

政府科技發展中程個案計畫書
公共建設類前瞻基礎建設計畫

經濟部(能源署)
「東部地區地熱鑽井計畫」
(修正版)

計畫全程：112年1月至114年12月

中華民國 113 年 3 月

行政院 函

機關地址：10058臺北市忠孝東路1段1號
聯絡人：洪世宗
電子信箱：u462275@ey.gov.tw

受文者：經濟部能源局
發文日期：中華民國111年10月5日
發文字號：院臺綠能字第1110029236
號
速別：最速件
密等及解密條件或保密期限：

主旨：所報公共建設類前瞻基礎建設計畫「東部地區地熱鑽井計畫」一案，原則同意，並照核復事項辦理。

說明：

- 一、復111年8月4日經能字第11104402670號函。
- 二、影附本院主計總處111年9月1日主預經字第1110102906號書函、本院環境保護署111年8月16日環署管字第1111110753號書函及本院公共工程委員會111年8月31日工程技字第1110019531號書函各1份。

核復事項：

- 一、貴部前提報「地熱潛力區塊發展條件評估及區域調查資訊擴建計畫」一案，規劃於既有前瞻計畫基礎上拓展地熱潛能調查範圍，以協助企業或地方政府規劃地熱發電廠。考量旨揭計畫與該案推動具關連性，請台灣中油股份有限公司研議相關工法擴大應用於該案所調查其他潛能地區，以擴大國內地熱資源產能。
- 二、旨揭計畫後續推動，請考量地下水分布狀況妥為規劃鑽井位置，且探勘井若做為長期生產井使用，應就日後井壁結垢問題妥予因應。



三、其他有關旨揭計畫效益量化評估、是否涉及「供水、抽水或引水工程」應實施環境影響評估之開發行為補充說明等，請參考本院主計總處、本院環境保護署及本院公共工程委員會意見辦理。

正本：經濟部

副本：國家發展委員會、經濟部能源局、國家發展委員會管制考核處 2022/10/05 17:03:54



目 錄

壹、基本資料及概述表(A003).....	7
附錄 - 最終效益與各年度里程碑規劃表.....	12
貳、計畫緣起.....	13
一、 政策依據.....	13
二、 擬解決問題之釐清.....	13
三、 目前環境需求分析與未來環境預測說明.....	14
四、 本計畫對社會經濟、產業技術、生活品質、環境永續、學術研究、人才培育等之影響說明.....	14
參、計畫目標與執行方法.....	16
一、 目標說明.....	16
二、 執行策略及方法.....	18
三、 達成目標之限制、執行時可能遭遇之困難、瓶頸與解決的方式或對策.....	18
四、 與以前年度差異說明.....	19
五、 跨部會署合作說明.....	199
六、 與本計畫相關之其他預算來源、經費及工作項目.....	20
肆、前期重要效益成果說明.....	20
伍、預期效益及效益評估方式規劃.....	21
一、 預期效益.....	21
二、 效益評估方式規劃.....	21
陸、自我挑戰目標.....	22
柒、經費需求/經費分攤/槓桿外部資源.....	23
捌、財務計畫.....	34
玖、儀器設備需求.....	34
拾、就涉及公共政策事項，是否適時納入民眾參與機制之說明.....	35
拾壹、附錄.....	36
一、政府科技發展計畫自評結果(A007).....	36
二、中長程個案計畫自評檢核表(請以正本掃描上傳).....	40
三、中長程個案計畫淨零轉型通案自評檢核表(請以正本掃描上傳).....	44
四、性別影響評估檢視表.....	47

五、替選方案之分析及評估.....	51
六、風險管理評估檢視表.....	51
七、政府科技發展計畫審查意見回復表(A008).....	56
八、資安經費投入自評表(A010).....	57
九、宜蘭縣土場段 13 地號、73 地號土場 19 號、20 號、21 號及 22 號地熱探勘井興辦水利構造物申請書(附件).....	57

壹、基本資料及概述表(A003)

審議編號				
計畫名稱	東部地區地熱鑽井計畫			
申請機關	經濟部			
預定執行機關 (單位或機構)	台灣中油股份有限公司			
預定計畫主持人	姓名	吳偉智	職稱	副執行長
	服務機關	台灣中油公司探採事業部		
	電話	(037)262100#203	電子郵件	155331@cpc.com.tw
計畫摘要	於台灣東部具地熱潛能地區鑽鑿不同深度之地熱探勘井以探明地熱發展潛能及開發地熱能源供地熱發電使用。			
計畫目標、預期關鍵成果及與部會科技施政目標之關聯	計畫目標及預期關鍵成果			與部會科技施政目標之關聯
	112 年度	113 年度	114 年度	
	<p>目標：於宜蘭縣土場地區鑽鑿深度 2,300 公尺之地熱探勘井 1 口。</p> <p>關鍵成果：鑽達計畫目標深度，完成 1 口井之鑽井工作。</p> <p>(註：因 112 年土場案場位址受暴雨及颱風沖毀河床便道，無法通行而停工(累計 4 次，受影響總日數 125 日)。加上本區域地質條件複雜，致井程不易控制，並多次造成卡鑽無法排除，需以水泥封堵既有鑽孔及深度後，重新側鑽。綜合以上不可抗力因素，2,300 公尺之地熱探勘井 1 口(土場 19 號井)雖 112 年鑽鑿總井程已達 3,600 公尺以上，但尚未達到</p>	<p>目標 1：於宜蘭縣土場地區鑽鑿深度 2,300 公尺之地熱探勘井 1 口。</p> <p>關鍵成果：鑽達計畫目標深度，完成 1 口井之鑽井工作。</p>	<p>目標：於宜蘭縣土場地區鑽鑿深度 2,300 公尺之地熱探勘井 2 口。</p> <p>關鍵成果：鑽達計畫目標深度，完成 2 口井之鑽井工作。</p>	

	目標深度。預計延後至113年3月完工。)			
		目標 2：於宜蘭地區鑽鑿深度4,000公尺之深層地熱探勘井 1口。 關鍵成果：鑽達計畫目標深度，完成鑽井工作。		依據經濟部：引領產業創新轉型與發展施政目標。
預期效益	1.探明宜蘭地區地熱能源地下水層之分布及水溫範圍，提升國內地質及地球物理對於東部地熱能源分布之了解，並作為東部地熱發電之前置工作。 2.所鑿地熱水井將作為東部地熱發電廠所需之高溫地下水來源，以提供東部地區綠能供電使用。			
計畫群組及比重	請依群組比重填寫，需有比重最高之群組，且加總須 100%。 <input type="checkbox"/> 生命科技 ____% <input type="checkbox"/> 環境科技 ____% <input type="checkbox"/> 數位科技 ____% <input checked="" type="checkbox"/> 工程科技 <u>100</u> % <input type="checkbox"/> 人文社會 ____% <input type="checkbox"/> 科技創新 ____%			
計畫類別	<input checked="" type="checkbox"/> 前瞻基礎建設計畫、台灣中油公司自籌			
前瞻項目	<input checked="" type="checkbox"/> 綠能建設 <input type="checkbox"/> 數位建設 <input type="checkbox"/> 人才培育促進就業之建設			
推動 5G 發展	<input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否			
資通訊建設計畫	<input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否			
政策依據	1.全國能源會議(第四次)(NEM-0104020103010000)-積極獎勵開發地熱發電資源，發展高效率地熱發電技術，降低地熱發電成本、提升地熱發電效率，逐步推動地熱發電成長。 2.全國能源會議(第四次)(NEM-0104020103010100)-推動第二期能源國家型科技計畫：6.推動地熱發電技術研發、試驗與技術移轉。			
計畫額度	<input checked="" type="checkbox"/> 前瞻基礎建設額度(2.5 億元)、台灣中油公司自籌額度(5.364 億元)			
執行期間	112 年 01 月 01 日 至 114 年 12 月 31 日			
全程期間	112 年 01 月 01 日 至 114 年 12 月 31 日			
前一年度預算	年度	經費(千元)		
	111	無		
資源投入	年度	經費(千元)		
	110	無		

	111								無
	112								162,292
	113								399,472
	114								224,584
	合計								786,348
	112 年度	人事費	40,820	土地建築	5,000				
		材料費	52,529	儀器設備	0				
		其他經常支出	63,943	其他資本支出	0				
		經常門小計	157,292	資本門小計	5,000				
		經費小計(千元)				162,292			
	113 年度	人事費	127,525	土地建築	11,500				
		材料費	127,212	儀器設備	0				
		其他經常支出	133,235	其他資本支出	0				
		經常門小計	387,972	資本門小計	11,500				
		經費小計(千元)				399,472			
	114 年度	人事費	55,688	土地建築	10,000				
		材料費	71,662	儀器設備	0				
		其他經常支出	87,234	其他資本支出	0				
		經常門小計	214,584	資本門小計	10,000				
		經費小計(千元)				224,584			
部會施政計畫關鍵策略目標	經濟部技術處-推動能源轉型。								
本計畫在機關施政項目之定位及功能	<p>本計畫提供鑽井技術及鑽井工程隊以鑽鑿地熱發電所需之地熱探勘井，增加台灣東部地熱潛能之開發並評估地熱能量潛力及擴大開發之可行性。</p> <p>本計畫將於宜蘭地區鑽鑿 4 口淺井及 1 口深層地熱探勘井，可提升東部地區地熱資源產能及發電量，並探明潛在地熱蘊藏量供未來擴大開發地熱發電能源之場址調查並收集高溫地下水之分布範圍作為地熱發電廠之建構依據。</p>								
計畫架構說明	依細部計畫說明								
	細部計畫 1 名稱	宜蘭縣土場第三期地熱探勘井鑽井工程							
	112 年度概估經費(千元)	162,292	計畫性質	G.環境永續與社會發展	預定執	台灣中油股份有限公司			

113 年度概估經費 (千元)	62,292			行機構	
114 年度概估經費 (千元)	224,584				
細部計畫重點描述	<p>1.完成宜蘭縣土場第三期地熱探勘井之鑽井計畫。</p> <p>2.完成宜蘭縣土場第三期地熱探勘井 4 口井之成套鑽井設備動遷、籌鑽、拆遷工作。</p> <p>3.完成宜蘭縣土場第三期地熱探勘井 4 口井之鑽井、組下套管及完井工作。</p>				
主要績效指標 KPI	<p>112 年主要績效指標：</p> <p>1. 完成宜蘭縣土場第三期地熱探勘井 1 口之鑽井計畫。</p> <p>(註：因 112 年土場案場位址受暴雨及颱風沖毀河床便道，無法通行而停工(累計 4 次，受影響總日數 125 日)。加上本區域地質條件複雜，致井程不易控制，並多次造成卡鑽無法排除，需以水泥封堵既有鑽孔及深度後，重新側鑽。綜合以上不可抗力因素，2,300 公尺之地熱探勘井 1 口(土場 19 號井)雖 112 年鑽鑿總井程已達 3,600 公尺以上，但尚未達到目標深度。預計延後至 113 年 3 月完工。)</p> <p>2.完成宜蘭縣土場第三期 1 口鑽深 2,300 公尺之地熱探勘井鑽井工作。</p>				
	<p>113 年主要績效指標：</p> <p>1.完成宜蘭縣土場第三期地熱探勘井 1 口之鑽井計畫。</p> <p>2.完成宜蘭縣土場第三期 1 口鑽深 2,300 公尺之地熱探勘井鑽井工作。</p>				
	<p>114 年主要績效指標：</p> <p>1.完成宜蘭縣土場第三期地熱探勘井 2 口之鑽井計畫。</p> <p>2.完成宜蘭縣土場第三期 2 口鑽深 2,300 公尺之地熱探勘井鑽井工作。</p>				
細部計畫 2 名稱	宜蘭地區深層地熱探勘井鑽井工程				
113 年度概估經費 (千元)	337,180	計畫性質	G.環境永續與社會發展	預定執行機構	台灣中油股份有限公司

	細部計畫 重點描述	1.完成宜蘭地區 4,000 公尺級深層地熱探勘井之鑽井計畫。 2.完成宜蘭地區 4,000 公尺級深層地熱探勘井 1 口之成套鑽井設備動遷、籌鑽、拆遷工作。 3.完成宜蘭地區 4,000 公尺級深層地熱探勘井 1 口之鑽井、組下套管及完井工作。		
	主要績效 指標 KPI	113 年主要績效指標： 1.完成宜蘭地區 4,000 公尺級深層地熱探勘井之鑽井計畫。 2.完成宜蘭深層地熱探勘井 1 口之鑽井成套設備搬遷及籌鑽工作並開始鑽井作業。 3.完成宜蘭地區 4,000 公尺級深層地熱探勘井 1 口之鑽井工作。		
前一年計畫或相關之前期程計畫名稱	無			
前期主要績效	無			
跨部會署計畫	<input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否			
	合作部會署 1	無	112 年度經費 (千元)	
			113 年度經費 (千元)	
	負責內容			
	合作部會署 2	無	112 年度經費 (千元)	
			113 年度經費 (千元)	
負責內容				
中英文關鍵詞	鑽井、定向、地熱探勘井			
計畫連絡人	姓名	林垠成	職稱	組長
	服務機關	台灣中油探採事業部鑽探處		
	電話	03-5963114#370	電子郵件	350265@cpc.com.tw

附錄 - 最終效益與各年度里程碑規劃表

最終效益(Endpoint)與里程碑(Milestone)規劃	修正說明
<p>最終效益：</p> <p>1. 完成 4 口鑽深 2,300 公尺及 1 口鑽深 4,000 公尺之地熱探勘井鑽井工作。</p>	
<p>112 年度里程碑：</p> <p>1. 完成 1 口鑽深 2,300 公尺之地熱探勘井鑽井工作。</p>	<p>因 112 年土場案場位址受暴雨及颱風沖毀河床便道，無法通行而停工(累計 4 次，受影響總日數 125 日)。加上本區域地質條件複雜，致井程不易控制，並多次造成卡鑽無法排除，需以水泥封堵既有鑽孔及深度後，重新側鑽。綜合以上不可抗力因素，2,300 公尺之地熱探勘井 1 口(土場 19 號井)雖 112 年鑽鑿總井程已達 3,600 公尺以上，但尚未達到目標深度。預計延後至 113 年 3 月完工，另 1 口地熱探勘井延後至 113 年度執行。</p>
<p>113 年度里程碑：</p> <p>1. 完成 1 口鑽深 2,300 公尺之地熱探勘井鑽井工作。</p> <p>2. 完成 1 口鑽深 4,000 公尺之深層地熱探勘井鑽井工作。</p>	<p>原細部計畫 1-112 年度未完成之 1 口 2,300 公尺地熱探勘井延至本年度執行。</p>
<p>114 年度里程碑：</p> <p>1. 完成 2 口鑽深 2,300 公尺之地熱探勘井鑽井工作。</p>	<p>原細部計畫 1-113 年度未完成之 2 口 2,300 公尺地熱探勘井延至本年度執行。</p>

貳、計畫緣起

一、政策依據

氣候變遷造成的影響已引發國際高度重視，各國陸續提出「2050 淨零排放」的宣示與行動。為呼應全球淨零趨勢，2021年4月22日世界地球日蔡總統宣示：「2050 淨零轉型是全世界的目標，也是臺灣的目標。」，因此我國於2022年3月正式公布「臺灣 2050 淨零排放路徑及策略總說明」，將以「能源轉型」、「產業轉型」、「生活轉型」、「社會轉型」等四大轉型，及「科技研發」、「氣候法制」兩大治理基礎，輔以「十二項關鍵戰略」，就能源、產業、生活轉型政策預期增長的重要領域制定行動計畫，落實淨零轉型目標。

為因應我國淨零轉型最大化再生能源之政策方向，經濟部因應離岸風力發電、太陽光電、燃燒型生質能發電及地熱能發電之發展趨勢，以再生能源發展環境及強化 2050 淨零路徑氣候法制基礎，擬定「再生能源發展條例」部分條文修正草案，並於 111 年 6 月 21 日正式預告，此次修法草案明定地熱能探勘、開發、營運等階段之相關規範，並由中央主導申設程序，建立地熱加速開發之友善法制環境。

二、擬解決問題之釐清

為改善目前高度依賴石油工業且降低石油工業所造成二氧化碳等溫室氣體排放量，降低化石能源，增加綠色能源為我國政策推動方向。

為協助再生能源擴大量能，開發地熱為我國主要開發替代能源之一，以現行地熱目前主要應用傳統熱發電技術，後續研發將著重於開發深層先進地熱技術等。

配合政府能源政策，加速地熱開發及地熱發電計畫已是未來趨勢，然目前開發地熱鑽井工作遭遇下列等議題：

(一) 地熱可開發資源不明確

(二) 鑽井技術及量能不足

（三）探勘程序尚未明確

需依賴公私部門共同投入，加速國內地熱潛能探勘，明確國內鑽井市場需求，引入國際團隊厚植能力並藉由簡化探勘行政程序標準化作業，營造簡政便民之投資環境，藉由擴散實務案場開發經驗，加速建構臺灣地熱潛能資訊、量能與推動進程。

三、目前環境需求分析與未來環境預測說明

（一）政府於 111 年 4 月提出 2050 淨零排放，並修正《溫室氣體減量及管理法》為《氣候變遷因應法》。新法中明確宣示溫室氣體長期減量目標為 139 年達到溫室氣體淨零排放。

（二）國際地熱探勘井開發已有多數歷史，其中日本及冰島為技術發展較快且成熟者，目前地熱發電技術者要分為三種，增強型地熱系統(EGS)、先進地熱系統(AGS)、超臨界地熱系統(SGS)，其中以增強型地熱系統最為泛用。

（三）國內地熱技術目前仍以鑽鑿溫泉井供光觀使用，商業用之地熱發電廠僅清水地熱發電廠一座，有鑑於國內對於深層鑽井能力及技術之缺乏，台灣中油探採事業部附屬部門鑽探工程處具有多年鑽鑿深井之經驗及機具設備，如能善用此經驗於東部地區開發地熱能源，將可加速國內地熱發電開發進程，並鼓勵民間投入地熱發電產業。

四、本計畫對社會經濟、產業技術、生活品質、環境永續、學術研究、人才培育等之影響說明

藉由台灣中油公司現有之鑽井經驗及設備加速國內地熱發電開發，於東部建立地熱發電廠，除可供東部地區供電外，亦可作為地熱開發之示範教材，供民間業者參考。

鑽井過程及商轉後之地熱電廠可作為民眾科普教育之場地，提高民眾對地熱發電認識及其潛能的理解，所引入的新技術如液裂技術、乾熱岩熱能、利用火山熱能發電之超臨界地熱系統等將可進一步提升國內地熱開發

能力，為未來地熱產業樹立標竿。

參、計畫目標與執行方法

一、目標說明

2050 淨零排放為全球環境永續經營之共同目標，「東部地區地熱鑽井計畫」(下稱本計畫)主要以開發地熱作為能源轉型之方案，於台灣東部具地熱潛能地區鑽鑿不同深度之地熱探勘井以探明地熱發展潛能及開發地熱能源供地熱發電使用，本計畫目前現況及預計達目標：

- (一) 依據探勘建議撰寫鑽井計畫。
- (二) 規劃鑽井排程並採購鑽井及完井所需之材料。
- (三) 預計於 112 年於宜蘭地區完成 1 口深度 2,300 公尺之地熱探勘井鑿鑽。(註：因 112 年土場案場位址受暴雨及颱風沖毀河床便道，無法通行而停工(累計 4 次，受影響總日數 125 日)。加上本區域地質條件複雜，致井程不易控制，並多次造成卡鑽無法排除，需以水泥封堵既有鑽孔及深度後，重新側鑽。綜合以上不可抗力因素，2,300 公尺之地熱探勘井 1 口(土場 19 號井)雖 112 年鑽鑿總井程已達 3,600 公尺以上，但尚未達到目標深度。預計延後至 113 年 3 月完工。)
- (四) 預計於 113 年於宜蘭地區完成 1 口深度 2,300 公尺之地熱探勘井鑿鑽及 1 口深度 4,000 公尺之深層地熱探勘井鑿鑽。
- (五) 預計於 114 年於宜蘭地區完成 2 口深度 2,300 公尺之地熱探勘井鑿鑽。

計畫全程總目標(end point)					
本計畫預計 112 年開始宜蘭縣土場第三期地熱探勘井鑽井工程，於 114 年底執行完成。					
里程碑(milestone)					
年度	第一年 民 112 年	第二年 民 113 年	第三年 民 114 年	第四年 民 115 年	第四年 民 116 年 (8 月)

計畫全程總目標(end point)					
本計畫預計 112 年開始宜蘭縣土場第三期地熱探勘井鑽井工程，於 114 年底執行完成。					
里程碑(milestone)					
年度	第一年 民 112 年	第二年 民 113 年	第三年 民 114 年	第四年 民 115 年	第四年 民 116 年 (8 月)
年度目標	1.撰寫宜蘭縣土場第三期地熱探勘井 4 口井之鑽井計畫 2.執行宜蘭縣土場第三期 1 口鑽深 2,300 公尺之地熱探勘井鑽井工作。	1.執行宜蘭縣土場第三期 1 口鑽深 2,300 公尺之地熱探勘井鑽井工作。 2.撰寫宜蘭地區 4,000 公尺級深層地熱探勘井 1 口之鑽井計畫及執行該鑽井工作。	執行宜蘭縣土場第三期 2 口鑽深 2,300 公尺之地熱探勘井鑽井工作。	無	無
預期關鍵成果	完成宜蘭縣土場第三期地熱探勘井 4 口井鑽井計畫及其中 1 口鑽深 2,300 公尺之鑽井工作。 (註：因 112 年土場案場位址受暴雨及颱風沖毀河床便道，無法通行而停工(累計 4 次，受影響總日數 125 日)。加上本區域地質條件複雜，致井程不易控制，並多次造成卡鑽無法排除，需以水泥封堵既有鑽孔及深度後，重新側鑽。綜合以上不可抗力因素，2,300 公尺之地熱探勘井 1 口(土場 19 號井)雖 112 年鑽鑿總井	1.完成宜蘭縣土場第三期 1 口鑽深 2,300 公尺之地熱探勘井鑽井工作。 2.完成宜蘭地區 4,000 公尺級深層地熱探勘井 1 口之鑽井計畫及執行該鑽井工作。	完成宜蘭縣土場第三期 2 口鑽深 2,300 公尺之地熱探勘井鑽井工作。		

計畫全程總目標(end point)					
本計畫預計 112 年開始宜蘭縣土場第三期地熱探勘井鑽井工程，於 114 年底執行完成。					
里程碑(milestone)					
年度	第一年 民 112 年	第二年 民 113 年	第三年 民 114 年	第四年 民 115 年	第四年 民 116 年 (8 月)
	程已達 3,600 公尺以上，但尚未達到目標深度。預計延後至 113 年 3 月完工。)				

二、執行策略及方法

本計畫以宜蘭縣大同鄉土場地區作為開發地熱能源開發場址，本計畫細部計畫分項及說明如下：

細部計畫名稱	執行策略說明(請依細部、子項計畫逐層說明)
<u>宜蘭縣土場第三期地熱探勘井鑽井工程</u>	執行 4 口宜蘭大同鄉土場 2,300 公尺地熱探勘井鑿鑽
宜蘭地區深層地熱探勘井鑽井工程	執行 1 口宜蘭地區 4,000 公尺深層地熱探勘井鑿鑽

- (一) 依地質資料撰寫鑽井計畫，規劃場地、成套設備之選擇及設置、制定套管計畫、泥漿計畫，並開始採購相關耗材，排定鑽井排程，以確保有鑽井工程隊可使用。
- (二) 場地開坪整地妥後，開始籌鑽工作並將成套鑽井設備運至井場組立，籌鑽完成後開始鑽進，於鑽至計畫深度後組下套管及篩管至生產層。
- (三) 循環淨井內泥漿後，誘噴地下水測試其自噴能力，最後安裝井口裝置完成鑽井工程，拆卸成套設備至下一口井。

三、達成目標之限制、執行時可能遭遇之困難、瓶頸與解決的方

式或對策

本計畫以開發地熱能源，並研發深層地熱探勘井技術，作為替代石油能源之綠色能源以減少碳排放為主要目標，就技術而言對於定向技術及後續產能所需之鑽井技術仍須突破。

可能遭遇困難、瓶頸	解決方式或對策
1.現有鑽井設備老化，鑽井能力受影響。	1.台灣中油公司已採購 3 部新型自動化成套設備，並將陸續更新鑽井設備。
2.定向用設備(MWD)於高溫環境下無法正常運作，易受影響。	2.改以耐溫能力較強之 Single shot 來進行測井工作。
3.井場因地處深山，井位取得不易。	3.由台灣中油公司向地方政府及林務局、河川局商量借用林地或河岸高灘地作為井場供鑽井設備使用，如仍無法取得則於較易取得之井位以定向鑽井技術鑽進至目標深度。
4.井場位於變質岩區，地質及地層走向複雜多變，方向角及井程不易控制，且起鑽時容易造成卡阻。	4.鑽探時注意泵壓變化，管串如有蝕孔則立即更換，避免管串斷損，造成需費時打撈斷管。並配合地質電測資料，於鑽進時同步改善井孔情況，確保井孔狀況良好，避免卡鑽，進而提高鑽井效率。
5.需行駛 2 公里之田古爾溪河床便道(臨時道路)方能抵達井場，河床便道常因颱風或暴雨而遭沖毀，無法通行，影響鑽井進度。	5.颱風或豪雨結束，即增派挖土機盡速修復聯外河床便道，同時如後山林道狀況良好，則人員先行進入案場，以兩班制作業進行鑽井工作。待河床道路修復，使重型機具及材料可經河床便道入場後，即行三班制鑽井作業。

四、與以前年度差異說明

本計畫於 112 年開始，無差異說明。

五、跨部會署合作說明

本計畫無跨部會署合作。

六、與本計畫相關之其他預算來源、經費及工作項目

(112 年度)

預算來源	經費(千元)	工作項目
科技發展		
公共建設(前瞻預算)	100,000	宜蘭縣土場第三期地熱探勘井鑽井工程
基本需求 (部會施政+社會發展)		
其他(台灣中油公司自籌)	62,292	宜蘭縣土場第三期地熱探勘井鑽井工程

(113 年度)

預算來源	經費(千元)	工作項目
科技發展		
公共建設(前瞻預算)	50,000	宜蘭地區深層地熱探勘井鑽井工程
基本需求 (部會施政+社會發展)		
其他(台灣中油公司自籌)	349,472	宜蘭縣土場第三期地熱探勘井鑽井工程 宜蘭地區深層地熱探勘井鑽井工程

(114 年度)

預算來源	經費(千元)	工作項目
科技發展		
公共建設(前瞻預算)	100,000	宜蘭縣土場第三期地熱探勘井鑽井工程
基本需求 (部會施政+社會發展)		
其他(台灣中油公司自籌)	124,584	宜蘭縣土場第三期地熱探勘井鑽井工程

肆、前期重要效益成果說明

本計畫於 112 年開始，暫無至 110 年之前期成果。

伍、預期效益及效益評估方式規劃

一、 預期效益

本計畫完成後，期能達到下列效益：

- (一) 完成 4 口鑽深 2,300 公尺之地熱探勘井及 1 口鑽深 4,000 公尺之深層地熱探勘井，所鑿地熱水井將作為東部地熱發電廠所需之高溫地下水來源，以提供東部地區綠能供電使用。
- (二) 建立台灣地熱能源開發模式。本計畫布局對地下深層再生能源之探查，及地下相關熱流技術模擬，調查研究所獲得資訊，可促進對於國土深層地熱能源開發之進一步了解，提供政府及產業作為進階探勘或開發規劃之依據。
- (三) 探明宜蘭地區地熱能源地下水層之分布及水溫範圍，提升國內地質及地球物理對於東部地熱能源分布之了解，建立地質模型及地熱水文地質模型，提高東部地熱發電之工作效率。
- (四) 吸引國內企業合作投資。政府投入大深層地質開發前期的探勘，探測出可靠地質資訊及再生能源發展條件評估，預計吸引投資者或開發商興趣，同時帶動探勘顧問業、鑽探業、資源探勘公司等產業發展形成地熱產業聚落。

二、 效益評估方式規劃

本計畫之效益評估規劃如下：

- (一) 計畫第 1 年完成 1 口鑽深 2,300 公尺地熱探勘井之鑽井及完井工作。(註：因 112 年土場案場位址受暴雨及颱風沖毀河床便道，無法通行而停工(累計 4 次，受影響總日數 125 日)。加上本區域地質條件複雜，致井程不易控制，並多次造成卡鑽無法排除，需以水泥封堵既有鑽孔及深度後，重新側鑽。綜合以上不可抗力因素，2,300 公尺之地熱探勘井 1 口(土場 19 號井)雖 112 年鑽鑿總井程已達 3,600 公尺以上，但尚未達到目標深度。預計延後至 113 年 3 月完工。)

- (二) 計畫第 2 年完成 1 口鑽深 2,300 公尺地熱探勘井之鑽井及完井工作及 1 口鑽深 4,000 公尺深層地熱探勘井之鑽井及完井工作。
- (三) 計畫第 3 年完成 2 口鑽深 2,300 公尺地熱探勘井之鑽井及完井工作。
- (四) 淨零相關效益：估計可探明可供一 5MW 裝置容量之地熱發電廠運營 20 年之地熱資源量，年發 32.1 百萬度電(表示至小數第一位)，依能源署最新公布之 2022 年電力排碳係數每度電 0.495 公斤計算，年減碳效益為 15898.3 公噸。

陸、自我挑戰目標

112 年度：

運用近年鑽鑿地熱探勘井之經驗提高鑽井效率，減少井下事故及漏泥事件發生，以期減少工作期程，提升公安品質。

113 年度：

現有設備機具老舊，導致施工效率受影響，本計畫已於 111 年採購 3 部新式自動化鑽井設備，預計 113 年可投入使用，預期將可提升鑽井效率。

114 年度：

因宜蘭土場區河床道路改善工程及基地防洪設施工程之基礎建設建置完成，並利用土場 19 及 20 號井之鑽探經驗，縮短單口地熱探勘井之鑽井速率，以達本年度完成 2 口地熱探勘井之目標。

柒、經費需求/經費分攤/槓桿外部資源

經費需求表(B005)

單位：千元

細部計畫名稱	計畫屬性	計畫預算	112 年度			113 年度			114 年度		
			小計	經常支出	資本支出	小計	經常支出	資本支出	小計	經常支出	資本支出
宜縣場三地探井井程	G. 環永與會展 境續社發	前瞻預算	100,000	100,000	0	0	0	0	100,000	100,000	0
		台灣中油公司自籌	62,292	57,292	5,000	62,292	57,292	5,000	124,584	114,584	10,000
		合計	162,292	157,292	5,000	62,292	57,292	5,000	224,584	214,584	10,000
宜地深地探井井程	G. 環永與會展 境續社發	前瞻預算	0	0	0	50,000	50,000	0	0	0	0
		台灣中油公司自籌	0	0	0	287,180	280,680	6,500	0	0	0
		合計	0	0	0	337,180	330,680	6,500	0	0	0

A. 組織維運/類業務：常態性支持與維運法人組織運作，或為支持科研發展衍生之常規性業務或研究等計畫。

- B. 資通訊建設：以資通訊設備建置為計畫核心，目的在於推動資訊化社會之建設，建構完善基礎環境，規劃資訊通信關鍵應用，以帶動資訊國力提升。
- C. 人才培育：計畫主軸係以人才培育為核心策略，以人力資本的投入帶動基礎研究、產業發展或轉型及公共民生之發展。
- D. 基礎研究：非以專門或特定應用/使用為目的，成果不特別強調與產業的連結性；或為目前已知或未來預期面臨之問題，但尚缺乏廣泛知識基礎而進行之研究。本屬性涵蓋基礎研究核心設施。
- E. 產業技術研發：進行與產業連結性高之相關技術研究與開發。
- F. 產業服務與應用：將科技研究與技術應用於產業，進而推動產業發展，包括技術及產品應用或產業輔導等。
- G. 環境永續與社會發展：具永續性或有助於民生及公共福祉之公共資源、公共服務、科技政策等，於短、中、長期可促進各類人民福祉之提升、環境之保全與安全之促進。

112 年度經費需求表

經費需求說明

- 一、經費計算基準：年度總經費估列為 162,292 千元，本年工作項目為鑽鑿 1 口鑽深 2,300 公尺地熱探勘井，估列各項經費如下：人事費 40,820 千元、材料費 52,529 千元、土地建築 5,000 千元、其他經常支出 63,943 千元(設備折舊費用、電測費用、運輸費用、分攤鑽井服務部門費用等)。
- 二、本年度之 1 口探勘井工程申請 50,000 千元前瞻預算外， 113 年度鑽深 2,300 公尺地熱探勘井之 50,000 千元前瞻預算亦於 112 年度請款，用以鑽井工程前部份經常支出項目(人事費 12,976 千元、材料費 16,698 千元及其他經常支出 20,326 千元)。
- 三、設備主要為鑽井設備及耗材，設備屬執行機關自有。
- 四、本案藉由鑽鑿地熱探勘井提升地熱能源產量，並探勘地下高溫水層之分佈及含量，降低地熱開發之風險，提高民間企業投入地熱產業之意願，吸引國內及國外企業投資興趣，使外部資源注入相關產業。

112 年度經費需求表

單位：千元

計畫名稱	細部計畫重點描述	主要績效指標 KPI	計畫預算	112 年度						
				小計	經常支出			資本支出		
					人事費	材料費	其他費用	土地建築	儀器設備	其他費用
一、細部計畫 1 宜蘭縣土場第三期地熱探勘井鑽井工程	完成針對宜蘭縣土場 1 口鑽深 2,300 公尺之鑽井計畫撰寫並完成其鑽井工作。	完成 1 口鑽深 2,300 公尺之鑽井工作。	前瞻預算	50,000	12,976	16,698	20,326	0	0	0
			台灣中油公司自籌	62,292	14,868	19,133	23,291	5,000	0	0
	113 年度鑽深 2,300 公尺地熱探勘井之鑽井工程前期準備。		前瞻預算	50,000	12,976	16,698	20,326	0	0	0
			台灣中油公司自籌	0	0	0	0	0	0	0
			合計	162,292	40,820	52,529	63,943	5,000	0	0

註：因 112 年土場案場位址受暴雨及颱風沖毀河床便道，無法通行而停工(累計 4 次，受影響總日數 125 日)。加上本區域地質條件複雜，致井程不易控制，並多次造成卡鑽無法排除，需以水泥封堵既有鑽孔及深度後，重新側鑽。綜合以上不可抗力因素，2,300 公尺之地熱探勘井 1 口(土場 19 號井)雖 112 年鑽鑿總井程已達 3,600 公尺以上，但尚未達到目標深度。預計延後至 113 年 3 月完工。

113 年度經費需求表

經費需求說明

一、經費計算基準：年度總經費估列為 399,472 千元，本年工作項目為鑽鑿 1 口鑽深 2,300 公尺地熱探勘井及 1 口鑽深 4,000 公尺深層地熱探勘井，估列各項經費如下：人事費 127,525 千元、材料費 127,212 千元、土地建築 11,500 千元、其他經常支出 133,235 千元(設備折舊費用、電測費用、運輸費用、分攤鑽井服務部門費用等)。本年度鑽深 2,300 公尺地熱探勘井之 50,000 千元前瞻預算已於 112 年度請款支出，用以鑽井工程前經常支出項目。

二、設備主要為鑽井設備及耗材，設備屬執行機關自有。

三、本案藉由鑽鑿地熱探勘井提升地熱能源產量，並探勘地下高溫水層之分佈及含量，降低地熱開發之風險，提高民間企業投入地熱產業之意願，吸引國內及國外企業投資興趣，使外部資源注入相關產業。

113 年度經費需求表

單位：千元

計畫名稱	細部計畫重點描述	主要績效指標 KPI	計畫預算	113 年度						
				小計	經常支出			資本支出		
					人事費	材料費	其他費用	土地建築	儀器設備	其他費用
一、細部計畫 1 宜蘭縣土場第三期地熱探勘井鑽井工程	完成針對宜蘭縣土場 1 口鑽深 2,300 公尺之鑽井計畫撰寫並完成其鑽井工作。	完成 1 口鑽深 2,300 公尺之鑽井工作。	前瞻預算	0	0	0	0	0	0	0
			中油公司自籌	62,292	14,868	19,133	23,291	5,000	0	0
			合計	62,292	14,868	19,133	23,291	5,000	0	0
二、細部計畫 2 宜蘭地區深層地熱探勘井鑽井工程	完成針對宜蘭地區 1 口鑽深 4,000 公尺之深層地熱鑽井計畫撰寫並完成其鑽井工作。	完成 1 口鑽深 4,000 公尺之深層地熱鑽井工作。	前瞻預算	50,000	17,034	16,342	16,624	0	0	0
			中油公司自籌	287,180	95,623	91,737	93,320	6,500	0	0
			合計	337,180	112,657	108,079	109,944	6,500	0	0

114 年度經費需求表

經費需求說明

- 一、經費計算基準：年度總經費估列為 224,584 千元，本年工作項目為鑽鑿 2 口鑽深 2,300 公尺地熱探勘井，估列各項經費如下：人事費 55,688 千元、材料費 71,662 千元、土地建築 10,000 千元、其他經常支出 87,234 千元(設備折舊費用、電測費用、運輸費用、分攤鑽井服務部門費用等)。
- 二、設備主要為鑽井設備及耗材，設備屬執行機關自有。
- 三、本案藉由鑽鑿地熱探勘井提升地熱能源產量，並探勘地下高溫水層之分佈及含量，降低地熱開發之風險，提高民間企業投入地熱產業之意願，吸引國內及國外企業投資興趣，使外部資源注入相關產業。

114 年度經費需求表

單位：千元

計畫名稱	細部計畫重點描述	主要績效指標 KPI	計畫預算	114 年度						
				小計	經常支出			資本支出		
					人事費	材料費	其他費用	土地建築	儀器設備	其他費用
一、細部計畫 1 宜蘭縣土場第三期地熱探勘井鑽井工程	完成針對宜蘭縣土場 2 口鑽深 2,300 公尺之鑽井計畫撰寫並完成其鑽井工作。	完成 2 口鑽深 2,300 公尺之鑽井工作。	前瞻預算	100,000	25,952	33,396	40,652	0	0	0
			中油公司自籌	124,584	29,736	38,266	46,582	10,000	0	0
			合計	224,584	55,688	71,662	87,234	10,000	0	0

經費分攤表(B008)

112 年度(本案無跨部會計畫)

跨部會 主提/合提機關 (含單位)	細部計畫名稱	負責內容	主要績效指標 KPI	經費額度
經費合計				

經費分攤表(B008)

113 年度(本案無跨部會計畫)

跨部會 主提/合提機關 (含單位)	細部計畫名稱	負責內容	主要績效指標 KPI	經費額度
經費合計				

經費分攤表(B008)

114 年度(本案無跨部會計畫)

跨部會 主提/合提機關 (含單位)	細部計畫名稱	負責內容	主要績效指標 KPI	經費額度
經費合計				

捌、財務計畫

本案執行期間為 112 年 1 月 1 日至 114 年 12 月 31 日，預算金額 7.864 億元，其中前瞻基礎建設額度 2.5 億元，台灣中油公司自籌額度 5.364 億元，自籌部分係自台灣中油公司年度探勘費用項下支應。本計畫係以前瞻預算及中油公司自籌經費辦理鑽鑿地熱發電所需之地熱探勘井，增加台灣東部地熱潛能之開發並評估地熱能量潛力及擴大開發之可行性為主，無相關收入，無自償現金流，但有助於探明潛在地熱蘊藏量供未來擴大開發地熱發電能源之場址調查並收集高溫地下水之分布範圍作為地熱發電廠之建構依據。

玖、儀器設備需求

本計畫直接使用台灣中油公司既有之儀器設備，無申購單價新臺幣 1,000 萬元以上科學儀器設備需求。

拾、就涉及公共政策事項，是否適時納入民眾參與機制之說明

本計畫為公共政策事項之一，民眾參與機制由主管機關裁定。

拾壹、附錄

一、政府科技發展計畫自評結果(A007)

(一)計畫名稱：東部地區地熱鑽井計畫

審議編號：

計畫類別：前瞻基礎建設計畫

(二)自評委員：費立沅、黃柏壽、李錫堤

日期：111 年 7 月

(三)審查意見及回復：

序號	審查意見	回復說明
1	這個地熱鑽井計畫應有前期探勘的綜合分析成果做支柱，說明為何要在什麼地點鑽多深的井，井位是怎麼決定的？井的偏斜方位及偏斜角度如何？目標層如何？等。	感謝委員意見，本地熱鑽井計畫之前期探勘的綜合分析成果請參增列附件「土場 19-22 號井興辦水利構造物申請書」。本計畫擬於宜蘭縣大同鄉土場地熱區鑽探 4 口 2,300 公尺之地熱探井，預定井名為土場 19-22 號地熱探勘井。鑽探目的為在探明原已探明之地熱田區域之外的探勘範圍外緣之熱水儲層，以了解土場地熱潛能區範圍及深度是否可再擴大。井位決定請參第四章、開發範圍之地質報告。4 口地熱探勘井之偏斜方位偏斜角度請參附件計畫書第 53 頁。目標層為廬山層仁澤段(19-21 號探井)及廬山層清水湖段(22 號探井)。有關 4,000 公尺地熱探勘井位置，中油公司目前正積極與中研院於宜蘭平原合作探勘，待探勘資料蒐集並研擬妥好景區後，將另提

		計畫書。
2	本地熱鑽井計畫是否有其他地質調查計畫相配合？以綜合所有探查分析成果，釐清地熱儲集層，做成該地熱區的地質模型及地熱水文地質模型，供做地熱生產之用。	感謝委員意見，中油公司已完成地質調查並參考地質調查所地質調查資料，綜合地球物理、井下物理測勘、地球化學資料及已公開發表之文獻及地熱井產能測試結果建立土場區地熱地質模型，作為此區域未來研擬地熱水文地質模型及最佳回注策略之參考依據，詳請參附件「土場19-22號井興辦水利構造物申請書」。須待土場19-22號井完鑽且產能測試後才能完善水文地質模型。有關4,000公尺地熱探勘井，中油公司目前正積極與中研院於宜蘭平原合作探勘，待探勘資料蒐集並研擬妥好景區後，將另提計畫書並建置模型。
3	因本計畫目標區的地熱儲集狀況目前尚未十分明瞭，所以這兩年預定的鑽井性質上都屬探勘井。計畫書中所有「地熱井」用詞都宜改為「地熱探勘井」，以名符其實，並避免誤導。	感謝委員意見，已將計畫書中「地熱井」修改為「地熱探勘井」。
4	對土場地熱區而言，這兩年再增加4口深井後，應明確建立地質模型及地熱水文地質模型，並補充於計畫書的預期效益一節中。	感謝委員意見，已將建立地質模型及地熱水文地質模型新增於計畫書的預期效益一節中。
5	新增的一口4,000公尺地熱探勘井，應說明其位置怎麼選及大概會選在哪個區域。	感謝委員意見，有關4,000公尺地熱探勘井位置，中油公司目前正積極與中研院於宜蘭平原合作探勘，包含震波測勘、大地電磁、噪訊成象等地球物理探勘。近期方啟動探勘作業，待探勘資料蒐集並研擬妥好景區後，將另提計畫書說明。
6	4,000公尺地熱探勘井在深度約3,000公尺以下可能就沒有岩石裂隙或孔隙可以滲水出來了，而處於	感謝委員意見，有關乾熱岩取熱技術事宜，中油公司已與國外專業服務公司洽談合約中，該公司

	乾熱岩的狀態。乾熱岩如何取熱？請先做既有資料的研究，並規劃完孔後的取熱全尺度試驗，以瞭解不同取熱方法的效率。	具EGS、AGS等取熱技術作業能力。待4,000公尺地熱探勘井取得岩心、岩石物理、電測、溫度等資料後，即請該公司依地質條件如現地應力建議最具效率之取熱方式，於完井後進行取熱試驗。
7	"借用林地或河床作為井場"(p.14),"河床"請改為"河岸高灘地"。	感謝委員意見，已將計畫書中「河床」修改為「河岸高灘地」。
8	既然本計畫屬於「宜蘭縣土場第三期地熱井之鑽井計畫」工作項目，建議預定執行機關(台灣中油股份有限公司)，將宜蘭縣土場地熱發電之整體規劃內容概要敘述，目前的計畫書看不出願景、不瞭解現況、無從知悉關聯、是否已掌握關鍵技術(有無因應對策)等，前述內容似乎都沒有在計畫書中說明，因此實在難以判斷2年鑽鑿5口地熱井，是否能達成計畫目標與預期的關鍵成果？	感謝委員意見，本地熱鑽井計畫之整體規劃內容請參增列附件「土場19-22號井興辦水利構造物申請書」。
9	宜蘭縣土場地熱案場，應是台灣中油寄望發展淺層地熱與增強型地熱的重要示範區，但是所有的鑽井工作內容，似乎都只是以「中油本身設備能力」為考量，或是僅以設置生產井取熱為導向，並未學習到國外地熱發展的完整經驗，或是思考應設置1~2口地質調查分析的「全岩心取樣」探勘井(用以驗證地表或孔內地球物理數據、相關數值模擬參數設定之重要依據)。以目前的方式規劃，地質人員不可能完成案場合理的地熱地質概念模型，且只會讓地質的不確定性，永遠伴隨著計畫的每一個進程，同時也會讓土場地熱發電高風險的陰影，造成示範區未來可能失敗的結果(萬一失敗時，則可以歸咎於地質的不確定性)。如果連國營事業領頭羊都是秉持這種近利的想法，如何能引導民間業者正確的觀念？而且對於一直希望以正確方	感謝委員意見，中油公司將學習成功的地熱發展經驗。本地熱鑽井計畫之整體規劃內容請參增列附件「土場19-22號井興辦水利構造物申請書」。中油公司為驗證地表或孔內地球物理數據，取得相關數值模擬參數，已與地質調查所合作於大屯山進行探勘井鑽鑿，將進行岩心取樣及井下電測對比，相信可獲得良好成果。而土場地區因已鑽鑿16口井，且部分井已採取岩心，並獲得孔滲參數，井下電測對比良好，待土場19-22號井完鑽且產能測試後，即可進行相關數值模擬。為利加速地熱發電期程，擬依「土場19-22號井興辦水利構造物申請書」規劃鑿井。

	式，調查分析潛能區的中央地質調查所，也造成莫大的無形壓力。	
10	目前計畫書的內容，只有一再重複要在兩年內鑽鑿2,300m及4,000m的地熱井，而且似乎這就是唯一的選擇，卻完全沒有任何的文字輔助說明(何處？為何？如何?)，實在很難令人信服5.6億元預算是合理的。	感謝委員意見，本地熱鑽井計畫之整體規劃內容請參增列附件「土場19-22號井興辦水利構造物申請書」。 另外，有關4,000公尺地熱探勘井位置，中油公司目前正積極與中研院於宜蘭平原合作探勘。近期方啟動探勘作業，待探勘資料蒐集並研擬妥好景區後，將另提計畫書說明。
11	對於開發地熱所進行之鑽深地點，應蒐集完整地質地物探勘資訊、提供具體地熱潛能評估報告以利鑽深計畫評估與執行參考。	感謝委員意見，本地熱鑽井計畫之整體規劃內容請參增列附件「土場19-22號井興辦水利構造物申請書」。
12	對於113年度之深鑽地點宜儘早確定、進行深部地物探勘評估及規劃進行深鑽及產能測試所需配合計畫以增進鑽深成功率。	有關113年度之深鑽地點，中油公司目前正積極與中研院於宜蘭平原合作探勘，包含震波測勘、大地電磁、噪訊成像等地球物理探勘。中油公司與中研院近期方啟動相關探勘作業，待探勘資料蒐集並研擬妥好景區後，將另提計畫書說明。
13	本計畫執行成果對於瞭解宜蘭地區地下熱水分佈、流向及其深部源頭具有重要價值，宜增加相關鑽深後配合分析研究規劃。	感謝委員意見，本地熱鑽井計畫之整體規劃內容請參增列附件「土場19-22號井興辦水利構造物申請書」。同步規劃鑽探後應用所有取得之地質、地物、地化、井下物理、產能測試等資料建置土場區地熱地質模型及地熱水文模型。

二、中長程個案計畫自評檢核表

檢視項目	內容重點 (內容是否依下列原則撰擬)	主辦機關		主管機關		備註
		是	否	是	否	
1、計畫書格式	(1)計畫內容應包括項目是否均已填列(「行政院所屬各機關中長程個案計畫編審要點」(以下簡稱編審要點)第5點、第10點)	✓		✓		本計畫為第一期計畫，需依據鑽探結果規劃未來地熱發電能源開發最適設計，無自償性。
	(2)延續性計畫是否辦理前期計畫執行成效評估，並提出總結評估報告(編審要點第5點、第13點)		✓		✓	
	(3)是否本於提高自償之精神提具相關財務策略規劃檢核表？並依據各類審查作業規定提具相關書件		✓		✓	
2、民間參與可行性評估	(1)是否評估民間參與之可行性，並撰擬評估說明(編審要點第4點)		✓		✓	本計畫係藉由台灣中油公司多年鑽井經驗及鑽井機具探明潛在地熱蘊藏量，以建立臺灣地熱產業推動動能，故無民間參與之可行性。 本計畫為台灣中油公司探明潛在地熱蘊藏量供未來擴大開發地熱發電能源之廠址調查並收集高溫地下水之分布範圍，不適用「促參預評估檢核表」。
	(2)是否填寫「促參預評估檢核表」評估(依「公共建設促參預評估機制」)		✓		✓	
3、經濟及財務效益評估	(1)是否研提選擇及替代方案之成本效益分析報告(「預算法」第34條)	✓		✓		詳P.51、五。
	(2)是否研提完整財務計畫	✓		✓		詳P.34、捌。
4、財源籌措及資金運用	(1)經費需求合理性(經費估算依據如單價、數量等計算內容)	✓		✓		詳P.23-33。
	(2)資金籌措：本於提高自償之精神，將影響區域進行整合規劃，並將外部效益內部化		✓		✓	本計畫所需費用約7.864億元(前瞻補助2.5億元、台灣中油公司自籌5.364億元)。
	(3)經費負擔原則： a.中央主辦計畫：中央主管相關法令規定 b.補助型計畫：中央對直轄市及縣(市)政府補助辦法、本於提高自償之精神所擬訂各類審查及補助規定	✓		✓		詳P.20、六。
	(4)年度預算之安排及能量估算：所需經費能否於中程歲出概算額度內容納加以檢討，如無法納編者，應檢討調減		✓		✓	

檢視項目	內容重點 (內容是否依下列原則撰擬)	主辦機關		主管機關		備註
		是	否	是	否	
	一定比率之舊有經費支應；如仍有不敷，須檢附以前年度預算執行、檢討不經濟支出及自行檢討調整結果等經費審查之相關文件					
	(5)經資比1：2（「政府公共建設計畫先期作業實施要點」第2點）		✓		✓	詳 P.23。
	(6)屬具自償性者，是否透過基金協助資金調度		✓		✓	
5、人力運用	(1)能否運用現有人力辦理	✓		✓		無新增人力。
	(2)擬請增人力者，是否檢附下列資料： a.現有人力運用情形 b.計畫結束後，請增人力之處理原則 c.請增人力之類別及進用方式 d.請增人力之經費來源		✓		✓	
6、跨機關協商	(1)涉及跨部會或地方權責及財務分攤，是否進行跨機關協商		✓		✓	無涉及跨部會議題。
	(2)是否檢附相關協商文書資料		✓		✓	
7、土地取得	(1)能否優先使用公有閒置土地房舍	✓		✓		
	(2)屬補助型計畫，補助方式是否符合規定（中央對直轄市及縣(市)政府補助辦法第10條）		✓		✓	非屬補助型計畫。
	(3)計畫中是否涉及徵收或區段徵收特定農業區之農牧用地		✓		✓	本計畫使用土地為租用，並未涉及徵收土地。
	(4)是否符合土地徵收條例第3條之1及土地徵收條例施行細則第2條之1規定		✓		✓	
	(5)若涉及原住民族保留地開發利用者，是否依原住民族基本法第21條規定辦理	✓		✓		詳參部落會議紀錄。
8、風險管理	是否對計畫內容進行風險管理	✓		✓		詳 P.51-55。
9、性別影響評估	是否填具性別影響評估檢視表	✓		✓		詳 P.47-49。
10、環境影響分析 (環境政策評估)	是否須辦理環境影響評估		✓		✓	非屬「開發行為應實施環境影響評估細目及範圍認定標準」第29條規範項目。
11、淨零轉型通案評估	(1)是否以二氧化碳之減量為節能減碳指標，並設定減量目標	✓		✓		本計畫於東部具地熱潛能地區鑽鑿不同深度地熱井，係為地熱電廠開發之前置作業，與臺灣2050淨零轉型12項關鍵戰略(前瞻能源)政策相符，後續若有設置地熱能發電設備之潛力，所產之電能即為綠電，未
	(2)是否規劃採用綠建築或其他節能減碳措施	✓		✓		
	(3)是否強化因應氣候變遷之調適能力，並納入淨零排放及永續發展概念，優先選列臺灣2050淨零排放路徑、淨零科技方案及淨零轉型十二項關鍵戰略、臺灣永續發展目標及節能相關指標	✓		✓		

檢視項目	內容重點 (內容是否依下列原則撰擬)	主辦機關		主管機關		備註
		是	否	是	否	
	(4)是否屬臺灣2050淨零排放路徑、淨零科技方案及淨零轉型十二項關鍵戰略相關子計畫	✓		✓		來可依發電量設定二氧化碳排放減量目標，亦為具體減量措施。
	(5)屬臺灣2050淨零排放路徑、淨零科技方案及淨零轉型十二項關鍵戰略之相關子計畫者，是否覈實填報附表三、中長程個案計畫淨零轉型通案自評檢核表，並檢附相關說明文件	✓		✓		
12、涉及空間規劃者	是否檢附計畫範圍具座標之向量圖檔		✓		✓	本計畫並無涉及空間規劃，預計鑽井位置已於計畫附件說明。
13、涉及政府辦公廳舍興建購置者	是否納入積極活化閒置資產及引進民間資源共同開發之理念		✓		✓	無興建與購置。
14、落實公共工程或房屋建築全生命週期各階段建造標準	是否瞭解計畫目標，審酌其工程定位及功能，對應提出妥適之建造標準，並於公共工程或房屋建築全生命週期各階段，均依所設定之建造標準落實執行		✓		✓	無興建房屋建築。
15、公共工程節能減碳及生態檢核	(1)是否依行政院公共工程委員會(下稱工程會)函頒之「公共工程節能減碳檢核注意事項」辦理		✓		✓	本計畫於東部具地熱潛能地區鑽鑿不同深度地熱井以確認地熱資源，故不適用本項檢核。
	(2)是否依工程會函頒之「公共工程生態檢核注意事項」辦理		✓		✓	本計畫受中央政府補助比率未逾工程建造經費50%，故不適用。
16、無障礙及通用設計影響評估	是否考量無障礙環境，參考建築及活動空間相關規範辦理		✓		✓	無興建房屋建築。
17、高齡社會影響評估	是否考量高齡者友善措施，參考 WHO「高齡友善城市指南」相關規定辦理		✓		✓	無興建房屋建築。
18、營(維)運管理計畫	是否具務實及合理性(或能否落實營運或維運)	✓			✓	
19、房屋建築朝近零碳建築方向規劃	是否已依工程會「公共工程節能減碳檢核注意事項」及內政部建築研究所「綠建築評估手冊」之綠建築標章及建築能效等級辦理		✓		✓	無興建房屋建築。
20、地層下陷影響評估	屬重大開發建設計畫者，是否依「機關重大開發建設計畫提報經濟部地層下陷防治推動委員會作業須知」辦理		✓		✓	本計畫非屬重大開發建設計畫。
21、資通安全防護規劃	資訊系統是否辦理資通安全防護規劃		✓		✓	無建置資訊系統。

主辦機關核章：承辦人
張倚倫 1227 0707
1828 0910
張靜宜 1228
1830

單位主管
廖休 1228 0920
1480
杜靜宜 1228 113
1812 0308 1330
會計主管

首長
1229 1100

主管部會核章：研考主管
張倚倫 1229
1600

黃鴻文 0319
1780


首長
經濟部
部長 王美花 (印)

三、中長程個案計畫淨零轉型通案自評檢核表

檢視項目	內容重點 (內容是否依下列原則撰擬)	主辦機關		主管機關		備註
		是	否	是	否	
本計畫屬「淨零轉型」所屬子計畫(請檢視填寫下列事項)						
「十二項關鍵戰略」歸屬	屬「十二項關鍵戰略」之哪一項： 第3項-前瞻能源(地熱發電)。	√		√		
1、計畫緣起	(1)是否已參酌該項關鍵戰略之各階段性目標、績效指標、里程碑、機關權責分工、預期效益	√		√		
	(2)本計畫內容是否已融入上開關鍵戰略內容	√		√		已參考技術推動面向，加速地熱案場建置。
2、計畫目標(含績效指標、衡量標準及目標值等)	(1)是否涵蓋及符合上開關鍵戰略內容	√		√		
	(2)績效指標、衡量標準及目標值是否具體？是否有基準年比較值及具體計算、蒐集方式等	√		√		
3、現行相關政策及方案之檢討	(1)如屬淨零轉型所屬子計畫之延續性計畫，是否就「十二項關鍵戰略」之階段性目標、績效指標、里程碑、預期效益等之達成，辦理前期計畫執行成效評估，並納入總結評估報告		√		√	非屬延續性計畫
	(2)是否將相關配套之淨零轉型所屬子計畫，檢討納入本計畫內容，以利發揮綜效		√		√	與其他子計畫無相關
4、執行策略及方法	(1)是否涵蓋及符合上開關鍵戰略內容	√		√		
	(2)是否已預先辦理社會對話與溝通，並將公正轉型工作納入本計畫之執行規劃，涵蓋項目，列舉如： ● 辨識可能衝突及爭議—含利害關係人； ● 提出衝突及爭議之處理機制—如辦理公聽會、說明會、協調會等； ● 建立支持體系的工具手段—如編列相關預算、協調相關部會提出配套措施等； ● 公私協力做法—如預定邀集之相關公私立單位等； ● 預定辦理期程； ● 定期辦理問卷調查驗證成果做法等。	√		√		本計畫位於原民地區，已辦理社會對話溝通，詳參部落會議紀錄。
	(3)是否掌握淨零科技之研發與導入，提升整體計畫減碳之貢獻，引領公私部門淨零轉型	√		√		本計畫由台灣中油公司投入地熱能探勘，將可提升國內

						地熱業者信心，並引領公私部門投入地熱發電，一同參與淨零轉型。
5、期程與資源需求	是否涵蓋及符合上開關鍵戰略內容	√		√		
6、預期效果及影響	(1)是否涵蓋及符合上開關鍵戰略內容	√		√		
	(2)是否提出明確淨零效益估算值及估算方式	√		√		

茂安部落
107年第一次部落會議議決同意事項
會議紀錄

- 一、會議時間：107年8月4日下午06時30分
- 二、會議地點：茂安村社區活動中心
- 三、主持人：茂安部落會議主席陳茂樹 記錄：
- 四、申請人：台灣中油公司
- 五、同意事項討論：諮商取得原住民部落同意台灣中油公司規劃在宜蘭縣仁澤至上場地區鑽探地熱井案。
- 六、本部落全體原住民家戶共69戶，實際出席原住民家戶代表共40戶，詳如簽到簿。
- 七、會議結果：流會/贊成，計：40人、反對，計：0人，本案通過/不通過。
- 八、共同參與及利益分享機制：

四、性別影響評估檢視表

中長程個案性別影響評估檢視表【簡表】

【填表說明】		
<p>一、符合「中長程個案計畫性別影響評估作業說明」第四點所列條件，且經諮詢同作業說明第三點所稱之性別諮詢員之意見後，方得選用本表進行性別影響評估。（【注意】：請謹慎評估，如經行政院性別平等處審查不符合選用【簡表】之條款時，得退請機關依【一般表】辦理。）</p> <p>二、請各機關於研擬初期即閱讀並掌握表中所有評估項目；並就計畫方向或構想徵詢性別諮詢員（至少 1 人），或提報各部會性別平等專案小組，收集性別平等觀點之意見。</p> <p>三、勾選「是」者，請說明符合情形，並標註計畫相關頁數；勾選「否」者，請說明原因及改善方法；勾選「未涉及」者，請說明未涉及理由。</p> <p>註：除評估計畫對於不同性別之影響外，亦請關照對不同性傾向、性別特質或性別認同者之影響。</p>		
計畫名稱：東部地區地熱鑽井計畫		
主管機關 (請填列中央二級主管機關)	經濟部	主辦機關(單位) (請填列擬案機關/單位)
能源局		
本計畫選用【簡表】係符合「中長程個案計畫性別影響評估作業說明」第四點第 <u>一</u> 款		
評估項目 (計畫之規劃及執行是否符合下列辦理原則)	符合情形	說明
1.參與人員		
1-1 本計畫研擬、決策及執行各階段之參與成員、組織或機制符合任一性別不少於三分之一原則(例如：相關會議、審查委員會、專案辦公室成員或執行團隊)。	<input type="checkbox"/> 是 <input checked="" type="checkbox"/> 否	<p>本計畫研擬、決策及執行各階段之參與成員主要係由台灣中油公司(探採事業部鑽探處)執行，執行單位人員男性 209 人，女性 13 人。</p> <p>原因:計畫執行單位屬現場自辦工程單位，具備重勞力、高危險、需長時間輪班、於野外居住且生活環境不便之特點，鑽探處過往招收不少女性員工，因工作環境及工作特性，多數申請調任至其他單</p>

		位或是轉任鑽探處本部廠內工作。 改善方法:改善現場生活環境，提高生活品質，以提高女性同仁留任率。
1-2 前項之參與成員具備性別平等意識/有參加性別平等相關課程。	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否	前項參與成員皆於各式會議與相關課程中，參加各單位辦理之性別平等課程，並具備性別平等意識。
2.宣導傳播		
2-1 針對不同背景的目標對象（例如：不諳本國語言者；不同年齡、族群或居住地民眾）採取不同傳播方法傳布訊息（例如：透過社區公布欄、鄰里活動、網路、報紙、宣傳單、APP、廣播、電視等多元管道公開訊息，或結合婦女團體、老人福利或身障等民間團體傳布訊息）。	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 未涉及	本計畫於施作前均針對當地民眾及村長採取多元方式宣導與進行環境教育提高居民對執行單位進行鑽井工作之認識，並減少衝突的產生。
2-2 宣導傳播內容避免具性別刻板印象或性別歧視意味之語言、符號或案例。	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 未涉及	本計畫對民眾之宣導傳播工作為國家政策之推動，不涉及任何性別刻板印象或性別歧視意味之語言、符號或案例。
3.促進弱勢性別參與公共事務		
3-1 規劃與民眾溝通之活動時（例如：公共建設所在地居民公聽會、施工前說明會等），考量不同背景者之參與需求，採多元時段辦理多場次。	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 未涉及	本計畫之民眾溝通活動依主管機關要求主導推動，並視需求採多元時段辦理多場次。
3-2 規劃前項活動時，視需要提供交通接駁、臨時托育等友善服務。	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 未涉及	本計畫之民眾溝通活動會需要提供交通接駁、臨時托育等友善服務。
3-3 辦理出席活動民眾之性別統計；如有性別落差過大情形，將提出加強蒐集弱勢性別意見之措施。	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 未涉及	本計畫之民眾溝通活動不預設出席民眾性別之限制，若性別落差過大將提出加強蒐集弱勢性別

		意見之措施。
4.建構性別友善之職場環境		
委託民間辦理業務時，推廣促進性別平等之積極性作法（例如：評選項目訂有友善家庭、企業托兒、彈性工時與工作安排等性別友善措施；鼓勵民間廠商拔擢弱勢性別優秀人才擔任管理職），以營造性別友善職場環境。	<input checked="" type="checkbox"/> 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 未涉及	本案由執行機關台灣中油公司自行執行辦理，未涉及民間企業。
5.其他重要性別事項：無		

- 填表人姓名：陳柏儒 職稱：專員 電話：(02)27757642 填表日期：111年7月6日
- 本案已於計畫研擬初期 徵詢性別諮詢員之意見，或 提報各部會性別平等專案小組
- 性別諮詢員姓名：張委員瓊玲 服務單位及職稱：臺灣警察專科學校教授 身分：符合中長程個案計畫性別影響評估作業說明第三點第一款（如提報各部會性別平等專案小組者，免填）
（請提醒性別諮詢員恪遵保密義務，未經部會同意不得逕自對外公開計畫草案）

經濟部能源局 112 年度前瞻基礎建設計畫專家書面審查意見表

計畫名稱：東部地區地熱鑽井計畫

審查日期：111年7月10日

審查委員：張瓊玲 張瓊玲 (請委員簽名)

審查意見：

本計畫經檢視，可判定與性平無直接相關，且在簡表中亦已清楚敘明本案相關執行團隊之性別統計，及未來在辦理與民眾溝通活動時會視需求採多元時段多場次辦理等事宜，所擬內容，皆敬表同意。

惟期望日後於計畫實際執行時，能留意要求相關受委託廠商符合我國性別平等相關規範（例如性別工作平等法、性騷擾防治法），並鼓勵推動性別友善職場措施（例如改善現場生活環境，提高生活品質，以提高女性同仁留任率），當更符合性別影響評估之意涵。

五、替選方案之分析及評估

本計畫係於台灣東部具地熱潛能鑽鑿不同深度之地熱井以探明地熱發展潛能，為後續開發及設置地熱發電設備之前導工作，與「臺灣 2050 淨零排放路徑及策略」及落實淨零碳排之 12 項關鍵戰略(前瞻能源)政策方向相符，據此規劃本案之計畫及相關經費需求，為早日達成我國 2050 淨零碳排之政策目標，需仰賴前瞻預算經費支持，目前無其他替選方案。

六、風險管理評估檢視表

依下列風險評等表，辨識各風險事件發生的可能性(機率)及影響程度：

等級	可能性	詳細描述
3	非常可能	計畫期程內在大部分的情況下會發生
2	可能	計畫期程內有些情況下會發生
1	不太可能	計畫期程內只會在特殊的情況下發生

等級	影響程度	期程	目標	財務損失/經費	民眾抗爭	人員
3	嚴重	期程延長 1 個月(含)以上	目標未達成 \geq 30%	100 萬元(含)以上	大規模遊行抗爭	一人死亡或三人送醫急救
2	中度	期程延長 1 個星期	目標未達成	10 萬(含)以	至中央機關抗爭	殘廢傷害/疾病/嚴重

		(含)以上，未達 1 個月	10%~30%	上、100 萬元以下		傷害/暫時失能/中度傷害
1	輕微	期程延長未達 1 個星期	目標未達成 < 10%	10 萬元以下	多位民眾電話抱怨	輕度傷害/交通事故

【第一部分】：計畫現有風險圖像

嚴重 (3)			
中度 (2)	1.民眾抗爭	2.井下工程事故	
輕微 (1)		3.人才斷層及核心技術流失 4.高溫地下水衝噴 5.工安事故 6.鑽井設備故障	
影響程度 可能性	不太可能 (1)	可能 (2)	非常可能 (3)

【第二部分】：計畫風險評估及處理彙總表

風險項目	風險情境	現有風險對策	可能影響層面	現有風險等級		現有風險值 (R)= (L)x(I)	新增風險對策	殘餘風險等級		殘餘風險值 (R)= (L)x(I)
				可能性 (L)	影響程度(I)			可能性 (L)	影響程度(I)	
1.民眾抗爭	工程過程遭民眾抗爭，導致無法作業或工程延宕。	1.舉辦鄉里會議，提前做好民眾宣導。 2.回饋鄉里，進行敦親睦鄰。	工程中斷 財務損失 公司聲譽 民眾意見	1	2	2	做好資訊公開，並依法提供補償，減少民眾反抗心理。	1	1	1
2.井下工程事故	鑽井過程中因漏泥、匙孔、崩井或斷管而導致管串卡阻於井內。	1.注意泥漿循環量確保無漏泥。 2.定時抽刷井孔、維持泥漿性質並注意泵壓是否異常。	工程中斷 財務損失	2	2	4	1.加強人員訓練 2.汰換老舊設備 3.使用適用於地熱探勘井之泥漿材料。	1	2	2
3.人才斷層及核心技术流失	新進人員經驗傳承養成時間不足，易在作業流程產生錯誤。	1.妥善運用現有人力，以利即將退休人員與新進人員交接及技術傳承。 2.加強新進人員核心技术	人力資源	2	1	2	1.改善現場工作及住宿環境、增加身心調適設施。 2.爭取僻地津貼及休假	1	1	1

風險項目	風險情境	現有風險對策	可能影響層面	現有風險等級		現有風險值 (R)= (L)x(I)	新增風險對策	殘餘風險等級		殘餘風險值 (R)= (L)x(I)
				可能性 (L)	影響程度(I)			可能性 (L)	影響程度(I)	
		培訓及相關業務所需證照之訓練。 3.建立標準作業程序(SOP)，供作業人員依循。					優待制度			
4.高溫地下水衝噴	地下熱水因泥漿無法壓制高溫蒸氣而自井口衝噴。	定期灌入冷水或常溫泥漿以降低井內高溫蒸氣產量	人員傷亡 工程中斷	2	1	2	1.採購適用於地熱探勘井之井口防噴裝置 2.安裝泥漿冷卻塔，以降低循環泥漿溫度。	1	1	1
5.工安事故	因工程事故造成鑽井設備損害及人員傷亡。	1.定期維護設備及定期舉辦緊急事故演練。 2.加強人員訓練及標準作業程序之認知	人員傷亡 工程中斷	2	1	2	猜購新型自動化設備，減少人員暴露於危害環境中的時間及機會。	1	1	1

風險項目	風險情境	現有風險對策	可能影響層面	現有風險等級		現有風險值 (R)=(L)x(I)	新增風險對策	殘餘風險等級		殘餘風險值 (R)=(L)x(I)
				可能性(L)	影響程度(I)			可能性(L)	影響程度(I)	
6.鑽井設備故障	因設備老舊及零配件停產而導致設備頻繁故障	提高零配件庫存以避免停工待料	工程中斷	2	1	2	採購新設備汰換舊有設備	1	1	1

【第三部分】：計畫殘餘風險圖像

嚴重 (3)			
中度 (2)	2.井下工程事故		
輕微 (1)	1.民眾抗爭 3.人才斷層及核心技術流失 4.高溫地下水衝噴 5.工安事故 6.鑽井設備故障		
影響程度 可能性	不太可能 (1)	可能 (2)	非常可能 (3)

極度風險：0 項(0%)；高度風險：0 項(0%)；中度風險：0 項(0%)；低度風險：6 項(100%)

七、政府科技發展計畫審查意見回復表(A008)

審議編號：

計畫名稱：東部地區地熱鑽井計畫

申請機關(單位)：經濟部(能源局)

序號	審查意見	回復說明	修正頁碼

註：主筆委員完成審查意見後，系統將主動發信通知，請於期限前至「政府科技計畫資訊網」填寫完成意見回復。

八、資安經費投入自評表(A010)

本案無需投入資安經費。

九、宜蘭縣土場段 13 地號、73 地號土場 19 號、20 號、21 號及 22 號地熱探勘井興辦水利構造物申請書(附件)

<附件>

九、宜蘭縣土場段13地號、73地號
土場19號、20號、21號及22號地熱探勘井
興辦水利構造物申請書

台灣中油股份有限公司

111年5月

目 錄

第一章 基本資料	5
1.1 申請人.....	5
第二章 開發範圍	6
2.1 位置及範圍	6
2.2 預定地下水取用量	6
第三章 用地說明	9
3.1 土地使用現況	9
3.2 土地分區及用地說明	10
第四章 開發範圍之地質報告	15
4.1 區域地質描述	15
4.2 地下地質調查	19
4.3 地熱地質系統	26
4.4 基地地質勘查	28
4.5 地質災害檢討	36
第五章 地下水取用目的及其使用規劃	41
5.1 地下水取用目的	41
5.2 地下水使用規劃	41
第六章 地下水取用量估算及影響評估	42
6.1 地下水取用量估算	42
6.2 開發影響評估說明	43
第七章 地下水開發工程及取用設施說明	51
7.1 取用設施及相關圖說	51
7.2 尾水回注概念及設備	54
7.3 施工方法及機具	58
7.4 工程進度與監督計畫	60
7.5 環境維護及安全措施	63
7.6 施工順序及預定實施期程	64
7.7 抽水試驗方法	66
第八章 完工後之監測計畫	71
8.1 地下水質監測計畫	71
8.2 地下水水量監測計畫	73
8.3 地下水溫度監測計畫	74

8.4 水位監測計畫	75
8.5 其他監測計畫	76
第九章 維護管理計畫	80
9.1 維護管理計畫	80
9.2 維護費用	82
9.3 天然災害防制計畫	84
第十章 結論	88
第十一章 登記申請書	89
參考文獻	94

開發內容資料摘要表(土場19號井)

項 目	說 明	
計畫名稱	宜蘭縣土場段13地號、73地號土場19號地熱探勘井興辦水利構造物	
申請人	台灣中油股份有限公司	
地 下 水	申請鑽深(m)	2,300
	預訂取水層 (地層名)	廬山層仁澤段
	預估取水層區段鑽深(m)	2,000~2,300
	濾水段預估區段鑽深(m)	2,000~2,300
預估泉溫(°C)	170	
預估泉質(可複選)	<input checked="" type="checkbox"/> 碳酸氫鹽泉 <input type="checkbox"/> 硫酸鹽泉 <input type="checkbox"/> 氯化物泉 <input type="checkbox"/> 其他 _____	
預估取用量(立方公尺/天)	1,842(取熱後回注取水層)	
平均每年預估維護費用(萬元)	280	

開發內容資料摘要表(土場 20 號井)

項 目	說 明	
計畫名稱	宜蘭縣土場段13地號、73地號土場20號地熱探勘井興辦水利構造物	
申請人	台灣中油股份有限公司	
地 下 水	申請鑽深(m)	2,300
	預訂取水層 (地層名)	廬山層仁澤段
	預估取水層區段鑽深(m)	2,000~2,300
	濾水段預估區段鑽深(m)	2,000~2,300
預估泉溫(°C)	170	
預估泉質(可複選)	<input checked="" type="checkbox"/> 碳酸氫鹽泉 <input type="checkbox"/> 硫酸鹽泉 <input type="checkbox"/> 氯化物泉 <input type="checkbox"/> 其他 _____	
預估取用量(立方公尺/天)	1,842(取熱後回注取水層)	
平均每年預估維護費用(萬元)	280	

開發內容資料摘要表(土場 21 號井)

項 目	說 明	
計畫名稱	宜蘭縣土場段13地號、73地號土場21號地熱探勘井興辦水利構造物	
申請人	台灣中油股份有限公司	
地 下 水	申請鑽深(m)	2,300
	預訂取水層 (地層名)	廬山層仁澤段
	預估取水層區段鑽深(m)	2,000~2,300
	濾水段預估區段鑽深(m)	2,000~2,300
預估泉溫(°C)	170	
預估泉質(可複選)	<input checked="" type="checkbox"/> 碳酸氫鹽泉 <input type="checkbox"/> 硫酸鹽泉 <input type="checkbox"/> 氯化物泉 <input type="checkbox"/> 其他 _____	
預估取用量(立方公尺/天)	1,842(取熱後回注取水層)	
平均每年預估維護費用(萬元)	280	

開發內容資料摘要表(土場 22 號井)

項 目	說 明	
計畫名稱	宜蘭縣土場段13地號、73地號土場22號地熱探勘井興辦水利構造物	
申請人	台灣中油股份有限公司	
地 下 水	申請鑽深(m)	2,300
	預訂取水層 (地層名)	廬山層仁澤段及清水湖段
	預估取水層區段鑽深(m)	2,000~2,300
	濾水段預估區段鑽深(m)	2,000~2,300
預估泉溫(°C)	170	
預估泉質(可複選)	<input checked="" type="checkbox"/> 碳酸氫鹽泉 <input type="checkbox"/> 硫酸鹽泉 <input type="checkbox"/> 氯化物泉 <input type="checkbox"/> 其他 _____	
預估取用量(立方公尺/天)	1,842(取熱後回注取水層)	
平均每年預估維護費用(萬元)	280	

第一章 基本資料

1.1 申請人

申請人：台灣中油股份有限公司

營業地址：高雄市 楠梓區 左楠路2號

電話：037-262100#360

營利事業統一編號：03707901

或設立登記字號：

代表人：李順欽

戶籍地址：高雄市 楠梓區 宏南里 8鄰宏毅一路15巷12號

第二章 開發範圍

本興辦地下水利構造物計劃之工程內容為台灣中油股份有限公司擬於宜蘭土場鑽探土場19號、20號、21號及22號地熱探勘井4口並進行產能測試，鑽井基地管理單位為林務局。本案如獲核准鑽探，在鑽探及產能測試後將進行暫時封井，後續接著評估是否具建造地熱發電廠之價值。

如本鑽探計畫之熱水汽量具電力開發價值，則中油公司將續依法規申請溫泉開發許可，並將本地熱探勘井轉為地熱水汽生產井，生產之熱水汽供給地熱發電廠發電使用，使用後之降溫熱水汽將回注以維持地層壓力。

如本鑽探計畫無發現熱水汽或產量微小不具發電之經濟價值，則中油公司將與土地所有權者及相關主管機關研議探井之後續用途或將井封廢後歸還土地所有權者。

2.1 位置及範圍

本地熱探井之鑽井基地位置為宜蘭縣大同鄉土場段13地號、73地號，基地位置圖如圖2-1。鑽井範圍為此地號上內之平坦地面，使用面積約為8,787平方公尺，鑽井用地位置圖如圖2-2。

2.2 預定地下水取用量

本案預定鑽探4口地熱探勘井，若該4口井成功，將視整體產測結果，規劃3口為生產井、1口為回注井。單井地熱水汽之可能生產量預估與鄰井土場15號井單井產能相同，為76.73立方公尺/小時，合計每日1,842立方公尺，3口井合計生產量預估為230立方公尺/小時，合計每日5,525立方公尺。

地下之熱水汽之生產將取用自噴至地表之熱水汽，而不使用抽水

浦。熱水汽於地表，將以工作流體換熱方式取出熱水汽的熱能，熱水汽在換熱過程中，皆於管線中，不與外界接觸，降溫後直接回注同一地層。惟實際本案單井可生產之安全取用量須由產能測試後決定，並依產能測試結果申請水權。

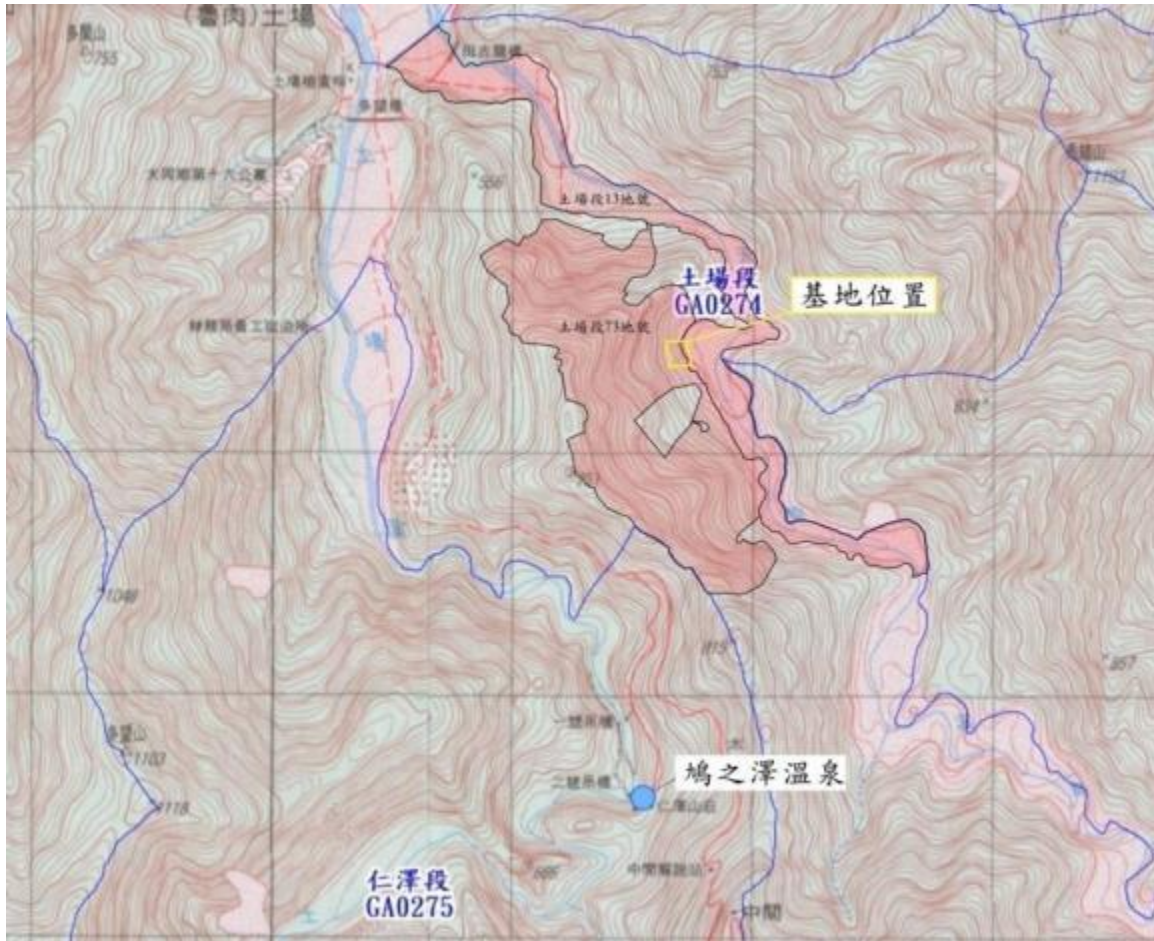


圖2-1 鑽井基地地理位置圖。

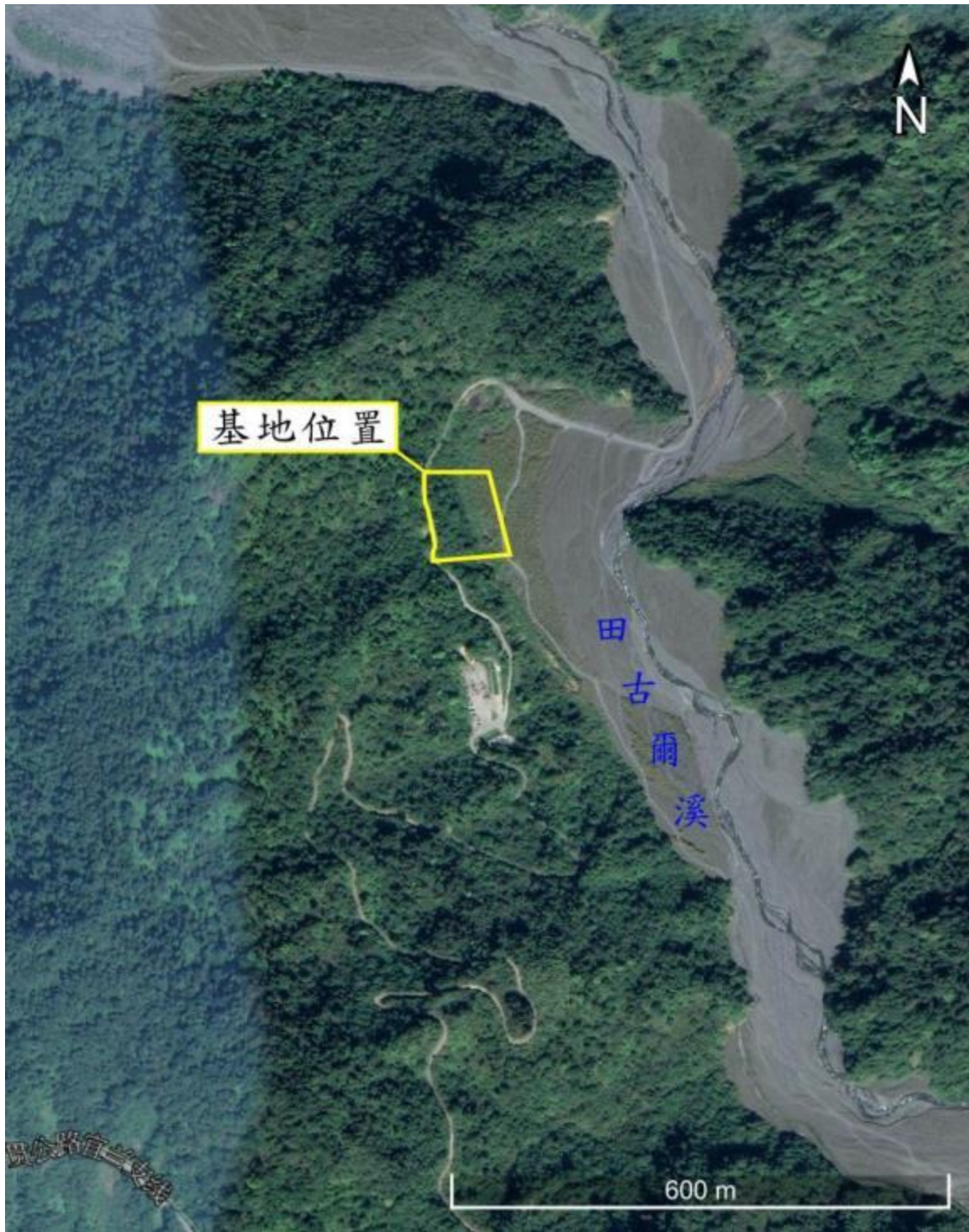


圖2-2 鑽井用地圖。

第三章 用地說明

3.1 土地使用現況

本鑽探計畫之探勘井鑽鑿地點為宜蘭縣大同鄉土場段13地號、73地號，土場段13地號土地面積為496,547.46平方公尺，擬使用面積約為2,207平方公尺，土場段73地號為837,413.54平方公尺，擬使用面積約為6,580平方公尺，使用面積合計為8,787平方公尺。如未來鑽探成功，此基地為取水地點。發電廠預定位置將另案進行設計規劃。

此基地為田古爾溪河灘地，地形平坦，基地位置之土地現況詳圖3-1及圖3-2所示。



圖3-1 基地位置之土地現況空拍圖。



圖3-2 基地位置現況照片(111年4月29日拍攝)。

3.2 土地分區及用地說明

鑽井基地之地籍資料、使用分區、使用用途及權屬等資料如表3-1。基地土地登記謄本如圖3-3與圖3-4，地籍圖謄本如圖3-5。承租面積與井場用地如圖3-6。

表3-1 使用範圍土地清冊

土地標示及面積				使用分區	使用地類別	所有權人或管理機關
地段	地號	面積 (平方公尺)	使用面積 (平方公尺)			
土場	13	496547.46	2,207	森林區	林業用地	行政院農業委員會林務局
土場	73	837413.54	6,580	森林區	林業用地	行政院農業委

土地登記第二類謄本（地號全部）
大同鄉土場段 0013-0000地號



列印時間：民國110年04月08日09時48分

頁次：1

謄本種類碼：4FMBXK2H*2，可至<https://epaper.land.moi.gov.tw>查詢謄本申請紀錄
苗栗地政事務所 主任 賴雲霖 本案係依照分層負責規定授權承辦人員核發
羅東電謄字第041887號 列印人員：張雪芬
資料管轄機關：宜蘭縣羅東地政事務所 謄本核發機關：苗栗縣苗栗地政事務所

***** 土地標示部 *****

登記日期：民國103年01月23日 登記原因：分區調整
面積：**496,547.46平方公尺
使用分區：森林區 使用地類別：林業用地
民國110年01月 公告土地現值：*****100元/平方公尺
地上建物建號：裝0棟
其他登記事項：一般註記事項) 依宜府90·4·30九十府地三字第43430號函辦

部分屬河川區林業用地，依宜蘭縣政府102年12月3日府地權字第1020188591號函非都市土地使用分區調整公告確定

本謄本未申請列印地上建物建號，詳細地上建物建號以登記機關登記為主

***** 土地所有權部 *****

(0001) 登記次序：0001
登記日期：民國090年02月01日 登記原因：第一次登記
原因發生日期：民國089年12月27日
所有權人：中華民國
統一編號：0000000158
住址：(空白)
管理者：行政院農業委員會林務局
統一編號：*GA0199952
住址：(空白)
權利範圍：全部 *****1分之1*****
權狀字號：--- (空白) 字第-----號
當期申報地價：109年01月*****12.0元/平方公尺
前次移轉現值或原規定地價：
089年07月 *****15.0元/平方公尺
歷次取得權利範圍：全部*****1分之1*****
其他登記事項：申請免繳發權利書狀：
(本謄本列印完畢)

※注意：一、本謄本之處理及利用，申請人應注意依個人資料保護法第5條、第19條、第20條及第29條規定辦理。
二、前次移轉現值資料，於課徵土地增值稅時，仍應以稅捐稽徵機關核發者為依據。



圖3-3 宜蘭縣大同鄉土場段13地號土地登記謄本。

土地登記第二類謄本（地號全部）
大同鄉土場段 0073-0000地號



列印時間：民國110年04月08日09時48分

頁次：1

謄本種類碼：4FMBXK2H*2，可至<https://epaper.land.moi.gov.tw>查詢謄本申請紀錄
苗栗地政事務所 主任 賴雲霖 本案係依照分層負責規定授權承辦人員核發
羅東電體字第041887號 列印人員：張雪芬
資料管轄機關：宜蘭縣羅東地政事務所 謄本核發機關：苗栗縣苗栗地政事務所

***** 土地標示部 *****

登記日期：民國090年05月10日 登記原因：補辦編定
面積：**837.413.54平方公尺
使用分區：森林區 使用地類別：林業用地
民國110年01月 公告土地現值：*****100元/平方公尺
地上建物建號：共0棟
其他登記事項：（一般註記事項）依宜府90·4·30九十府地三字第43430號函辦

本謄本未申請列印地上建物建號，詳細地上建物建號以登記機關登記為主

***** 土地所有權部 *****

(0001)登記次序：0001 登記原因：第一次登記
登記日期：民國090年02月01日
原因發生日期：民國089年12月27日
所有權人：中華民國
統一編號：0000000158
住 址：(空白)
管 理 者：行政院農業委員會林務局
統一編號：*GA0199952
住 址：(空白)

權利範圍：全部 *****1分之1*****
權狀字號：---(空白)字第-----號
當期中報地價：109年01月*****12.0元/平方公尺
前次移轉現值或原規定地價：
089年07月 *****15.0元/平方公尺
歷次取得權利範圍：全部*****1分之1*****
其他登記事項：申請免給發權利書狀：（本謄本列印完畢）

※注意：一、本謄本之處理及利用，申請人應注意依個人資料保護法第5條、第19條、第20條及第29條規定辦理。
二、前次移轉現值資料，於課徵土地增值稅時，仍應以稅捐稽徵機關核實者為依據。

7R

4B

圖3-4 宜蘭縣大同鄉土場段73地號土地登記謄本。

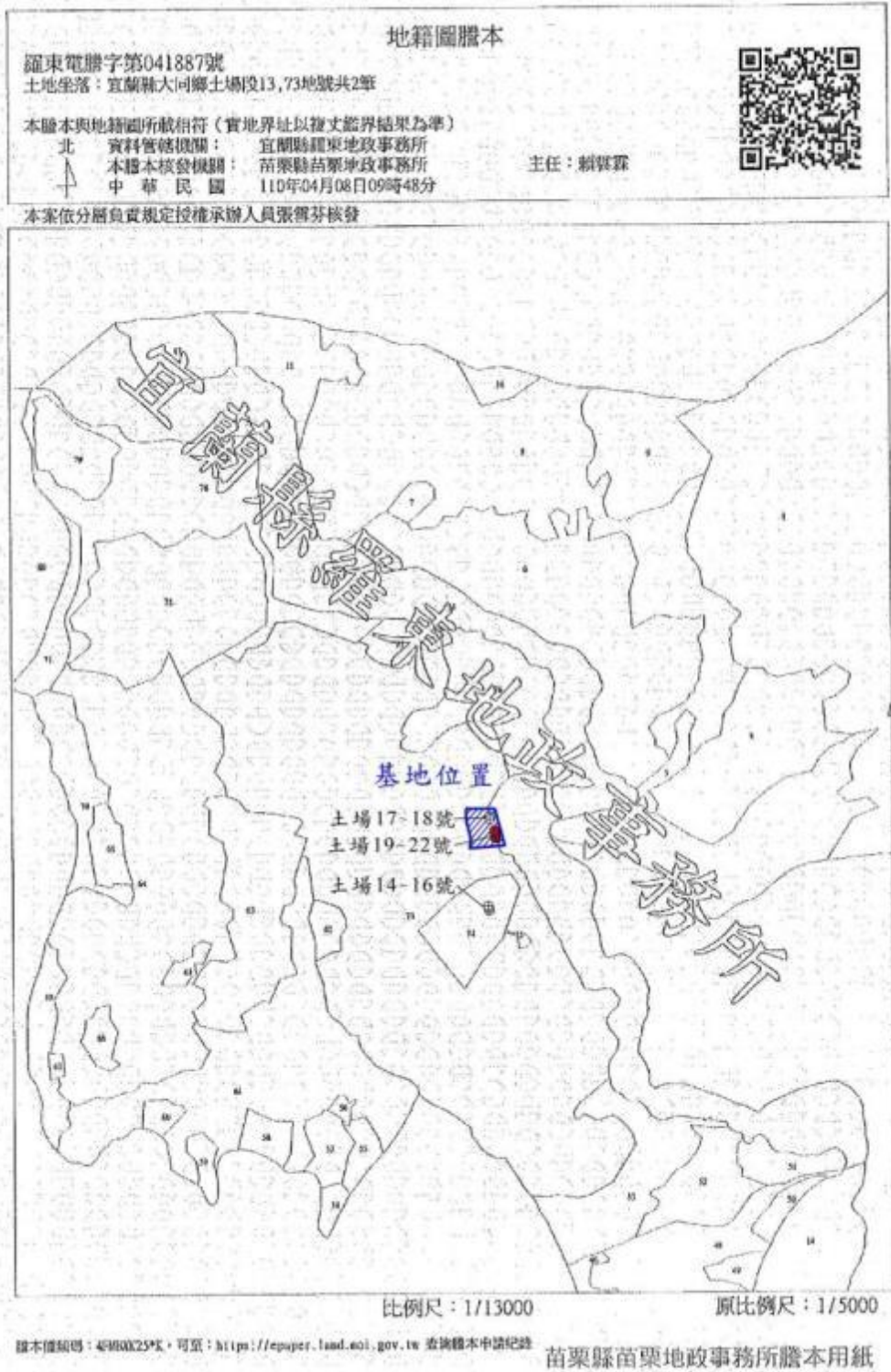


圖3-5 地籍圖謄本。

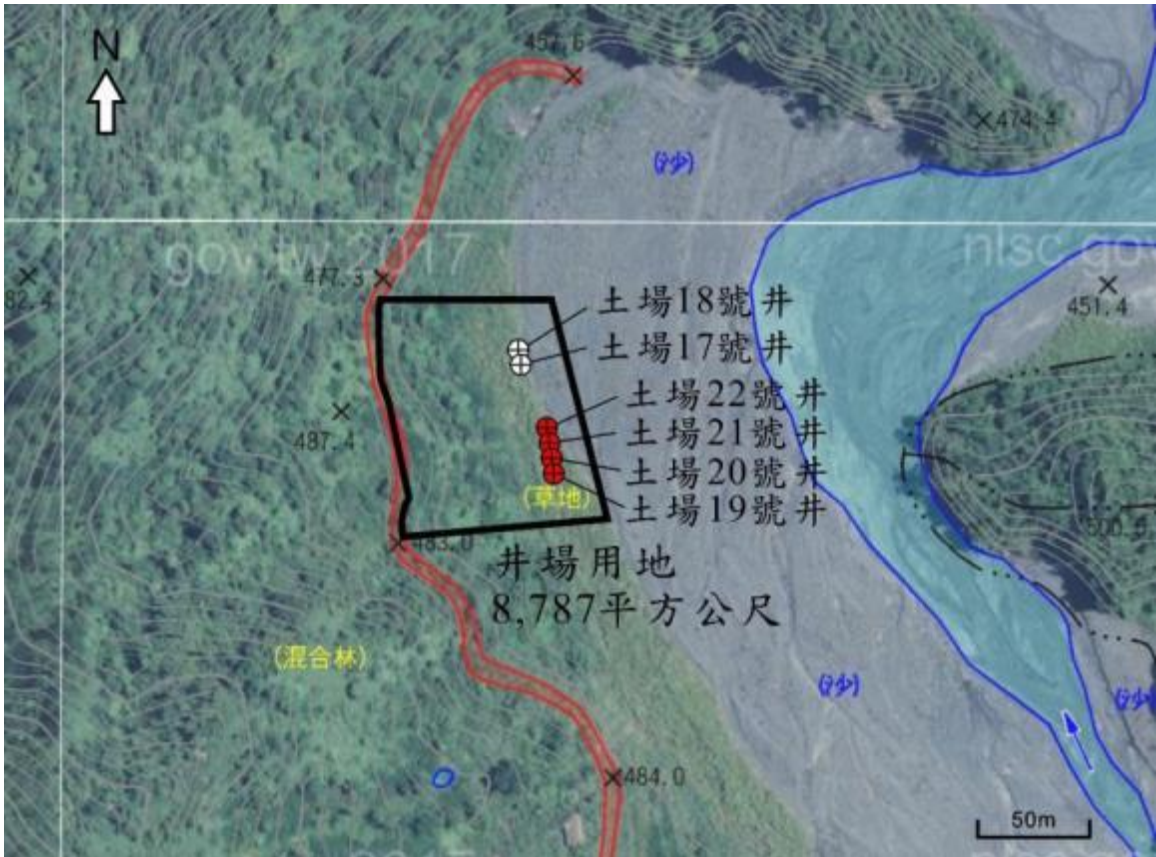


圖3-6 井場用地(資料來源：國土測繪圖資服務雲)。

本案鑽探基地之土地管理機關為林務局，中油公司已向林務局申請承租土地，擬租期自 111 年 9 月 1 日起至 113 年 4 月 30 日止，以供鑽鑿探井，如鑽探成果不佳，擬原井封廢後，歸還土地予林務局，或與林務局及相關主管機關研議探勘井之後續用途。土地同意使用證明文件如附件。

第四章 開發範圍之地質報告

仁澤土場地熱區位於羅東鎮西南方約40公里處，在本地熱區沿多望溪及田古爾溪(又稱天狗溪)一帶，佈露多處高溫野溪溫泉。本公司於民國65至73年間先後於仁澤土場地熱區鑽探土場8號(TC-8)、土場9號(TC-9)、仁澤1號(JT-1)及仁澤2號(JT-2)地熱井，均鑽遇高溫地層。然而以當時之發電技術，此4口井並無地熱發電之商業效益，而暫停此區地熱鑽探工作至107年，因響應國家綠色能源開發計劃，重新開始啟動仁澤及土場地熱區之地熱鑽探，目前已鑽土場14號、15號及16號井，其中土場15號與16號井於高溫熱水儲層開篩可供發電，而土場17號與18號準備鑽探中。

本次依地質、鑽井及地球物理資料等，勘定土場19號、20號、21號及22號地熱探勘井，預計於111年9月於田古爾河流域土場17號井南側，分別定向鑽探東南、西北兩側可能之深部熱水儲層。針對本計畫之調查區域，使用本公司歷年地質調查、鑽井資料及工研院之研究報告，研究成果簡要說明如下。

4.1 區域地質描述

1. 地層與岩性

仁澤土場地熱區分布於蘭陽溪支流的多望溪及田古爾溪畔，地熱區中心位置距蘭陽溪主流約1.6公里。河谷高程約500至650公尺，周圍山地高程約700至900公尺。年降雨量大於3,000公釐，地表年均氣溫約20°C。出露地層為下部中新世廬山層仁澤段輕度變質之板岩夾變質砂岩。地表上可觀察到的地層大致走向為北30~60度東，向東南傾斜約50~80度。然而因變質岩區的構造擠壓，常有規模不一的地層扭曲及斷裂(楊健一等，1979；詹永光等，1986)。

分布在中央山脈脊梁山脈帶內之中新世廬山層，其主要由黑色到深

黑色的硬頁岩、板岩和深灰色的變質砂岩的互層組成，夾雜有零星散佈的泥灰岩團塊、泥灰質板岩。

依本公司地表地質調查，將仁澤土場地熱區出露的廬山層特定名為仁澤段，區域地質圖如圖4-1。廬山層仁澤段，岩性以黑色至暗灰色板岩為主夾薄層至中、厚灰色極細粒輕度變質砂岩。本岩段底部以一層厚約20~55公尺之灰色至淡灰色厚層細粒(少部份中粒)之稍變質砂岩，並含石英脈，與廬山層清水湖段頂部相接。本岩段的砂岩連續性良好，自多望溪、田古爾溪均可追蹤對比。

仁澤段西側下伏地層是同為廬山層的清水湖段，出露於蘭陽溪兩岸，岩性主要以暗灰色至黑色板岩為主，部分為板岩與淡灰色至灰色細粒緻密稍變質砂岩的薄互層，劈理發達。

2. 地質構造

仁澤土場地熱區之地表地質構造，主要受臺灣造山活動之東南至南方而來的構造擠壓應力而產生。地層主要為東北走向，並向東南方大角度傾斜。本區地表上的主要地質構造為斷層。主要的斷層呈東北東及近南北走向並向東大角度傾斜。

構造線主要分類為小斷層帶、仁澤斷層帶、大溪斷層帶。其簡述如下：

- 小斷層帶(包括土場深切斷層)：位於土場地熱區過去所鑽探之土場1號、2號、3號、8號、11號、14號及15號井等井位分布區域。此斷層帶乃由地表板岩破碎帶、斷層露頭及構造線型推測而得，為數條東北東走向及東北走向高角度朝東南傾之斷層構成，但其地下形貌尚不明確，此透水斷層帶在地表的錯移不大，導致地表難以觀測，然由諸多地熱井皆於小斷層帶附近鑽遇淺部熱水儲層，仍可間接確定此小斷層帶之存在。
- 仁澤斷層帶(包括仁澤井下斷層)：斷層以北偏東30~40度的走向、高角度朝東南或西北傾斜。此區破碎帶附近觀察到溫泉露頭，於斷層帶附近有厚約7公尺的變質砂岩層，因受到熱水活動，產生熱水換質現象。鳩之澤溫泉附近地表岩層的破裂程度發達，

使此區域地表溫泉露頭較多。

- 大溪斷層帶：分別發現於仁澤地熱區南方約600公尺處、土場地熱區東南方約1公里處。其走向為北偏東約45度高角度朝東南傾，此斷層帶具厚斷層泥或假玄武質玻璃，與仁澤土場熱水儲層之斷層特徵不同。

108年地表地質調查之結果，斷層主要呈東北走向、高角度朝東南傾或近垂直，部份為近東西走向、40~60度朝南或北傾，且斷層數量之分布由東南往西北減少，推測因東南側接近受應力擠壓端而造成斷層密度增加。因斷層露頭零星分布，大部分出露於河岸露頭，其地下及地表側向之延伸不易推斷。而溫泉露頭位置通常位於斷層帶附近裂隙發育良好處，推測仁澤土場地熱區地下良好之熱水儲層及通道為斷層破碎帶及其鄰近裂隙發育良好的範圍。

在仁澤土場地熱區常見的地質構造種類有劈理、節理、褶皺與斷層/斷層帶，這些構造都有機會形成透水裂隙。仁澤土場地區地表岩層裂隙發育程度佳，地表觀察的節理及劈理等類型的裂隙位置可達5組(曾長生等，1977)。

此區雖處變質岩之板岩帶中，但變質度與中央山脈其它板岩帶相比，變質度又更低。劈理產狀多為礦物無明顯順向排列之破劈理，尚未形成變質程度較高的板劈理。近地表地層因應力降低而解壓後產生裂隙構造，在地下高圍壓環境尚無密集的裂隙發育。

地表上可觀察到許多沿裂隙面無相對錯動之劈理、節理等裂隙面狀構造。另外也可觀察到斷層帶及其伴生之拖曳褶皺等有小規模錯動的地質構造，又依變質砂岩分布及岩層位態，推測此區域有中視尺度之褶皺構造發育。仁澤土場地熱區雖有斷層帶發育，但地表觀察到的各個斷層帶露頭，斷層的錯距非常不明顯，僅可由斷層角礫等地層錯動產物判斷其有錯動的發生。斷層帶中填充主要為疏鬆之斷層角礫，而較少厚層的極細粒斷層泥發育。

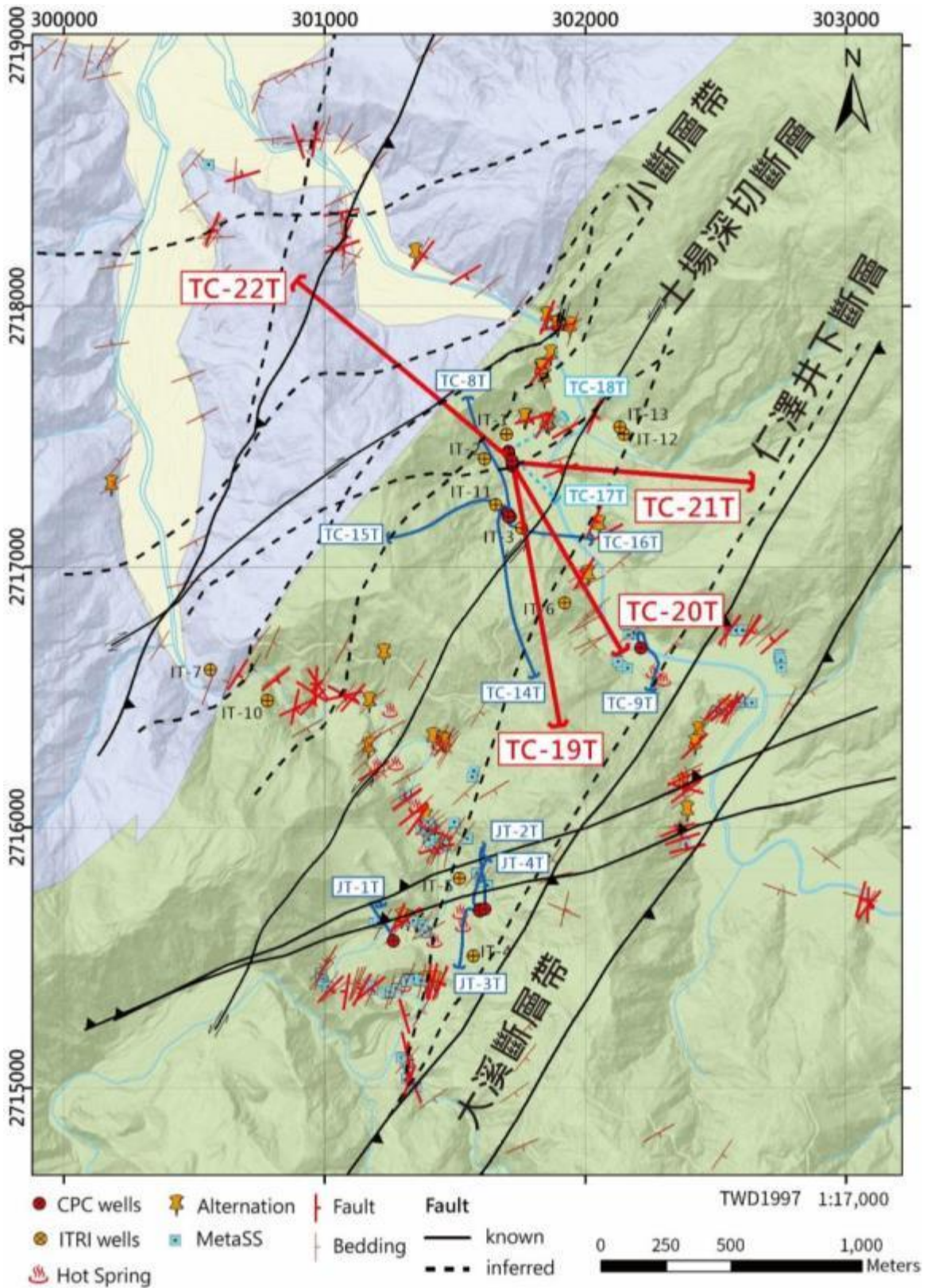


圖 4-1 土場地熱區地質圖。

4.2 地下地質調查

1. 鄰近地熱鑽井資料

仁澤土場地熱區有工研院及本公司鑽探之地熱探勘井，其中本公司鑽探土場井位有土場8號、9號、14號、15號及16號，仁澤井位有仁澤1號至4號，而其它皆為工研院所鑽探。本次欲鑽探井位之地表位置為土場17號與18號井鄰近空地，附近有土場1號、2號、3號、6號、8號、9號、11號、12號、13號、14號及15號井等，與甫完成鑽探之土場16號井共12口地熱井。其中，土場8號井鑽深1,503公尺、9號鑽深2,002公尺、14號鑽深2,000公尺、15號鑽深1,500公尺、16號鑽深1,000公尺，其餘工研院土場鑽探井皆淺於600公尺(圖4-2、表4-1)。

土場1號與2號井(IT-1、IT-2)鑽深分別為161及239公尺深，井溫自地表100公尺以下即達攝氏150度以上，且井溫剖面呈現井溫較不隨鑽深增加之對流型低地溫梯度曲線型態。此兩井流量分別為5及10噸/小時，雖然不深但有一定的產量，可確定此位置有淺部地熱儲集層存在。

本次欲鑽探位置之鄰井，土場3號、8號、11號、14號、15號及16號井，在鑽深50公尺井溫即超過攝氏100度。此6口井鑽深分別為445、1,503、525、2,000、1,500及1,000公尺，井溫最高約攝氏160~180度間，且井溫剖面形態類似，皆為低地溫梯度之高溫熱對流型態，顯示應有淺部熱水儲層發育。此與土場1號與2號井於600公尺以上高井溫特徵相同，推測應有一高溫熱流上湧帶將深部熱液輸送至地表淺部熱水儲層。

土場3號與11號井的流量分別為25和63噸/小時。土場11號井曾以雙循環發電機組進行小規模示範發電，說明此處淺部熱水儲層有一定的生產潛能。土場8號、14號、15號及16號井為鑽深超過1,000公尺之深井，以探勘深部熱水儲層。土場8號與14號井發現鑽深600公尺之下井溫最高僅達攝氏120~130度，無生產效益，但淺部儲層皆已用套管水泥封固保護，則土場8號遂水泥回堵深度500公尺以下區間，穿孔套管試生產淺部

熱水儲層但流量不佳而封廢，土場14號井則測試生產深度1,300公尺以下可能熱水儲層，僅獲得井口溫度約攝氏124度、流量約8.5噸/小時之產能，非鑽遇熱流上湧帶。

表4-1 基地附近之鄰近地熱探井溫度資料。

井名	座標(TWD97)		鑽深 (公尺)	井下最 高溫(°C)	流量 (噸/小時)	鑽探年份 (民國)
	X	Y				
土場 1 號 (IT-1)	301699	2717510	161	163	5	62
土場 2 號 (IT-2)	301614	2717414	239	171	10	63
土場 3 號 (IT-3)	301756	2717149	445	173	25(井口 147°C)	63
土場 6 號 (IT-6)	301797	2716836	543	151	無資料	64
土場 8 號 (TC-8)	301714	2717193	1,503	169	間歇自噴，噴 28 分鐘停 53 分鐘	65
土場 9 號 (TC-9)	302214	2716689	2,000	176	間歇自噴。噴 1 小時停 4 小時， 出水量 6~7 噸， 水溫 88~90°C	67
土場 11 號 (IT-11)	301657	2717239	525	175	63(井口 146°C)	73
土場 12 號 (IT-12)	302149	2717510	505	160	42(井口 140°C)	74
土場 13 號 (IT-13)	302133	2717537	556	171	45(井口 151°C)	75
土場 14 號 (TC-14)	301703	2717206	2,000	172	8.5(井口 124°C)	109
土場 15 號 (TC-15)	301705	2717200	1,500	166	76.73(井口 141°C)	109
土場 16 號 (TC-16)	301709	2717177	1,000	180	尚無產測資料	111

土場15號與16號井及未來土場地熱探勘井，皆參考土場14號井之結果作調整，僅水泥固封至200~250公尺保留淺部熱水儲層。土場15號井向西定向鑽探1,500公尺，希望同時能生產淺部和深部高溫帶熱水，但結

果顯示600公尺以下仍為低溫帶。由於200~600公尺的淺部熱水儲層未固封而得以生產，長期產測噴流結果，井口溫度攝氏141度，流量約76.73噸/小時。而土場16號井鑽探至深度1,000公尺，200公尺以下井溫皆在攝氏150度以上，但需經生產測試得知熱水產量，以確認是否鑽遇熱流上湧帶。綜合14號、15號及16號井結果，確認鑽深約200~600公尺具地熱高潛能之淺部熱水儲層，而熱流上湧帶之深部熱水儲層其地熱潛能高但位置仍需繼續探勘確認。

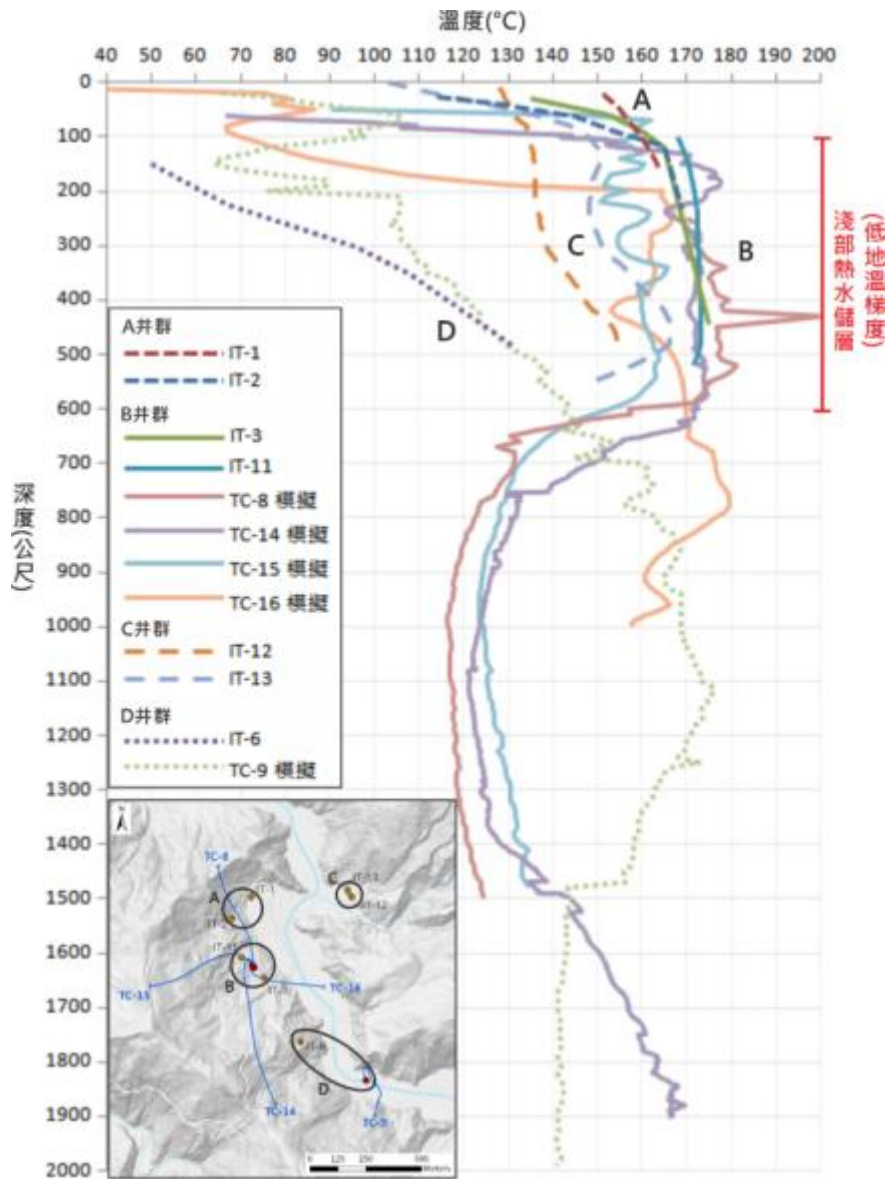


圖 4-2 基地鄰近地熱探井之井溫剖面，模擬溫度為利用井底溫度隨時間

變化資料，以 Horner-Plot 方法推估地層原始溫度。

綜合地表地質調查資料、地球物理資料及井下地質資料，推測原土場8號、14號、15號及16號井坪位置附近有東北走向之數條小斷層經過，形成淺部熱水儲層，而其鄰近之工研院早期淺井亦皆有鑽遇淺部熱水儲層。除淺部熱水儲層外，推測應有一高溫熱流上湧帶供給淺部儲層。此次鑽探目標為探明東南、西北兩側可能之高溫熱流上湧帶及深部熱水儲層(圖4-3、圖4-4)。土場19號、20號、21號及22號等4口井投影至地表之井程規劃圖如圖4-5。

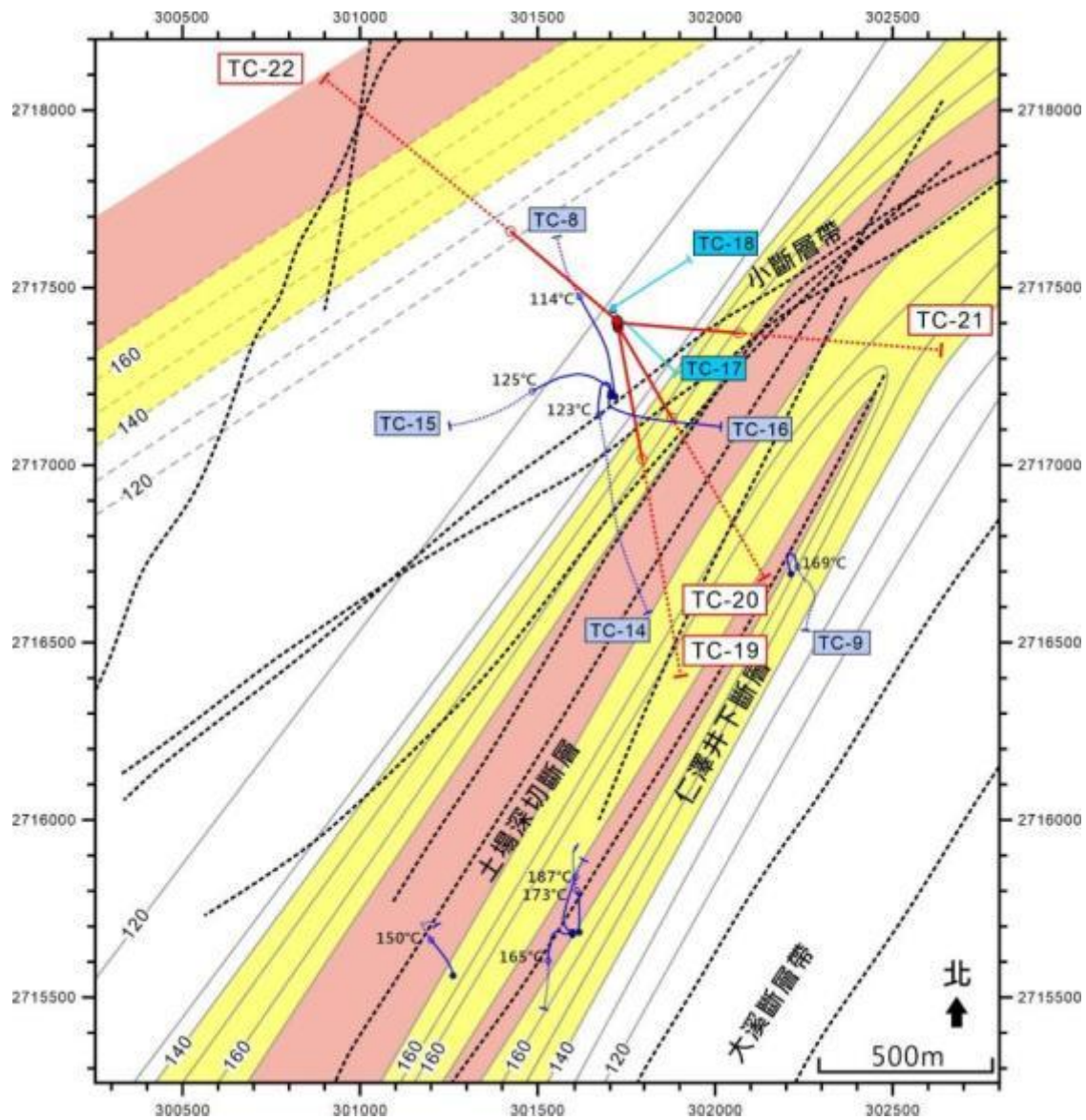


圖4-3 海平面下500公尺(鑽井位置井下深度約1,000公尺)等溫圖(坐標系統：TWD97)。

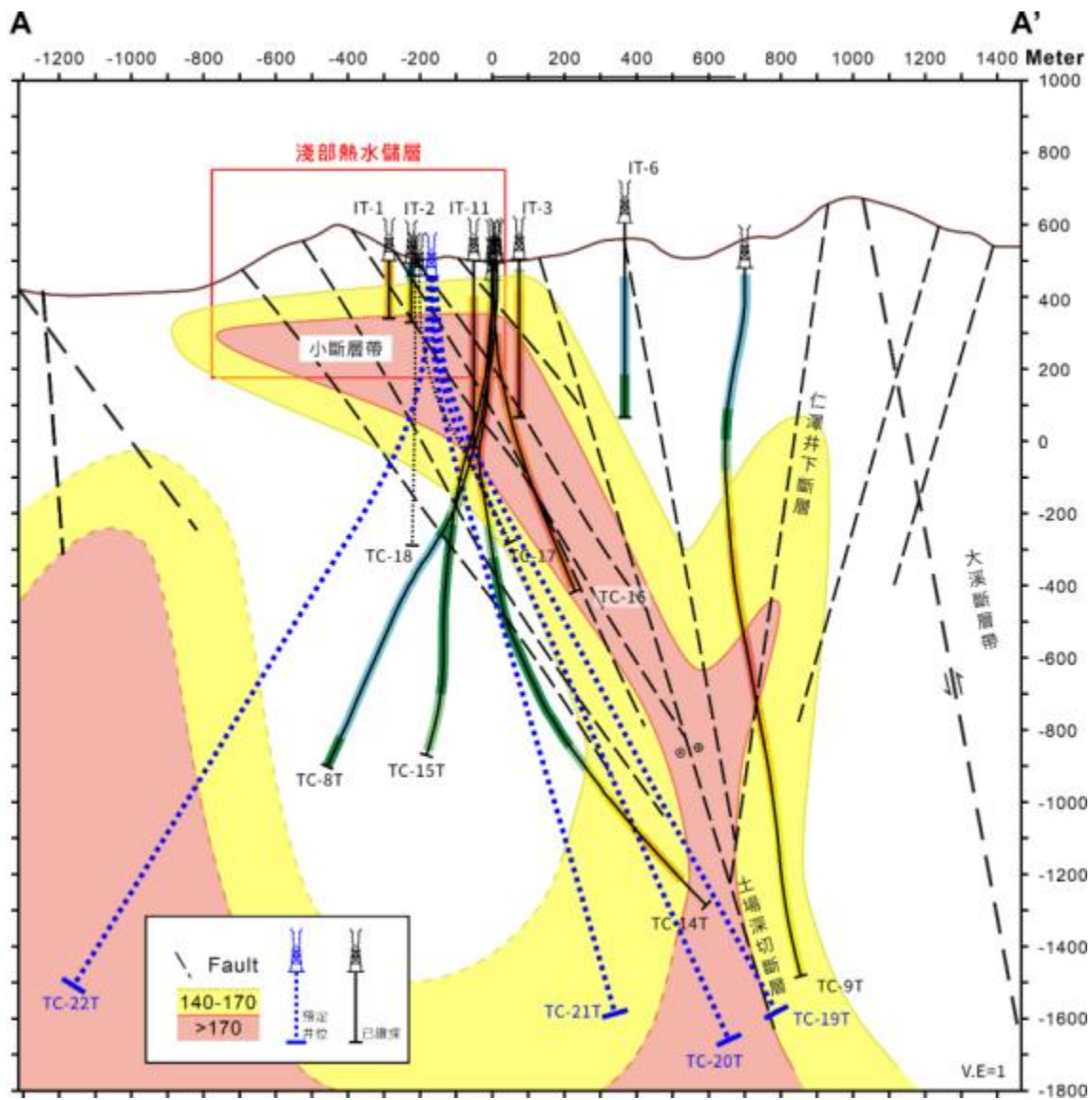


圖4-4 溫度構造剖面圖。黃色範圍為140-170°C，紅色範圍為170°C以上。

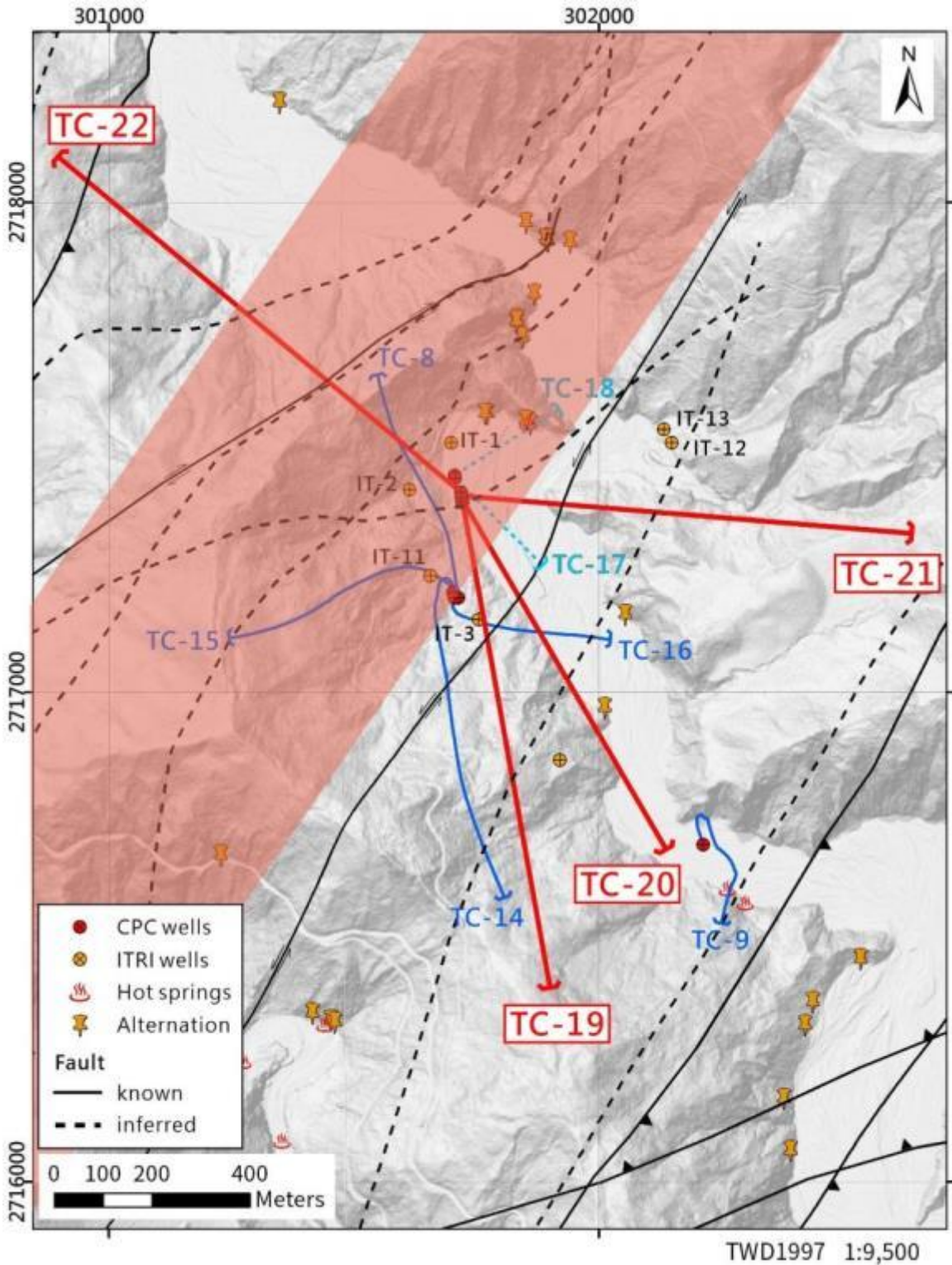


圖4-5 土場19號、20號、21號及22號地熱探勘井(TC-19~22)投影至地表之井程規劃圖。紅色帶狀區域為淺部熱水儲層投影至地表之分布。

2. 地球物理資料

本公司曾於此區進行電阻與時域電磁波法測量(圖4-6；陳敬華、劉永鳳,1982)，由電阻測量可看出地表淺處有20~40歐姆-米之低電阻分佈，往深處則低電阻區域變小，電阻測量顯示土場小斷層帶附近及仁澤斷層沿線地下淺部有較大規模的低電阻層存在，且北側有一帶狀低電阻帶往深部延伸，而此低電阻層亦可能與高溫地熱儲集層有相對應之關係。

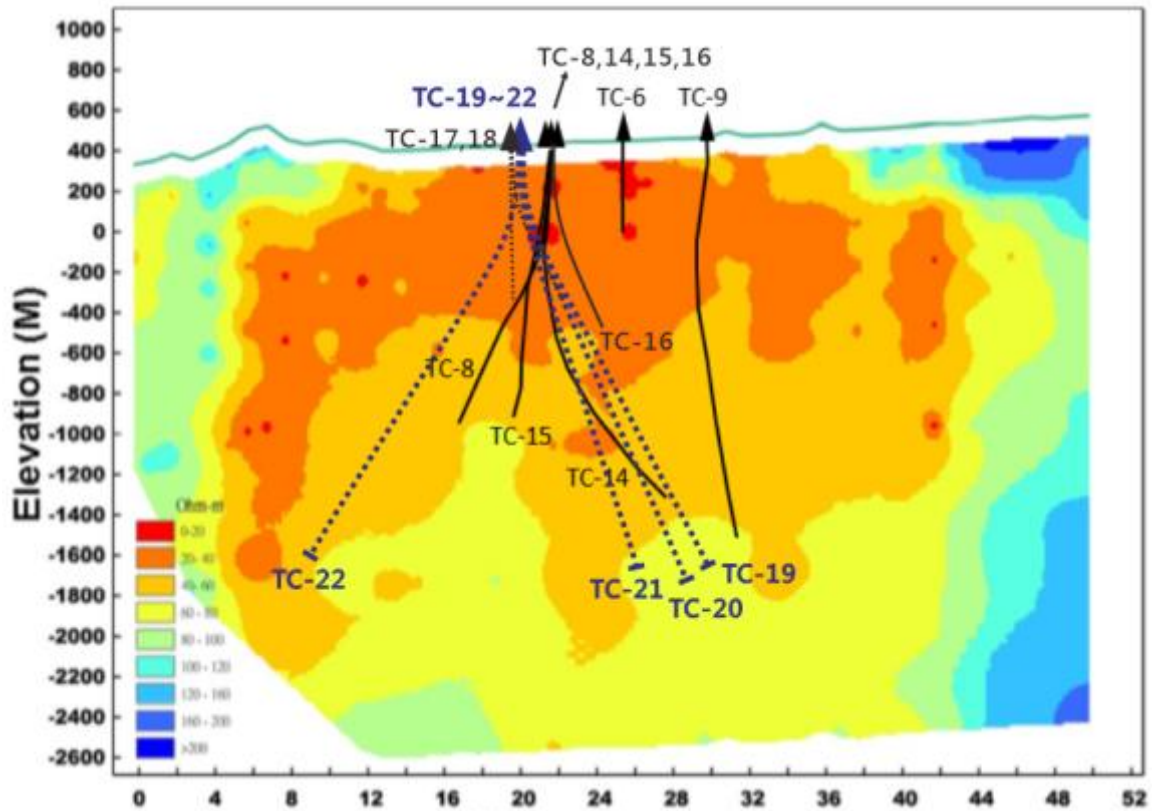


圖 4-6 半展距由 100 公尺到 3,000 公尺之視電阻剖面圖(約平行天狗溪河道方向，圖上方標記為各現有井大致投影位置，站間距 100 公尺)(陳敬華、劉永鳳，1982)。

4.3 地熱地質系統

如由類似石油系統因子的分析方式分析地熱系統，地熱地質系統的主要因子有：地質構造、地熱來源、儲集岩性質、蓋岩性質及地熱流體化學性質等共五項。

1. 地質構造

石油天然氣的儲集相當依賴適當的封閉地質構造，但地質封閉構造的優劣對地熱能源的儲集影響較小，開發地熱成功之主要關鍵為地熱流體的溫度及水量，即取得高熱焓流體轉為電能售電。仁澤土場地熱區岩性為緻密低孔滲板岩為主，熱水汽的傳輸或儲集主要是藉由裂隙與斷層的發育以提升岩石孔滲率，裂隙與斷層為變質岩區地熱能源開發成功之主要因素。

本次鑽探之深部熱水儲層，為後期中央山脈北側、蘭陽平原南側之張應力延伸，造成近東西走向正/走滑斷層系統，且因張應力形成之斷層具較大斷面-裂隙空間，或以多個斷層角礫-裂隙密集帶，成為具透水性之斷層通道或裂隙儲集層。

由此區鑽井電測分析結果可知，此斷層系統於土場地熱區形成一淺部熱水儲層，並以40~60度朝東南傾，推測於東南側深部與土場深切斷層相交，土場深切斷層為早期逆斷層，後期於張應力作用下再活化(inversion)形成正左移運動之熱水斷層帶，此深切斷層及其鄰近破碎帶形成深部熱水儲層，則為此次探勘標的，並勘定鑽探土場19~22號4口探井。

2. 地熱來源

中央山脈變質岩區因造山早期深埋加熱後，在造山時期快速抬升，使深處高溫岩層抬升至地表，故保有較高的地溫梯度，後又因中央山脈北段轉為張應力作用，地殼開始減薄，並發育深切的正斷層使地殼深處的熱能較易傳導至淺處，也使岩層的地溫梯度升高。由地表水及淺部地下水沿斷層裂隙重力滲流至地下深處加熱後，熱水再上湧至垂深200至

2,000公尺的熱水儲層中。

土場地熱區在現今可被觀察到的深度範圍中，尚未發現年輕之侵入或噴出火成岩體，故此區域熱源推斷為造山運動使中央山脈擁有較高的地溫梯度，且加上造山後期張應力作用使此區域地殼減薄，並形成一系列具透水性之斷層帶，將熱流傳至淺處以加熱下滲水源，再經由斷層裂隙將熱水帶至熱水儲層，仁澤土場地熱區地下深度約2,000公尺處之岩體平均溫度可達攝氏200度，而深部地層的熱源補注速率，目前尚無法確定。

3. 儲集岩

由於此地區的岩性以板岩及變質砂岩為主，基質孔隙率極低，過去認為地熱流體的通路可能為小斷層帶、節理或劈理等開放裂隙密集帶。但由鳩之澤溫泉露頭剖面，可觀察到板岩經熱液作用之蝕變帶主要出現於斷層帶附近，雖節理與劈理等裂隙亦可作為地熱流體通道，但其連通性及延續性較差，主要地熱流體仍集中儲集於斷層帶之中。

土場地熱區熱水儲集帶分為兩部分，淺部主要由東北東走向40~50度朝東南傾及東北走向60~80度朝東南傾之斷層往地下延伸，形成淺部熱水儲層，該斷層系統具有熱水及蝕變徵兆；而深部則由土場深切斷層及鄰近裂隙構造形成深部熱水儲層。

從井溫資料來看，於垂深100~600公尺間為淺部熱水儲層，分布於土場1號、2號、3號、8號、11號、12號、13號、14號、15號及16號井附近的田古爾溪兩岸，呈平面狀分布，溫度約攝氏170~180度，此處往東南側深部延伸可與土場深切斷層相交形成深部熱水儲層，亦為深處熱水上湧帶，斷層帶寬度可能僅數百公尺。深部熱水沿土場深切斷層帶上湧至垂深約600公尺後，沿透水性良好之小斷層帶裂隙流動，形成淺部熱水儲層。目前土場深切斷層帶僅被土場16號井鑽遇，位置尚需進一步探勘確認。

4. 蓋岩

如有熱阻蓋岩存在，是地熱能儲存的有利因素，但熱阻蓋岩通常也是阻水層，具阻擋天水或淺部地下水補注至地熱儲集層之風險。

由本次欲鑽探位置之鄰井溫度資料顯示，在此區域鑽入地表50公尺後，地層即快速升溫至攝氏100度以上，故淺部熱水儲層上方應無明顯的熱阻蓋岩，但此結果不影響高地溫異常區的存在，深部熱水儲層上方亦無熱阻蓋岩存在的證據。

5. 地熱流體化學

土場地熱區熱水儲層中的地熱流體以液態水為主，非以氣態存在。依據中央地質調查所於田古爾溪溫泉之溫泉水化學分析結果，顯示地熱流體水質為弱鹼性之碳酸氫鈉泉，pH值約8.31，碳酸氫根離子(HCO_3^-)含量約為1,354 ppm，鈉離子(Na^+)含量為910 ppm。

此處地熱溫泉水總溶解固體量低，以碳酸氫根離子為主，硫酸根及氯離子濃度較低，無腐蝕性，但此化學性質顯示具碳酸鈣結垢之風險。仁澤土場地熱區的地熱水化學成份組成與鄰近的清水地熱區的水質測量結果相近，由於氯離子濃度低，推測地熱流體可能為天水入滲地層加熱而成，而非原生地層水。

地熱流體水質不屬於地熱探勘時期之風險，但若地熱流體具有腐蝕性或易於結垢，將造成開發時需要花費較多成本處理此問題，而影響地熱開發的經濟效益。

4.4 基地地質勘查

根據現地調查及區域地質資料顯示，基地地表之地層為中新世廬山層仁澤段，其露頭於田古爾溪兩岸出露，河床則堆積現代沖積層及河階地。本基地地表覆蓋物主要為河階地現代沖積層之未固結、砂泥基質支持礫石層，其沉積物之來源為上游出露之中新世廬山層古魯段中的板岩及變質砂岩風化而來。

本基地所在之河階地堆積層下伏基盤為廬山層仁澤段，與田古爾溪

兩岸出露之基盤露頭屬相同岩段。本基地位於中央山脈，因中央山脈長年快速抬升，基盤岩體因受變質作用質地堅硬耐河流營力侵蝕，故於兩岸出露有陡直基盤岩壁，岩性以深灰色板岩及淡灰色變質砂岩互層為主，有垂直層面之石英脈填充張裂裂隙，及抬升至地表之岩層解壓節理；接近河床面則為現代沖積層及早期河床堆積抬升後形成之河階地。

基地附近區域岩性露頭之地表地質調查發現岩性及構造露頭計2處、量得8組節理及層面位態資料。其調查結果顯示基地附近地質分布與區域地質圖之劃分無異，河床為現代沖積層及河階地、兩岸出露頭有板岩與變質砂岩互層之中新世廬山層仁澤段地層。地表地質調查成果之基地地質圖及露頭位置圖如圖4-7、圖4-8。茲地表地質調查成果如述：

1. 基地北側左岸露頭

天狗溪左岸於基地位置為河階台地堆積，河床亦有現代沖積層堆積，沿基地外圍靠近河岸一側往北可至溪流右彎處，此處出露之河岸攻擊坡側基盤岩壁露頭，岩性為廬山層仁澤段之淺灰色厚變質砂岩偶夾深灰色厚板岩(圖4-9)，具斜交之劈理偶填充有石英脈，劈理位態為N24E/60S及N10E/84S。於露頭最西邊發現一斷層帶，其位置與區域地質圖相符，斷層帶為寬約20公分之斷層泥，並有頁岩中嗜有機質菌還原硫特徵(圖4-10)，推測此斷層為熱液通道並造成板岩蝕變產生此頁岩還原硫特徵；而露頭最緣河流改為左彎處發現另一斷層帶(圖4-11)，寬約50公分，位態為N30W/84S，但此斷層被斷層泥填滿而無蝕變特徵。

2. 鄰近基地位置

天狗溪左岸鄰近基地位置為河階台地堆積，地表皆為現代沖積層堆積，此區域依據土場8號、14號及15號井岩屑資料可知，地下淺層岩性主要為板岩。

3. 基地東側右岸露頭

出露岩性為廬山層仁澤段之深灰色厚板岩，岩層位態為N50-70E/40-50E，劈理位態約為N60E/60S。

4. 基地東南側左岸露頭

自基地位置之河階台地堆積，沿基地外圍靠近河岸一側往東南方約300公尺處，始出露有基盤岩壁之露頭，岩性為廬山層仁澤段之深灰色厚板岩(圖4-12)，偶有薄變質砂岩-板岩互層(圖4-13)，具斜交於層面之劈理偶填充有石英脈，岩層位態為N64E/78S、N51E/73S，劈理位態為N70E/63S、N74E/58S與N63E/69S。

經地質調查，距基地半徑300公尺內無溫泉露頭，附近地層露頭雖有斷層、裂隙發育，但比對地質調查所之活動斷層資料，應皆非活動斷層，而應是變質岩區固有之早期發育斷層。

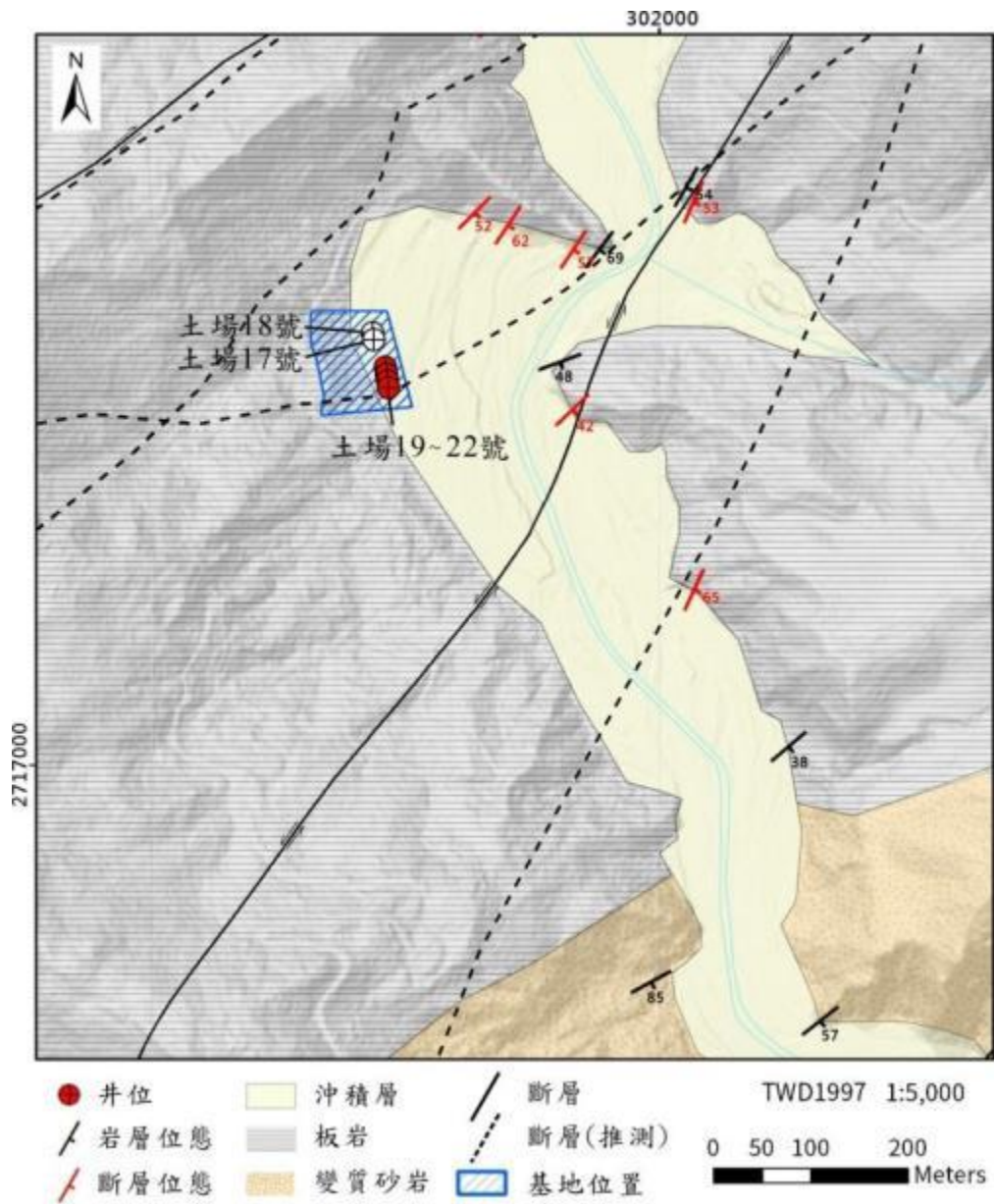


圖4-7 基地地質圖。

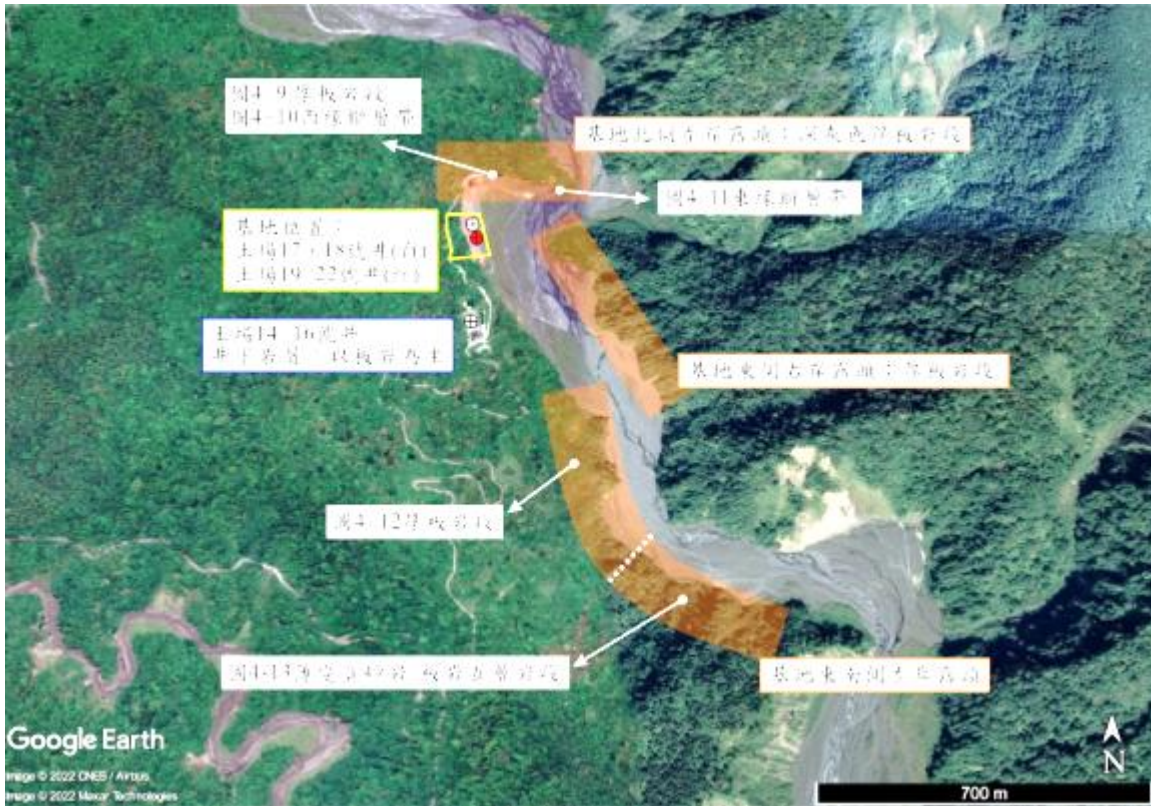


圖4-8 調查岩層露頭位置圖(橘色區塊)，依據井下岩屑推測鄰近基地位置之岩性為厚層板岩(藍色區塊)。



圖4-9 基地北側左岸露頭之厚板岩段。



圖4-10 基地北側左岸露頭西緣斷層帶。



圖4-11 基地北側左岸露頭東緣斷層帶。



圖 4-12 基地東南側左岸露頭之厚板岩段。



圖 4-13 基地東南側左岸露頭之薄變質砂岩-板岩互層岩段。

4.5 地質災害檢討

本案基地位置位於宜蘭縣大同鄉太平村，緊鄰田古爾溪溪岸。經查閱比對行政院農業委員會水土保持局土石流防災資訊網(如圖4-14所示)，顯示離本區最近的土石流潛勢溪流位在基地位置西北側，距離本案約1.7公里，編號為宜縣DF064，為多望溪西岸之支流，溪流長度約1.2公里，對本案基地不會有影響。

經查地質敏感區線上查詢系統，查詢結果顯示宜蘭縣大同鄉土場段13地號、73地號部分區域位於公告之山崩與地滑地質敏感區內(圖4-15、圖4-16)，然本案基地使用面積範圍僅為土場段13地號、73地號範圍中的一部分，經查閱山崩地質資訊雲端服務平台，已確認基地位置無位於山崩與地滑地質敏感區範圍內(圖4-17)，惟基地位置附近有山崩與地滑地質敏感區，應注意地質災害發生的可能性，本案為因應鑽探工程需要，已施作簡易水保工程以維持鑽探工程之地質安全。

「嚴重地層下陷地區」廢止後已改由「地下水管制區第一級管制區」替代，根據經濟部水利署107.12.25經授水字第10720218110號公告，宜蘭縣並無第一級管制區，且第二級地下水管制區範圍並不包含大同鄉。

經查閱及現場調查，本案基地非位在土石流潛勢溪流影響範圍、山崩與地滑地質敏感區、活動斷層地質敏感區、地質遺跡地質敏感區、地下水補注地質敏感區、地下水管制區及嚴重地層下陷區，無不可開發之限制。

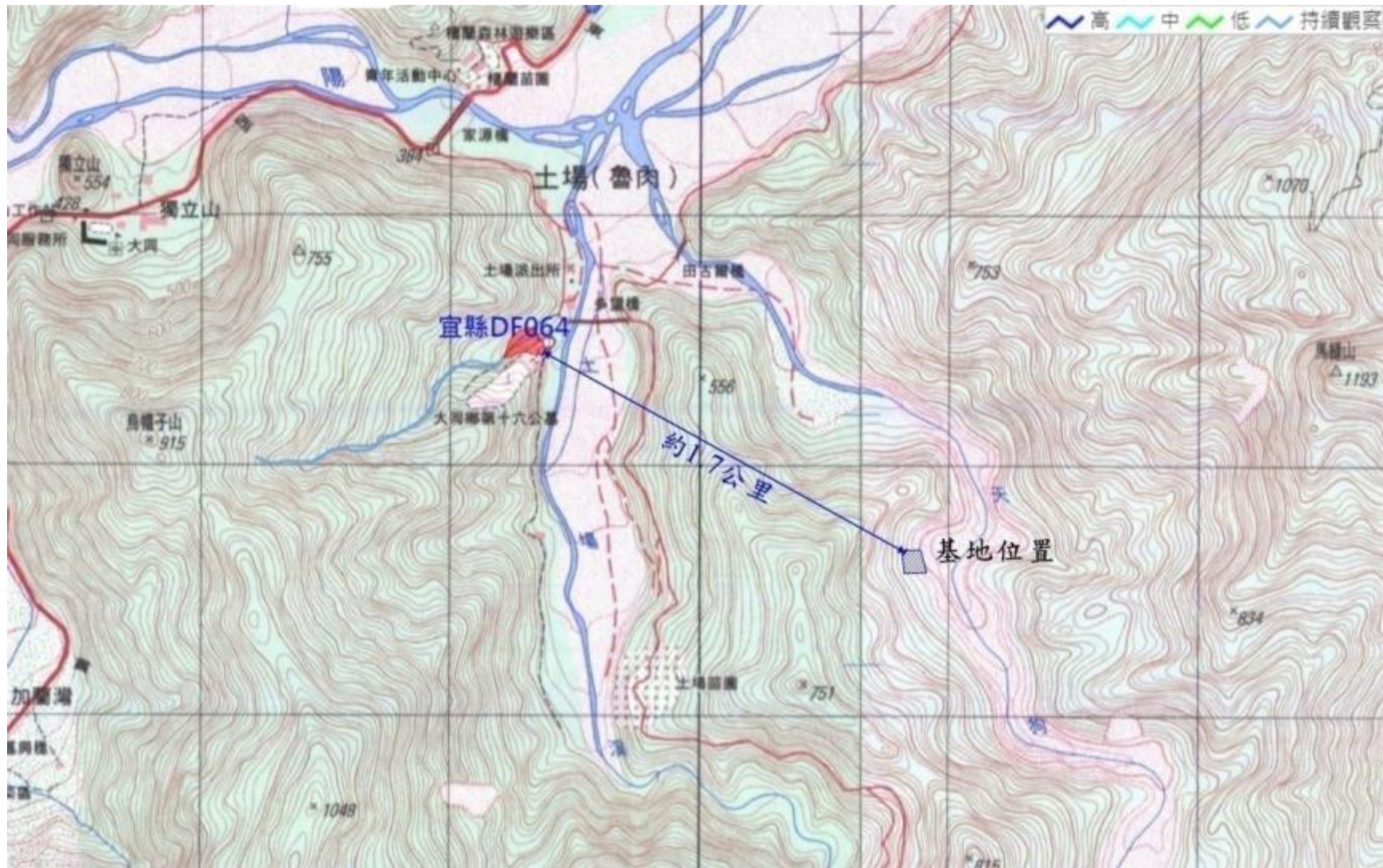


圖4-14 宜蘭仁澤土場地區土石流潛勢溪流位置圖。



地質敏感區線上查詢系統查詢結果

查詢列印檢查碼：12C5C20261D4E4816136E08C3B60E75552AAA0AC

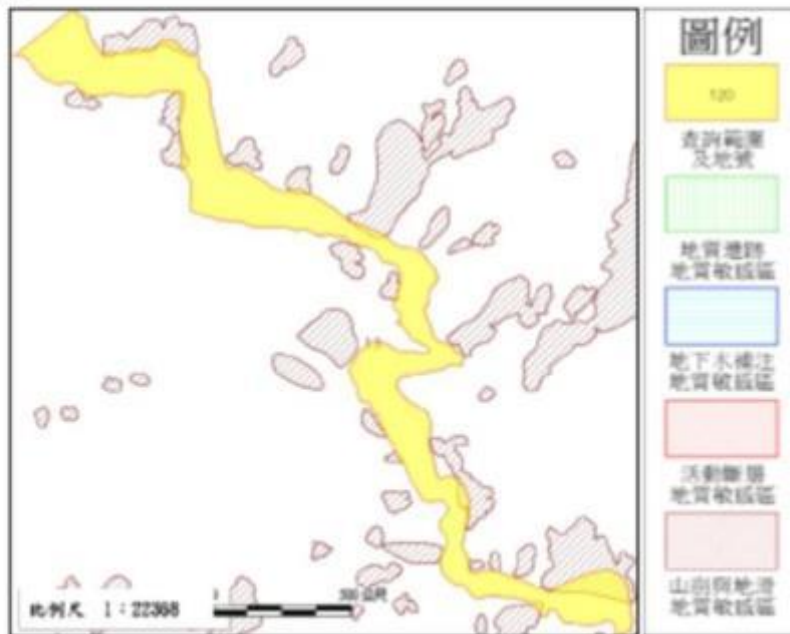
查詢時間：中華民國110年05月13日 11:31:30

查詢地號：宜蘭縣大同鄉土場段13號

查詢網址：http://gis3.moeacgs.gov.tw/gwh/gsb97-1/sys_2014b/check_code.cfm



查詢範圍如下圖：



查詢結果：

■是 (□ 全部 ■ 部分區域) □否 位於公告之地質敏感區內

地質敏感區種類：山崩與地滑地質敏感區

*****查詢結果列印完畢*****

- 註：一、本查詢結果地籍資料使用內政部國土測繪中心 107年5月 提供之地籍圖電子檔調整組合而成。
- 二、本查詢結果所載查詢範圍位置之正確性，應由查詢者自行舉證。如地籍位置有疑義，應以各縣市地政事務所核發之謄本，以及各縣市政府（地質法主管機關）地質敏感區列表清冊為準。
- 三、本查詢結果為經濟部中央地質調查所線上製發；如須作為辦理環境影響評估、土地變更或開發審議等之諮詢作業證明，應從其相關法令規定辦理。

----- (以下空白供機關作業使用) -----

圖4-15 宜蘭縣大同鄉土場段13地號地質敏感區查詢結果。



地質敏感區線上查詢系統查詢結果

查詢列印檢查碼：8CD656D6C44BF10FBAD612A82B2B49DDE9CR2518

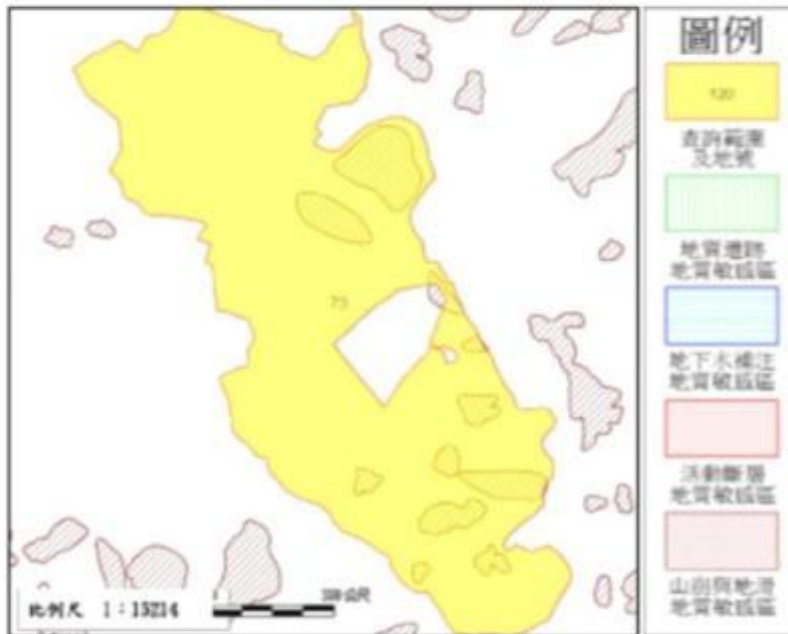
查詢時間：中華民國110年05月13日 11:37:03

查詢地號：宜蘭縣大同鄉土場段73號

查詢網址：http://gis3.moeacgs.gov.tw/gwh/gsb97-1/sys_2014b/check_code.cfm



查詢範圍如下圖：



查詢結果：

■是 (□ 全部 ■ 部分區域) □否 位於公告之地質敏感區內

地質敏感區種類：山崩與地滑地質敏感區

*****查詢結果列印完畢*****

- 註：一、本查詢結果地籍資料使用內政部國土測繪中心 107年5月 提供之地籍圖電子檔調整組合而成。
- 二、本查詢結果所載查詢範圍位置之正確性，應由查詢者自行舉證。如地籍位置有疑義，應以各縣市地政事務所核發之謄本，以及各縣市政府（地質法主管機關）地質敏感區列表清冊為準。
- 三、本查詢結果為經濟部中央地質調查所線上製發；如須作為辦理環境影響評估、土地變更或開發審議等之諮詢作業證明，應從其相關法令規定辦理。

----- (以下空白供機關作業使用) -----

圖4-16 宜蘭縣大同鄉土場段73地號地質敏感區查詢結果。



圖4-17 基地附近地質敏感區查詢圖。

第五章 地下水取用目的及其使用規劃

5.1 地下水取用目的

本地熱探勘鑽井案，如產量良好，得以進入開發期，所引用之地熱水汽依目前規劃，地熱井完成後水權登記為開發人所有，取用之地熱水汽擬供予未來預計建設之地熱發電廠作為發電使用。

5.2 地下水使用規劃

本案之地熱水汽使用事業為如產量良好，擬由本公司建造地熱發電廠。生產之地熱水汽擬以封閉式熱交換方式取用熱能，降溫後之熱水汽即由尾水回注泵浦回注入原地層。過程中，地熱水汽不與外界接觸，除不可凝結之氣體外，所有取用之地熱水汽擬以回注井全部回注原地層。

第六章 地下水取用量估算及影響評估

6.1 地下水取用量估算

1. 地下水使用設施說明

本案執行單位為台灣中油股份有限公司，未來如成功鑽獲地熱水汽擬供給未來自建之地熱發電廠作為發電使用。井口生產之地熱水汽僅會於封閉管路內與工作流體進行熱交換。降溫後之地熱水汽除微量不可凝結氣體外，全部經回注管路以回注泵浦加壓由回注井注入原熱水儲層中，以維持地層壓力。故取出之地熱水汽，僅利用其溫度即回至地層中，其化學性質幾無變化亦無污染。

2. 地下水取用量估算

本案主體開發計畫為提供地熱發電廠使用，地熱水汽使用量依地熱探勘井經產能測試後之合理生產量為準，進行生產。依地熱發電廠可長期穩定生產之特性，預估生產量參考土場15號井之產能，為76.73立方公尺/小時(已扣除不可凝結氣體)，每日24小時，1週7日連續生產。熱水汽發電後全部回注地層。規劃每年4月為生產設備維護時間，每年可生產時間百分比為92% (335天)。地熱水汽逐月取用及回注預估表如表6-1。

本案預計鑽鑿4口井，井偏方向各不同，土場19號、20號及21號3口井往東南方向鑽鑿，土場22號井往西北方向鑽鑿，側向鑽井之角度土場19號井為南偏東10度，土場20號井為南偏東30度，土場21號井為南偏東85度，土場22號井則為北偏西50度。井底位置除了土場22號井以外皆在廬山層仁澤段，而土場22號井則進入廬山層清水湖段。因廬山層清水湖段之岩性組成亦以板岩為主，後續計算之物理量採用共同數值計算，其中假設此4口井單井生產及回注量皆相同，其單井之地熱水汽預估生產量為參考過去鑽鑿之土場15號井為76.73立方公尺/小時，發電後尾水皆回注同一地層的模式進行開發影響評估，並假設回注率達100%。唯未來將視實際產能測試資料，計算安全生產量，原則以不超過自湧產量為上

限，並依之申請溫泉水權。

表6-1 單井地熱水汽逐月取用及回注預估表。

月分	天數	日生產量 立方公尺	日回注量 立方公尺	月產量 立方公尺	月回注量 立方公尺
1	31	1,842	1,842	57,087	57,087
2	28	1,842	1,842	51,563	51,563
3	31	1,842	1,842	57,087	57,087
4	30	0	0	0	0
5	31	1,842	1,842	57,087	57,087
6	30	1,842	1,842	55,246	55,246
7	31	1,842	1,842	57,087	57,087
8	31	1,842	1,842	57,087	57,087
9	30	1,842	1,842	55,246	55,246
10	31	1,842	1,842	57,087	57,087
11	30	1,842	1,842	55,246	55,246
12	31	1,842	1,842	57,087	57,087

6.2 開發影響評估說明

本案計畫抽取本基地下方約2,000~2,300公尺深廬山層內之地熱水汽，預計於本區間分段開篩，開篩段總長為300公尺，並使用其熱能供發電使用，冷卻後之地熱尾水依循封閉迴路將回注入原地層以維持地層壓力。本節僅就本開發案申請之取用量依據泰斯公式估算，以本案之申請量持續取用熱水汽，評估取水層內之壓力水頭受影響程度，並規劃回注幾乎100%之地熱水回原地層，假設抽水至回注於地層需耗時12小時，依此數據進行影響範圍估算。

1. 壓力水頭影響範圍評估原理

當受壓含水層中之抽水井以固定流率抽取地下水時，會以水井為中心產生輻射狀擴張的洩降圓錐面，如圖6-1所示。抽水時因洩降面達到穩定所需之時間甚長且與時間有關，為求工程應用之方便性，所以發展出

用於分析非定常性(unsteady)洩降圓錐面之水井水力學。地下水在含水層中之流動行為主要受到導水係數T與儲水係數S控制，其在受壓含水層於卡氏座標系統中之水平向流動控制方程式為：

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} = \frac{S}{KD} \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{S}{T} \frac{\partial h}{\partial t} \quad \dots\dots\dots (6-1)$$

式中，h=壓力水頭(piezometric head)

x,y =卡氏座標距離(radius)

S=儲水係數(storage coefficient)

K=含水層透水係數(hydraulic conductivity)

D=含水層厚度(depth of aquifer)

T=導水係數(transmissivity)

以極座標系統表示時，上式可改寫為：

$$\frac{\partial^2 h}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial h}{\partial r} = \frac{S}{T} \frac{\partial h}{\partial t} \quad \dots\dots\dots (6-2)$$

● 泰斯公式(Theis equation)

泰斯(Theis, 1935)假設水井為固定抽水量的線源(line sink)，並配合邊界條件：(1)當t=0 時，h=H；(2)當t≥0 時，若r→∞則h→H，則可由式(6-2)推導出解析解式(6-3)。

$$s = \frac{Q}{4\pi T} \int_u^\infty \frac{e^{-u}}{u} du = \frac{Q}{4\pi T} W(u) \quad \dots\dots\dots (6-3)$$

$$u = \frac{r^2 S}{4Tt} \quad \dots\dots\dots (6-4)$$

再經指數積分後，可表示為：

$$W(u) = \int_u^\infty \frac{e^{-u}}{u} du$$

$$= -0.5772 - \ln u + u - \frac{u^2}{2 \cdot 2!} + \frac{u^3}{3 \cdot 3!} - \frac{u^4}{4 \cdot 4!} + \dots \quad \dots\dots\dots (6-5)$$

式中， s =洩降 ($H-h$); Q =抽水量; $W(u)$ =水井函數(well function)。

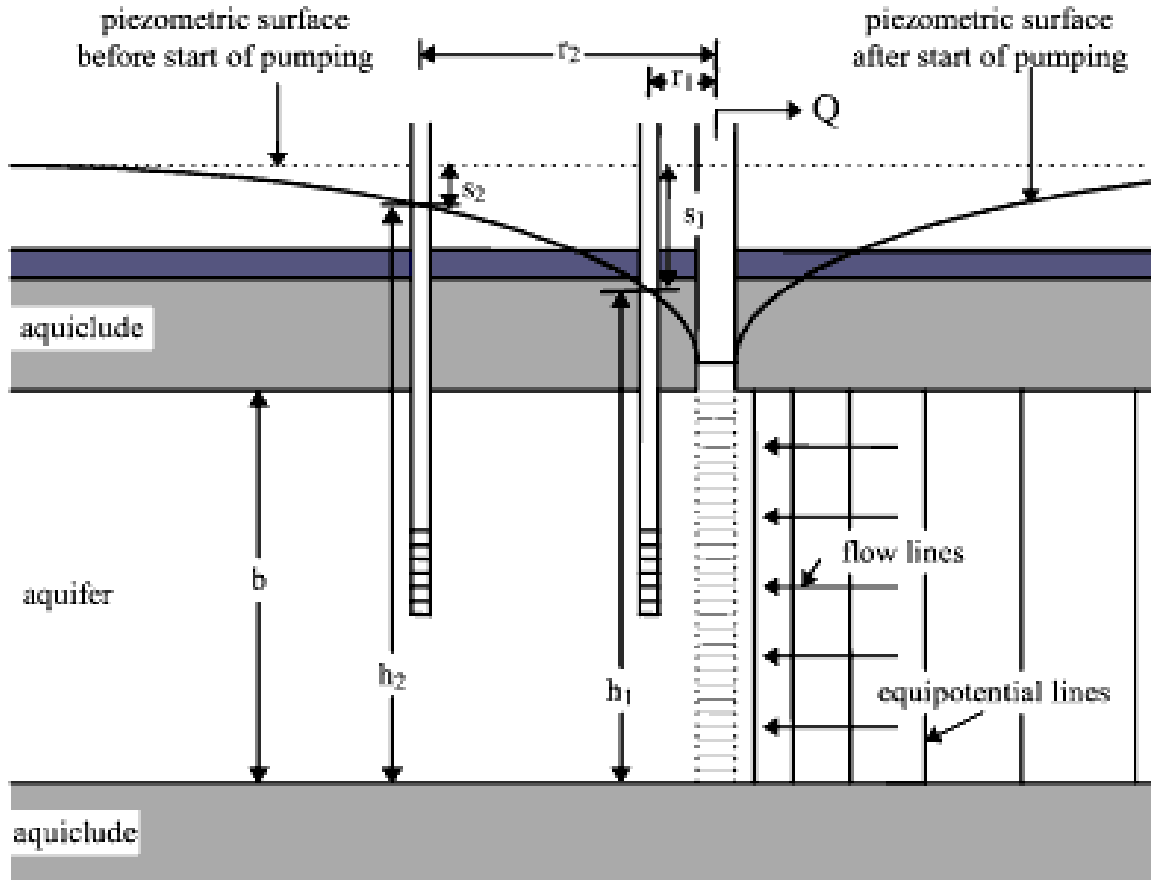


圖6-1泰斯受壓含水層水井抽水示意圖(Kruseman and de Ridder, 1990)。
 (https://www.waterloohydrogeologic.com/help/aquifertest/index.html?cooper-jacob_method_confined_.htm)

- 可柏-賈可柏公式(Cooper and Jacob equation)

可柏-賈可柏公式(Cooper and Jacob, 1946)採用當 r 值很小或 t 值很大時，式(6-4)中之 u 變得非常小，因此可忽略式(6-5)中高階項數，故泰斯之水位洩降解析解式(6-3)可簡化為：

$$s = \frac{Q}{4\pi T} \left[-0.5772 - \ln \left(\frac{r^2 S}{4Tt} \right) \right] \dots\dots\dots (6-6)$$

將上式轉換為以 10 為底之對數，可得：

$$s = \frac{2.3Q}{4\pi T} \log \left(\frac{2.25Tt}{r^2 S} \right) \dots\dots\dots (6-7)$$

上式可用來計算固定抽水量Q之抽水井，在不同時間t狀態下，距離抽水井距離r之地下水位洩降量s，其控制參數則為含水層之導水係數T與儲水係數S。而傳統抽水試驗則由上式進行反演算(inverse calculation)，由觀測洩降量s反推估含水層之T與S值。在求得含水層之T與S值後，則可套用Copper-Jacob方程式式(6-7)，計算洩降量為0的地點與抽水井的距離，該距離即為該抽水井的影響半徑。但洩降量為0在方程式中無法計算，因此假設洩降量0.01公尺為抽水影響極限，即可求取抽水之影響半徑r。

2. 抽水影響範圍估算

本抽水影響範圍估算分為兩個部分計算，其一是回注系統建置完成後，由於按照規劃，將抽取之地熱水量全部回注至生產之地層，所以理想上抽水量為0，因此僅計算地熱水自抽取至地表進行換熱後再回注地層所經過的時間，根據土場15號井產能測試資料推算，以4吋管噴流時流速為2.6m/s，考慮到連接管線截面積、長度、熱交換器設計、回注系統設計等等細節尚未確定，保守估計地熱流體自井底抽取到回注至地層所經過的時間為12小時，並帶入式6-7計算影響半徑。

2.1 電廠營運期間影響範圍估算

由於本案於開發完成後，根據鄰井土場15號井所獲得的初步資料(表6-2)，規劃本案土場19~22號地熱探勘井各井之日取用量同為1,842立方公尺(76.73立方公尺/小時)，4口井合計約7,366立方公尺/日，且回注率接近100%。另外由於本案4口井為定向井，因此計算時以影響範圍最大之配置為主，計算假設以4口井井底位置作為中心，取水段單井為300公尺，

抽水1,842立方公尺/日，並設定地熱水自抽取至地表進行換熱後再回注地層所經過的時間為12小時，再套用Copper-Jacob方程式(式6-7)，並對現況之目標取水層進行參數假設，可約略求出取抽水之影響半徑。因此，公式中的生產時間t以0.5天作為持續取水時間，洩降s則假定為0.01公尺以計算影響半徑。

表6-2 鄰井溫度壓力資料。

井號	完井日期	計算靜止時井頭壓力(公斤/平方公分)	流量(立方公尺/小時)	溫度(攝氏)	鑽深(公尺)
TC-15	2021/02	3.6	76.73	141	1,500

本申請案開篩段預估為鑽深2,000~2,300公尺間之廬山層透水裂隙帶，因此出水段總厚度預計為300公尺，本計算之導水係數(T)之估算將以透水係數乘上該裂隙總厚度數值計算，含水層透水係數(K)選取時預估值範圍為 10^{-4} 公尺/秒~ 10^{-7} 公尺/秒(許世孟等，Taiwan Rock Engineering Symposium，2012)，如圖6-2所示。由於板岩透水係數由裂隙影響甚鉅，因此取圖6-2中 10^{-7} 公尺/秒為試算的透水係數(K)，取水層厚度300公尺，計算出導水係數(T)，再根據黃俊傑等(2014)研究板岩(DHW-05號井)之儲水係數(S)約為 1.5×10^{-5} ~ 9.5×10^{-5} ，因此假取值 5×10^{-5} 作為透水裂隙之儲水係數(S)並代入式6-7，相關假設、計算參數如s、T、t、S及計算結果列於表6-3。

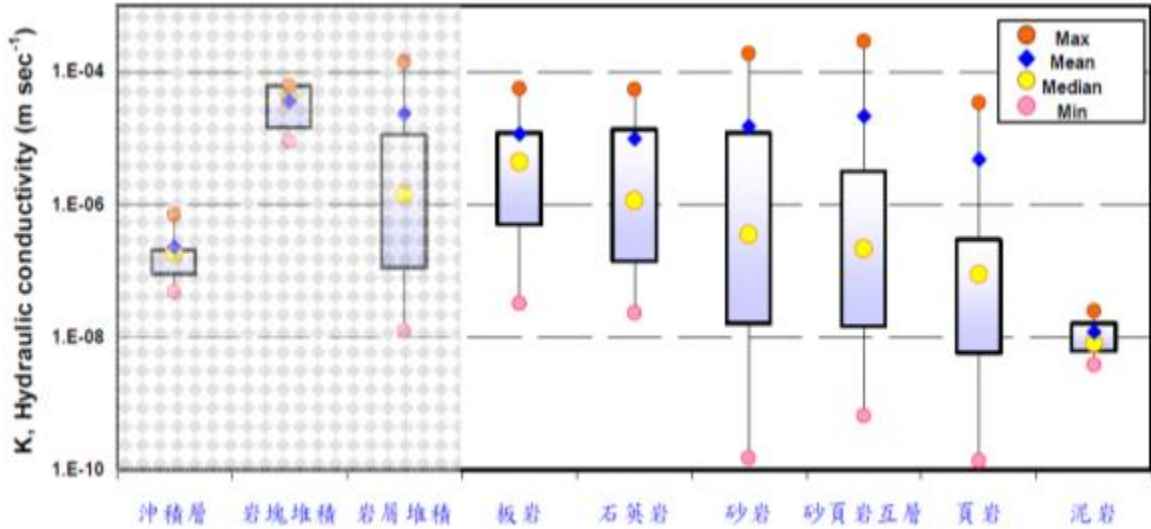


圖6-2透水係數K與岩性之關係(許世孟等，2012)。

表6-3抽水影響半徑計算參數表。

參數符號	意義	數值	單位	說明
K	透水係數	0.00864	m/day	許世孟等(2012)取 10^{-7} m/s做為試算數值
D	儲層厚度	300	m	根據單井開篩總長度估計
T	導水係數	2.592	m ² /day	根據推估值計算， $K \cdot D$
S	儲水係數	0.000005		黃俊傑等(2014)取 5×10^{-5} 作為試算估值
Q	抽水量	1,842	CMD	根據土場15號井估算，單口1,842CMD
t	抽水時間	0.5	day	假設值，地熱水自抽取至地表進行換熱後再回注地層所經過的時間
s	壓力水頭洩降	0.01	m	假定0.01公尺為抽水井影響半徑處之洩降量

r	影響半徑	241.5	m	估算結果
---	------	-------	---	------

估算結果顯示，規劃100%回注情況，考慮單井抽水量1,842立方公尺/日，且估算地熱水自抽取至地表進行換熱後再回注地層所經過的時間約半天，其影響半徑計算結果約為241.5公尺，再加上定向井2,000~2,300公尺開篩段之水平偏距，土場19號井之其影響半徑應位於基地井口南偏東10度1,230.8公尺(241.5公尺加上水平偏距989.3公尺)，土場20號井之影響半徑應位於基地井口南偏東30度1,064.3公尺(241.5公尺加上水平偏距822.8公尺)，土場21號井之影響半徑應位於基地井口南偏東85度1,149.7公尺(241.5公尺加上水平偏距908.2公尺)，土場22號井之影響半徑應位於基地井口北偏西50度1,307.8公尺(241.5公尺加上水平偏距1,066.3公尺)。因各方位之影響半徑小於等於1,307.8公尺，且4口井之井底距離均大於241.5公尺，故以4口井考量水平偏距以及影響半徑疊加，影響範圍最大應是距離井口1,307.8公尺處。

據目前區域調查結果，由於此地的井屬於自噴井，且水位高度遠高於地表，其影響半徑內除本公司所鑽鑿之地熱井外無其他地下水水利設施，也無其他溫泉井，最近的鳩之澤溫泉距離土場鑽井現場距離約3公里，尚未影響到該民間溫泉井，此影響半徑可評估對周圍不具影響。

另外，依據土場15號井的初步資料進行壓力換算，總水頭高度約在地表上36公尺高，與周圍淺部地下水分屬不同含水層系統，因此本地熱井抽水對周圍淺部地下水位影響不大。而本計畫案址2公里半徑內，現今尚無其他單位鑽鑿之地熱水汽生產井，因此根據上述計算結果，本地熱井不會對周圍地熱水汽生產井造成影響。而若把取熱過後之尾水回注取水層，也可維持地下水層之水量與地層壓力，使本地熱井之取水對地下水層之影響降至最低。

然本分析結果目前包含諸多假設，實際結果將於地熱井完成後，依執行熱水汽產能測試及岩性分析後求得之數據進行分析，以求取實際之關井

壓力、儲層壓力、溫度、導水係數 T 值、抽取至回注的時間，重新計算其影響半徑。若電廠營運之後，在抽水後確實 100% 將生產水回注地層，營運期間地層水將呈現動態平衡，影響將降至最低。

第七章 地下水開發工程及取用設施說明

7.1 取用設施及相關圖說

本地熱探勘案經評估後，擬採用中油公司探採事業部鑽探工程處WD-50-2之5,000公尺級油井式鑽機搭配旋轉式泥漿工法定向鑽探4口2,300公尺鑽深之地熱探勘井。

本次鑽探之土場19號、20號、21號及22號地熱探勘井將以定向鑽進的方式控制鑽井方向，使4口井之井程可在井下拉開偏距，以探明東南及西北兩側可能之深部熱水儲層位置。

土場19號、20號、21號及22號地熱探勘井先以直井鑽進至鑽深80公尺後，分別朝南偏東10度、南偏東30度、南偏東85度及北偏西50度之方向，以2度/30公尺增角至井斜24~33度後，沿角定向鑽進至深度2,300公尺，井底水平偏距分別為989.3、822.8、908.2及1,066.3公尺。

如經產能測試後，評估具地熱發電生產價值，則將此次鑽鑿之土場19號、20號、21號及22號地熱探勘井其中3口轉為生產井，並以自噴方式生產，熱水汽將經井口計量站後導入地熱發電廠之熱交換器，進行封閉式的熱交換，另擬1口井為尾水回注井。

鑽井深度口徑表及鑽井工程基本內容如表7-1所示，探井開鑿規劃設計圖如圖7-1所示。各項設備說明略述如下：

1. 地熱水汽生產及回注地下水構造物(地熱井)

本探勘鑿井工程之引水構造物為鑽深2,300公尺地熱探勘井4口，其規格相同，說明如下：

- 導管段：井孔26吋，井深0公尺至6公尺，由土木機具於開坪時或籌鑽時施工。完成後下20吋導管，管外以水泥全封。
- 第一期：井孔17-1/2吋，鑽深6公尺至50公尺。本期以17-1/2鑽頭鑽進至50公尺後下13-3/8吋套管，管外以水泥全封。本層套管防止循環泥漿溢出地表，沖刷設備基礎及汙染鄰近地區，並封阻地表溫泉熱水侵入泥漿循環系統，保護工作人員安全。

- 第二期：井孔12-1/4吋，鑽深50公尺至200公尺。本期以12-1/4吋鑽頭鑽進至200公尺後下9-5/8吋套管，管外以水泥全封。
- 第三期：井孔8-1/2吋，鑽深200公尺至2,300公尺。本期以8-1/2吋鑽頭鑽進至2,300公尺，測溫及電測後下7吋生產套管，以襯管(Liner Hanger)掛於鑽深150公尺處，濾水段為取水段中，取岩層透水性良好處配置槽切式開孔井管。

表7-1 鑽井深度口徑表及鑽井工程基本內容。

項目	地熱探勘井		
鑽探井數	4		
土場 19 號井井程	定向南偏東 10 度(S10°E)，偏距約 989.3 公尺。		
土場 20 號井井程	定向南偏東 30 度(S30°E)，偏距約 822.8 公尺。		
土場 21 號井井程	定向南偏東 85 度(S85°E)，偏距約 908.2 公尺。		
土場 22 號井井程	定向北偏西 50 度(N50°W)，偏距約 1,066.3 公尺。		
預定鑽深(公尺)	2,300		
鑽深區間 (公尺)	井孔尺吋 (英吋)	套管尺吋 (英吋)	岩屑採集及泥漿溫度 量測間距(公尺)
0~6	26	20	-
6~50	17-1/2	13-3/8	10
50~200	12-1/4	9-5/8	10
200~2,300	8-1/2	7	10

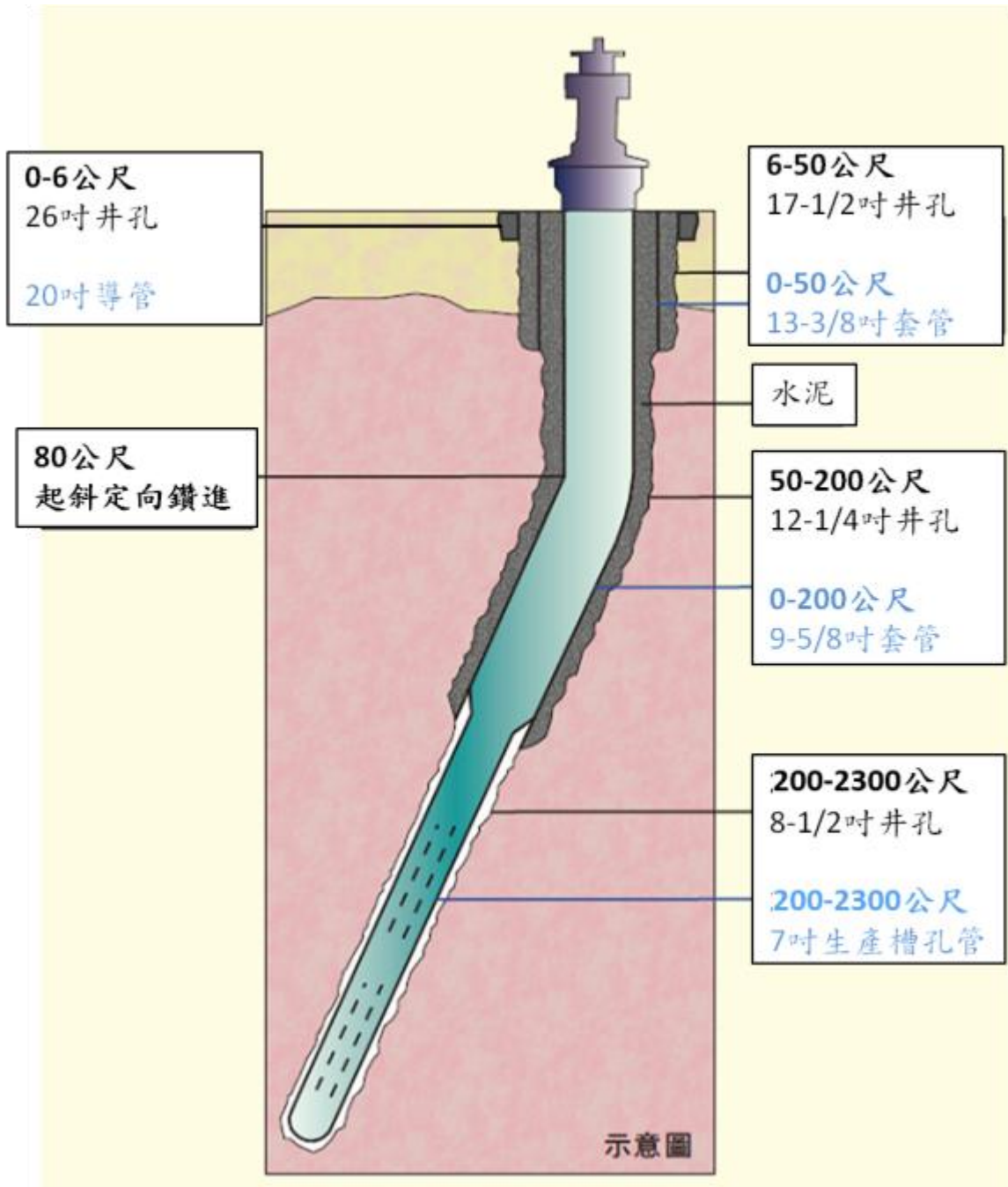


圖7-1 探井開鑿規劃設計圖。

7.2 尾水回注概念及設備

一般地熱發電生產回後之回注方式包括同層對井回注、異層對井回注，分別說明如下：

1. 同層對井回注

同層對井回注可依據注水層及開採層位置的熱儲結構及區域構造位置區分為：(a)斷裂型：位於斷裂帶附近，岩石破碎，裂隙發育完整具有順暢的地下熱水運移通道，這類地層回注效率最佳，可在不加壓的自然條件下進行回注；(b)裂隙型：裂隙發育尚完整，這類地層在回注過程中會發生岩堵及氣堵現象，一般經過回揚疏通後，回注效果會增加；(c)孔隙型：注水層為新生代沉積盆地，如第四紀及第三紀熱儲層，其結構疏鬆孔隙較大，這類型回灌初期為比較順暢，到後期則會因熱儲層物理及化學堵塞現象，回注能力不斷衰減，需要定期回揚疏通。

2. 異層對井回注

當開採地層回注非常困難時，可採取異層對井回灌，分成：(a)孔隙-斷裂型、(b)孔隙-裂隙型、(c)裂隙-斷裂型、(d)裂隙-裂隙型及(e)斷裂-斷裂型等五種。

常見的尾水回注方法有真空回注和壓力回灌兩種。前者是將回注井進行密封，以避免空氣進入後堵塞熱儲層的空隙，後者是使用加壓泵將地熱尾水注入回注井。真空回注通常在地下水位很低的地質條件下使用。土場地區水位高，如確實鑽入裂隙帶，應具有順暢的地下熱水運移通道，未來擬使用同層對井回注並以壓力回灌(圖7-2)。

若本次鑽探計畫可順利生產開發，將視整體產測結果，規劃3口為生產井、1口為回注井。土場鑽井用地有限，土場14~16號井使用同一井坪鑽探，土場17~22號井則使用鄰近之同一井坪，常規上此地熱井群在熱水產能上會相互影響，無法發揮生產效益，為避免此情況發生，各井在井程偏向和開篩區間設計上，盡可能地相互迴避以降低生產干擾。各

井迴避設計簡述如下：

- 土場14號與15號井皆於鑽深300公尺朝南、朝西起斜，土場16號井於鑽深80公尺朝東起斜，所以在地下深處土場14~16號井可拉開一定距離，降低可能的生產干擾。由於土場14號井於鑽深745.4公尺之上深度已進行套管水泥封固，應可避免回注冷水汙染熱水儲層的問題。
- 土場17號與18號井於鑽深80公尺分別朝東南、東北起斜所以在地下深處土場14~16號井可拉開一定距離，降低可能的生產干擾。
- 土場19~22號井同樣於鑽深80公尺，分別朝南偏東10度、南偏東30度、南偏東85度及北偏西50度起斜，所以在地下深處土場19~22號井可拉開一定距離，且因為此4口井開篩區間為2,000~2,300公尺，避免干擾鄰近土場15~18號井之淺部熱水儲層生產。

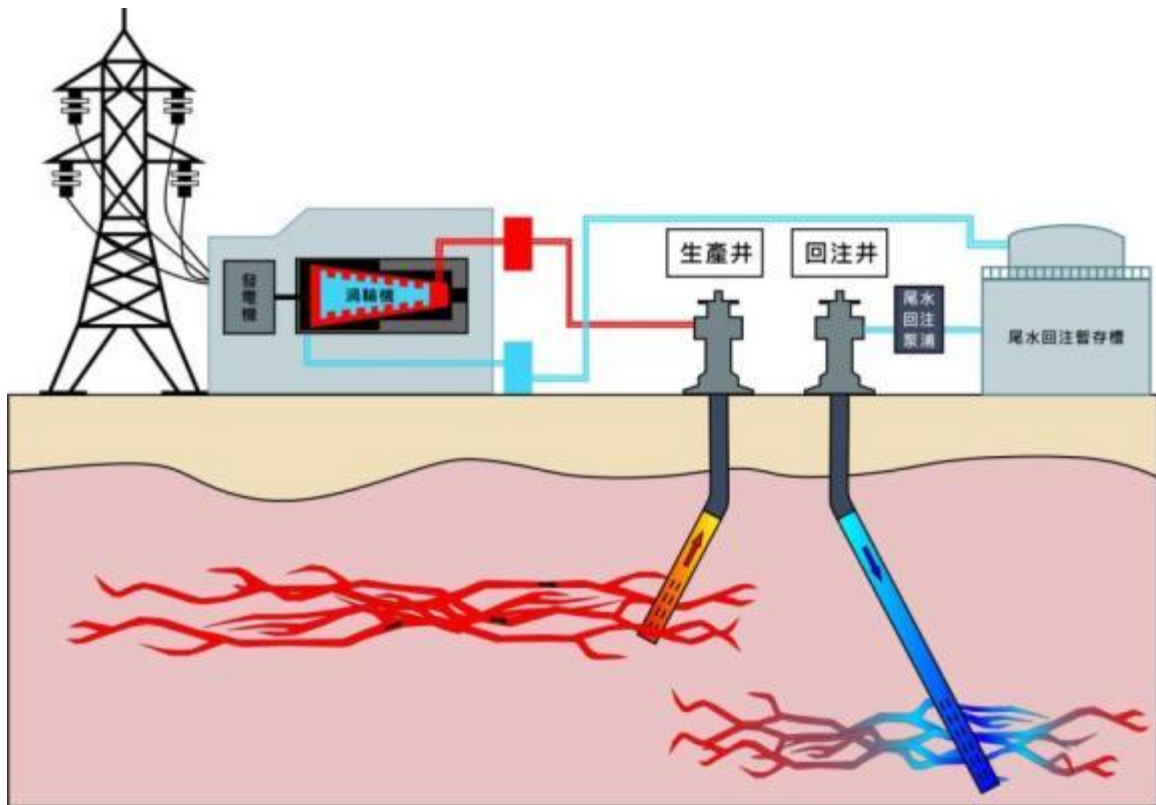


圖7-2 尾水回注概念圖。

工研院於2008年曾以宜蘭清水9號井進行回注試驗之結果。結果顯

示僅需25.5公斤/平方公分即可回注62立方公尺/小時之水量。其原因為其於鑽深1,260公尺附近及鑽深1,690公尺附近有兩層的透水裂隙帶。於清水、土場仁澤相同為變質岩區以裂隙為主要熱水汽流動方式之地區，如能鑽到良好的裂隙帶，其滲透率通常極佳，注水壓力不需太大。如確實不易注水，可能需鑽探另1口井並進行異層回注，或減少取水量，以求盡量可完全回注。

依清水地熱區之回注試驗資料為例，在注水壓力25公斤/平方公分時，注水流量約62立方公尺/小時。因本基地之區域地質情況與清水地熱區之地熱儲集岩性質相近，回注泵浦所需規格應類似，然實際將於產能測試後，依實際安全生產流量，於地表設置適合馬力之回注泵浦。

如未來測試後，地層在地質條件下並不適宜同層回注的方式生產。初期在法規允許下，或許會先採小產量生產及回注的方式，進行示範性的生產，並同時規劃其它合適鑽鑿回注井的地點。

因變質岩區之地下地質情況側向異質性高，本申請案之主要目的為探明地下的地熱水汽儲集層位置、了解適合回注地層位置及適合生產之地層位置等問題。在鑽探完成後，將進行完整之地下岩層及裂隙帶之產能試驗，以規劃適合之回注設備。

3. 生產及回注計量及監測設備

- 計量設備：地熱探井轉為生產井後，將於生產井井口裝設耐溫計量一只。
- 自記式水壓計：安裝於生產井內。
- 溫度計：安裝於生產井口，自動記錄。

4. 取用及回注管線

地熱井至熱交換器之間取用管路及尾水回注口徑依目前規劃分別為8吋與6吋，材質擬依實際出水溫度及泉質調整，目前預定採用包覆耐溫材料之鋼管。

流出熱交換器之降溫尾水將直接以管線送至回注泵浦加壓回注井

內。如回注量有異常而暫時無法完全注入井內，無法回注之部份尾水將暫存於地表之尾水暫存槽，並以自動控制方式，降低生產量或暫停生產，以處理相關工程問題。

7.3 施工方法及機具

1. 施工機具

本地熱探勘案經評估後，擬採用中油公司探採事業部鑽探工程處WD-50-2之5,000公尺級油井式鑽機搭配旋轉式泥漿工法施工，相關鑿井機具及設備數量如表7-2。

表7-2 鑽井機具相關規格及數量。

名稱		規範	數量
井架	型式	Mast Nov.	1 套
	高度 m	32.6	
	安全載重 MT	250	
井架底座	型式	Box Type	1 套
	高 x 寬 x 長 m	6.10x7.86x14.01	
	套管載重 MT	181	
	立桿載重 MT	109	
鑽機	型式	Oilwell 660	1 套
	動力	2 台 x Cat. 3408 BTA	
	馬力	420*	
	輔助剎車	Parmac 342	
泥泵	型式	Oilwell A850-PT	2 套
	動力	1 台 x Cat. D-398TA	
	馬力	825	
轉盤	型式	Oilwell A20-1/2	1 套
	傳動方式	鑽機複合傳動	
天車		Pyramid 55" x 1w & 42" x 5w 250T	1 套
遊車		National hook block	1 套
大鈎		540G250	1 套
水龍頭		Oilwell PC-300	1 套
方鑽桿驅動襯套		Varco 20 HDP	1 套
鑽繩		1-1/8"x6x19	
水龍帶	內徑 x 長度 x 工作壓力	3-1/2" x 55' x 5,000psi	
指重表		M/D "FS"	1 套
調泥泵		5"x6"Cent P W/GM4-71 & GM4-53	2 套
空氣壓縮機		Tong Cheng HWP-310 W/10HP Motor	3 套
發電機		85KW W/Cat 3304	2 套
泥漿機械處理設備總成			1 套
廢水處理系統			1 套
吸罐、貯罐		25 公乘	1 批

2. 施工場地配置

鑽井井場用地佔整體租用地面之使用規劃如圖7-3。機具的配置依現場條件規劃示意如圖7-4。施工期間並設置安全圍籬及工程內容告示牌。

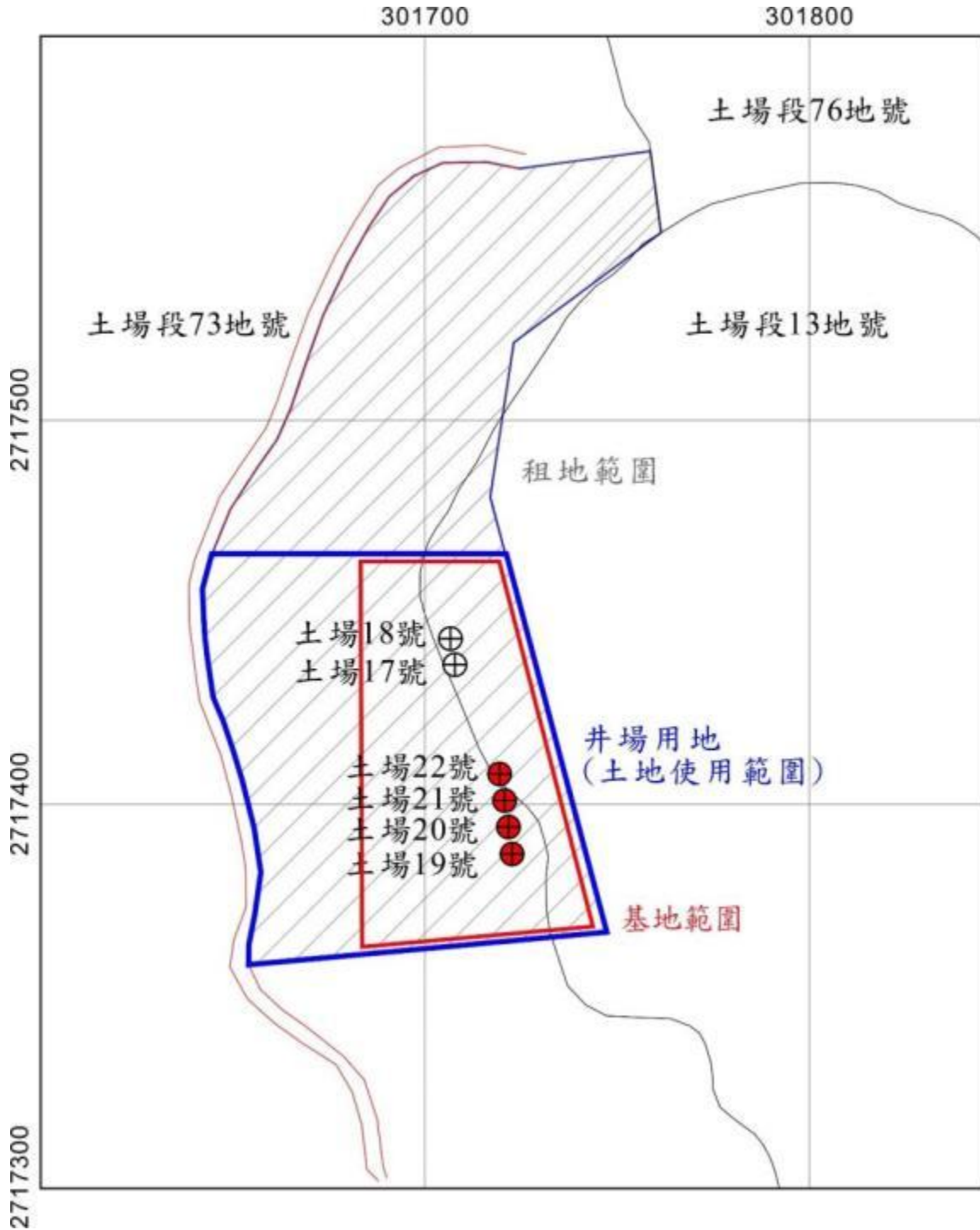


圖7-3 鑽井工程用地使用範圍規劃。

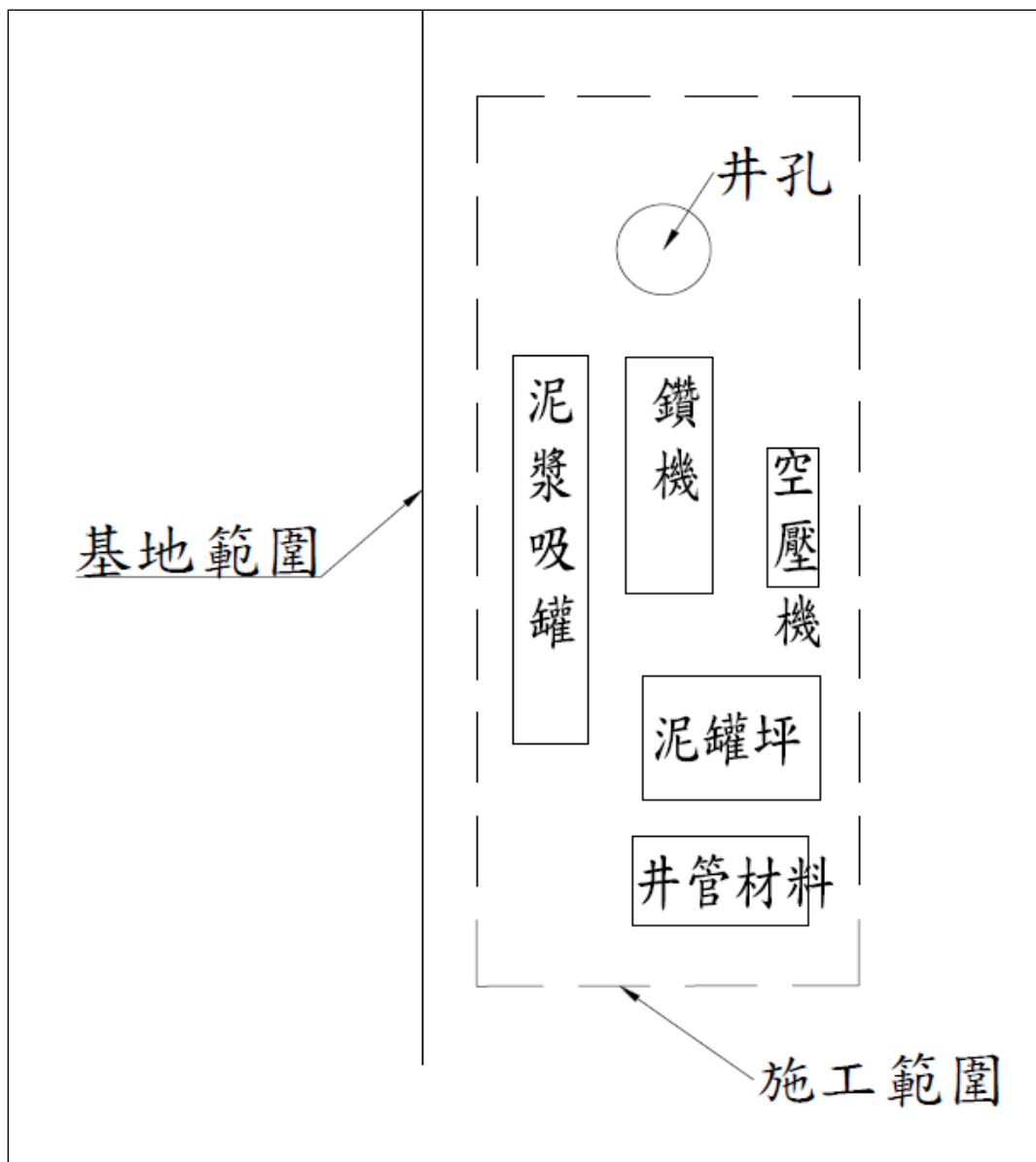


圖7-4 機具配置規劃示意圖。

7.4 工程進度與監督計畫

1. 工程進度

土場19~22號地熱探勘井鑿井工程施工順序依鑽機動遷、井體鑽鑿、套管裝設、及鑽井機械出場之期程預估，單口井約需150工作天，4口井合計約需600工作天，各階段工作時間如表7-3 所示。單口井鑿井工程進

度規劃如圖7-5。

表7-3 鑽井各階段工作時間整理。

工程紀要		鑽深 (公尺)	籌鑽 拆遷	鑽進	電測 測溫	套管 水泥	井口 裝置	測溫 完井	偶發 事件	合計 天數
土場 19 號 地熱探勘井	開鑽前		24							24
	導管	6								0
	第 1 期	50		2	0	1	0		1	4
	第 2 期	200		5	0	4	1		3	13
	第 3 期	2,300		61	6		1		5	73
	完井	2,300						13		13
	拆遷		23							23
	土場 19 號井總天數									
土場 20 號地 熱探勘井	開鑽前		24							24
	導管	6								0
	第 1 期	50		2	0	1	0		1	4
	第 2 期	200		5	0	4	1		3	13
	第 3 期	2,300		61	6		1		5	73
	完井	2,300						13		13
	拆遷		23							23
	土場 20 號井總天數									
土場 21 號地 熱探勘井	開鑽前		24							24
	導管	6								0
	第 1 期	50		2	0	1	0		1	4
	第 2 期	200		5	0	4	1		3	13
	第 3 期	2,300		61	6		1		5	73
	完井	2,300						13		13
	拆遷		23							23
	土場 21 號井總天數									
土場 22 號地 熱探勘井	開鑽前		24							24
	導管	6								0
	第 1 期	50		2	0	1	0		1	4
	第 2 期	200		5	0	4	1		3	13
	第 3 期	2,300		61	6		1		5	73
	完井	2,300						13		13
	拆遷		23							23
	土場 22 號井總天數									

	土場 22 號井總天數	150
	總天數	600

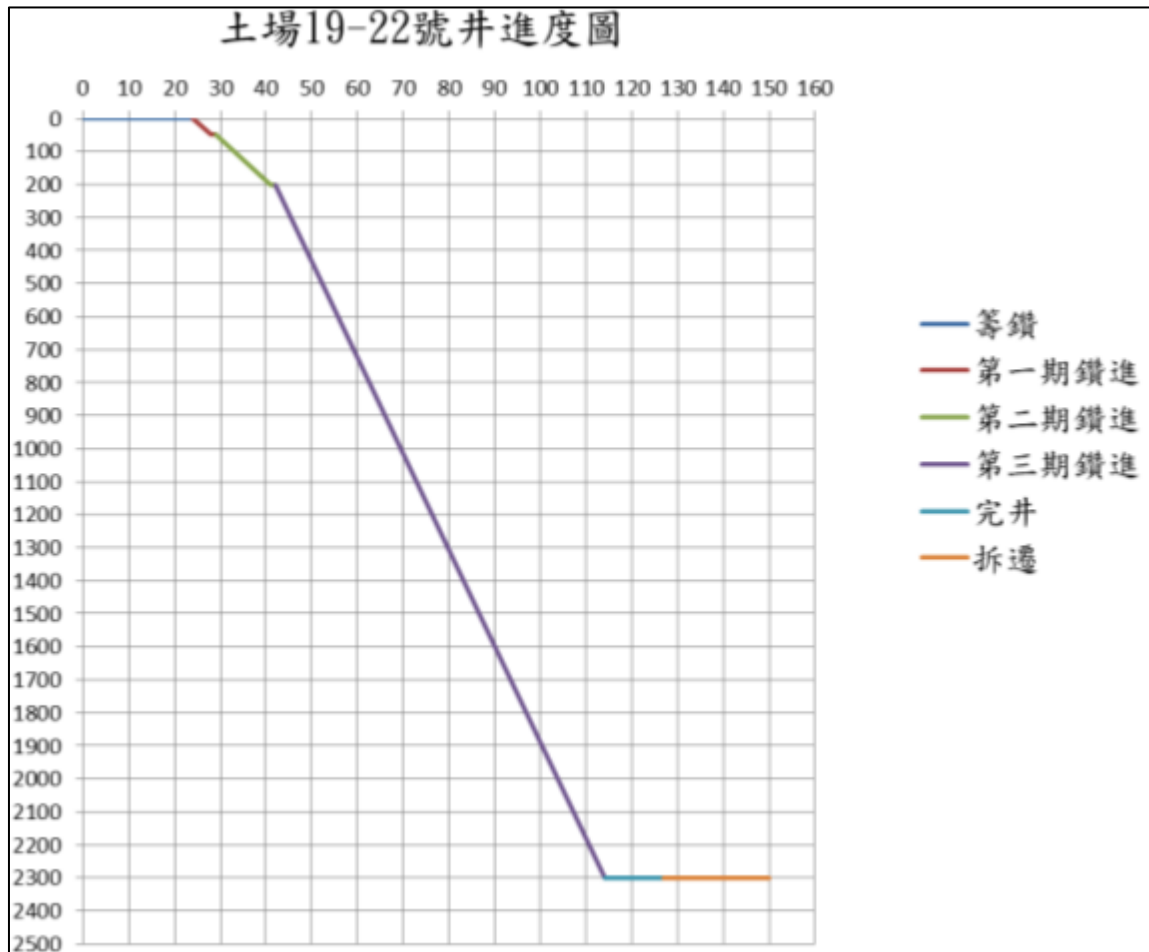


圖7-5 土場19~22號地熱探勘井鑿井工程進度規劃圖。

2. 防災及應變措施計畫

本案鑿井工程相關之防災應變計畫簡述如下：

(1) 災害應變體系

成立災害應變中心及緊急應變小組。

(2) 加強防災準備工作

- a. 為迅速應變災害，防災相關單位間應緊密聯絡。
- b. 擬定災害發生後交通、通訊斷絕及停電狀況下災害預報、警報資訊傳達、通報計畫。

- c. 為確保災害時之交通與運輸，擬妥有關飲用水、糧食及其他生活必需品、醫療品等運送計畫。
- (3) 推動防災教育
- a. 建立災害防護編組，負責災害之避難應變及善後復原重建措施。
 - b. 加強宣導各項災害教育，提昇防災意識。
- (4) 充實防災業務設施與設備。
- a. 充實通訊設備。
 - b. 充實救災器材。

7.5 環境維護及安全措施

本案鑿井工程將由中油公司探採事業部鑽探工程處施工。為維護工地施工安全，使工程施工順利進展，有關勞工安全衛生相關之管理作業，皆依勞工安全衛生設施標準及自動檢查計劃實施，建議工地每日均就下列事項嚴格管制：

1. 工作場所應保持整潔，以免勞工有跌倒、滑倒、踩傷情事。
2. 四周圍籬保持完整懸掛危險警告標示牌，執行門禁管制。
3. 場區內進出車輛均經沖洗泥砂後才可出場。
4. 場區內擬派專人負責整潔工作並以灑水車灑水避免揚塵。
5. 臨時照明：於四周圍籬上視需要設置照明燈具，並設置漏電開關於配電盤上，於天暗時負責照明。
6. 開口處有專人負責標示，以免發生危險。
7. 所有在現場內之工程師及勞工均須配戴安全帽。
8. 所有開口處設置護欄或覆蓋安全網，以防墜落。
9. 各項材料應於指定區域內儲存、堆積及排列整齊，不得凌亂散置，妨礙通道且不得超高，致有滑落之虞。
10. 在工地內不可以廢棄木材生火取暖或燻蚊蟲，水電工生火化鉛於收工時應注意將火種熄滅。
11. 參與工作人員之體能、精神狀態必須保持工作安全無虞。
12. 隨時注意工地用電安全，對不依規定接電或延長之電器，即予糾正

停止使用，改進後再行工作。

13. 井口安裝瓦斯偵測器，警報聲響時先暫停動作，並追查氣體來源與流壓，若氣體持續噴出則立刻關井並撤離施工人員，待氣體逸散或壓力降低至安全值後再恢復施工。
14. 採用泥漿冷卻設備，於鑽進時以低溫泥漿循環，降低井內溫度及自噴風險。若井內氣體壓力持續增高、回漿溫度迅速上升時，即採用壓井處理方式及井口防噴裝置，以確保安全。施工前皆依法進行安全教育訓練及演練。

在環境保護方面，本公司將委由第三方環境監測公司，進行鑽井前、中及後之地表環境及地下水質監測，以確保鑽井作業對環境不造成影響。

7.6 施工順序及預定實施期程

1. 施工順序

- (1) 導管段0~6 公尺(含表土層及岩層)：井孔20或26吋，鑽深0公尺至6公尺，由土木機具施工於開坪時或籌鑽時施工，並下20吋導管。此層導管目的為防止循環泥漿溢出地表，沖刷設備基礎及造成地表泥漿污染。
- (2) 第一期6~50公尺：使用17-1/2吋之鑽頭鑽進，鑽進中連續記錄泥漿溫度變化及每10公尺採集岩屑。鑽進至50公尺後下放13-3/8吋套管，管外以水泥全封。本期目的為封阻地表溫泉侵入泥漿循環系統，保護工作人員安全。
- (3) 第二期50~200公尺：使用12-1/4吋之鑽頭鑽進，鑽進中連續記錄泥漿溫度變化及每10公尺採集岩屑。鑽穿前期套管浮鞋後，先至鑽深80公尺，土場19~22號地熱探勘井依序分別朝南偏東10度、南偏東30度、南偏東85度及北偏西50度方向定向鑽進，以2度/30公尺增角，預計於鑽深200公尺處達井斜8度。鑽進至200公尺後下9-5/8吋套管，管外以水泥全封。本期為封阻近地表溫泉熱水侵入泥漿循環系統，保護工作人員安全。
- (4) 第三期200~2,300公尺：使用8-1/2吋之鑽頭鑽進，至2,300公尺鑽進中連續記錄泥漿溫度變化及每10公尺採集岩屑。鑽穿前期套管浮鞋

後，土場19~22號地熱探勘井各井繼續依序分別朝南偏東10度、南偏東30度、南偏東85度及北偏西50度方向定向鑽進，以2度/30公尺增角，各井依序預計於鑽深500公尺處達井斜30度、鑽深470公尺處達井斜24度、鑽深485公尺處達井斜27度、鑽深590公尺處達井斜33度，即停止起斜，再沿角鑽進至鑽深2,300公尺。各井預定鑽進至鑽深1,000公尺時，將進行裸孔單趟測溫及FMI電測，以確認鑽至目標熱水上湧通道而非低溫帶。鑽進至2,300公尺進行電測及測溫後下7吋生產套管，以襯管(Liner Hanger)掛於鑽深150公尺處。濾水段為取水段中，取岩層透水性良好處配置槽切式開孔井管。

- (5) 建井完成即進行洗井及擴水工作，以高壓噴洗器噴射法沖刷震動井內，將井內泥漿、粉細沙完全清除。增加取水段之透水性。
- (6) 完井時依電測解釋及測溫結果決定設置篩管之深度，並決定設置篩管後進行之抽水試驗(詳7.7節)及泉質化驗，並提送完井報告。

2. 實施期程

本案俟取得宜蘭縣政府核發之興辦水利構造物許可函後，預計於3個月內，開始先期道路整修及井坪開坪工程，完成後即開始鑽探工程及產能測試工程。完成產能測試後，再據產能測試結果，評估是否具商業價值，如符合開發價值，再依法申請溫泉水權。

7.7 抽水試驗方法

本案依鄰近過去地熱探井之資料，預期地下熱水汽極有可能高溫自噴，若為自噴井則以自噴井測試程序進行，但若地下熱水汽無法自噴，則以一般抽水井試水作業程序進行。

1. 自噴井產能測試

(1) 恢復試驗：本工作項目之目的為測定井口至井底之溫度回升曲線。

需於現地測試設施構築完成後進行，於停泵狀態下量測井內溫度剖面，需測定次數3次，於停泵後分3個時段施測。工作完成後，須提供試驗所得之井下PT(壓力/溫度)剖面圖及井底靜態儲層溫度推估結果。

(2) 注水試驗：本工作項目分為漏水試驗與分級注水，兩項作業皆須將冷水注入孔內，量測孔內之溫度與壓力變化。漏水試驗須在注水期間於井內施以PTS(壓力/溫度/轉速)井測，以判釋主要破碎帶位置；分級注水則須以不同流量注水，以量測對應之地層壓力，而獲得地層注水能力資訊。工作完成後須提供注水試驗所得之井下PTS剖面圖、分級注水孔內儲集層壓力隨時間變化圖、注水能力係數分析結果及注水過程流速計轉速變化剖面。

(3) 噴流試驗：本工作項目在噴流狀態下，於地表測量流壓、流溫、

蒸汽流量、熱水流量與單位重量之流體熱焓等特性，分成地表噴流測試及井下PT井測兩項作業。工作完成後須提供不同噴流管徑下之地熱流體特性表，包含井口溫壓、流體產能及熱焓值。

- (4) 壓力回升試驗：本工作項目須於噴流試驗後關井，在井內生產層佈放壓力計，進行壓力回升試驗，記錄壓力回升曲線。工作完成後，試驗數據須以Horner Plot進行分析，並以噴流試驗與壓力回升試驗之結果，推估儲集層的儲水係數、透水係數等特性參數。

2. 一般抽水井試水作業程序

(1) 分級試水

目的在求地熱井性能曲線，為抽水機馬力、揚程及安裝深度決定之依據；比較不同年分完成之性能曲線，尚可評估該井出水性能有無惡化。其程序和注意事項如下：

- a. 洗井至水質穩定或無出砂，開制水閥及抽水機馬力到最大，抽水8小時以上，量測最終抽水量及水位，其水量為地熱井安裝該抽水機之最大出水量(Q_m)之近似值。
- b. 裝設水表、水位計及溫度計(於井頭)。
- c. 正式試驗前先停止抽水48小時以上，每小時一次並觀察記錄水位之變化，才可開始抽水。

- d. 原則上分五等級，抽水量由Q1至Q5依序放大(例如Q1、1.5Q1、2Q1、2.5Q1、3Q1)，其中應至少有一級大於需求水量，並使抽水量Q5近似於 Q_m 且大於等於3Q1為宜。
- e. 試驗過程中抽出之熱水汽應以管路引至距地熱井一定距離外之專用排水路排放，以防回滲入井。
- f. 井內動水位則以預先安裝於量水導管中之自記式水位計定時量測及記錄地熱井內水位變化，熱水汽溫度則於出水口以溫度計同步量測。
- g. 出水量則以出水口處所安裝之計量設備(如水表)量測，並應可隨時比對該設備之準確性。
- h. 由Q1至Q5分級連續抽水，每級抽水時間200分鐘，抽水時應觀測動水位及水溫；第一級觀測時間為第2、4、6、8、10、15、20、30...190、200分鐘；第二級起每10分鐘觀測一次。各級試水調好水量後每30分鐘觀測抽水量一次。分級抽水若中斷，則須重新執行以上工作。可使用井水位面直接量測法，例如電迴路式水位計、人工量測，或間接量測法，例如壓力轉換式水位計、自計式水位計等，得動水位面高度。
- i. 製作地下水位、水溫、抽水量表，以對數時間(min)為橫軸，水位

洩降(m)為縱軸，繪製分級試水歷線。

- j. 以圖解法或公式計算法，將連續分級試水資料分解成單獨試水資料後，據以分析建立抽水200分鐘之井性能曲線(公尺)。

(2) 定量試水

目的在檢驗長時間抽水是否發生水位和水量突然大幅度下降，可否滿足需求水量(水權申請水量)及水權每日抽水時數，為水權准駁之主要依據；並可據以分析水層之水力參數。其程序和注意事項如下：

- a. 前次抽水後，應等水位恢復至背景值，再進行定量試水。
- b. 定量試水應先觀測背景水位及水溫，每小時一次，連續48小時以上，以掌握背景水位值之變化，才可開始抽水。
- c. 用需求水量(水權申請水量)以上之抽水量，連續定量抽水48小時(或水權每日抽水時數之3倍)以上，期間應觀測井水位及水溫，觀測頻率與分級試水第一級相似。調好水量後每30分鐘觀測抽水量一次。定量抽水若中斷，則須從新執行1至3項工作。
- d. 定量試水停抽後應觀測水位恢復之變化24小時以上，始完成全部試水工作。
- e. 由抽水試驗過程水(位)壓變化分析地熱井取水層之導水係數 $T(m^2/day)$ 值，除以取水層厚度後，可得水力傳導係數 $K(m/s)$ 。

f. 了解淺部觀測井水位與取水井水位之關係。

產能測試完成後，擬進行熱水汽採樣分析，包含熱水之電導度、酸鹼度、總溶解固體(TDS)及溶解物化學含量(pH、Li⁺、Na⁺、K⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、Fe²⁺、HCO³⁻、CO³²⁻、Cl⁻、SO⁴²⁻、SiO₂、B、S)；自管線中採取地熱蒸氣進行非凝結氣體分析(H₂O、CO₂、H₂S、SO₂、H₂、O₂、N₂、CO、CH₄、C₂H₆、C₃H₈)。

第八章 完工後之監測計畫

地熱水井開發之後必須進行後續維護管理措施，而為了維持穩定的地熱水汽品質，必須擬定完整的地熱水監測計畫，其中應包含水質檢測、水量監測、水溫監測及水壓監測等四項監測項目，各項監測將依循宜蘭縣政府溫泉管理相關規範，裝設自動監測儀器，並將資料回報主管機關備查。

8.1 地下水水質監測計畫

地下水水質監測之執行重點分敘述如下：

1. 取樣時間：

配合法律規定或研究分析所需辦理。

2. 取樣時刻：

直接由出水口取樣，且取樣前需先持續生產1小時以上；惟若已停止生產3日以上，則至少需先持續生產2小時以上方可進行泉質取樣。

3. 取樣數量：

每次取樣至少2公升，盛於潔淨之塑膠瓶內，分為2瓶封妥。盛水前應以同一水源將瓶洗淨，並貼妥標籤。

4. 送樣時間：

以當天為原則，最遲不得超過24小時。水樣分析依溫泉標準將送交以下擇一單位分析：

- 取得全國認證基金會有該項檢測項目認可之實驗室。
- 取得行政院環境保護署有該項檢測項目之機關(構)。
- 從事原子科學研究學術機構，依本標準溫泉水中鐳檢測方式執行。
- 經中央觀光主管機關認可之溫泉檢驗機關(構)。
- 其他經主管機關指定之檢測機關(構)。

5. 水質分析項目：

- (1) 溫度、酸鹼值及導電度(現場量測項目)。
- (2) 總溶解性固體。
- (3) 氯、碳酸氫根及硫酸根等三種陰離子。
- (4) 特殊成分：游離二氧化碳、總硫化物、總鐵離子。
- (5) 重金屬：鉛、鎘、鉻、汞、砷等。

以上各項水質試驗分析項目之計量單位除溫度及酸鹼值外，皆以

mg/L為單位。水樣的檢測分析結果記錄範例如表8-1所示。

另為利於地熱水質之正確命名及了解實際地溫，已建議開發人可額外加測地下水中常見之如鈣、鎂、鈉、鉀等陽離子及矽離子等含量。

6. 地熱水質檢驗結果：

前述水質檢驗報告將提送宜蘭縣政府備查，並標示於地熱井機房及地熱水供應設施入口明顯處，以提供主管單位稽核人員參考。

7. 監測時間及頻率：

本地熱水井之地下水質檢測每半年辦理一次。

8. 報表記錄與保存方式：

該檢測記錄資料擬保存20年。

8.2 地下水水量監測計畫

1. 監測目的

為了掌握主體計畫營運期間自然環境所造成長期性之水位變化、抽取量之增減等，將於井口裝設耐溫水表量測出水量，進行日常監控，確實記錄並依水量資料申報辦法按時申報。監測自主檢查記錄表格範例如表8-2。

另依地熱水累計取用量之紀錄，配合觀測水位變化，對該地熱水

井所生產之地熱水量，進行適當的評估與合理的利用率。隨時確認熱水汽的順暢補給，以維持設施營運正常。

2. 監測時間及頻率

本案之生產及回注井擬自動化計量設備讀數，每半年報主管機關備查。

3. 監測儀器

本案熱水汽生產井及回注井之生產及回注水量預定由井口裝設之自動流量計以自動依監測頻率按時記錄。

4. 報表記錄與保存方式

該地熱水生產回注測量紀錄資料擬保存20年。

8.3 地下水溫度監測計畫

1. 監測目的

觀測地熱井出水溫度之變化，如為短期內溫度不正常變化，可能係因井管破損造成淺部低溫地下水混入；溫度緩緩下降則有可能為因生產造成近代水快速補注混合之故；至於緩緩上升則有可能因補注不及而超抽老水所致，必要時將變更改生產時間、生產量或修井以避免損及井體壽命及影響泉質。

2. 監測時間及頻率

本地熱水井預定於井頭處設置溫度計量測出水溫度，監測水溫是否為正常變化，擬於每日自動化記錄，每月、每季及每年按時統計水溫，並回報主管機關備查。

3. 監測儀器

地熱井完成後將於井口裝設溫度計，自動按時記錄。

4. 報表記錄與保存方式

該水溫監測記錄資料擬保存20年。

8.4 水位監測計畫

1. 監測目的

為了掌握主體計畫營運期間自然環境所造成長期性之水位變化、抽取量之增減等，溫泉取供事業除應於井口裝設耐溫水表量測出水量外，另外需於地熱井內安裝水壓觀測儀器，觀測取用量與水壓變化之關係。

2. 監測時間及頻率

未來開發後，本案地熱井擬每日定時登記水壓讀數，並按季填具使用量、溫度、利用狀況及其他必要事項，每半年報主管機關備查。

3. 監測儀器

水壓監測儀器目前可選用種類甚多，開發人目前規劃於鑿井工程完成經測試水壓變化幅度及井內溫度及酸鹼度後，再選定合適之水壓量測產品安裝於水位觀測管內按時記錄。

4. 報表記錄與保存方式

該水壓記錄資料擬保存至少20年。

8.5其他監測計畫

其他監測項目主要為例行之自主檢驗工作，包括每日安全自主檢查，如每日以自動記錄之水位計監測並記錄地熱井及觀測井內水位變化、自動定時記錄溫度計及流量計之數值，監測自主檢查表格示範例如表8-2 所示。另可依開發人需要另備自動水質監測儀器及人工定時採取之方式(例：導電度、pH值)不定時檢測之，以瞭解水質之變化情形。

本案預定鑽探4口地熱探勘井，如該井成功，將視整體產測結果規劃其中3口轉為生產井、1口為回注井。抽水與注水常有誘發地震之疑慮，且關係到開發量與回注速度之管理，已進行為期3年之地震監測中，預計監控至112年4月，觀察至今，場址附近地震活動相較於2012

年至2019年的背景地震活動並沒有顯著差異，屆期前將持續進行監測，以利地熱發電廠之永續經營。

本案之熱水汽未來如進行地熱發電，將於地表採用熱交換的方式，將熱水汽中的熱能交換至工作流體，熱水汽將不會與外界空氣接觸。故每日亦將進行地表管線、接頭是否有裂隙，造成水汽洩漏之安全自主檢查。

表8-1 水樣檢測分析結果紀錄表(例)。

○○○○○○○○○ 檢測報告

認可字號： _____ 電話： _____
 地址： _____ 傳真： _____
 委託單位： _____ 採樣日期/時間： _____
 採樣地點： _____ 採樣天氣： _____
 採樣點座標 X: _____ Y: _____ 收樣日期： _____
 採樣單位： _____ (簽名) 報告日期： _____
 報告編號： _____ 出口水溫： _____ °C

是否經認可	檢測項目	單位	檢測值	檢測方法	標準值	備註
	pH	-				
	TDS	mg/L			≥ 500 mg/L	
	HCO ₃ ⁻ +CO ₃ ⁻	mg/L				
	HCO ₃ ⁻	mg/L			≥ 250 mg/L	
	SO ₄ ²⁻	mg/L			≥ 250 mg/L	
	Cl ⁻	mg/L			≥ 250 mg/L	
	CO ₂	mg/L			≥ 500 mg/L	
	HS ⁻ +S ₂ O ₃ ²⁻ +H ₂ S	mg/L			≥ 0.1 mg/L	
	Fe ²⁺ +Fe ³⁺	mg/L			> 10 mg/L	

備註：
 1.本報告共1頁，分離使用無效。
 2.檢測項目有標示*者係經行政院環保署認可之檢驗項目，並依其公告檢測方法分析，未標示*者表示未經認可之檢驗項目，標示#者係表示經認可而客戶自行送樣之檢驗項目。
 3.低於方法偵測極之測定以"ND"表示，並註明其方法偵極限值(MDL)。
 4.本報告僅對該樣品負責，並不得隨意複製及作為宣傳廣告之用。

聲明書：
 1.茲保證本報告內容完全依照行政院環境保護署及有關機關之標準方法及品保品管等相關規定，秉持公正、誠實進行採樣、檢測，絕無虛偽不實，如有違反，就政府機關所受損失願負連賠償責任之外，並接受主管機關依法令所為之行政處分及刑事處罰。
 2.吾人瞭解如自身受政府機關委任從事公務，亦屬於刑法上之公務員，並瞭解刑法上圖利罪、公務員登載不實偽造公文書及貪污治罪條例，相關規定，如有違反，亦為刑法及貪污治罪條例之適用對象，願受最嚴厲之法律制裁。

檢測報告簽署人：
 職 務： _____ 簽名： _____

表8-2 地下水井監測紀錄表(例)。

溫泉井暨觀測井監測紀錄表（標準記錄表）						
水權人及引水地點						
日期時間		主井監測			觀測井監測	登載人
日期	時間	水位(m)	水溫(°C)	水錶度數(m ³)	水位(m)	
	930					
	1700					
	930					
	1700					
	930					
	1700					
	930					
	1700					
	930					
	1700					
	930					
	1700					
	930					
	1700					
	930					

表格登載說明：

1. 主井水溫及水錶度數每日上午0930及下午1700量測共計兩次。
2. 主井、觀測井水位計係自記式，將於每月底下載，並將數字填載於表格中。

第九章 維護管理計畫

本水利構造物申請案主要為鑽鑿供地熱能發電之地熱能源探勘井4口。鑽探及產能測試完成後，評估可進行地熱發電，則視整體產測結果規劃其中3口探勘井轉為地熱生產井，1口轉為回注井。生產井生產之熱水汽經由水表計量後引至地熱發電廠之熱交換器，完成熱交換後，降溫尾水擬再經回注井回注同一地層。

9.1 維護管理計畫

地熱井使用上如果出現問題，應按問題種類加以分類，再依檢查結果，判定處置方法。以井體而言，可能發生出砂、淤塞或腐蝕等問題。井體維護流程概念如圖9-1。本地熱井完成後，將依地熱井實際性能，提供專屬本案地熱井之故障或問題排除建議流程，以供未來使用者維護管理之參考。

1. 取用及回注設備維護管理

(1) 主要管理項目：包括井管及抽水管之完整性、出水含砂處理、結垢情形、銹蝕狀況、颱風災害處理及阻塞情形。

(2) 維護管理指標：可由水質檢驗結果及地熱井效能判斷前述各主要管理項目之影響程度，以決定是否進行維修措施。

(3) 檢查維修頻率：視井體出水及回注能力，每年評估是否需於下一

年度辦理修井、洗井作業。

2. 回注設備維護管理

- (1) 主要管理項目：回注泵浦及回注之地表管線，主要管理項目亦與井體部分類似。
- (2) 維護管理指標：重點在於泵浦之運轉效能是否下降，電耗是否經濟，運作時數及啟動頻率是否最佳化。
- (3) 檢修汰換頻率：每3個月測試一次，每10年檢討是否進行汰換。

3. 輸送管線維護管理

- (1) 主要管理項目：生產端為生產井口至計量器之管線維護；回注端為回注計量站至回注井井口之管線維護。
- (2) 維護管理指標：包括管線材料、接頭等是否老化、破損等。
- (3) 檢修汰換頻率：每3個月檢修保養一次，並隨時進行損壞部分更換。

4. 監測設備維護管理

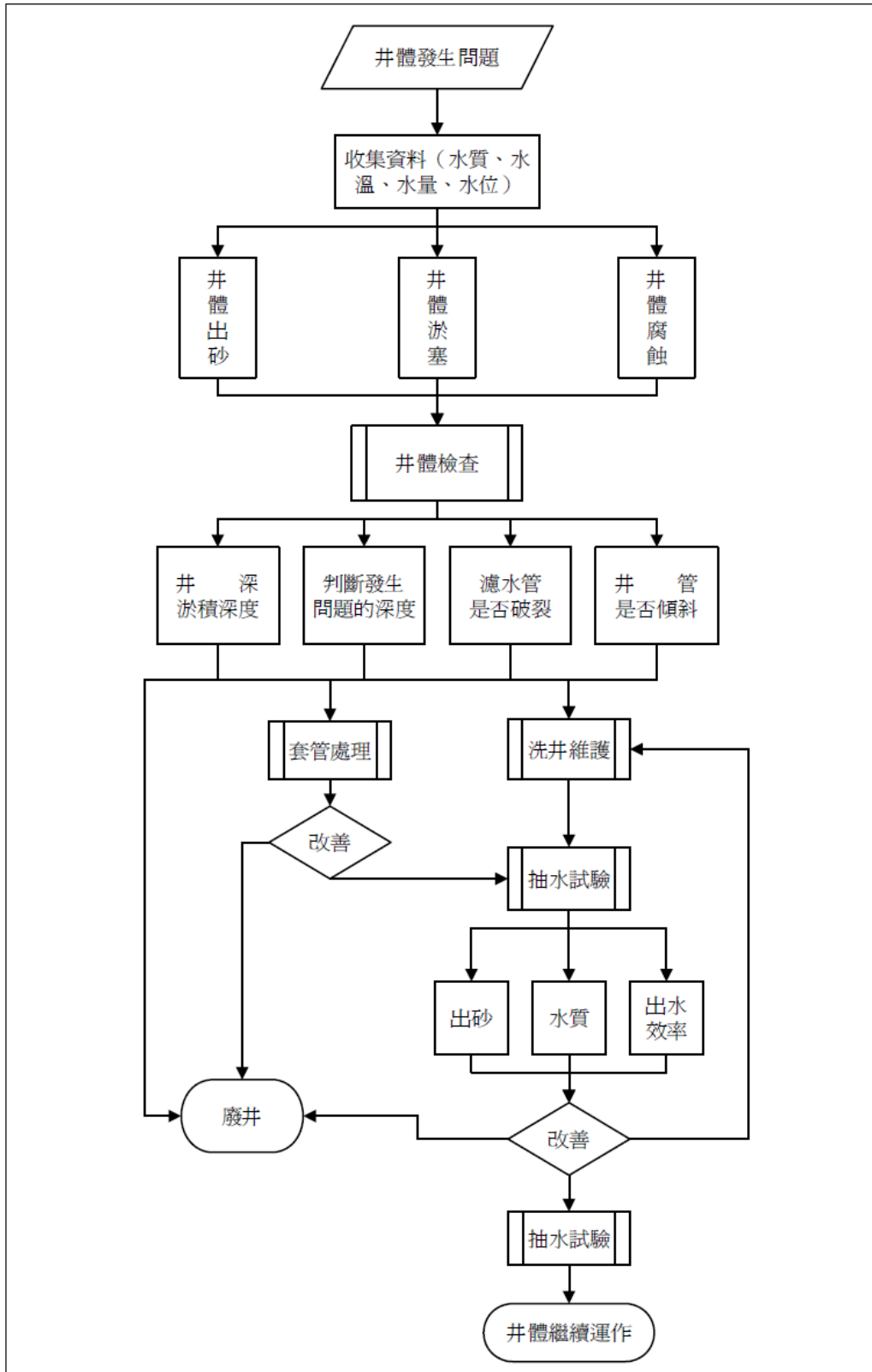
- (1) 主要管理項目：量測設備及水質、水量、水溫監測設備之定期維護。
- (2) 維護管理指標：注意監測數據是否有突然發生異常現象，以維持

監測成果之可靠性。

- (3) 檢修汰換頻率：依泉質、泉溫，使用合適之水位感測器或定期量測水位，監測器材一般其壽命極長，但至少每年進行簡易保養一次，並隨時注意異常現象。

9.2 維護費用

本計畫維護管理擬分為回注泵浦及相關設施維護、地表水汽管線維護、結垢抑制系統維護、雜項設施維護、回注泵浦及相關配件更換、井體維修共6個主項目，估計分年經費約新台幣1,120萬元。詳細維護管理項目及單價詳表9-1所示，此4口地熱探勘井如未來可順利轉為生產井及回注井，維護管理之責任及費用將由中油公司負責。



資料來源：修繪自張文亮，1999

圖9-1 井體維護流程圖。

表 9-1 地熱井維護管理費用預估表。

項次	工作項目	單價 (萬元)	頻率 (次/年)	分年平均複價 (萬元)
1	回注泵浦及相關設施維護	20	2	40
2	地表水汽管線維護	20	2	40
3	結垢抑制系統維護	60	2	120
4	監測設備及雜項設施維護	60	2	120
5	回注泵浦及相關配件更換	1,000	0.2	200
6	井體維修	3,000	0.2	600
7	分年維護費用		總計	1,120

9.3 天然災害防制計畫

1. 安全防護計畫

於計畫範圍基地施工中，為加強施工中之安全，應配合施工之需求設置相關臨時防災及環境安衛管制措施，相關防災設施構造物設計其說明如下：

(1) 施工管制

為防止非施工人員進入施工基地內發生危險，基地範圍應設置防護安全圍籬，並管制進入，本工程採日間施工於施工現場附近樹

立警告牌，防止閒雜人等進入作業區並標示施工項目內容，施工期間並於整地邊界線派員警戒。

(2) 排水路管防護處理

清除現有排水路內雜草、淤砂、插枝，視排水情況加強溝壁防護，防止沖蝕及刷深。

(3) 裸露面灑水防止塵土飛揚

施工期間防止裸露面塵土飛揚，應依情況以灑水設備於地表灑水藉以防止塵土飛揚影響周圍居民生活；另遇豪雨時為防止暴雨侵襲基地土壤沖蝕，必要時以帆布覆蓋裸露部分。

(4) 防汛期間安全防護

颱風季節來臨前，管理人員應檢查各項施工設備及已進場機件與機具設備，逐一加強固定，存放於低窪處之器材物及施工設備等，應撤離運至安全地帶，以防止被強風吹損或洪水浸損流失。並應成立防颱救援中心，專人值班負責防颱救災工作，統一調派、聯絡、指揮救災所需之車輛、機具、人力與器材。

2. 施工中防災措施計畫

(1) 一般安全防範

- a. 排水路清理：清除現有排水路內雜草、淤砂、插枝，視排水情況需要加強溝壁防護，防止沖蝕及刷深。
- b. 裸露邊坡保護：施工期間裸露表土坡面除加強灑水，防止塵土飛揚外，並視基地施工需要設置臨時排水溝，將地表逕流導入周邊既有道路排水溝使其安全排放。
- c. 警戒：本工程採日間施工，施工期間於整地邊界線派員警戒。
- d. 警示及標示：於施工現場附近豎立警告牌，防止閒雜人等進入作業區並標示施工項目內容。

(2) 緊急應變計畫

a. 颱風

- i. 颱風季節來臨前，管理人員應檢查各項施工設備及已完工之設施。若有安全之虞，即應設法補強。工區內之截排水設施及臨時性排水溝應加以清理以保持暢通。
- ii. 機件與機具設備，逐一加強固定，存放於低窪處之器材物及施工設備等，應撤離運至安全地帶，以防止被強風吹損或洪水浸損流失。並應成立防颱救援中心，專人值班負責防颱救災工作，統一調派、聯絡、指揮救災所需之車輛、機具、人力與器材。
- iii. 颱風過後：檢查防災設施有無坍塌跡象，以及清理排水溝、截

水溝。

b. 地震

- i. 地震來臨時，立即停止場區運作，施工及管理人員撤至空曠處。
- ii. 地震過後：先檢查各水土保持設施，若有毀損，立即進行補強或重建。

3. 災害搶救小組緊急應變聯絡單位電話一覽表

施工中除依相關法令及主管機關要求外，再依水土保持技術規範第 206 條規定，本案施工作業前，應就颱風、豪雨或地震等可能衍生之災害，擬定必要之臨時性防災措施，並籌組災害搶救小組，詳列緊急應變聯絡單位電話一覽表詳列如下表：

緊急應變單位名稱	聯絡電話
申請人：台灣中油股份有限公司探採事業部	03-7265784
施工單位：台灣中油股份有限公司探採事業部	03-7265784
主管機關：宜蘭縣政府	03-9251000#1050
宜蘭縣大同鄉公所	03-9801004
宜蘭縣政府消防局第一大隊大同分隊	03-9801123
宜蘭縣義勇消防總隊	03-9311249
國立陽明大學附設醫院	03-9325192
聖母醫院	03-9544106
博愛醫院	03-9543131
大同鄉衛生所	03-9801160

第十章 結論

- 一、 本興辦水利構造物計畫擬申請新開鑿土場 19 號、20 號、21 號及 22 號定向地熱探勘井 4 口，地表各井口相間隔約 6 公尺，井底水平偏距約為 822.8~1,066.3 公尺。
- 二、 預定鑿井位置位於宜蘭縣土場段 13 地號、73 地號內。鑽探地點擬使用之土地已與土地所有權人林務局簽訂土地租用契約，無影響第三權利人權益之問題。
- 三、 由地質調查、地球物理勘查及鑽井資料，以本區域下方之廬山層仁澤段及清水湖段為本案開發規劃之目標取水層，鑿井深度估計約需 2,300 公尺，取用之地下水水質預估為碳酸氫鹽泉。
- 四、 本案後續如可達開發規模，擬續由中油公司依實際測試結果及溫泉法及相關法規申請溫泉開發許可及溫泉水權。另依法申請建造地熱發電廠。地熱水汽將輸送至地熱發電廠利用其熱能，冷卻後之尾水將回注原地層以維持地層壓力及保護地下水水資源。
- 五、 本申請案將擬定明確工程監督計畫、環境維護計畫及監測計畫。於鑽探前、中及後，皆會依計畫進行作業，以降低對環境之衝擊及保障工程之安全。

第十一章 登記申請書

本申請案 4 口探勘井之地下水水權登記申請書如後所附。

- 土場 19 號地熱探勘井井口座標 X：301722.3，Y：2717387.4。
- 土場 20 號地熱探勘井井口座標 X：301721.3，Y：2717394.4。
- 土場 21 號地熱探勘井井口座標 X：301720.3，Y：2717401.4。
- 土場 22 號地熱探勘井井口座標 X：301719.3，Y：2717408.4。

推測本次探勘井單井之可能自湧地熱水汽流量為每小時 76.73 立方公尺，3 口生產井合計生產量預估為每小時 230 立方公尺。探勘井鑽探完成後，不會設置抽水機，除產能測試外，不會進行地熱水汽之開發生產。如未來將進行地熱水汽之商業開發，將另依溫泉法及相關法規進行申請。

土場 19 號地熱井 地下水水權登記申請書

申請人	姓名 (或機關團體法人名稱)	出生年月日	身分證或機關團體 統一編號	性別	地址	電話 行動電話	電子郵件					
	台灣中油股份有限公司		03707901		高雄市楠梓區官南里土場路 2 號	(087)2621001/323						
代表人	董事長：李耀欽	42 年 7 月 30 日	D101104990		高雄市楠梓區官南里官南里 官南一路 15 巷 12 號							
代理人												
聯絡人	李耀欽	電話	087-2621004/350	行動電話	0911-888326	電子郵件	0519908@ipc.com.tw					
申請水權年限	自民國	年	月	日起至	年	月	日止					
登記類別	<input type="checkbox"/> 取得登記 <input type="checkbox"/> 義限登記 <input type="checkbox"/> 移轉登記 <input type="checkbox"/> 變更登記 <input type="checkbox"/> 消滅登記 <input type="checkbox"/> 臨時用水登記 <input checked="" type="checkbox"/> 興辦地下水水利事業											
用水權的及使用 類別 (次級使用 類別)	<input type="checkbox"/> 家用及公共給水 <input type="checkbox"/> 家用 <input type="checkbox"/> 社區自設給水設備 <input type="checkbox"/> 簡易自來水 <input type="checkbox"/> 公共給水 <input type="checkbox"/> 備用水源 <input type="checkbox"/> 農業用水 <input type="checkbox"/> 灌溉 <input type="checkbox"/> 養殖 <input type="checkbox"/> 畜牧 <input type="checkbox"/> 水力用水											
	<input checked="" type="checkbox"/> 工業用水 <input type="checkbox"/> 礦業及土石採取業 <input type="checkbox"/> 電力及燃氣供應業 <input type="checkbox"/> 供水供應及污染整治業 <input type="checkbox"/> 營建工程業 <input type="checkbox"/> 製造業 (<input type="checkbox"/> 金屬機電業 <input type="checkbox"/> 資訊電子業 <input type="checkbox"/> 化學工業 <input type="checkbox"/> 民生工業)											
	<input type="checkbox"/> 其他用途 <input type="checkbox"/> 雜項用水 <input type="checkbox"/> 商業用水 (<input type="checkbox"/> 批發及零售業 <input type="checkbox"/> 運輸及倉儲業 <input type="checkbox"/> 住宿及餐飲業 <input type="checkbox"/> 金融及保險業 <input type="checkbox"/> 出版、影音製作、傳播及資訊服務業 <input type="checkbox"/> 不動產業 <input type="checkbox"/> 專業、科學及技術服務業 <input type="checkbox"/> 支援服務業 <input type="checkbox"/> 醫療保健及社會工作服務業 <input type="checkbox"/> 藝術、娛樂及休閒服務業 <input type="checkbox"/> 其他服務業)											
引用水源	<input checked="" type="checkbox"/> 一般水源 <input type="checkbox"/> 溫泉水源 (溫泉區名稱: _____)											
用水範圍	宜蘭縣大同鄉土場路 13 地號、74 地號土地											
使用方法	<input type="checkbox"/> 機械動力抽汲引水 <input type="checkbox"/> 由自然井引取地下水 水利建築物: _____ <input checked="" type="checkbox"/> 其他: 自清蒸氣及地熱用水											
	水井 規格	井管材質	管徑	深度	進水管位置	估計出水量						
抽水機 設備	型式	進水管徑	出水管徑	總揚程	動力	安裝位置	最大出水量					
	<input type="checkbox"/> 臥式 <input type="checkbox"/> 立式 <input type="checkbox"/> 立式 <input type="checkbox"/> 其他	公厘	公厘	公尺	匹馬力	自井面下 公尺	每秒立方公尺					
整井引水地點	縣市	鄉鎮市區	地段	小段	地號	土地所有權人	土地管理機關 (單位)					
	宜蘭縣	大同鄉	土場路		13 地號、 74 地號	行政院農業委員會林務局 羅東林管處						
每月用水日數	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
引用水量 (每秒立方公 尺)												
每日用水時間 (小時)												
利害關係人及 其影響情形	已依原住民基本法第 21 條相關規定辦理，並於 107 年 8 月 4 日召開部落協商會議。											
附件	<input type="checkbox"/> 申請人 <input checked="" type="checkbox"/> 代表人 <input type="checkbox"/> 代理人 國民身分證正反面影本 <input type="checkbox"/> 法人、公司或行號合法登記或非法人團體成立證明文件 <input type="checkbox"/> 水權登記委任書 <input type="checkbox"/> 共有水權登記的書 <input checked="" type="checkbox"/> 引水地點土地同意使用文件 <input type="checkbox"/> 引水地點之水利管理機關 (構) 許可使用文件 <input type="checkbox"/> 水利建築物合格證明文件 <input type="checkbox"/> 用水範圍資料表 (含儲存 Excel 電子檔之光碟片) <input type="checkbox"/> 戶口名簿影本、社區住戶名冊、戶政機關人口數證明文件 <input type="checkbox"/> 灌區灌溉計畫 <input type="checkbox"/> 灌區區域平面圖 <input type="checkbox"/> 抽水馬達規格樣式 <input type="checkbox"/> 漁業養殖登記證影本、畜牧場登記證影本 <input type="checkbox"/> 工業或商業目的事業主管機關核准文件 <input type="checkbox"/> 用水計畫及核准函影本 <input type="checkbox"/> 常用水量計算資料 <input type="checkbox"/> 歷年逐月引用水量紀錄表 <input type="checkbox"/> 原水權狀或臨時用水執照 <input type="checkbox"/> 量水設備證明文件 <input type="checkbox"/> 溫泉開發許可完成證明文件 <input type="checkbox"/> 符合國家標準之證明文件影本 <input type="checkbox"/> 抽水試驗紀錄表 <input type="checkbox"/> 登記費 <input type="checkbox"/> 履勘費 <input type="checkbox"/> 狀元費 <input type="checkbox"/> 其他: _____ 以上附件共 _____ 件 <input checked="" type="checkbox"/> 工廠登記證或營利事業登記證影本 <input checked="" type="checkbox"/> 引水地點土地為他人私有地之土地使用同意書或公有地之土地許可使 <input checked="" type="checkbox"/> 引水 (整井) 工程計畫書 (含圖說、水井抽水試驗紀錄表 及整井地層斷面圖) 用相關證明文件											
	其他應行記 載事項	1. 土場 19 號地熱探井井口座標 X: 291722.9, Y: 2717387.4。 2. 探測本探井中之可能自湧地熱水汽流量約為每小時 76.73 立方公尺。 3. 探測井鑽探完成後，不會設置抽水機，除產能測試外，不會進行地熱水汽之開發生產。 4. 如未來將進行地熱水汽之商業開發，將另依溫泉法及相關法規進行申請。										
申請日期	中華民國 110 年 月 日											

此致
(主管機關名稱)

土場 20 號地熱井 地下水水權登記申請書

申請人	姓名 (或機關團體法人名稱)	出生年月日	身分證或機關商號 統一編號	性別	地址	電話 行動電話	電子郵件					
	台灣中油股份有限公司		03707901		高雄橋南區亞南里土場路 2 號	(037)2621001/333						
代表人	董事長：李耀欽	42 年 7 月 20 日	D101104990		高雄橋南區亞南里 2 鄰 亞南一路 15 巷 12 號							
代理人												
聯絡人	李耀欽	電話	037-2621001/360	行動電話	0911-888326	電子郵件	031900@pc.com.tw					
申請水權年限	自民國	年	月	日起至	年	月	日止					
登記類別	<input type="checkbox"/> 取得登記 <input type="checkbox"/> 展限登記 <input type="checkbox"/> 移轉登記 <input type="checkbox"/> 變更登記 <input type="checkbox"/> 消滅登記 <input type="checkbox"/> 臨時用水登記 <input checked="" type="checkbox"/> 興辦地下水水理事業											
用水權的及使用 類別 (次級使 用別)	<input type="checkbox"/> 家用及公共給水 <input type="checkbox"/> 家用 <input type="checkbox"/> 社區自設給水設備 <input type="checkbox"/> 簡易自來水 <input type="checkbox"/> 公共給水 <input type="checkbox"/> 備用水源 <input type="checkbox"/> 農業用水 <input type="checkbox"/> 灌溉 <input type="checkbox"/> 養殖 <input type="checkbox"/> 畜牧 <input type="checkbox"/> 水力用水											
	<input checked="" type="checkbox"/> 工業用水 <input type="checkbox"/> 礦業及土石採取業 <input type="checkbox"/> 電力及燃氣供應業 <input type="checkbox"/> 用水供應及污染整治業 <input type="checkbox"/> 營建工程業 <input type="checkbox"/> 製造業 (<input type="checkbox"/> 金屬機電業 <input type="checkbox"/> 資訊電子業 <input type="checkbox"/> 化學工業 <input type="checkbox"/> 民生工業)											
	<input type="checkbox"/> 其他用途 <input type="checkbox"/> 雜項用水 <input type="checkbox"/> 商業用水 (<input type="checkbox"/> 批發及零售業 <input type="checkbox"/> 運輸及倉儲業 <input type="checkbox"/> 住宿及餐飲業 <input type="checkbox"/> 金融及保險業 <input type="checkbox"/> 出版、影音製作、傳播及資訊服務業 <input type="checkbox"/> 不動產業 <input type="checkbox"/> 專業、科學及技術服務業 <input type="checkbox"/> 支援服務業 <input type="checkbox"/> 醫療保健及社會工作服務業 <input type="checkbox"/> 藝術、娛樂及休閒服務業 <input type="checkbox"/> 其他服務業)											
引用水源	<input checked="" type="checkbox"/> 一般水源 <input type="checkbox"/> 溫泉水源 (溫度區名稱: _____)											
用水範圍	宜蘭縣大同鄉土場路 13 地號、74 地號土地											
使用方法	<input type="checkbox"/> 機械動力抽汲引水 <input type="checkbox"/> 由自然井引取地下水 水利建築物: _____ <input checked="" type="checkbox"/> 其他: 自湧蒸氣及地熱用水											
	水井 規格	井管材質	管徑	深度	進水管位置	估計出水量						
抽水機 設備	型式	進水管徑	出水管徑	總揚程	動力	安裝位置	最大出水量					
	<input type="checkbox"/> 沉水式 <input type="checkbox"/> 離心式 <input type="checkbox"/> 立軸式 <input type="checkbox"/> 其他	公厘	公厘	公尺	匹馬力	自井面下 公尺	每秒立方公尺					
整井引水地點	縣市	鄉鎮市區	地段	小段	地號	土地所有權人	土地管理機關 (單位)					
	宜蘭縣	大同鄉	土場路		13 地號、 74 地號	行政院農業委員會林務局 羅東林管處						
每月用水日數	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
引用水量 (每秒立方公 尺)												
每日用水時間 (小時)												
利害關係人及 其影響情形	已依原住民基本法第 21 條相關規定辦理，並於 107 年 8 月 4 日召開部落協商會議。											
附件	<input type="checkbox"/> 申請人 <input checked="" type="checkbox"/> 代表人 <input type="checkbox"/> 代理人 國民身分證正反面影本 <input type="checkbox"/> 法人、公司或行號合法登記或非法人團體成立證明文件 <input type="checkbox"/> 水權登記委辦書 <input type="checkbox"/> 共有水權登記合約書 <input checked="" type="checkbox"/> 引水地點土地同意使用文件 <input type="checkbox"/> 引水地點之水利管理機關 (構) 許可使用文件 <input type="checkbox"/> 水利建築物合格證明文件 <input type="checkbox"/> 用水範圍資料表 (含儲存 Excel 電子檔之光碟片) <input type="checkbox"/> 戶口名簿影本、社區住戶名冊、戶政機關人口數證明文件 <input type="checkbox"/> 灌區灌溉計畫 <input type="checkbox"/> 灌區區域平面圖 <input type="checkbox"/> 抽水馬達規格樣式 <input type="checkbox"/> 灌溉養殖登記證影本、畜牧場登記證影本 <input type="checkbox"/> 工業或商業目的事業主管機關核准文件 <input type="checkbox"/> 用水計畫及核准函影本 <input type="checkbox"/> 需水量計算資料 <input type="checkbox"/> 歷年逐月引用水量紀錄表 <input type="checkbox"/> 原水權狀或臨時用水執照 <input type="checkbox"/> 量水設備證明文件 <input type="checkbox"/> 溫泉開發許可或完成證明文件 <input type="checkbox"/> 符合溫泉標準之證明文件影本 <input type="checkbox"/> 抽水試驗紀錄表 <input type="checkbox"/> 登記費 <input type="checkbox"/> 履勘費 <input type="checkbox"/> 執照費 <input type="checkbox"/> 其他: _____ 件 <input checked="" type="checkbox"/> 工廠登記證或營利事業登記證影本 <input checked="" type="checkbox"/> 引水地點土地為他人私有地之土地使用同意書或公有地之土地許可使 <input checked="" type="checkbox"/> 引水 (整井) 工程計畫書 (含圖說、水井抽水試驗紀錄表 及整井地層斷面圖) 用相關證明文件											
	其他應行記 載事項	1. 土場 20 號地熱探勘井井口座標 S: 201721.3, Y: 2713394.4。 2. 探測本探勘井之可能自湧地熱水汽流量為每小時 76.73 立方公尺。 3. 探勘井鑽探完成後，不會設置抽水機，除產能測試外，不會進行地熱水汽之開發生產。 4. 如未來將進行地熱水汽之商業開發，將另依溫泉法及相關法規進行申請。										
申請日期	中華民國 110 年 月 日											

此致

(主管機關名稱)

土場 21 號地熱井 地下水水權登記申請書

申請人 (或機關團體法人名稱)	姓名	出生年月日	身分證或機關團體統一編號	性別	地址	電話 行動電話	電子郵件					
	台灣中海股份有限公司		03707901		高雄市中區中正路 15 巷 12 號	(037)2621001/333						
代表人	董事長：李耀欽	42 年 7 月 30 日	D101104990		高雄市中區中正路 15 巷 12 號							
代理人												
聯絡人	李耀欽	電話	037-2621001/330	行動電話	0911-888326	電子郵件	0319008@pc.com.tw					
申請水權年限	自民國	年	月	日起至	年	月	日止					
登記類別	<input type="checkbox"/> 取得登記 <input type="checkbox"/> 展限登記 <input type="checkbox"/> 移轉登記 <input type="checkbox"/> 變更登記 <input type="checkbox"/> 消滅登記 <input type="checkbox"/> 臨時用水登記 <input checked="" type="checkbox"/> 開辦地下水水利事業											
用水權的及使用類別 (次級使用別)	<input type="checkbox"/> 家用及公共給水 <input type="checkbox"/> 家用 <input type="checkbox"/> 社區自設給水設備 <input type="checkbox"/> 簡易自來水 <input type="checkbox"/> 公共給水 <input type="checkbox"/> 備用水源 <input type="checkbox"/> 農業用水 <input type="checkbox"/> 灌溉 <input type="checkbox"/> 養殖 <input type="checkbox"/> 畜牧 <input type="checkbox"/> 水力用水											
	<input checked="" type="checkbox"/> 工業用水 <input type="checkbox"/> 礦業及土石採取業 <input type="checkbox"/> 電力及熱氣供應業 <input type="checkbox"/> 供水供應及污染整治業 <input type="checkbox"/> 營建工程業 <input type="checkbox"/> 製造業 (<input type="checkbox"/> 金屬機電業 <input type="checkbox"/> 資訊電子業 <input type="checkbox"/> 化學工業 <input type="checkbox"/> 民生工業) <input type="checkbox"/> 其他用途 <input type="checkbox"/> 雜項用水 <input type="checkbox"/> 商業用水 (<input type="checkbox"/> 批發及零售業 <input type="checkbox"/> 運輸及倉儲業 <input type="checkbox"/> 住宿及餐飲業 <input type="checkbox"/> 金融及保險業 <input type="checkbox"/> 出版、影音製作、傳播及資訊服務業 <input type="checkbox"/> 不動產業 <input type="checkbox"/> 專業、科學及技術服務業 <input type="checkbox"/> 支援服務業 <input type="checkbox"/> 醫療保健及社會工作服務業 <input type="checkbox"/> 藝術、娛樂及休閒服務業 <input type="checkbox"/> 其他服務業											
引用水源	<input checked="" type="checkbox"/> 一般水源 <input type="checkbox"/> 溫泉水源 (溫泉區名稱: _____)											
用水範圍	宜蘭縣大同鄉土場 21 地號、74 地號土地											
使用方法	<input type="checkbox"/> 機械動力抽汲引水 <input type="checkbox"/> 由自然井引取地下水 水利建築物: _____ <input checked="" type="checkbox"/> 其他: 自湧蒸氣及地熱用水											
	水井規格	井管材質	管徑	深度	進水管位置	估計出水量						
抽水機設備	型式	進水管徑	出水管徑	總揚程	動力	安裝位置	最大出水量					
整井引水地點	縣市	鄉鎮市區	地段	小段	地號	土地所有權人	土地管理機關 (單位)					
	宜蘭縣	大同鄉	土場段		13 地號、74 地號	行政院農業委員會林務局 羅東林管處						
每月用水日數	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
引用水量 (每秒立方公尺)												
每日用水時間 (小時)												
利害關係人及其影響情形	已依原住民基本法第 21 條相關規定辦理，並於 107 年 8 月 4 日召開部落協商會議。											
附件	<input type="checkbox"/> 申請人 <input checked="" type="checkbox"/> 代表人 <input type="checkbox"/> 代理人 國民身分證正反面影本 <input type="checkbox"/> 法人、公司或行號合法登記或非法人團體成立證明文件 <input type="checkbox"/> 水權登記委任書 <input type="checkbox"/> 共有水權登記的書 <input type="checkbox"/> 引水地點之水利管理機關 (構) 許可使用文件 <input checked="" type="checkbox"/> 引水地點土地同意使用文件 <input type="checkbox"/> 引水範圍資料表 (含儲存 Excel 電子檔之光碟片) <input type="checkbox"/> 水利建築物合格證明文件 <input type="checkbox"/> 灌區灌溉計畫 <input type="checkbox"/> 灌區區域平面圖 <input type="checkbox"/> 戶口名簿影本、社區住戶名冊、戶政機關人口數證明文件 <input type="checkbox"/> 漁業養殖登記證影本、畜牧場登記證影本 <input type="checkbox"/> 抽水馬達規格表 <input type="checkbox"/> 用水計畫及核准函影本 <input type="checkbox"/> 工業或商業目的事業主管機關核准文件 <input type="checkbox"/> 歷年逐月引用水量紀錄表 <input type="checkbox"/> 需水量計算資料 <input type="checkbox"/> 量水設備證明文件 <input type="checkbox"/> 原水權狀或臨時用水執照 <input type="checkbox"/> 符合溫表標準之證明文件影本 <input type="checkbox"/> 溫水開發許可完成證明文件 <input type="checkbox"/> 登記費 <input type="checkbox"/> 履勘費 <input type="checkbox"/> 執照費 <input type="checkbox"/> 其他: _____ 件 <input checked="" type="checkbox"/> 工廠登記證或營利事業登記證影本 <input checked="" type="checkbox"/> 引水地點土地為他人私有地之土地使用同意書或公有地之土地許可證明文件 <input checked="" type="checkbox"/> 引水 (整井) 工程計畫書 (含圖說、水井抽水試驗紀錄表及整井地層剖面圖)											
其他應行記載事項	1. 土場 21 號地熱探勘井井口座標 S: 201720.0, Y: 2717401.4。 2. 探測各探勘井之可能自湧地熱水汽流量約為每小時 76.73 立方公尺。 3. 探勘井鑽探完成後，不會設置抽水機，除產能測試外，不會進行地熱水汽之開發生產。 4. 如未來將進行地熱水汽之商業開發，將另依溫表法及相關法規進行申請。											
申請日期	中華民國 110 年 月 日											

此致
(主管機關名稱)

土場22號地熱井 地下水水權登記申請書

申請人 (或機關團體法人名稱)	姓名	出生年月日	身分證或機關團體統一編號	性別	地址	電話 行動電話	電子郵件					
	台灣中海股份有限公司		03707901		高雄南橋路亞南里土場路2號	(087)2821001/323						
代表人	董事長：李耀欽	42年7月30日	D101104990		高雄南橋路亞南里土場路 亞南一路15巷12號							
代理人												
聯絡人	李耀欽	電話	087-2621009/360	行動電話	0911-888326	電子郵件	031900@pc.com.tw					
申請水權年限	自民國	年	月	日起至	年	月	日止					
登記類別	<input type="checkbox"/> 取得登記 <input type="checkbox"/> 義務登記 <input type="checkbox"/> 移轉登記 <input type="checkbox"/> 變更登記 <input type="checkbox"/> 消滅登記 <input type="checkbox"/> 臨時用水登記 <input checked="" type="checkbox"/> 興辦地下水水利事業											
用水權的及使用類別(次級使用別)	<input type="checkbox"/> 家用及公共給水 <input type="checkbox"/> 家用 <input type="checkbox"/> 社區自設給水設備 <input type="checkbox"/> 簡易自來水 <input type="checkbox"/> 公共給水 <input type="checkbox"/> 備用水源 <input type="checkbox"/> 農業用水 <input type="checkbox"/> 灌溉 <input type="checkbox"/> 養殖 <input type="checkbox"/> 畜牧 <input type="checkbox"/> 水力用水											
	<input checked="" type="checkbox"/> 工業用水 <input type="checkbox"/> 礦業及土石採取業 <input type="checkbox"/> 電力及熱氣供應業 <input type="checkbox"/> 供水供應及污染整治業 <input type="checkbox"/> 營建工程業 <input type="checkbox"/> 製造業(<input type="checkbox"/> 金屬機電業 <input type="checkbox"/> 資訊電子業 <input type="checkbox"/> 化學工業 <input type="checkbox"/> 民生工業)											
	<input type="checkbox"/> 其他用途 <input type="checkbox"/> 雜項用水 <input type="checkbox"/> 商業用水(<input type="checkbox"/> 批發及零售業 <input type="checkbox"/> 運輸及倉儲業 <input type="checkbox"/> 住宿及餐飲業 <input type="checkbox"/> 金融及保險業 <input type="checkbox"/> 出版、影音製作、傳播及資訊服務業 <input type="checkbox"/> 不動產業 <input type="checkbox"/> 專業、科學及技術服務業 <input type="checkbox"/> 支援服務業 <input type="checkbox"/> 醫療保健及社會工作服務業 <input type="checkbox"/> 藝術、娛樂及休閒服務業 <input type="checkbox"/> 其他服務業)											
引用水源	<input checked="" type="checkbox"/> 一般水源 <input type="checkbox"/> 溫泉水源(溫泉區名稱: _____)											
用水範圍	宜蘭縣大同鄉土場路13地號、74地號土地											
使用方法	<input type="checkbox"/> 機械動力抽汲引水 <input type="checkbox"/> 由自流井引取地下水 水利建築物: _____ <input checked="" type="checkbox"/> 其他: 自湧蒸氣及地熱用水											
	水井規格	井管材質	管徑	深度	進水管位置	估計出水量						
抽水機設備	型式	進水管徑	出水管徑	總揚程	動力	安裝位置	最大出水量					
	<input type="checkbox"/> 沉水式 <input type="checkbox"/> 離心式 <input type="checkbox"/> 立軸式 <input type="checkbox"/> 其他	公厘	公厘	公尺	匹馬力	自井面下 公尺	每秒立方公尺					
鑿井引水地點	縣市	鄉鎮市區	地段	小段	地號	土地所有權人	土地管理機關(單位)					
	宜蘭縣	大同鄉	土場路		13地號、74地號	行政院農業委員會林務局 羅東林管處						
每月用水日數	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
引用水量(每秒立方公尺)												
每日用水時間(小時)												
利害關係人及其影響情形	已依原住民基本法第21條相關規定辦理，並於107年8月4日召開部落協商會議。											
附件	<input type="checkbox"/> 申請人 <input checked="" type="checkbox"/> 代表人 <input type="checkbox"/> 代理人 國民身分證正反面影本 <input type="checkbox"/> 法人、公司或行號合法登記或非法人團體成立證明文件 <input type="checkbox"/> 水權登記委任書 <input type="checkbox"/> 共有水權登記的書 <input checked="" type="checkbox"/> 引水地點土地同意使用文件 <input type="checkbox"/> 引水地點之水利管理機關(構)許可使用文件 <input type="checkbox"/> 水利建築物合格證明文件 <input type="checkbox"/> 用水範圍資料表(含儲存Excel電子檔之光碟片) <input type="checkbox"/> 戶口名簿影本、社區住戶名冊、戶政機關人口數證明文件 <input type="checkbox"/> 灌區灌溉計畫 <input type="checkbox"/> 灌區區域平面圖 <input type="checkbox"/> 抽水馬達規格表 <input type="checkbox"/> 農業產量登記證明本、畜牧場登記證明本 <input type="checkbox"/> 工業或商業目的事業主管機關核准文件 <input type="checkbox"/> 用水計畫及核准函影本 <input type="checkbox"/> 需水量計算資料 <input type="checkbox"/> 歷年逐月引用水量紀錄表 <input type="checkbox"/> 原水權狀或臨時用水執照 <input type="checkbox"/> 量水設備證明文件 <input type="checkbox"/> 溫泉開發許可完成證明文件 <input type="checkbox"/> 符合溫泉標準之證明文件影本 <input type="checkbox"/> 抽水試驗紀錄表 <input type="checkbox"/> 登記費 <input type="checkbox"/> 履勘費 <input type="checkbox"/> 狀元費 <input type="checkbox"/> 其他: _____ 以上附件共 _____ 件 <input checked="" type="checkbox"/> 工廠登記證或營利事業登記證明本 <input checked="" type="checkbox"/> 引水地點土地為他人私有地之土地使用同意書或公有地之土地許可使用相關證明文件											
	<input checked="" type="checkbox"/> 引水(鑿井)工程計畫書(含圖說、水井抽水試驗紀錄表及鑿井地層斷面圖)											
其他應行記載事項	1. 土場22號地熱探井井口座標S: 291719.3, Y: 271748.4。 2. 探測各探井中之可能自湧地熱水汽流量約為每小時76.73立方公尺。 3. 探井鑽探完成後，不會設置抽水機，除產能測試外，不會進行地熱水汽之開發生產。 4. 如未來將進行地熱水汽之商業開發，將另依溫泉法及相關法規進行申請。											
申請日期	中華民國 110 年 月 日											

此致
(主管機關名稱)

參考文獻

Theis, C.V. (1935) The relation between the lowering of the piezometric surface and the rate and duration of discharge of a well using groundwater storage, Am. Geophys. Union Trans., vol. 16, pp. 519-524.

Cooper, H.H. and C.E. Jacob (1946) A generalized graphical method for evaluating formation constants and summarizing well field history, Am. Geophys. Union Trans., vol. 27, pp. 526-534.

Kruseman, G.P. and N.A. de Ridder (1990) Analysis and Evaluation of Pumping Test Data Second Edition (Completely Revised) ILRI publication 47. Intern. Inst. for Land Reclamation and Improvements, Wageningen, Netherlands, 377 p.

中央地質調查所台灣溫泉露頭資源網

(<http://210.69.81.175/BackgroundKnowledge?SearchForm.KnowledgeType=%E6%BA%AB%E6%B3%89%E6%B0%B4%E8%B3%A> A)。

曾長生、祁遵生、劉傳村、陳阿炳 (1977) 宜蘭縣清水、土場、銅山一帶地熱區地質調查報告。台灣中油公司內部報告，共 25 頁。

蘇福欽(1978) 宜蘭縣土場區電探報告。台灣中油公司內部報告，共 9 頁。

楊健一、周學良、李煥喜(1979) 宜蘭縣清水、寒溪一帶地熱區地質

- 核查報告。台灣中油公司內部報告，共 14 頁。
- 陳敬華與劉永鳳 (1982) 土場碼崙區電阻測勘報告。台灣中油公司內部報告，共 6 頁。
- 詹永光、李煥喜、楊家和、吳光宏、李錦雲(1986) 宜蘭縣仁澤、土場地熱區地質調查報告。台灣中油公司內部報告，共 24 頁。
- 工業技術研究院(1994) 臺灣地熱探勘資料彙編，共 557 頁。
- 經濟部(2008) 地熱發電技術開發及多目標利用推動計畫(第二年度)，共 418 頁。
- 經濟部(2009) 水利署溫泉開發及使用計畫書編製參考手冊，共 39 頁。
- 許世孟、柯建仲、林燕初、黃智昭 (2012) 山區地下岩層水力特性調查 - 以濁水溪與北港河流域為例。2012 Taiwan Rock Engineering Symposium (2012 TRES)，第 639-648 頁。
- 鄧屬予、宋聖榮、葉恩肇、林殿順、劉佳玫、蔡宜伶(2013) 從大地構造看台灣地熱潛能。西太平洋地質科學，第 13 卷，第 1-38 頁。
- 黃俊傑、許世孟、林燕初、黃智昭(2014) 山區岩層抽水試驗分析及應用-以台灣西部中段山區為例。中興工程，第 122 期，第 45-52 頁。