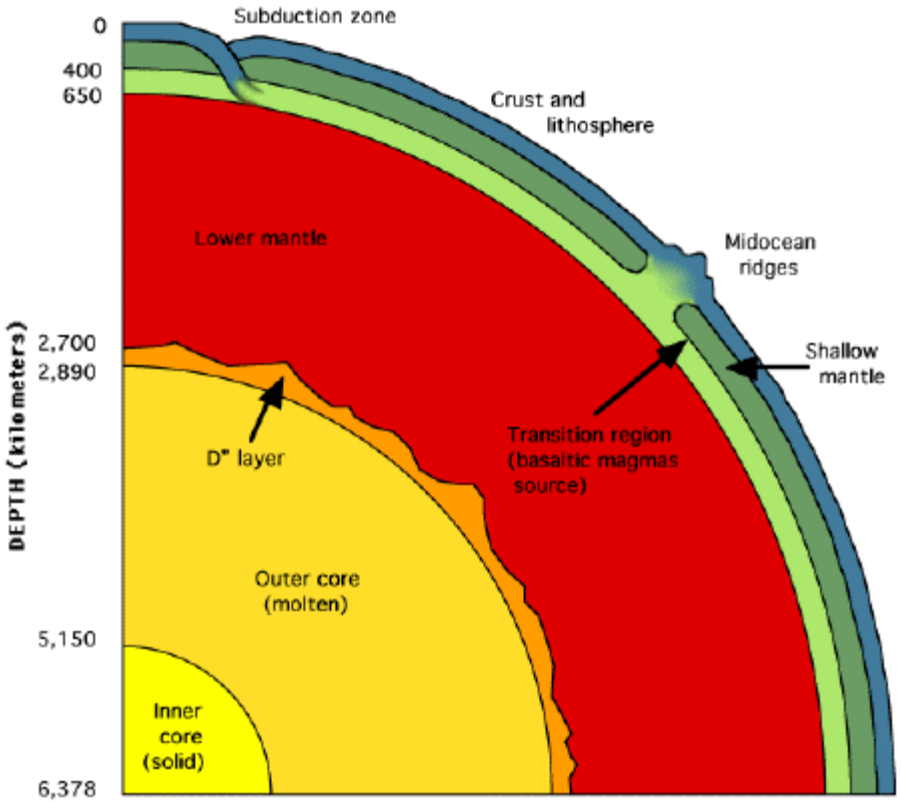
地 熱 能

- 地熱能
- 地熱能分佈
- 地熱能原理和技術
- 地熱能應用
- 世界各主要國家地熱能發展
- 台灣地熱能的概況
- 優點和缺點

地球

- 多年來，人類對火山(volcanoes)、間歇泉(geysers)、噴氣孔(fumaroles)、溫泉和沸泥池(pools of boiling mud)等感到既新奇又恐懼，而這些景象散佈於世界各地，且大多發生在多地震地帶。



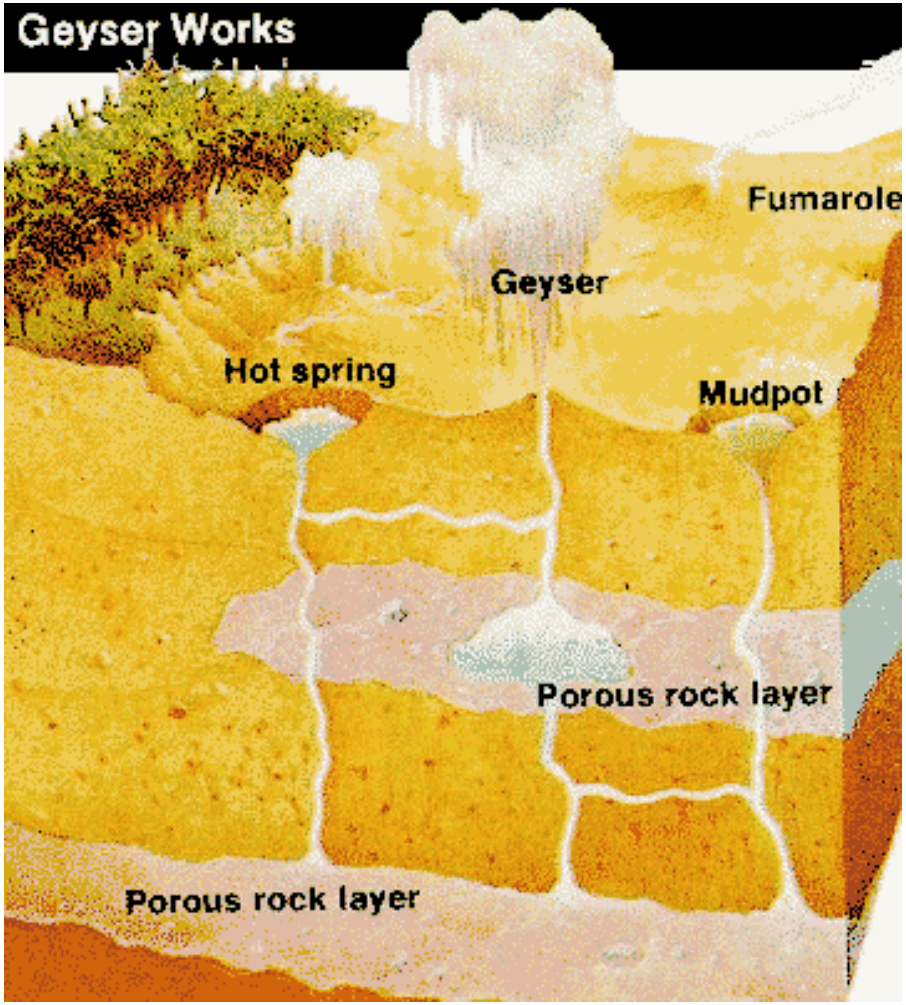
- 地球內部情況全賴間接知識獲得，地球常視由五個同心層所組成，首先，大氣層環繞著地球，然後是地殼(crust)，其後依次為地涵(mantle)、外部地核(Outer core)和內部地核(inner core)。

http://thanksmothergaia.blogspot.com/2011/05/earth-profile-6-internal-structure.html

冰島火山(volcanoes)

http://www.hiao.com/content/2010-04/17/content_8351153.htm

間歇泉(geysers)
噴氣孔(fumaroles)



http://www.hanksville.org/daniel/geology/geysers.html
http://www.2spare.com/item_94350.aspx
http://www.brhphoto.com/photo/yellowstone/11

沸泥池(pools of boiling mud)

http://www.travelblog.org/Photos/3208586
http://www.odyssei.com/travel-gallery/72511.html

地熱能

- 地熱能是從地殼抽取的天然熱能，這種能量來自地球內部的熔岩，並以熱力形式存在，是引致火山爆發及地震的能量。地球內部的溫度高達攝氏7000度，在80至100公里的深度處，溫度會降至攝氏650度至1200度。
- 熔岩湧至離地面1至5公里的地殼，透過地下水的流動，熱力得以被轉送至較接近地面的地方。高溫的熔岩將附近的地下水加熱，這些加熱了的水最終會滲出地面。
- 人類很早以前就開始利用地熱能，例如利用溫泉沐浴、醫療，利用地下熱水取暖、建造農作物溫室、水產養殖及烘乾穀物等。但真正認識地熱資源並進行較大規模的開發利用卻是始於20世紀中葉。

- 地熱能之數量異常龐大，依粗略估算，地球之總熱含量約有3×10^{27}仟卡。據估計，每年從地球內部傳到地面的熱能相當於2.4×10^{17}WH ，相當於燃燒168億桶石油所產生的能量。
- 如果把地球上貯存的全部煤炭燃燒時所放出的熱量作為100來計算，石油的貯量約為煤炭的8%，目前可利用的核燃料的貯量約為煤炭的15% ，而地熱能的總貯量則為煤炭的17000萬倍。
- 目前開發技術上，能夠經濟有效利用者，僅為地殼底下數公里深之熱源。地殼內之地熱能，主要儲存於岩石本身，而少部分則儲存在岩石孔隙(pores)或裂隙(fractures)之水中。地熱能乃一低能量密度之能源，必須經由大量岩石集取，目前，水是地熱能之主要輸送媒介。

地熱的種類

1. 熱液資源：

(1)乾蒸汽：當地下熱水層靠近地表，熱水因壓力減小而蒸發，因此形成乾蒸汽這種地殼分布得較稀少。

(2)濕蒸汽：大部分的情況是地下熱水層流往地面時，因壓力下降，部分蒸發，產生蒸汽熱水的混合物，其中熱水量約占90%，這種溼蒸汽型的地熱占世界地熱90%以上。

2. 熱岩資源：

(1)乾熱岩：是指地下約6000公尺深處，溫度約200℃的熱岩層。

(2)岩漿：融熔狀態的岩石。

3. 地壓資源：多存於含油盆地深部，因距地面太深，其鑽取利用仍在研究階段，但其能量潛力巨大，而且除熱能外，它往往還貯存有甲烷之類的化學能及高壓所致的機械能。

地熱能開發條件

1. 溫度：地熱資源溫度可以由30·C至370·C 。
2. 熱流：可分為蒸汽、熱水及熱岩形式貯存。
3. 利用因素：包括環境特性、流體品質及能源利用等。
4. 井深：鑽井費用甚高，故生產井深度常依產能而決定，一般約從60公尺至4000公尺
5. 能源傳輸：電能可以作遠距離傳輸利用，但若是直接利用時，應以1公里以內為宜。

地熱能技術

1. 能源生產技術：包括探勘調查技術、鑽井技術、測井及儲積層工程。
2. 能源工程技術：包括發電技術、小型地熱發電機、直接利用技術。
3. 能源相關技術：包括熱流體處理、環境技術、先進技術。

地熱能源的開發技術

1. 探勘調查技術：以經濟、有效的方法，估計地熱田的溫度、深度、體積、構造及其他特性因素，來推估地熱田的開發潛能，或據以進一步研判選定井位，作為開發評估的依據。
2. 鑽井技術：鑽井的花費較高，占地熱能源開發成本的比例也最大，初步調查結果證實具有開發潛能時，鑽井可以驗證探勘結果，確認地熱資源的賦存及其生產特性，並且由適當的完井技術，在安全控制狀況下開採地熱能源。
3. 測井及儲積工程：完井以後可以作單井測井或多口井同時噴流時的測井，利用測井取得的井流特性及地下資料，可以推斷儲積層的位置、深度、厚度、構造、儲積範圍及流體的產狀、產能，據以規畫地熱井的生產控制及地熱田的開發與維護，作有效的開發利用。

地熱探勘技術

1. 地質調查：調查各溫泉區地面地質，熱水活動範圍、地形、交通等，並採集熱水及岩石標本予以分析鑑定。對已鑽探之溫泉區進行地下地質與地面地質對比，以瞭解深部熱水之賦存情形。
2. 地球物理探勘：應用重力、磁力、電阻、震波、微地震、地電流、熱流測定等探勘方法，探勘地質構造，並探究地熱儲集層之溫度位置、深度、範圍及岩層孔隙率、滲透率等，以提供選定探勘井井位之資料。
3. 地球化學探勘：調查徵兆區，採取水、汽及沈積物並進行化學分析，以研判地熱水在深部可能狀況，並依地化溫度計推算深部溫度。進行地熱井水、汽之測試分析以確定地熱流體品質，作生產控制及開發利用依據參照地表及井流地化特性，輔以同位素研究，研判地熱潛能及地熱系統型態。
4. 鑽井探勘：利用鑽井方法獲得地熱田之地質構造、地溫梯度及地熱流體之賦存情形等資料，以供選定生產井井位之依據。

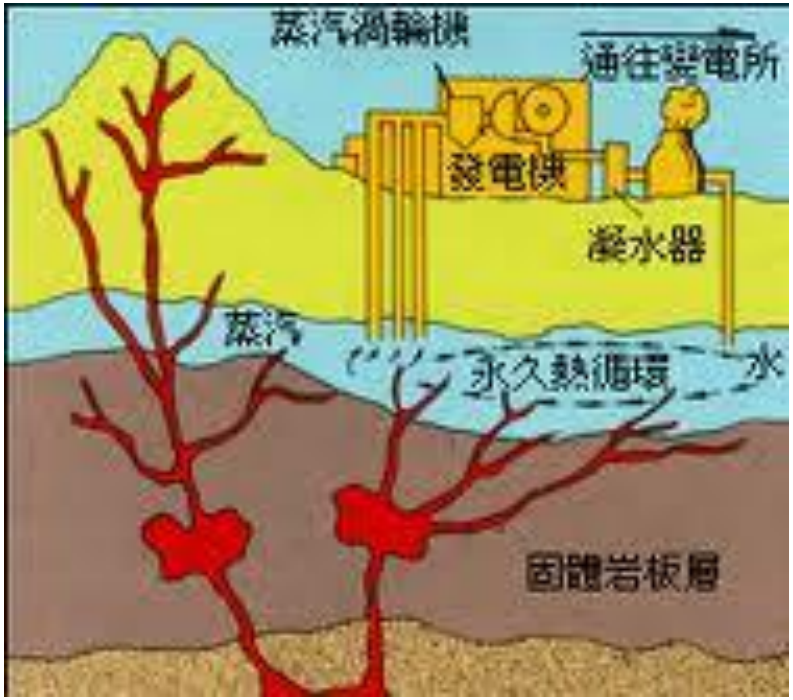
能源生產技術

鑽井探勘

- 鑽井的花費較高，占地熱能源開發成本的比例也最大，初步調查結果證實具有開發潛能時，鑽井可以驗證探勘結果，確認地熱資源的賦存及其生產特性，並且由適當的完井技術，在安全控制狀況下開採地熱能源。

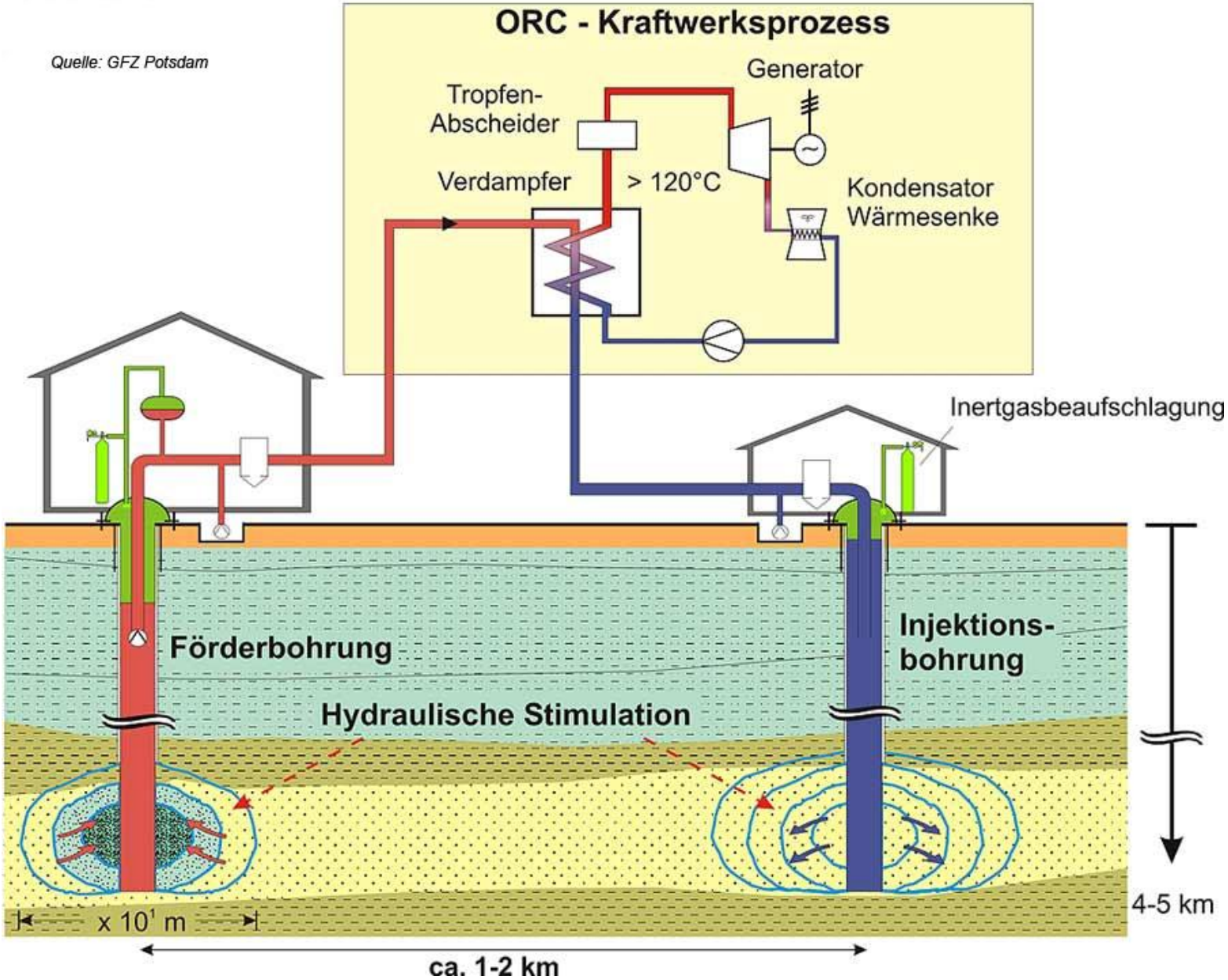
發電原理

地熱發電的基本原理乃利用無止盡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。即將地熱轉換為機械能，再將機械能轉換為電能；和火力發電的原理是相同的。不過，火力發電推動渦輪機的工作流體必須靠燃燒重油或煤碳來維持，不但費時且過程中易造成污染；相反的地熱發電等於把鍋爐和燃料都放在地下，只需將蒸汽取出便能夠達到發電的目的。



http://blog.xuite.net/wweeiiha/yeah/24181721

Prinzip geothermischer Stromerzeugung



http://energie.deangeli.ch/Geothermie/Princip.htm

地熱發電廠

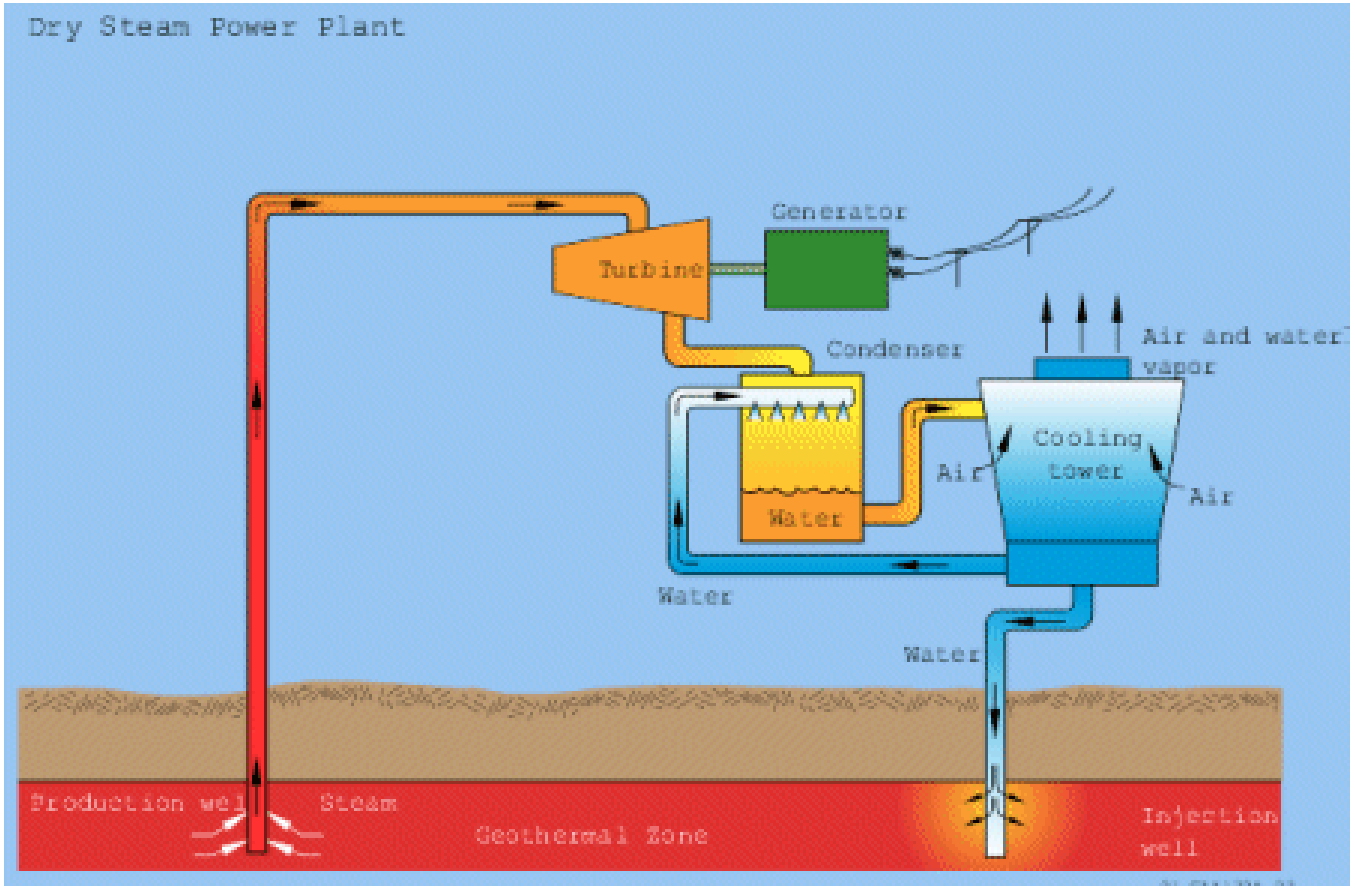
http://www.permacultureusa.org/author/Earth%20Policy%20Institute/

地熱發電種類

乾蒸汽式	天然的乾蒸汽是最簡便而有效益的利用，只要由管線直接導入改良過的蒸汽渦輪機，就可產生電力。
閃發蒸汽式	高溫的地熱水可以經過單段或多段閃發成為蒸汽，再由分離器去除熱水，以蒸汽推動渦輪機發電。
雙循環式	由地熱井產生的熱流體，經過熱交換器加熱流體，使其氣化推動渦輪機再產生電力，而工作流體（如：丁烷、氟氯烷等）則繼續循環使用。
總流式	地熱井產生的熱流體，包括蒸汽及熱水的兩相混合體，同時導入特殊設計的渦輪機，由動能及壓力能帶動傳動軸能連接發電機而產生電力。

發電技術--乾蒸汽式(Dry Steam)

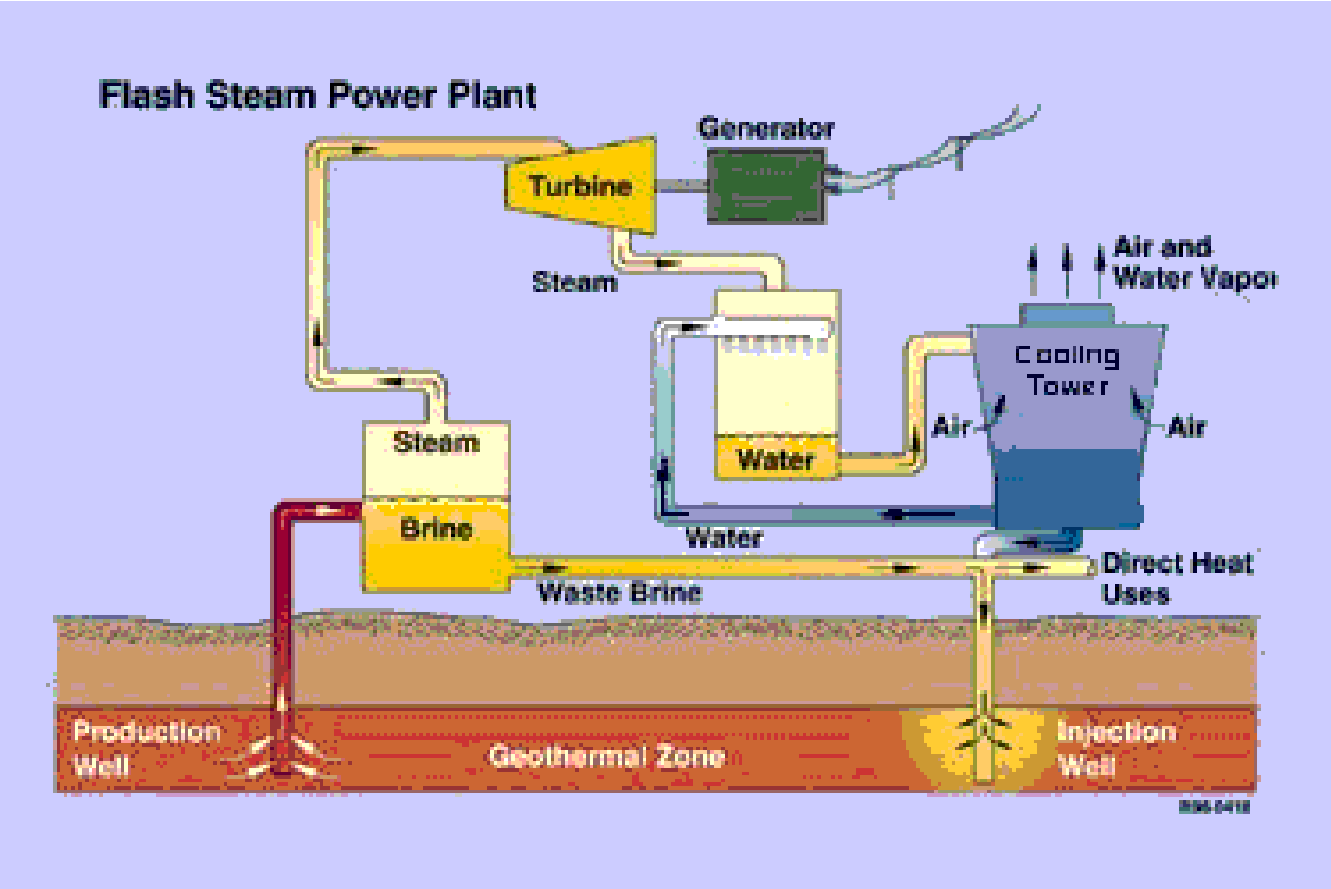
- 天然的乾蒸汽是最簡便而有效益的利用，只要由管線直接導入改良過的蒸汽渦輪機，就可產生電力。



https://inlportal.inl.gov/portal/server.pt/community/geothermal/422/what_is_geothermal_energy_

發電技術--閃發蒸汽式(Flash Steam)

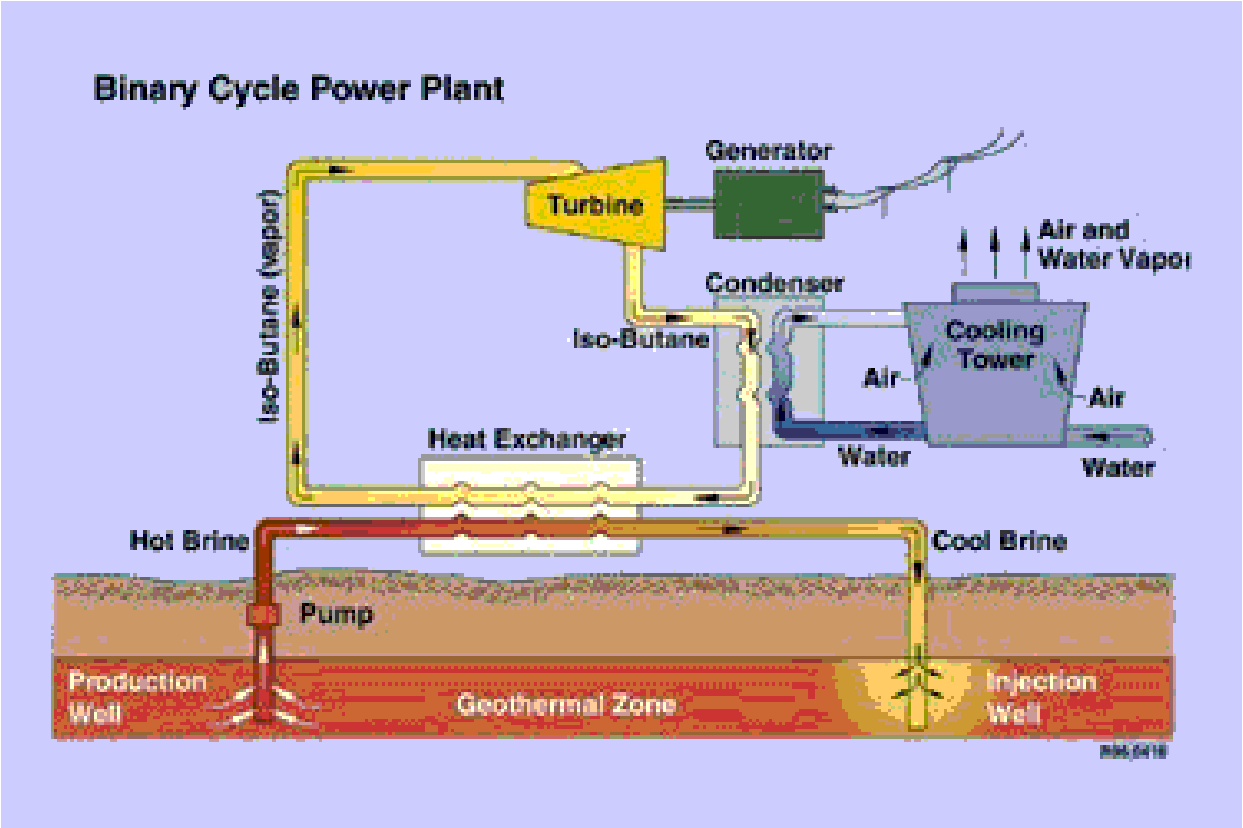
- 高溫的地熱水可以經過單段或多段閃發成為蒸汽，再由分離器去除熱水，以蒸汽推動渦輪機發電。



https://inlportal.inl.gov/portal/server.pt/community/geothermal/422/what_is_geothermal_energy_

發電技術--雙循環式(Binary Cycle)

- 由地熱井產生的熱流體，經過熱交換器加熱流體，使其氣化推動渦輪機再產生電力，而工作流體（如：丁烷、氟氯烷等）則繼續循環使用。



https://inlportal.inl.gov/portal/server.pt/community/geothermal/422/what_is_geothermal_energy_

發電技術--總流式(Total Flow Type)

- 地熱井產生的熱流體，包括蒸汽及熱水的兩相混合體，同時導入特殊設計的渦輪機，由動能及壓力能帶動傳動軸能連接發電機而產生電力。

世界地熱發電量
2010-10710MW

國家	裝置容量	發電量	國家	裝置容量	發電量
美國	3086	0.30%	尼加拉瓜	88	10%
菲律賓	1904	27%	俄羅斯	82	
印度尼西亞	1197	3.70%	巴布亞新幾內亞	56	
墨西哥	958	3%	危地馬拉	52	
意大利	843		葡萄牙	29	
新西蘭	628	10%	中國	24	
冰島	575	30%	法國	16	
日本	536	0.10%	埃塞俄比亞	7.3	
薩爾瓦多	204	14%	德國	6.6	
肯尼亞	167	11.20%	奧地利	1.4	
哥斯達黎加	166	14%	澳大利亞	1.1	
土耳其	94	0.30%	泰國	0.3	

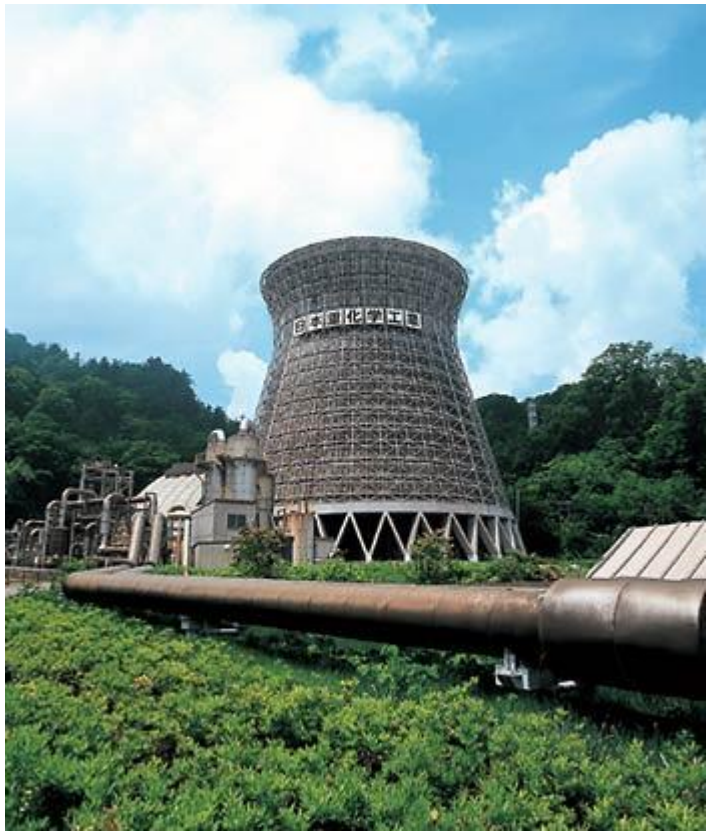
世界各主要國家地熱能發展情況

- 1960年第一個渦輪機能產生11MW的淨功率，已經運轉超過30年。
- 2010年美國地熱發電有77個電廠，容量約為3,086MW，世界第一。
- 如果能開發地下蘊藏的地熱資源和幹熱岩地熱資源，將可以滿足全美國能源需求總量的25%。

http://www1.eere.energy.gov/geothermal/history.html

日本

- 日本境內蘊藏地熱能資源量約2,347萬千瓦，現僅次於印尼、美國而成為世界第3位地熱能資源大國。
- 日本境內有18個地方設有地熱發電廠，容量約為536MW。
- 日本政府也將於2020年達到超過現在3倍1500MW之「地熱發電」目標。
- 右圖為松川地熱發電站是1966年啟動的日本第一座地熱發電站，它是世界上第四座地熱發電站。



http://web-japan.org/nipponia/nipponia26/zh/feature/feature08.html

義大利

- 世界上第一個利用地熱發電的國家
- 1913年已有250KW的地熱發電設備投入運行。
- 1916年，義大利的地熱發電設備已達12MW。
- 1996年，義大利的地熱發電設備發電端出力為512MW送電端出力為485MW。
- 2010年裝置容量約為843MW。

http://web-japan.org/nipponia/nipponia26/zh/feature/feature08.html

冰島

- 自1975年冰島大規模使用地熱資源后，石油等能源進口大大減少，二氧化碳等溫室氣體排放量提前幾十年就已達到了國際標准。
- 2008年地熱發電容量575MW，發電量4038GWh（25%），水力發電容量1874MW ，發電量12427GWh（75%）。

http://sustainablecities.dk/en/city-projects/cases/reykjavik-the-ground-heats-the-city

菲律賓

- 2006年公佈了一項10年能源發展計劃，計劃到2011年將地熱資源發電的能力達到2921MW。
- 菲律賓目前是世界上第二大地熱發電生產國，有1,904MW裝置容量;地熱發電約佔18%的發電量。
- 右圖為Leyte 地熱發電廠

http://www.environmentphilippines.com/2010/08/technology-geothermal-energy-powers.html

地熱能的其他用途

1. 工業的產品乾燥
2. 冷凍冷藏
3. 農業的溫室栽培
4. 食品加工
5. 商業及家
6. 庭用途的溫水泳池
7. 觀光
8. 理療

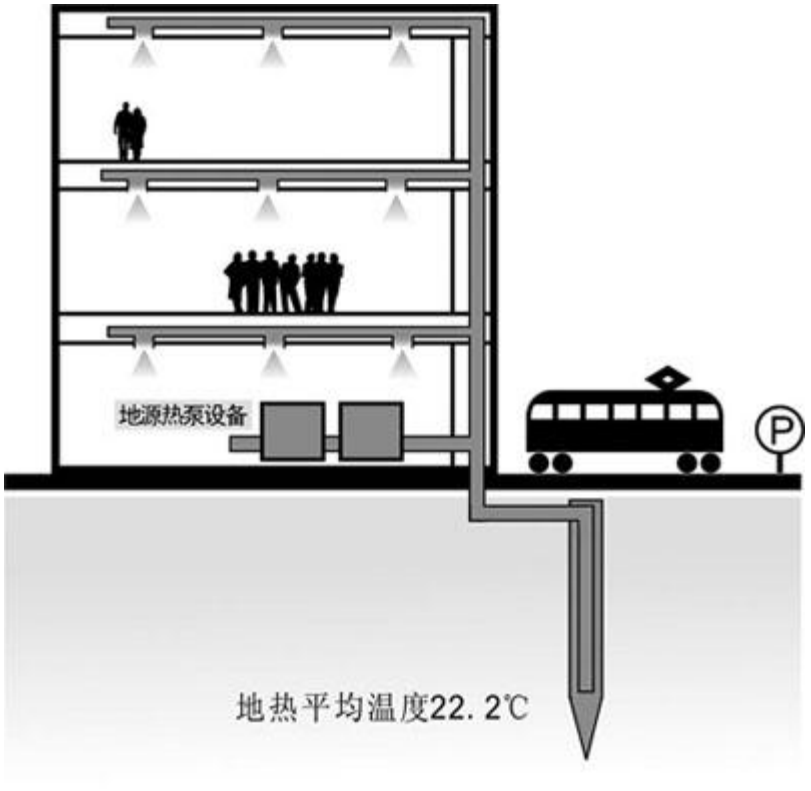
溫室栽培

- 北京市首次大規模利用地熱資源用于現代化溫室花卉種植。一個投資2.6億元的地源熱泵與地熱利用綜合供暖系統日前在北京國際鮮花港投入使用，將改變以往溫室採用煤、電、氣供暖的狀況，使花卉栽培、種植、研發過程實現零排放、低耗能。
- 北京國際鮮花港採用地源熱泵供暖，可比電鍋爐加熱節省 2/3 以上的電能，比燃煤鍋爐節省 1/2 以上的能量，運行費用僅為普通中央空調的６０％ 。

http://www.bjjnw.gov.cn/build/xxfb/showArticle.do?m=showArticle&id=000000084001222fb7d929&lmid=null

地熱空調

- 地熱空調優點
- 地表淺層土壤的溫度一年四季相對穩定，與空氣溫差一般為17℃左右，地下土壤溫度是真正的冬暖夏涼。根據這一特性，在冬季，通過一定的設備和技術把地層中的熱量『取』出來，提高溫度後，供給室內用戶取暖，反之，到了夏季則可達到制冷目的。<demo>
- 需要足夠的土地，使熱交換能夠充分進行。



http://cq.cqnews.net/sz/zwyw/200612/t20061216_1184280.htm

優點

1. 地熱的蘊藏量很豐富。
2. 成本比開採石化燃料或核能低。
3. 建造地熱廠時間短且容易。
4. 不會製造污染或溫室氣體，而且不會製造噪音，可靠性高。

缺點

1. 熱效率低，為低能量密度需要大量的地熱。
2. 所流出的熱水含有很高的礦物質，或含有毒的物質。
3. 一些有毒氣體(如**硫**、**硼**、**銨摩尼亞**、硫化氫和二氧化硫)會隨著熱氣，而噴入空氣中，造成空氣污染。
4. 開挖地底愈深，成本便愈高，所以用地熱能發電十分昂貴。

台灣地熱

- 台灣是第14個成功利用地熱發電的國家，也是一個「地熱寶島」。
- 國家科學委員會過去2年在宜蘭縣大同鄉的清水地熱區研究，推估理想狀況下，宜蘭的地熱儲量約為2.8座核四電廠的總發電量、全台灣的地熱更至少可抵9.7座核四。
- 國科會1981年曾在清水建造一座3MW試驗型地熱發電廠，運轉12年後，因為碳酸鈣堆積結垢等因素而停止。
- 能源局規畫短期目標是在2012年在宜蘭清水地熱區設置一座MW（百萬瓦）的示範電廠。

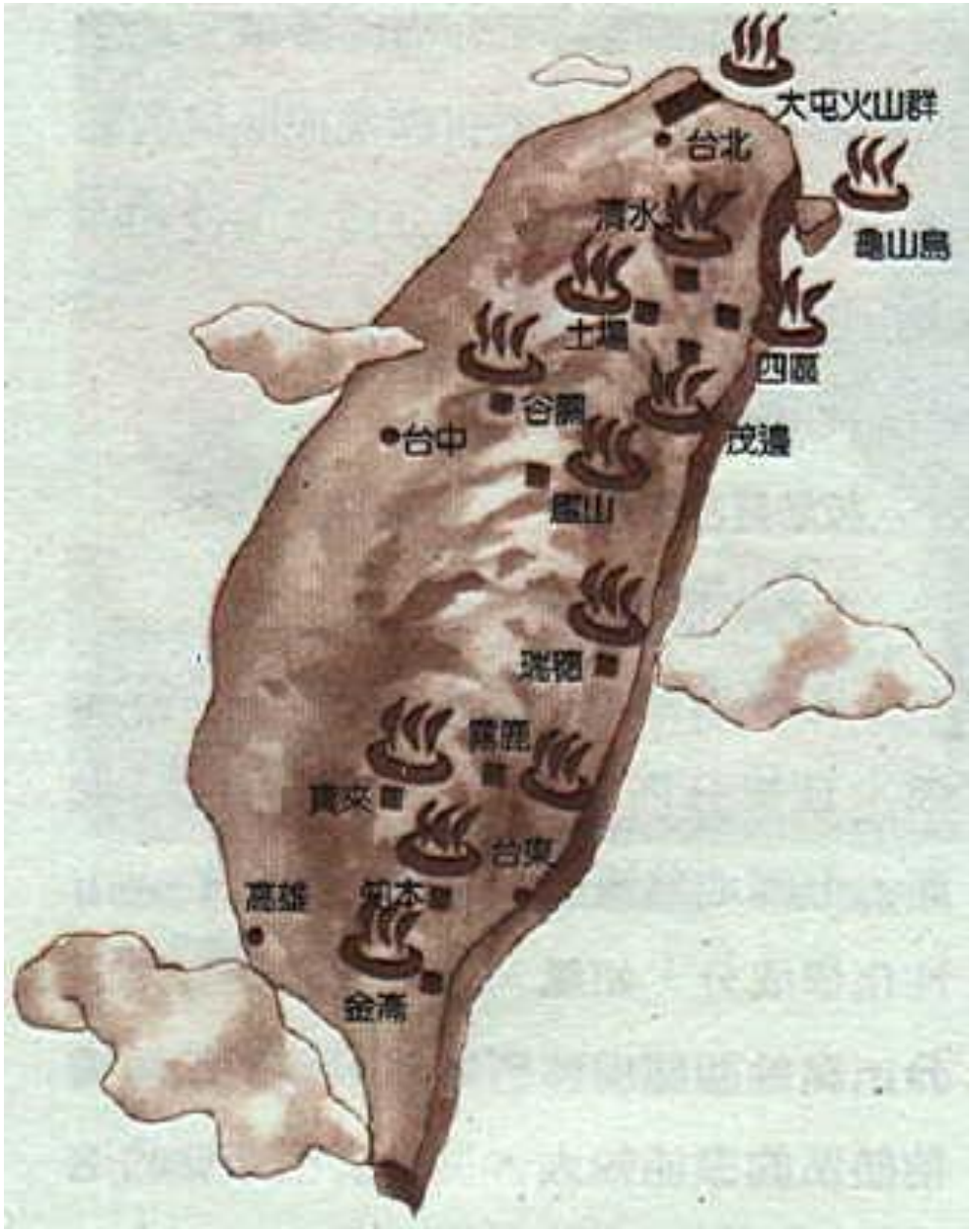
台灣地熱

- 宜蘭地區的地溫梯度偏高，具備地熱發電優勢。在宜蘭清水附近鑽了兩口井，一口井深80 公尺，溫度已增高到攝氏42度，另一口井深148公尺，溫度31度。
- 清水地區若要發展地熱發電，只需鑽2 至3公里深，就可以達到攝氏50至60度的發電溫度。
- 台灣曾為了研究車籠埔斷層，鑽了一口2公里深的研究井，大約花費3千6百萬元台幣，澳洲曾鑽過4公里深的井，則花了6千至9千萬台幣。
- 清水地熱區現在有9口地熱井，不過只供民眾觀光、煮食或泡腳。

台灣地熱潛能

- 台灣有許多地熱能源值得開發，初步評估全省廿六處主要地熱區的發電潛能約為1000MW，相當於年產250萬噸煤產量；如再包含其他熱能直接利用，並以三十年開發期間來估算，總潛能相當於25,500萬噸煤產量，市場潛力非常可觀。
- 台灣位於環太平洋火山活動帶西緣，在北部大屯山區曾有相當規模的火山及火成侵入活動，全島共有百餘處溫泉地熱徵兆，所以地熱資源的潛能可說是相當高。
- 目前地熱發電總裝置容量為3,300KW，若以1000MW發電潛能估計，大屯山佔50% 東部地區佔35% ，其他地區則約佔15% 。

台灣主要地熱潛能區分佈圖



http://wais.ee.kuas.edu.tw/energyworld/supplys/geo1.htm

- 據台灣工業技術研究院能源與資源所對台灣地熱潛能的評估，主要地熱區的地熱潛能估計約 745 MW ，其中：
- 大屯火山岩地熱區　500MW
- 清水地熱區　60MW
- 廬山地熱區　40MW
- 霧鹿地熱區　60MW
- 知本地熱區　25MW
- 金崙地熱區　60MW

台灣地熱能使用概況

- 於 1981 年在清水地區建地熱試驗電廠，裝機容量3000kW，同年9月正式運營。發電初期，7 口地熱井供應熱水500m^3/h，其中約75t/h 轉變為蒸汽供發電用，最高發電量2100kW/h，但至1989年6月間，熱水總產量降至 105m^3/h（其中約 26m^3/h 轉變為蒸汽供發電用），僅能發電 500kW左右。

- 主要是因深部熱水溶有大量CO_2，熱水上升至井口，由於壓力降，導致CO_2大量逸出，碳酸鈣過飽和而在管道壁產生沉澱、結垢，堵塞了出水通道，加之地層滲透率偏低所致。電廠於1995年前後關閉。

http://www.shanghaishenghe.com/sfgc.asp?id=466

・1986年2月台灣工業技術研究院能源與資源研究所在土場地區建立了1座300kW 的小型地熱電廠，利用熱交換器的二元系統發電。

・2010年陽碁與工業技術研究院合作在宜蘭清水地熱園區引進美國普惠動力地熱溫差發電機Pure Cycle 280

http://www.ykenergy.com/news.php

台灣地熱能使用概況

- 溫泉理療洗浴：島內地熱溫泉遍布，大多位於風景名勝區，別緻的溫泉旅社五步一樓、十步一閣，隱現於巖谷溪澗。 不少著名的溫泉，如北投、陽明山、谷關、關子嶺、四重溪、廬山、知本等溫泉，均為重要的溫泉旅遊景區，現已有 40 餘處主要溫泉得到開發利用，地熱溫泉已成為台灣重要的旅游資源。
- 其他：主要用於農業種植和養殖，但在這方面的應用不普遍。

參考資料

- http://www1.eere.energy.gov/geothermal/