

第八篇

水 電 工 程

目 錄

頁

第一章 水電計劃規劃

A 能量與功率.....	8— 1
1.1 單位.....	8— 1
B 一般開發方式.....	8— 3
C 發電用水之調節.....	8— 5
D 重要定義.....	8— 7
E 地點選擇.....	8— 8
1.2 初測應注意事項.....	8— 9
1.3 詳勘之主要目的.....	8— 9
F 規劃程序.....	8— 10
G 火力發電成本.....	8— 11
H 水力發電成本.....	8— 14
I 水力開發之經濟規模.....	8— 17
J 水火力配合.....	8— 18
K 水火力總成本比較.....	8— 18

第二章 水力發電之機電設備

A 水輪機及附屬設備.....	8— 20
2.1 水輪機設計及選擇所需基本資料.....	8— 20
2.2 作用於水輪機之水頭.....	8— 20
2.3 水輪機與發電機之配合.....	8— 26
2.4 水輪機中心線標高及吸管高度.....	8— 30
2.5 水輪機之主要尺寸.....	8— 32
B 發電機及附屬設備.....	8— 37
2.6 發電機之構造.....	8— 38

2.7	效率	8— 44
2.8	飛輪效應	8— 44
2.9	通風及冷卻	8— 45
2.10	其他附屬設備	8— 46
2.11	勵磁系統	8— 46
C	電廠及附屬設備	8— 48
2.12	起重機	8— 48
2.13	電話及通訊設備	8— 50
2.14	空氣調節	8— 50
D	變壓器及開閉所設備	8— 51
2.15	變壓器	8— 51
2.16	開閉所設備	8— 52
E	輸電線	8— 55
2.17	概述	8— 55
2.18	標準導體	8— 60
2.19	支持物	8— 60
2.20	電線配置及離地高度	8— 64

第三章 水力發電之引水工程

A	進水口及附屬設備	8— 66
3.1	概述	8— 66
3.2	進水口位置選擇之考慮	8— 66
3.3	進水口之水理設計	8— 66
3.4	通氣管閘及側水路	8— 67
3.5	攔污設備	8— 67
B	沉砂及排砂	8— 71
3.6	概述	8— 71
3.7	沉砂速度	8— 73
3.8	沉砂池	8— 73
3.9	以調整池兼任沉砂池	8— 74
C	重力式水路及前池	8— 75
3.10	概述	8— 75
3.11	明渠	8— 76

3.12	重力式隧道	8—77
3.13	前池	8—81
D	壓力式水路及平壓塔	8—82
3.14	壓力隧道	8—82
3.15	平壓塔	8—87
E	鋼管及附屬設備	8—105
3.16	概述	8—105
3.17	位置及佈置	8—105
3.18	經濟直徑	8—106
3.19	鋼管之水頭損失	8—107
3.20	設計水頭及水槌作用之影響	8—110
3.21	材料及其容許應力	8—113
3.22	管壳之設計	8—116
3.23	管之分歧	8—124
3.24	焊接縫之效率	8—129
3.25	附屬設備	8—129
3.26	鎮墩及支臺	8—139
3.27	地下鋼管	8—144

第四章 電廠工程

A	一般佈置	8—151
4.1	代表性之戶內電廠主要部份	8—154
B	廠房之安定設計	8—158
C	基層結構及尾水管	8—159
4.2	渦形壳	8—159
4.3	尾水管	8—162
4.4	基層結構	8—166
D	上層結構	8—169
4.5	構架	8—169
4.6	屋頂	8—169
4.7	牆壁	8—170
4.8	門窗及內部裝飾	8—170
E	地下電廠	8—171

4•9	概述.....	8—171
4•10	地下電廠之水理型式.....	8—172
4•11	地下電廠之結構型式.....	8—175
4•12	變壓器位置.....	8—181
4•13	地下電廠結構設計之考慮.....	8—181

第五章 抽水貯蓄發電工程

A	史要.....	8—184
B	抽蓄發電之特質與優點.....	8—186
C	歐美日本抽蓄工程之現狀.....	8—188
D	抽蓄電廠之工程佈置.....	8—201
5•1	討論範圍.....	8—201
5•2	基本觀念.....	8—201
5•3	主要工程設施.....	8—202
E	抽蓄電廠之機械設備.....	8—211
5•4	分類.....	8—211
5•5	任務.....	8—213
5•6	設備之選擇.....	8—214
F	抽蓄計劃之經濟分析.....	8—216

第八篇

水 電 工 程

編撰人：朱 書 麟

審查人：顧 文 魁

第一章 水電計劃規劃

A 能 量 與 功 率

水電能 (hydroelectric energy) 及水電力 (hydroelectric power) 係指水流自高處向低處降落中所得之電能與電力。

水力電廠所產生之水電能決定於二主要因素：一為該電廠所可利用之供水量，一為作用於電廠之水車之水頭。該電能以其所能擔任之功衡計之。

1.1 單 位

公制之力以公斤為單位，距離以公尺為單位，能量及功均以公斤公尺(m·kg) 為單位。英制之力以磅為單位，距離以呎為單位，能量及功均以磅呎(ft·lb) 為單位。

茲令：

E = 在一定時間內配電盤上所生之能，單位為 m·kg 或 ft·lb。

E_H = 同上，單位為馬力時 (hp·hr)。

E_K = 同上，單位為瓩時 (kwhr) 即俗稱之一度電。

q = 在一定時間內之河川平均流量，單位秒立方公尺 (cms) 或秒立方呎 (cfs)。

Q = 通過水車之瞬間流量，單位同上。

t = 時間，單位秒 (s)。

T = 時間，單位小時 (hr)。

h = 作用於車水上之有效的淨水頭，單位公尺 (m) 或呎 (ft)。

w = 水之單位重量，1,000 公斤/立方公尺，或 62.5 磅/立方呎。

e = 水車及發電機之綜合效率，在配電盤測定之，用百分數表示。

p = 平均功率即平均電力，單位 $m\text{-kg/s}$ 或 $ft\text{-lb/s}$ 。

P_H = 同上，單位馬力 (hp)。

P_K = 同上，單位瓩 (kw)。

P = 瞬時功率或電力， $m\text{-kg/s}$ 或 $ft\text{-lb/s}$ 。

P_H = 同上，hp。

P_K = 同上，kw。

f = 負荷率 (load factor) = (平均負荷/尖峯負荷) $\times 100$ ，以百分數表示。

因

能或功 = 力 $\times$ 距離

且水電工程中力為在一定時間 t 內通過水車之水之重量，即：

$$x = wqt \quad (1.1)$$

其相當之距離則為作用於水車上之有效淨水頭 h 。水輪發電機輸出之能小於輸入之能，因水中之能有一部份於轉換成電能時喪失，二者之比例即為水輪發電機之綜合效率 e 。故在一定時間 t 內通過水車之水所輸出之能為：

$$E = wqhte \quad (1.2)$$

總水頭 (total head) 或毛水頭 (gross head) 非全部可以利用。內一部份耗失於水車之進入及引出之路的磨阻。在任何瞬時作用於水車之淨水頭等於總水頭減去磨阻水頭損耗。

淨水頭因時間而有變化，蓋電廠上下游之河川或水庫之水位隨時有變化，且水頭耗損與引用流量之平方約略成正比。同時，效率 e 亦隨淨水頭以及通過水車之流量而有變化。故有效淨水頭 (effective net head) 及有效效率 (effective efficiency) 者，乃與平均流量 q 相當，可藉以計算在一時間內能之輸出，其時水頭及輸出皆有變化。二者之精確測定甚為複雜，但大多數情形下可甚為近似之估計。

功率 (power) 為傳達或轉變能之比率，其單位為 $m\text{-kg/s}$ 或 $ft\text{-lb/s}$ 亦即為能除以時間。在任何時間 t 內通過水車之水在配電盤上產生之平均功率。

$$P = wqhe \text{ } m\text{-kg/s 或 } ft\text{-lb/s} \quad (1.3)$$

其瞬時功率等於

$$P = wQhe \text{ } m\text{-kg/s 或 } ft\text{-lb/s} \quad (1.4)$$

衡計功率之常用單位為馬力或瓩。一英制馬力等於 550 ft-lb/s 或 76 m-kg/s，一公制馬力等於 75 m-kg/s。故一時間內之平均馬力等於

$$\begin{aligned} P_H &= qhe/8.8 && \text{(英制)} \\ \text{或} \quad P_H &= 13.33 qhe && \text{(公制)} \end{aligned} \quad (1.5)$$

瞬時之馬力數為

$$\begin{aligned} P_H &= Qhe/8.8 && \text{(英制)} \\ \text{或} \quad P_H &= 13.33 Qhe && \text{(公制)} \end{aligned} \quad (1.6)$$

一瓩等於 1.34 英制馬力或 1.36 公制馬力。

故一時間內之平均瓩為

$$\begin{aligned} P_K &= qhe/11.8 && \text{(英制)} \\ \text{或} \quad P_K &= 9.8 qhe && \text{(公制)} \end{aligned} \quad (1.7)$$

其瞬時之瓩為

$$\begin{aligned} P_K &= Qhe/11.8 && \text{(英制)} \\ \text{或} \quad P_K &= 9.8 Qhe && \text{(公制)} \end{aligned} \quad (1.8)$$

能量得以馬力時 E_H 或瓩時 E_K 表示。在一時間 T 小時間通過水車之能量等於

$$\begin{aligned} E_H &= p_H T = qheT/8.8 \text{ hp-hr} && \text{(英制)} \\ \text{或} \quad E_H &= 13.33 qheT \text{ hp-hr} && \text{(公制)} \end{aligned} \quad (1.9)$$

$$\begin{aligned} E_K &= p_K T = qheT/11.8 \text{ kw-hr} && \text{(英制)} \\ \text{或} \quad E_K &= 9.8 qheT \text{ kw-hr} && \text{(公制)} \end{aligned} \quad (1.10)$$

B 一般開發方式

水電開發通常包括壩堰一座，藉以抬高河川之水位因而創立水頭、調整池、蓄水池、或便於引水；進水口一座附欄污柵及閘門司進入水道之水流之控制；水道系統一組，將水引至水車，由水車將水中能量轉變為機械能；經發電機將水車之機械能轉變為電能；電廠一座，容納各水車、發電機以及附屬設備；各水車之吸出管，自水車引水至尾水路；水流通過尾水路還納於河川。

水庫或調整池高水位以下之樹木通常應加清除，以減少浮游之污渣。

水電工程中之壩堰有各種型式，例如臺灣之石門電廠係用堆石壩，谷關電廠為薄型混凝土拱壩，勝社電廠為弧形混凝土重力壩，日月潭水庫為土壩。各種型式之壩詳論於本手冊之第七篇。

全部水頭由壩堰創立之水電計劃屬壩堰式，發電機之位置往往緊靠壩堰之下

游端。此種方式之開發，壩堰於創立水頭外，多數均創造一水庫，供水量季節性或越年調節之用，故此式之開發又稱蓄水式開發 (storage type of development)。其實例見圖 1-1。本圖採自美國墾務局。該計劃為位於美國蒙那 (Montana) 州之餓馬計劃 (Hungry Horse Project)。其電廠係位於壩趾，其水路則在壩身之內。圖 1-1 中所用單位為英制。

查餓馬壩係一混凝土壩，故可容許將導水系統設於壩身內，但土石壩則不容許將導水系統設於壩身內，例如石門水庫電廠之導水系統係在壩之右方山腹中，其電廠亦在右岸山脊之下游側，並不設於壩趾。

導水系統上端之進水口 (intake) 附有欄污柵 (trash racks)，用以摒除流水中之飄浮物，使勿流入水車。欄污柵之淨空間每格寬度通常自 2.5 至 20 公分不等，視水車之淨空間而定。高水頭之派爾頓式水車最小，中水頭之法郎西斯式水車居中，低水頭大水量之開普蘭式水車最大。決定時應與水車製造廠家取得資料參考之。進水口前水面上亦有設置浮筒線 (floating booms) 者，用以導使飄浮物流往溢流道或浮渣導槽 (trash chute)。進水閘門 (intake gate) 用於關閉導水系統，俾可在必要時排除該系統中之水以便作檢視之用。

導水系統可能包括兩部份，一為近於水平之導水線，其坡降應等於或近於水流之水理坡降 (hydraulic gradient)，一為將水流自高處導往位於低處之水車之壓力管線 (penstocks)。在壩堰式之開發中有壓力管線而未必有近於水平之導水線往往為集中河段上下游間落差之主要設備。此種導水線之坡降多小於河川之天然坡降，且可截彎取直，故可集中河段上下游間之落差。其可集中之落差 h' 可用下式估計之：

$$h' = S_0 L_0 - S_e L_e$$

式中：

S_0 = 河段之天然平均坡降

L_0 = 河段之長度

S_e = 導水線中水流之水理坡降

L_e = 導水線之長度

此種開發方式多用於陡峻之河川，用壩堰集中水頭不如用水路集中水頭經濟，故壩堰高度不大，其水庫之容量亦小，往往不敷季節性水量調節之需要，更不能作越年之調節。在此種情形下，如壩堰之高度僅能提高河川水位以供引用，全無蓄水之功能，則發電用水純由河川發時流量決定，其開發方式稱為川流式開發 (run-of-river type)。如壩堰構成之水池可供日調節 (daily regulation) 或週調節 (weekly regulation)，該水池稱為調整池 (regulating pond)，

其開發之方式稱為調整池式開發 (pondage type of development)。因川流式開發對流量之運用完全缺乏彈性，對供電之效用較小，故近代之水電開發已多摒棄此式，而採用蓄水式或調整池式。

近於水平之導水線得為閉合式之水渠，如木管、鋼管、式隧道，亦得為露天式之水渠，如明渠、或鋼質、木質、或混凝土製之槽道。

閉合式水渠之尾端須設平壓塔或湧浪櫃 (surge tank)，藉以消除水車門驟閉時之水槌 (water hammer) (詳見本篇第三章四節)。露天式水路之末端則應有前池或溢流道，俾可控制類似之情況。

一切長水路之末端設置容量充足之末端池 (terminal reservoir)，可在水路供應低量水時補給水車驟然所需之短期最大用水量，此乃大為有益者。

沉沙池 (settling basins) 對某種水路為必需，用以除去水中沙泥，以免水路或末端池之淤塞及水車之遭受磨蝕。

壓力水管通常係鋼管。該管可每水車一支，亦可由水車二組或多組共用主管一支，在主管下端分歧為支管供水。水車入口之上游側多設有閘 (valves)，俾檢視水車時需將水管中之水放空。

發電廠房內設水車、發電機、及二者之附屬設備。水車之尾水道放流還納於河川，其型式通常為開渠，但地下式電廠則為隧道。

抽蓄電廠 (pumped-storage plant) 為水力電廠之特殊型式，用於日間或季節性之尖峯供電。抽蓄電廠有高位蓄水池，而廠房之側有低位蓄水池或天然之湖泊河川，可供應抽蓄水量。抽水機設於電廠內，利用系統離岸時間之過剩電能抽水儲存於高位蓄水池中，待用電最高之時間放水經其水車發電。抽蓄電廠創始於德國，現歐美諸國及日本建造者頗多，為近代崛起流行之新水力發電型式。

臺灣之水力開發以大甲溪為最完整。上游建設達見水庫，其調節之流量供水庫以下一連串電廠之用。在該水庫完成前，其下游之下達見，谷關，及天輪諸電廠均屬調整池式，大甲淡水力開發計劃及達見水庫計劃之一般工程佈置見圖 1-2 及圖 1-3。

C 發電用水之調節

水力電廠發電用水量依電力系統供電之需要，常與河川之天然流量不等，故須加以調節，而以蓄水池為調節之工具。蓄水池容量足司季節性調節者稱為水庫，僅足擔任日間或週間調節者稱為調整池。

水力電廠利用水庫創造之水頭者，水庫之洩降 (draw down) 應限於某一水位以上俾保持水車之運轉水頭。自常水位 (normal water level) 至最低水位 (minimum water level) 之洩降稱為容許洩降 (permissible draw down)。故水庫之總容量及其有效容量應加區別。總容量為水庫滿水與放空二情況間之容量。有效容量則為常水位與許可之最低水位間之容量。常水位通常即為滿水水位，但非常洪水時水庫溢流之水位得高於滿水位。以達見水庫計劃為例，水庫水位與面積及水位與容量二關係曲線，以及其許可之洩降見圖 1-4。

水庫容量衡計之單位英制為噶呎 (acre-ft) 或十億立方呎 (bcf) 公制為公頃公尺 (ha-m) 或立方公尺 (cu-m)，調整池英制用噶呎或百萬立方呎 (mcf)，公制則與水庫相同。在流量調節的研究中，蓄水量得以秒立方呎月 (cfs-months) 或秒立方公尺月 (cms-months) 為單位。在電力系統調度之研究中，蓄水量得化算為相當之儲存電能。臺灣習用之水庫儲存電能單位為千瓩旬 (Mw-10 days)，1 千瓩旬等於 240,000 瓩時。例如日月潭之蓄水，每立方公尺相當於一瓩時，若其蓄水量為 96,000,000 立方公尺時，相當之儲存電能即為 400 千瓩旬。

河川水文觀測方法及水庫運用方法請參閱本手冊第三、七及十五各篇。河川流量恒有變化，電廠之負載又因季節而不同。二者間頗有時差。最有效之開發須具有水庫，其位置緊靠電廠之上游側，或在電廠引水之流域中較遠之處均無不可。要在得其調節，以適應負載變化之需求。惟川流之完全調節在經濟範圍內往往為不可能。

水庫容量對集水面積言，其較小者，流量之調節限於枯水季，不出一水年，其較大者，得作越年調節，其效用廣及較長之水文週期。

臺灣之日月潭水庫為臺灣電力系統之主水庫，其地位須待達見水庫完成後被替代。日月潭為一季節性水庫，因容量有限未能作越年調節。臺灣河川之年水文週期受年間雨量分佈之影響，乾季自十月或十一月起迄於次年之五月前後，乃屆雨季，以迄於九十月間。雨季方過乾季開始之一兩個月期間，集水區土地受雨水之浸潤，川流仍相當旺盛。故臺灣河川之水文週期當以十一月開始入乾季，流量漸次衰減，故日月潭之運用應於十月末蓄滿，以備此後由水庫放水補助天然流量之不足。大抵於五月末雨季開始時將水庫放空，水庫之運用係依據一種基準曲線 (rule curve)，若水庫位高於該曲線所示水位，表示水庫蓄水充足，可儘量利用水力，減少火力電廠之出力以減少燃料消耗。但若水庫水位低於該線，則水庫存水不充份應儘量運轉火力電廠，俾保持水庫之存水，於不得已之情況下放水補助天然流量下水力發電之不足。日月潭之運用基準曲線武界進水口之天然流量

及某年之水位變化情形見圖 1-4。此年武界進水口曾發生溢流情形，因武界至日月潭間之引水隧道容量為 40 cms，天然流量超出此數時即發生溢流。此點與一般水庫發生溢流之情形不同，一般水庫係在水庫滿水且流入量大於發電用水量時發生溢流。

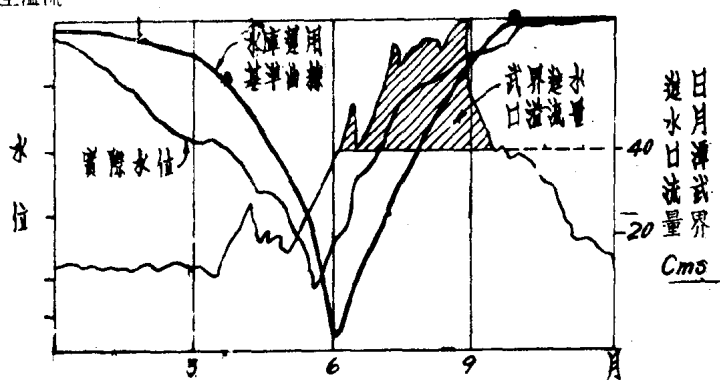


圖 1-4 某年日月潭之運轉

日間負載常頗有變化。故不論是否有季節性之水庫，引水場上游水路中途應有充份之調整池藉以調節日間及週末之流量。

D 重要定義

負載 (load) 係謂某地點任一瞬間發供或收受電力之量。此詞得應用於發電廠，一輸電或配電系統，完整之系統，或一用戶之需求。

可靠電能 (firm energy 亦稱 primary energy) 係謂河川中水量最枯期間必可供應之電能。故可靠電能常視為 100% 時間之電能，但有時指 95% 甚至 90% 時間之電能，蓋基於若干電廠間水量有參差或用戶間需電量有多差之假定，可藉以抵補個別電廠短時間之不足也。臺灣水力電廠之可靠電能現指依照民國 51 年 10 月至 52 年 6 月上旬之水文情況在該期間之平均電能。該期間為臺灣有雨量紀錄以來約 70 年間最枯之乾季。個別水力電廠之電能在此期間可藉系統中主水庫之調節使之均勻化，故可以其平均電能計算可靠電能。

另有兩種情況與可靠電能有關者。一為需電量最高之時間未必與河川最枯時間相同，故缺電最嚴重之時間不一定在最枯水時間。二為系統中火力機組檢修不發電時，若該機組容量巨大，超過水力電廠豐水期電能與枯水期電能之差額，則火力之停機檢修對系統供電能力之影響，當超出枯水之影響。蓋大火力機組之檢

修應排列於豐水期間，豐水期大火力機組停機後，系統之能力尚低於枯水期大火力全力運轉也。

電廠容量 (plant capacity) 為需廠能夠安全連續擔任之電力量。

某一期間電廠之出力 (output) 為該期間電廠生產之電能，其電力因時變化，最高不大於電廠容量。

可靠出力 (firm output) 為相當於可靠電能之出力，其最高電力不超出電廠容量。

二次電能 (secondary energy) 或二次出力 (secondary output) 為不屬於可靠電能但可出售之電能。

無用電能 (dump energy) 或無用出力 (dump output) 為系統當時不需要而又無法貯蓄之電能。如與其他系統互聯，可售予該系統替代相當之燃料。

電廠之容量因數 (capacity factor) 為某一期間該廠平均負載與其電廠容量之比。所稱之期間得為一日、一週、一句、一月或一年。負載因數 (load factor) 與容量因數不同，乃一指定時期內平均需要負載與同時期內尖峯需要負載之比。

如在一指定時期 T 內，河川可供給之電能為 L_K ，又如該電廠之設計為滿足在同期間負載因數為 f 之負載，則所需之設備當為：

$$P_K = E_K / T f = q h e / 11.8 f \quad (\text{英制})$$

$$\text{或 } 9.8 q h e / f \quad (\text{公制}) \quad (1.11)$$

水力機組之號稱容量 (nominal capacity) 應非水車開足水門 (full gate) 之容量，因運轉接近滿載時為應付調速機 (governor) 之擺動，須配留小量之過剩容量也。

兼有水力及火力電廠之大系統通常以老舊低效率之火力電廠充任後備容量，於其他機組維護修繕時或緊急需要時啓用。但系統中若火力均在解聯中。且與鄰近系統並無互聯者，則於電廠號稱容量外，另增備轉機組 (spare units)。獨立之水力電廠自更必需有備轉機組。

E 地 點 選 擇

發電地點之勘測包括水文、地形、地質、及施工材料。勘測之範圍與精度與計劃之大小及地點之天然情況有關。例如完全暴露由堅實新鮮之花崗岩構成之壩型，其勘測甚為簡易。但地表覆蓋深厚，表層扭曲、斷層廣泛、岩質強弱難於判斷之地點，自須以較大量之時間與金錢作較明細之勘查。同理，低矮導水壩之研

究簡單，但高度甚大蓄水壩之調查則較複雜。

在對一地點進行認真之考驗前，須作廣泛之踏勘與粗略之估評。踏勘應包括若干可能之地點，搜集有關各地點之資料，但以地面調查為限。

1-2 初測應注意事項

- a. 用較簡易之方法如視距法製作地點地形圖。
- b. 覆蓋層之若干研究。
- c. 少許鑽孔，其數目視計劃大小與基礎情況而定，少則六七孔，多則至五六十孔不等。
- d. 初步地質研究及報告。
- e. 施工材料如土石、混凝土骨材之勘查。
- f. 考慮中之計劃可能影響之公共設施之鑑定，包括道路、橋樑、鐵路、電話電報線路、輸油輸水管路、發電廠等。
- g. 流域之一般地形圖，用於研究上列設施之移建。
- h. 水文研究，包括雨量紀錄、流量紀錄、洪水頻率研究，水庫蒸發量研究等項。
- i. 洪水痕跡之校驗，並用以推測溢洪道容量之大小。

初步研究之目的為搜集必要之資料，進而作室內研究，計算發電量及估計建設成本，俾可自踏勘中所選之若干地點中，選取最經濟最合宜之地點。

由初步勘測及初步室內研究之結果，可選定少數地點進行詳勘。初勘與詳勘間並無明確之界限，二者常相混雜。所應注意者，即研究初期牽涉地點較多，故勘測工作應加限制，非與地點之優劣比較有關之必要工作應予省除。內最須注意者為地下探查，因詳細之地下探查費用浩大，應限用於極少數最有希望之地點也。

1-3 詳勘之主要目的

- a. 比較經初測選定之少數地點之優劣，從而決定最終選定之地點。
- b. 決定壩型。
- c. 根據地下探查，明確判斷基礎之性質，藉以確立各重要結構物之安全及估價。
- d. 厘定水庫淹沒地及各結構物與其他必要使用土地之地界與面積。
- e. 決定受水庫淹沒影響應予選建之公共設施之範圍與性質。
- f. 判定應加遵循之政府規章法令之性質。

g. 獲致從事精確估價所需之詳細資料。

h. 決定壩、進水口、水路、平壓塔、電廠、施工設備、工營、橋水壩、施工道路及鐵路之最終位置，以及工程材料之可能來源，與一切施工關係所需資料。

i. 獲致影響計劃設計之必要資料。

於詳測完成後，工程師應獲得全部有關資料，足供各結構物詳細設計之需，並可進行建設成本之正確估計。

水力發電計劃常與多目標計劃相關聯，其他目標有防洪、給水、灌溉等項可能。此時之地點勘測自應顧及所有各項要求。

F 規 劃 程 序

水電計劃之規劃由淺入深大抵可分為三階段，與地點勘測工作之三階段相當。

踏勘研究後應提出踏勘報告，將不值得繼續研究之水地點予以淘汰，保留值得進一步研究之地點，擬訂初測計劃，續加研究。

初測完成後，應依據所獲資料，擬訂初步之開發計劃，初步決定各計劃地點如予開發時之相對的及絕對的經濟價值。地點之絕對經濟價值不合格者應歸淘汰，合格者根據相對價值之高低，以及電力系統之需要，分別優先順序，依次進行可行性研究 (feasibility study)。研究之結果彙編為可行性報告。

可行性研究甚為重要，須以詳測之資料為依據，作廣泛及深入之室內研究。在技術方面須完成地點之選擇，工程佈置之研究，各項構造物之基本設計，工程數量之確實估計，並證實技術之健全性。重要之水工結構應經水工模型試驗，洪壩常作結構模型試驗，重要工程材料亦須作廣泛之試驗，如土壩之土壤試驗、混凝土骨料之分析研究以及拌混試驗。對重要之永久設備如水車及發電機則須與製造廠家聯繫，取得其意見。在經濟方面，首須調查市場情況，證實計劃所生電力為市場所需要。次從水文之研究進行電力研究，考慮不同之水庫運用原則及細節，配合電力系統已有設備及未來計劃中之設備，決定本計劃將有何等貢獻。研究經濟的開發規模以及各種建築物之經濟的尺寸。在經濟研究中包括一連串之估價，蓋經濟規模及尺寸之厘訂係以成本及效益關係為根據也。最終選定之計劃則應詳估其單價、總價、直接間接及計劃成本。經濟研究應證明計劃速於最佳規模與型式各結構物均屬經濟尺寸，及整個計劃在經濟上優於具體之交替計劃。在財務方面，須證明計劃完成後之售電收入足以償付投資之本息，開支計劃之一切運轉

維護費用，並獲得適當之投資報酬。

可行性研究之過程中，研究機關之內部自當相互諮商，除由規劃部門主辦外，設計、施工、運轉、及財務部門均參與其事，務期考慮週詳，俾可循序建造，順利使用，且在財務經營中免除不必要之困難。可行性報告為申請興工撥款之必要文件，故必將受決裁當局之嚴格審查，一旦批准則又為此後設計、施工、運轉、與財務經營之依據。

G 火力發電成本

火力發電廠之建設成本決定於若干重要因素：機組容量之大小、燃料之品種及價格、冷却水之來源，設計之考慮，以及當時之價位與施工期之長短。以每瓩建設成本，計大容量機組低於小容量者，燃料為核能者最高，為煤者次之，為燃料油或天然氣者最低。燃料缺乏、價格高昂地區建廠時，設計之要求效率較高，設備較為精密，造價自亦較高，但燃料充份價格極低廉者，要求效率不必甚高，設備可較粗陋造價亦較低，同理，依傍河川或其他廣大水源冷却水取給便利者設備較省，若電廠位於高原乾燥地區，冷凝器用水之冷却或應建噴水池，或應建冷却塔者，設備自屬較費。

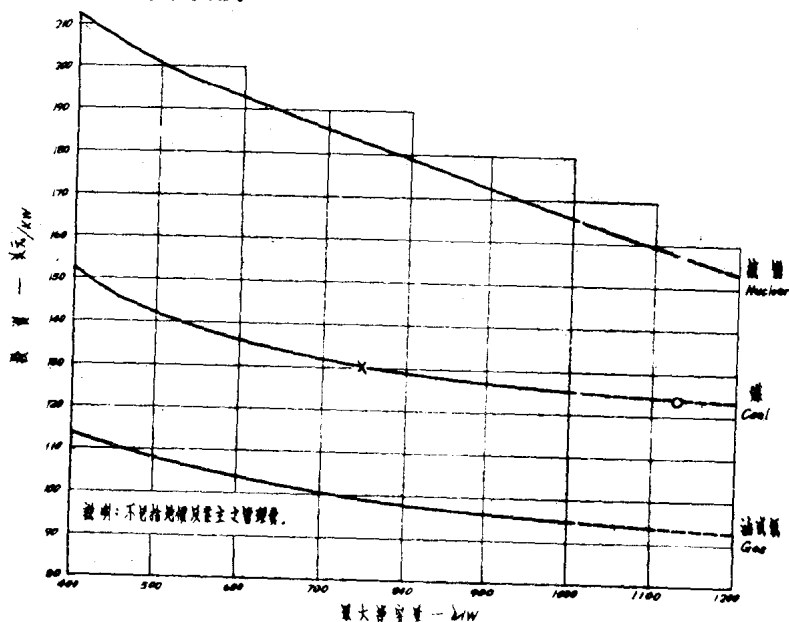


圖 1.5 美國 1974 年完成之火力電廠建設成本估計

就規劃觀點言，蒸汽發電計劃過去建廠成本之實績並不重要，要在估測可預見之將來造價。據美國福威方面之估計，在 1974 年開始發電之火力計劃，在同一地點第一號機組之造價，不包括地價及電廠業主之管理開支，估如圖 1-5 所示。臺灣因機製設備需自海外進口，故應另加海運開支與關稅。但經國際開標採購，競爭劇烈，且工資低廉，大致可將運輸及關稅開支相抵。故本圖所示之價格亦可應用於我國。

在同一地點增設機組之造價應低於上節所論者，因可利用第一號機之若干共同設施，包括道路、引水設備、燃料儲運設備、工舍、施工用水電設備等項。

火力電廠之年總成本可用下式表示，式中各項均以一年間金額計算：

$$A = F \div K_1 + K_2 \times K_{wh}$$

式中： A = 總年成本

F = 固定支出，包括利息及其他財務負擔、捐稅及保險、折舊及過時 (depreciation and obsolescence)。

K_1 = 運轉維護費用中之固定部份，藉以使電廠具有發電能力，故與容量 (kw) 有關，但未實際產生電能 (kwh)。包括用人費、固定保養費、燃料貯存費等。

K_2 = 運維費中之變動部份，與產生之電能 (kwh) 成正比。內約 85% 為燃料費，約 15% 為其他運維費。

本式常以每瓩每年費用為計算之基準。

固定支出中，建廠資金之財務負擔一項為大宗。財務負擔（主要為利息）之高低隨金融市場情況而變化，我國電力事業以往外幣及臺幣之綜合利率約為 7%。捐稅及保險兩項視當地捐稅項目、稅率、及保險費率而定。化石燃料電廠之保險多限於電廠之財產，核能電廠則尚須包括對公眾安全賠償責任之保險，故其費率較高。相差約為資產值之 0.4~0.5% 之間。本項通常不包括營利事業所得稅在內。折舊為資產之全部或局部使用年份、能力、或利用價值之銷却，或由設備之實質耗蝕，或因經濟環境之力，終使資產歸於無用或無使用之價值，以致報廢。電力事業之折舊方法常用直線法，包括過時之考慮，假定之壽齡常較設備之實質壽齡為短。美國對高溫高壓之新型火力現取 4.5% 之年折舊率，相當 22 年之經濟壽齡，而實質壽齡估計在 30 至 35 年之間。日本對核能電廠之經濟壽齡作為 18 年，則更短於實質壽齡。依理，核能廠之反應爐之壽命應較化石燃料原廠之鍋爐為長，因後者之實質消磨較大。但於考慮現時代技術進步之神速，核能方面尤然，則於廢舊一點上自應將經濟壽齡縮短也。我國現時規定火力之經濟壽齡作 25 年。但今後慣常火力愈趨高溫高壓，核能廠則必須正視技術進步引起之廢舊