

396266

鄭子政 著

近代科學思潮拾遺



中國文化學院出版部印行



## 自序

余生也幸，於過去五十年間，深感德薄能鮮，而有參與兩次國際科學合作活動之緣。即是在公元一九三二至一九三三年所舉辦之第二屆國際極年（International Polar Year）。此次活動重點着重於兩極探險與高層大氣現象觀測。民國十六年國民革命軍北伐成功，翌年定都金陵。國立中央研究院於焉成立。氣象研究所為隸屬該院之一所。在開創之際經費有限，無法計議參與國際間龐大之探險計劃，乃擇其高空氣象觀測工作。於是建立山東泰山之日觀峯氣象臺與四川峨嵋山金頂氣象臺二處。日觀峯氣象台台址即由筆者前往勘察後所定，並築臺所。金頂氣象台就寺廟房屋作觀測所，比較簡陋。於極年觀測工作結束之後即告停頓。極年觀測原定每隔五十年舉行一次。嗣後由於科技研究發展之迅速，一九五〇年貝耿訥（Berker, L. V.）建議修訂此項科學活動為每隔二十五年一次。遂擇定於一九五七年太陽活動最旺盛時期舉行，並易其名稱為第三屆國際地球物理學年（3rd. International Geophysical Year）。參與此次國際科學活動之國家計有六十餘國。中華民國亦為參加此項活動國家之一。其過程亦經由筆者所肇劃。此次活動特殊之點則為在一九五五年美國國家科學研究院紐惠爾（Newell, H. B.）所建議之施放火箭與人造衛星觀測高層大氣現象計劃，啓航空航行測觀之先河。繼而有一九六九年七月二十一日人類登陸月球之壯舉，實現人類在星際間活動之理想。此亦為近世紀以來科技發展首要之創

新成就。由泰西科學研究發展之造詣，牽連出無數之發明，造福人羣，不可勝算。第四屆國際地球物理學年轉瞬將至（一九八二）。是項國際科學活動籌備委員是否仍將邀請我方參加，尙屬未知之數。其所採觀測之重點，至今亦尙未見披露。總之，第三屆國際地球物理學年對於近二十五年來之科技發展實產生莫大之助力。由於科技之發達促使能源開發之迫切與連帶發生之環境污染與生態平衡喪失等問題。在科學思潮上拓開一新的思想領域。此項思潮其所涉及範圍至廣，實無法窺其全豹，爰集近著有關科學思潮文字十餘篇，輯爲一書，以補此類論著之遺，殊難以副讀者之殷望。將以附屬於中華學術院編纂『新叢書』之一種，藉以拋磚引玉而已。中華民國六十七年九月序於台北永康寓所。

目錄

自序

- 一、談能源開發之新瞻望…………… 一
- 二、從火山活動說到地熱開發…………… 一七
- 三、微塵學研究之新動向…………… 三一
- 四、論環境污染整治之道…………… 四四
- 五、談湖沼水質污染…………… 五六
- 六、高層大氣污染之危機…………… 六七
- 七、空氣之由來…………… 八〇
- 八、近年對於大氣層結構之認識…………… 九三
- 九、大氣科學之研究範疇及其發展動向…………… 一〇七
- 十、雷雨面面觀…………… 一一九
- 十一、氣象與消防…………… 一二二
- 十二、人類生物氣象學導言…………… 一五二
- 十三、談氣候變更說…………… 一六〇

四	論地理學在地球科學中的位置·····	一七四
五	從唐山地震說到地震豫告之瞻望·····	一八三
六	論近年科技發展之臧否·····	二〇六
	名詞索引	

# 壹、談能源開發之新瞻望

能源概括在地質時期所埋藏之石炭、石油與天然氣等原始能源與經由人類間接開發之電能、水能、核能、風能、光能與熱能統屬於能源範圍之內。能源消耗量之多寡，每得以爲衡量一地文化發展程度之標竿。能源之供求亦與社會之經濟結構有密切之關係。由於世界人口日增，工業爐灶與動力機械及家常器具與交通車輛之運轉皆仰賴於能源之供應。於是能源之需求加速上升。以今日美國論，人口僅居世界人口百分之六，而其消耗能源達世界之三分之一。美國每人每日平均消耗能量（包括製造用能量）相當於二百度用電量，約五倍於世界平均數。石油在各項能源中，更居於舉足重輕之地位。由於交通燃料，家庭什用炊爨取暖，皆利賴之，甚至動力引擎亦以石油替代石炭功能。美國能源供應之近半數皆取用於石油。美國爲石油國之一，每日生產一千萬桶原油，仍不足供應國內之需求，油田將頻臨於涸竭，而陷於能源危機。於是不得已仰賴於中東油田之供應。估計中東油田蘊藏量佔有世界之百分之七十五。因而美國近來每年採購外來原油之費用達二十億之多。而油價之漲落遂操縱於他人，使形成經濟結構上之影響與國防安全上之憂慮。

世界各地石炭之蘊藏量較爲豐富，尙足以維持近百年能源上之供應，然而由於其含硫量之過多，易於造成大氣環境之污染，將石炭轉變爲潔淨之燃料，此種科技方法尙在繼續尋求之中。益以煤礦開採多

生災變而勞之缺乏，亦為隱憂。天然氣之運用，固屬於理想燃料之一種，然由於供應量之缺乏。天然氣之供應亦近於涸竭之境地。天然氣之售價低於礦油，因此鑽礦者多樂於採油而不顧於取氣。在美國目前天然氣之總藏量亦不過祇能供應未來二十年而已。

數來幾項能源開發中，在當前最切合於一般期望的將無過於核能開發。核能發電亦有隱憂存乎其中，尚待解決。容後再加以細說。核能發電於美國亦尚在初期，而未能急速替代他種能源之供應，美國能源消耗量之激增，在未來數年中其趨向仍將依重於大宗原油之輸入，或從事於大量能源消耗量之約束，以維持其國內能源供求上之平衡。各種能源開發之細節，容再分別逐項細述於下：

一、礦藏燃料能源之取求 石炭無疑的仍為未來能源主要需求之一項。但在目前美國能源工業則多寄託於石油，此種工業結構形態似將持續若干時期。現時美國所消耗之能源約百分之七十七為石油與天然氣，而估計美國所蘊藏之化石燃料中百分之八十九為石炭。福特基金能源政策計劃委員會主席富利曼（S. David Freeman）氏：『今日對於石炭礦源措施有二項謬誤之見地，即吾人不能加以開採與不能加以燃燒』。其主因可能由於液體燃料比較固體燃料在處理與運輸上利便而其成本亦較輕。因而液體與氣體燃料消耗量遠駕於固體燃料之上。更由於油管網與天然氣管網密佈各處，取用便捷。且因天然氣與石油之含硫分量較低。在若干地區受大氣污染條例上之限制，亦迫使固體燃料使用之範圍縮小。石油經過各種提煉程序，使不同品級之燃料能適應於不同工業機械與各種交通工具之運用，因此石油之用途大增。以世界石油之蘊藏量而論，取之於中東地區在未來若干年中尚可無虞匱乏。惟油價與供應之權操

諸於人，將有影響於國家經濟與安全上之體系，殊難避免。

石油使用量遞增，到一九八五年自由世界石油消耗量可達每天八千六百萬桶，亦即每年四百二十億噸。石油輸出國之收益在一九七二年約為一百五十億美元。因能源危機油價上漲，在十年至二十年內，石油輸出國之收入，可能增加至四或五倍。因而開發能源形為當前世界之熱門課題。美國現正從事於阿拉斯加油田之鑽探與油管之鋪設。英國則對於北海油田之開發，寄予殷切之期望於一九八〇年能生產石油一億噸至一億四千萬噸，據探測報告愛爾蘭海底亦有與北海相近之石油蘊藏量。世界各國，皆在作石油探勘成功之夢想。

另一尋求油源之方法則取諸於含有油分之頁岩 (Slate)。乃係屬於一種片狀泥灰石含有類似瀝青有機物質。此種頁岩油 (Kerogen) 經加熱至攝氏四五〇至六〇〇度時能散發汽體，而成爲頁岩原油，再經提煉可爲石油。美國油頁岩之儲藏量約八倍於石油。據實驗報告稱提煉頁岩油較以石炭氣化或液化過程較稱簡便，但其發展前途之障礙，則在於其成本與環境破壞問題。估計產生一桶頁岩原油最低成本需美金四元五角，約高於本地所產原油一元左右。頁岩所含油量甚低以致其生產成本增高。就其最優礦苗須壓碎一噸半礦石始得產生一桶礦油。因此在處理此大量廢物過程中形成一嚴重之環境問題。在一商業規模提煉礦場每日將產生一百五十萬噸之碎石，對於環境上之破壞，遠甚煤礦之開採。從頁岩中提煉石油措施之發展，似非爲近十年內之事。

石炭品類之等級有多種，其最大分類可列爲三類即爲白煤 (Anthracite) 烟煤 (Bituminous)



與褐煤 (Lignite)。白煤含碳成分可高達百分之九十八，而低級之褐煤含碳成分可能低於百分之四十。因此其燃燒熱能可相差達三倍以上。至於其含硫成分亦以高級煤之含硫量少而低級煤之含硫量多。烟煤通常之含硫成分約在百分之三。美國白煤之蘊藏量僅存總蘊藏量之百分之二以下，而烟煤之蘊藏量則居其百分之七十以上。因此在運用石炭能源之前，須先清除其含硫成分及其雜質而提高其燃燒效應。經過研究採用一種磁水動力法 (Magnetohydrodynamic)，簡稱 MHD，運用組合周期發電機 (Combined cycle generator) 由氣體燃燒生熱而直接發電，利用此法可由每單位燃料增加百分之二十五至五十電能，且能屏除直接燃煤之環境污染。由於 MHD 電機發動時溫度高於攝氏二千度而煤經過燃燒極熱後之遺留物有高度腐蝕性，此點仍為技術上之一大困難。此種電機在歐美與日本及蘇聯皆在研究之中。換言之，由固體形態之石炭轉化為氣體或液體，其所含雜質即易於排除。欲達到此一程序須經過三種途徑，亦即氣化 (Gasification)，熱解 (Pyrolysis) 與溶劑提煉 (Solvent refining)。除氣化過程之外，其他程序至今尚未得理想之結果。溶劑提煉又稱為氫化過程 (Hydroprocessing)。此過程產生少量之碳化氫與輕液體，但其主要產物則為重有機物質，所謂溶劑提煉煤。此物質之熔點為攝氏一八〇度，而其灰燼小於十分之一。其燃燒效應可與白煤相比。此過程可自煤中消除所有無機硫與百分之七十有機硫質。溶劑經過催化氫裂化過程 (Catalytic hydrocracking process) 之後即產生合成原油。至於熱解為更高度發展過程，乃將煤於無氧環境之下加熱而產生焦炭 (Char)，油質與低熱單位 (Low-BTU) 氣體。此種熱解油類須待國內原油價值劇升以後始有商業成品產生之可能。

中(五)

二核能發展之新形態 核能之應用始於軍事上之武器。繼而用之於潛艇。現時美國運用核能發電之電廠約居百分之四。一九七二年調查美國核能動力反應爐(Nuclear Power Reactors)在運轉者有二十九處，在建造者有五十五處，而在計劃中者有七十六處。現有發電量為一四、六八三、〇〇〇瓩。總計建造與計劃中之發電量可達一四二、四五七、一〇〇瓩。鈾(Uranium)為核能發生之原素。鈾燃料用諸於現有反應爐可產生相等重量煤熱能之二萬倍。若以更有效之滋生反應器(Breeder Reactors)即其間產生熱能之差比可高至一百五十萬倍比一。而核能燃料惟一之困擾則為其放射性(Radioactivity)與安全上之措施。通用之鈾二三八在反應爐中分裂時產生熱能之同位素鈾二三五僅居其百分之七十。因此鈾燃料須求其有鈾二三五含量高者。核能電力之發展正在蓬渤興盛之際。料想一九八〇年投資於核能電力之發展將達六十億美元。核能發電之技術集中於滋生反應器之研究，一九七四年在美國田納西州橡樹邱(Oak Ridge, Tennessee)已建立示範電廠，費將達四億美元。以求得到最經濟與潔淨之電力。核能電廠不產生粒狀污染物二氧化硫及其他燃燒灰燼，但可能產生熱能污染(Thermal Pollution)與一小部份放射性物質之外洩。採用滋生反應器以後，鈾之能量可以利用至百分之五十至八十。至於一般商用輕水反應器(Light Water Reactors)其所產生之熱能不過百分之三十二左右。近時反應器有採用氫氣以替代水為冷卻劑者，此種以氫氣為冷卻劑之反應器在高溫之下運轉，其效應可達百分之三十九而使燃料能更有效利用。此外尚有以重水為冷卻劑(Heavy Water Coolant)與二氧化碳為冷卻劑之型式者，分別見用於加拿大與英國。核能電廠之廢棄物多扔置於湖澤或

河川，而形成環境污染問題。由於輕水反應器較之現代化石燃料電廠所產生廢熱增多百分之四十。在缺乏水源為冷卻劑之地域勢將採用大氣層為摒除廢熱之區，則將增加其成本達百分之十二。儲藏分裂後廢物須有長時期安全之環境，而令放射性物質能有充分衰變時間。輕水反應器在未來數十年中將仍為核能發電之柱石，但滋生器尤以液金冷卻快速滋生反應器（Liquid metal-cooled fast breeder reactor-LMFR）之研究發展將在美、蘇、日、及歐洲各國如火如荼進行研究中。在此型反應器中之中子通量（Neutron fluxes）在核心經稍久時日，不銹鋼可能產生損壞而影響及於反應器之結構。其所用液鈉（Liquid sodium）冷卻劑遇空氣與水時轉有強烈放射性，使電廠之設計與維護發生殊多困難。此類問題亦尚未能解決。在LMFR快速滋生反應器中大量冷卻劑外洩事件之機會乃小於輕水反應器，但若在事件發生時則此放射性熱能將熔解反應器中之燃料而發放大量之分裂物質。此一類快速滋生器在一九七四年誕生，美國原子能委員會估計在本世紀之末將可能有五百台此類滋生器運轉。反應器之廢棄物聚積至公元二千年時可能達二七〇億居里（Curies）之放射性廢物，而須加千年以上之看護。

在一滋生反應器中鈾二三八所產生主要分裂同位素（Isotope）鈾二三九（ $^{239}\text{Pu}$  Plutonium）以一公斤之鈾可產生三百萬公斤煤之能量。一座大型快速滋生反應器（LMFR）需用鈾燃料一千公斤。倘認美國原子能委員會之估計為確實，則在本世紀末每年將產生八萬公斤之鈾。處理此大量之鈾將為一重要問題。鈾為一種毒性物質。從動物實驗，一微克（Microgram- $10^{-6}\text{ gm}$ ）即可產生肺癌，對於人類健康標準之容許量僅為零點六微克。而鈾之放射半化期（Radioactive half-life）為一四、

四〇〇年。在一地如生事故將爲永久性之污染區。鈾之市價約爲每公斤一萬美元。鈾爲製造原子武器成分之同位素，因此處理與運輸皆須有戒備安全之措施。氧化鈾在滋生反應器中尙得以再循環爲燃料而在分裂過程中僅用百分之二之鈾，因而可以節省鈾之需要。估計在五十年中可省一百二十萬噸。

西德沿易北河（Elbe R.）下游建立十二座核能電廠。由於核能發電廠雖其建廠成本約爲火力電廠之四倍，但其燃料費僅爲火力電廠三分之一。因此發電單位成本廉宜，而無空氣污染之困擾。所以核能電廠之發展，在能源恐慌之今日，仍居於追尋能源有利之領導地位。台灣亦將有採用輕水反應器之核能發電廠正在建設之中，將來核能電量將佔總發電容量百分之四十。

三、他種能源之追尋 地球所儲藏之化石燃料與鈾礦礦苗，皆非無窮盡藏，若經由人類之消耗量加速日增，縱令加以節約使用，但終有耗竭之一日，僅在其時日之遲早而已。因此新能源之追尋，必須未雨而綢繆。經過在大自然能源中尋找一番，發現尙有多種能源等待人類啓發。譬如太陽之輻射，潮汐之動能，地球內部之熱能，與在十億年前在宇宙形成初期所儲藏之核能種種。太陽輻射所含之能蓋概括有三部分之能量，即磁能（Magnetic Energy）、轉動能（Rotational Energy）與核能（Nuclear Energy）。其所儲蓄之能量乃屬於無窮而充沛。潮汐之能量乃屬於再生能量（Renewable Energy）估計約有三億瓩。自地球內部因對流而傳達地面之能量約略估計亦在三億瓩左右。至於鈾礦之儲量亦已漸見稀少，但尙可能供應百萬年之久。在前所列舉三種替代能源中以核子融合能（Nuclear Fusion）研究在美國分外受到支持每年約列有六千五百萬美元。地熱研究次之，日射能源則更次之。日射爲地

球一切能源之主宰，雲行雨施，大氣循環，海水周流，甚至植物之光合作用與動物適存環境之維護，皆賴之。日射量以一億千瓦為單位，就地表所收受者論，約為一七三、〇〇〇億千瓦。而世界工業社會所消耗之動力約為六億千瓦，其中美國所消耗各種能量約為二億千瓦。在日射總量中其二分之一用諸於維持地面溫暖，其四分之一則反射至於空間，而其另外四分之一則施之於蒸發與水文循環（Hydrological Cycle）。其中祇有甚少部份日射量用諸於大氣與海水環流與對流作用，約為三七〇億千瓦。至於由植物所取之光能更屬於其極少之一部份，但仍可能為世界動力消耗量之四十倍。一八五〇年美國所耗用之能量百分之九十取之於木材。此出木材燃燒所發散之能量適約略等於光合作用過程中由吸收之二氧化碳轉而儲存於碳水化合物（Carbohydrates）之日射能。至於化石燃料之能源原亦取之於日射能，約在六百萬年前有機物質埋藏於沉澱物中未經即時蛻變而歷經久遠年代所演化。倘依此程序在大自然中仍在繼續進行，則自今而後在一百萬年中僅得補充今日工業消耗量六百分之一而已。以今日化石燃料之消耗，估計不過三百年間終將歸於幻滅。

甲、水力為間接日射能之利用，由於太陽輻射能量推動水文循環使雲騰致雨而後流入河川，再行築壩攔截逕流，匯注成為湖泊。始得利用水力發電。水力發電成本較為低廉，在美國約為核能發電之一倍。世界水力發電總動力約為三億千瓦，而其中經開發之水力不過其百分之八點五。其未經開發之水力在非洲，南美與東南亞尚有甚多，但在美國其所能利用之水力，殆皆已盡其用。

乙、潮力（Tidal power）所生發電能量約為四〇〇億千瓦，為世界水力發電量之七倍。潮汐漲落

，各地不同。潮力之有利開發須視潮力之天然條件及海岸之地形而定。潮差須在十五英尺以上，始具有開發可能性。世界各處潮力不能如水力之有效經濟利用之原因，既由於天然條件之限制，亦由於潮力電廠建廠費用之鉅大。現時世界所建立之潮力電廠，以一九六六年在法國不列塔尼（Bretagne）海岸蘭斯（Rance R.）河口所建潮力發電工程為創始，其發電容量為二四〇兆瓦（Megawatts）。另一電廠則在蘇聯之吉士拉耶（Kislaya Guba）。一九六九年加拿大東海岸小芳蒂灣（Petit Codiac）該處最大潮高達五十三英尺。建立潮力發電重為一千三百萬千瓦足以供應如一大都市紐約之電量需要。而居於世界潮力電廠容量之首位。

內、風力（Wind power）為大氣流動所生之動力，亦屬於取之無盡，用之不竭，不需代價，且亦無污染之困擾，而較易於控制之能源。但風力之運用，自古迄今，始終停滯於小規模之範圍。一八九〇年丹麥與匈牙利曾連用風力發動二百瓦電機而使用自如，歷時甚久。荷蘭風車使用，到處可見。一九四一年美國浮芒省於路脫蘭（Rutland）附近曾建立一千二百五十瓦發電塔一座，風翼甚長，謬稱『祖父之臂』（Grandpa's Knod），連轉達四年之久，嗣後風翼經大風折斷而未修復。晚近麻州省立大學韋洛尼默上（Win. E. Heronemus）估計沿德克薩斯州至北達科塔州倘以三十萬支渦輪機分佈排列各處，可產生一八九百萬瓦之動力。每一塔建立高度八五。英尺，而安裝二十個渦輪電機。一九七五年美國泰空總署在俄亥俄州山杜斯基附近建立一百公尺高塔，有兩個六十二英尺長之風翼。於伊利湖風吹動時，可產生一百千瓦電量，而可供應三十戶之電力需求。風力研究獎助金一九七六年達一千八百萬美元

。設想在公元二千年時風力產生電能，將可能供應全美電力需要之百分之二十。瑞典亦在試驗利用風力發電。建立二千瓩發電廠供應西部家庭暖氣之用。一九七六年美國能源研究發展總署正計劃建造四座風力發電塔，風車翼樑長度六十七英尺，每座造價約在一百萬至三百萬美元之譜。風力運用上之困難，在於裝置質之鉅大與通電上之困難。風力之不穩定而陣性（Gustiness）甚強，每易有折翼之損害，凡此種種皆尚待繼續尋求其良善解決之策。

丁、利用海水上下溫差發電，水為良善性熱能導體，海水表面受日射能照射之後，其表層水溫與下層水溫形成較大水溫梯度（Water Thermal Gradient）亦即在其上下有較大之溫差。在北回歸綫（Tropic of Cancer）與南回歸綫（Tropic of Capricorn）之間熱帶海洋區水面因表層吸收之日射溫度由於蒸發作用而發散其部份之熱量，經常維持其熱能平衡在攝氏二十五度。在較高緯度之海洋區由於海上冰雪所融解之水溫度遠較赤道區為低，乃由水之下層流向赤道，而形成甚大海水上下之溫差。在熱帶海面以下一千英尺，水溫常下降至攝氏五度。顯然可見，倘從其海面之熱源以一導管通達至其下層，則其下層將為天然之冷熱庫，再以第二種液體氨（Ammonia）或冷劑（Freon,  $\text{CCl}_2\text{F}_2$ ）周流於汽鍋與冷熱庫之間以推動渦輪機，即可從事於發電，迄今尚未見利用第二種液體電廠之建立。但僅有早期克勞循環（Claude Cycle）以蒸發之海水推動渦輪機之設計，試驗尚稱成功。一九二九年在古巴曾運用此法發動一座二千二百瓦之電機。一九五六年在那牙海岸曾建立二個實驗單位有輸出三點五兆瓦，其後因機械故障而廢置。由海水溫度梯度所建立之電廠，亦稱實用而無環境污染問題。但其成本支

出將不大於核能電廠之建立。但由於海水之腐蝕性強，在導管安裝之設計，仍不失為一研究之主題。另一問題則為此種電廠多設立於濱海地區其電力之輸送將屬於成本過高。又在一區域之內若有幾個同類性質之電廠，勢將使海水表面之溫度降低，而在海面以下之水温升高。縱令其影響或屬於甚微。此一環境問題仍須加以深思熟慮。

戊、地熱之運用，在地球核心有自然放射性礦物因其蛻變（decaying）而產生熱能，再經由介質而傳達於地面。一般而言，有三種型類：即是蒸汽，熱水與灼石（Hot Rock）。北加州之間歇泉（Geysers），經利用其地熱蒸汽可產生一八〇兆瓦之電量，其發電成本竟低於化石燃料或核能燃料發電。利用熱水發電計劃由於熱水能源地區較多，因而擬議之計劃亦夥。至於地殼下層灼石能源利用之觀念在技術上尙未經證實其為可能，因而其實施之計劃更需有待時日。

地熱能源之運用尙在發展之初期，由於地下熱水所含礦物質雜而且多，並有腐蝕性。而渦輪機設計須能在低能下有效操作並大規模開發此種能源。地熱發電廠不能避免空氣與水環境之污染與地層下陷及地震困擾，當地下水被抽出之後，皆為在意中之事。地熱能源多見於溫泉與火山活動之地區。於美國西部在地下六千公尺溫度約為攝氏三百度。地熱能源發電廠已在紐西蘭，日本與蘇聯等國建立。意大利於拉台蘭亞（Larderello）於一九〇四年已利用地下熱汽發動電力。在美國西部於舊金山之北亦運用間歇泉之蒸汽發電。但在美國東部則鮮有地熱能源。地熱蒸汽多屬於低壓與低溫，通常在間歇泉為每平方英寸一百磅壓力而溫度為攝氏二〇五度比較化石燃料電廠蒸汽壓力為每平方英寸三千磅，而溫度為攝氏



五五〇度，二者相去遠甚。因此地熱蒸汽渦輪機須特別設計。從渦輪機排出之廢汽常經過冷卻塔加以凝結，而將廢熱蒸散於空氣中。約有百分之二十凝結水中含有微量之硼（Boron）與氫，而易於污染環境，恒以再注入地下深井中。地熱井中所產生之熱能常為蒸汽與水之混合物，必須經過分解以後，始得作發電之用，在水源缺乏之區，熱水經過分解之後，可以供應灌溉或都市之需要。

於新墨西哥在洛斯阿拉摩斯（Los Alamos）在一死火山之附近於堅實花崗岩（Granite）之地層下採用水力破碎法（Hydrofracturing techniques）使下層地層裂開一大孔隙然後，鑿井注水其中，取用地熱以供發電動力之需。按專家估計鑿井深度須達二千三百公尺，始能達地熱溫度攝氏三百度。在蒙大拿（Montana）州海倫納（Helena）附近探勘一地熱能源其半徑為四公里，溫度在攝氏五〇〇至七〇〇度之間，但其上層最低在地表下層一公里至二公里。

地熱井鄰近之附產物則為硫化氫，其易於溶解於水與在冷卻過程中由蒸發逸入空氣中。估計間歇泉所散發之硫質，可比秘魯西哥之黑山（Cerro Prieto）地方燃燒高含硫量燃料電廠之噴出物而有過之。在斷層附近地下水之汲取或灌注，皆易於導誘地震之反應，雖此種自然之因果尚在未盡明瞭之階段。地熱之發展以目前情勢觀之，在本世紀之末，似尚未能以替代化石燃料或核能發電動力之趨向。

日、射能源應用之發展，在近五年來，科學家都公認以日射能供應家庭使用之空氣冷暖調節系統在商場上將可以與一般之汽油爐或電動空氣調節器之售價上相互競爭。日射熱能發電機（Solar Thermal Generators）在若干國家亦已在計劃建造中。日射能源充沛，人類可以用之不竭。日射能量雖