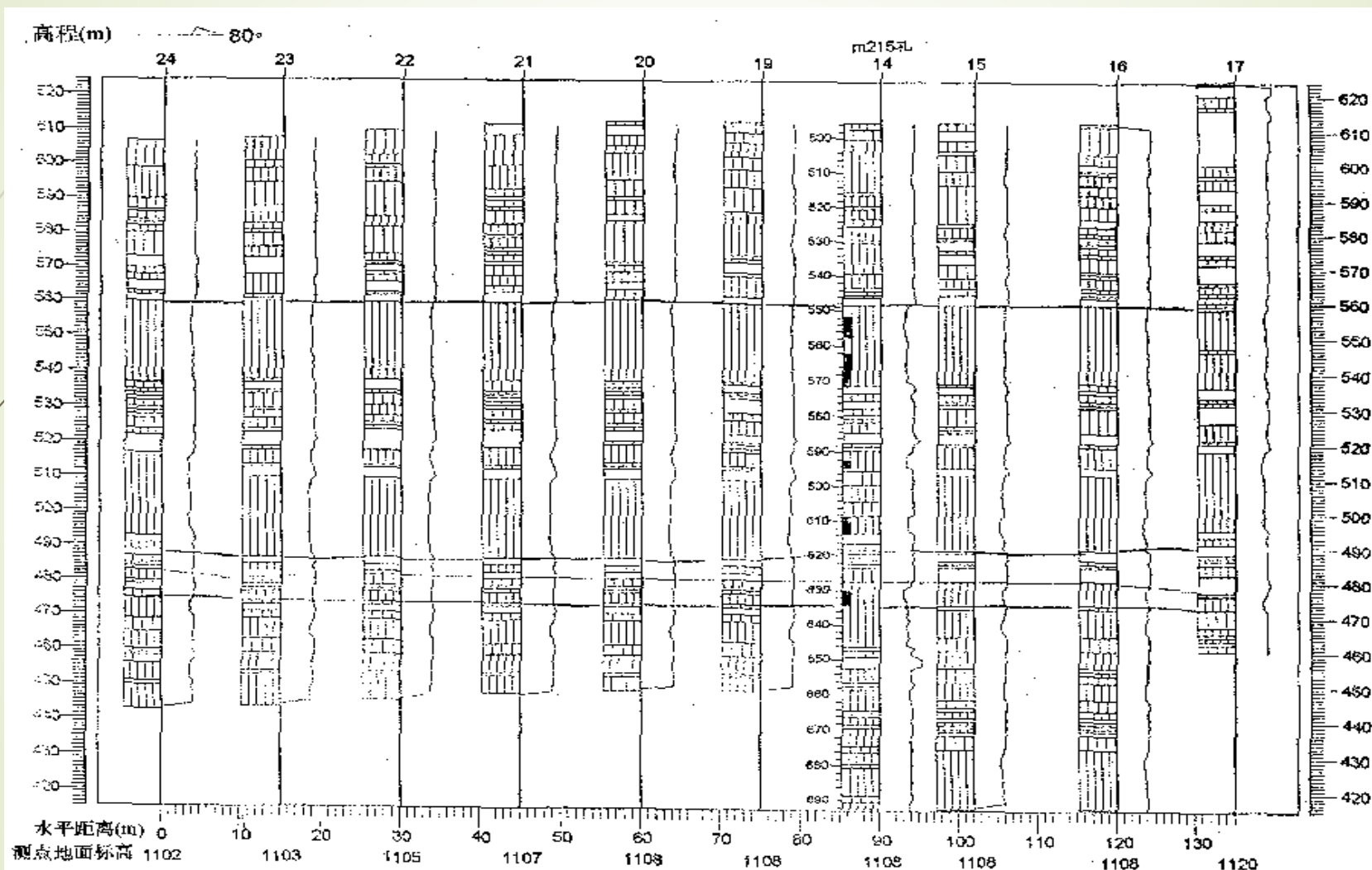
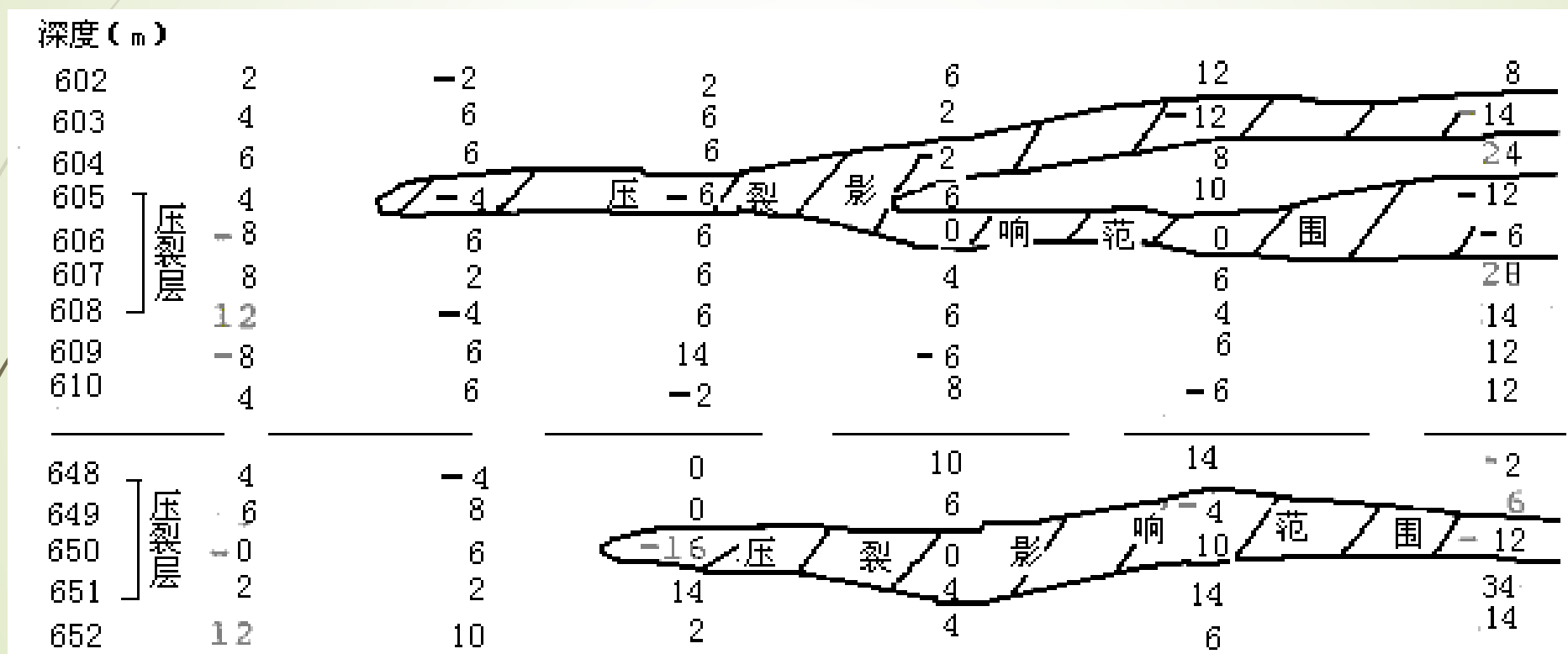
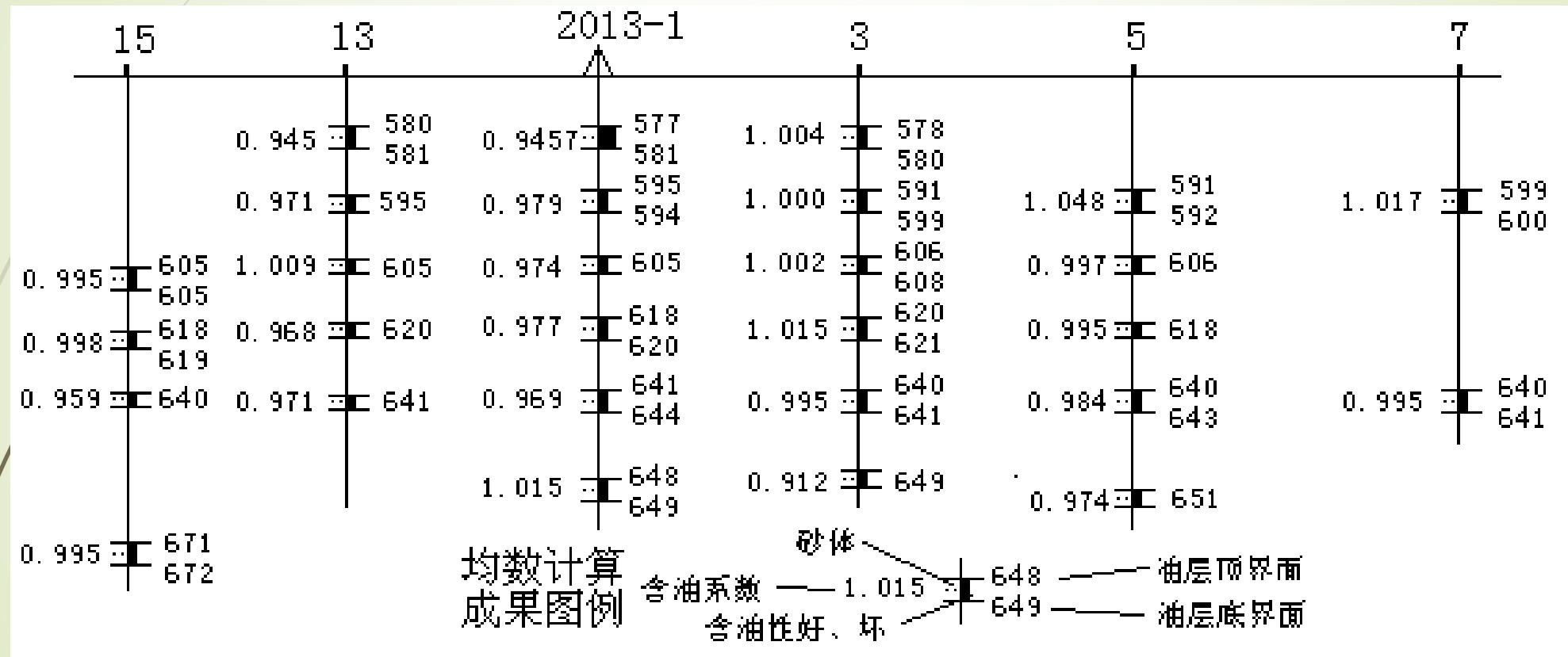


图4-10 子北试采指挥部 SYT 法油层追踪 251-1 剖面

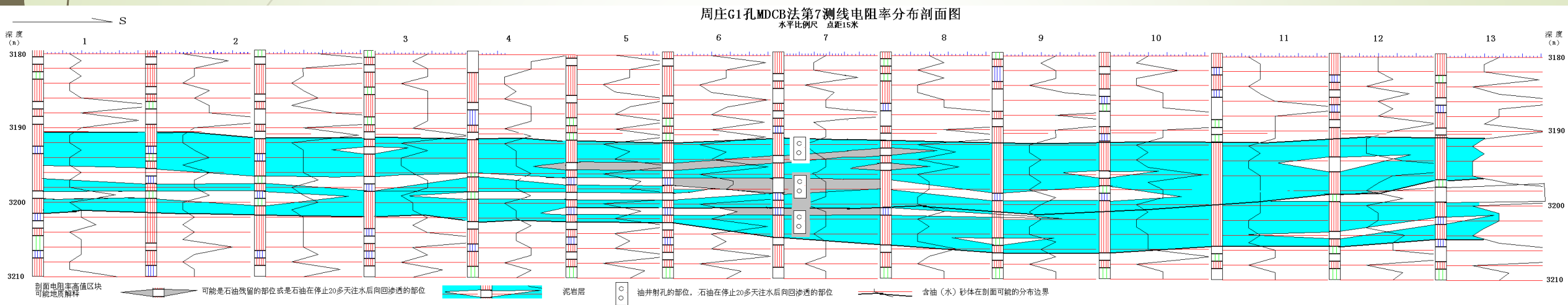
油層壓裂效果追蹤



子北油礦2013油井某一測線均數計算各油層含油性好壞 的剖面圖



6.大港油田在大港油田追蹤含油砂體剖面



在大港油田追蹤含油砂體剖面

周庄G1孔MDCB法第1测线地应力相对大小电压值分布剖面图

水平比例尺 点距15米

水平比例尺 点距15米														
深度(米)	1-1. dat	1-2. dat	1-3. dat	1-4. dat	1-5. dat	1-6. dat	1-7. dat	1-8. dat	1-9. dat	1-10. dat	1-11. dat	1-12. dat	1-13. dat	深度(米)
3180	465.66	508.59	457.14	465.66	464.55	464.55	463.84	462.34	462.34	463.45	463.45	459.46	454.76	3180
3181	508.90	508.90	508.90	508.90	508.90	508.90	508.90	508.90	508.90	508.90	508.90	508.90	508.90	3181
3182	552.97	551.66	557.14	552.97	551.66	551.66	554.28	549.03	549.03	550.34	550.34	544.45	544.45	3182
3183	628.77	624.24	625.77	625.77	625.77	627.14	640.63	627.21	627.21	628.76	628.76	621.28	621.28	3183
3184	658.14	658.14	658.14	658.14	658.14	658.14	658.14	658.14	658.14	658.14	658.14	658.14	658.14	3184
3185	614.08	618.43	614.29	616.99	615.53	624.24	615.54	615.50	612.81	619.86	616.69	606.83	605.38	3185
3186	724.68	720.06	726.71	719.88	725.86	722.96	723.48	719.52	707.97	709.66	709.66	707.97	709.66	3186
3187	829.45	827.43	827.43	827.43	827.43	827.43	827.43	827.43	827.43	827.43	827.43	827.43	827.43	3187
3188	916.76	920.39	908.57	913.85	914.59	911.68	910.18	910.24	910.24	912.41	915.31	910.24	906.62	3188
3189	919.59	919.59	919.59	919.59	919.59	919.59	919.59	919.59	919.59	919.59	919.59	919.59	919.59	3189
3190	887.92	842.00	842.00	842.86	844.00	844.00	847.81	846.00	852.45	855.34	854.48	866.90	868.97	3190
3191	745.05	743.28	743.28	743.28	743.28	743.28	746.19	745.53	745.53	745.53	756.00	761.79	759.98	3191
3192	422.00	422.00	422.00	422.00	422.00	422.00	422.00	422.00	422.00	422.00	422.00	422.00	422.00	3192
3193	442.00	449.07	449.07	449.07	449.07	449.07	449.07	449.07	449.07	449.07	449.07	449.07	449.07	3193
3194	334.09	334.09	334.09	334.09	334.09	334.09	334.09	334.09	334.09	334.09	334.09	334.09	334.09	3194
3195	334.09	333.90	337.14	334.09	334.09	337.14	333.90	333.90	334.09	334.09	334.09	334.09	334.09	3195
3196	311.41	313.67	313.67	313.67	313.67	313.67	313.67	313.67	313.67	313.67	313.67	313.67	313.67	3196
3197	306.59	306.59	306.59	306.59	306.59	306.59	306.59	306.59	306.59	306.59	306.59	306.59	306.59	3197
3198	305.59	304.86	314.29	305.59	304.86	304.86	303.77	303.41	303.41	303.41	303.41	303.41	303.41	3198
3199	548.33	548.33	548.33	548.33	548.33	548.33	548.33	548.33	548.33	548.33	548.33	548.33	548.33	3199
3200	538.41	538.41	542.86	538.41	537.14	537.14	537.14	537.14	537.14	537.14	537.14	537.14	537.14	3200
3201	529.68	531.33	528.57	535.50	537.14	537.14	548.64	534.59	531.02	535.86	535.86	534.59	535.86	3201
3202	529.68	529.68	529.68	529.68	529.68	529.68	529.68	529.68	529.68	529.68	529.68	529.68	529.68	3202
3203	509.31	508.10	514.29	502.95	511.01	511.01	523.65	517.25	531.02	521.38	521.38	520.14	524.28	3203
3204	509.31	508.10	514.29	502.95	511.01	511.01	510.52	505.69	505.69	506.90	506.90	505.69	506.90	3204
3205	509.31	508.10	514.29	502.95	511.01	511.01	510.52	505.69	505.69	506.90	506.90	505.69	506.90	3205
3206	503.49	496.49	500.00	500.00	500.00	500.00	500.00	502.80	505.69	506.90	506.90	505.69	506.90	3206
3207	509.31	508.10	514.29	502.95	511.01	511.01	510.52	505.69	505.69	506.90	506.90	505.69	506.90	3207
3208	378.34	377.45	377.14	378.34	377.45	377.45	377.45	381.95	378.66	378.66	378.66	376.55	376.55	3208
3209	387.08	380.35	385.71	381.26	389.06	389.06	391.97	379.24	378.66	386.06	386.06	391.03	391.03	3209
3210	382.10	382.10	382.10	382.10	382.10	382.10	382.10	382.10	382.10	382.10	382.10	382.10	382.10	3210

周庄G1孔MDCB法第2测线地应力相对大小电压值分布剖面图

水平比例尺 点距15米

水平比例尺 点距15米														
深度(m)	2-1. dat	2-2. dat	2-3. dat	2-4. dat	2-5. dat	2-6. dat	2-7. dat	2-8. dat	2-9. dat	2-10. dat	2-11. dat	2-12. dat	2-13. dat	深度(m)
3180	433.27	512.96	466.08	465.55	629.28	465.07	461.10	458.20	449.50	400.70	454.76	451.86	454.76	3180
3181	513.11	512.96	466.08	510.79	509.49	507.38	493.00	493.00	493.00	493.00	493.00	493.00	493.00	3181
3182	565.26	557.40	560.70	552.84	562.40	572.61	551.00	548.10	539.40	547.40	541.66	535.86	544.55	3182
3183	580.41	533.27	543.15	528.49	519.46	524.93	523.50	509.00	509.00	507.00	508.28	508.28	508.28	3183
3184	581.61	533.27	543.15	528.49	519.46	524.93	523.50	509.00	509.00	507.00	508.28	508.28	508.28	3184
3185	581.61	627.44	640.76	613.94	624.56	604.59	609.00	603.20	606.10	605.21	596.69	593.79	608.28	3185
3186	681.97	723.74	724.05	724.05	686.90	712.13	713.40	698.90	698.90	705.10	756.10	756.10	756.10	3186
3187	834.01	827.39	827.39	820.53	820.53	816.87	816.87	803.30	813.81	803.30	813.81	799.45	813.81	3187
3188	877.05	922.19	922.63	922.66	923.52	906.88	916.67	901.90	907.70	925.45	912.41	903.72	942.63	3188
3189	885.45	919.49	919.49	904.45	904.45	895.45	895.45	881.90	935.10	925.10	943.30	943.30	943.30	3189
3190	670.68	837.55	828.66	840.90	840.90	842.93	843.90	909.61	855.50	828.86	863.17	866.07	866.07	3190
3191	721.85	735.41	723.48	733.24	754.80	738.29	742.40	748.20	756.90	784.11	764.69	767.59	767.59	3191
3192	461.20	430.92	430.92	430.92	430.92	430.92	430.92	430.92	430.92	430.92	430.92	430.92	430.92	3192
3193	382.74	411.48	410.59	410.59	426.43	421.47	420.50	420.50	420.50	427.03	426.69	425.79	425.79	3193
3194	382.74	411.48	410.59	410.59	426.43	421.47	420.50	420.50	420.50	427.03	426.69	425.79	425.79	3194
3195	309.43	335.61	340.59	334.61	327.40	334.27	333.50	336.40	346.00	357.50	347.59	347.59	347.59	3195
3196	313.63	318.18	314.88	304.80	305.52	316.88	319.00	319.00	319.00	318.52	318.52	318.52	318.52	3196
3197	309.43	335.61	340.59	334.61	327.40	334.27	333.50	336.40	346.00	357.50	347.59	347.59	347.59	3197
3198	278.23	306.42	311.50	305.52	310.80	319.73	319.00	319.00	319.00	308.48	304.14	304.14	304.14	3198
3199	849.07	862.90	847.07	846.29	846.29	847.07	847.07	846.29	846.29	846.29	846.29	846.29	846.29	3199
3200	512.79	531.13	531.13	531.13	547.00	537.73	539.40	551.00	551.00	558.21	544.55	550.34	550.34	3200
3201	499.25	525.30	523.66	529.56	547.60	537.73	536.50	536.50	536.50	543.52	535.86	535.86	535.86	3201
3202	499.25	525.30	523.66	529.56	547.60	537.73	536.50	536.50	536.50	543.52	535.86	535.86	535.86	3202
3203	479.94	510.70	519.17	515.01	520.96	523.20	522.00	522.00	522.00	523.55	521.38	521.38	521.38	3203
3204	532.17	510.70	507.30	509.19	518.00	508.67	513.30	519.10	522.00	525.89	512.69	515.97	515.97	3204
3205	581.25	506.53	507.30	506.13	506.13	508.67	507.50	507.50	507.50	514.14	509.12	506.90	506.90	3205
3206	585.37	506.53	507.30	506.13	506.13	508.67	507.50	507.50	507.50	514.14	509.12	506.90	506.90	3206
3207	585.37	506.53	507.30	506.13	506.13	508.67	507.50	507.50	507.50	514.14	509.12	506.90	506.90	3207
3208	436.09	379.38	381.47	378.20	360.17	377.49	377.00	379.30	379.30	377.00	381.93	376.55	376.55	3208
3209	456.15	379.38	386.33	421.89	390.72	392.40	391.50	391.50	391.50	396.62	391.03	391.03	391.03	3209
3210	456.15	379.38	386.33	421.89	390.72	392.40	391.50	391.50	391.50	396.62	391.03	391.03	391.03	3210

周庄G1孔MDCB法第3测线地应力相对大小电压值分布剖面图

水平比例尺 点距15米

S														水平比例尺 点距15米													
深度(m)	1-1.dat	3-2.dat	3-1.dat	3-4.dat	3-5.dat	3-6.dat	3-8.dat	3-9.dat	3-10.dat	3-11.dat	3-12.dat	3-13.dat	深度(m)														
3180	500.45	505.09	564.65	500.66	556.72	525.68	616.44	457.28	495.22	362.36	555.19	550.20	570.97	3180													
3181	539.78	511.48	505.31	505.31	505.31	533.20	541.42	537.70	537.70	537.70	531.70	531.70	531.70	3181													
3182	539.76	481.68	533.79	614.08	644.94	506.26	624.97	566.41	520.09	600.56	580.94	581.19	583.78	3182													
3183	521.76	502.92	533.65	689.24	517.51	586.67	601.02	562.77	458.42	595.78	620.84	582.98	527.95	3183													
3184	504.76	504.76	504.76	504.76	504.76	504.76	504.76	504.76	504.76	504.76	504.76	504.76	504.76	3184													
3185	545.51	393.77	385.43	522.26	406.95	464.44	473.11	451.78	567.41	495.10	475.09	458.03	472.35	3185													
3186	503.75	503.75	503.75	503.75	503.75	503.75	503.75	503.75	503.75	503.75	503.75	503.75	503.75	3186													
3187	499.96	300.53	392.14	451.03	412.96	493.96	449.37	458.52	573.86	458.75	531.12	513.45	505.11	3187													
3188	565.53	557.99	316.99	543.18	488.32	516.58	534.59	490.84	541.09	517.53	549.71	601.95	555.11	3188													
3189	481.89	359.98	440.72	440.72	440.72	440.72	440.72	440.72	440.72	440.72	440.72	440.72	440.72	3189													
3190	63.53	385.11	393.26	551.75	382.35	549.09	591.01	534.40	516.10	520.93	638.81	722.17	684.64	3190													
3191	605.66	204.41	399.43	561.04	389.90	550.19	548.89	548.89	548.89	548.89	548.89	548.89	548.89	3191													
3192	524.30	524.30	524.30	524.30	524.30	524.30	524.30	524.30	524.30	524.30	524.30	524.30	524.30	3192													
3193	506.03	348.61	234.80	446.82	312.27	464.07	400.46	441.49	509.45	617.27	450.92	512.50	472.35	3193													
3194	413.99	413.99	413.99	413.99	413.99	413.99	413.99	413.99	413.99	413.99	413.99	413.99	413.99	3194													
3195	717.98	360.98	280.38	440.69	338.68	520.83	533.22	447.86	536.40	602.45	436.67	441.28	429.96	3195													
3196	634.05	246.45	222.43	486.45	274.74	531.83	470.36	461.89	641.89	769.88	432.43	418.49	440.15	3196													
3197	300.75	503.75	503.75	503.75	503.75	503.75	503.75	503.75	503.75	503.75	503.75	503.75	503.75	3197													
3198	716.66	412.94	298.99	501.25	334.26	567.69	461.73	519.36	609.49	815.55	510.72	518.41	524.76	3198													
3199	701.88	422.94	298.99	501.25	334.26	567.69	461.73	519.36	609.49	815.55	510.72	518.41	524.76	3199													
3200	497.42	1144.79	595.04	538.19	867.25	546.98	529.83	556.35	556.05	424.02	475.05	496.37	475.35	3200													
3201	551.85	1163.35	977.21	548.56	869.01	559.50	578.43	583.60	544.38	433.36	507.39	511.90	511.90	3201													
3202	540.00	961.00	961.00	961.00	961.00	961.00	961.00	961.00	961.00	961.00	961.00	961.00	961.00	3202													
3203	552.73	946.08	912.85	524.20	833.01	576.77	533.14	603.52	504.42	403.01	546.89	534.84	551.70	3203													
3204	546.93	824.67	895.37	552.97	832.97	586.87	647.96	620.44	620.44	453.68	491.46	483.55	545.35	3204													
3205	507.57	740.83	837.87	570.17	832.97	586.87	627.32	636.90	580.17	472.29	576.37	527.08	527.08	3205													
3206	515.87	715.83	891.39	570.23	832.94	579.11	668.96	649.04	553.18	504.38	632.47	552.71	577.72	3206													
3207	571.30	703.30	854.42	572.38	832.94	579.11	638.88	649.04	553.18	504.38	632.47	552.71	577.72	3207													
3208	301.15	397.29	619.78	591.95	571.00	571.00	481.45	506.19	412.21	437.14	510.40	496.30	437.26	3208													
3209	453.30	494.53	629.31	539.12	577.49	577.49	481.76	511.15	497.63	454.02	489.44	550.39	532.75	3209													
3210	507.57	507.57	507.57	507.57	507.57	507.57	507.57	507.57	507.57	507.57	507.57	507.57	507.57	3210													

499.82 充水的部位,含油砂体最初层位

孔隙度較低的

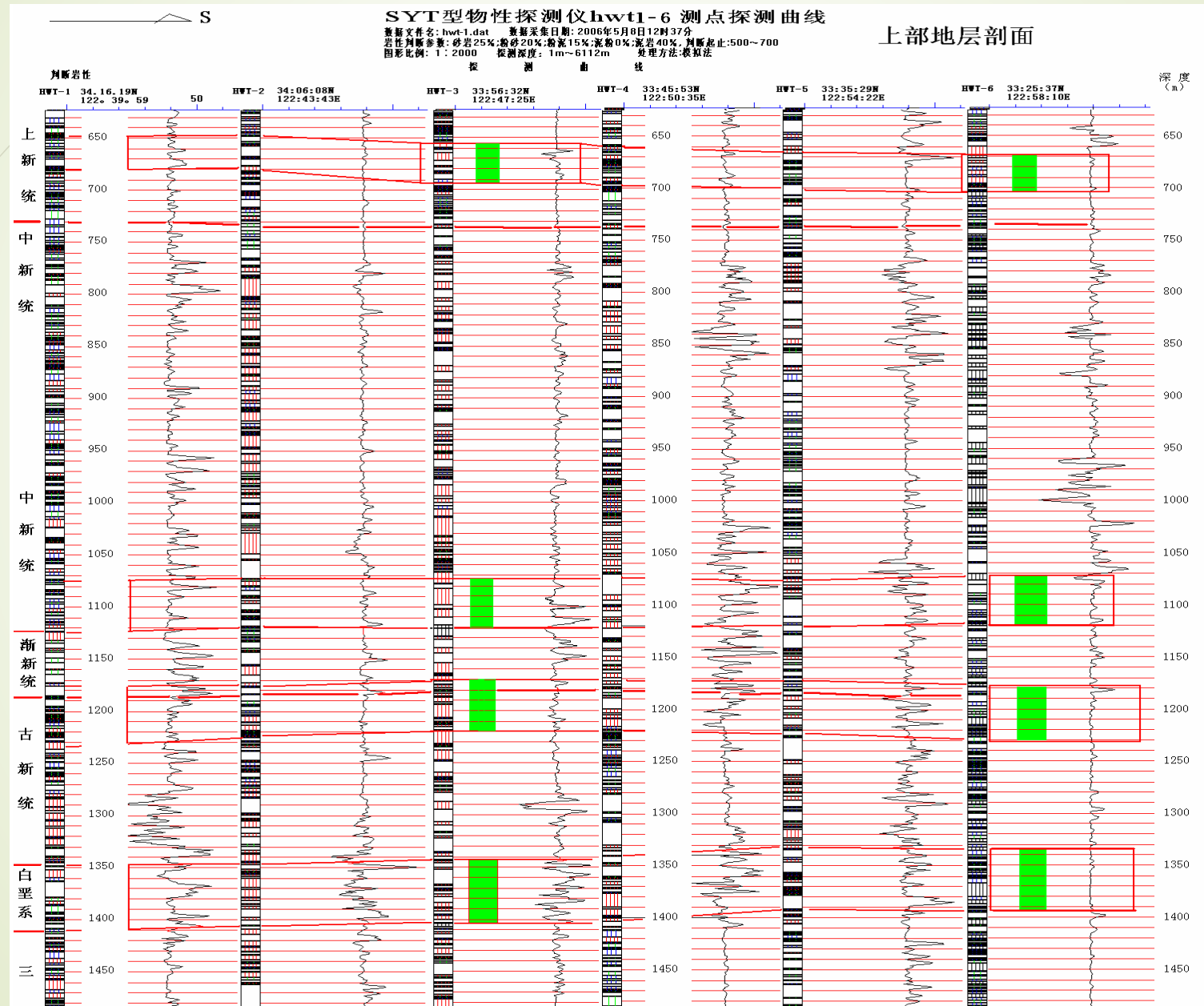
409.99

往小后无水的部位

剖面地应力低值区块可能的地质解释

— 可能的含油砂体充水层边界

南黃海0-3360m深度段內已知鑽孔附近油氣段剖面圖



■ 觀光坑道開發

以廢棄的礦坑可以在探勘了解坑道狀態 與礦石的殘留分布
可重新規畫為觀光坑道



花蓮七星礦場



台灣豐田軟玉



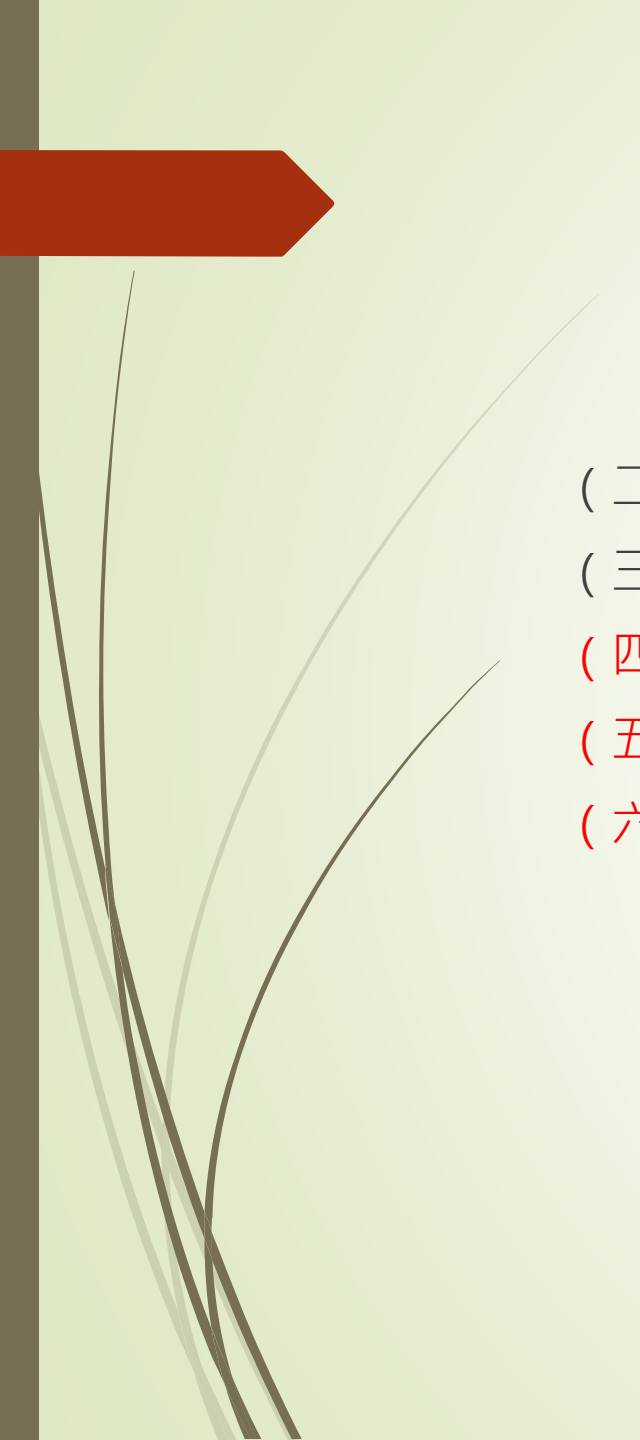
台東晶瑩礦場

花蓮寶石礦-台灣軟玉的“賭石”

未來可以發展小興手持的探勘儀
可以快速方便的檢核賭石
(可透視賭 時的內部成分)



(擦、切、磨) -----透視!?



(二) 地熱探勘

(三) 地下水探勘

(四) 地質探勘與水保設施探勘

(五) 坑洞探勘

(六) 未來的山崩與地震前兆偵測



(二) 地熱探勘-地熱探勘的程序

1. 確認地熱偵測是否伴隨地下水偵測。
2. 確認地勘範圍、深度、精度、密度、與載具，規劃測線與測點。
3. 蒐集背景資料（地質與地熱）、監測的地徵資料。
4. 進行探勘。
5. 展繪探勘資料。
6. 分析、推算地熱及判釋地下水資料。
7. 驗證地熱與地下水資料。
8. 報告。

訊



溫泉監測井
11處-

106年溫泉監測年報，水利署

表 2-1 礁溪溫泉監測井基本資料

編號	井號	井名	座標 X TWD67	座標 Y TWD67	井頂高程 m	井深 m	型式	監測 儀器	監測點 深度/高程
1	JS002	遊客中心	327607	2747494	12.37	151	生產井兼 監測井	Troll	8.00/4.37
2	JS003	停車場(深)	327589	2747218	9.30	100	監測井	Heron	8.00/1.30
3	JS003	停車場(淺)	327589	2747218	9.30	25	監測井	Solinst	5.15/4.15
4	JS003-1	公園	327350	2747258	11.40	100	監測井	Troll	8.00/3.40
5	JS007	福崇寺	326960	2747268	15.76	131	生產井兼 監測井	Troll	井口
6	JS005	香檳	327220	2747320	18.00	60	監測井	Troll	6.90/11.1
7	JS011	奇利丹(深)	328315	2746601	7.60	100	監測井	Solinst	5.17/2.43
8	JS011	奇利丹(淺)	328315	2746601	7.60	25	監測井	Solinst	5.00/2.60
9	JS010	大排(深)	327650	2746950	5.69	80	監測井	Solinst	10.0/-4.31
10	JS010	大排(淺)	327650	2746950	5.62	20	監測井	Solinst	5.00/0.62
11	JS012	新小(深)	326924	2746361	12.86	80	監測井	Solinst	10.0/2.86
12	JS012	新小(淺)	326924	2746361	12.87	20	監測井	Solinst	10.0/2.87
13	JS015	大忠路	326440	2746750	24.01	60	監測井	Solinst	20.0/4.01
14	R001	湯圓(淺)	326999	2747184	12.84	44	監測井	Solinst	9.5/3.34
15	R002	湯圓(深)	326999	2747184	12.88	83	監測井	Solinst	9.5/3.38
16	R003	太子	327171	2747099	9.18	60	監測井	Solinst	10.0/-0.82



水文監測井

地層內地質地應力強弱推算地下溫度 地應力推算的地溫資料回歸公式

溫泉水最佳探勘點

地應力公式 探勘分析 溫度分析

計算高程

計算回歸公式

$$-0.0692633775024119 X^2 + 3.57555669770061 X + 16.5781542703421$$

高程 194.59

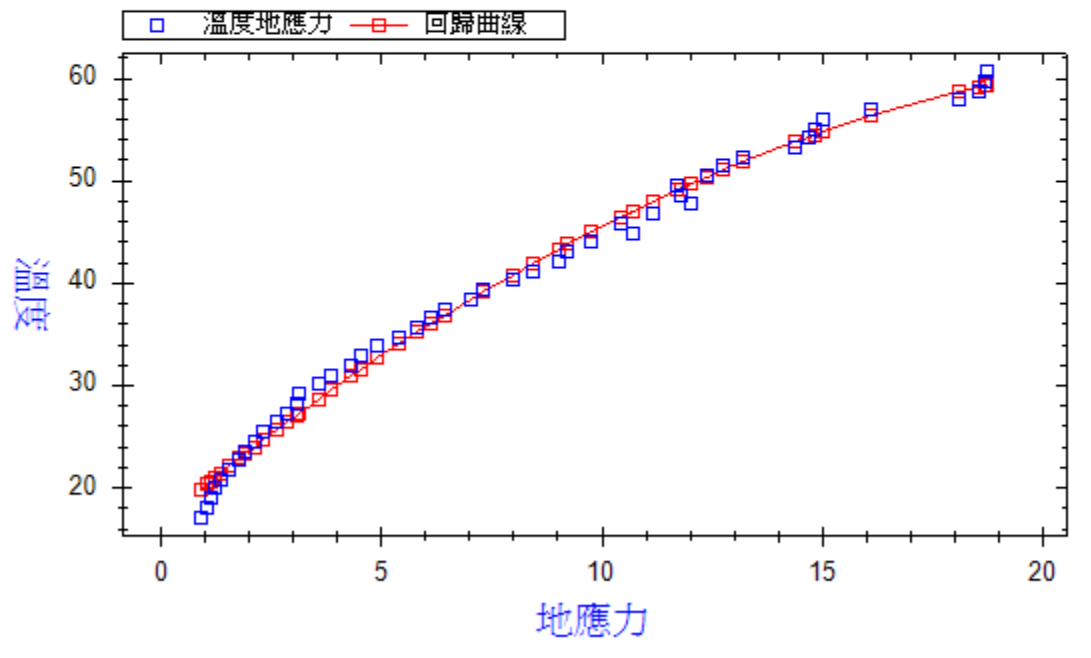
調整 C 值

16.5781542703421

確定

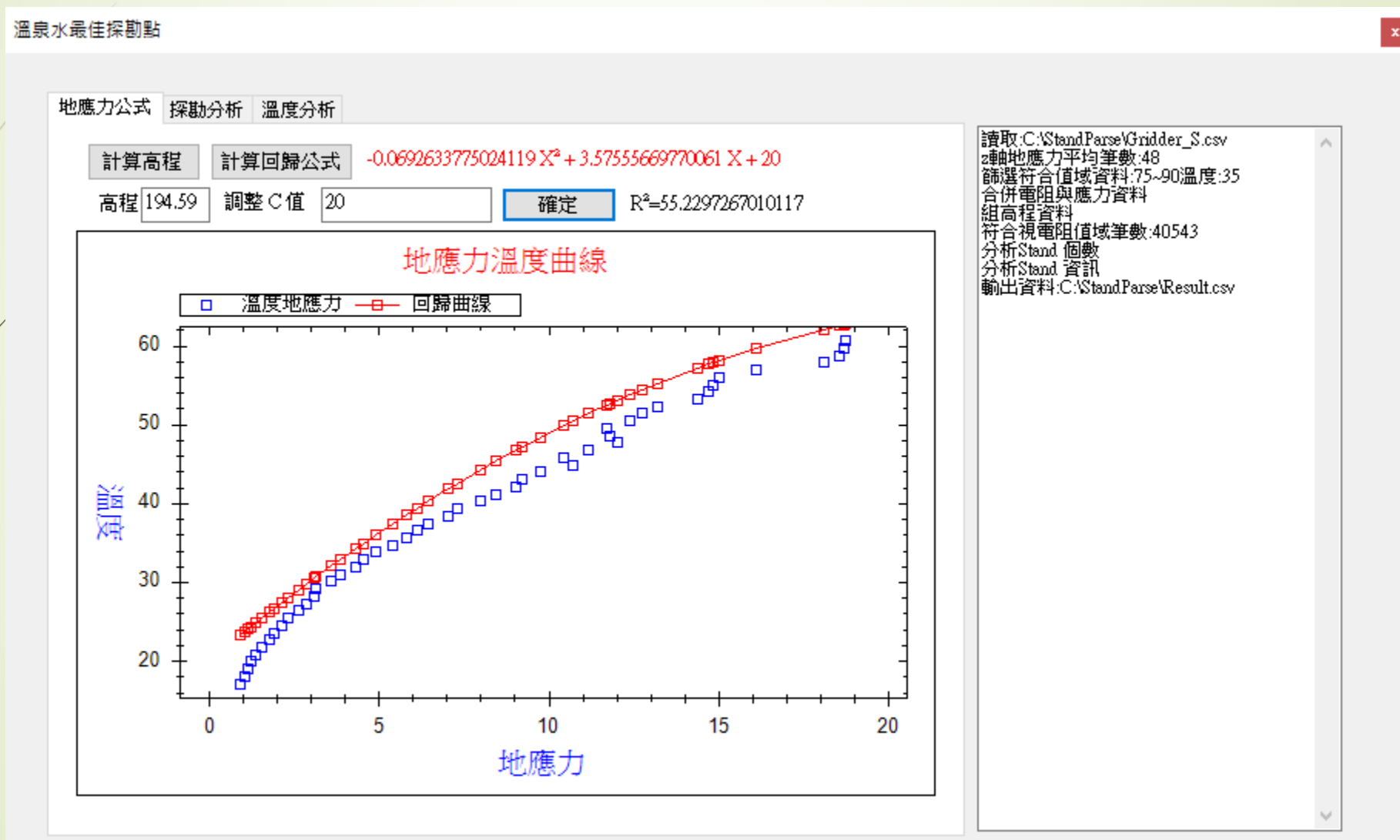
$R^2=55.2297267010117$

地應力溫度曲線



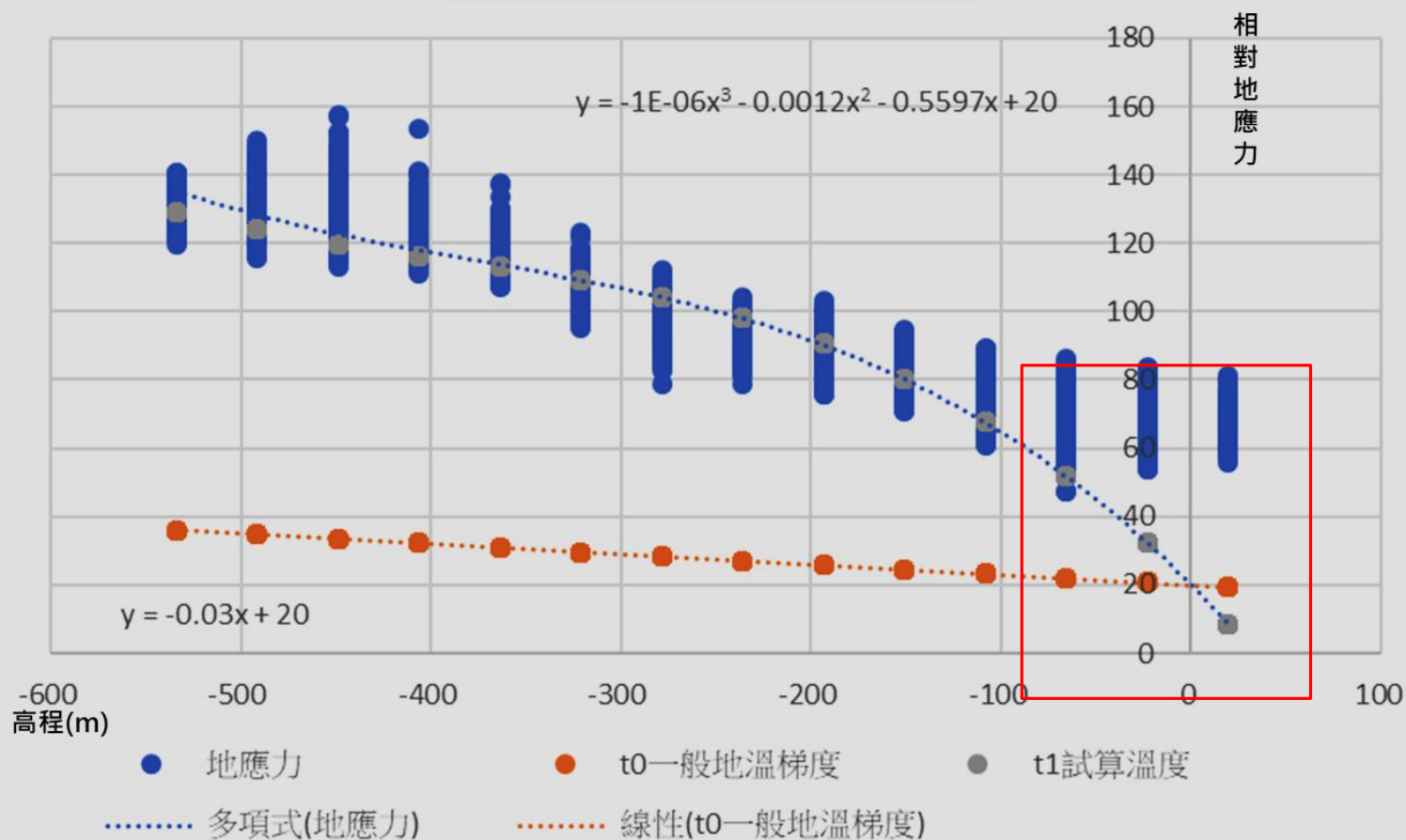
讀取: C:\StandParse\Gridder_S.csv
z軸地應力平均筆數: 48

地方控制井調整回歸曲線(位移)

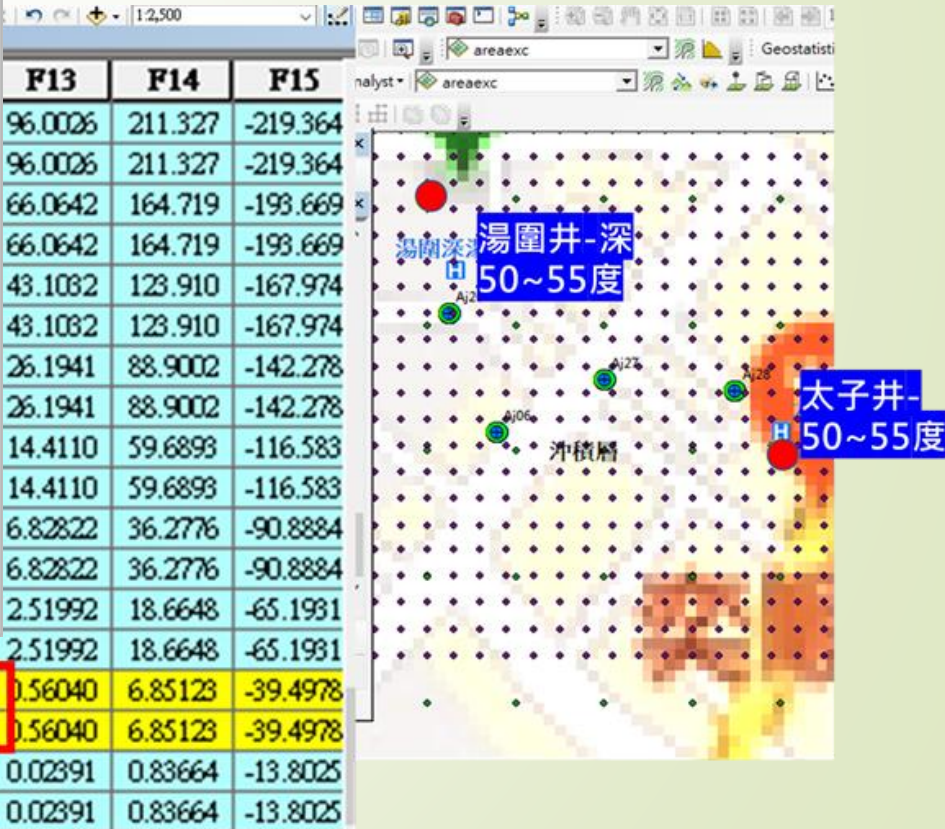


地熱統計（分佈）

相對地應力DYL-推估溫度圖



相對地應力-在海拔深度20~-100公尺範圍呈現熱異常曲率大

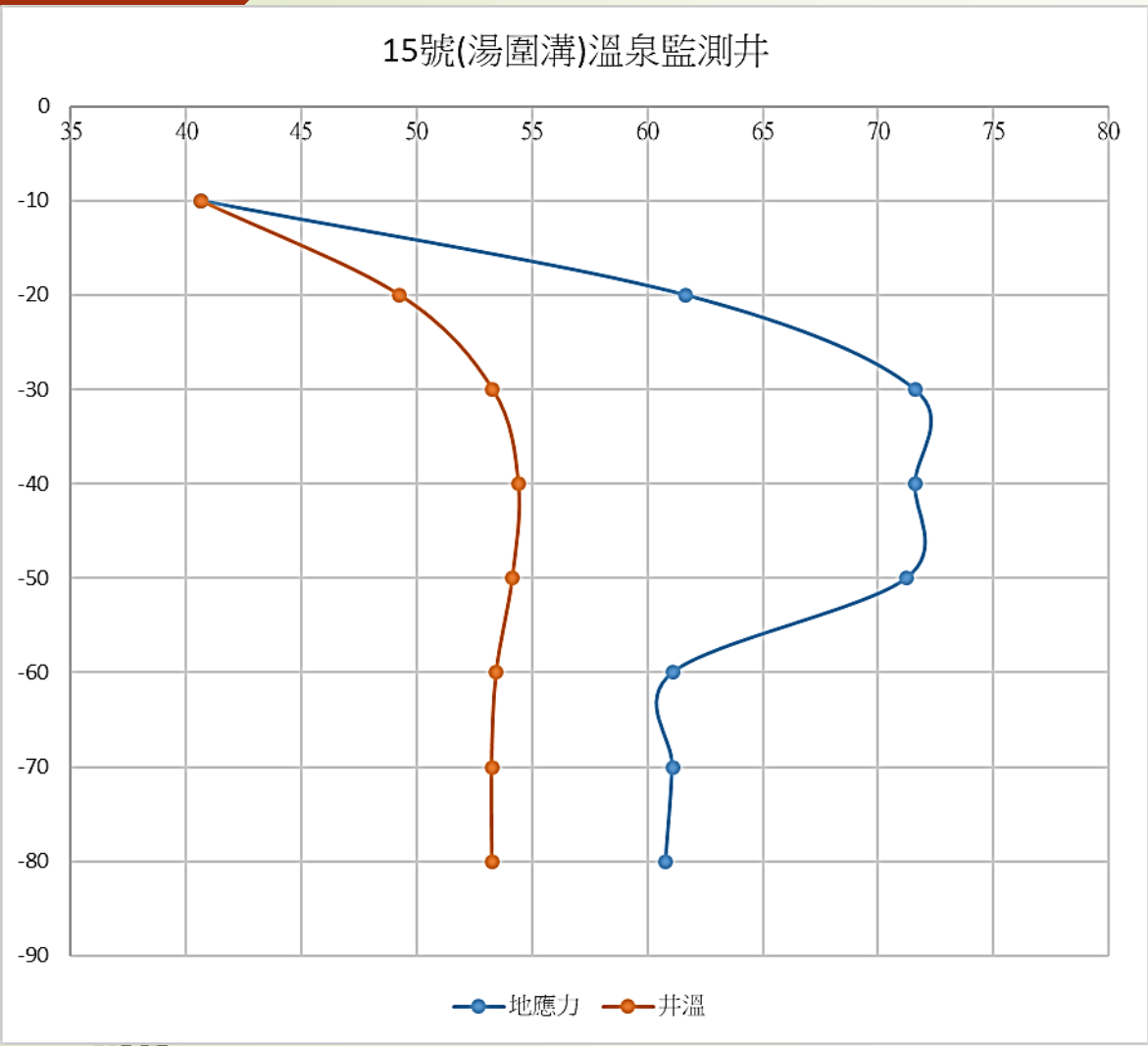


	19.64	-108	69.048187	2.51992	18.6648	-65.1931
太子井	19.73	-65.	53.207043	0.56040	6.85123	-39.4978
湯圍井	19.64	-65.	53.207043	0.56040	6.85123	-39.4978
	19.73	-22.	32.989861	0.02391	0.83664	-13.8025
	19.64	-22.	32.989861	0.02391	0.83664	-13.8025

驗證：地熱監測資料的驗證(監測井資料)

編號	NO	NAME	X67	Y67	井頂M	井深M	監測深度	監測高程
1	JS002	遊客中心	327607	2747494	12.37	151	8	4.37
2	JS003	停車場深	327589	2747218	9.3	100	8	1.3
3	JS003	停車場淺	327589	2747218	9.3	25	5.15	4.15
4	JS003-1	公園	327350	2747258	11.4	100	8	3.4
5	JS007	福崇寺	326960	2747268	15.76	131	井口	井口
6	JS005	香檳	327220	2747320	18	60	6.9	11.1
7	JS011	奇利丹深	328315	2746601	7.6	100	5.17	2.43
8	JS011	奇利丹淺	328315	2746601	7.6	25	5	2.6
9	JS010	大排深	327650	2746950	5.69	80	10	-4.31
10	JS010	大排淺	327650	2746950	5.62	20	5	0.62
11	JS012	新小深	326924	2746361	12.86	80	10	2.86
12	JS012	新小淺	326924	2746361	12.87	20	10	2.87
13	JS015	大忠路	326440	2746750	24.01	60	20	4.01
14	R001	湯圍淺	326999	2747184	12.84	44	9.5	3.34
15	R002	湯圍深	326999	2747184	12.88	83	9.5	3.38
16	R003	太子	327171	2747099	9.18	60	10	-0.82

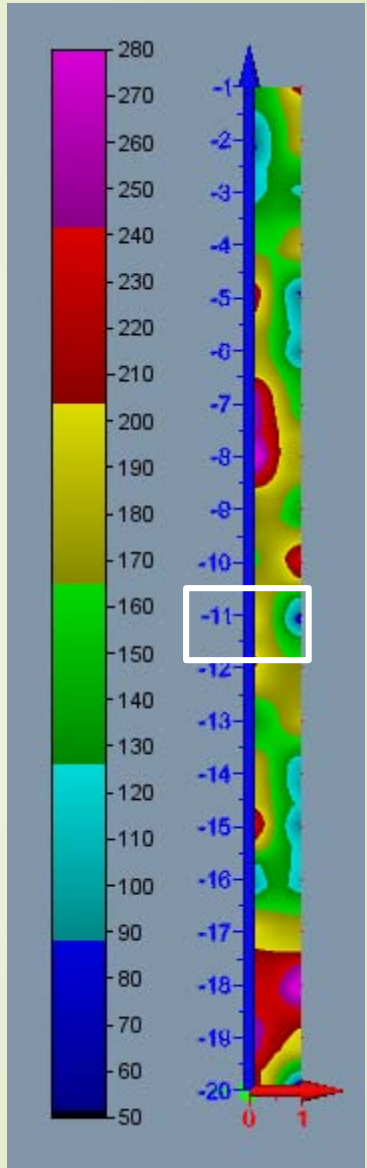
15號(湯圍溝)溫泉井溫度(106/10)&地應力



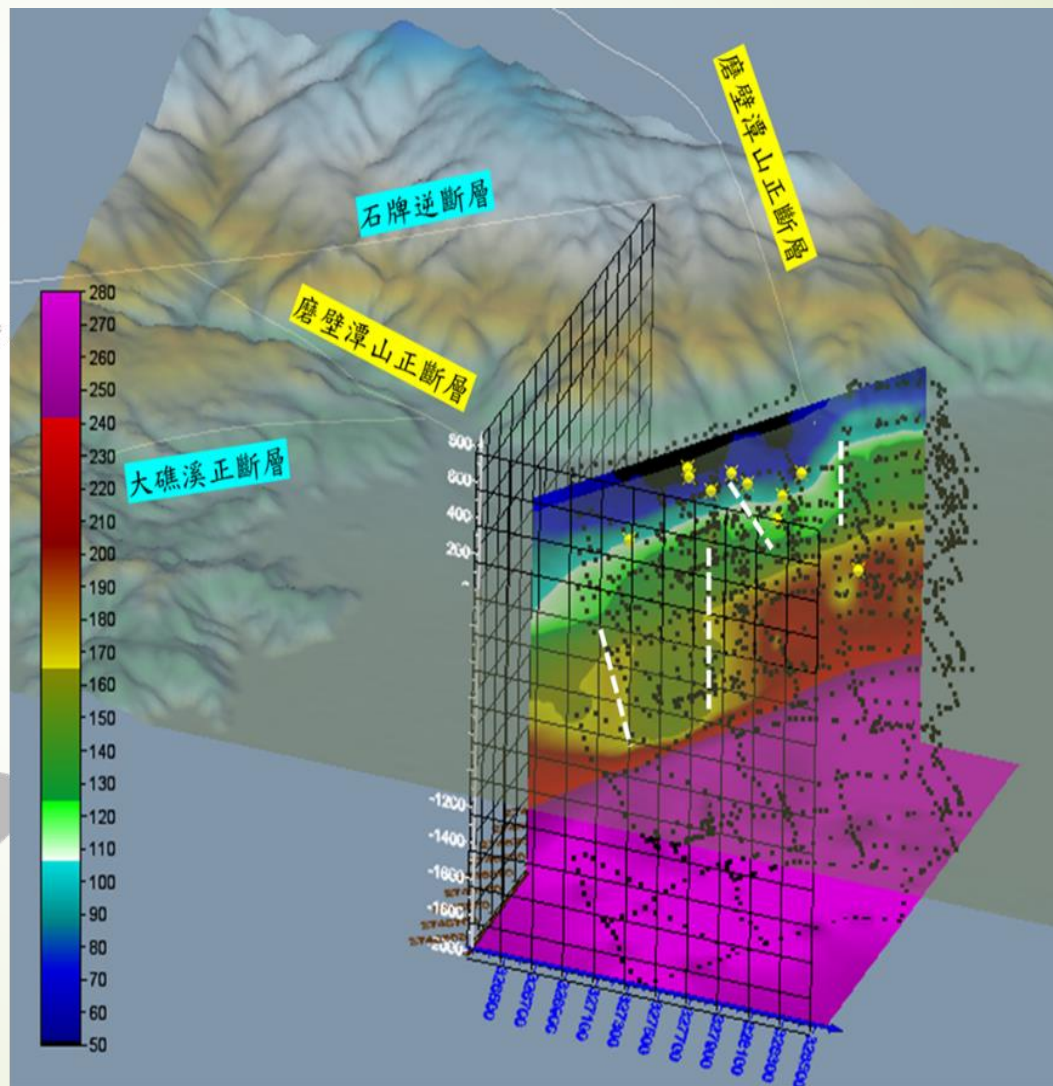
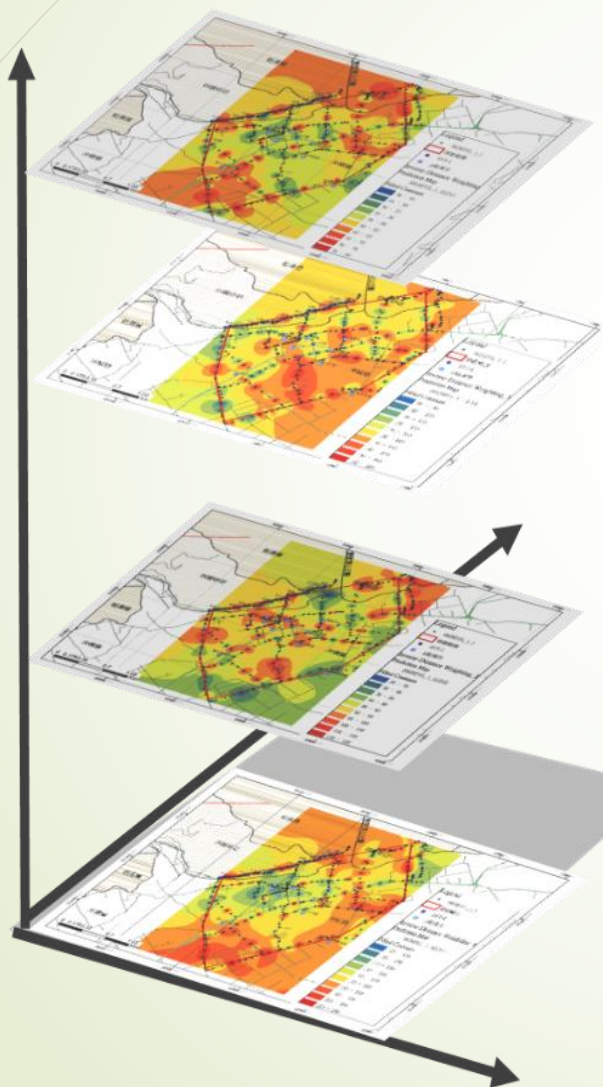
相關係數：0.89459

溫泉井水位&地電阻

監測日期	106年10月
最小日平均(m)	11.56
最大日平均(m)	12.61



地應力的3D分佈 (VOXLER功能)



溫度分佈的3D圖 (VOXLER功能)

