

2023 年【科學探究競賽-這樣教我就懂】

普高組 成果報告表單

題目名稱：探究地熱取熱模式與井口溫度的關係

一、摘要

地熱發電的基本原理是利用源源不絕的地熱來加熱地下水，使其成為過熱蒸汽後，當作工作流體以推動渦輪機旋轉發電，台灣地區也有地熱資源作為再生能源的生力軍。目前全球地熱井的取熱模式主要分為三類：一、傳統型(直接取熱)；二、增強型地熱系統；三、閉迴路熱量收集系統。由於發電效益與地熱井的井口溫度高低相關，地底下不同取熱模式的設計與井口溫度的關係為本組欲探究的問題。

二、探究題目與動機

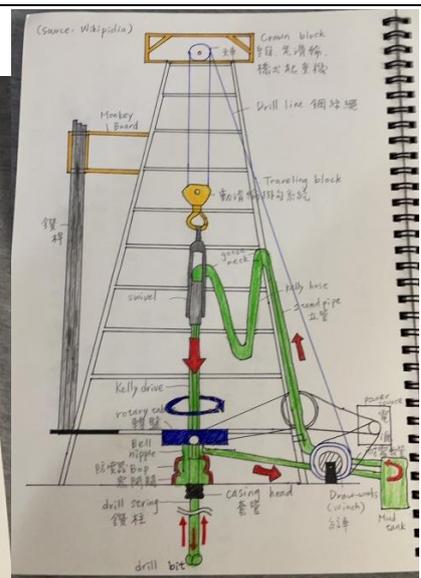
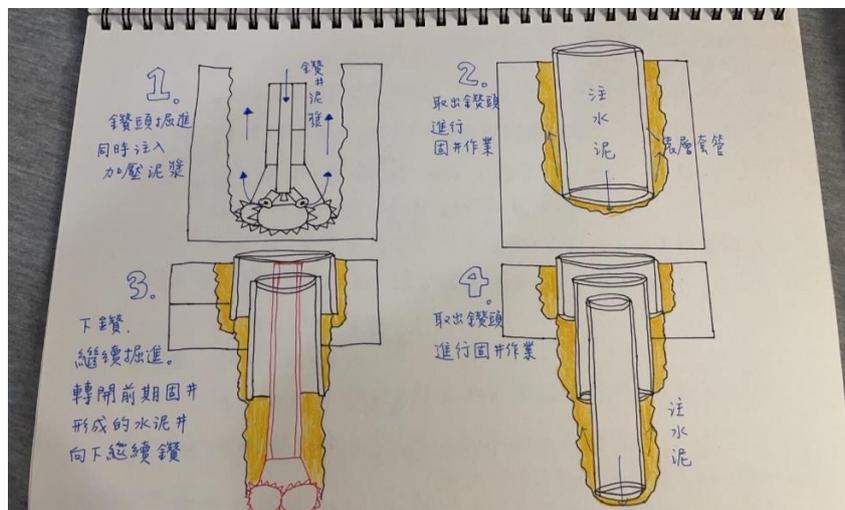
近年來，台灣主要的發電方式為火力和核能，這兩種皆對環境有所衝擊，火力發電會造成空氣汙染和過度碳排放的問題，核能發電產生的核廢料若無妥善處理也會造成污染，所以目前正致力於再生能源的發展，台灣主要的再生能源有太陽能和風力發電，然而這兩者皆是「靠天運作」的發電方式，較不穩定，而有一種更穩定的發電方式—地熱，它的發電效率高，發電案場的面積又小，不需要廣大的土地設置太陽能和風力發電設備，且無噪音，製造過程污染小，聽起來相較於前兩者大有裨益，而台灣又有豐富的地熱資源，我們不禁好奇地熱的原理是從何操作？地熱真的比其他發電方式安全許多嗎？傳統型地熱和現代型地熱又有什麼差別？為什麼先進國家都選擇投入龐大資金開發現代型地熱呢？

三、探究目的與假設

- (一)了解傳統型地熱系統的鑽井方式
- (二)透過實驗操作了解增強型地熱(EGS)的運作方式
- (三)透過實驗操作了解閉迴路熱量收集系統地熱(CEEG)的運作方式

四、探究方法與驗證步驟

- (一) 研究:傳統型地熱系統的鑽井方式





(二)實驗一:以虹吸式咖啡壺煮咖啡來了解閉迴路熱量收集系統的原理

1.實驗步驟

- (1)
- (2)
- (3)



(三)實驗二: 測試閉迴路熱量收集系統

1.實驗步驟

- (1)在耐熱鍋底部放入水族箱常用的貝殼砂(圖一)，模擬有孔隙的乾熱岩(圖二)。
- (2)上層放入種蘭花常用的水苔(圖三)，模擬保水性佳、水流動性差的不透水地層。
- (3)在加入常溫自來水後，分別放入一、1 隻直徑 15mm，厚度 1.2mm，長度 13CM 的玻璃管；二、2 隻直徑 15mm，厚度 1.2mm，長度 13CM 的玻璃管，中間間隔 15 公分；三、1 個厚度 2CM，直徑 8CM 導熱性佳的鋁杯，中間放置 3 隻絕熱佳的玻璃管。

(4)使用電磁爐加熱耐熱鍋至 100 度 C(圖四)後在井深相同的狀況下，模擬三種不同的取熱模式，觀察井口水溫。

2. 碰到的難題

我們在實驗過程中遇到了兩個困難，第一是模擬傳統地熱井時，由於第一次使用電磁爐加熱貝殼砂及水苔，雖然由低溫逐漸緩慢的加熱，而碳酸鈣成分的貝殼砂不可燃且熔點超過 800 度，但過程中有出現微弱的焦味，其實蠻害怕貝殼砂及水苔溫度過高，所以我們加熱到 60 度 C 就趕緊拔掉電磁爐的插頭。我們發現貝殼砂及水苔非常保溫。1 小時後，我們小心將水苔取出(還是很燙)，倒掉多餘的水，並燒乾貝殼砂底層多餘的水，嘗試模擬乾熱岩。這一次鍋子加熱到 100 度 C，沒有出現奇怪的焦味了，推測是電磁爐太久沒使用了。這次加熱的過程沒再出現除了石頭或水苔以外的奇怪味道，所以我們就比較放心地繼續做實驗。我們在探究過程遭遇的第二個困難，是我們在模擬閉迴路熱量收集系統使用的自製鋁杯(圖五)會一直漏水，我們是使用鋁線編織(圖六)當骨架，外面包裹 5 層鋁箔紙。我們以為密不透風的自製鋁杯，竟然會一直漏水，實在令人匪夷所思！後來，有位組員推測鋁杯漏水的原因是水會從鋁箔紙中層層滲出，所以我們在外層包裹更大面積的鋁箔紙 5 層，確實大幅減少了漏水的現象，可以做為模擬閉迴路熱量收集系統的導熱管。



(圖一)放置貝殼砂



(圖二)乾熱岩:高溫岩體



(圖三)水苔



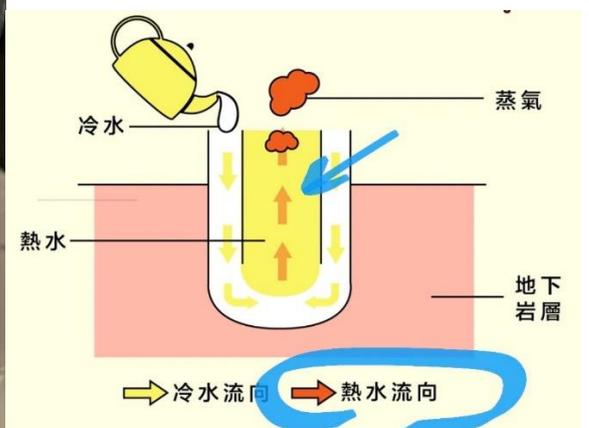
(圖四)



(圖五)自製鋁杯



(圖六) 鋁線編織骨架



(圖七)CEEG 的熱導管標示

3. 實驗驗證

藉由這項實驗我們模擬出閉迴路熱量搜集系統(CEEG)的運作方式，實驗目的為製造熱水蒸氣，將冷水從外側兩管往下輸送至地底，加熱到破百度高溫後，再由內管返回地表，再利用返回地表的熱水蒸氣發電，形成一個不與地層物質接觸的封閉循環。透過此種方法，可以避免與地層水接觸而可能產生污染的疑慮，且因 CEEG 所使用做為循環的水並不是來自於地層，使 CEEG 的開發可以不被侷限於特定的地質構造區，並且可以避免當今地熱鑽井時常有的井下設備腐蝕或結垢問題，只要井鑽的夠深，足夠提供循環水熱量以維持發電，CEEG 技術就可以被運用在任何地方。



增強型地熱(EGS)和閉迴路熱量蒐集系統(CEEG)的模型

製作過程

(三)實地探勘清水地熱發電廠的走訪記錄



五、結論與生活應用

(一)結論

1.

2.CEEG 實際運用之探討:

此種地熱發電技術多集中於中東使用，台灣 CEEG 技術的應用主要在利澤地區，目前計畫整個電廠區的配置預計將在豎井周圍鑽 7 口大口徑深層地熱井，以增加井內的水容量，提升取熱效益，預計於 2025 年完工，且預測每年可發 8 億度電。開發地熱需考量許多因素，

綜合經濟條件、地質條件、與法規考量等，選定最適當的開發方法與電廠建置，並參考他國案例，就能確保地熱電廠未來可長久安全無虞地使用。

(二)生活應用

參考資料

(圖二)[中國新發現乾熱岩 856 萬億噸超世界石油 50 倍轟動全世界！](#)

(圖七)[臺灣到處有溫泉，為什麼地熱發電「落後」菲律賓 30 年？ \(二\)](#)

CEEG 原理資料參考:[地熱發電技術\(五\)：地熱取熱技術 - 閉迴路熱量收集系統 CEEG](#)