



# 工程地球物理技術之應用時機與 案例分享

簡報人:郭泰融

102年8月16日



# 大綱

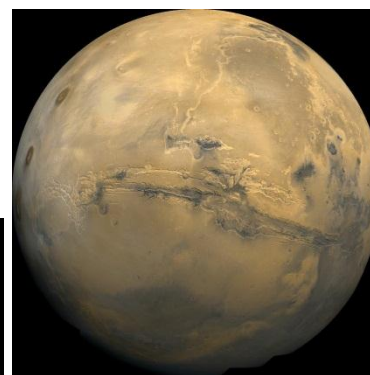
- 概述
- 適當探測法選取
- 案例介紹

# 地球物理 - *Geophysics*

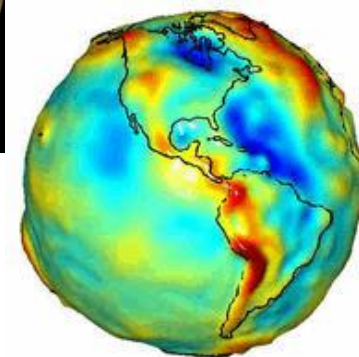
- ✓ 藉精密儀器以**物理方法**配合**地質知識**，探測地層物理量（如：速度、密度、電阻率、、、等），應用於地下地質構造調查、地下資源探勘、污染偵測及結構探查等領域。
- ✓ 地球物理是一門結合地質（Geo）與物理（Physics）的學科，透過精密儀器量測地球的震波速度、重力、磁力、導電性、放射性、...、等特性，用來研究地球結構，以及我們肉眼難以觀察之地下構造的學科。其分支包括：  
(1) 地震學、(2) 地熱學、(3) 水文學、(4) 物理海洋學、(5) 氣象學、(6) 重力及大地測量學、(7) 大氣電學及地磁學、(8) 構造物理學、(9) 探勘地球學及工程地球物理學、(10)地質年代學及地球近化論等（Sheriff, 1984）。



火星探勘-大挑戰



地球的重力場



# 地球物理

磁力測勘

重力測勘

電阻探測

放射能探測

電磁波測勘

大地電磁測勘

透地雷達

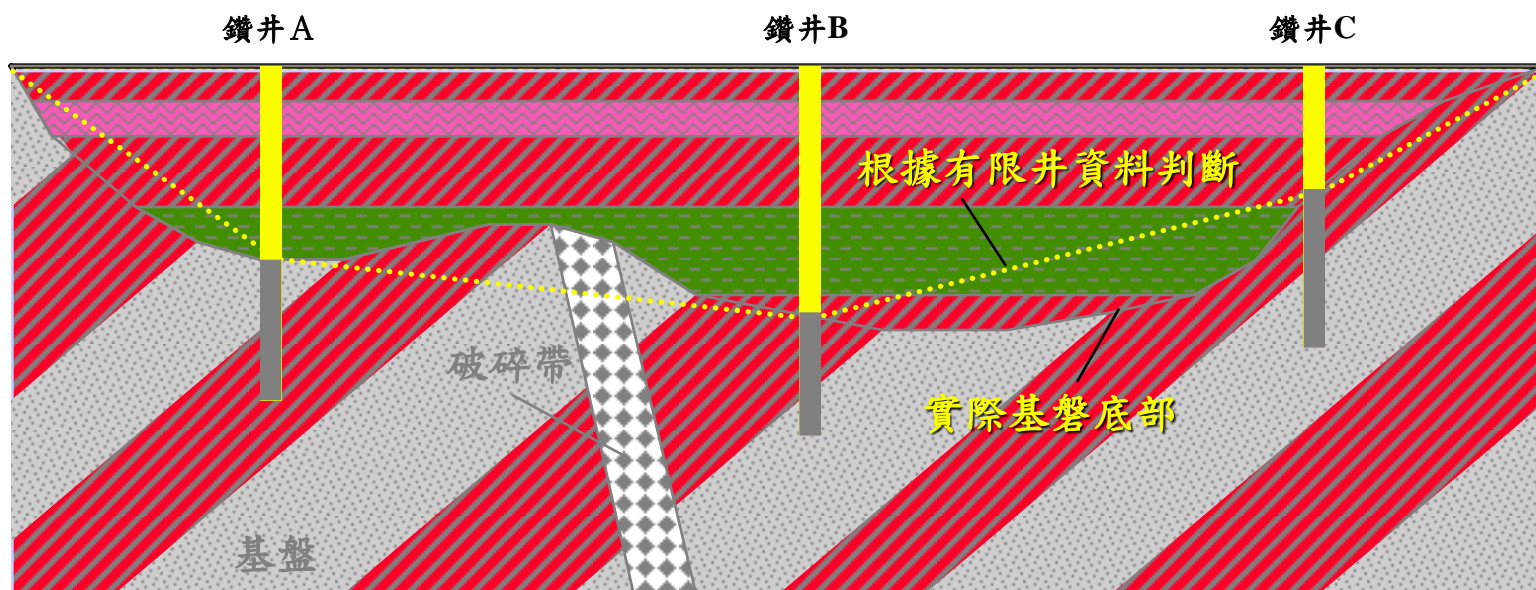
震波測勘

位場理論

波動理論

# Why Geophysics?

## 鑽井或明挖方式 難以解決探測地下的問題



- 傳統鑽探井方式經費龐大且耗時
- 鑽井密度不足常造成錯誤的判斷

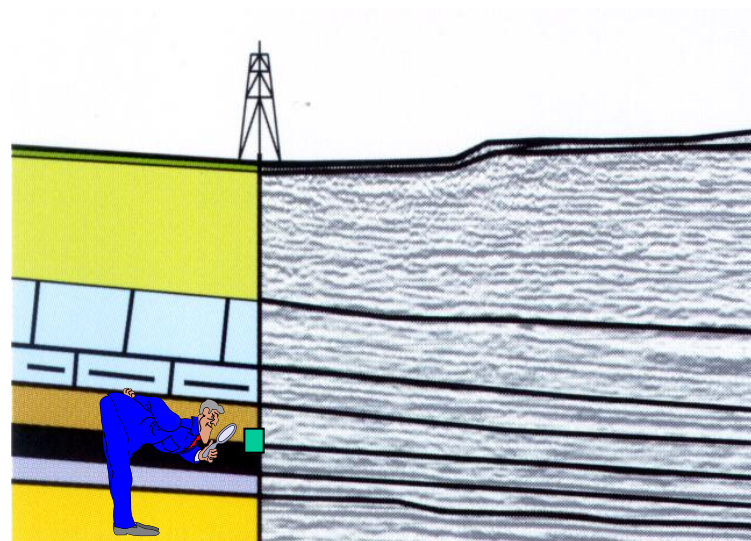
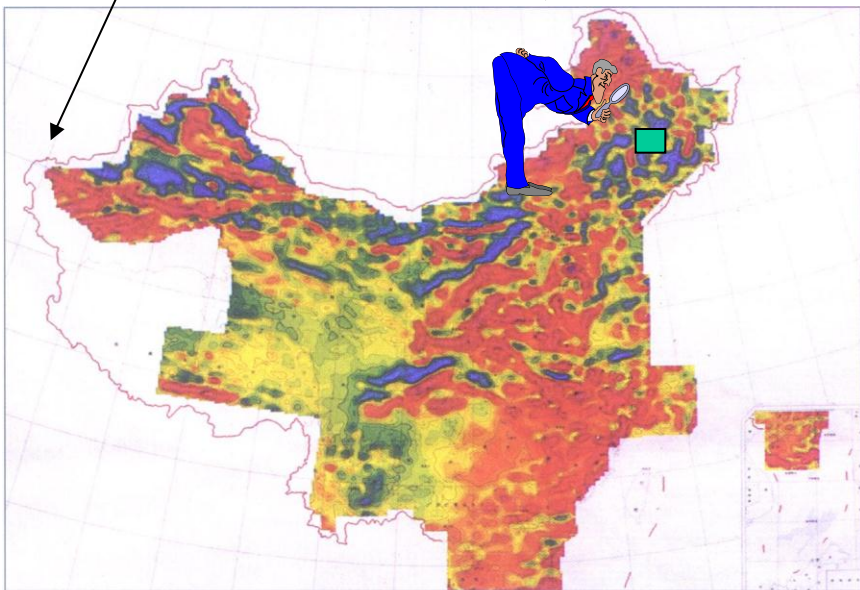
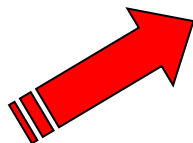
# What do you need?



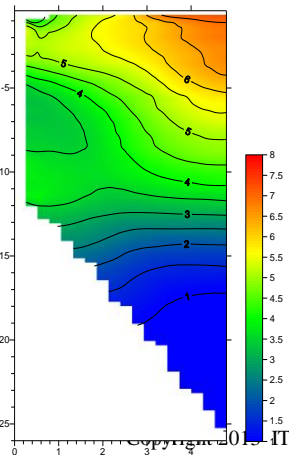
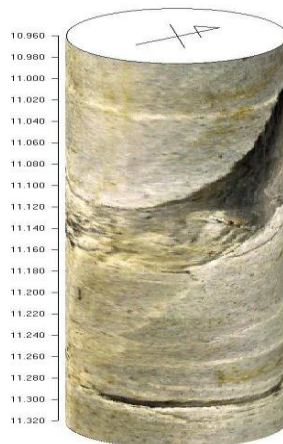
# What do you need?

## 場址調查

### 大區域普查



### 詳細調查



# 地球物理探勘量測與應用

地球物理方法	量測參數	物理特性	物理參數模型	應用
折射震測 Shallow refraction seismic	折射波傳時間 (p- or s-wave)	震波速度	震波速度/深度模型	地工使用地質模型
反射震測 Shallow reflection seismic	反射波振幅隨時間 變化情形 (p- or s-wave)	密度與震波速度共同效應	震波速度/深度模型	地工使用地質模型
震測層析成像 Seismic tomography	波傳時間與振幅在 空間中的變化情形 (p- or s-wave).	密度與震波速度共同效應	震波速度/振幅在空間中的變化	地工使用地質模型
透地雷達 Ground Penetration Radar (GPR)	電磁波傳時間與振幅在空間中的變化情形	介電常數、電導度及電磁波速度	電磁波速度/深度模型	地質、材料或構造模型
電磁波法 Electromagnetics	感應電磁波強弱	電導度與電感係數	電導度/深度模型	地質或地下水文模型
直流電阻法 Electrical Resistivity	電位差與電流	地層電阻	電阻/深度模型	地質或地下水文模型
自然電位法 Self Potential (SP)	自然電位差	自然電位	地表電位分布及可能的水流	地下水文模型(水庫滲漏或破碎岩層)
磁力法 Magnetics	磁場強度隨空間變化	磁感率與殘磁性	地下磁感率分布模型	地質剖面或地質圖
重力法 Gravity	重力加速度隨空間變化	岩石密度	地下岩石密度分布模型	地質剖面或地質圖



# 地表地球物理探測方法比較表

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)

# How?

## 地球物理探勘方法

## 場址特性／問題剖析

## 最適調查方法選定

### ● 空中地球物理

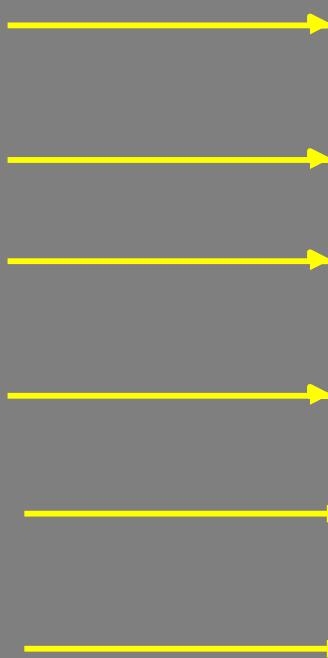
### ● 海上地球物理

### ● 地表地球物理

- 地磁法
- 重力法
- 反射震測法
- 電磁波法
- 折射震測法
- 垂直地電阻法
- 地電阻影像剖面法
- 透地雷達法

### ● 地球物理井測

### ● 地球物理斷層掃描



工期  
經費  
測勘目標  
覆蓋層厚度  
岩性變化  
人文設施  
場址地形

### ● 區域一

- 空中磁測
- 海上震測
- 重力法
- 反射震測法
- 地球物理井測
- 
- 
- 

### ● 場址一

- 電磁波法
- 地電阻影像剖面法
- 地球物理井測
- 地球物理斷層掃描
- 反射震測法
- 
- 
-

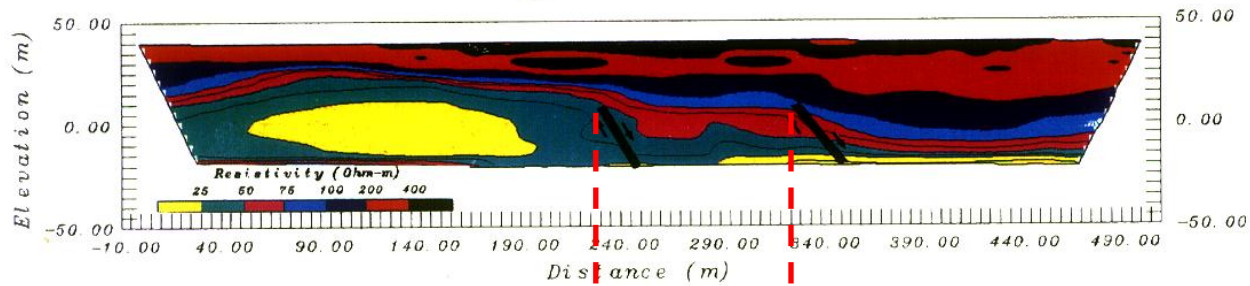


# 應用案例

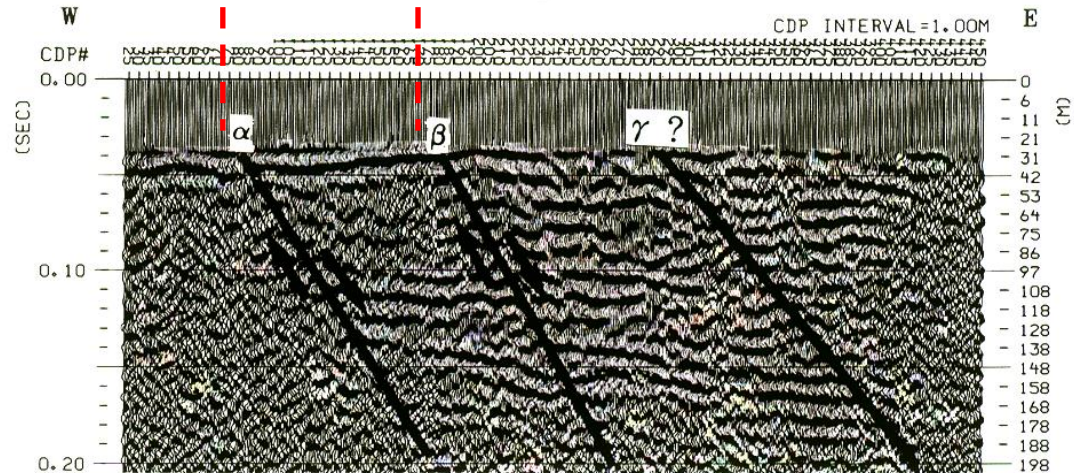
# 斷層調查

## 地電阻影像剖面圖

Resistivity Image Section

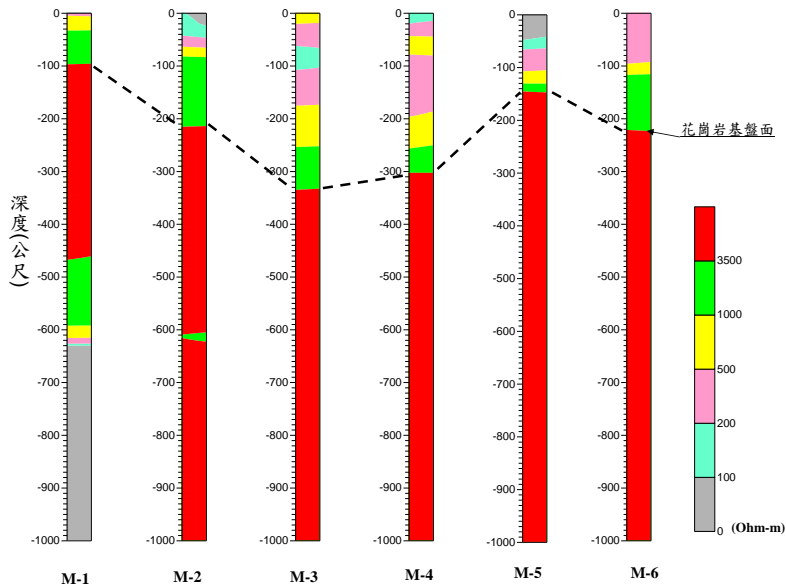


## 震測剖面圖



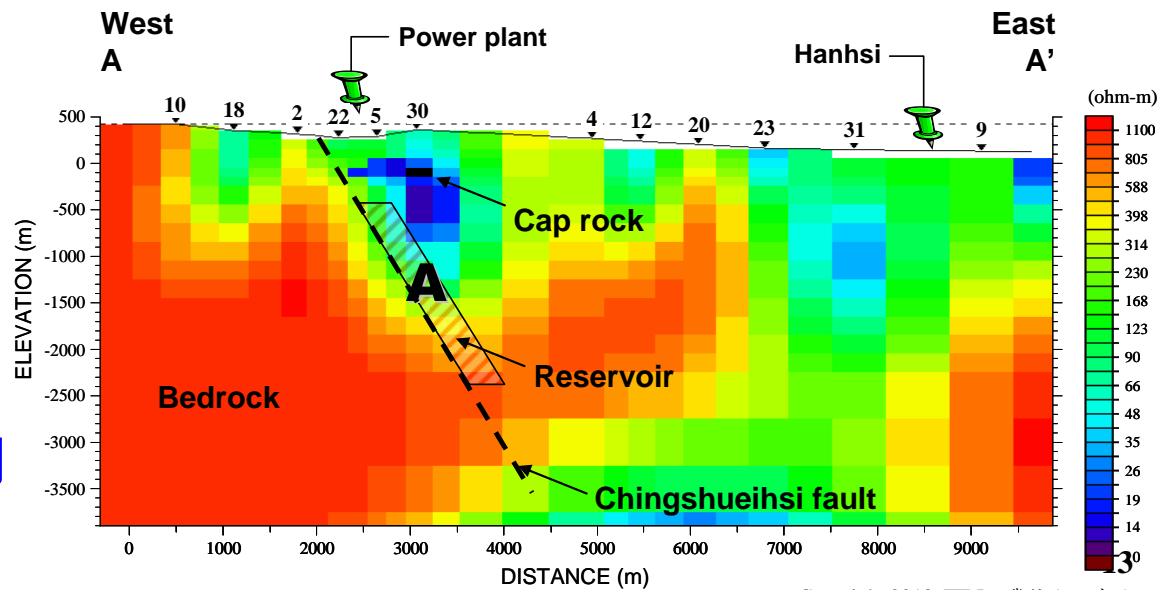
交互驗證使探測結果更可靠

# 地下水與地熱探測

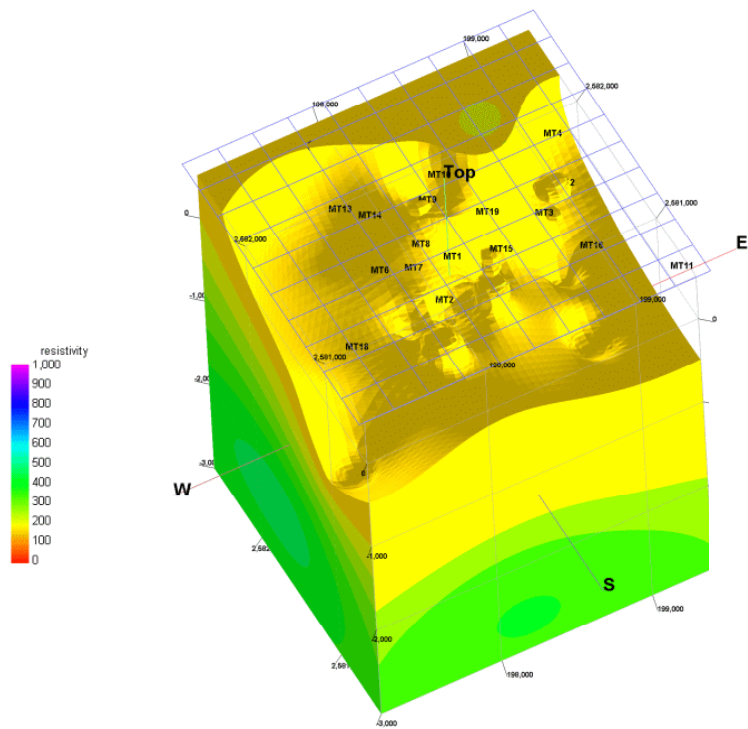
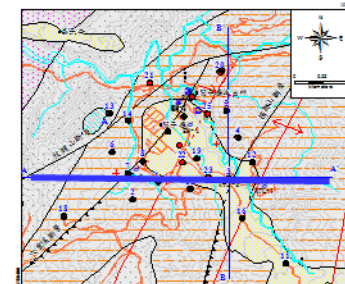


## CSAMT含水層深度探測

## MT地熱資源探測

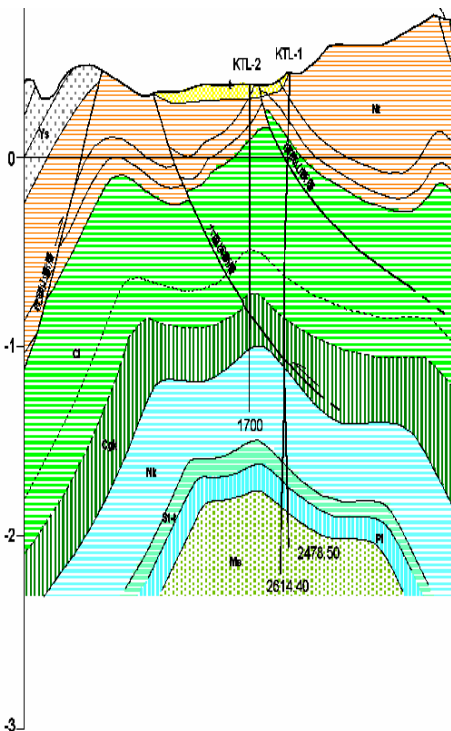
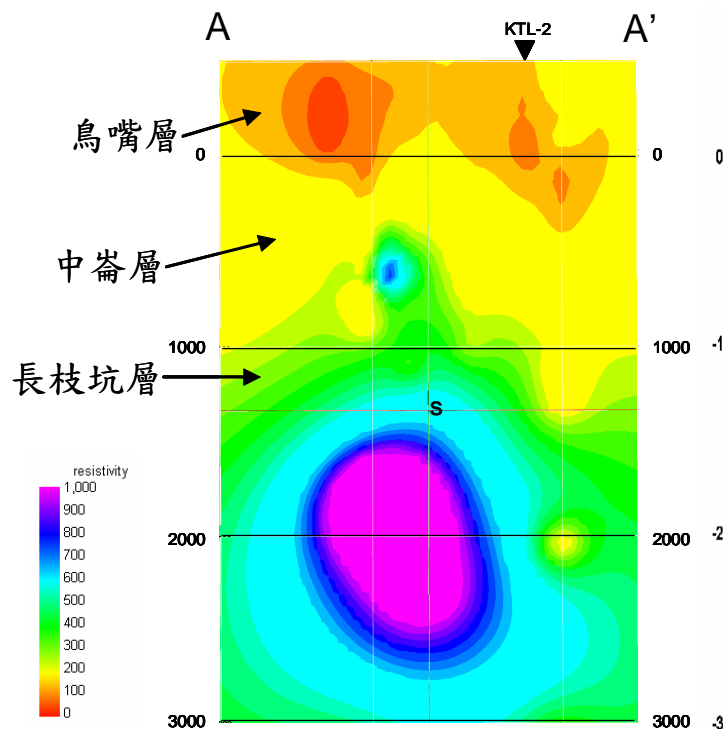


# 溫泉資源探測

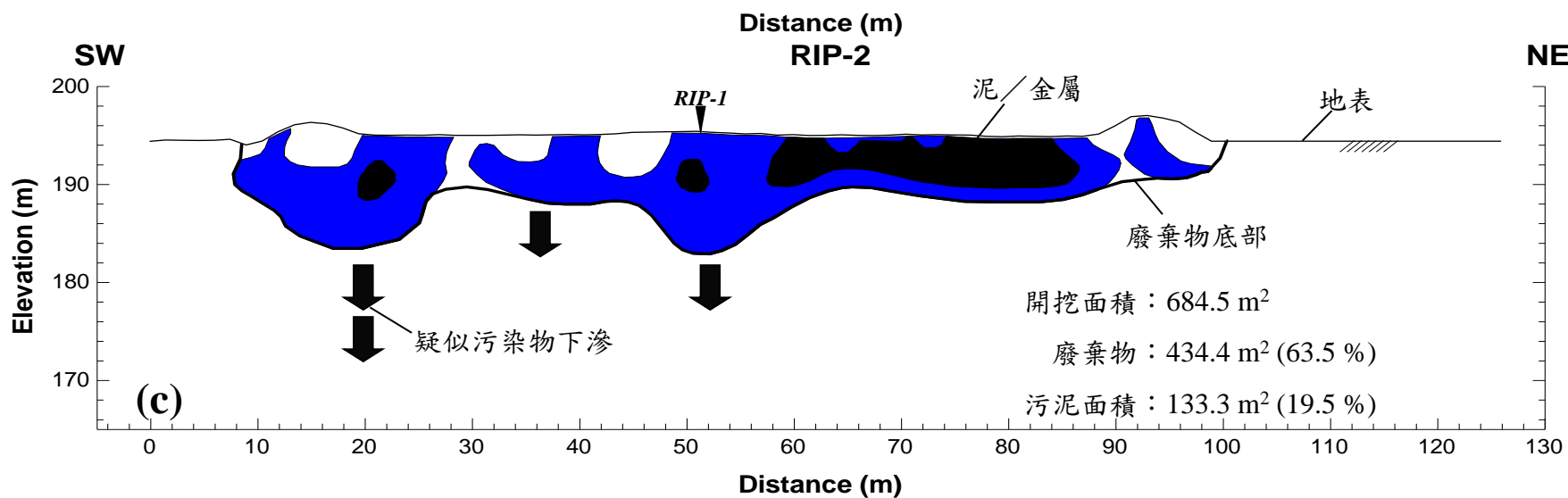
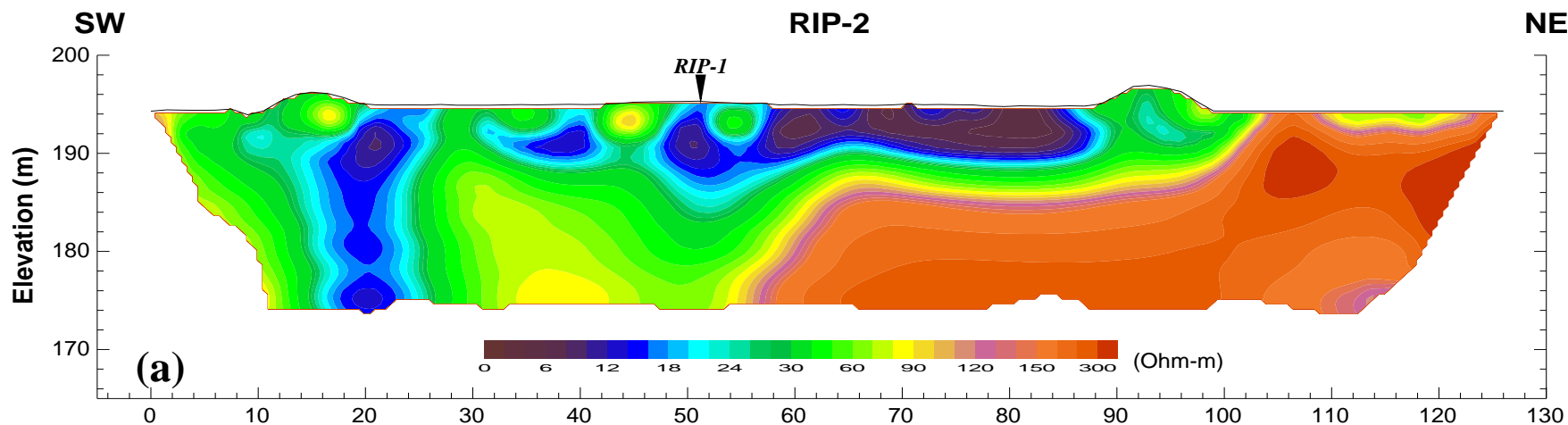


電阻率三維分布

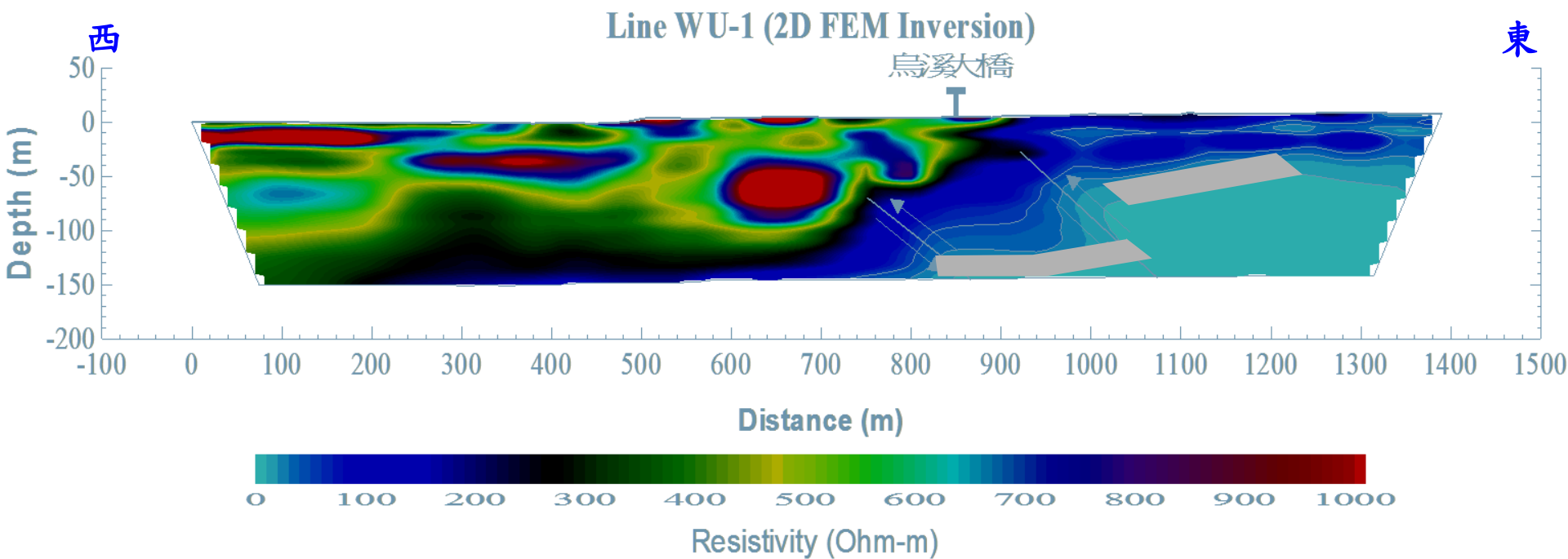
電阻率與地質剖面比較



# 污染場址調查

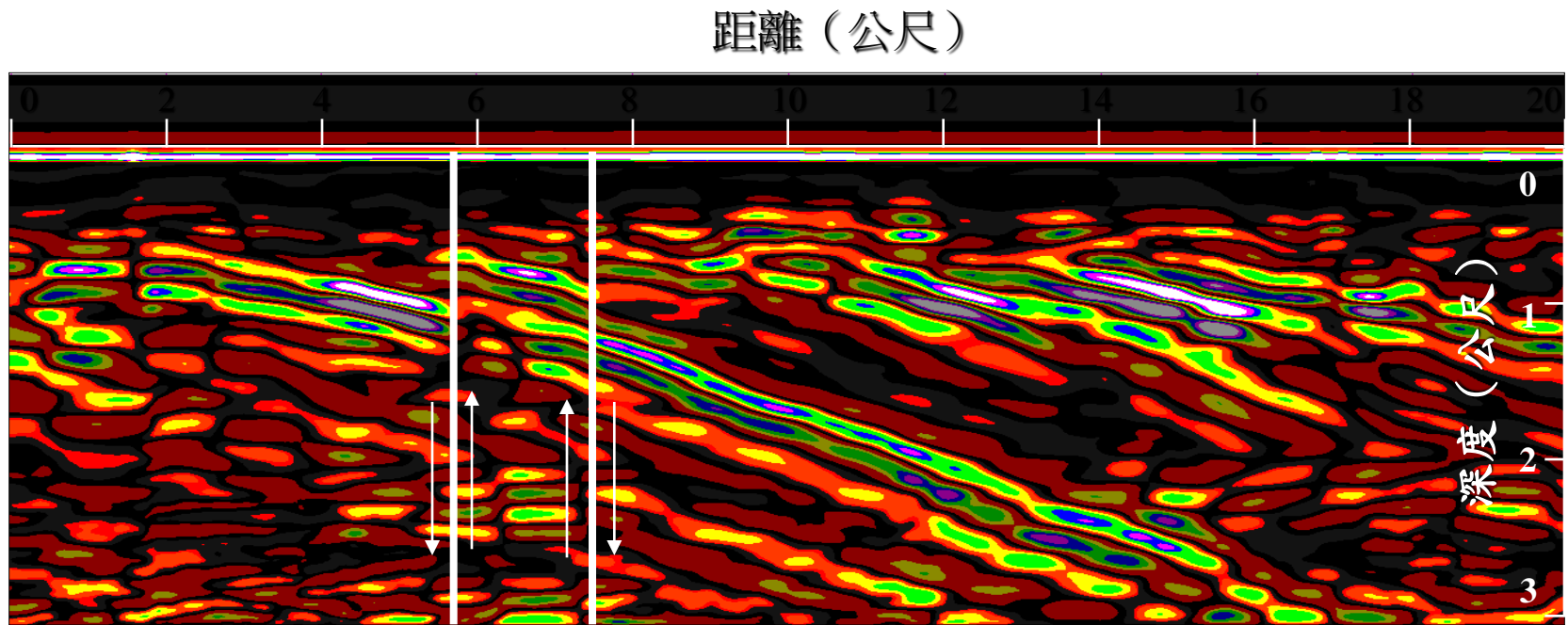


# 斷層調查

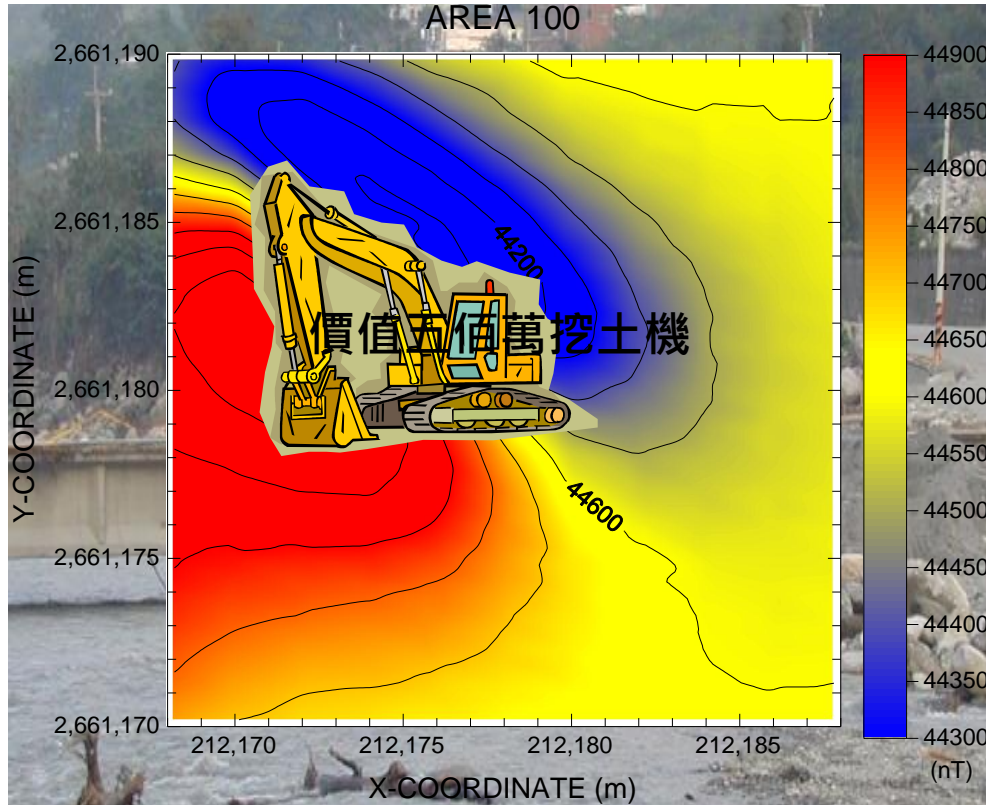




# 斷層調查



# 掩埋挖土機探測



AREA 100 全磁場強度圖

前後只花了二小時便成功探測  
颱風過後挖土機被土石掩埋



# 地球物理探勘應用(1/3)

應用	折射	反射	震波層析 成像	GPR	EM	電阻	IP	SP	磁力	重力
岩性描繪 (<10m depth)	M	X		M	x	x				
岩性描繪(<10m depth)	x	M	X		x	x				
黏土礦物含量					M	x	x			
淺砂層及礫石沉積描繪				M	M					
淺砂層及礫石沉積描繪(含重礦物)									M	
湖相沉積物厚度或石灰岩地形	M	M			M					M
地下水位面高度	M (P-wave)	M (P-wave)		M	M	M				
水深 (橋墩沖刷)				M						
地下水沉降錐描繪	x	x		M	x	x				
地下水流動								M		
污染物				M	M	x		x		
農地鹽度與整治成效					M	M				
水下鐵磁性物質				M					M	
基盤岩石地形 (<10m depth)	M			M	x	x				x
基盤岩石地形(>10m depth)	x	M			x	x				x
基盤下方地質構造描繪	x	M		x	x	x				
高角度地質邊界描繪 (<10m depth)	M			M	M	M				
高角度地質邊界描繪(>10m depth)	x	M	x		x	x			x	

M:Major, X:Minor

# 地球物理探勘應用(2/3)

應用	折射	反射	震波層析 成像	GPR	EM	電阻	IP	SP	磁力	重力
裂隙位置 (near-surface bedrock)	M			M						
裂隙位置	M		M							
岩層弱帶 (如shear zones & faults; <10m depth)	M		x	M	x	x			x	
岩層弱帶(如 shear zones & faults; >10m depth)	x	x	M		x	x			x	
空洞或隧道(無水) (<10m depth)	x	x	x	M	x	M				x
空洞或隧道(無水) (>10m depth)	x	M	M		x	x				x
空洞或隧道(有水)	X (P-wave)	M (P-wave)	M	x						
空洞或隧道(有土)	x	M	M		x	x				
基礎強度(完整性)	M		x	M						
壩址強度	M	M	M	M	x	x		M		
地滑調查	M		M	x	M	M				
掩埋套管(metal)				M	M				M	
地下掩埋物(空桶, 管線及鐵磁性物質)			M	M				M		
地下非磁性管線			M							
地下非磁性管線				M						
考古現場 (鐵磁性物質, 掩埋物等)				M	M				M	
考古現場(非鐵磁性物質、空洞及掩埋物)				M						
水泥強度及檢測				M						

# 地球物理探勘應用(3/3)

應用	折射	反射	震波層析 成像	GPR	EM	電阻	IP	SP	磁力	重力
橋墩基樁				M						
牆壁或地下鋼筋檢測				M	M				M	
水泥內鋼筋腐蝕檢測				M						
鋪面厚度檢測				M						
鋪面厚度檢測				M						
鋪面空洞檢測				M						
描繪回填物範圍	X			X	M	X			M	
現地岩石特性 (bulk, shear and Young's moduli)	M		M							
現地岩石特性(saturation, porosity, permeability)					M	M				
現地岩石密度										M
現地岩石介電常數 (dielectric constant)				X						
廢棄地下礦坑		M	X			X				
廢棄礦坑豎井		X	X	M	M	X			X	

M:Major, X:Minor

摘自

<http://www.fhwa.dot.gov/engineering/geotech/hazards/mine/workshops/ktwkshp/ky0307.cfm>



簡報完畢  
敬請指教