

中華民國二十五年一月出版

中華郵政掛號認為新聞紙類

建

設

張人傑



建設委員會印行

第八十期

本期要目

論 著

水力發電問題之面面觀

黃 煇

以無功能改善電力價格芻議

羅世襄

幣制與度量衡

高夢且
鄭禮明

譯 述

美國天然煤氣之利益

鄭禮明譯

調查報告

法國建設調查報告

張乃燕

雜 俎

天璇打字機的構造及其歷史

高 魯

景華加減乘除算機

錢景華

建設第十八期目錄

一 總理遺像

二 遺囑

三 論著

水力發電問題之面面觀……………黃 輝……………一

以無功能改善電力價格芻議……………羅世襄……………四九

幣制與度量衡……………高夢旦……………六三

四 譯述

美國天然煤氣之利益……………鄭禮明譯……………六七

五 調查報告

考察法國建設事業報告……………張乃燕……………一〇五

六 雜俎

天璇打字機的構造及其歷史……………高 魯……一四一

景華加減乘除算機……………錢 景華……一四九

總 理 遺 像



總 理 遺 囑

余致力國民革命凡四十年其目的在求中國之自由平等積四十年之經驗深知欲達到此目的必須喚起民眾及聯合世界上以平等待我之民族共同奮鬥

現在革命尚未成功凡我同志務須依照余所著建國方略建國大綱三民主義及第一次全國代表大會宣言繼續努力以求貫徹最近主張開國民會議及廢除不平等條約尤須於最短期間促其實現是所至囑

論 著

水力發電問題之面面觀

黃 輝

目 錄

第一章 水力總論

- (一) 水力的種類
- (二) 潮力
- (三) 波浪力
- (四) 海水熱力
- (五) 河流水力

第二章 水力工程概說

- (一) 水力之理論
- (二) 流量問題
- (三) 水頭問題
- (四) 水力發電廠之種類

第三章 利用水力之歷史及今昔觀

- (一) 利用水力之歷史
- (二) 水力與電氣之關係

第四章 水力發電與熱力發電之比較

(三) 利用水力之今昔觀

(一) 引言

(二) 根本不同之點

(三) 經濟問題

(四) 工程問題

(五) 社會及其他問題

第五章 水力發電與其他事業之關係

(一) 引言

(二) 防洪

(三) 灌溉

(四) 航運

(五) 電氣鐵道

(六) 電化工業

第六章 世界水力發展概況

(一) 可發展之水力

(二) 已發展之水力

(三) 水力在世界動力生產上之地位

(四) 水力在世界電氣生產上之地位

水力發電問題之面面觀

黃輝

第一章 水力總論

第一節 水力的種類

地球上之水天然的含蓄能力 (Energy) 可供人類之利用者，概言之，約有四種不同之形式，即(一)潮力(二)波浪力(三)海水熱力及(四)河流水力是也(註一)。就廣義而論，此四種皆可稱為水力 (Water Power)，但通常所稱水力皆祇指最後之一種，即河流水力。本文所論述亦係專指此一種，以後文中多簡稱爲水力，此應首先聲明者也。

關於潮力波浪力及海水熱力之利用，目前尚在研究試驗之過程中，各國工程文獻記載不多，國內工程界向無專文論述，故在未入正文之前，先將此三種水力略加申說。

第二節 潮力

海洋之水因受日月之吸引，及地球自身旋轉之作用，而發生潮汐之現象。月距地近其影響較大，在正對方向時，海水被吸隆起，在反對方向時，地球被掣，海水因離心力作用亦隆起，故均爲高潮。在一陰曆日中 (Lunar Day 等于廿四小時五十分)，潮水遂有兩度之高漲，朔望日月兩吸力相合潮最大，上下弦日月兩吸力相牽制潮最小。在海岸處潮之高差 (Tidal range) 常爲數公尺，間有達十餘公尺者，其所含蓄能力，爲量之巨可以想見。此項天然能

力若能開發利用，則利益甚大，蓋海岸多為重要城市所在之處，人口集中，工商繁盛，動力之需要最為殷切也。研究此項問題雖已甚久，但至今尚無大規模之實現者，皆因工程艱鉅需資浩大之故。近年水力機製造方面有 Kaplan 式之發明，甚適合于低水頭及水頭變動甚大者之情形，實予潮力利用以甚大之補助。目前世界有利用潮力三大計劃，皆係政府特組專家委員會慎重審擬之結果，非尋常紙上空談者之比，茲分別簡述如次。

(一) 南美阿根廷 Gulf of San José 計劃 (註二)

阿根廷政府于 1923 年特派專家組織委員會，研究該海灣潮力之開發問題，據 1923 年所發表之報告，該處平均潮差，大潮時為 8.2 公尺，小潮時為 4.5 公尺，海灣之面積為 780 方公里，海灣口闊七公里，該計劃擬建築海壩 (Harbour dam or breakwater) 以封閉海灣口，其運用方法係一湖式 (Single basin system)，水頭變動自 0.50 公尺至 2.25 公尺，估計發電總容量為 1,000,000 瓩，建築費為 35,750,000 英鎊，擬用 220,000 伏 1100 公里之輸電線，輸送電流以供給 Buenos Aires 城之用。

(二) 加拿大 Passamogoddy Bay 計劃 (註三)

該海灣適位于 Bay of Fundy 之北，Bay of Fundy 以潮差巨大著名于世界，1869 年達 17.3 公尺，(56.85 英尺) 之最高紀錄，蓋因海灣形勢特殊所致。該計劃原擬由美加兩國共同經營，建築總長約八公里之海壩及水門設備，使海灣口各島連成一片，海灣截成上下兩巨湖，發電廠設于兩湖之間，其運用方法係兩湖式 (Double basin system)，平均水頭為四公尺，估計水力機總容量為 1,057,000 馬力，每馬力之平均建築費為美金九十二元。該計劃曾得美國政府方面之核准，後因加拿大漁業及航業界之反對而擱置，現擬加以修改，由美國方面單獨經營之。

(三) 英國 Severn 計劃 (註四)

計劃地點在 Severn 河口，該處平均潮差，大潮時達 11.6 公尺，小潮時為 5.8 公尺，英國人士早即注意該處潮力之利用，1913 年 Meik 氏曾有初步計劃，年前英國特組 Severn Barrage Committee 重加研究，1932 年發表長篇報告，計劃甚為詳盡，擬裝設直徑 6.1 公尺之 Kaplan 式水力機 67 座，每座之最大容量為 17,000 馬力，其運用方法亦係一湖式，水頭變動自 2.7 公尺至 1.5 公尺，估計全部建築費用（包括船閘設備等）為 39,325,000 英鎊，建築時間為十五年，電液成本每度為 0.1765 便士，（按約合吾國國幣一分）。

第三節 波浪力

海洋的波浪除偶因地震而發生者外，普通皆由于風之作用。普通高度均為數公尺，在南方的海洋中，有達十四公尺者，太平洋中之最高紀錄為十五公尺，波長達四百公尺。其傳播速度視風之速度而定，每秒有達二十四公尺者。此種怒濤暴浪，撲激海岸為力極猛，雖有堅固之建築物有時亦難免被其毀壞，其所蓄能力雖甚巨大，而實際利用則甚困難，至今世界尚無具體之計劃，故此節從略。

第四節 海水熱力

根據熱力學原理，任何兩物體若有溫度差別之存在，即有可以利用之熱能 (Heat energy)，吾人可採用一種熱程 (Heat cycle) 以產生機械的動力。在熱帶地方海面水之溫度較海底深處之水常高十餘度 (攝氏)，在南北寒帶情形適相反，大氣中之溫度常在零度以下三四十度，而冰層下面之水則因冰層隔熱之作用，保持比零度略高之溫度。

茲將世界利用此種海水熱力之計劃，分別簡述如次。

(一) 法國科學家 Clapeyron 氏為利用熱帶海水熱力之發明家(註五)。其法係使海面之熱水循環于一「無火之鍋爐」中，同時利用海底深處之冷水，以產生真空，熱水因而煮沸，發出低壓之蒸汽，以轉動汽輪發電機。Claude 曾于 1880 年在南美洲巴海邊某處，沈放直徑約兩公尺長約兩公里之鋼管，深入海中 600 公尺，藉以發生 22 瓩之電力，此僅係一種試驗，彼認為滿意，乃計劃在古巴 San Diego 地方，建築 25,000 瓩之海水熱力發電廠，據其計估每瓩建築費僅需美金六十元。

(二) Barjot 氏發明在北寒帶地方利用海水與大氣間溫度之差別，以發生電力(註六)。其法係用冰層下之海水(溫度約等于零度)以蒸發一種炭氫化合物如 Butane，用其蒸氣轉動透平發電機，再用鹽冰凝結之。凝結方法本可利用大氣中之冷空氣，但因空氣之容熱量甚低，且大氣溫度晝夜變動頗大，故採用鹽冰以代之，以其溫度為零度下二十二度，固定不變，使用便利也。Barjot 氏根據此法，計劃在加拿大中部 Hudson Bay 一帶富于鑛產之區域，建築 10,000 馬力之發電廠，估計全部建築費用，僅合美金 415,800 元，即每馬力美金 42 元，較之任何水力發電廠為廉，其運用時間每年至少四個月，故可稱為「冬季發電廠」。按該區以鑛產豐富著稱，但不產煤，河流之水力又因氣候太冷，難于利用，故此種海水熱力之利用，甚為可貴。蘇俄政府已在西伯利亞設立試驗場，在 L. A. Arali 教授指導之下，從事大規模之試驗，足見此種計劃非可視為理想空談也。

第五節 河流水力

以上所述之三種水力，可概稱為海洋水力，其性質皆係永久的，其數量皆極巨大，人類之動力需要日增不已，將來工程技術進步，則此種海洋水力必須大規模開發利用，惟目前尙談不到耳。在各種水力中，目前最屬重要者，厥惟河流水力。河流水力，包括地球上江河，湖泊，溪澗，瀑布等所含蓄之能力，在目前世界之固定動力廠中，（Stationary Power Plant，以別于火車，汽車，飛機，輪船等之交通動力廠中），佔極重要之位置，全世界河流水力之含量，據美國之估計約為 47 兆馬力（47,000,000），此數若與海洋水力相較，或不為多，但河流水力散佈于地球陸地全部，隨處皆可利用，其工程亦較為簡易，故今日開發已達相當之程度，而其價值亦遂為世界各國所重視，認為國家重要天然富源之一種也。本文自此以下，皆專論河流水力，簡稱為水力。

註 一 在汽力發電廠中蒸汽接受燃料之熱力而變為機械力，並非由于天然之故不列入。

註 二 ‘Die Gezeiten als Ksaffquellenin Argentinian’ Trans. World Power Conf, Berlin, 1930 X, P, 3

註 三 World Power, Feb. 1935, P. 62

註 四 Report of the Expert Co-ordinating Sub-Committee Severn Harriage Committee

註 五 Power, Jan. 6, 1931, P. 35

註 六 ‘L’Energie Thermique de l’ Eau des Regions Arctiques,’ Trans. World Power Conf. Berlin, 1930, XVI, P. 3

第二章 水力工程概況

第一節 水力之理論

地球上之河流皆高於海面，故河流中每立方公尺之水，皆含有相當之位能 (Potential energy)，其量視海拔之高差而別。當其就下奔流入海時，此種位能盡消耗於迴旋湍激之中，或移運沙石淤塞河道，或侵蝕河岸毀壞田園，天然能力既歸烏有，復常予人類以物質上之損害。水力工程之目的，乃在減省此種無謂之能力消耗，且將所省下之能力化為機械動力，或再化為電氣動力，以供人類之享用，故水力工程實為興利除害或化害為利之工作。

凡有能力 (Energy) 即可為工作 (Work)，能力及工作之常用單位為公尺公斤 (英美制為呎磅)。每時間單位中之工作為工率 (Power)，工率之常用機械單位為馬力，其常用電氣單位為瓩 (Kilowatt)。瓩之量各國皆相同，至於馬力則有萬國制馬力 (Metric horse-power) 及英美制馬力 (English horse-power) 之別。前者等於 0.736 瓩，後者等於 0.746 瓩，相差頗大。國內工程界對此區別頗少注意，故特提及。

設有 V 立方公尺之水在海拔 H 公尺之位置，則所含能力為 $1,000 V H$ 公尺公斤。按在攝氏四度時，一立方公尺之水重 $1,000$ 公斤。若每秒之流量為 Q 立方公尺，則工率為 $1,000 QH$ 公尺公斤/秒。以上係對海面而言，若 H 係指河流某段間之落差，或可得之水頭 (Available head)，則上述工率係指在該段河流上可得之工率。

萬國制馬力之定義為每秒 75 公尺公斤之工率，故理論工率 (Theoretical power) P_t 可用下列公式求得：

$$P_t = \frac{1000 QH}{75} \text{ 馬力}$$

英美制馬力之定義為每秒 550 呎磅之工率，若流量 Q 以每秒立方呎為單位，水頭 H 以呎為單位，因每立方呎水約重 62.5 磅，故理論工率可用下列公式求得：

$$P_t = \frac{Q \times 62.5 \times H}{550} = \frac{QH}{8.8} \text{ 馬力}$$

嚴格而論，在計算理論工率時，上項公式中 H 應代表在水力發電廠處之有效水頭 (Effective head)，即等於全部水頭 (Gross head) 減去水道中之摩擦損失。在精細之計算中，例如試驗水力機之效率等，則更須進一步將上下游之流速水頭 (Velocity head) 分別增減。

實際上水之全部能力，不能完全利用，一部分必須消耗於水力機中，故有效工率 P (Effective power 或 Net power) 必小於理論工率，兩者之比即為水力機之效率 n ，其關係如下：

$$P = n P_t$$

為求便於記憶起見，可用下列簡單之公式計算有效工率之約數：

萬國制 $P = 11QH$ (按係假定 $n \approx 0.80$)

英美制 $P = \frac{HQ}{11}$ (按係假定 $n \approx 0.80$)

上面兩公式中皆有 11 之數字，故頗易於記憶， Q 及 H 之單位照上面各段所述。

綜上所述可知構成水力工率有兩要素，一即流量 Q ，一即水頭 H ，當於以下兩節分別申論之。

第二節 流量問題

河流之水以海洋爲其來源，又以海洋爲其歸宿，其間實爲一循環之現象，蓋海洋水面所蒸發之水汽，爲風所吹高臨陸地，凝結下降成爲雨雪，一部分沿地面流入江河，而匯於海，是爲地面流(Surface flow)，一部分則滲漏入地出而爲泉，最後亦流匯於海，是爲地中流(Subterranean flow)，但此外尚有短徑之循環現象，即陸地上各種之蒸發作用是也(註1)。在河流流量(Stream flow)之觀點上，此種蒸發作用乃爲一種損失。

河流流量爲地面流及地中流二者所構成，平時以前者爲主，但在枯水時期中，則以後者爲主要之來源。流量變化之現象甚爲複雜，概言之，流量與雨量之多寡，流域面積之大小，及其坡度之陡坦，成正比例。與溫度則成反比例。此外如流域之形狀地質及森林之狀況四季雨量之分配及其他氣候情形等，皆有關聯，惟其影響較爲輕微，關係亦較爲不規則耳。

一年四季中流量之變化甚不一致，大致高山之河流其夏季之流量較大，(因春夏雪融之故)，平原或邱陵之河流，其冬季流量則較大，在供電工程經濟之觀點上，後者之情形較優，蓋冬季適爲一年中電流需要較多之時期也。

天然湖泊有調節流量使變爲均勻之作用，在水力發展上實爲極可貴之條件。美國 Niagara 河因上游有五巨湖，面積佔全部流域之 82%，故有極大之調節作用，四季流量變化甚小，(最高：平均：最低 = 121:100:79)。挪威瀑布之上游亦多有天然湖泊，故皆爲世界最理想之水力地點。

一年之中流量既變化無定，則水力發電廠所裝置之水力機其大小應以何者爲根據，換言之，河流流量應利用至若何程度，此實爲水電廠設計中一極關重要而極費研究之問題。作者當另作文專論之，茲祇舉其大略。大抵流量利用程度視(一)建築費用中各項之比例情形，(二)電廠之運用情形，(三)電流之用途情形，(四)電廠之聯絡情形而定

。茲分別簡論如下。

(一) 水力發電計劃之全部建築費用可略分為(甲)與裝置容量(Installed capacity)成比例之部分，包括機器設備水道廠房等各項，及(乙)與裝置容量不生關係之部分，包括堤壩洩洪設備土地等各項。如(乙)為主要部份，則增加裝置容量所費無多，故流量應多利用。大抵高水頭水電廠需要高大堤壩以產生儲蓄容量者，及低水頭水電廠橫攔巨流建築互長之堤壩者，皆有此種情形。反之如(甲)部分較為主要，則裝置容量不宜過大。

(二) 有蓄量之水電廠(Storage Plant)大多用以担负電氣系統中之高峯負荷(Peak load)，其裝置容量宜大。德國南部著名之 Walchensee 水電廠，為一顯例。此廠全年平均流量僅為 19.3 立方公尺/秒，但所利用之流量最多達 80 立方公尺/秒，裝置容量達 168,000 馬力(註三)。反之，無蓄量之水電廠(Run-of-river plant)大多以担负電氣系統中之基本負荷(Base load)為主，其裝置容量則不宜過大。

(三) 水電廠所發生之電能可分為兩種，一為常有電能(Primary energy)，一為不常有電能(Secondary energy)。常有電能視河流之最低流量而定，故全年常有，亦可稱為可靠電能。常有電能以外之電能，皆為不常有電能。水電廠之裝置容量愈大，則不常有電能愈多，但常有電能並不因之而增加。如用電者之電流需要能依供給情形而伸縮，換言之，當流量充足時多用電流，流量缺乏時少用電流，(例如俄國 Dnieber 水電廠處錳鐵合金之製造)則裝置容量不妨稍大。反之如電流需要較為固定，剩餘之不常有電能無利用之可能，則裝置容量自不宜過大。

(四) 近時水電廠多用輸電線與其他河系之水電廠或熱力廠互相聯絡，成為電氣網，在此情形之下，一部分之不常有電能常因他廠之補助而變為常有電能，其價值因而增加，故其裝置容量不妨稍大。反之，單獨之水電廠

(Isolated plant)，缺乏互相調劑之功用，其裝置容量則不宜過大。

上述四種情形彼此間皆有互相關係，故裝置容量之決定頗為一複雜之問題，大抵流量利用之程度與全年平均之數相去不遠，近來有增加之趨勢。國內水力計劃間有以最低流量為根據者，雖屬穩健，但實不合經濟原則，違反現代之趨勢也。

第三節 水頭問題

水力之第二要素為水頭，水頭愈高則水力愈大。在水力工程中欲得水頭須有下列四種情形之一。

(一) 瀑布 瀑布為天然之水頭，不假人工而水頭集於一處，工事可以簡單，利用甚為便利，故在水頭之觀點上，瀑布實為最適宜於水力之發展。惟世界大規模之瀑布，究屬希罕，普通瀑布大多在較小河流之上，其流域面積率皆狹小，流量有限，且變化甚大，不足以資大規模之開發，故目前世界主要之水電廠，其係利用天然瀑布者，為數不多。世界最大之兩瀑布，一在美洲之 Niagara 河上，名 Niagara 瀑布，該處實有兩瀑布，一屬美國名美國瀑布，闊約 300 公尺，一屬美加共有，名馬蹄鐵瀑布，闊約 800 公尺，兩瀑布高度均約 50 公尺，Niagara 河聯接 Erie 及 Ontario 兩湖，在其 88 公里之長度中，高差達 100 公尺，四季流量極為均勻，估計可發展之水力在 6,000,000 馬力以上，故堪稱世界最大之水力河流，惟目前因美加兩國條約之限制，該河流量祇許旁引約 1,600 立方公尺/秒，(約合該河平均流量 6,000 立方公尺/秒之 $\frac{1}{4}$)，以供發電之用，藉以保全瀑布之美觀。其他世界最大瀑布在非洲之 Zambezi 河上，名 Victoria 瀑布，闊約 1,600 公尺，高約 109 公尺，此瀑布雖蘊蓄鉅大之水力，但

因該處尚未開發，無電流之需要，故至今尚未利用以發電。

(二) 峻陡的河道 河道愈峻陡則欲得較高之水頭亦愈容易而經濟，故為發展水力之一重要條件。世界上天然的瀑布為數不多，但峻陡的河道則較為常有，故後者在水力發展上，實佔更重要之位置。凡水流湍急險灘連續之處，即是河道峻陡之表示，在航行為畏途，在水力發展則為良好之形勢。

(三) 高山湖泊 在高山區域中常有天然湖泊居於甚高之位置，祇須建築引水隧道，即可獲得數百公尺之水頭，以資發電之用。此種特別優越之情形，以瑞士為最多。以世界最高水頭稱之 Lake Folly 水電廠，即為其中之一。台灣在去年中完成之日月潭水電廠亦一顯例。日月潭在台灣中部海拔七百三十餘公尺，該廠現有 165,000 馬力之容量，利用 800 公尺之水頭，將來必要時尚可增設第二廠於其下游，以利用剩餘之水頭(註三)。

(四) 高低不同而毗連甚近之兩河流 在此情形之下，有時可以將較高河流之水經隧道導入較低之河流，利用兩河之高差以發電。此種情形世界上頗不多觀，如有之，則皆為良好之水力地點。朝鮮窒素肥料株式會社在鴨綠江支流赴戰江上於 1939 年完成之偉大水力計劃，即係採用此法。其兩河間有效水頭共約 1000 公尺，分三段利用，發電廠三處，合計水力機容量為 289,000 馬力，為東方最大之水電計劃，其引水隧道長約 27 公里，全部建築費為美金 22,000,000 元(註四)。此外就作者所知印度北部喜瑪拉耶境內於 1933 年完成之 Mandi 水電計劃，亦係採用此法，兩河間之高差約為 920 公尺，相隔約為 9.6 公里，目前祇利用 550 公尺之水頭，發電機之容量為 120,000 瓩(註五)。

流量變化無定已於第二節中述之，至於水頭亦不能固定不變，大抵在低水頭及中水頭之發電廠中，水頭隨流量

之增加而減少，蓋因大水期中下游因回水影響而高漲，上游水面雖亦升高，但常較少，故水頭必至減低，水力機之納水容量及效率亦隨之而降減，故結果電氣產量大為減少。普通人皆以為水量愈大發電必愈多，不知其未盡然也。近年新發明之 *Reversible* 式水力機，最適合於水頭變化甚大之情形，上述弊病略可減少。此外尚有利用大水期中剩餘水量以增加水頭之各種方法，茲不具述。

至於高水頭儲蓄式之水電廠，其水頭變化多甚大，蓋在枯水期中為調節流量起見，蓄水庫之水必須不斷的洩放，有時水面降落至最低限度始止。最高水面與最低水面間之相差，有時達數十公尺，水頭之變化亦如之。

第四節 水力發電廠之種類

水力發電計劃依各種不同之觀點，可以分為甚多之種類，茲祇舉其普通者以示概念。

(一) 在能力來源之觀點上，可以分為天然與人造兩種。凡有天然之流量及水頭者，屬於前者，此種最為普通。其流量及水頭非由於天然者，則屬於後者，此種近年始有之。中歐各國近多建築「水泵儲蓄水電廠」(Pump storage plant) 以解決電氣系統中之高峯負荷問題。其法乃於濱江之山上，修建蓄水池，利用電氣系統中之峯外電力 (Off-peak power)，運轉水泵，升起河水，以儲蓄於蓄水池之中，在高峯負荷之時間中，則放下所蓄之水，發電以補助高峯負荷之需要，此種水電廠，其能力來源並非天然的，故可稱為人造水電廠。

(二) 在水頭之觀點上，可以分為低水頭中水頭及高水頭三種。在歐洲則多稱為低壓中壓及高壓三種。此種分類甚為普通，惟其區別之界限頗不一致，大抵十五公尺以下者為低水頭，超過十五公尺而在一百公尺以下者，為中水

頭，超過一百公尺者，爲高水頭(註六)。

(三) 在蓄水容量之觀點上，可以分爲有蓄量及無蓄量兩種。前者依蓄水容量之大小，可以有一日間一週間或一年間之調節作用，後者完全無調節之能力，其發電之多寡視河中流量之大小而定，英文稱爲 Run-of-river plant 德文稱爲 Laufwerk。

(四) 在担負電力負荷之觀點上，可以分爲基本負荷水電廠(Base-load plant)，及高峯負荷水電廠 Peak-load plant)兩種。二者因任務不同，其設計亦多異別，(見第二節)。

(五) 在建築方式之觀點上，可以分爲堤壩式(Dam-type)及引導式(Diversion-type)兩種。前者廠房與堤壩毗連，水頭集中，多係低水頭或中水頭的。後者則藉水道(渠道隧道或水管等)，由堤壩處引水至於廠房水頭一部分藉堤壩造成，一部分則由於水道而獲得，故多係中水頭或高水頭的。

註一 Barrows: "Water Power Engineering" P.73

註二 "Water Power Exploitation in Germany" P.215

註三 Far Eastern Review, April, 1932

註四 Engineering News-Record, Oct. 31, 1929 P.678

註五 Engineering, June 27, 1930, P.815

註六 Ludin: "Wasserkraftanlagen" P.7

第三章 利用水力之歷史及今昔觀

第一節 利用水力之歷史

人類物質文明愈進步，其使用機械動力愈增加，產生動力之方法亦愈多而愈精。但大多數之方法其發明歷史均非甚久，例如 Watt 氏至 1775 年始發明蒸汽機，Otto 氏至 1866 年始發明內燃機，至于人類利用河流水力則遠在古代歷史之前。蓋水與空氣爲人類生活之要素，無時不與接觸，故水力風力遂爲人類最先利用之天然力。亞洲民族如埃及中國印度等在數千年前已知製造粗簡之水輪 (Water wheel)，利用流水之動能，辟水溉田，或藉以碾磨米穀，至今吾國黃河流域陝甘各省，長江流域川貴各省，尙多沿用竹製之筒車，(外人稱爲 Chinese Noria) 以供灌溉之用，皆數千年前之產物也。

舊式水輪製造簡陋，效率低劣，力量微弱，祇堪供給舊式農業之用途，十九世紀初葉各種效率較高之水力機 (Water turbine) 始次第發明，同時工業亦逐漸發達，水力之用更廣，1831 年 Faraday 氏發明電磁感應原理，開電機製造之光河，1879 年 Edison 氏發明白熱電燈，1882 年倫敦紐約同時創設中央發電廠，電流之使用始成普遍化，同年世界第一水力發電廠創辦于美國 Wisconsin 州之 Appleton 地方，1886 年世界第一交流輸電線創設于意大利，輸送電流于 27 公里之遠，自此以後水力始得大規模之發展，綜上所述，人類利用水力雖有悠長之歷史，但水力發電創始至今不過五十餘年耳。

第二節 水力與電氣之關係

自十九世紀初葉水力機發明之後，水力發展始有長足之進步。惟是時發電機尙未發明，故水力機皆用以直接轉

動機器，或藉皮帶鋼纜等以輸送動力于附近之工廠，（美洲 Niagara Falls 瀑布最初利用即採此法）其法極為笨拙不便。十九世紀末葉水力發電及長途輸電相繼發明，遂開水力發展之新紀元。嗣後水力與電氣乃發生密切之關係，至今利用水力無不藉電氣為媒介，幾無例外。考其原因，有下列數點：（一）輸送便利也，水力地點常距需要動力之中心甚遠，現在長途輸電之技術已甚進步，電力可送數百公里之遠，將來增至一二千公里亦屬可能，若非用電氣則此項長距離輸送絕對不能辦到；（二）分配便利也，水力可藉電氣網分配於大區域之內，供給無數人之使用，若用其他方法，例如皮帶壓氣等，則費用鉅大，且不能十分普及；（三）使用便利也，現時世界重要工業如紡織造紙等無不採用電動機，至於直接機械轉動之舊法已成過去，蓋電動機控制便利，效率優良，故水力地點雖密接工廠，亦無不採用電氣為媒介，實行電氣化也；（四）動力以外之其他作用也，水力發電不特供給動力之需要，且有電光電熱電化之種種作用，皆甚為重要，為其他方法所缺少。

第三節 利用水力之今昔觀

人類利用水力雖已數千年，但至最近數十年始有急進之發展，茲將今昔不同之處，加以比較，由此足以窺見其發展之趨勢。

- （一）由供給農業的變為供給工業的
 - （二）由機械的變為電氣的
 - （三）由枝節發展的變為通盤計劃的
- 近代重要之水力發展計劃，必將全部河流加以測量研究，全流應如何

分段發展，何處應設廠，何處應築壩，皆先有大體之決定，擬就通盤計劃之大綱，次第按照施行，以期達到最儘量最經濟之目的，遠非往昔零碎施設漫無計劃者所可比，美國開發 Tennessee 及 Columbia 各河，德瑞法聯合開發萊茵河皆其著例也。

(四) 由單獨供給的變為複雜聯絡的 輸電技術未發達之前，水力祇可就地利用，工廠必須移向水力地點，每因此而感受種種之不便。近來輸電技術日益進步，遠近電廠無論熱力或水力，皆可互相聯絡，構成電氣網，供給廣大區域內之電流需要。

(五) 由民間企業的變為國家經營的 從前開發水力祇供一己之使用，與外界不生重大之關係，且規模窄小，工程簡單，所費有限，輕而易舉。近代開發水力之計劃，動輒需資數百千萬，影響及于廣大之區域，且常有航運防洪灌溉等之複雜關係，非用國家力量通盤計劃兼籌並顧不為功，目前資本主義瀰漫世界，國家化之成績尙屬有限，但潮流所趨莫能禦也。

(六) 由根據理論的變為注重試驗的 往昔水力機之構造，堤壩建築，多係根據理論而參以實際之經驗。近來各國對於水工試驗，日益注重，規模稍大之水電計劃，必先舉行精密之模型試驗，以作實際設計及施工之依據，此種試驗首由歐洲大陸提倡，近來美洲方面亦加注意矣。

(七) 由低效率的變為高效率的 舊式水輪效率極低(10%以下)，十七世紀中葉及末葉上沖式水輪(Overt-shot wheel)及中沖式水輪(Breast wheel)相繼發明，最高效率亦不過增至60%至70%而已。近來水力機製造日精，最高效率可達94%，為原動機中效率之最高者。

(八) 由低水頭的變為高水頭的 舊式水輪因構造關係不能用於甚高之水頭，普通不過數公尺至十數公尺而已。近時水力機種類甚多，不論水頭高低皆可利用。目前世界水頭最高之水電廠為瑞士 Lake Ffully 發電廠，水頭高達 1,650 公尺，該廠水力機之力量為 12,000 馬力(註一)。

(九) 由小規模的變為大規模的 舊式水輪因水頭直徑及轉速種種之限制，力量不能甚大，普通數十馬力而已。水力機發明之後，其單位容量(Unit capacity)與日俱增，現俄國 Dnieper 水電廠水力機每座力量為 84,000 馬力，美國 Hoover Dam 水電廠水力機每座力量為 115,000 馬力，至於水電廠之規模亦日漸擴大，目前世界已完成之最大水電廠為 Dnieper 水電廠達 310,000 馬力，但在建築中及計劃中者，尚有過之(詳第六章)。

註 1 Guide to Swiss Hydraulic Developments, 1926, P. 209

第四章 水力發電與熱力發電之比較

第一節 引言

地球上可供人類利用之能力，除人畜之筋肉能力以外，尚有各種之天然能力(見第一圖)。但因事實上種種之困難，不能一一開發，其已經利用有實際之價值者，惟燃料能力河流水力及風力而已。至用以發電者，實際上更祇限於前者兩種，即所謂熱力發電(Thermal-electric)與水力發電(Hydro-electric)是也。此兩種發電方法，多有不同之處，本章就各方面加以比較，藉明其利弊之所在。

通常遇斷定水力發電之是否適宜時，每祇研究在同樣情形之下，熱力發電是否較為低廉。此種競爭式之比較，

雖亦有意義，但究竟不足包括問題之全部。蓋所注意者，祇屬於工程的經濟之一點也。且近來熱力與水力發電廠多相聯絡合作，互助關係日益密切，殊不能視為對抗之事物也。

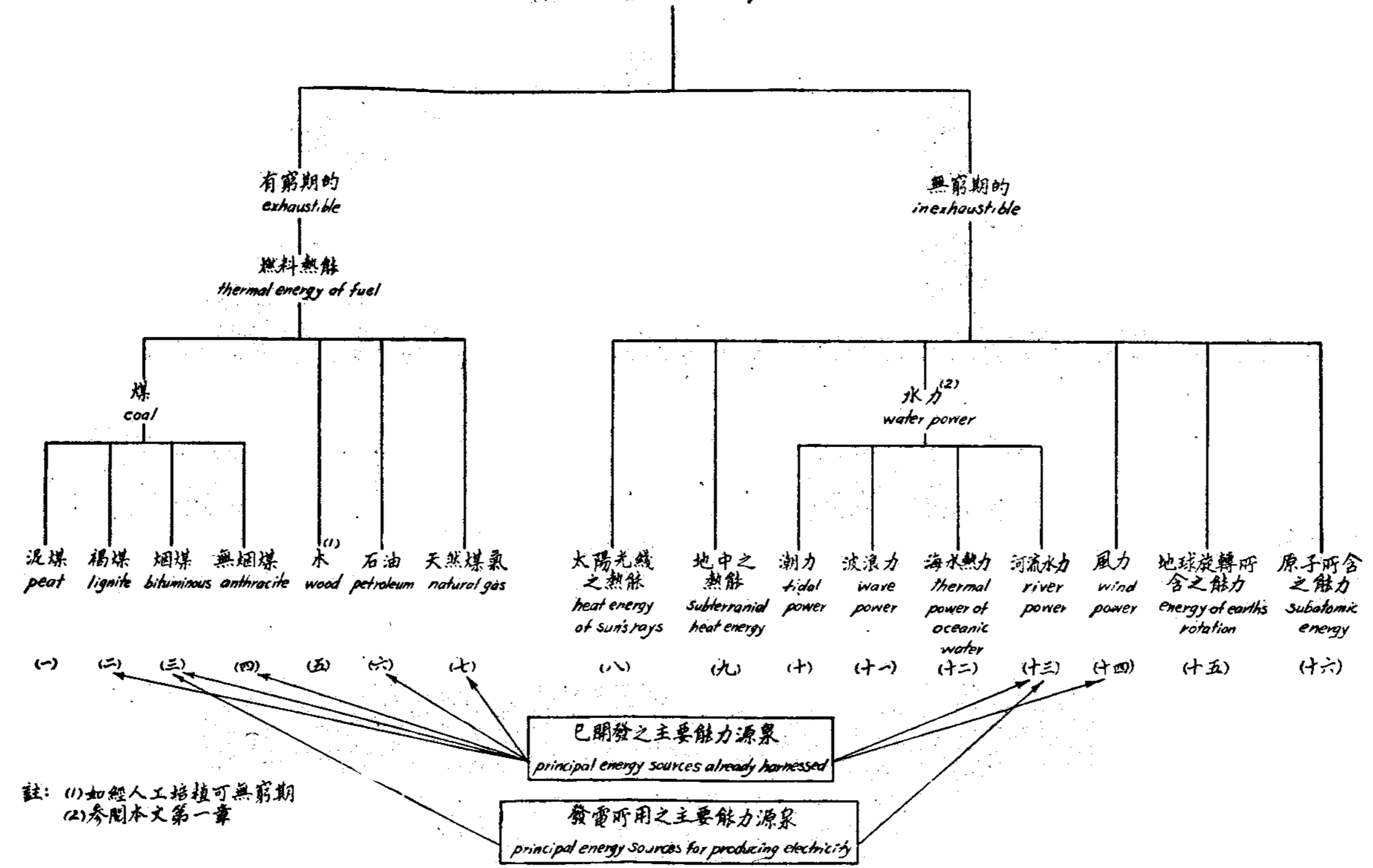
熱力發電中以汽力為主要，故本章所述多偏於汽力發電與水力發電之比較。

第二節 根本不同之點

水力發電與熱力發電根本不同之處，舉其大者有以下三點。

(一) 水力為永久的熱力則有窮期 世界上熱力之供給以煤為主，石油次之。全世界煤之儲量為 7,397,553 兆噸，石油之儲量為 7,698 兆噸(約 58,000 兆桶)，其逐年產額皆增加無已。據俄國 Ramain 教授之推測(註一)，全世界所儲藏之煤，將於 180 年內用盡，石油更短，祇須 29 年，其估計方法係根據 1926 年世界煤之產額為 1,207 兆噸，假定平均每年增加 3%，1928 年石油之產額為 1,010 兆桶，平均每年增加 5%，此種推測，或不可靠，但煤與石油末期之不遠，殆無疑問，讀者無不認為將來世界之大問題。近年化學工業長足進步，煤之用途日廣，其所含之化學性質愈益可貴，若因發電之需要，用煤為燃料，則祇能利用其所含之熱力，其化學性質則歸烏有，殊覺可惜。至於水力除用以發電之外，不能作為他用，且用以發電則生利除害，源源不竭，不用則長逝虛廢，不可復留，二者性質之根本不同如此，故以國家經濟之眼光，謀國家百年之大計者，殊應於實際經濟範圍內，儘量提倡水力之開發，藉以節省燃料之消耗，保存可貴之資源，供後世子孫之享用。世界上煤之產額中，大部份係用於鐵道輪船家庭及各種工業，石油之產額中，大部份係用於汽車飛機及各種工業，其用以發電者，均佔較小之部分，故保存資源

第一節
 能力之天然源泉
natural sources of power



註：(1)如經人工培植可無窮期
 (2)參閱本文第一章

問題之解決，須賴各方面之協力進行，不過在發電方面熱力可用水力代替，故水力發展之提倡，為保存燃料資源最有效方法之一種耳。

(二) 水力有位置上之限制熱力則否 水力為固定的，其發展利用必就流量高差地形地質適宜之地點，不能隨意移動，隨地開發，而豐富之水力與良好之水力地點，又往往在於崇山峻嶺之間，窮鄉僻野之處，與世界重要城市往往建立於平原或接近海岸者適相背馳，此種位置上之限制，實為水力之最大缺點。熱力則無之。近來世界各國交通發達，運輸便利，燃料價格到處大略相同，故熱力發電廠儘可隨用電中心之所在而建築，不受限制，輸電之費用及損失均可省免，較之水力發電殊勝一籌。

(三) 水力有天時氣候之限制熱力則否 河流之水量因天時氣候之變化，四季不同年年不同，水力發電廠發電之能力及其電能之產量，亦隨之而增減，若遇旱年往往因減退過多發生嚴重之狀態。熱力發電廠則不然，其發電能力完全視所裝置機器之力量而定，不受天然之影響，其電能產量亦可自由節制。惟近來各國水力及熱力之發電廠多互相聯絡成爲電氣網，水力缺少之時可藉彌補之，關係水文之研究近來亦愈加注意，水量情形可以相當預測，先爲準備，故上述問題已不若從前之嚴重矣。

第三節 經濟問題

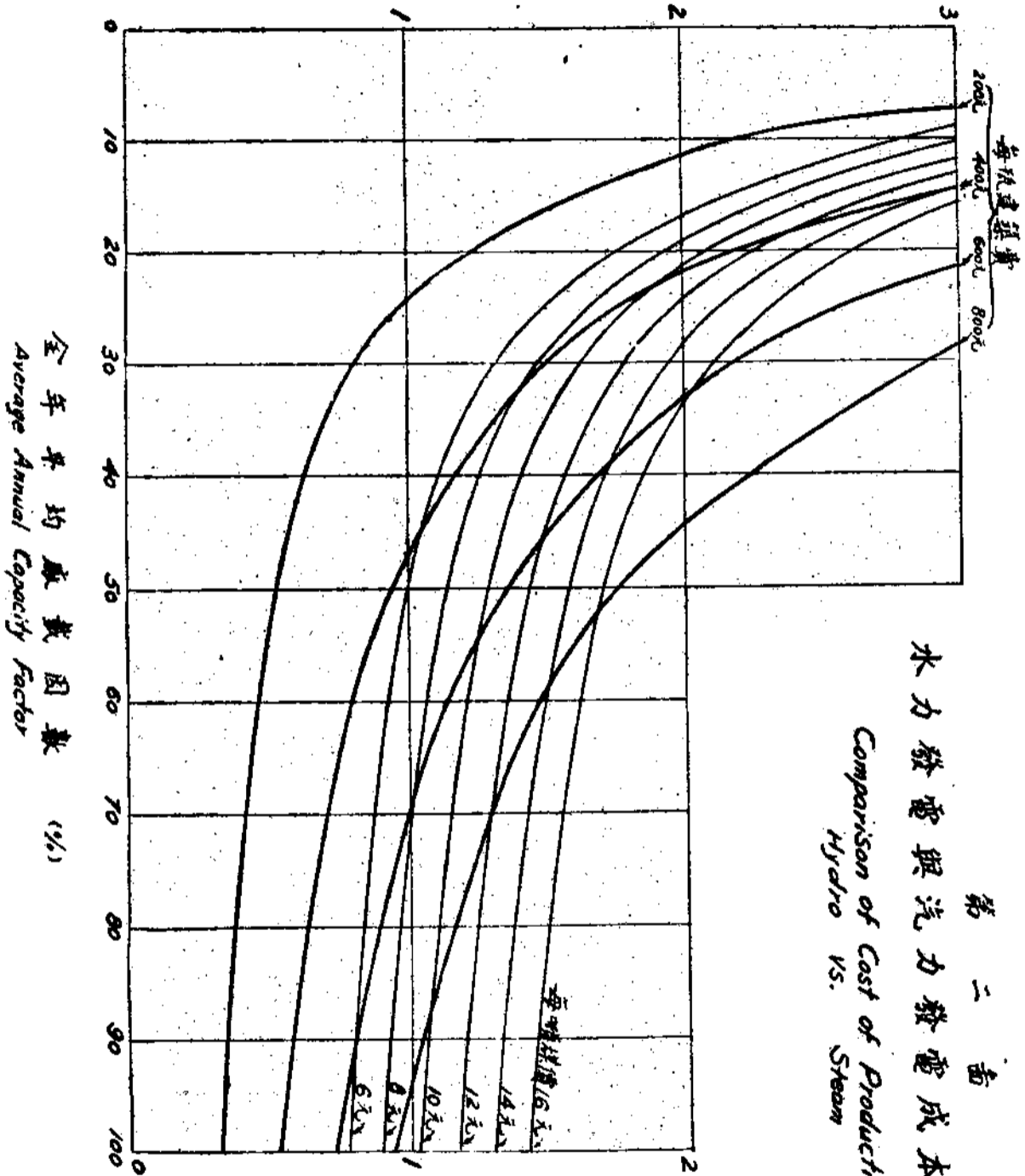
(一) 每瓩建築費之比較 熱力發電廠每瓩建築費之高低與其規模之大小成反比例，規模愈大則愈廉，至於規模約略相等者，則不因建廠地點之不同，而有甚大之差別。(交通不便，運輸昂貴如吾國者，自當別論。)水力發電廠則不然，其每瓩建築費不獨依規模而定，且與水力地點之一切情形，有密切之關係。大抵水頭較高，河面較窄

，地質狀況較優者，其每瓦建築費必較廉，反之則較昂，最廉與最昂之相差，可達數倍。（美國水電廠每瓦建築費約在美金 80 至 200 元之間，見註二。）以故水力地點之選擇，必須靠銳利之眼光，老練之經驗，與精密之研究，非可以率爾從事也。至於兩種發電廠間之比較，則水力發電廠通常皆比熱力發電廠高二三倍，祇有世界最優越之水力地點，如美洲 Niagara Falls 及挪威瀑布等，其建築費或可不至超過熱力發電廠之所需。（挪威著名水電廠數處，其每瓦建築費僅在 120—150 Kroner 之間，合吾國國幣 160—240 元見註三）。目前吾國汽力發電廠每瓦建築費約需國幣 150 元，水力發電廠毫無材料可資參考，鄙意當在 200—600 元之間。水力發電廠所需經費如此之鉅，足使資本缺乏之國家裹足不前，今日世界水力之尚未盡量開發，此亦一因也。

(二) 預算難易之比較 水電廠之建築費為數既鉅其預算復難於準確，往往因意外事件發生，如洪水災害，運輸困難等，致超出預算，資本不繼，陷於慘敗。在水力事業尚未發達缺乏實際建築經驗之國家中，此弊尤所難免。在本文第二章第三節中所述之印度 Mandi 水電計劃，其建築費預算本為 3,500,000 英鎊，建築時間估計為四年，後因建築長四公里之隧道，所遇之種種意外困難，使其最後決算漲至 4,675,000 英鎊，超過原預算三分之一，建築時間延長至六年半，超過原預算之 60%，此種情形實足為吾國之殷鑒。熱力發電廠則絕少此種困難，其建築之經費及時間，均可於事前準確估計，預立於不敗之地。

(三) 發電成本之比較 發電廠之是否經濟，當視其發電成本 (Cost of production) 之是否低廉以為斷，單獨建築費一項不足以決定也。發電成本即平均每度電能所攤之全年費用 (Annual cost)，全年費用可概括分為兩部份，一為固定費用 (Fixed charges)，一為流動費用 (Running expenses)。固定費用包括利息折舊捐稅保險等項，

每度發電成本 (分)
Cost of Production cent per kWh.



其數量與電廠之建築費成比例，故亦稱為資本費用(Capital charges)，與電能產量營業狀況則無關係，故其性質為固定的。流動費包括燃料薪工維持修理及給料等項，其數量隨電能產量之多寡而增減，故其性質為流動的，亦可稱為營業費用(Operating expenses)。若將發電成本加以分析，則此種情形適為相反，蓋每度電能所擔負之固定費用隨電能產量而變化成反比例，其性質實為流動的，而每度電能所擔負之流動費用反為固定不變也。熱力發電廠與水力發電廠因種種情形之不同，故其發電成本構成之情形亦大相異。天都熱力發電廠之發電成本，以燃料佔主要之部份。(負荷因數甚低，或燃料甚廉者，例外。)而水力發電廠之發電成本，則以固定費用佔主要之部分。依前面所述，固定費用與電能產量成反比例，故水力發電欲達經濟之目的，其電能產量必須甚多，換言之，其負荷因數及廠載因數(Capacity Factor)必須甚高也。第二圖表示在吾國現狀之下，中等規模汽力及水力發電廠發電成本之比較。此圖計算時所用之材料及所作之假定皆經審慎之考慮，求與吾國實際情形相合(註四)。圖中水力發電廠之曲線較為傾陡，表示與廠載因數關係之重要。但欲廠載因數之提高，必賴各種新式工業之發達，以吸收其電能，若祇靠商店及家庭之電燈用電，則難期經濟，此點本為電廠成功之普通條件，惟水力發電廠因有其特殊情形關係尤為重要，經營者不可不特別注意也。

(四) 成本穩定性之比較 熱力發電之成本以燃料為主要已如上述，燃料之價格漲落無定，故發電成本亦隨之變動，不能穩定，營業之預算，電價之擬訂，皆因之而感困難。美國加州從前有一時期石油異常廉賤，(每桶僅值美金五角，相等於上等煤每噸二元半之價格。)無數之大規模汽力發電廠應運而興，不久廉價之時期過去，電流成本忽然陡增，水力發電始繼起代之。至於水力發電之成本則甚為穩定，美國 Chicago, Milwaukee & St. Paul 鐵

路公司，因電氣鐵道用電與各供電公司（皆以水力發電為主）所定之供給合同，其合同期間達九十九年之久，（註五）可為一證。

（五）擴充彈性之比較 熱力發電廠之擴充，可以隨需要之增加逐漸辦理，使供求相應，恰到好處，建築經費既可分期攤籌，事輕易舉，而固定費用亦可少舉負擔，減輕成本。水力發電廠則缺乏此種之彈性，開辦時即須建築一切土木工程，需要鉅量之經費，故其裝置容量不宜過小，（大都須有最後裝置容量三分之一以上），否則初期電能產量過少，發電成本中固定費用負擔過重，營業或難於維持。此點亦足以解釋單獨之水電廠（Isolated plant）何以較難於成立，蓋其供電區域市場未經開闢，初期之裝置容量過大則無所用，過小又不合經濟也，若係屬於某一電氣系統之一部份，則大抵無此困難。

第四節 工程問題

（一）效率之比較 汽力發電工程近年來因採用高汽壓（已達 120 大氣壓）及高氣溫（已達攝氏 536 度）之結果，進步甚為迅速，目前世界最新式大規模之汽力發電廠，其總效率（Overall efficiency）可達 27%，（即每度電能耗熱 3,200 Calories，至於採用 Emmet 氏之 Mercury-vapour Process，則可達 40%，狄士爾油機發電廠亦如之。此種成績較之數年前已屬重大之進步，但一與理想效率相比較，則仍覺墮乎其後，有待於繼續之努力改進。水力發電廠之效率則已幾臻絕頂，鮮有增進之餘地，蓋目前水力機之效率可達 91%，發電機之效率可達 93.5%，若假定水頭損失為 3%，則總效率可達 88% 之高，與理想效率之相差，已屬不遠也。在目前世界各種實用之能力

轉換方法中，以效率論，水力發電可稱最爲完善，故目前水力工程師之任務，不在於效率之繼續提高，而在於建築經費之節省，因而減輕發電成本中之資本費用也。

(二) 工程設計之比較 熱力發電廠之工程設計，大都祇以發電廠之本身爲限，與當地環境不生重大之關係，故將一完善之設計，全部抄仿應用於另一處所，亦無不可。水力發電廠則各有特性，不能一律看待，一切之工程設計，必須按照當地各項情形，如地勢地質水文等而定，尤須有長期之水文紀錄，及詳細之地形測量爲設計之根據，若欲充分發展某一河系之水力，則更須作全部之研究，定通盤之計劃，所有發電廠蓄水庫之數目地點，及建築之次序，皆當先有大體之決定，爲逐步進行之根據，故水電計劃設計之範圍，實較爲廣泛而複雜，需要較長久之時間，及各種技術專家之合作。

(三) 實際施工之比較 熱力發電廠之建築通常皆無若何之困難，其建築時間亦較短，(一年至三年)，且易於估計。水力計劃之實施則較爲繁雜，建築時間亦較長，(二年至七年)，故事前必須考慮周詳，防備周到，以免意外事件之發生，如建築期中洪水之防範即其一端。建築經費中必須設置意外費用(Contingencies)一項，其數之多寡，視工作之難易而定。建築期中之投資利息(Interest during construction)常爲重要之項目，故工作程序必須妥爲訂定，力求縮短建築之時間。此點爲美國人之擅長，Conowingo 水電計劃(初步 378,000 馬力)於動工後不及兩年半即全部完成，(1928 夏)，比預算時間短六個月，舉世視爲難能。

(四) 運用管理之比較 近代大規模之汽力發電廠其機器部份甚爲複雜，且因高速度高溫度高壓力之種種關係，機件頗易於發生障礙，故其運用管理必須富有經驗之員工。水力發電廠之機器則較爲簡單而可靠，故其管理亦

較為容易，所需員工為數亦較少。根據美國調查研究之結果（註六），水力發電廠所發生之電流，用 140,000 伏高壓線輸送於距離 160 公里之用電地點，其機械的可靠性（Mechanical reliability），較之汽力發電廠在用電地點所發生之電流，大至兩倍至六倍，水力發電廠之安穩可靠可見一斑。又汽力發電廠有時因煤礦罷工風潮的影響，燃料供給發生困難，以致妨礙其運用，水力發電廠則無此慮。

（五）壽命之比較 汽力發電廠之機器因易於耗損其壽命本已較短，（普通約為 10 年），但近來汽力工程日新月異，銳進不已，數年前所裝置之機器，因近來技術之進步，每與新機相形見絀，須歸於淘汰之列。大抵新機之固定費用與運用費用之和，若能較舊機之運用費用為低廉，則新機有立即裝置以替代舊機之必要，故汽力發電廠機器之經濟的壽命，往往較其機械的壽命為短，此即所謂廢棄（Obsolescence）問題也。水力發電計劃之土木工程部份壽命甚長，（五十年至一百年），其機器部分亦較汽力發電廠為經久，且其製造技術已精，效率甚高，難以復加，故無廢棄問題之可慮。

第五節 社會及其他問題

（一）繁榮內地 熱力發電廠多建築於通都大邑，水力地點則多在內地，開發水力有連帶的繁榮內地振興農村使工業分散化之功用。

（二）救濟失業 熱力發電廠以機器為主要，在製造事業不發達之國家，如吾國，一切皆須仰給外國，金錢外溢，勢所不免。水力發電計劃則以土木工程為主要，建築經費之大部分乃用於本國勞工身上，救濟失業，造福

匪淺。

(三) 國防 對外戰爭時交通設備或被敵人威迫損壞，或因轉運軍需應接不暇，熱力發電廠之燃料運輸，易受阻礙，水力發電廠則不受影響，且水力發電廠之地點多深入內地，敵人之軍艦飛機不易達到，無被燬之虞。

(四) 衛生 煙灰(Smoke)妨害公共之衛生及清潔，各國都市人士痛心疾首，合謀摒除之方。考煙來源大部分由於燃燒煙煤(Bituminous coal)所致，熱力發電廠大都皆用煙煤，故散出煙灰在所難免，如煙煤不得其法，則出煤更多，水力發電廠則無此弊。

(五) 風景 熱力發電廠建於市區之內，多礙美觀，為市民所厭惡。水力發電計劃則造成人工湖沼，增進天然風景，成為遊覽之地。至於利用天然瀑布以發電者，有時或有消滅瀑布美景之可慮，但大都可以設法保全，因維持瀑布美觀所需要之水量多屬有限也。美洲 Niagara Falls 處之電氣公司，近正從事試驗研究，欲謀用較小之水量，維持瀑布之美觀，藉以騰出較大之水量，供發電之用，足為例證。

(六) 糾紛 建築熱力發電廠與外界無直接之利害關係，故進行可無阻礙。水力發電計劃因建築堤壩淹沒上游之田地財產，或因儲水放水之種種關係，易起糾紛，妨礙進行。

(七) 政府之政策 熱力發電廠純粹以發電為目的，故問題較為簡單。水力發電與其他事業則每有連帶之關係(詳下章)，故政府對之須加以適當之統制與監督，以收合作之效，尤宜早日確定政策，以資遵循，而利提倡，美國自 1920 年公佈中央水力法後，水力發展始突飛猛進，論者皆推功於是項水力法焉。

註 1 “Power Resources of Russia”, Trans. World Power Conference, London, 1924

註二 Creager & Justin: "Hydro-Electric Handbook" P. 73

註三 "Export elektrischer Energie von Norwegen nach Deutschland"

Trans. World Power Conference, Berlin, 1930, XI. P. 21

註四 水力發電：固定費用 9%；薪工、維持、修理、給料各費每度 0.12 分

汽力發電：固定費用 11%；薪工、維持、修理、給料各費每度 0.20 分；每度煤耗為 $\frac{6.5}{\% \text{ 效率因數}}$ + 0.58) 公斤

註五 "Hydro-Electric Power Development as Related to Electrification of Railroads" Trans. A. S.

C. E., 1923, P. 331

註六 Report of Hydraulic Power Committee, 1924—25, N. E. L. A.

第五章 水力發電與其他事業之關係

第一節 引言

水力發電事業與其他事業多有發生密切之關係，此種關係可分為下列之兩種。

(一) 一部份之工程設備(如堤壩蓄水庫等)，有時可以由水力發電事業與其他事業共同使用，其建築經費雙方分配担負，各得節省，因之各易實現，如均由政府主辦，則供電之收入可以用以補助其他不能直接生利之事業，灌溉防洪航運等皆為其例，本章分別述其要點，此外都市之給水事業，亦多有合作之可能，惟因較不常見，故從略。

(二) 水力發電事業因有巨量廉價之電力，故常使其他事業藉以發展，其最顯著者，為本章所述之電氣鐵道及電化工業是也。此外其他工業，如造紙紡織採礦等，與水力均有重要之關係，惟限於篇幅，不能備述。

第二節 灌溉

水力發電與灌溉事業之關係，有各種不同之方式，茲概括述其要點如次。

(一) 在灌溉工程中供給水量有兩種方法，一為向下順流法 (Gravity flow)，一為機械戽水法 (Mechanical pumping)。前者必須有適宜之地勢，以便於因勢利導，且祇能灌溉位置較低之田畝。後者則田畝位置不受限制，且可隨時取水以適應其需要，故新式大規模之灌溉事業類多採用此法。至於戽水所用之動力，自以電氣為最宜，蓋電氣傳達管理運用甚為便利，且可長期使用，不須休息修理也。通常水力發電成本較熱力發電為低，取價較廉，故水力發電可以幫助灌溉事業之發展，而戽水之電力負荷 (Pumping load)，亦為水力發電廠所歡迎，因其用電情形良好，(晝夜不息，且有時可以利用峯外電力 Off-peak power)，可以改善水力發電廠之負荷因數，而減輕其成本也。以上所述水力與灌溉二者之間并無組織上之關係，但其互相關利益已有可觀。

(二) 灌溉用水集中於夏季數個月之間，故謀河流全年水量之充分利用，則必須建築高大之堤壩，造成蓄水庫，使冬季之水可以留供夏季之用，河流性質之屬於夏枯冬盛者，則蓄水庫尤不可少。在堤壩處有現成之水頭，祇須增設廠房及機器，即可發電，所增加之費用必不甚多，在經濟之觀點上，殊為合算。惟此種水電廠其用水須受灌溉需要之支配，在灌溉全盛之時期中，蓄水可以巨量洩放，故電力充足，除供給戽水之需要外，每有餘剩。及灌溉時

期過去，河水即須開始留蓄，以備翌年之用，此時不宜洩放過多，且此時蓄水庫之水面，已因洩放而降落，水頭減低，故所可發任之電力更為減少，此種不均勻之情形，自是缺點，但其夏季剩餘之電力，如有銷路，（例如轉售於附近之供電公司，或特種工業），冬季之不足如有彌補方法，（例如汽力發電廠）則此舉仍不失為有利之副業也。

美國屯壑局（U. S. Bureau of Reclamation）在西部各省舉辦灌溉事業二十八處，其中十二處皆兼營水力發電，（1931. 年底之情形），西班牙，意大利亦多有此種辦法，埃及尼羅河上偉大之 Aswan Dam 灌溉工程，在最近第二次加高壩頂時，曾有附設 160,000 瓩水電廠之建議，亦為例證之一。總之水力與灌溉共同發展，利用同一之蓄水庫，在費用上雖佔便宜，在用水上或難免衝突，其相互關係有時甚為複雜，有待於縝密之研究始可決定也。

（三）有時同一河流之水，用於發電之後復用以灌溉。水力及灌溉各有其個別之蓄水庫。水力用水終年頗為均勻，灌溉用水則集中於夏季，二者性質不同如此，其所以能免於彼此妨礙者，多賴其位置上之不同，蓋水力蓄水庫（Power reservoir）為多得水頭起見，宜建築於上游接近水源之處，而灌溉蓄水庫（Irrigation reservoir）則為多得水量起見，宜建築於下游，接近平原之處，水力發電廠則居於二者之間，由水力蓄水庫所洩放之水，若在灌溉期間之內，則直接用以灌溉不生問題，若在灌溉期間以外，則由灌溉蓄水庫加以儲蓄，亦不致於損失，故二者大都以不相妨礙。如有時灌溉之需要超過水力蓄水庫為發電需要而洩放之水量，或灌溉蓄水庫居於水電廠之上游，水力發電受其節制，而感不便，如上段所述，則必賴雙方之開誠合作，彼此關顧，始能獲得完滿之結果也。

第三節 防洪

防洪有各種不同之方法，建築蓄水庫為其中最有效之一種。蓄水庫之作用有二。一為均勻洪水之流量，蓋洪水之所以為害乃因短時間之洪水高峯 (Flood peak)，每非河道所能容納，以致氾濫，蓄水庫則於吸收此種洪水高峯之後，在較長之時間內，洩放於下游，使流量較為均勻。其第二作用乃為控制洪水之時間，蓋河流本流之水患，每因各主要支流之洪水同時齊集所致，如支流上有蓄水庫，將其洪水加以適當之停留，使與其他支流之洪水參差先後，則本流之洪水可以因分散之作用 (Diversity effect) 而減少。茲將防洪與水力發電之關係分別簡述如次。

(一) 蓄水庫之以防洪為主者 利用蓄水庫以防洪，雖甚有效，但其建築費用甚巨，故在世界上仍不多觀。若能利用蓄水庫所造成之水頭，附帶發電，則不獨除害且可生利，經濟方面當有甚大之俾助。惟此種兩用辦法，實際上難免有一缺憾，蓋在發電方面，蓄水庫滿溢之時間愈長則發電愈多，而在防洪方面，則蓄水庫必須放空至相當程度，以備隨時收容洪水，是二者對於蓄水庫之使用，有根本衝突之情形，欲求兩得之道，則必須將河流流量性質加以精密之研究，探求洪水之可能量 (Possible magnitude) 及其時間，然後妥訂各時期中蓄水庫水面最高許可之限度，例如夏季為洪水時期，水面須保持較低之位置，以期安全，冬季洪水無發生之可能，則水面不妨略高，藉以抬高水頭，多生電力，照此方法所生電力自難免多寡不勻，但與整個事業之經濟，或仍不無益助。美國 Hoover Dam 大計劃，即係以防洪為主要目的，同時亦為偉大之水力事業，其顯例也。如此項防洪蓄水庫有充分之容量，具全部調節 (Complete regulation) 之作用，能使河流之流量終年約略平均且又居於河流之上游，則對於附設及在下游之水力發電廠，皆有莫大之好處，為防洪與發電關係之最美滿者，惟此種情形甚罕見耳。

(二) 蓄水庫之以發電為主者 此種蓄水庫雖不以防洪為目的，但對於防洪則有益無害，惟其益處之大小，

難於預計，須視洪水到時蓄水庫水面之情形而定，故不足十分依靠耳。如洪水到時蓄水庫水面適已放低，有剩餘之容量可以吸收洪水高峯，則其益處甚大。如是時蓄水庫適已盈滿，則其效用較微。但若蓄水庫之洩水道(Spillway)係固定式的，無水門等之設備，其洩洪能力必較小，則此時水面必繼續抬高，其吸收洪水高峯之效用，必較爲可觀也。

(三) 蓄水庫之用以發電及防洪者 發電所用之蓄水庫有時可於發電所需要者之外，增加堤壩之高度以獲得額外之蓄水容量，專供防洪之用。此項額外建築經費，由政府或人民團體負擔之。此種辦法對於發電方面全無妨礙，而對於防洪方面，則頗爲經濟，因在堤壩最高之處，每公尺深度所包含之蓄水容量最爲巨大，若單獨建築堤壩，以獲得同樣之容量，其費用必較大也。

第四節 航運

河流傾峻多灘之處，水力必甚豐富，但航行則多艱險，甚至完全不能通航，若能鑿河建築堤壩，升高上游水面，淹沒險灘，化險爲夷，則上游雖在枯水時期亦多能維持相當深度，暢航無阻。若再于堤壩之處，建置船閘(Navigation lock)，則船楫上下尤見便利。若河流中所有險阻之處，皆照此做法，成爲階級形的人工運河，則全流貫通航運利益愈能發展矣。此法稱爲河流運河化，(River canalization)，歐美各國多有之。在堤壩之處上下游水面之高低小則二三公尺，大則十餘公尺，大可利用以資發電，故在歐美河流運河化與水力發展同時并舉頗爲常見之事。河流之通航部份，或其航運急待改良之部份，普通皆在下游，接近海岸之處。此處大都人口繁密，工商發達，對於電

力之需要多甚殷切，故改良航運計劃中，所附帶產生之電力，在經濟觀點上，必富有價值，不虞缺乏銷路。且改良航運需鉅資，航運直接所得之收入，或不足以取償，若能附帶發電增加可靠之收入，其裨助必非淺鮮也。至就用水情形而論，則并無灌溉防洪兩節中所述之衝突性質，蓋船楫由船閘下降所廢水量甚為有限，大抵不致于影響發電之需要也。近年低水頭水力發展之技術日益進步，水力與航運之關係亦愈見密切，茲簡述世界最著名之計劃數則，以資佐證。

俄國之 Dnieper 河計劃，世人多祇知其為世界最大之水電工程，而不知同時實為偉大之改良航運計劃。該河在水電廠地址上下游約六十公里之一小段中，原有險灘九處，小瀑布二十五處，將該河截成兩部份，不能貫通。蘇俄政府現計劃在此段中建築巨壩及水電廠三處，（目前已完成者，係最上游之一處，其餘兩處工程較小。）使該河之航運可以由黑海上溯達二千公里之遠。按自十八世紀以來，即有無數之改良航運計劃，皆因需費過鉅，不能實現，此次所以得最後之成功者，實因同時發展水力之故。歐洲萊茵河自瑞士之 Basle 至法國之 Strasbourg 間，有 108 公尺之落差，800,000 馬力可以發展之水力，法國為謀使此段通航并同時開發水力起見，根據凡爾塞和約而得之權利，開始建築大運河之計劃。在此運河上將有水電廠八所，其中最大者在 MOERS 地方，業于 1933 年完成，（180,000 馬力）。德國對於航運水力之共同發展尤為提倡，其系統化之精神為各國所不及。目前全國與航運有關之水電約有六十處，容量達 380,000 馬力。在計劃中者約有 140 處，容量達 500,000 馬力。目前由中央政府主持積極進行三偉大計劃。一為橫貫中部之運河，供聯絡四主要河流之用。一為 Rhine-Main-Danube Waterway 使萊茵河與中歐腹地貫通。一為 Neckar Waterway 使萊茵河與德國南部貫通。在此三計劃中，水力發展均佔重要之位置。在

美國尤有大規模之計劃，例如 Mississippi 河之 Keokuk 水電廠(150,000 馬力)，Tennessee 河之 Muscle Shoals 水電廠(260,000 馬力)，Ohio 河之 Ohio Falls 水電廠(108,000 馬力)，Columbia 河之 Bonneville 水電廠(120,000 馬力)等，皆係已設立者。在擬議中者則有與加拿大國際共營之 St. Lawrence 河航運水力發展大計劃(2000,000 馬力以上)。

以上所述之水電廠皆係與以提高水面為目的之較低堤壩(weir)發生關係，故皆係低水頭式，其中水頭最高者，推俄國 Dniaper 水電廠，(枯水時為 38.75 公尺)。此外水力發展與改良航運之關係，尚有一種不同之方式，為維持航運所必需之最低深度起見，每須建築蓄水庫，藉以供給所需要之水量，此種蓄水庫多位于上游，其調節作用與灌溉所需之蓄水庫相同，其所造成水頭多較高，可以利用以發電，此種關係較不常見，但近年世界亦不乏顯著之例證，如德國最近完成之 Rheinhahn 大壩。(在 Thuringen 之 Saale 河上，蓄水容量達 215 兆立方公尺，發電廠 59,000 馬力)，及美國在建築中之 Fort Peck 計劃，(在 Missouri 河上游，發電廠最後置 532,000 馬力)，皆是也。在用水方面航運與發電有時不能脛合，其情形大抵與第二節所述相同。

第五節 電氣鐵道

電氣鐵道較之蒸汽鐵道有種種之優點，略舉如次。

(一) 節省燃料消耗。(鐵道用煤佔全部用煤之重要部份，在美國為 24%，在德國為 12%，蒸汽車頭熱效率甚低，約為 4—5%，每公噸公里約耗煤 0.08 公斤，電氣車頭每公噸公里約耗電 0.028 度，合發電廠煤耗 0.02 公斤，若用水電則燃料可以全省，且鐵道須用好煤，發電廠則賤煤亦可利用。)

(二) 增加鐵道運輸能力。(因電氣車頭力量較大，客貨車之重量及數目可以增加，速度較高，停止時間較短，車站處之擁擠可以減輕，且不須運帶自用煤斤，騰出車輛供有收入之用途)。

(三) 維持修理之費用及時間均較少。(車頭軌道及隧道等皆然。)

(四) 薪工費用較省。

(五) 準時可靠。(電氣車頭過載能力甚大，必要時可以增加速度，以趕行程，蒸汽車頭則每因氣候嚴冷及積雪而發生障礙。)

(六) 舒適衛生安全。(因無煙灰。)

(七) 無火患之虞。(蒸汽車頭煙囪所出之火花，常釀燎原之禍，美國某大鐵道採用電氣以保護森林為主要之原因。)

(八) 節省給煤給水及去灰之種種設備。

(九) 適宜于多山之區域。(上坡時速度不致過減，下坡時可用反供法 Regeneration 送回電力于電氣系統，隧道長度不受限制。)

根據 1927 年之統計(註一)，全世界電氣鐵道約有 13,723 公里，歐洲約 8,670 公里，美國約 3,800 公里，約合全部鐵道之 3.5%，電氣鐵道之優點既如上述，何以至今尚未十分發達，其原因有三。(一) 蒸汽鐵道早已密佈世界之重要交通地點，若改用電氣化，不特所費不貲，且原有設備不易處置。(二) 電氣鐵道建築費鉅昂，(在美國每公里約需美金 15,000 至 30,000 元，)在運輸平淡之處，經濟方面之直接利益，或不足償抵固定費用之增加

。(三)近來世界經濟不景氣，巨大資本不易籌集。惟電氣鐵道之里數年有增加，各國多有偉大之電氣化計劃，將來愈見推廣在意中也。

動力在鐵道運輸之業務費用上，為最重要之一項。(蒸汽鐵道35—60%，電氣鐵道30—45%，註二)電氣鐵道所需之電流，可由熱力或水力發電廠所供給，但因水力發電多較為低廉，故電氣鐵道多係利用水力。且電氣鐵道多係建於山地，水力豐富之處，故二者發生密切關係，實為自然之結果。世界電氣鐵道最發達之處，乃在中歐 Alps 山區，意瑞德法之諸國，是處亦為世界水力發展最盛之處，所有電氣鐵道均係利用水力。北歐之瑞典電氣鐵道亦稱發達，亦係利用水力。美國電氣鐵道以里數論，雖居第一，但發達程度則遠遜中歐各國，所用電流雖有大部份乃由熱力發電所供給，但其最主要之電氣鐵道(Chicago Milwaukee, St. Paul and Pacific Railroad)則係全用水力。

第六節 電化工業(註三)

在各種工業中需要電力最多者，莫電氣化學之工業若。故電化工業之發達，必以廉價電力為重要之條件。世界電化工業所以集中于水力中心如美洲之 Niagara Falls，中歐之 Alps 山區(法國瑞士，)及北歐半島(挪威瑞典)者，皆以此故。惟一之例外為德國之電化工業。德國在歐戰中忽促設立之電化工廠，所需要之電力皆係由大規模燃燒褐煤之汽力發電廠所供給，半因時間關係，半因缺乏優越之水力，但近年亦已逐漸改用水力，更足為電化工業必賴水力之鐵證也。

電化工業之產物種類繁多，不勝枚舉。其關係于國計民生極為重大。就其方法而論，可分為兩主要部份。一為

採用交流電之電熱方法 (Electro-thermic process)，一為採用直流電之電解方法 (Electrolytic process)。屬前者之主要產物如炭化鈣 (Calcium carbide)，各種鐵質合金，及由空氣固定之淡氣等皆是。後者始為真正之化學方法，其主要之產物如鋁鈉鎂等之製造，銅錫鉛等之提煉皆是。

世界電化工業所耗電能數頗可驚。依 Hays 氏之估計，1927 年約為 17,000 兆度，其分配情形見第一表。表中最初四項合計佔全部之 72%，其地位之重要可以概見，茲試一考此四種電化工業與水力之關係。

(一) 製鋁工業 「二十世紀為輕金屬 (Light metal) 之世紀，」 「鋁與水力之關係如煤之與鐵，」此兩語說盡鋁與水力之重要。近年鋁之用途日益推廣，前途不可限量，在國防上尤佔重要。目前所用之製造方法，(美國 Hall 氏 1896 年所發明，) 每公斤約耗電能 25 度，其耗電之多，僅次于電弧固氮法，故電流費用為製造成本中最大之一項。世界製鋁除德國外，所以皆靠水力者即此之故。目前全世界產量每年約為 250,000 噸。美國佔最大部份 (約 90,000 噸)。加拿大，法國，瑞士，相若 (約 20,000 噸)。德國年產 30,000 噸，居第二位，向賴褐煤電廠供給電力，但自 1925 年完成 (Innwerk) 大水電廠 (100,000 馬力) 後，其中三分之一已改用水力。英國因乏水力，本國所產有限，乃投資于挪威，為挪威輸出鋁之最大銷場。俄國在 Dnieper 水電廠處新建年出 20,000 噸之製鋁廠，足稱為後起之秀。日本較為落後，多仰給于挪威，但台灣日月潭水電廠現已完成，亦有建廠製鋁之計劃。總之，製鋁最好之原料 Bauxite 法國雖最富有，為各國所不及，但其售價尚非甚昂，且亦有代替之品，故原料問題尚屬次要，而優越水力遂成為第一條件也。

第一表 世界電氣化學工業產量及所耗電能統計表
(根據 Heas 氏之估計參考 Arndt 氏著 "Technische Elektrochemie")

產 物	製造方法	每公斤所需之電能 (度)	1927年全世界之產量 (公噸)	1927年全世界所耗之電能 (兆度)
(1) 鋁 Aluminum	電 解	25	206,000	5,150
(2) 氮氣(電弧法) Nitrogen(arc process)	電 熱	70	40,000	2,800
(3) 氮氣(氰基化鈣法) Nitrogen (calcium cyanide process)	電 熱	12	188,000	2,250
(4) 炭化鈣 Calcium carbide 用于(3)者不包括在內	電 熱	3.2	610,100	2,000
(5) 矽鐵 Ferro-silicon	電 熱	6-15	200,000	1,300
(6) 鋅 Zinc	電 解	4	230,000	900
(7) 各種鐵質合金 Ferro-alloys	電 熱	5-12	80,000	600
(8) 氫氣 Hydrogen	電 解	50	10,000	500
(9) 鈉 Sodium	電 解	15	25,000	375
(10) 銅 Copper	電 解	0.2-0.3 3	1,600,000	350
(11) 磷 Phosphorus	電 熱	10	33,000	330
(12) 石墨 Graphite	電 熱	8	24,000	200
(13) 金剛砂 Carborundum	電 熱	4	40,000	106
(14) 炭化矽 Silicon carbide	電 熱	9	8,000	70
(15) 鎂 Magnesium	電 解	20	2,000	40

1927 年全世界電氣工業所耗之電能合計 17,000 兆度

(二) 炭化鈣工業 此物係由焦炭及石灰在電爐中混合燃燒所製成。新式之電爐皆係三相交流式，小者 2,000 瓩，大者 15,000 瓩，每公斤約耗電能三度至四度，電費在成本中亦佔重要部份。其主要用途除與水混合製成 Acetylene 供裂鋼及點燈之用外，大部份係與氮氣化合，製成氰基化鈣 (Calcium cyanide)，供肥料及其他氮氣工業之用。德國炭化鈣工業最為發達，全德有十二廠，產量冠于各國，每年約 400,000 公噸，合全世界之 40% 左右，其中四分之三皆供繼續製造氮基化鈣之用，電力來源褐煤及水力并有。至于其他主要出產國家如美加法意瑞挪等大都皆用水力。

(三) 氮氣工業 氮氣為肥料及炸

藥所必需，關係農業國防至為重要。氮氣之來源，除智利之天然硝及由製造焦炭及煤氣所得之副產外，乃由固定空中氮氣而得，簡稱為氮氣工業，為一國主要工業之一。固定空中氮氣有三種方法。(一)電弧法 (Arc process)。(二)氰氨基化鈣法 (Calcium cyanide process)。(三)氫化合法 (Synthetic ammonia process)。第一種方法雖不需原料，但因耗電過多，繼以挪威水力之廉，亦感不經濟，故有淘汰之趨勢。第二種方法係用炭化鈣在電爐中與氮氣化合而成氰氨基化鈣，此法耗電亦甚多，非水力不可。第三種方法最為重要，此法因所需氮氣來源之不同，又可分為各種不同之方法。如用電解法由水中取得氫氣，(第一表中第八項)則所耗電能亦甚可觀。

綜上所述，可見電化工業在電耗之觀點上，實集中於製鋁工業及氮氣工業兩種也。

註一 Höring: 'Elektrische Bahnen' P. 2

註二 'Economics of Electric Traction for Trunk Line Railroads'

Trans. World Power Conference Berlin XII P. 137

註三 本節主要參考材料為 Arndt: 'Technische Elektrochemie'及 'Wasserkraft Jahrbuch' 1925/26

第六章 世界水力發展概況

第一節 可發展之水力

可發展之水力(Potential water power)指已發展之水力(Developed water power)及有發展可能之水力之合計而言，一國之可發展水力即指該國天然水力資源之總值也。世界可發展之水力究有若干，至今尚無精確可靠之統

計。一因世界各國對於本國水力資源舉辦整個周密之調查者尚不多觀，二因各國所用計算或估計之方法多不一致，縱有數字發表亦難于綜合計算，美國地質調查所自 1920 年起每年有全球水力統計之發表，惟其準確程度頗有疑問，蓋大部份材料完全根據臆斷，一部份且與各國自身所發表者不能相符也。現世界動力協會倫敦總會正在編訂萬國動力年鑑，規定種種標準之計算方法及統計範圍，向各國徵集可靠之材料，約于本年年底可以竣事，屆時吾人對於全世界水力資源之實在情形當可得較正確之觀念也。

一國水力資源之整個調查，本非易事。第一須將全國主要河流實地勘察，選定可利用之水力地點 (Water Power site)，挑選時須考慮其實際開發可能性，此點須靠眼光與經驗，頗受主觀見解之影響。第二須測定在水力地點可以證得之全部水頭 (Gross head)。第三須測定其流量情形，如無實在之流量記錄，則祇好用雨量記錄間接推測流量之約數。此種調查最好由政府專設機關通盤籌劃有系統的分區次第辦理，若欲在較短時間內，一氣調查完竣，則結果多難滿意，且需費甚鉅。日本曾于 1911—1913 及 1918—1922 舉行兩次調查，第二次所需經費，達日金 1,440,000 元之多。

關於可發展水力之計算，世界動力協會已採用國際電工技術委員會 (I. E. C.) 1930 所決定之標準，其要點如下：

(一) 可發展水力等於所有水力地點全部容量 (Gross capacity of water power sites) 之總和，以瓦為單位，并以理論工率 (即水輪效率 = 100%) 為根據。(按各國多用馬力為單位，萬國制與英美制有相同，水輪效率假定亦不一致 70%、75% 或 80%)。

第二表 世界各洲之水力
(美國地質調查所1931年所發表之估計)

洲 別	(1) 可 發 展 之 水 力		(2) 已 發 展 之 水 力	
	馬 力	%	馬 力	%
非 洲	190,000,000	42.5	33,000	0.1
亞 洲	71,000,000	15.9	4,000,000	8.7
北 美 洲	69,000,000	15.4	21,800,000	48.0
南 美 洲	44,000,000	9.9	900,000	1.9
歐 洲	56,000,000	12.5	18,400,000	40.5
大 洋 洲	17,000,000	3.8	370,000	.8
共 計	447,000,000	100.0	46,000,000	100.0

註(1)根據全年 90% 時間內所常有之流量及 70% 之水輪效率

註(2)指水輪之裝置容量

(二) 水力地點全部容量之計算方法如次：

$$P = \frac{1,000 Q H}{75} \times 0.736 = 9.8 QH$$

(三) 水力地點全部容量須根據三種不同之 Q 分別算出：

(a) Q95 = 每年 95% 時間內所常有之天然流量，

(b) Q50 = 每年 50% 時間內所常有之天然流量，

(c) 算平均之流量 (Arithmetical mean flow)。

自第二表中可概見世界各洲水力分佈之情形。全世界可發展水力為 47 兆馬力，非洲佔最大部份，亞洲北美及歐洲相若。非洲乃一高原，河流多其廣大而峻陡，雨量亦甚饒足，故所蘊蓄之水力最為豐富。亞洲面積雖最廣大，一部份亦係高原，但雨量甚欠均勻，大部分且甚感缺乏，故水力反不若非洲之富。北美之主要水力中心有二，一在東岸 Niagara 及 St. Lawrence 兩河之流域，一在西部沿海地帶。歐洲之主要水力中心亦有二，一在中歐 Alps 山脈，一在北歐 Scandinavia 半島。

第三表所列十二國係水力事業最發達之國家，其他國家中雖有

第三表 世界水力事業最發達國家之水力概況

(1) 國別	洲別	可發展之水力				已發展之水力				電氣生產					
		美國地質調查所估計 1931年發表		(3) 本國所發表 表載為可靠之材料	述 要	美國 AIEE 估計 1933年情形		(6) 巴黎國際 電業聯合會統計 千 瓩	述 要	(7) 1932年全 部之產量	其中由水力發電 廠生產者		述 要		
		(2) 兆馬力	馬力/方公里			(4) 兆馬力	(5) 發展馬力/人口 程度(%)				兆度	兆度		%	
美國	北美洲	38.0	4.8	38,000,000馬力	分佈不得宜70%在密西西比河之西40%集中於太平洋岸三州而人口則大部在該河之東	15.8	14	0.43	9,708 (1932)	約60%在密西西比河之東約25%在太平洋岸三州水力發展應由國家經營或人民經營或為政治上重要問題羅斯福上台後以國家力量大規模開發 Tennessee 及 Columbia 兩河之水力	80,158 P	34,962	42.4	加州水電產量最多紐約州次之 Niagara Falls 區為電化工業中心東北為製紙中心東南為紡織中心皆賴水力	
加拿大	北美洲	18.0	1.9	20,347,400馬力 枯水輪效率80%	分佈得宜工業最發達之省份如中部之 Ontario 及 Quebec 水力亦最豐富其他水力較少之省份則有煤產甚富	7.0	13	0.67	4,648,000 (1931)	歷年大規模開發水力堪與美國相伯仲 Ontario 省由政府經營全省水力及電氣事業成績卓著	16,052 P	15,726	98.0	電流用途製紙為主採礦及電化工業次之一部份輸入美國	
意國	歐洲	3.8	12.2	6,760,000瓩 六個月時間	多在北部Alps山區	7.0	61	0.17	4,290 (1932)	因不能採放原動力應全靠水力區域之水力地點多已開發無餘巨大蓄水池頗多政府現有偉大之鐵道電氣化計劃在積極進行中 1929年20,000瓩以上者有34處	10,227 T	9,934	97.0	全部產量70%以上乃在北部一小部份係由瑞士輸入電氣鐵道約用10%電化工業約用22%	
法國		5.4	9.8	4,600,000馬力 90%時間	多在東部以Alps山區為最多 Rhone流域次之西南部之 Pyrenees 山區水力亦富	4.0	25	0.09	2,550 (1932)	Alps 山區及 Rhone 之東部流域水力最為發達佔42%巨大蓄水池甚多最近來尚河有大規模開發水力改良航運之計劃 1932年10,000瓩以上者有76處	13,590 P	5,882	43.2	巴黎及 Lille 兩工業區多用熱力發電里昂區則多用水力一部份由瑞士輸入電氣鐵道及電化業均極發達	
德國		2.0	4.2	8,855,000馬力	多在南部以 Bavaria 邦為最多佔42% Baden 之山區水力亦富	3.5	58	0.05	1,020 (1931)	水力事業頗為發達但因產煤豐富故水力發電除在 Bavaria 邦外不佔重要之位置近年與瑞士共同開發萊茵河上游低水頭之水力甚為積極水頭蓄式之水電廠在德國最為發達 Herdecke 194,000馬力	23,460 T	4,021	17.1	一部份電流由瑞士及奧國輸入電化工業多漸改用水力	
瑞士		2.5	61.0	2,500,000馬力	全國大部份在Alps高山區河流短陡雨量豐沛故水力豐富且多高水頭水力地點天然湖沼亦多供調節流量之用	3.5	47	0.86	1,120 (1932)	北部萊茵河上有巨大低水頭水電廠南部 Alps 山區多高水頭世界1650公尺最高水頭之水電廠即在瑞士	4,807 T	—	≈100.0	產量之25%輸與德法意諸國電氣鐵道及電化工業均甚發達	
奧國		1.7	20.0	1,657,000馬力 枯水	面積雖小水力亦頗豐富 Alps 山區之 Tirol 省最多	1.0	20	0.17	—	近年水電事業亦頗發達在與德瑞交界處有大規模水電廠與德國 Rhur 工業區之汽電廠聯絡	2,400 T	—	—	大部份係由水力發電廠供給一部份輸入德國	
挪威		北歐	9.5	29.4	9,200,000瓩	水力豐富與瑞士并稱大部份集中於西部臨海地帶多形勢天成可資大規模開發且接近海岸交通便利故建築費廉	2.5	9	0.89	1,701 (1930)	水力事業已甚發達但仍有巨量廉價之水力可資開發故有極電與丹麥德國之擬議電化工業甚為發達多係與外國共同經營 1930年10,000瓩以上者有29處	9,150 T	—	≈100.0	每人每年耗電超過三千度為各國冠家庭用電極其暢裕電化工業用50%以上
瑞典		北歐	5.0	11.2	6,500,000瓩	分佈不得宜77%集中於人口稀少工商未發達之北部	2.0	13	0.32	1,300 (1931)	75%皆在南部一部份屬於國家或地方政府所經營其電流產量佔全部之43%	4,903 T	—	≈96.0	產量之81%用于大工業其中以製紙為首要電化工業次之
俄國		其	8.4	0.8	歐洲部份 21,000,000馬力 西伯利亞 41,000,000馬力	歐洲部份大部地勢平坦雨量不多故水力不甚豐富除高加索山區外缺少高水頭之水力	1.0	4	0.01	—	1922起始有偉大發展多係低水頭且多與改良航運及灌溉事業發生關係現尚有數大計劃在進行中	13,390 T	—	—	目前大部份仍由熱力發電廠供給但水力發電廠之地位將更趨重要
西班牙	他	4.0	7.9	—	地勢雖高但雨量不足故水力并不特別豐富大部份在 Ebro 河之北部流域	1.2	10	0.05	925 (1932)	大部份在 Ebro 河流域多與灌溉同辦	2,795 P	2,500	90.0	大部份係由水力發電廠供給	
日本	亞洲	6.0	15.7	5,130,000瓩 理論工率 平常枯水	山多雨足水力豐富70%在本洲中部是處人口最稠密工業亦最發達故分佈可稱得宜	5.6	31	0.08	2,986 (1932)	74%在本洲之中部全日本帝國10,000瓩安以上者有103處最大者在朝鮮180,000馬力本國最大者為108,000馬力曾舉辦全國水力調查兩次	15,951 P	14,337	90.0	汽力發電容量僅達1,306,000瓩但多供備用故發電廠佔10%	

(1) 據中十二國為世界水力最發達之國家已發展水力均在一百萬馬力以上者合計約等全世界之50% (2) 根據全年24小時內所常有之流量及20%之水輪效率 (3) 多係根據本國所推定電業之電廠，T指所有電廠包括工業電廠在內 (4) 指已在運用中之水輪發電容量 (5) 假定水輪之製置容量等於發展水力之三倍 (6) 單指供電業之電廠 (7) P 指供電業之電廠，T指所有電廠包括工業電廠在內 (8) 據中十二國為世界水力最發達之國家已發展水力均在一百萬馬力以上者合計約等全世界之50% (9) 根據全年24小時內所常有之流量及20%之水輪效率 (10) 多係根據本國所推定電業之電廠，T指所有電廠包括工業電廠在內 (11) 指已在運用中之水輪發電容量 (12) 假定水輪之製置容量等於發展水力之三倍 (13) 單指供電業之電廠 (14) P 指供電業之電廠，T指所有電廠包括工業電廠在內

豐富之水力，但因目前尚未開發，故未列入。自此表中可見以數量言，美國加拿大俄國為最，但若就水力密度論，則瑞士居首，挪威次之，日本瑞典奧國意國亦均為水力甚富之國家。

可發展水力若分配不得宜，則為量雖大亦未為優越，就此點而論，加拿大日本挪威等均較美國瑞典等勝一籌也。

第三表係由作者根據各國之最新材料而編製，用簡單數語說明各處可發展及已發展之水力及電氣產量之要點，藉使讀者得一概念。

第二節 已發展之水力

較大規模之水力發展，多限於工業較為發達之少數地域，在此種地域中，調查統計多知注重，故欲知目前全世界已發展水力之數字，較之可發展水力略見容易，但因各國對於報告本國水力之範圍及方法尚未一致，故目前仍缺少精密可靠之全世界統計。現世界動力協會對於此點亦已規定以1,000瓩以上之規範為限，且將發電與非發電者分別統計，將來當較易於比較矣。

依美國地質調查所1931年所發表之估計（第二表），截至1930年底止，全世界已發展之水力約為46兆馬力。按該所以前估計，1920年為23兆馬力，1928年為29兆馬力，1926年為33兆馬力，是十年之中，適已增加一倍，世界水力事業之進展，可稱迅速矣。

第二表中已發展之水力係指水輪之裝置容量，普通恆為以枯水為根據之可發展水力之二三倍，故目前世界已發

展水力約等於全部水力資源之 40%。在各洲中北美最為發達，歐洲次之，兩洲合計幾等於全部之 60%，亞洲之數字幾全部為日本一國所代表，非洲蘊蓄水力雖最豐富，但開發則為落後。

自第三表中可見以數量論美國之已發展水力又復居首，加拿大次之。以發展程度論，則中歐意德瑞各國皆較高，以每個人口所攤之水力論，則以挪威瑞士為最多，加拿大次之。表中十二國 1933 年已發展水力之共計約為 54 兆馬力，佔全世界之 30%。（按 AIEE 估計 1933 年全世界約為 60 兆馬力，見註一）。水力事業發展之集中，可見一斑。

近年世界特別大規模之水力發電計劃日見增多，據美國 AIEE 之調查，容量在 200,000 馬力以上之水電廠，在 1933 年中已完成及已在建築中者，全世界共有 12 處。（在計劃中或尚未動工者，均未計入）。其中 8 處乃在北美，最大者乃美國 Columbia 河 Grand Coulee 計劃，其最後容量為 2,650,000 馬力（註一）。

第三節 水力在世界動力生產上之地位

在人類歷史演進之中，文化愈進步動力之使用亦愈多，太古時人類祇知利用人畜之筋肉能力，繼則漸知利用水力及風力，近代各種機器發明之後，始知利用燃料之熱能，使變為機械動力及電氣動力，以供給現社會各種複雜之需要。

地球上人畜筋肉能力以外之天然能力，可大別分為兩類（見第一圖），一為有窮期的，用之則亡，若干年後必全歸消滅，一為無窮期的，與地球相終始，用之不竭。現時世界動力生產最重要之源泉，第一為煤（其中尤以煙煤

第四表 世界之動力生產
(以10⁹英熱單位)

動力之源泉	1913		1920		1923		1925	
硬 煤	34,986	85.5%	33,739	78.7%	34,797	71.1%	34,400	71.9%
褐 煤	1,250	3.0%	1,470	3.4%	1,520	3.2%	1,730	3.6%
石油及煤氣	2,938	7.2%	5,030	11.7%	7,081	15.1%	7,700	16.1%
水 力	1,750	4.3%	2,660	6.2%	3,580	7.6%	4,000	8.4%
共 計	40,924	100.0%	42,899	100.0%	46,978	100.0%	47,830	100.0%

註：本表係根據美國礦務局 Tryon 氏之估計

為主)，石油次之，水力更次之。此三者之中，煤之比較重要性已漸漸減輕，石油則因近年汽車飛機等之進步，需要激增，水力亦因近年發展迅速，愈見重要，凡此情形可於第四表中見之。

為便於明瞭世界動力生產之整個狀況起見，所有世界之燃料消耗（假定全部作為生產動力之用）及水力發展可化為共同之依據（Common basis）此種依據可為熱能電能或煤之噸數。第四表係根據美國礦務局之估計（註二），表中以英熱單位為依據，表示 1913, 1920, 1923 及 1925 各年份中世界動力生產之狀況。自表中可見硬煤自 85.5% 降為 71.9% 石油煤氣則自 7.2% 升為 16.1%，水力亦自 4.3% 升為 8.4%，其彼此消長之情形可見一斑矣。

世界動力協會在所出版“Power Resources of the World”一書中，載有 1927 年世界動力生產之統計表（見第五表）。對於各洲動力狀況表示甚為詳密。由此表中可知歐美兩洲之動力生產，佔全世界之 92.4%，其物質之進步於斯可見。在各種動力源泉中，石油佔 15.8% 居第二位，其中之 84% 乃在美洲，多係供汽車飛機輪船等交通工具之用。水力在全世界中僅佔 5.1%，故其地位尚不十分重要，惟目前世界煤耗中鐵路用煤佔重要之部份，將來鐵路電氣化推行之後，水力更須發展，其重要程度必漸增加也。

第四節 水力在世界電氣生產上之地位

水力在世界動力生產上所佔之地位雖不甚重要如上節所述，但在世界電氣生產上，則為主要之源泉，蓋電氣生產限於固定之動力廠 (Stationary power plant)，其能力源泉以煙煤為主，其次即為水力。目前世界熱力發電廠之發電容量雖較水力發電廠超過頗多，但水力發電廠之使用時間較長，(即 Capacity factor 較高) 故其電能產量並無遜色。依世界動力協會之估計，全世界 1927 年之電氣生產約為 190,000 兆度，其中由水力所生產者約為 84,800 兆度 (見第五表)，是水力發電約佔全部之 45%，其地位之重要可以想見矣。

關於世界主要國家電氣生產之材料，現由巴黎國際電業聯合會 (Union Internationale des Producteurs et Distributeurs d'Energie Electrique) 徵集刊佈，其範圍包括四十餘國，可稱周密。在 1932 年中電氣生產超過 1,000 兆度者，據所報告共有二十一國，查吾國是年全國發電 1,288 兆度，恰好加入，列為第二十二名。此二十二國中除英國 (United Kingdom) 外，其電氣生產最多者均已列入第三表中，英國因水力事業不發達，故未列入，(英國 1932 年全國發電 17,139 兆度)。

依全部電氣產量中水力發電所佔成分之多寡，此二十二國可分為三組如下：

- (一) 全部分或最大部分係由水力發電廠供給者計十國：
加拿大，意大利，瑞士，奧國，挪威，瑞典，西班牙，日本，芬蘭，墨西哥。
- (二) 較小部分係由水力發電廠供給者計三國：

美國，法國，德國，

(三) 全部分成最大部分係由熱力發電廠供給者計九國：

英國，俄國，荷蘭，比國，捷克，阿根廷，波蘭，中國，澳洲聯邦，

註一： Electrical Engineering

註二： Power Resources of the World P.79

第五表 世界之動力生產(1927年)

共同之 單位	動力之源泉	歐 洲	美 洲	亞 洲	大洋洲	非 洲	全 世 界	
							共 計	%
煤 (以光噸為單位)	硬 煤	615.5	557.2	74.4	17.2	12.1	1,276.4	77.0
	褐 煤	33.6	1.0	—	—	—	34.6	2.1
	石 油	24.8	222.0	14.6	—	—	260.0	15.8
	水 力	35.0	42.0	6.5	0.9	0.4	84.8	5.1
	共 計	708.9	822.2	95.5	18.1	12.5	1,655.8	100.0
熱能 (以10 ⁹ 公熱為單位)	硬 煤	3,693	3,343	446	103	73	7,658	77.0
	褐 煤	201	6	—	—	—	207	2.1
	石 油	168	1,332	87	—	—	1,587	15.8
	水 力	210	252	39	5	2	508	5.1
	共 計	4,272	4,933	572	108	75	9,960	100.0
電能 (以兆度為單位)	硬 煤	615,500	557,200	74,400	17,200	12,100	1,276,400	77.0
	褐 煤	33,600	1,000	—	—	—	34,600	2.1
	石 油	24,800	222,000	14,600	—	—	260,000	15.8
	水 力	35,000	42,000	6,500	900	400	84,800	5.1
	共 計	708,900	822,200	95,500	18,100	12,500	1,655,800	100.0
			42.8%	49.6%	5.8%	1.1%	0.7%	100.0%

註：本表係由世界動力協會所編製，計算時係根據下列之假定

- (1) 煤之含熱量每公斤為6000公熱
- (2) 褐煤4噸等於硬煤一噸
- (3) 石油之含熱量比硬煤多57%
- (5) 發電每度耗熱量5000公熱
- (6) 水力發電度數係根據實在統計

以「無功能」改善電力價格芻議

羅世襄

概論

年來吾國電氣事業，較有進展。據建設委員會「中國電氣事業統計」第四號所載，二十二年全國發電容量，較二十一年計增一萬五千餘瓩，約加 3.4%，實在發電度數，亦增九十餘萬度，約加 20%，誠如該統計所言，在一切事業不景氣中，獨電業猶有相當發展，殊堪欣慰。惟衡以吾國幅員之廣，物產之豐，人口之多，該項進展程度，似又不能不認為迂緩，而令人生羨中不足之歎。揆厥原因，雖曰政治不安定，國民經濟破產，而電業本身技術與營業方法之欠精良，亦能為阻礙發展之重要因素。故關於技術之改進，應從訓練人才，使具有高深學理，豐富經驗，廉潔操守，指揮能力四項原則着手。至改良營業，則應從低廉與公允之電價着手。換言之，即電價之規定，必依據發電成本，當地油煤燃料競爭情況，及便於運用，易於解釋之合理化範圍。總之，凡能使用電密度，負荷因數，分散因數，馬力因數，同時增高者，其價方為愈廉而愈公允，此關係於本地工農業之發展至鉅，即認其與技術佔同一重要地位可也。查吾國用電，約分電光，電熱，電力三種，尤熱之營業價格，除各小電廠外，大都尚切實際，獨電力價格，僅適合上述一部份原則，其去合理化範圍尚遠，况其關係國家社會之整個利益，年來需要，已不在電光之下，又烏可忽乎。參閱後表：

民二十二年全國發電度數分析表（根據二十三年建委會中國電氣事業統計）

全國發電力總度數 194,625,613度
 全國發電光總度數 194,418,454度
 其他總度數 202,357,177度
 全國發電總度數 591,401,304度

即知電力總度數，與電光總度數，各約佔全國發電總度數32.9%。又如建設委員會成壑壩電廠，電力售電，達四三二〇瓦，亦佔全廠機量39.2%。故今日之電力價格問題，殊有值得研究與改良之必要。按現行電力價格，為需要制中之阿卜根法 (Hopkinson Method)，即基本與流動電費二種，及杜赫帝法 (Doherty Method) (註一)，(參閱後表)：

全國大電廠電力價目表

城市	電業人	容量單位	現行電力每度價格以分爲單位	備考
上海	上海電力公司	161,000	4.5—0.588	大用戶另訂合同按馬力因數增減
上海	法商電車電燈公司	23,320	4.5—3.5	大用戶另訂合同按負荷因數增減
廣州	市電力管理委員會	24,000	10.5—7.0	
南京	首都電廠	22,500	6.0—3.0	大用戶分基本電費與流動費最低2分
上海	開北水電公司	20,500	7.0—4.6	大用戶另訂合同每度最低2分

杭州	電氣公司	20,100	6.4—4.0	大用戶另訂合同最低2分
北平	華商電燈公司	20,035	10.0—3.0	
九龍	電力公司	19,500	7.0—0.0	
漢口	既濟水電公司	16,500	8.0—5.0	
上海	華商電氣公司	16,000	6.2—4.2	
天津	比商電車電燈公司	15,300	10.0—3.0	
武進	威靈頓電廠	11,000	5.5—3.0	大用戶另訂合同大極與京廠同最低2分

按首都與威靈頓兩廠容量係根據二十三年十月兩廠事業報告

採用前法者，有京，滬，杭，武進各大電廠。採用後法者，有上海電力公司，及上海法商電車電燈公司。其餘如平，漢，津，粵各廠電力合同，雖不能詳，要亦不能越出上述兩法範圍。考該兩法雖頗簡單，而因用戶設備與運用之不同，其需要之「無功能」與「有效能」，(Reactive energy and active energy) 亦隨而各異。因之馬力因數，變化頗大，無功能之產生與浪費亦多。若僅按規定馬力因數，及較高負荷因數，以作電價標準，已給發電廠與用戶以重大損失，(此理由詳後篇) 何況即並此兩因數而不顧之廠，尤佔多數，此電力價格之應改良，實成爲急切需要也。

一 無功能淺釋

二十年前，歐美各國電力合同，頗與吾國現有者相似，即僅有馬力因數之名詞，洎近十載，始有「無功能」字跡之發現。茲不論其名稱為何若，證諸大部份電機之旋轉，胥有賴于磁路之勵激，則為必然事實。依「依利約氏」(Ilivici) 電動機之「磁能」，(Magnetic energy) 隨供電源為轉移，供電源如為交流，磁能必生變化，蓋當交流之盛度 (Amplitude) 次第增高，則電動機吸收「磁能」，盛度次第縮減至零則供給之，而使完整週期之後，電路供給于電動機之磁能趨于零值，故通常之「有效能」電表或瓦特表不能記載該項「磁能」，僅錄其變為熱力與機力之能而已。(註二) 故「無功能」雖不能變為熱力與機力，而為電動機磁力之源，促成機之旋轉，又屬必然事實。惟其弊亦在所不免，即一則該「無功能」來自電機中之「勵磁電流」，結果電流增高，勢必加大勵磁機及感應器之容量，以補償額外之基爾損失 (Joule loss)。再則當其在發電機供電路變壓器電動機之間，長期通過，結果產生電與磁之兩種損失，供電路中「有效能」之供給，頗有受其限制之可能。之二者，胥為增加電力成本之又一因。故發電廠應規定「無功能」以相當價格，并使未用「無功能」用戶所需之「有效能」價格，為之減低，庶免畸輕畸重之弊。

一一 無功能之補救^(註三)

1. 設備馬力因數

在特種情況下，依斯達德氏 (Stadler)，凡用戶之設備馬力因數之微低現象，多由可以部份避免之錯誤而產生

，自宜設法免除，使利用附帶方法所得之調劑，愈易而愈經濟，庶最低費用，可達增高全部效率之目的。即以電動機之負荷及應用時間而論，在在均與用戶廠之全部運行有關，故中級及低級馬力之用戶工廠，尤宜採用較高馬力因數之機。至供連續動作及負荷過度變化之變壓器，則以損失較少之器為宜，惟上列兩項機器，價格較昂耳。又如以用戶工廠之全部運行而論，則在同一速率下，其馬力因數，隨電動機馬力之強大而增高，在同一馬力下，其馬力因數，隨電動機速率之微弱而降低，故用戶廠對於製造同種物品之連續各機，或同性質之各機，則以少數之強大電動機拖動之，較為有利。若特別設備項下之蓄電池及自動調節電動機同期機等，尤能特別提高馬力因數，亦用戶方面節省「無功能」自動控制之最良設備也。

2. 運用馬力因數

(a) 按上述設備，雖足以挽救馬力因數之降低，而在運用時期，亦有難以避免之原因在。即當電動機之負荷縮小，其所需之「復時」(R.V.H.)數，亦隨遞減，但其磁路上之勵磁電流，反瀕於比較固定數值。若該機再續降至空轉時期，其馬力因數之縮降，亦極速，最低可達15%，此「開維愛時」(K.V.A.H.)數，大量超越「復時」數之原因也。同樣現象，兼可發生於變壓器內，蓋如用戶遇工業不景氣，或本身發生意外而縮小範圍工作時，其所需「有效能」雖大縮減，但所需「無功能」仍與之同量，因而平均馬力因數之降低，恆達50%，此已為商業上不能承認之數，即歐美普通供電合同，亦多規定以取締之。故馬力因數若降至50%以下，則屬違法，即發電廠除科用戶以罰金外，并有拒絕續供之權，斯為公允。

(b) 由上述證明：用戶之設備與運用，偶一不慎，均有直接增加「無功能」，間接減低馬力因數之可能。但依

(Stadler)及(Toupe)兩氏檢驗結果，認為「無功能表」所載之「開維愛時」數，又純由發電廠與供電路諸外界原因而來，蓋如發電廠之電壓增高，週率減少，均足以減低馬力因數，(按無功能表之反向動作可調整上述現象)而變壓器或電動機之電壓既被增高，至其規定程度以上，其馬力因數，亦有顯著之低降，該低降程度，據該兩氏經驗約如下述：

(甲) 設有馬力二〇匹，電壓二二〇伏之電動機一座，如發電廠電壓之增高為13%，則影響於無負荷馬力因數之縮減為16.2%或17%，無負荷電流之增高達30%。曾經各種大小工業設備(自一八五至三四〇匹馬力之設備)之驗算結果，證明電壓之增高，如超過規定10%，則無功能之消耗，亦由25%增至61%，馬力因數降低，亦自30%降至11%。反之如電壓有同量之縮減，則無功能消耗自25%降至19%，馬力因數自20%增至30%。茲為挽救低落馬力因數計，用戶方面宜選辦較供電電壓略高之電動機，方為有利。但遇最大負荷時，電動機之最大偶力，亦必隨電壓之低落而急遽縮減，終而產生停動之患，此又不可不慎也。

(乙) 設有週率二五馬力，二〇〇開維愛之變壓器一座，其供給規定二〇〇伏電動機之電壓為一八五伏，因此每月之平均馬力因數為70%，若代以週率五〇，電壓二三〇伏之變壓器，則該馬力因數，即降至45%。據此可知變壓器之常數，若與供電源常數，稍有差池，影響於馬力因數者至鉅。此皆由用戶徒購廉價機器，未嘗或未能兼顧雙方常數，致蒙該項重大損失也。至欲使供電壓之永久固定，殆不可能。例如在微弱負荷時期，即使電壓超過10%，亦屬合同上特許之超量。故無論負荷在微弱與盛大時期，其發生之過量「開維愛時」數，雖非用戶之設備與運用技術所能避免，而每月平均馬力因數之縮減，給用戶以不利，又屬當然現象也。

三 歐美現行「無功能」訂價公式

1. 各項馬力及馬力因數之公式 在三相供電式中，供給異期電動機 (Asynchronous motor) 之電流，可視為產生工作之有效式電流，(或瓦特式電流) 與無功式電流 (或反瓦特式電流或不產生任何工作之勵磁電流) 組成直角形，以給一組合電流。(即安培表上能抄見之電流) 該電流與電壓之積，即稱為外見馬力 (Apparent Power)。

外見馬力

$$P = EI/\sqrt{3} \quad \text{K. V. A.}$$

有效馬力

$$A = EI/\sqrt{3} \cos\phi \quad \text{K. W}$$

無功馬力

$$R = EI/\sqrt{3} \sin\phi \quad \text{K. V. A. R.}$$

無功馬力與有效馬力之比為

$$R/A = \text{Tan}\phi$$

有效馬力與外見馬力之馬力因數

$$\cos\phi = A/P$$

有效馬力與無功馬力之馬力因數

$$\cos\phi = \frac{1}{\sqrt{1+\text{tan}^2\phi}}$$

上列各關係可於右圖表之

圖 表

2. 外見馬力與無功能訂價 在普通眼光視之，認為無功能訂價問題，只須給「有效能」以每「預時」P 數之銀價，而「無功能」以每「開維愛時」，P' 為數之銀價足矣。實際上，該簡單價格，殊欠公允，即歐洲現行無功能訂價公式，亦頗多衝突之處，爰將各式列后。

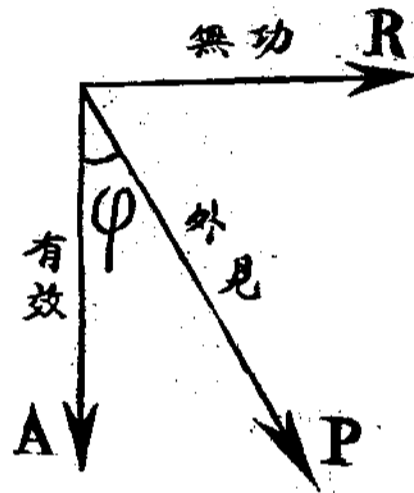
第一公式

據一九一九年十二月，法國公共工程部所公佈，關於「無功能」訂價之規定：即以每兩次抄見有效能度數之時間內所得有效能度數，與特種表同時所抄得「無功能」數乘以 80% 之數相加，即得「無功能」與「有效能」之和，亦稱複能 (Complex energy)。

(甲) 複能 = $A + 0.3R$

嗣後修正為

(乙) 複能 = $A + 0.2R$



第二公式

凡交流電動機，在規定與繼續轉動中，馬力因數不應低於80%。否則所耗度數，應依 $0.9/\cos\phi$ 之比例而增加之。

第三公式

用戶馬力之確定，全賴最高需電表(Max. demand meter)。若用戶之每月平均設備馬力因數低於80%，則每度之價格，(連修正數在內)在每1%之差數下，應加以1%之數。

第四公式

用戶所需「開維愛」之確定，賴「有效能」與「無功能」兩種表之每月平均馬力因數，除最高需電表上之「預」數而得之，至比例價格，僅適合於不低於80%之馬力因數。若特種表所載「無功能」「開維愛時」數，超過所需度數「或預時數」75%，($\cos\phi = 80\%$)則每月所需「預時」電費，為該「預時」數加3%「開維愛時」數，減70%與3%之相乘積之該「預時」數，再以每「預時」價與前二項相乘，即得每月預時電費。

3. 各種訂價公式之比較 為便利比較起見，在計算每年之固定電價，及每戶每月購電費用時，可假定在某定時期內，某用戶之平均馬力因數，超過50%，動能消耗為四〇〇〇「預時」，「無功能」為七〇〇〇「開維愛時」，其基本電費每「預年」為十六元八角，每「預時」為五分五厘。

由第一公式得：

$$\text{甲項 用電} \quad 4000 + 0.3 \times 7000 = 6100 \text{ 度或時}$$

總電費 $6100 \times 5.5 = 335元$

乙項 用電 $4000 + 0.2 \times 7000 = 5400度$

總電費 $5400 \times 5.5 = 297元$

由第二公式得：

每預時價 $5.5 \times \frac{0.9}{0.5} = 9.9分$

總電費 $4000 \times 9.9 = 296元$

由第三公式得：

最高需電表為五〇瓩

每年固定費 $50 \times 16.8 = 840元$

常例馬力因數應為80%，今若降至50%，則電費亦應增30%。故：

每預時費 $5.5 + 1.65 = 7.15分$

總電費 $4000 \times 7.15 = 286元$

由第四公式得：

外見馬力（按最高需電表所載為五〇瓩）

$$\frac{50}{0.5} = 100匹馬力$$

每年固定費 $100 \times 16.8 = 1680元$

比例價格之公式爲：

$$K.W.H. [1 + 0.03 \left(\frac{K.V.A.H.}{K.W.H.} - 0.7 \right)] \times \text{每瓦時電費}$$

$$\text{總電費} = 4000 \left[1 + \left(\frac{7000}{4000} - 0.7 \right) 0.03 \right] \times 5.5 = 223 \text{元}$$

綜上述結果，證明基本電費中之每年固定費，如以開維愛計，需一六八〇元，如以預計，需八四〇元，兩數相差，竟達二倍。至流動電費，亦因馬力因數公式之各異，而自二八六元增至三九六元，兩數相差，亦達38%。上述四種，皆爲不十分合理而急待改正之公式，故將來計算應注意下列各項。

四 吾國今後計算「無功能」應注意各點

綜合上述數項觀之，「無功能」與供電者及用電者之關係，既如是其重要，若略而不計，固不合理，即計而不當，亦流弊滋多。以吾國供電現狀言，電力既佔相當地位，「無功能」給價之需要，亦應與「有效能」等量齊觀。庶幾未來之設備與運用，可望增加可靠之保障與無謂之浪費，間接減輕電力成本，供求雙方，受益至鉅。惟「無功能」之將來如何計價方式，殊有值得研究之必要。考歐美現行各種公式，有供吾人參照者固多，而其矛盾處要亦難免。爰將各公式之弊端，及今後應採途徑，略加敘述。至如關於此項之法令，及實用公式，則望電政當局及電工同人之努力，作者自愧學識淺陋，只能作一原則之探討而已。

1. 設備方面

供電者應有調劑站之設備，以儲和常磁流，以供變壓器及電動機等運行之用。用戶則應採較高馬力因數之電動機，及蓄電池，自動調節電動機，同期機等，以爲升高馬力因數之用。反之若其不能改善設備，則應依馬力因數之遞減程度，而付供電當局以比例罰金，該罰金即以所納基本電費之百分率爲準。又若設備馬力因數低降至某種限度以下，則爲最劣之設備，供電者應有拒絕續供之權。

2. 運用方面

a. 「無功能」之罰金 用戶所需磁能，既隨高峯負荷與低微負荷而異，故只賴「無功能」電表之長期紀錄，以爲標準公式之根據，頗不合理。且若合同內，外見馬力之計算，若依據「無功馬力」及每月平均馬力因數，則所得結果，不特爲過分之訂價，亦屬完全錯誤。蓋當變壓器及電動機達最高負荷時，常因電壓低落，不得不縮小電壓範圍內運行，馬力因數亦因傳送大量「有效能」之故而達最高極限。試以歐美所用之第四公式而論：「最高需電表」既有五〇瓩之記載，其馬力因數之值，必超過於平均馬力因數 80% 之值。今若假定

$$\cos\phi = 80\%$$

則 $50 / 0.8 = 62.5$ 瓩

可知「外見馬力」依合同計算所得本爲一〇〇，今只有六二·五瓩，而用戶每年應納之固定費，本爲一六八〇，今降至一〇八〇元矣。用戶所蒙損失，竟達六百餘元之鉅。故「無功能」之記載，宜採分段計價辦法。換言之即高峯負荷與低微負荷各有不同，如此計價，始稱公允。

b. 「無功能」之獎金 若當用戶只需少量磁流，或備有自動調節器能反給磁流於供電者，則磁流之通過

，適足爲供電者之害，而減少其運用負荷。（按此剩餘磁流只有供給臨近用戶之惟一用途，）故前者應得之獎金，與後者反給之「開維愛時」，均不可不分別核計。又如當供電者不需「無功能」而又無法拒絕其來之際，則惟有制止「無功能」電表之反向動作，以免無謂之浪費。

c. 馬力因數應有伸縮性 上章曾述馬力因數之確定，或規定爲實際不可能，則該數值應在規定運用範圍內，可不受任何獎罰而稍有伸縮餘地。該項範圍，應以在需要電力時期每次所得電壓變化之大小爲標準。若僅賴「無功能」「開維愛時」及同時期內之「有效能」「預時」以作計價根據，則殊有未合也。

d. 無功能與用戶 以理論言，凡屬接受磁流之用戶，均應有「無功能」之計價，惟用戶有大小之不同，勢難強爲劃一。衡以吾國困難情形，工業廠家，資本率多缺乏，若強以一律增加同樣設備，又屬至不可能。故今後擬規定凡在百瓩以下之用戶，自可照舊只計「有效能」，凡在百瓩以上五百瓩以下之用戶，其力足以改善設備者，則應兼顧其設備馬力因數。凡在五百瓩以上之用戶，則除設備馬力因數外，並應兼顧運用馬力因數。如此「無功能」不致浪費，馬力因數可望提高，而廉允之電力價格，可冀實現，其裨益工業前途，豈淺鮮哉。

(註一) 參看建設委員會電氣事業經營要略

(註二) 參看一九二七年八月份 Revue générale d'électricité 內 A. Ilivici 所著

La tarification rationnelle de l'énergie réactive.

Les methodes de mesures.

Les compteurs et wattmetres.

(註三) 參看一九二七年三月份 L'industrie électrique M.N. 氏所著..

L'amélioration du facteur de puissance des installations industrielles,

一九三一年二月份 L'industrie électrique

J. Toupet 氏所著..

L'influence de la tension d'alimentation sur la tarification de l'énergie réactive.

幣制與度量衡

高夢旦
鄭禮明

幣制與度量衡，為人生日用一日不可或缺之事件，其關係全國社會，至深且重。吾國幣制之複雜，與度量衡制度之紛亂，可謂極矣。自民十八採取米突制為標準制，以公尺公斤為單位，推行以來，頗著成效。近聞財政部亦有統一幣制之計劃，可見政府對於此事，亦視為重要，竭立進行。惟幣制與度量衡，兩者實有深切之關係。若能以度量衡數目之整數，作幣制之單位，則社會民衆，對於幣制，既感計算記憶之便利，而度量衡制更可藉錢幣之流通普及，而深入于民間，使人民得有深刻之印象。譬如將各項正幣副幣之大小厚薄輕重，均按公尺公斤為標準，規定一種簡便數目，誠為劃一幣制及推行度量衡最好之方法也。民十九工商部開度量衡大會時，夢旦對於此節，曾有議案提出。茲更詳細擬定幣制之式樣物質輕重大小厚薄，列成一表，附加說明，深望當局，一注及之。

擬訂幣制重量物質式樣大小厚薄表及其說明

名	稱	重	量	物質	式	樣	直	徑	厚	孔	徑
正	一圓	二五·〇	公分	銀	圓	無孔	三五	公厘	二·五	公厘	無
幣	半圓	一二·〇	公分	銀	圓	無孔	二五	公厘	二·五	公厘	無
輔	二角	一五·〇	公分	銀	圓	有孔	三〇	公厘	二·五	公厘	六·〇
	一角	一〇·〇	公分	銀	六角	有孔	三〇	公厘	二·〇	公厘	四·五

幣		五分	二分	一分	半分	三厘
	○·五	三·〇	二·〇	一·〇	〇·五	〇·五
	公分	公分	公分	公分	公分	公分
	銀	銀	銀	銀	銀	銀
	圓有孔	六角有孔	圓有孔	六角有孔	圓有孔	圓有孔
	二〇	二〇	一三	一三	一〇	一〇
	公厘	公厘	公厘	公厘	公厘	公厘
	二·〇	一·五	二·〇	一·五	一·〇	一·〇
	公厘	公厘	公厘	公厘	公厘	公厘
	六·〇	六·五	五·〇	六·五	五·〇	五·〇
	公厘	公厘	公厘	公厘	公厘	公厘

說明

一 正幣為銀製，分為一元半元兩種。幣之價值，按照規銀折算有一定之標準。現擬以二十五公分重為一圓，折半為半圓，二十五公分重量約合庫平六錢七分，再以二十三年廢兩改元所規定一圓合規銀七錢一分五厘折算，則二十五公分重之幣，約值現錢六錢六分半，比較現有銀幣，約差百分之七。

二 輔幣用鍍製，以求潔淨，并亦易防私鑄。幣之價值，與其本身物質之價格，不發生關係，幣之作用，不過一種信用代替品，等於現時適用之大洋票，無論用現有銀幣或二十五公分重之新銀幣，輔幣均可不變，茲擬定二角一角五分二分一分半分三厘七種，但五分以下之輔幣，重量略為增加，因不欲其尺寸過小也。且輔幣為鍍質，按照現時價格，中國銀幣一分，約可購鍍四·三分，茲表所列五分以上之輔幣，時值只合法值六分之一至四分之一，一分以下之輔幣，法值亦合時值一倍以上。

三 正幣均用圓形無孔，與輔幣之有孔者，不易混淆，幣之直徑，除一分及半分兩種為十三公厘外，其餘將以

五公厘遞進，幣之厚度，以半公厘遞進，計有一公厘一公厘半二公厘三公厘半四種，正幣直徑，爲三十五公分及二十五公分兩種，大小相差頗多，甚易分別，輔幣用圓形六角形兩種，除三厘輔幣直徑十公厘外，其餘則用三十五公厘二十公厘十三公厘三種，直徑同而式樣不同，亦易於識別，至其大小厚薄，均屬整數，實爲幣制與度量衡標準制互相關連最大之優點也。

四 現時南方錢幣每元約換單銅元三百三十枚，折合單銅元一枚，可抵三厘銀幣一枚，北方錢幣每元約換雙銅元二百枚，折合雙銅元一枚，可抵半分銀幣一枚，折合換算，甚爲簡單。

譯述

美國天然煤氣之利益

鄭禮明譯

比利時黎業斯大學教授 Aug. Prost 原著

登于一九三四年九月十五及十月一日 R. D. M.

北美合衆國，本已擁有豐富之煤田及石油礦。自前世紀末年以來，更竭力開發天然煤氣，以供燃料需要，其進步尤爲猛速。

天然煤氣，Gas Naturel 大概產生於石油礦，或已乾之石油礦。其重要組織成分，約百分之九十至九十五爲甲烷，（即沼氣） CH_4 (Methane) 在此種礦化氣中，尚含有其他同類物質，如乙烷， C_2H_6 (Ethane) 丙烷 C_3H_8 (Propane) 丁烷 C_4H_{10} (Butane) 及乙烯 C_2H_4 (Ethylene) 等等，其次爲氦，氫，一氧化碳，二氧化碳，有時亦含有各種貴罕之氣體，如氖 Neon、氩 Argon、氮 Helium 等。在得克薩斯 Texas，有許多地方，天然煤氣中，含有百分之二之氦。此項氣體，質極輕而不易燃燒，爲裝貯輕氣球之最佳品，比氫爲優，故美國政府特在 Amarillo 天然煤氣產場，建廠專煉氦氣。

天然煤氣，有時亦含有硫化氫， H_2S 但爲數甚微。

天然煤氣，因所含物質，以沼氣及其他碳化氫為最多，故能發出重大熱量，茲將美國各處天然煤氣所含物質之百分數，列表如下：

甲 烷 (即沼氣)	CH ₄	八〇・八二	九三・六〇	九三・二五	八三・四〇	九四・一六
其他 碳 化 氫		一四・〇〇	〇・三〇	〇・二五	一〇・九〇	〇・三〇
一 氧 化 碳	CO	〇・四〇	〇・五〇	一・〇〇	—	〇・五五
二 氧 化 碳	CO ₂	〇・五〇	〇・二〇	〇・三〇	—	〇・三〇
氧	O	—	〇・一五	—	—	〇・三〇
氮	N	四・六〇	三・六〇	四・八〇	五・一四	二・八〇
氫	H	〇・一〇	一・五〇	—	〇・三三	一・四二
硫 化 氫	H ₂ S	—	〇・一五	—	—	〇・一八

在同一礦場之內，天然煤氣組織之成分，有時亦發生變化。

沼氣之臨界溫度，為攝氏表零度下九十五度，其臨界壓力，為五十大氣壓。在普通氣壓中，（即七百六十公厘汞柱）沼氣之蒸發點，為零度下一百六十四度，其密度與空氣比較，（空氣比重等於一）為〇・五五九八。乙烷之臨界溫度，為攝氏表三十四度，其臨界壓力，為五〇・二大氣壓，在普通氣壓中，乙烷之蒸發點，為零度下九十三度。其他碳化氫，如丙烷丁烷等，均液化於每方公分四十二公斤壓力之下。

若天然煤氣之密度爲 0.60 至 0.65 ，每立方公尺氣體，其所含硫化氫，冷却液化，不逾十分之一公升者，謂爲乾煤氣。若其密度超過 0.80 ，其液化分量超過十分之一公升者謂爲溼煤氣。乾煤氣產生於已乾之石油井，溼煤氣產生於石油井中，開採時，隨石油湧出，每立方公尺氣體，其所含硫化氫，可以液化成公合，（一公合等於 0.1 公升）美國人士名爲鐵筒帽煤氣 *Casing Head Gas*，因油井均用生鐵件，與井筒相連以收取石油，溼煤氣由此湧出也。

美國用天然煤氣提煉汽油，已歷三十餘年，此種工業，近來日形發達。

天然煤氣之熱量，隨其組織成分而爲分別，每公斤煤氣，約含熱量一萬四千至一萬五千卡路里，即云其熱量比煤炭增加一倍，比石油增加半倍。

用天然煤氣提煉汽油方法，計有三種：（一）壓縮冷却法，（二）吸收法 *Absorption*，（三）附着法 *Adsorption*。因此項工業之日形發展，其製法遂亦日有進步，計最近數年間，美國由天然煤氣提煉之汽油，約合其國內汽油總產量百分之十二。

用壓縮冷却提煉汽油方法，其原則如下：凡欲在某溫度中液化一種蒸汽，應使此蒸汽所受壓力，較大於在此溫度中其所能受之最大壓力。但壓力增加，則溫度亦增，故又須用冷却方法，一面增加壓力，一面減低溫度。

譬如在溫度二十度，液化已烷 C_6H_{14} 蒸汽，對照此溫度，其最大壓力，爲一〇二公厘。但在天然煤氣中，已烷尚混合其他氣體及蒸汽。假定在煤氣中，已烷只有十分之一，若煤氣之壓力爲七六〇公厘，則已烷部分只佔十分之一，即爲七六公厘。因此欲在溫度二十度液化混合氣體中含有十分之一之已烷，則應用一，〇二〇公厘以上之

壓力，即比純淨已飽應受最大壓力增加十倍。但已飽逐漸液化，其在天然煤氣中所佔之分數愈小，即應用之壓力，應增加愈大。假定其所佔分數，只有百分之五，則壓力應增至二，〇四〇公厘。液化分數愈多，壓力增加愈大，終至壓力有增至難於再增之時，液化終難達於淨盡之境。工業上實用方法，壓力與冷卻併合使用，將氣體壓至五公斤壓力，再冷卻至二十度溫度，即可提煉汽油百分之四十，再增加壓力至二十五公斤，提煉成份，即可達到百分之六十。

天然煤氣提煉之汽油，尚含有甲烷 CH_4 、乙烷 C_2H_6 等質，溶解於液體之中，致常發生危險。應再用分級蒸餾法，將各種雜質提淨，汽油方變成穩定狀態。

用吸收法提煉汽油，先將天然煤氣壓縮至幾公斤壓力，再令其與溶劑接觸，如煤氣油 *Gas oil* 及柏油提煉之輕油，均可作為溶劑。溶劑應冷卻至溫度二十度，並規定吸收時進行之速率，維持溫度，勿使變動。

溶劑以黏性不大者為宜，使汽油易於溶解，但其沸點不要太低，以免精煉時引去汽油，且亦不宜太高，若太高則蒸餾終了時，難免不發生碎裂 *Cragging* 狀態，沸點限度，最好為二百至三百七十度。克氏 *Crain* 特別提出，以 *Tétrahydure de naphthaline* ($\text{C}_{10}\text{H}_{12}$) 最為適宜，其沸點為二〇八度，蒸餾時所吸收各種碳化氫之沸點，均在此溫度之下，但製造此種溶劑，現時尚未普及。

用附着法提煉汽油，其原則如下：凡有孔性之物體，均有附着氣體及蒸汽之能力，而蒸汽之附着力尤強，因在各細孔中均有液化之可能也。若蒸汽之溫度，極近於液化點，則其附着力更強。附着劑可用木炭，再將此木炭，經過鹼性或酸性液體製煉，更可增加其附着力。但木炭對於碳化氫，易引起化學作用，因此有人提議，以 *Gel de*

也。爲附着劑，雖其附着性不如木炭之強，但完全不起化學變化。至提取附着之碳化氫，則用過熱水蒸汽。

工業上實用方法，凡一立方公尺之天然煤氣，含有碳化氫冷凝量百公厘者，可用壓縮冷卻法提煉之，若所含成分太低，則應用之壓力太大，費用因之過昂，應以用吸收法爲宜。或先用壓縮冷卻法，提取其最大部份，再用吸收法，繼續提取其餘量。

用天然煤氣提煉之汽油。其揮發性極強，因此常用石油蒸餾之汽油，混合使用。

美國用天然煤氣，製造炭墨，Carbon black 爲煤氣一種重大用途。製造炭墨之法有二：其一爲接觸法，此法在不轉換空氣中，用煤氣火焰與其他較冷之面積接觸而得者。其次爲爐墨，Furnace black 放煤氣於爐中，用碎裂Cracking方法而得者。第一法尙可分爲數種，最普通者爲鋼棚法。此法用三十公尺長二公尺寬之鋼棚，以收取炭墨，更用掃帚掃集於一處，用螺旋轉運器運出。其次用若干圓板，以接觸煤氣焰，再用一二公尺長之圓筒輸送器，用很慢速率，運送炭墨於外。關於製造炭墨工業，於下文再詳述之。

天然煤氣，尙可在高溫度中，分析碳化氫以提氫。

飽和之碳化氫，頗難發生化學變化，故以此物質製造化學品者，迄今尙爲罕見。克氏 Graetz 曾經按照 Casale 方法，用甲烷 CH_4 、空氣及水蒸汽，通過一，一〇〇度至一，三〇〇度溫度之室中，可以使之變爲一氧化碳及氫 $CO+H_2$ 。

用媒介劑，可以使甲烷與氧，變爲氫化氫。

∴

∴

∴

∴

∴

美國發見天然煤氣，已經一世紀有半。當一七七五年，華盛頓將軍在東維基尼亞 Virginia occidentalis 省。大加拿華河 Great Kanawha 附近，發見一塊火源，因購其地為公產。一八二四年，因 La Fayette 將軍，經過此地，遂引天然煤氣至鄉村旅舍，以作照明之用。一八四一年 William Thompson 用大加拿華平原之天然煤氣以煮鹽。

一八五九年，開始鑽探石油井之時，井中湧出之天然煤氣，即引作鑽井鍋爐燃料，繼復引至附近住宅，以充燃料及照明之用。至一八七四年，始認此種天然煤氣，有工業燃料重要之價值，是年 Rodgers 及 Darchfield，引 Pittsburg 之天然煤氣，至距離東北六哩 Leechburg 各廠中，以作鍋爐及煉鐵爐燃料。次年在 Pittsburg 附近，有兩家鐵廠，用三十餘公里之輸送管，引 Butler 之天然煤氣，以作廠中燃料。以後用途逐漸發展，至一八八四年，計在 Pittsburg 及其附近地方，已有十六家軋鐵廠，十三家玻璃廠，以及化學品製造廠，啤酒製造廠，均專用天然煤氣，以作燃料。在上列各廠中，最值得注意者，為 Edgar Thomson 煉鋼廠，因此廠從前每日須消耗煤炭四百公噸也。

普通提取天然煤氣，約在四百至五百公尺深之井，其壓力約為十至十二大氣壓。用十五至二十五公分圓徑之管，輸送二十至三十公里。煤氣流行之速率甚快，達到應用場所，尚有好幾個大氣壓。為避免此種高壓危險計，Westinghouse 主要用套管法，內管流過高壓（十至十五大氣壓）煤氣，外管充滿低壓煤氣，（一公分至二公分汞柱壓力）若內管破裂，高壓煤氣，尚可填充外管。

在 Pittsburg 附近之天然煤氣，其熱量約合一萬四千至一萬六千卡路里，約比煤炭增加一倍，比石油增加半倍。經試驗之結果，每立方公尺天然煤氣，其效用等於一。二公斤煤炭。實際應用，每五百立方公尺天然煤氣，可抵

一噸煤炭。(每噸合九百零七公斤)

附註：一·二公斤煤炭，想或係一·八公斤之誤。按空氣與水之比重，每立方公尺爲一·三公斤，天然煤氣與空氣之比重爲〇·六五，則天然煤氣與水之比重，每立方公尺應等於〇·八四五公斤。天然煤氣之熱量，(平均爲一五，〇〇〇卡路里)，比煤炭(平均七，〇〇〇卡路里)，增加一倍以上，則〇·八四五公斤之煤氣，其效用可等於一·八公斤之煤炭。再以一·八公斤乘五〇〇，等於九〇〇公斤，與一噸(九〇七公斤)煤炭之數尙爲吻合。

譯者附註

現時煤炭市價，每噸約合美金一圓半至二圓，若爲經濟着想，則立方公尺天然煤炭之價值，只應合法幣一·五至二孫丁，但使用煤氣，可以減少人工，又可使火力均勻，且無煤灰，其間接即省之處甚多。估計一八九〇年，美國耗用天然煤氣之數量，約等於一千萬噸煤炭。

當開始採取天然煤氣之時，觀察其壓力，幾疑此項物質，永無用盡之期，故浪費亦不可惜。甚至將通引煤氣之管，另接一管，放出一部分煤氣，以減低其壓力俾便於使用。採取煤氣者，向亦不計較用戶使用之數量。但自一八八五年至一八九〇年，首先開採之煤氣井，漸有日就衰減傾向，於是力求限制浪費，詳細計算數量，因之用量得以節省，而價格亦以提高。計一九〇〇年，美國全國售出煤氣總數量，達三十五萬萬立方公尺。

十九世紀末葉，產生天然煤氣地點，有兩個中心，一爲 *Monts Appalaches* 東部延線，一爲 *Dome de Cincinnati* 延線。

上列兩處，所產天然煤氣，合全國總產量百分之九十五。若以省分計之，則爲賓夕法尼亞，*Pensylvanie* 東維

基尼阿 Virginia Occidentale、俄亥俄 Ohio、印第安納 Indiana、各省，而于薩斯 Kansas、亞于薩斯 Arkansas、得克薩斯 Texas、加利福利亞 California 各省，天然煤氣之泉源，亦有若干出產。

在一九〇〇年，出產天然煤氣最有價值場所，為 Pittsburgh 兩邊，十年以後，最大之產場，則移於 Green 及華盛頓 Washington 兩縣地方，計其產量，每日達二百十二萬立方公尺。

印第安納省之產場，約有六千平方公里，自省之中央起，直達東向北向至俄亥俄省邊界為止。除賓夕法尼亞外，在一八九〇年至一九〇〇年期間，印第安納出產之天然煤氣，較其他各省以上，但至十九世紀末年，其產量已漸減少。

俄亥俄省，在一九〇〇年，最重要產場為 Sugar Grove Field，此場採取之深度，為六百公尺。一八八九年，曾產生最高產量，以後逐漸減少，至一八九七年起，又逐漸增加。

東維基尼阿，大產場甚多，每天產量三十四萬至五十六萬六千立方公尺，有時且達百萬立方公尺。許多地方，煤氣與石油混合，常致大量煤氣任其自由喪失，自採油業者，詳悉煤氣利益之重大，設法提取，始免浪費。

茲將 Hammon 所發表一八九二年及一九〇〇年各省天然煤氣產量折合美金價值比較表，採錄如下：（價值以百萬美金為單位）。

省 名	一八九二年	一九〇〇年
賓夕法尼亞 Pennsylvania	七·四〇	一〇·二〇
印第安納 Indiana	四·七〇	七·二五

俄亥俄	Ohio	11.15	22.10
東維基尼阿	Virginia Occidentale	0.0005	2.95
紐約	New York	0.11	0.36
干薩斯	Kansas	0.0004	0.36
其他各省		0.316	0.31
總計		14.77	33.63

在十五個生產天然煤氣省份中，實際只有賓夕法尼亞，印第安納，俄亥俄，東維基尼阿四省，在二十世紀初葉，算為重要產場。茲將以後新發明開採各省之狀況及煤氣用途之逐漸擴大，節述如下：

一九〇二年，賓夕法尼亞省出產天然煤氣之重要場所，為 Armstrong 縣及其鄰近 Butler 及 Beaver 等縣。在此處所鑽各井，產量并不豐富，常有每天只產二萬餘立方公尺者。但近於 Worthington 井場，其出產比較特別暢旺，計每天可產八十五萬立方公尺。計一九一二年，賓夕法尼亞省，共有煤氣泉源一萬一千所以上，鐵筒輸煤氣，尚不與焉。煤氣之用途，專供地方燃料及提煉汽油。賓夕法尼亞及東維基尼阿，在此數年之中，算為出產及銷耗煤氣最重要省分。賓省產量居第一位，每年出產五十一萬萬立方公尺。但自一九一八年以後，賓省產量，遂有逐漸低落之傾向。

一九二五年，賓省產量，約與一九〇七年相等。自俄克拉何馬，Oklahoma 加利福尼亞，California 路易新安

那 Louisiana，得克薩斯，Texas 各省，重大發展以後，賓省遂降為第六位。一九三〇年，為美國出產天然煤氣，總最大產量年份，而賓省出產，只全國總產量百分之二·五。至一九三二年，雖有 Potter 及 Tioga 各縣，新發現重要泉源，現時且用管子輸送煤氣於紐約省，但賓省全省產量，仍是愈趨愈下。

一八九二年，東維基尼亞天然煤氣工業，極為微小。二十世紀以來，逐漸變為重要產區。一九〇二年起，煤氣價格，漸為提高，產量亦呈不至迅速窮竭狀況。其重要原因，則以各處均節省浪費，非如從前損失數量轉超過於售出者數倍也。同時運輸煤氣於賓夕法尼亞省及俄亥俄省，亦頗著成績。

在東維省北方 Tyler 縣出產之煤氣，則輸送於 Cleveland，（俄亥俄省）Lewis 縣出產者，則輸送於 Toledo，（俄亥俄省）其距離為三百三十公里。

其他運輸線，用四十至五十公分圓徑管子者，總長達五百二十五公里，輸送區域，在產區周圍一百六十五公里以內。

各產場開採天然煤氣，開始於一九〇〇年，其初為 Roane 縣（東維省中央）南向，繼而推廣至於東北向及西南向，一九〇八年更推廣及於 Kanawha 及 Clay 各縣，但 Lewis 縣之產量終屬第一。東維省中部，天然煤氣之蘊藏量，甚為豐富，且擴大至其東北向 Harrison 縣大部份區域。南部 Wayne 縣，發現許多重要泉源，更足增加其產量。大部份煤氣，輸送於俄亥俄省，尚有一部份，輸送於馬克蘭省 Maryland，供 Alleghany 縣各城之用。

一九〇九年，東維基尼亞省，居產量第一位，計產出天然煤氣四十七萬三千萬立方公尺，賓省只產三十六萬二千萬立方公尺，其他各省合產五十三萬立方公尺，至於油井煤氣，損失者為數不少，尚未計算在內。

此後數年，東維省開採天然煤氣工業，進展甚速。自一九一〇年起，Logan, Kanawha, Fayette, Nicholas, Clay各縣，發現多數重要泉源，使產量得以大為增加，同時輸送管亦甚為發展，輸送煤氣於 Cincinnati, Columbus, Cleveland, Toledo, Pittsburg各地，似乎維基尼亞省，可以長處第一位產量。一九一四年，產量達七十五萬萬立方公尺，比其他重要產區，均超過遠甚。全省產區達三十二縣，約佔全省面積之半，本省銷耗量，為三十萬萬立方公尺，大部份產品，用輸送管送往他省。

當美國東部各省，出產天然煤氣，達最高量之時，中部西部南部各省，出產石油區域，如俄克拉何馬，Oklahoma, 得于羅斯 Texas 路易斯安那 Louisiana, 加利福尼亞 California, 對於煤氣工業發展之成績，亦咸重大興趣，羣起興辦。至一九二五年，維基尼亞省退居第三位，其產量只有一九一八年三分之一。一九三〇年，產量更形縮小，計四十一萬萬立方公尺，約只有一九一八年之半。但維基尼亞省煤氣工業，仍極勤奮工作。一九三二年，在二十五縣內，有一百六十三個新泉源，每天產量達三百萬立方公尺，在 Boone 縣，所鑽最深之井，達二千七百四十公尺。

二十世紀之初，于羅斯 Kansas 及俄亥俄 Ohio 兩省，繼賓省及東維省之後，產量處第三第四位。于羅斯省各地，均有重要泉源，尤以東南部之 Iola 產區為重要，一九〇五年，于省天然煤氣公司，由 Iola 建輸送管一根，至于羅斯城，計長一百三十公里，更向東延長至美速里省 Missouri 省之 Atchison, Saint Joseph 各地。同年更有一管至 Joplin 及 Carthage (Missouri) 以供 Joplin 各礦之用，此管由 Montgomery 縣各泉源出產之煤氣供給。于省南部各泉源，甚為重要，有每天產量達百萬立方公尺者。因煤氣工業之發展，遂引起其他工業，尤以煉鋅及水泥為甚。一九〇七年，全省約有一百二十五個重要城市，均使用煤氣。于羅斯城，有居民四十萬，其中三分之二

，以天然煤氣充燃料及照明。

干蘆斯省，在一九〇七年，居產量第三位，其下為俄克拉何馬 Oklahoma 印第安納 Indiana 加利福尼亞 California。但此數省，煤氣工業，進步異常猛速。至一九一八年，干省產量減為七萬九千立方公尺，一部份銷耗之煤氣，則從俄克拉何馬省輸入。一九二五年，其狀況與一九一八年相似，全省銷耗煤氣，有許多輸送管，由俄克拉何馬省及得克薩斯省輸入。以後開採工業，略有進展，至一九三〇年，美國全國產出天然煤氣最多之時，干省產量達十一萬六千立方公尺。干省最大產場，為 Huron 場，同時亦為美國第二最大產場。

俄亥俄省，Ohio 在最初開採之時，頗佔重要位置。但一九〇二年以後，因 Trenton 場儲量漸有減少傾向，一部分城市需用之天然煤氣，由東維基尼亞省輸入，但同時俄省東邊之 Clinton 產場，產量增多，此場發現於一八八七年，頗能長久維持其重要產量。一九一三年以後，因運輸綫發展，多數居民，得利用煤氣，以供工業及家庭需用。三十餘年以來，俄省產量，頗少重大變化，一九三〇年產量，約等於一九一八年之數。

印第安納省，Indiana 於一八八六年，開始採取天然煤氣，其最大產量為一九〇〇年，綜計產品值美金七百二十五萬金圓，約合是年賓夕法尼亞產額三分之二。當時印省產量居第二位。一九〇七年起，逐漸減少，是年產量約有二萬萬立方公尺，以後愈趨愈下，最近統計，不過前數六分之一。

俄克拉何馬省，Oklahoma 處於美國中部南方，其南向為路易斯安納 Louisiana 及得克薩斯 Texas 兩省，其西邊為加利福尼亞省。此數省為出產石油重要區域，亦為出產天然煤氣重要場所，綜計其產量，約佔現時全國產量四分之三。但在一九〇七年得列於統計者，只有俄克拉何馬一省，且當時產量甚微，不過一萬三千八百萬立方公尺

。此時適有法令，禁止運輸煤氣於本省以外，因此煤氣用途，除供家常日用外，更應用於 Bartlesville 之煉鋅廠，遂開煉鋅業之用途，視為重要燃料，同時各地新泉源，次第發現，北向至於省之邊界。

在一九一三年，干薩斯省 Kansas 耗用之天然煤氣，大部份由俄克拉何馬省供給。是時俄克省產量，三年之中，由十四萬萬立方公尺，增至二十三萬萬立方公尺。其 Guthrie 產場，產量既無量豐富，而在南方各縣，又發現無數泉源。產量之半數，輸送於邊界之干薩斯及奧速里 Missouri 兩省。歷年以來，進步毫無間斷。

一九一八年，俄克拉何馬省居產量第二位，每年出產三十五萬萬立方公尺，約合第一位東維尼亞省產量之半。由是繼續七年之進步，俄克拉何馬省遂進居產量第一位。一九二八年，在省之東北 Oklahoma 縣，發現一重大石油及煤氣產場，名為 Oklahoma City Field。此項發現，在美國石油工業歷史上，佔一個重要位置。一九三〇年，產量約達一百萬萬立方公尺，同時提煉汽油工業，亦與開採煤氣工業，共同發展。第一個提煉汽油廠，建於一九二九年，至第二年，繼續建設者，達十五廠，每日提煉汽油一萬四千公石。

得克薩斯省 Texas 在一九〇九年，已有許多鑽探天然煤氣場所。自一九一四年，發現許多新泉源，漸能供給一部分小城市需用。但自一九一八年，Amarillo 產場發現以後，始能確實算為重大發展，同時又建設越出本省遠距離之輸送線。一九二五年，產量達三十萬萬立方公尺，約合一九一八年產量八倍。五年以後，至一九三〇年，產量達一百四十六萬萬立方公尺，遂進居第一位，比第二位俄克拉何馬省，約多百分之五十。

一九二六年，Amarillo 產場，已有引至干薩斯城 Kansas City 之運輸線。一九二九年，更開始建設引至芝加哥 Chicago 之運輸線，其容量每日可輸送天然煤氣五百七十萬立方公尺，更有許多支管，以補助其發展。此線建設工

程，於一九三一年竣工，同年又建設通至印第安納普利 Indanapolis 之運輸線，長約二千公里，其容量每日能輸送天然煤氣三百七十萬立方公尺。綜合上列兩線之運輸量，假定運輸效率只合百分之三十，全年輸送煤氣，已可抵煤炭二百萬噸。尚有由 Amarillo 產場，經 Omaha，通至 Mason city 之線，及通至 Pueblo, Colorado Spring, Denver 等線，總計共有輸送管子線十一路，每日輸送總量，達二千七百萬立方公尺。

一九三一年，得克薩斯省所產天然煤氣，有三分之二為溼煤氣。一九三二年，開採一百三十四個新泉源。

路易斯安那省，Louisiane 本來產量甚微，至一九一八年始達約十萬萬立方公尺之數。嗣後因省北 Monroe 產場，產量特別豐富，進展始見猛速。一九二五年產量，比一九一八年增加四倍，三年以後，更建設由 Monroe 產場，至聖路易，St. Louis 及重要繁盛區域，如 Alabama, Georgia 各處之運輸線。同時在省之北方，更發現重要泉源。一九三〇年，開採天然煤氣七十七萬萬立方公尺，佔全國產量第四位。現時產量減至三分之一，其重要原因，則因炭墨工業衰落之故。Monroe 產場，佔地九萬一千公頃，有八百五十個泉源，算為第一產場。其次為 Richland 產場，發現於一九二六年，有二百三十九個泉源。綜合兩處產場，其產量佔全省十分之九。其餘為 Sugar Creek, Rodessa 產場，其煤氣含有多量汽油。在省之中部東部北部，均有重大面積，足供開採，故路易斯安那省，尚有重大發展之可能。

加利福尼亞省，California 為石油工業最發展之區，與得克薩斯省，俄克拉何馬省，路易斯安那省，算為出產天然煤氣四大省份。所有產品，均屬溼煤氣，其重要產場，為 Santa Maria 石油區。一九一三年，產量不過二萬六千五百立方公尺，至一九一八年，則超過路易斯安那省之產量。嗣後進展愈速，一九二五年，產量達五十四萬

萬立方公尺，佔居第二位，其第一位爲俄克拉何馬省。一九二九年，更計劃由本省中部，輸送煤氣至舊金山 San Francisco 之輸送管。但加省之發展雖速，而得克薩斯及俄克拉何馬兩省之進步尤猛，故一九三〇年，產量雖達九十五萬萬立方公尺，仍降居第三位。一九三二年，各省產量均低落，加省遂亦降至七十八萬萬立方公尺。尙有一事足資紀述者，因法規限制嚴密，一九二九年，損耗尙達百分之四十四，至一九三二年，只達百分之六。

除上列各省外，尙有其他十餘省，開採天然煤氣工業，比較微小者，茲爲彙列如下：

窩民省，Wyoming 在一九三〇年，產量達十二萬二千萬立方公尺，約與一九二五年產量相近，其產區一半屬於油井。

康士基省，Kentucky 在一九三〇年，產量約合窩民省三分之二，其重要產場，在省之東部 Floyd 縣。

亞干薩斯省，Arkansas 一九三〇年，產量合五萬三千萬立方公尺。

孟達納省 Montana 北部之 Cut Bank 天然煤氣產場，現時供給 Anaconda 公司各廠需用。

紐約省 New York 於一九三〇年發現 Wyna-Tyrone 產場後，更向中部西部探勘，其出產之天然煤氣，東邊輸送至於 Binghamton，西邊輸送至於 Buffalo，并供給北方一部份市鎮需用，但其產量尙不足三萬萬立方公尺，更由賓夕法尼亞輸入一部分煤氣補足之。

伊里諾斯省 Illinois 之天然煤氣，多產於 Clark, Crawford 兩縣油井，但來源不旺，常短期即行衰竭，一九一八年產量達一萬二千六百萬立方公尺，以後尙見減少。

科羅拉多 Colorado 省 Rio Blanco 縣，新近發現天然煤氣，足以供科羅拉多河流域各城需用，并得由 Hia-

述 譯

Watha, Salt Lake City 運輸線，運輸一部分煤氣於烏台 Utah。

密執安省，Michigan 在一九三三年，有開採天然煤氣泉源六十二處，一九三二年，產量為四千萬立方公尺。密斯失比省 Mississippi 之產量，一九三二年，為二萬七千九百萬立方公尺，比前一年增加百分之六十三。天然煤氣全部產量，均屬於一九三〇年開始開採之 Jackson 產場，大部分產品，用管子輸送於 Alabama 及 Missouri。新墨西哥省，Nouveau-Mexique 最近對於開採天然煤氣工業，亦頗有進步，其 [] 產場之出品，一部份輸送於 El Paso。

更有美速里 Missouri 華盛頓 Washington 田納西 Tennessee 各省，亦均有一部分產量。茲將各時期各地天然煤氣產量列表如下（以十萬立方公尺為單位）

一	九	〇	七	年	一	九	一	八	年	一	九	二	五	年	一	九	三	〇	年	
省	名	產	量	省	名	產	量	省	名	產	量	省	名	產	量	省	名	產	量	
賓夕法尼亞	Pennsylvania	三・八三	東維基尼亞	Virginia Occ.	七・五〇	俄克拉何馬	Oklahoma	六・〇七	得克薩斯	Texas	一四・六五	賓夕法尼亞	Pennsylvania	二・一七	賓夕法尼亞	Pennsylvania	三・五〇	東維基尼亞	Virginia Occ.	九・八五
東維基尼亞	Virginia Occ.	三・四七	俄克拉何馬	Oklahoma	三・五一	加利福尼亞	California	五・三七	俄克拉何馬	Oklahoma	九・四七	賓夕法尼亞	Pennsylvania	一・四八	賓夕法尼亞	Pennsylvania	三・五〇	東維基尼亞	Virginia Occ.	九・四七
干羅斯	Kansas	二・一七	賓夕法尼亞	Pennsylvania	三・五〇	東維基尼亞	Virginia Occ.	五・一六	加利福尼亞	California	九・四七	賓夕法尼亞	Pennsylvania	一・四八	賓夕法尼亞	Pennsylvania	三・五〇	東維基尼亞	Virginia Occ.	九・四七
俄亥俄	Ohio	一・四八	俄亥俄	Ohio	一・七三	路易斯安那	Louisiane	四・五五	路易斯安那	Louisiane	七・六七	賓夕法尼亞	Pennsylvania	一・四八	賓夕法尼亞	Pennsylvania	三・五〇	東維基尼亞	Virginia Occ.	九・四七
印第安納	Indiana	〇・一八七	加利福尼亞	California	一・二二	得克薩斯	Texas	三・〇三	東維基尼亞	Virginia Occ.	四・〇八	賓夕法尼亞	Pennsylvania	一・四八	賓夕法尼亞	Pennsylvania	三・五〇	東維基尼亞	Virginia Occ.	九・四七

俄克拉何馬 Oklahoma	○·一三八	路易斯安那 Louisiane	一·〇二	賓夕法尼亞 Pennsylvania	三·〇〇	賓夕法尼亞 Pennsylvanie	二·五一
紐約 New-York	○·〇九三	干薩斯 Kansas	○·七九	俄亥俄 Ohio	一·三四	俄亥俄 Ohio	一·七九
		得克薩斯 Texas	○·三八	窩民 Wyoming	一·三〇	窩民 Wyoming	一·二二
		紐約 New-York	○·二四	亞干薩斯 Arkansas	一·〇三	干薩斯 Kansas	一·〇六
		亞干薩斯 Arkansas	○·一五	干薩斯 Kansas	○·七二	康士基 Kentucky	○·七九
		伊里諾斯 Illinois	○·一二六	康士基 Kentucky	○·三七	亞干薩斯 Arkansas	○·五三
		窩民 Wyoming	○·一二三	紐約 New-York	○·一七五	孟達納 Montana	○·二八
		康士基 Kentucky	○·〇八五	伊里諾斯 Illinois	○·一一五	紐約 New-York	○·二七
		田納西 Tennessee	○·〇五二	孟達納 Montana	○·〇三〇	伊里諾斯 Illinois	○·〇八二
		印第安納 Indiana	○·〇四七	印第安納 Indiana	○·〇二八	印第安納 Indiana	○·〇三四
其他各省	○·一三九						
總計	一一·五〇七		二〇·四		三三·四		五五·〇

歷年各項消耗用途表(以十萬萬立方公尺為單位)

年份	銷耗量用途		工業				銷耗總量
	家庭耗用	工業	開採工業	炭墨工業	其他用途	總計	
一九二〇	八・〇九	五・七一	一・一六	七・六一	一四・四八	二二・五八三	
一九二二	七・二一	五・六〇	一・五三	七・二四	一四・三七	二一・五九二	
一九二四	八・〇六	一一・一二	四・四四	八・六六	二四・二二	三二・三一八	
一九二六	八・一八	一三・五二	三・七〇	一一・七四	二八・九六	三七・一五八	
一九二八	九・〇五	一六・二四	四・八五	一四・〇九	三五・二八	四四・三七四	
一九三〇	一〇・六一	二〇・四六	七・五二	一六・三〇	四四・二八	五四・九八六	
一九三一	一〇・七八	一六・一六	五・五二	一五・一七	三六・八五	四七・六三〇	

用途	價 值	
	一九二二	一九三一
家庭用途	四九・九	六五・五
工業用途	一八・六	一〇・九

每千立方英尺(合二八・三立方公尺)煤氣歷年價值表(以美金一分為單位)

用天然煤氣，提煉汽油，開始於一九〇三年，至一九一〇年，進步尙屬有限，計全國有提煉廠七十所，每日產量不過五百公石。在東方產生煤氣場所，其建設提煉廠之界限，北部至 Bolivia 爲止，在紐約省 New-York 及康士基省 Kentucky 南部 Wayne 縣。提煉出品最多者，以東維基尼阿省之 Sisterville，及賓夕法尼亞省之 Mac Don-ald 兩處爲中心。伊里諾斯省及俄克拉何馬省，亦開始建設提煉廠，于薩斯省對於此種工業，亦頗有希望，但當時以東維基尼阿省佔有最大利益。

提煉效率，每立方公尺天然煤氣，可提出〇·四公升汽油。此種汽油，只能供作燃燒及照明之用，若濫以用石油精煉之輕油 Essence 則可供汽車之用。天然煤氣，經提去汽油以後，熱量約減低百分之五，但其質轉佳，燃燒時可以不至發生炭化作用。

提煉汽油工業，進步至爲猛速。一九一一年，美國有提煉廠一百七十六所，總產量爲二十八萬公石，至一九一七年，產量達八百二十五萬公石。一九一六年以前，大部份汽油，均用溼煤氣提煉，并用壓縮冷卻法，但以後逐漸使用吸收法，因此法用於乾煤氣及溼煤氣，約其適合，至於壓縮冷卻法，若用於乾煤氣，則頗覺不經濟也。

開始之時，用過剩煤氣，提煉汽油，嗣後覺提煉汽油，足以增加溼煤氣用途之效率，故各處油井，恐得若不提煉汽油，則單獨採取煤氣，似爲無謂。

在中央南方西方各省，開採石油及天然煤氣工業，逐漸發達，提煉汽油場所，遂亦隨之繁盛。因此俄克拉何馬省得克薩斯省及加利福尼亞省，次第列爲首要區域。

茲將一九二一年，提煉煤氣汽油地點，產量，并每立方公尺煤氣出產汽油成份，列表如下。

述 譯

地 點	汽油產量 以百萬公 石為單位	每立方公 尺公煤氣 若千公升
俄 克 拉 何 馬 Oklahoma	七·四二〇	〇·三三〇
得 克 薩 斯 Texas	三·三九〇	〇·四五〇
加 利 福 尼 亞 California	二·二五〇	〇·一二〇
東 維 基 尼 阿 Virginia Occidentale	二·〇三〇	〇·五三〇
賓 夕 法 尼 亞 Pensylvanie	〇·七六〇	〇·〇五三
路 易 斯 安 那 Louisiane	〇·五八四	〇·〇四〇
窩 民 Wyoming	〇·五五〇	〇·四二〇
俄 亥 俄 Ohio	〇·三九〇	〇·〇四〇
伊 里 諾 斯 Illinois	〇·二四〇	〇·二八〇
康 士 基 Kentucky	〇·一六〇	〇·〇四〇
千 薩 斯 Kansas	〇·一三九	〇·〇七〇
紐 約 New-York	〇·〇一四	〇·二四〇
總 計	一七·九二七	

總計產出汽油，值六千六百萬美國金圓，折計每公石合美金三·六八金圓。
自是以後，此種工業，日見發展，自一九二二年起至一九三〇年止，約增加四倍之數，一九三〇年，遂達產量最高點。至於提煉方法，用吸收法者日見增多，用壓縮冷卻法者日見減少，用附着法者更屬寥寥。
天然煤氣提煉汽油之產量，雖日見增加，但用於內燃機者，終屬有限，蓋以用石油精煉汽油之法，日有進步也。

茲將一九二二年至一九三一年，提煉廠數目，提煉方法及其出產數量，每立方公尺天然煤氣出產汽油成分，及汽油總產量用於內燃機者，合百分數之若干分，分別列表如下。

年 份	提煉廠數目	各種提煉法之產量			總計產量以百萬公石為單位	每立方公尺天然煤氣平均產出若干公升汽油	在總產量中用於內燃機者之百分數
		壓縮冷卻法	吸收法	其他方法			
一九二二	九一七廠	一〇·七六	七·九六	〇·〇七三	一八·八〇	〇·一二〇	一〇·八〇
一九二三	〇六七廠	一一·〇一	一九·七四	〇·一四五	三〇·九〇	〇·一二〇	一〇·四一
一九二四	〇九六廠	九·七六	二五·三八	〇·三七二	三五·五〇	〇·一二〇	一〇·一八
一九二五	〇八一廠	九·〇二	三三·三七	〇·一七四	四二·五〇	〇·一四七	九·二七
一九二六	—	—	—	—	五一·三五	〇·一四七	八·五一
一九二七	一一九廠	九·一五	五二·一二	〇·八二	六二·一二	〇·一六〇	一一·六

逃 譯

一九二八	—	—	—	—	—	六七·一五	〇·一六四	一一·四
一九二九	—	—	—	—	—	八三·一〇	〇·一五二	一二·〇
一九三〇	—	—	—	—	—	八二·二〇	〇·一四一	一二·〇
一九三一	—	—	—	—	—	六七·三〇	〇·一三五	—

最近數年，加利福尼亞，俄克拉何馬及得克薩斯各省，對於提煉天然汽油工業，可算為最適宜之區域。但自一九三〇年以後，美國全國產品，均次第縮減，其始尚不甚大，嗣則日見重要，計一九三二年比一九三一年減少百分之三十二。

茲將一九三〇年至一九三二年各省出產汽油數量，列表如下。（以百萬公尺為單位）

地 方	年 份	一九三〇年	一九三一年	一九三二年
加利福尼亞 California		三一·二〇	二四·六〇	二〇·六〇
俄克拉何馬 Oklahoma		二二·三七	一七·二〇	一四·三〇
得克薩斯 Texas		一八·六〇	一六·二〇	一三·三六
路易斯安那 Louisiana		二·八〇	二·二〇	一·七四
亞于薩斯 Arkansas		一·一七	〇·九八	〇·七二

落機山區域	Montagne Rocheuse	二〇二二	二〇六五	二〇三五
其他密士失比 東方各省	Etat de l'Est du Missisipi	三〇九〇	三〇一四	二〇八〇
總計		八二〇〇	六七〇〇	五五〇〇

參觀上表，可見自一九三〇年至一九三二年，加利福尼亞，俄克拉何馬，及得克薩斯三省產量，佔總產量百分之八七・八，百分之八六・五，及百分之八六・四，大略計之，約合十分之九。

最近數年，提煉汽油數量，縮減頗多，其理由：一因煤油產量減少，次因汽油揮發量，有相當限度之規定，提煉效率，因之降低。自一九二〇年以來，汽油價格，逐漸低落。一九二〇年，每公石汽油在廠批發價值，為美金四・九金圓，至一九二九年，減為一・八七金圓，一九三二年，更減為〇・八四五金圓。

俄羅斯，羅馬尼亞，荷屬印度，波斯及南美各國，凡出產石油區域，均附帶提煉汽油，但其產量終屬有限，一九三〇年至一九三一年，上列各國產量，不過佔全世界汽油產量，百分之十一至百分之十四。

多年以來，各石油產場，已經建設運輸送管，專輸送汽油於精煉油廠及鐵路車站。

加利福尼亞省之 Orange 縣，於一九二二年，由太平洋汽公司 Pacific Gasoline Co.，建設第一管，計長三公里，管徑為五十公厘，以後兩年，更在 Santer Barbara，建設兩管，輸送汽油於精煉廠，一長五十公里，一長二十六公里。

加利福尼亞，現居汽油產量第一位，十五公分至二十五公分管徑之輸送線頗夥，總長達二百八十公里。有許多管線，專為輸送天然煤氣提煉之汽油，其餘則為間歇使用者。

賓夕法尼亞省之第一運輸線，於一九一五年建築，計長四十公里。

天然煤氣所提煉汽油，其最大用途，為與由石油精煉之輕油混合，使揮發量得合需要限度，以供內燃機燃料。一九三一年，此項用途，達總產量百分之七七·九，計合五千四百萬公石，次年則減少四分之一。其理由：一因精煉廠可以用破裂法，*Cracking* 較為省費，製煉與天然煤氣所提煉同等揮發量之汽油，二因許多精煉廠，建設特種提取蒸汽設備，可以產出與天然煤氣所提煉之產品相等。

自破裂法逐漸發展以後，天然煤氣提煉汽油之用途，日形縮小。一九三〇年，天然汽油佔內燃機銷耗總量百分之十二，一九三一年，降為百分之九，一九三二年，又降為百分之八。在此困難環境之中，提煉天然汽油工業，仍竭力探求製煉蒸汽壓力較低之產品，以應內燃機燃料之需要。

精煉石油時，其最先分化出一部物質，美國人名為石油液化之氣體。*Liquefied Petroleum Gases* 此種物體，一部份為丙烷 C_3H_8 、丁烷 C_4H_{10} 。經壓縮後，裝於鋼筒中，即可送往應用場所，再經減輕壓力，自動膨脹，即變為一種氣體，可供家庭及工業之用。經營此項工業，近來發展甚速，據一九三二年至一九三三年營業年鑑之統計，一九三二年，丙烷，丁烷，戊烷，及丙烷丁烷混合物，共銷售一百二十七萬三千公石，比一九三一年，增加百分之十七，因製造煤氣廠需用液化氣體，日見增多，故此種工業，遂日形發展。此項物品，均屬天然汽油製造廠出品。丙烷用途，大概用於無煤氣設備地方，家庭中一切需用。一九三二年，估計用丙烷者有十六萬戶，共銷耗五十五萬二千六百公石。

丁烷用途，一部分用於製造煤氣廠，為增加煤氣質量之用，但亦用於無煤氣設備地方，各種工業用途。一九三二年，有二十七萬三千五百公石，約合總產量之半數，用於製造煤氣廠，其餘一半，則供其他各項工業需用。丙烷丁烷混合物，并含有一部分戊烷，C₅H₁₂。在一九一三年，銷耗於家庭需要及工業用途者，共合十四萬三千三百公石。

茲將歷年產量，列表如下，以見其進步之速。

年 份	產 量
一九三三年	一〇, 四八〇公石
一九二五年	一五, 二八〇
一九二七年	四一, 二九五
一九二九年	三七三, 八八七
一九三一年	一, 〇八八, 九二八
一九三二年	一, 二八三, 九〇五

製造炭墨 Carbon Black，亦為天然煤氣，一種最大銷場。最近十年，此種工業，進展甚速。一九二一年，出品只二萬七千噸，至一九三〇年增至十七萬二千噸。其製法以鋼棚法為最多，Channel Process 約合總產量百分之九十二。此項工業，發起於賓夕法尼亞省，不過供幾家製墨工業之用。二十世紀之初東維基尼阿省亦開始製造，路易西安那省更繼續進展，至一九二〇年，路省最為發達，因其 Houma 天然煤氣產場，有重大煤氣餘量，足供使用也。但至一九二九年，得于薩斯省更取路省地位而代之，其重要產區為 Parhandle，約佔總產量百分之八十八，

其餘產品，則屬於 Breckenridge。

東維基尼亞省，康士基省，均不過數年期間，有重要之產量，以後即處於無關重要之地位，俄克拉何馬省，窩民省，及其他數省，亦復如是。

茲將各省歷年出產炭量列表如下：

製 造 廠 數 目	產 量 以 一 千 噸									
	一九三三年	一九三四年	一九三五年	一九三六年	一九三七年	一九三八年	一九三九年	一九四〇年	一九四一年	一九四二年
路易斯安那 Louisiane	—	六五·五	五八·九	六一·七	四三·八	三六·〇	二九·四	二四·六	—	—
得克薩斯 Texas	—	六·三五	一六·四	四五·六	一三三·一	九五·四	九〇·八	九七·三	—	—
東維基尼亞 Virginie Occidentale	—	六·八二	一·七二	〇·三六	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)
康士基 Kentucky	—	四·五九	三·八六	〇·三三	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)
窩民 Wyoming	—	—	—	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)	(—)
其他各省	—	一·五二	一·三〇	二·四四	五·一九	五·六七	—	—	—	—
總 計	三〇·二	八二·六	八二·三	一三三·六	一四二·〇	一四一·三	一〇九·九	一三三·〇〇	—	—
鋼 棚 法	—	七五·〇	六九·〇〇	九二·九〇	一五八·六〇	一四一·六	一〇一·四〇	一〇六·一〇	—	—
其他方法	—	一一·二	一三·六	一三·七	一三·四	一一·〇	—	—	—	—

述 譯

位 單 為	銷 售		
	總 計	輸 出	國 內
製 品 在 廠 價 值 以 百 萬 美 金 為 單 位	—	—	—
每 公 斤 價 值 以 美 分 為 單 位	—	—	—
銷 耗 煤 氣 以 十 萬 公 尺 為 單 位	—	—	—
每 立 方 公 尺 煤 氣 製 造 若 干 公 分 炭 墨	—	—	—
	19.00	13.70	58.2
	1.53	4.43	92.9
	19.00	13.70	73.7
	1.53	3.70	73.5
	19.00	13.70	73.5
	1.53	4.85	73.5
	19.00	8.00	73.5
	1.53	7.54	73.5
	19.00	6.70	73.5
	1.53	5.52	73.5
	19.00	4.76	73.5
	1.53	5.29	100.11

參觀上表，可見一九三〇年，產量達最高峯，實因當時發現許多重要煤氣產場，有以致之也。但此時產量，亦有過多之嫌，遂致引起一九三二年之大跌價。是年價值只合美金六分，不過一九二六及一九二八年平均價值之半。此表更可表明，歷年以來，製造炭墨效率，每立方公尺天然煤氣之產量，總在二十二至二十三公分之間。炭墨銷場，最重要者，屬於製造膠皮工業，其次為製墨工業，及製造油漆顏料工業，其用於製造複寫紙，照相紙，人造石等工業者，比較算為次要。

茲將一九二五年各項銷路之百分數列表如下。

種 類	膠皮工業	製墨工業	製造油漆顏料工業	其他工業	輸 出	總 計
百 分 數	四九.二〇	一二.九〇	六.七〇	六.八〇	二四.六〇	一〇〇.〇〇

述 譯

炭墨銷路，美國國內佔最大部份，一九三二年，銷售總量達十一萬八千五百噸，其中有七萬三千一百噸，用於國內，佔全數百分之六十二，其餘輸出者，合四萬五千噸。一九三三年，國內銷路總數之中，有百分之八十九，用於製造膠皮工業。

輸出品銷場，以英國為最大，其次為法國，德國，再次為加拿大，日本，澳大利，意大利，比利時，荷蘭，中國各國，其輸出口，十分之九屬於加爾威斯敦 Galveston 及新奧爾良 New-Orleans 兩處。

茲將一九三〇年一九三二及一九三三年輸出數量及地方列表如下(以千噸為單位)

地方	數 量 份		
	一九三〇年	一九三二年	一九三三年
大不列顛	一〇・九	一四・一	一九・三
法 國	七・四五	八・八一	一四・七
德 意 志	五・六	七・三	九・七
荷 蘭	〇・八六	一・一	
意 大 利	一・一二	一・五四	
比 利 時	一・二	一・五二	
加 拿 大	五・三三	三・一六	二五・八

日 本	二・〇	二・七	六九・〇
澳 大 利 亞	一・二	一・八四	
中 國	〇・四五	〇・六	
其 他	二・一	二・六	
總 計	三八・二	四五・二	

炭墨在市場中，為氧化鋅，骨炭，煙墨，之競爭品。一九三一年，美國骨炭銷路一萬四千噸，煙墨銷路一千五百五十噸，氧化鋅銷路十萬噸。

除鋼鐵外，各冶業對於天然煤氣之用途。

印第安納省，Indiana 於一八九二年，首先用天然煤氣，燃燒煉鋅爐，當時鋼鐵以外之冶業，除煉鋅外，尚鮮有採用者。至最近數年，始引起煉鉛及煉銅工業之注意。因冶業用途之新趨向，天然煤氣銷路，更日見增多。

干薩斯省 Kansas 因擁有 Iola 天然煤氣產場，故其省內各煉鋅廠，於一八九六年，開始使用天然煤氣。據 Ingalls 所述，關於煤氣爐煤氣，及含有百分之九十至九十五甲烷 CH_4 ，并其餘可以燃燒氣體之天然煤氣，作一比較如下：一立方公尺煤氣爐煤氣，所含物質之百分數，計有二二・八之一氧化碳 CO ，八・五之氫 H_2 ，二・四之甲烷 CH_4 ，〇・四之乙烷 C_2H_6 ，五・二之二氧化碳 CO_2 ，〇・二之氧 O ，及六〇・三之氮 N ，其熱量為一，一七〇・卡路里，即云每〇・八五五立方公尺煤氣含有一，〇〇〇・卡路里熱量。此項〇・八五五立方公尺煤氣

，燃燒時，需要 0.869 立方公尺空氣，燃燒後，得有一， 602 立方公尺氣體，計二氧化碳 0.006 ， 0.267 立方公尺，水 0.00133 立方公尺，氮 1.202 立方公尺。一立方公尺甲烷 CH_4 ，可以發出八，四八 0 。卡路里熱量，計一， 000 。卡路里熱量，只須 0.118 立方公尺甲烷，燃燒時，需要一， 126 立方公尺空氣，燃燒後計有二氧化碳 0.00118 立方公尺，水 0.00236 立方公尺，氮 0.89 立方公尺，總計氣體一， 244 立方公尺。

核計燃燒一立方公尺煤氣爐煤氣，需要一， 106 立方公尺空氣，燃燒一立方公尺甲烷，需要九， 542 立方公尺空氣，是則需用空氣之數量，隨煤氣中所含甲烷之數而增加，平均計算，燃燒一千立方公尺天然煤氣，約需一萬一千立方公尺以內之空氣。簡單計算，為一與十之比，可得完滿之成績。

由此觀察，可以見燃燒煤氣爐煤氣，與燃燒天然煤氣，所需空氣，實有重大分別，且燃燒天然煤氣，無須過量之空氣，若燃燒煤氣爐煤氣，則空氣若非豫為燒熱，應增加數量百分之二十。

煉鋅爐溫度甚高，可以使碳化氫分解，留一層炭質於坩鍋面上，欲求燃燒合法，應用若干小口，輸入煤氣，更按本生燈規則，混合空氣之後，輸入爐中。普通使用煤氣，其壓力很少超過水柱二十六公分。

因天然煤氣熱量較高，所以空氣及煤氣，可以不經預燒，亦可達到最高溫度。但為節省煤氣起見，亦可按照使用煤氣爐方法，先將空氣燒熱。其法係按西門方法 *Systeme Siemens*，用二個房子，分別輸流，預將空氣燒熱，但亦可以用四個房子，二個燒熱空氣，二個燒熱煤氣，不過煤氣與空氣之比例，相差頗多，故房子尺寸，亦應按照比例分配。此法經過試驗以後，發生一種障礙，蓋因碳化氫分解，發生炭末，阻塞煤氣通過之路也。欲解除此種障礙

，應引進少許水蒸汽，使化爲水煤氣。

天然煤氣，亦用爲煅燒硫化銻爐之燃料，若用於迴射爐 Four a reverbere、如 Zellweger 爐，爐座長五十公尺，寬約五公尺，應用許多小管子，以通過煤氣。各個小管子，予以相當距離，此項小管子，直接通至火口，空氣與煤氣，即在此處混合。

天然煤氣，亦可以燃燒四底五底或六底之層疊爐，礦砂由上層爐底次第引至下層，煤氣由下層爐底門口各處引進火口，空氣由爐門安放控制器引進。

一九一二年，余往美國參觀俄克拉何馬省 Bartlesville 之時，只有 National Zinc Cy, Lonyan Star Smelting Works, Bartlesvilles Zinc Cy, 三廠，使用天然煤氣，其用途只限於烘烤礦砂。及硫化銻還原作用，至於製造硫酸，洗灰，及軋壓機，尙未有使用煤氣者。當時除其他理由外，尙有一種傳說，以爲天然煤氣泉源，恐終有一日窮竭，不敢應用，適在余參觀之時，煤氣產量，確有減少傾向，但以後詳加勘測，新發現之泉源尙多也。

天然煤氣，亦有時產量窮竭，如干薩斯省 Kansas 各廠，即經過此種現象。故當時各廠，對於一切建設，力求簡單，如製造硫酸廠，增加鉛質灰質量之設備，及軋壓廠，均以建設需費頗多，未着手辦理，即烘烤礦砂，亦不提取其副產氣體，至於還原廠場，則只用木料建造。

National Zinc Cy, 用料羅拉多省 Colorado 孟達納省 Montana 及墨西哥省 Mexique 礦砂，其礦質約含有百分之三十八至四十六之銻。礦砂經放於無蓋爐中提去水汽之後，再放入迴射爐烘烤之。還原方法，用坩鍋三百零四個，分爲四排，每排七十六個，每孔安放二個，安排於一爐之中，兩爐併列，共有坩鍋六百零八個。天然煤氣由

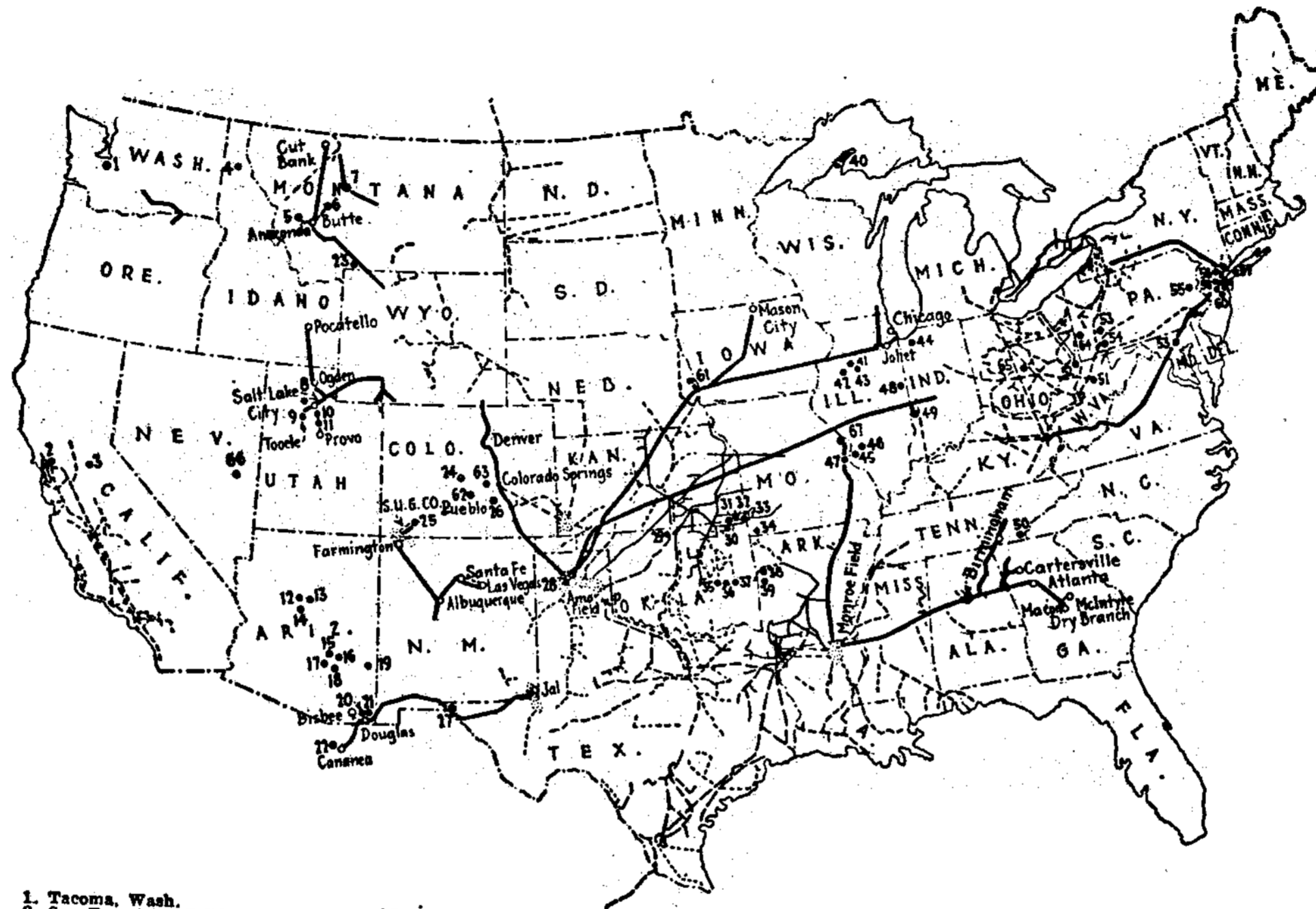
支柱各孔之小柱子，安放孔子引進，并在爐旁安置汽門以節制之，空氣由爐子上面總管引下，并安控制器，以節制其流量，再引與煤氣混合。烘烤礦砂一公噸，需用煤氣五〇二·立方公尺。還原時每噸礦砂，需用一，一一五立方公尺煤氣。燒坩鍋之爐，亦用天然煤氣。總計每月使用煤氣五，六六〇，〇〇〇·立方公尺，提煉礦砂三，三五五公噸，計每噸礦砂，烘烤還原及燒坩鍋一切，總計約需煤氣一，六八七·立方公尺。

其他兩廠，亦用同等礦砂，Lonyan Star Smelting Works，只還原一項，每噸礦砂，用煤氣一，一〇〇·立方公尺。

以後煉鋅工業，使用煤氣者，逐漸增多。美國金屬統計局一九二九年鑑，『Year Book of the American Bureau of metal Statistics 1929』所列使用煤氣各廠如下。俄克拉何馬省 Oklahoma 則有 Bartlesville, Blackwell, Henryetta, Quinton 各廠，干薩斯省 Kansas，則有 Cherryvale, Caney 兩廠，得克薩斯省 Texas 則有 Amarillo 廠，亞干薩斯省 Arkansas 則有 Fort Smith, Van Buren 兩廠，賓夕法尼亞省 Pennsylvania 則有 Langeloth 廠。

最近數年，天然煤氣，始能與煤炭及石油競爭，為煉鉛煉銅工業所採用。A. H. Hubbell 關於天然煤氣及五金鑛業狀況之研究，曾於一九三一年，發表一論文，登於 Engineering and Mining World，并附有地圖一幅，茲將此圖抄錄於後，足以表示各金屬鑛冶業之中心區，與已有及正在建築中各煤氣輸送管之關係。

著者指明，除鋼鐵外各種金屬冶業工廠，可按照地方分配，分為各組如下：一，大西洋沿岸。二，賓夕法尼亞 Pennsylvania 省之西南，及東維基尼亞 Virginia Occidentale 省之北。三，伊里諾斯 Illinois 省，印第安納



1. Tacoma, Wash.
2. San Francisco, Calif. (Selby)
3. Copperopolis, Calif.
4. Kellogg, Idaho
5. Anseons, Mont.
6. East Helena, Mont.
7. Great Falls, Mont.
8. Garfield, Utah
9. Tooele, Utah
10. Midvale, Utah
11. Murray, Utah
12. Clarkdale, Ariz. (Jerome)
13. Clemenceau, Ariz. (Jerome)
14. Humboldt, Ariz.
15. Globe, Ariz.
16. Inspiration, Ariz.
17. Superior, Ariz.

18. Hayden, Ariz.
19. Clifton, Ariz.
20. Bisbee-Warren, Ariz.
21. Douglas, Ariz. (two plants)
22. Cananea, Sonora
23. Cooke, Mont.
24. Leadville, Colo.
25. Durango, Colo.
26. Pueblo, Colo.
27. El Paso, Tex.
28. Amarillo, Tex.
29. Blackwell, Okla.
30. Bartlesville, Okla.
31. Caney, Kan.
32. Cherryvale, Kan.
33. Galena, Kan.
34. Grandby, Mo.

35. Henryetta, Okla.
36. Kusa, Okla.
37. Qunton, Okla.
38. Ft. Smith, Ark.
39. Van Buren, Ark.
40. Lake Linden, Mich.
41. La Salle, Ill.
42. Peru, Ill.
43. Depue, Ill.
44. East Chicago, Ind.
45. East St. Louis, Ill.
46. Collinsville, Ill.
47. Herculaneum, Mo.
48. Danville, Ill.
49. Terre Haute, Ind.
50. Copperhill, Isabella, Tenn.
51. Meadowbrook, W. Va.

52. Moundsville, W. Va.
53. Donora, Pa.
54. Langefoth, Pa.
55. Palmerton, Pa.
56. Newark, N. J.
57. Laurel Hill, L. I.
58. Perth Amboy, N. J.
59. Chrome, N. J.
60. Carteret, N. J.
61. Omaha, Neb.
62. Cañon City, Colo.
63. Colorado Springs
64. Josephstown, Pa.
65. Columbus, Ohio
66. McGill, Nev.
67. Alton, Ill.

Indiana 省之西，及美達里 Missouri 省之聖路易 St. Louis。四、Tri-State 區域及俄克拉何馬 Oklahoma 與亞干薩斯 Arkansas 省之交界。五、阿拉巴馬 Alabama 佐治亞 Georgia 田納西 Tennessee 等南邊各省。六、得克薩斯省西南之 El Paso 及 Amarillo，與亞里桑那省 Arizona 之東部及其中部。七、烏台省 Utah 之鹽湖平原 Salt Lake Valley。八、孟達納省 Montana 之 Butte-Anaconda。

大西洋沿岸，如 Carteret, Perth Amboy, Maurer, Baltimore, 各廠，雖有由紐約 New-York 省西方至紐折爾西 New-Jersey 省 Newark 地方，天然煤氣輸送管一根，更有由東維基尼阿、Virginia Occidentale 省至 Baltimore 及 Philadelphia、第二根天然煤氣輸送管，但仍使用煤炭及石油，以充燃料。自新發現 Tyrone-Tioga 產場以後，（在紐約及賓夕法尼亞省）狀況當可改善，因此場存量甚為豐富，每日可產煤氣二百八十萬立方公尺。

賓夕法尼亞至東維基尼阿，雖有輸送天然煤氣綫路，但賓省之 Donora, Langloth 及東維省之 Meadowbrook, Moundsville 各煉鑄廠，仍專用煤炭，蓋因在此區域以內，煤炭市價極廉，致天然煤氣，難與競爭。

除特別例外，上列第三組區域，如 East Chicago, Terre-Haute, La Salle, Peru, Depus, Danville, Collinsville, Hillsboro, East St. Louis 各地，均無天然煤氣。最近始由路易斯安那省之 Monroe 產場，引來運輸煤氣管一根。再由得克薩斯省之 Amarillo 產場及康薩斯西南之 Hugoton 產場於一九三一年，建設煤氣運輸管一根，通至伊里諾斯省之 Danville 區域，此管更可繼續引至 Indianapolis。尚有一管，由得克薩斯省之 Amarillo 產場，引至伊里諾斯省之 Joliet 及芝加哥 Chicago，此管通過 La Salle 各廠附近，Peru 及 Deque 煉鑄廠亦得利用之。在此區域內，煤炭及石油，現時使用者，尚甚覺其便利。Amarillo 天然煤氣產場，可算美國最大產場之一，自一九

一七年起，即已開始採用。

俄克拉何馬 Oklahoma 康薩斯 Kansas 亞康薩斯 Arkansas 各省之 Quinton, Henryetta, Van Buren 等等各煉錳廠，則均使用天然煤氣。

一九三一年佐治亞省 La Georgia 阿拉巴馬 Alabama 省，尚無天然煤氣。最近已有一管，由路易斯安那省之 Monroe 產場，經過 Birmingham，引至 Atlanta。但在此區域內，煤炭競爭市場之力量甚大。尚有許多支管，引入佐治亞，Georgia 省 Casterville 礦區，暨 Macon 附近之 Dry Branch 及 Mc Intyre 區域。預計天然煤氣，尚可引至田納西 Tennessee 省東南礦冶區域 Ducktown，在此省內，計有三個小產場，為 Nashville 之東南部及 Northern Cumberland Plateau。

一九三一年，上湖 Las Superior 產銅及鐵區域，尚無天然煤氣，需用煤炭，可由湖運入，且此處有水力發電廠，可以供給電力，但現時已有煤氣運輸管一根，由得克薩斯 Texas 省之 Amarillo 產場，經過內布拉斯加 Nebraska 省之 Omaha，引至衣阿華 Iowa 省北方之 Mason 城。此管更可繼續接至明尼蘇達 Minnesota 省之 Minnea Polle。更於是年接通伊里諾斯 Illinois 省之 Joliet 至威士康星 Wisconsin 省之 Milwaukee，此根運輸煤氣管，可以使天然煤氣產場與上湖區域，縮短不少路線。

自一九二八年起，科羅拉多 Colorado 省之 Pueblo, Colorado Spring, Denver 各地，均有煤氣運輸管，接於得克薩斯 Texas 省之 Amarillo 產場。Denver 更有一管，經過 Fort Collins 小產場，接至 Cheyenne。

在科羅拉多 Colorado 省之西南，由新墨西哥 Nouveau-Mexique 之 San Juan 產場，供給煤氣。

自一九二九年起，得克薩斯 Texas 省西南 El Paso 地方，各鑄煉廠，已經用新墨西哥 Nouveau-Mexique 省西南 El Paso 產場之煤氣與石油，共同使用。一九三一年，更決定建築長四百五十五公里運輸管一根，延長 El Paso 綫路，至於礦冶業大中心區亞里桑那 Arizona 省之 Douglas 及 Bisbee，墨西哥 Mexique 省之 Cananea。

加利福利亞 California 省，擁有豐富之天然煤氣，故其煤氣用途，亦逐漸增加，如 Los Angeles 區域，已經使用煤氣，作燒磚燒瓷燃料。但加省出產石油極富，價值又廉，故各廠使用石油者，仍屬不少。

自一九二九年起，烏台 Utah 省之鹽湖平原 Salt Lake Valley 各處，已經與窩民 Wyoming 省煤氣產場，接通運輸管子。此地各冶業工廠，及附近鹽湖各城，每年銷耗煤氣，數量頗多。至一九三一年，更將運輸煤氣綫路展至衣達何 Idaho 省之 Pocatello。

孟達納 Montana 省 Anaconda 公司銻銅各礦廠，每年需用多量煤氣，均由孟省北方之 Cut Bank 產場供給。孟達納原動力公司 Montana Power cy，與煤氣產場，訂有每年使用一百萬萬立方英尺（約合二八三，〇〇〇，〇〇〇立方公尺）天然煤氣合同，其一部份煤氣，耗用為普通家庭燃料。

由此觀之，天然煤氣之輸送管，最近數年以來，實有重大發展。但美國擁有各種原動力之豐富泉源，煤炭石油，既已遍地皆有，而到處復可得到價值低廉之電能，故發展天然煤氣銷路，似頗感重大困難，且鑄煉廠改用煤氣為燃料，尚應更改其廠中一部份設備，需費亦頗不貲，而煤氣產量是否豐富，來源能否持久，更為各工廠改用煤氣以前，應先為考慮者也。特是煤氣優點，亦復不少，如使用時便利潔淨，有時并能使所製造物品，質地改變優良，若與煤炭比較，更可減少人工，至各工廠使用他種燃料，無論為煤為油，均應存儲有相當數量，因而耗費一大部份流

動資金，若用煤氣，則無需存儲，此尤為其最便利之點。

茲將冶業大中心區域，如 Tooei 及 Anacondo 各廠，使用天然煤氣狀況，附列如下，以見一斑。

Tooei 各廠，屬於烏台 Utah 省鹽湖平原部份之鑄煉廠，其工作種類，為煉銅及煉鉛。計有煅烤鑄砂爐三十二座，每座有六個底座，及二個燃燒煤氣火口，其位置可以隨底座而變更。至鑄化已烤砂，則用長三十公尺寬六公尺大返射爐二座，每座有火口五個，每小時銷耗煤氣十萬立方英尺，（合二，八三〇。立方公尺）爐內溫度，達攝氏表一，三七〇度。

煉鉛廠用 Dwight Lloyd 器具十架，每架每日能烤鑄砂一百零九公噸，每架有火口一個，用六公厘管子二十一根，以分配煤氣。鑄化已烤砂，用化鉛爐五座，每座容量三百六十噸，亦改用煤氣。用硫酸提淨鉛中銅質之鍋爐，火口一個，亦以煤氣燃燒。鉛料鑄成塊型後，再送往芝加哥 Chicago 精煉廠。

以煤氣代替煤炭，用於燃燒鍋爐，煅烤礦砂，以及試驗室各項器械，均覺煤氣價值，廉於其他燃料。

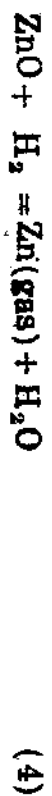
自一九三一年九月以來，孟達納 Montana 省 Anaconda 銅鑛公司各工廠，幾完全使用煤氣，以代替煤炭及石油。煤氣來源，在孟省西北新發現泉源，用長三百六十二公里之輸送管引至廠中，煤氣輸至總站計量時，其壓力為一七。六公斤，縮低為二。八公斤，分配各廠使用，約計每日二十四小時，銷耗四十二萬五千立方公尺。輸送煤氣，用三百五十公厘圓徑總管二根，一根供煅烤爐，各廠機械，鑄廠，提砒廠，製造磷礦廠，及各試驗室之用。其餘一根供鑄化爐，鏈打廠鍋爐，燒灰爐之用。所有分管，共長四千五百公尺，均安在地面上，以便易於檢查及修理。各爐各機械各該驗室，均分別裝置氣表，各種容量之火口，計有五百五十個。每個返射爐，有每小時銷耗煤氣七百

零八立方公尺之火口五個，同樣火口，亦用於鑄鋼爐燒灰爐各處，惟鑄化黃銅爐，則用特別火口。

在墨西哥 Mexico 省 Monterrey 鉛廠，算為世界有名大廠，引用得克薩斯 Texas 省天然煤氣，銷耗數量頗大，其用途為燃燒 Dwight Lloyd 器具，煅燒鑄砂，燃燒七十五噸容量鑄鉛鍋爐六座，燃燒一百五十噸容量返射爐四座，燃燒去銀去銻各種鍋爐等等，除化鉛爐用焦炭外，其他燃料，均用天然煤氣，總計約可節省費用十分之一。

最近數年，用天然煤氣，代替煤炭，以還原銻礦砂，歷經試驗，頗有成績。以下所述，多採取 H. A. Doerner 及 C. G. Maier 二君之論文。此種問題，二十世紀初業，即已引起冶金學者深切之注意。

據 Maier 君所述，用甲烷 CH_4 還原氧化銻 ZnO ，可得反應作用如下：



尚有其他反應作用如下：



在攝氏溫度計近於九二五度時，反應作用(1)差不多變化完淨。更經 Doerner 試驗多次，覺得此種反應作用，尚為透徹迅速，似可供工業之用。其試驗方法，用豎立砂管一根，一面通於冷凝器，一面用電氣燃燒，所得結果，證明反應(1)開始於溫度九〇〇度之時，以後溫度增加，反應作用之進行尤速，溫度達到九七五至一〇〇〇度時，礦砂內提出之銻 Zn ，比較普通用坩鍋返原者為速。

甲烷 CH_4 達至相當溫度，原質即可分裂。當氣體引進反應區域，溫度尚在相當限度之下，即可與氧化鋅 ZnO 發生反應作用，若過此溫度，則遺留較多炭質，而氧化鋅 ZnO 仍常保有多量成份。在復原物質中， CO_2 及 H_2O 所表現之成份，足以證明反應作用(3)及(4)之功效。經試驗分析，在溫度九二五度，氣體速率較少時， CO_2 成份，為百分之〇·四，若溫度增至一，〇〇〇度，氣體速率較快，則 CO_2 成份增至百分之一·三。 H_2O 在試驗中尙未能得到何種新發現。(3)及(4)為可逆性反應作用，此節關於鋅之重復氧化，頗為重要，當氣體冷卻鋅質液化之時，即發生此種作用。 CO_2 及 H_2O 成份，隨溫度而增加，還原之溫度愈高，則鋅質重復氧化之現象亦愈甚。經試驗所得，氧化之表現，結成黃色小結晶體，附於器具上面。

經過許多試驗，或用氧化鋅及甲烷為原料，或用天然煤氣及鋅。試驗上列第二法，應將礦砂在溫度八〇〇度時，用氫 H_2 ，或一氧化碳 CO ，提去硫化物質，否則冷卻時，硫化物及鋅，同遺留於冷凝器中。

第一期試驗，Doerner 及 Maier 均各得有相當結果。因此更在 Bevo 地方，再作新試驗。其法用徑七五·至三〇〇公厘金屬圓缸一個，豎立於磚爐中，爐之受熱區域，高一·二五公尺。工作為繼續性，礦砂由缸上添入，渣滓由下面取出。圓缸更附有冷凝器，試驗時，氣體經行路線，或與礦砂降落之方向相同，或為相反方向。

此項試驗，歷時六個月，所得結論如下：(一)由(3)(4)反應作用，致鋅重復氧化，實發生重大困難。(二)積成之炭素，比在小規模試驗時為多。(三)所使用特種銅質圓缸，在溫度一，〇〇〇度以內，甚為堅固，但價值太昂。若欲為減少鋅體重復氧化，使用比較略低溫度，九二五至九五〇度，則蒸餾之速率，較用坩鍋者為緩。

經敘述上列各種困難之外，原著者更研究其改良方法，其結論則以為，由試驗所得之成績，已足算為一種至有興味之事，或者可以得到一個適合工業用途之方法。果能如此，則對於美國產生天然煤氣區域，更有莫大之利益。

調查報告

考察法國建設事業報告

張乃燕

目錄

甲 煤鑛事業

- 一 產量及用途
- 二 工作狀況及其改良方針
- 三 煤鑛附帶之重要工業

A 煤磚煤球

B 發電事業

C 高溫煉焦事業

D 低溫煉焦事業

乙 鋼鐵事業

一 產區

A 東部

B 北部

C 中部

二 產鐵數量

三 產鋼數量

四 煉焦

五 鐵鑄砂

六 工作狀況及其改良方針

丙 電氣事業

一 火力發電

二 水力發電

丁 交通事業

一 鐵路

A P O 公司

B 國營鐵路

C 北方公司

- D 東方公司
 - E 亞洛國營鐵路
 - F PLM公司
 - G 中部公司
- 二 公路
- A 路工養路等問題
 - B 車輛
- 三 鐵路公路之競爭及其調濟辦法
- 四 內河
- 五 海運
- 六 航空
- 戊 救濟失業工人之辦法
- 己 經濟委員會之組織及其工作概況

告報查調

考察法國建設事業報告

張乃燕

歐戰時，法國以首當其衝，受創最鉅，戰事結束以後，乃銳意建設，而尤注意於重工業之發展，電氣交通等事業，亦努力擴充。近年來雖因世界經濟衰落，百業均受影響，然政府勵精圖治，其一切設施，俱足以爲吾國借鏡。茲就考察所得，分類陳述，以供國人之參考。

甲 煤鑛事業

煤鑛工業之在法國，至爲重要，全國原動力之需煤，在百分之五十以上，製造煉鋼需煤，製造煤氣亦需煤，至煉焦所生之附產品，尤爲化學工業中極有價值之原料，是煤者，乃生產工業中之第一原料。

煤鑛上直接使用人工，三十餘萬人，而依此事業生活之人，在一百五十萬人以上，每年支付薪工之數，爲三十萬萬法郎，投資於煤鑛事業者，爲一百二十萬萬法郎。

一 產量及用途

法國年來採鑛，計年達五千萬噸以上，比之一九三〇年時，年可產五千五百萬噸以上，似有遜色矣。上項所產之煤，計在北部兩省 Nord, Pas-de Calais 產三千二百萬噸，在羅爾 Loire 省產三百萬噸，洛蘭省 Lorraine 產五百七十萬噸，由其他煤田產出者九百餘萬噸。

法國雖產煤不少，然每年仍須由外國運入，其數約二千五百萬噸，而其運出者，不足二百萬噸，總計全國銷用

之煤，爲七千五百餘萬噸，至其如何銷用，可約而言之：(一)用於煤礦本身者，四百六十萬噸。(二)用於冶業者，二千餘萬噸。(三)用於鐵路事業者，一千五百萬噸。(四)用於大都市之煤氣事業者，四百八十餘萬噸。(五)用於發電事業者，三百六十三萬噸。(六)家庭日用者，一千五百萬噸。(七)其他用途，七百餘萬噸。

二 工作狀況及其改良方針

煤田以北部二省爲最富，全國煤田，煤層薄而斜度大，故開採極感困難，自機械設備完全，並使用各種壓氣鑽錐器械以來，近來每人每日(約七小時半)可採約八百公斤，在數年前不過六百公斤左右而已。

歐洲採煤事業，因競爭劇烈，故凡開採運銷應用管理等等，均力求完善，至其改進方法，有如以下數端：(一)煤礦之天然情勢不良，難於開採，而使工程費用增大而成本高者，一律暫停開採。(二)減低工資。(三)減少工人。(四)增加工作時間。各國中，要以德國最有成效。

法國鑒於他國之力事改進，亦努力使效率盡量發展，成本盡量減輕，如上述之力求機械設備之完全，乃其一點，又對煤之運輸設備，清除煤灰設備，洗煤機械等，亦力求改善。在開採方面，固精益求精，而在其他方面，如煤灰煤層之應如何利用，亦在研究實施中，蓋此若能得極有效之使用，則亦減輕成本辦法中之一端也。

三 煤礦附帶之重要工業

凡開採一煤田，而欲使其發達者，非在其附近建立無數用煤工廠不可。在工業極進步之國家，其出井之煤，必經分類去灰洗滌配合各手續。市上之所需者，乃清潔整齊之煤，而極不願有泥石等參於其間也，出井之煤，經上項手續後，所遺棄之碎屑不少，若不設法利用，反使其他成本加重，殊非得計，利用之法，(一)造煤磚煤球，(二)

（開電廠燒鍋爐以發電，（三）因各煤田煤質之不同，乃作各種高溫煉焦以及低溫煉焦之設備。

A 煤磚煤球

煤球煤磚之製造，先前本不發達，近數年來，因竭力利用煤屑，計每年出產之量，達五百萬噸。磚球之製造，係以煤屑拌以柏油渣，*Bitum* 而後用水壓機壓成磚球之狀。柏油渣者，係蒸溜生柏油 *Coudron Primaire* 所得之遺留物，生柏油本為煉焦工業之附產品，而柏油渣又為生柏油之附產品，又所製成之煤磚球，仍可蒸溜，將其中所含煤氣取出，而成無煙煤磚煤球。

B 發電事業

在煤礦區內，因利用煤屑，故應使鍋爐，以此灰屑物為主要燃料，並使生最大效率，是以近來製造發電器械，亦頗進步。煤區內所成就之發電事業，以北二省為最完善。統計法國全國煤區所建立之電廠總力量，為一百萬基羅瓦特，每年所發生之電，為二十三萬四千二百萬基羅瓦特小時，其中大部份均為煤廠本身所用，其餘八萬萬基羅瓦特小時，則售於鄰近各邑之家庭，及其他小工業之用。除煤田區內發電事業外，尚有其他大城市之發電事業，在最近數年內，大為發展。統計一九二三年，法國全國火力發電總量，不過四十四萬八千五百萬基羅瓦特小時，至一九三〇年，則為八十四萬六千三百萬基羅瓦特小時，佔全法國發電總量百分之五十五。

C 高溫煉焦事業

因製鐵煉鋼事業之發展，煉焦事業亦隨之發展，先前祇能煉二百餘萬噸之焦炭，今則每年能煉五百萬噸矣，而其所建立煉焦之總能力，為六百五十萬噸。法國煤質，大都不合煉焦之用，在先本係購他國之焦，今則改購他國煤

層而自煉焦，以供製鐵煉鋼之用。蓋以煉焦可得不少之副產品也，查北部兩省，因高溫煉焦所得之煤氣，為十八萬四千萬立方公尺，其用途甚大，計（一）供煉焦爐本身之用者，為九萬九千五百萬立方公尺，（二）供原動力之用者，為三萬八千三百萬立方公尺，（三）供化鐵煉鋼爐及化玻璃爐之用者，為一萬八千四百萬立方公尺，（四）供其他合成工業之用者，一萬二千六百萬立方公尺，鄰近城市中家庭之用者，為一萬五千萬立方公尺。煉焦爐除煤氣外，尚可有其他重要之附產品，大致為生柏油三十二萬噸，硫酸銹十一萬噸，輕油七萬四千噸，柏油渣十二萬噸，淡質肥料十萬噸，此一九二九及一九三〇年之紀錄也，但近年來，僅北二省煉焦爐所產之附產品，其數量為柏油十八萬噸，輕油類為四萬三千噸，硫酸銹六萬四千噸，柏油渣八萬四千噸，石腦油八千噸，Anthracene 六百噸，其他油類四萬二千噸，又木酒精三千二百噸。

D 低溫煉焦事業

法國在最近數年來，始注意低溫煉焦事業。因各區煤質之不同，在理論及技術方面，其實施方法，自當各異，然要點則在製造半焦及生柏油 *Goudron Primaire* 而已。半焦燃燒時無煙，供家庭及其他小工業之用，頗合衛生。夫煤中之煙，取之以法，可以利用，否則散之於大氣之中，反能戕害生物，其取舍之不同如此。生柏油內含有多種價值之物質，尤以輕油為最要。法國公家試驗所，與私家煤礦公司，互相連絡，竭力研究，所謂低溫蒸溜，高壓輕化法，與提煉煤氣等等，均在預備建設之列。此項技術之在今日，成效已著，然仍力求改進，以期精益求精，惟以世界經濟衰落之故，生者衆而銷者寡，法人一時殊未能多量製造也。

乙 鋼鐵事業

法國在最近二年內，年可產鐵砂三千八百四十七萬噸，生鐵產量為八百二十萬噸，鋼之產量為七百八十萬噸，較之前三四年，已少各百萬餘噸。由一九二四年起，法國佔世界產鐵國之第三位，美第一，德第二，但在一九三〇年後，法國幾取德國之第二位而代之，因此時德較法少產生鐵，約百萬餘噸也。

鋼鐵工業，關於法國國家經濟及國防事宜，最為重要。開採鐵礦，及鋼鐵工廠所直接使用之人工，為三十萬人，而每年所用於製鐵煉鋼事業之煤，計為二千數百萬噸，超過用於鐵道事業之煤，約百分之五十。用於運輸原料及貨物之費，計為二十萬萬法郎，此二十萬萬之數，佔全國鐵道收入總數百分之十四。售於他國之鐵砂，其總值為三十萬萬法郎，佔出口貨之總收入百分之七有奇。

一 產區

產區計分四部，(A)東部，(B)北部，(C)中部，(D)其他沿海省區。(產量不多，茲不計及)。

A 東部

此區年產生鐵之數量，佔全法國全產量百分之七十八，鋼之產量，佔百分之六十八有奇，此區最富鐵礦，大有取之不盡之勢，但煤則甚感缺乏，每年煤之運費，所耗甚鉅，此則美中之不足也。

B 北部

此區年產生鐵之數量，佔全法國百分之十三，鋼之數量，佔百分之十八，北部煤田甚豐，可就近取煤，以資應

用，但鐵礦則甚感缺少，因水陸交通甚為便利，用於運輸鐵砂之費用尚不甚鉅，較之東部用於運煤之費，則便宜多矣。

C 中部

此區所產以鋼為最重要，近數年來，當局銳意製煉特種鋼，所有計劃，已見實行，計每年產量，佔全法國產量百分之十以上。

中部為法國煤鐵事業最老之區，計已有百餘年之歷史，現有煤量，僅敷應用，鐵砂則尤感缺乏，由他處及殖民地運來之鐵砂，因路途遙遠，及交通不便，運費至鉅，又以東部及北部冶鐵事業，蒸蒸日上，此區鐵鋼事業，不能與之競爭，幾有倒閉之勢，政府為維持中部實業起見，特定救濟辦法三項：（一）減輕稅額，（二）增加運輸便利，及減輕運費，（三）公家製造軍器船廠，所需鋼鐵以及私家用鋼之廠，均應向中部鋼鐵廠儘量購買。

經此三項辦法實行後，中部鋼鐵事業，大有起色，而尤以特種鋼為最。

二 產鐵數量

東部第一區，產三百五十七萬八千噸，東部第二區，產二百八十八萬二千噸，北部產一百〇九萬六千噸，中部十一萬九千噸，西北部十二萬九千噸，東北部九萬八千噸，西部三十八萬五千噸，總計八百二十一萬七千噸。

三 產鋼數量

東部第一區產三百〇一萬七千噸，東部第二區二百三十三萬八千噸，北部一百四十四萬九千噸，中部三十八萬九千噸，西北部六萬二千噸，東北部六萬三千噸，西部四十九萬一千噸，總計七百八十九萬九千噸。

四 煉焦

法國產煤頗富，惟可以煉焦之煤則不多，近二年來，每年用於煉焦之煤，為一千二百六十三萬三千噸，較前二三年，已少用約三四百噸，但法國本身所能供給煉焦之煤，僅為五百二十一萬八千噸，佔總數百分之四十一又五，其餘則購自外國，計（一）由德國來者三百五十五萬噸，（二）荷蘭來者一百二十二萬噸，（三）英國來者七十萬噸，（四）比國來者一百萬噸，（五）取之於薩爾區者，為八十五萬四千噸，外煤輸入供煉焦之用者，計佔總數百分之五十八又五，上列數目，乃近兩年來之事實，比之往年，已大進步矣，因曩日所用外國煤及焦炭，佔全國百分之六十五以上。法國在戰前，僅煉焦炭年約二百八十餘萬噸，今則年可煉六百萬噸左右矣。

現在法國對於購用外國焦炭力求減少，而以購外煤自煉為原則，蓋自煉焦可得副產品之收入也。所煉焦炭之價，較之比國，每噸貴二十法郎，較之德國則更貴，惟因國內運輸便利，足以稍事補償。其運輸價格，由政府仲裁持平辦理，現焦價由北部售於東部者，已規定在三年內不得變更。依運費言，法國自煉之焦，由北部運至東部，較之由比國來者，廉百分之十，由德國來者，廉百分之五十以上。

五 鐵砂

此項礦物，在最近二年內，年產三千八百四十七萬六千噸，較之一九二九年，已少產一千萬噸以上。（一九二九年採量為五千餘萬噸）法國東部鐵礦，蘊藏之豐，以及產量之多，在歐洲可稱第一。其本身開採數量，雖為三千八百萬噸，而其本國之銷耗，則不若此之鉅，計每年運銷於歐洲其他國家者，計一千六百餘萬噸，此種富源，真乃國家之至寶。在一九二九年時，開採之量，達五千餘萬噸，法人頗以為慮，因此種寶藏，並非取之不盡用之不竭者

，故政府乃組織調查委員會，調查各鑛之確實儲量。據報告：東部鐵鑛之儲量為四十一萬五千五百萬噸，其他各省區，約有七萬萬噸，若儘量開採，則最重要之鐵鑛，至多在五十年內，將完全告罄，因此對於開採鐵鑛事宜，政府特加取締辦法數條，以示補救：（一）對移轉及取有探採之權，除為國家所特別需求外，不予允准。（二）組織常務委員會，專注重於技術問題，以改善開採及提煉方法，以免鐵砂之浪費。（三）凡減低出口運費，及其他特殊優待辦法，一律取消。（四）規定最大輸出之量，遇有必要時，政府得設專賣機關，以資統制。

此外法國非洲殖民地，尙有不少鐵鑛，尤以赤鐵鑛為多。又安南鐵鑛亦不少，政府因一時尙無需要，有暫時禁止開採之議，其意蓋欲留待將來應用也。

六 工作狀況及其改良方針

法國在戰前，冶金事業，並不發達，在戰時又受損失，但在戰後，鋼鐵事業，大為發展，其進行方針，大致為：（一）由提煉原料至精製貨品之各種工作步驟，均集中於一大工廠之中。（二）每爐及每廠之能力，儘量增加，使效率增大，成本減輕。（三）副產品之儘量利用。（四）化鐵爐內，所生之煤氣，儘量用於發電事業，以所生之電，供煉鋼爐之用，並以之精煉其他貨品。

在製煉鋼事業方面，技術問題之應研究者甚多，就中以直接製煉熟鐵之方法，尤堪注意。在化鐵爐中，焦炭佔三分之二，雜質甚多，而生鐵在液體狀態下，最易吸收雜質，故煉出之鐵尙須加以純潔之工作，手續既煩，而用費亦增，直接煉成之熟鐵，其晶狀若海綿，以之煉特種鋼，最為適宜，成本雖高，但貨品則極精良，得失足以相償也。法國對於此種直接方法，現正銳意進行，而以中部為尤甚，又聞除德美瑞典諸國外，尙無實行者。

法國鋼鐵廠之最重要者，在 Meurthe et moselle 有七廠，計每廠年產生鐵三十萬噸，鋼三十萬噸，又在 Moselle 者五廠，計每廠年產生鐵四十萬噸，鋼三十萬噸。各廠皆集中管理，彼此互相合作，現在成績極佳。

丙 電氣事業

近來法國每年由電廠送出之電，其總量為一百五十三萬三千九百萬基羅瓦特小時，佔全世界之第四位，在歐洲則佔第二位，德國佔第一席，因德國全國電廠送出之電，為一百六十三萬零五百萬基羅瓦特小時，法國與之相較，所差約不足一萬萬而已。法人自豪，以為稍事努力，即可取德國之地位，而自為歐洲之魁首。

因機械製造之進步，電氣機械，亦日臻完美，所有一切設備，無往而非自動，所需人工，已減至最少程度。在水力電廠，如啓關水門，看守透平電機等，所需人工，數人已足。在火力電廠，如看守汽機電機等，亦不過數人。計全法國電廠，直接所使用人工，僅三萬人。失業現象，在電業界幾毫不感覺，雖有利餘之電，而人工則無可再減也。

電氣工業之總投資，在二百萬萬以上。所有電氣事業，均係商辦，政府予各公司以地段承租之權，同時居監督地位，使用電氣者便利，而購價低廉，但亦有矛盾之現象，用電者希價廉，而售者則反之，政府居兩者之間，兩方利益，向應兼顧，有時亦難持平處理也。

法國之水力發電，與火力發電，幾勢均力敵，殆各佔半數。依最近之記錄，火力發電，佔全發電量百分之五十五，幾超過半數，然其前途則甚為可慮，恐無發展之可能性，因水力擴充發電之聲，震驚全國實業界，說者謂本國

之煤礦，並不豐富，當留爲他種必需工業之用，不必用來發電，且水力發電之源，凡世界之應有者，法國盡有之，法國有高山峻嶺，則山水可以發電，有廣大平原，則河流可資發電，有延長之海岸綫，則海潮可以發電，凡兩水面所差有相當之高度，而水量豐富者，皆發電之泉源也。

一 火力發電

茲將能力在一千 K. V. A. (Kilo-volt-ampere) 以上，各廠之數，統計如下：

1. 自一千至九，九九九 K.V.A. 之廠，計一百四十家，設置之總力量，爲五十四萬 K.V.A. 2. 自一萬 K.V. A. 至二四，九九九 K.V.A. 之廠，計五十五家，設置之總力量爲九〇四，〇〇〇 K.V.A. 3. 自二五，〇〇〇至四九，九九九之廠，計三十家，設置之總力量，爲一，〇二八，〇〇〇 K.V.A. 4. 自五〇，〇〇〇至九九，九九九 K.V.A. 者計十八家，總力量爲一，二七三，〇〇〇 K.V.A. 在二〇〇，〇〇〇 K.V.A. 以上者有九家，其總和力量爲一，七五五，〇〇〇 K.V.A. 統計在千 K.V.A. 以上之電廠，爲二百五十二家，設置之總能力，爲五，五〇〇，〇〇〇 K.V.A.。

火力發電設備之總能力，爲五百五十九萬二千基羅瓦特，每年所產生之總量，爲八十四萬六千三百萬基羅瓦特小時，在世界佔第四位，在歐洲佔第三位，德居首，而英次之。發生火力之原料，固體液體汽體各燃料，均在應用之列。固體燃料，以煙煤居多數，褐煤次之，焦炭又次之。用固體燃料爲火力之原料者，計有一百九十五電廠，總能力爲四，八六〇，〇〇〇 K.V.A. 佔火力發電百分之八十九又四。液體燃料，以柏油汽油重油爲大宗，用此種原料者，計二十二家，總能力爲四萬九千 K.V.A. 佔火力發電總數千分之九。汽體燃料，自以煤汽爲大宗，大都來自煉

焦廠，計用煤汽爲火力發電之原料者，有二十一家，總能力爲二十七萬六千 K.V.A. 佔全火力發電總數百分之五。又巴黎附近，有四電廠，係用「拉拔」爲火力發電之原料，其設備爲五萬基羅瓦特，此不僅廢物利用，實城市衛生之妙法也。

二 水力發電

上節已言，凡流動之豐富水量，而兩水面所差有相當之高度者，皆水力發電之泉源，故山水河流海潮，皆電力潛蓄之處，所需者，僅人工之開發耳。利用海潮發電一事，成效尙不甚著，在 Aber-Brach, Bretagne 之口岸處，已設廠實行發電。除此項潮力不計外，法國水力之潛蓄能力，據法人統計，在九百五十萬匹馬以上，但據世界水力專家之統計，法國水力，僅爲七百九十萬匹馬力，雖此兩數字相差有一百六十萬匹馬力之多，然法人自信人力可以勝天，如能在技術方面，努力改進，則水之潛蓄能力，當可在千萬匹馬力之上也。

法國水力發電，至現在止，設備總能力爲二百三十二萬八千基羅瓦特，每年產生之電，爲六十八萬七千六百萬基羅瓦特小時。以設備之能力言，在世界佔第五位，在歐洲佔第二位，而意大利居首，以產量言，在世界佔第六位，在歐洲佔第三位，而意大利仍居首位。以水力及火力發電之比例言之，荷蘭比利時均係火力發電，而挪威瑞士均係水力發電，幾完全相反，惟法國則水火互用，幾各佔其半，互爭發展。

將來法國水力發電事業，當有長足之進步，雖現在經濟衰落，而所規定之計劃，尙在積極進行中，計在一九三六年一月一日前，發電之量在（一）皮爾耐山中，Pyrenees 可增六萬四千五百萬基羅瓦特小時，由十三家水電公司承辦之。（二）在中部平原 Massif Central，可增十六萬九千萬基羅瓦特小時，由十一家水電公司承辦之。（三）

在阿爾拍 Alps 山中，可增九萬五千八百萬基羅瓦特小時，由十二家水電公司承辦之。(四)在聖拉 Tira 萊因 Rhein 及西部可增八萬八千萬基羅瓦特小時，由四家水電公司承辦之。統計所增發之總量，為四十一萬四千三百萬基羅瓦特小時，所以如此之銳意進行者，一欲使煤之消費減少，二欲使電之產量增加。在一九三二年時，每人每年用電，不過一百六十三 K. W. H. 至於今日，已增至三百四十萬基羅瓦特小時以上矣。P. L. M. 公司，有二千五百公里之鐵路，立需電化，計年須五萬萬基羅瓦特小時，此外仍有其他工業，亦立需電化，因此電網之連絡，高壓線路之增加，均日形進步。

因電網之發展，其高壓線路亦逐漸展長。計：(一)電壓在二五〇 Volts 以下者，線路之長為一三八，〇〇〇公里。(二)電壓在二五〇及三三〇，〇〇〇 Volts 之間者，線路之長為一六二，一八〇公里。(三)電壓在三三〇，〇〇〇 Volts 以上者，線路長度為一三，三二五公里。

現已計畫即宜實施之高壓線路為：

- 一 電壓為一五〇，〇〇〇 Volts 者，計在東部有線路九條，在東南部者有八條，在西南部者有四條，在西北部者有七條，在北部者有四條，在中部者有二條。
 - 二 最高壓為二二〇，〇〇〇 Volts 者，計有七路，內有四路，需即設立，餘三路可稍緩。
- 由中部及東部，將水電送至巴黎，計量為十一萬基羅瓦特，路長五百公里，需最高電壓二二〇，〇〇〇 Volts，其工程費連同變壓器具電桿電線等，每公里需三十萬法郎，全路需一萬五千萬法郎。

丁 交通事業

交通事業之分類有五種，即鐵路公路內河海運及航空。茲分別言之於左：

一 鐵路

法蘭西鐵路，全長約五萬二千公里，車頭二萬具，車五十萬輛，全年旅客約八萬萬人，全年收入約一百五十萬萬法郎，投資總數約五百五十萬萬法郎，直接使用人工之數為五十萬人，間接依此事業生活者，約二百餘萬人。

以鐵路之長度言之，當以美國為第一，因美國有四十二萬一千公里之鐵路也。以國土面積與長度之比較言之，當以比利時為第一，因比國在一百平方公里內，有三十一公里又四百公尺之鐵路，而美國僅有五公里又四百公尺，法國有九公里又五百公尺，中國祇有一百公尺。又以人口數與鐵路長度比較之，則以澳大利亞 Australia 為第一，因彼每萬人有七十四公里又二百公尺之鐵路，美有三十六公里，法有十二公里又九百公尺，比有十二公里又二百公尺，而中國則無可比較矣。

法蘭西全國鐵路，分七大路網，由七大公司經營之，其名為：(A) PO公司，(B) 國營鐵路，(C) 北方公司，(D) 東方公司，(E) 亞洛國營鐵路，(F) P. L. M. 公司，(G) 中部公司。

A PO公司(Compagnie de Paris-Orleans)

此公司所經營之部份，在法國西部，其極西之線，直入不列他尼 Bretagne 省之半島，向西南直達包爾多 Bordeaux。包爾多為西南最大之商港，而半島邊之囊脫 Nantes，聖拿維 St.-Nazaire，及勃來斯脫 Brest，均為西部大港埠。囊脫為製造工業區，聖拿維為大造船港，而勃來斯脫為一大軍港，由此數港往中美及南美，極稱便利。路網全長為七千八百十五公里，就有二百三十四公里，為電化鐵路，車頭二千六百十具，車輛五萬九千九百架，全

年收入爲二十萬零六千六百萬法郎，每公里之營業收入，爲二十七萬五千法郎。

B 國營鐵路

國營鐵路網，由巴黎向西部及西北部伸張，所經一係農田肥饒之區，一係散納河 La Seine 尾流兩岸工業之區，而達哈佛。La Havre 哈佛爲西北部大港之一，與北美交通最爲頻繁，路網全長爲九千一百二十公里，車頭四千零二十六具，車輛八萬一千架，全年收入爲二十二萬六千萬法郎，計每公里之營業收入，爲二十四萬九千法郎。

C 北方公司 (Compagnie du Nord)

北方公司所經營之路網，全在法國北部。此部煤田既豐，而農產物如穀類及製糖蘿蔔，皆有重大生產。路網由巴黎出發，極北與比利時相接連。稍偏西北則直達鄧開克大港灣。Port de Dunkerque 此港爲與英比荷蘭等國交通之要港。北方公司經營之面積不廣，綫路不過三千八百三十六公里，而收入則極豐，計每公里營業收入，爲六十七萬八千法郎，全年收入爲二十六萬萬法郎，所用車頭爲二千七百具，車輛爲八萬五千架。

D 東方公司 (Compagnie de l'Est)

東方鐵路之路網，以商運爲目的，如囊西 Nancy、脫魯也 Troyes 貝爾福 Belfort 伏其 Vorges，諸工業城，除河流外，均恃此路網爲急運調劑之具。東部各省，與德毗連，爲國防重要區域，故此路網，尙有其他一大使命，即所謂軍事交通是矣。路網全長爲五千零二十七公里，車頭二千四百十五具，車輛七萬九千架，全年收入爲二十三萬四千法郎，計每公里收入，爲四十六萬六千法郎。

E 亞洛國營鐵路

所謂亞洛者，即 Alsace Lorraine 兩省之縮稱也。亞省富於農，而洛省極富於煤鐵，又司脫拉可堡 Strasbourg 及密羅仁 Mulhouse，為兩大商埠，除煤鐵礦兩大工業外，尚有紡織業及奇性鉀 Potasse 等工業。此處又與德意志及瑞士為鄰，交通運輸，極為頻繁，每公里營業收入，為五十一萬二千法郎，而其路網全長，不過二千零八十七公里，計車頭一千六百七十六具，車輛四萬八千輛，而全年收入，乃達十三萬一千八百萬法郎，營業可謂發達矣。

F P L M 公司

所謂 P L M 者，即巴黎 Paris，里昂 Lyon，地中海 Mediterranean 之縮稱也。此綫網由巴黎出發，向東南伸張，所佔面積最廣，綫路亦最長，計為九千八百七十里，如東南方面之麥，葡萄，水果，花，木材，酒，人造絲，及中部之鋼，化學工業等出產品，均利用此綫路以通商運。又馬賽為法國第一大港，與近東遠東諸國及其殖民地之交通，至為繁盛，又尼司 Nice 港，為富人游玩區域，故此公司所經營者，為法國極有價值之路網，計用車頭五千三百七十三具，車輛十三萬六千架，全年收入，為四十三萬八千萬法郎，惟電化之路，長僅為六十三公里，聞其最近電化路綫計劃，計長為二千五百公里，正在積極進行之中。

G 中部公司(Compagnie du midi)

此公司所經營之路網，在極南部，西至大西洋，東至地中海，而其南則與西班牙毗連。全網總長為四千二百四十七公里，內有八百四十公里已經電化，聞以後仍擬發展電化路綫，因此區富有水力發電，而運煤則不便故也。全年收入，為九萬七千六百萬法郎，計每公里營業收入，為二十四萬二千法郎，所用車頭為一千二百六十八具，車輛為三萬二千架。

二 公路

法蘭西之公路線網，並無特別計劃之可言，蓋自羅馬侵征後，力開道路以利交通，藉求政權之集中，因政權之集中，而道路發展愈形進步，自昔以來，法蘭西道路線網，已早具規模矣。彼今之所事者：（一）力求路面材料之改良，使增加抗拒汽車之毀壞力，以減少養路費用。（二）修正路綫，放寬路面，使車輛暢行無阻，而少意外危險。（三）製造汽車，並增加其能力，而同時設法解決燃料問題。

國道長度，約四萬餘公里，省道縣道等路長度，約六十餘萬公里，總計公路之長，為六十五萬一千八百三十公里。以絕對之長度言之，在歐洲佔第一席，而在世界則佔第二席，因美國之公路線網，總長計為四百八十三萬公里也。然以國土面積與長度之比言之，（所謂路網之密度）則法蘭西在世界上佔第一席，因彼在一百平方公里內，有路一百二十公里，而美國僅有六十二公里，至於歐洲，英有九十五公里，德有四十五公里，而意大利祇有二十五公里。

至關於路工養路以及車輛等各問題，列述於左。

A 路工養路等問題

公路線網，大致均係曩日之舊有者，新增者雖多，然與舊有之數較，則相差遠矣。昔日舊路，均係碎石所舖，而路面又窄狹，質料既不足以抗今日馬力雄厚之汽車，寬度亦不足容納今日紛繁之交通，故路面路線之改良，實為法國公路最大工作之一。

關於路面改良事宜，因交通繁簡之不同，大別之為六類。（1）僅就舊碎石路道上，加澆柏油一層，計工程費用

，每平方公尺，需五至十法郎。(2)石塊路上，加鋪柏油膏一層，工程費用，需二十至三十五法郎。(3)在柏油混凝土路面上，加鋪極厚之柏油膏一層，工程費用，需四十至五十法郎。(4)凝土或石塊路面上，加鋪小立體塊雲斑石 *Prophire*，工程費用，需六十至八十法郎。(5)在特種水塊凝土上，加鋪最厚層之柏油膏者，工程費用，每平方公尺，需五十至七十法郎。(6)在水塊凝土上或在砂層上，(路基自應非常堅固)鋪以特種最硬小石塊，每平方公尺之工程費用，為一百至一百三十法郎。計用於此項改良路面，校正路線，放寬路道等工程費用，為七萬五千萬法郎，此僅就由國庫負擔之國道而言，省道縣道之費用，由省縣自籌，國家僅予以津貼。又養路修路費用，在預算內，每年為三萬三千萬法郎，常年養路工人薪金，為五千五百七十萬法郎，此亦指國道而言，省縣道不在此列。

B 車輛

公路上所行駛者，為馬車，馬達，腳踏車，腳踏車汽車。馬車一項，在農村鄉鎮中，存在者尚多，唯統計賬目中，則一字不提，蓋此種車輛，已成歷史上之廢物，不足與語於今日之馬達世界。腳踏車在工業城鎮中，每一工人大致均有一具，統計全國有六百六十萬具，馬達腳踏車有二十八萬具。

現在法國全國公路上所行駛汽車之數，為一百七十萬輛。數載前，每輛汽車，每年行駛約五千至一萬公里，近年來，每輛汽車，每年能行駛約一萬五千至二萬公里，故路面工程之改良，極為重要。法國年可製造汽車二十五萬輛，汽車工業所使用之人工，為四十二萬人，殖民地所用之汽車，為十三萬輛。

世界製造汽車之量，以美國為第一，年可製五百六十餘萬輛，以人口比例言之，美國每五人有汽車一輛，法國每三十一人有汽車一輛。

法國製造汽車公司，以錫鐵龍 Citroen 蘭諾 Renault 等家爲最著。

三 鐵路公路之競爭及其調劑辦法

凡一交通事業之發展與否，全恃貨運客運之多寡以爲斷，鐵路事業，曾盛極一時，開支雖大，而收入亦豐，自汽車工業興，公路線網普遍於陸地之上，運輸界之現象，乃爲之一變。法國現在運輸情形，大致爲：(1)多量之貨品，而須經長途者，如五穀煤鐵礦物等之運往遠方者，全恃內河及鐵路爲之運輸。(2)普通工業貨品，常爲商業所需求，而運往遠方者，亦恃鐵路爲之運輸，如此項貨品，運往附近城市，則以公路汽車爲之運輸。(3)至若輕便貨物，經路不遠者，則絕對由公路爲之運輸，至於客運，亦有可言者，富翁大賈，自備有精美之汽車或飛機，對於鐵路火車，大有不屑一顧之勢。又公共長途汽車，如錫鐵龍及蘭諾等廠所組織者，至爲完備，乘客極感舒適，而代價亦廉，一般乘客均樂就之。因此種種原因，鐵路營業，日益衰落，往往有空車開行者。

法國政府，爲救濟鐵路營業起見，於是，對汽車汽油，多抽捐稅，同時示意鐵路公司，令其改良，辦法有二。(一)取消小站及短途路線，而以大汽車代之，與火車開抵時間相銜接。(二)在四百公里左右之路程，則改用鐵路汽車。

所謂鐵路汽車者，卽有軌汽車，法國之創始者，爲米歇蘭廠 Micheline 繼起者爲保林 Pauline 錫鐵龍蘭諾等家，馬達爲提塞爾式 Diesel，馬力八百匹，可乘旅客七十五名，載行李約一噸，每小時之速度爲一百十公里，巴黎度維爾 Paris Deauville 間，計二小時可達，成績甚佳，行速而無聲，且毫不震動，機器靈敏，開動及停頓，需時極短，迅速便利。乘客極感舒適，以有軌之鐵路，濟以無軌之汽車，互相利用，誠一富有興趣之事業也。

四 內河

法蘭西天然及人工河流，爲數皆不少，唯不注意開發，比之比利時荷蘭諸國，似覺遜色。法國可航行之水道，總長爲一萬公里，年久失修，現僅約七千公里，每年裝卸貨物，計爲四千八百五十萬噸，就中以農產物礦產物及材料等爲最夥，運煤之量，爲一千五百萬噸，材料爲一千四百五十萬噸，農產品爲四百萬噸，冶金礦物等二百六十萬噸。

船隻約一萬五千。

最重要之內河運輸航線，爲(1)由英法海峽 La Manche 經蒲告熱 La Bourgogne 入地中海，佔全運輸航線百分之三十二。(2)由巴黎至比利時邊境，佔百分之二十。(3)由巴黎至東部邊界，佔百分之十三。(4)由愛司果河 L'escout 至北海，佔百分之七強。(5)由萊茵河至羅納河 Le Rhone，佔百分之六強。

法國河流，可分爲四大系統，即：(1)北部系統，(2)東部系統，(3)巴黎區域系統，(4)中部及其他系統。(1)北部河流諸系統，在北部兩省之西北部，與巴黎區域系統相匯合，向西北流直入北海，所經皆豐富農村及煤田工業區域。

(2)東部河流諸系統，當以萊茵河爲主，而以斯脫拉司堡爲總匯之中心，每年起卸出進貨爲五百七十萬噸，乃法國內河最大之商埠。此處之進口貨，超過出口貨，計運煤斤二百萬噸，穀類五十五萬噸，運出鐵礦物一百五十三萬噸，苛性鉀 Potasse 六十五萬五千噸。

運河系統有二。一爲羅馬至萊茵，一爲羅納 Rhone 至萊茵。

(3) 巴黎區河流諸系統，當以散因河 Seine 爲主，而以巴黎爲中心，乃一進貨之要道，運出之貨極少，計每年運銷建築材料，爲四百八十餘萬噸，煤炭三百餘萬噸，農產品八十萬噸，煤油六十萬噸，故散因河畔之巴黎港，不啻爲法京養生之源也。

(4) 中部河流，爲來爾 Loire 及梭納 Saône 兩河，可與散因河相連接。東北河流最重要者，爲羅納河。中部運河系統最重要者，爲經孟宮宋 Montlucon 及克勒梭 Creusot 兵工廠之運河。又由羅納至馬賽及羅佛 Rove 地道運河，亦甚有經濟及工程之價值。

至關於內河河工建設方面，法政府現分三步驟實行。(一) 就已能航行之河道，加以疏浚，使船之裝載量增大，而同時減少行舟之阻礙。(二) 凡已動工之水利工程，需立即完工，凡急需着手之河工，應立即興工。(三) 河運之機械設備，應整頓改良添補，又應添一千五百噸以上之船隻。

疏浚散因河及改造舊有工程，計分二項：(一) 取消舊有水閘而建新者，使二水位相差，有相當之高度，並建水電廠，年可得一萬萬基羅瓦特小時，而節省十萬噸之煤，計工程費用一萬七千五百萬法郎。(二) 疏浚工程及建堤岸阻水壩等工程費用，計一萬六千萬法郎。

修治北部運河，使通鄂開克港，暢行無阻，又曩日運河系統之吃水量爲一公尺八十公分者，現增爲二公尺二十公分，計費用爲一萬二千五百萬法郎。

添設起重機及拉牽機械之設備，增造一千五百噸以上之船隻，建設東運河北部之蒲裁 Buzay 蓄水池，電化愛比那 Epinal 之幫浦廠，疏浚薩爾 Sarre 運河等工程，總計至少需十萬萬法郎。

五 海運

國內交通，恃鐵路，公路，河流。海外貿易，則仍恃海運。近來飛機雖日益進步，惟載重不大，故絕不能侵入海運事業之範圍。法蘭西經濟方面之發展，亦如英美，厥惟海運是賴，每年對外貿易所得之數，為一千萬萬法郎，可謂鉅矣。

發展海運事業之要素雖多，然歸納之，可別為三種：（一）對海上言，則應發展造船事業。（二）對內地言，則應發展鐵路公路及內河之交通。（三）媒介此兩者之間，而使之密切連絡者，則海港之建設是也。

大戰時，法國因海運設備不完全，軍事方面，深受影響。缺點大致有二：（1）因岸上起卸設備之不完全，及內地交通之車運水運甚形缺乏，故海運極感不靈。（2）與大西洋方面海運國交通之各港，深度及寬度，均太淺窄，二萬噸以上之大船，若在海潮降落時，即無法入港靠岸。按此二點，乃為法國戰後改良港埠初步計劃之根據。然因國家財力不裕，在戰後十餘年內，幾毫無發展。於是社會上一班有識之士，以為海港事業，不必由政府專辦專管，此種海港集權管理政策，對於海港之發展，反多阻礙，因大倡海港地方分權之議。自一九二一年九月二十三日，政府公佈海港自主之法令後，於是哈佛及包爾多兩大港，均成為地方自主之港矣。

地方自主之海港，所有事務，由海港委員會管理。委員會由下列人選組織之。（1）本港埠之商會代表，（2）本市市政廳之代表，（3）本省省議會之代表，（4）本港埠有關係之其他商會代表，（5）政府任命之中央代表，（6）本港埠之勞工代表。

如所有本港工程事宜，其費用由本港埠自籌，而無須國家補助者，則委員會有全權處決一切事務，對於中央，

僅呈報工程都備案而已。反之，如須國家補助費用者，則決定一切之權，應歸工程部長。又自主之海港，因工程之需要，有權抽通行稅，但不得超過國家法令之所規定。

自一九二六年後，國家財政，漸有起色，戰債問題，因道威斯氏 Dawes 計劃之實行，有一部份德國貨物之收入，稍資發展，又在一九三一年，議會通過「國用機械」之法令，確定六萬萬法郎，專為海港機械燈塔浮橋等改良之用。

按照事實之需要，改良港埠之標準，大致為：(1)各大海港之深槽河道，應加寬加深，使重噸大船，得隨時出入。(2)因現今船量大增，改良起卸機器，修建船閘，以應需要。(3)改建由港埠至內地之交通，以增加運輸之效率。

六 航空

法國航空運輸事業，在戰前及戰時均無可言，殆戰事結束後，乃漸形發展，至一九二〇年時，計對內對外，有航空路線十條，由十一家航空公司承辦。對內航空建設，一九二一年，計費五千萬法郎，祇為三條航線地上建設之用，(如飛機場探船塔救護站等)雖政府銳意獎勵，而成績仍不佳，因國土既不大，而陸地交通又極便利故也。至對外航空，則非常發達，如對歐洲及近東各國北非歐之各殖民地，遠東之安南及北美等處，均有長足之進步。

前數年，法政府鑒於他國航空事業集中組織之成效，乃亦減少航空公司之數，而使之分區集中，盡量充實其內容，以資發展。計至去年上半年止，歸併為五大公司，其名為飛郵總公司 La Compagnie Generale Aieo-Postale，飛航國際公司 Compagnie Internationale de Navigation Aerienne，飛航聯合公司 Compagnie Air Union，空

運總公司 La Societe Generale des Transports Aeriens, 東方飛行連合公司 Compagnie Air-Union Orientau。各公司之資本平均約各有五百萬法郎，並受國家資助與津貼。國家資助津貼之方式，大致有三。(1)酌發飛機飛行獎金，以每公里計算獎金數目，最多以十六法郎爲限。(2)各公司因正在發展飛行事業，而有虧蝕情事者，國家得予以特別津貼，或低廉利息之借款，或無息之借款。(3)飛機場燈塔，救護站，氣象台，無線電台等設備，均由國家建築。計耗費於(1)(2)兩項者，年約一萬八千萬法郎，耗費於(3)項及資助飛機製造事業者，年約一萬八千萬法郎。

在法國計有飛行總站一處，在 Bourget，大站兩處，一在 Orly，一在馬賽，專作軍用普通飛行站，計二十五處，內有十處，係軍事飛行站，救護站計三十處，內有二十處，係爲軍事飛行所設，大小燈塔，約計一百二十座。(上項數字包括其殖民地之飛行事業)

因集中管理，增加效率，及仿效英德等國，集中航空組織起見，由航空部長，連合五大公司，組織一「統一機關」，Compagnie Unigue 名曰「法蘭西飛航」Air, France，一九三三年九月一日起成立。此法蘭西飛航統一機關，乃一官商合組之有限公司 Societe Anonyme，國家投資之數，佔四分之一。此外國家所應給之獎金及津貼，每年照支，計一九三四年，爲一萬五千萬法郎，以後每年約減少五百萬法郎，但總以商業情形發展與否爲斷，查在一九三二年時，政府所費之獎金及津貼，計爲二萬零四百萬法郎。

此公司由三十六委員，組織委員會統轄之，計分三組：(1)總管理處委員八人，專管財政及整理議案等事務。(2)技術組，由委員十六人組織之。(3)外務處，由委員八人組織，專司對外接洽及交際事務。三十六人之中，政

府得有九席，以代表四分之一之股權。

戊 救濟失業工人之辦法

自一九二九年起，至一九三三年止，失業工人，已達三十萬人。依區域言之，以巴黎區為最多，佔總數百分之五十有五，其次為北省，佔百分之十三有奇。依實業之分類言之，以鋼鐵事業為最多，紡織及化學工業次之，造紙及皮革工業又次之，而受影響最少者，為房屋建築工業。

法政府為救濟此項失業工人起見，最初規定辦法四項。

- (1) 減少外國工人，並禁止外國人入口，但與國際協約有關者除外。
- (2) 獎勵農村協作，資助農村發展，使失業工人，得轉往農村謀生。
- (3) 減少工作時間，藉以少裁員司。
- (4) 鼓勵及資助公共工程之實施。

實施此四項辦法，困難頗多，如第二項辦法，事先應有相當時間之準備，方能實行，而失業工人，急待救濟，故遠水近火，成效極鮮，又第三項辦法，工作時間，固可減少，但照營業及經濟狀況，有不得不辭退人員之處。至於第一項辦法，成效亦不甚著，外國工人之在法國工作者，或與僱主有歷史關係或手藝精良，及其他種種問題，一旦辭退，對於廠中工作之進行，頗多阻礙。就中以第四項為最有實施之價值，一因於公共工程，為國家重要之事業，二因失業工人，得立即利用，三因工程之實施，需用材料甚巨，故製造材料工廠，得以源源工作，可免閉息或停頓。

，而減少一部份之失業工人，四因工程之實施，國家可以增加捐稅。所謂公共工程，亦有緩急先後之別，究以何者為急為先，政府所根據之標準，大致有二。(一)某區域內受失業影響最鉅者，即先興工以資調濟。(二)某種工業受創最深者，則所興工程，應直接使此種工業有恢復或發展之機會。第一所指者為巴黎區域，第二所指者為鋼鐵工業。此項公共工程約有四項(一)巴黎區域之各種市政工程，(二)電化鐵路工程，(三)羅納河 Rhone 之疏浚工程，(四)發展殖民地之工程。

一 巴黎區域之各種市政工程

(A) 此項工程中，最重要者，厥為衛生設備工程。按巴黎市本身之死亡率，為千分之十三，而其附近城郊，則為千分之十七，均較倫敦柏林為高，所有一切改建計劃，均已決定，計需三十萬萬法郎，工程可延長至數年之久，現正開始分別進行。又巴黎市及其近郊之自來水工程，亦正添建給水工程，由巴黎市連合近郊百餘縣市，共同努力進行，政府亦予以相當之資助。

(B) 巴黎區之散因河，有時能汎濫成災，巴黎防水工程中之最重要者，即應添築兩大蓄水池，工程費用為一萬一千五百萬法郎，政府資助之數，佔百分之四十五。

(C) 延長各地道車線路至近郊，平均此種工程費，計每公里值四千萬法郎。

(D) 建造巴黎環城車道。

(E) 巴黎市及其近郊之學校建築費用，(初小高小中等)總計為八萬五千萬法郎。

(F) 勞工住宅之添建。

(G) 改造或取消火車與道路之交叉點。

二 電化鐵路工程

此項工程，關於經濟及發展鐵道事業，極為重要。第一期電化工程，計長一千六百二十四公里，每公里工程費用為百餘萬法郎，如能實施此項工程，則其他有關係之大小工業，均能得相當之調劑，工人失業問題，亦可連帶解決矣。

三 羅納河 Rhone 疏浚工程

此項工程，計分三大項：(A)建造里昂船港及碼頭。(B)灌溉農田工程。(C)里昂上游之水力發電廠，計年可得一百七十萬基羅瓦特小時。一九三一年，正月十三日，已由國家正式命令實施，「羅納經營公司」，亦已正式成立，資本亦已籌足，唯迄今尙未動工，蓋因經濟困難之故。但經濟委員會，則絕對否認現已向政府建議實行，不久或將興工。

四 發展殖民地之工程

法人自認投資殖民地之數目，比之其他各國為少。一九三一年，政府在西非洲及安南兩屬地，貸款之數，為六十萬萬法郎，至去歲，又加貸十萬萬法郎，其最大用途，為發展鐵路以利運輸，振興水利，以資灌溉，計此兩項工程所需材料，自以鋼鐵為大宗，鋼鐵事業之在法國，因經濟衰落，受創甚鉅，故此項發展殖民地工程政策，對於國內工業，實極有利益之調劑也。

己 經濟委員會之組織及其工作概況

一 起源及組織

凡與國家有關之各種經濟問題，在戰前散漫無章，每與一事業，皆各自為政，毫無統系，此種現象，至戰後而益形暴露，至一九一八年，乃有集中研究之動議，經數年之久，始於一九二五年，成立「經濟委員會」。茲節譯其組織條例如下。

第一條 經濟委員會 *Conseil National Economique* 之目的，在研究與國家有關之各種經濟問題，並尋求其解決方法，建議於主管機關採納施行。經濟委員會之本身，得有自由之意志，並應為諮詢機關。

第二條 經濟委員會直屬於內閣，其薪給開支等，列入於勞工部之預算案。

第三條 經濟委員會，由四十七委員組織之，此四十七委員，為國家各經濟組織及社會有關之各組織之有力代表人，其分配辦法如左。

一 民衆及消費者方面之代表人數

- (A) 消費合作社及購買人之聯合會 三人
- (B) 縣及市之聯合會 二人
- (C) 公用事業之消費者 二人
- (D) 家庭父母及互助者 二人

告報查調

二 勞工方面之代表人數

甲 智識勞工者及教育勞工者

乙 企業公司勞工者

(A) 工業

(B) 農業

(C) 商業

(D) 運輸業

(E) 合作社

(F) 公用事業

丙 受薪勞工者

(A) 官吏

(B) 技術人員

(C) 工匠

(1) 工業

(2) 商業

(3) 農業

三人

三人

三人

二人

一人

一人

一人

二人

二人

五人

二人

一人

(4) 運輸業

丁 城市及鄉村業務之勞工者

二人

二人

三 資本方面

(A) 工業及商業之資本團

三人

(B) 不動產之資本團(城市及鄉村之有產者)

二人

(C) 銀行交易所保險公司儲蓄會

三人

第四條 經濟委員會委員，爲「各種組織」之代表人，此項「各種組織」，係由勞工部長取得各有關係部長之同意，向政府建議指定之；「各種組織」派遣之代表，由內閣總理知照之，如有「某種組織」之代表，不能爲經濟委員會之委員者，應由經濟委員會本身自行決定之。

第五條 委員之任期爲三年。

得設候補委員，照第四條規定產生之。

如遇正式委員有出缺及辭職情事時，得由候補委員補充之，至補足其原有任期爲止。

第六條 委員不限男女，惟應爲法國籍，年在二十五歲以上，並享有各種公權者。

第七條 經濟委員會每年舉行常會四次。

如須舉行非常會議時，得由內閣總理依經濟委員會之建議召集之。

第八條 經濟委員會設主席一人，副主席四人。內閣總理爲當然主席，副主席由委員會以絕對多數互選之。

正式委員及專家得參預各種會議，唯正式委員有表決權。

第九條 委員會得選定委員十人，組織常務委員會，並規定其職權。

常務委員會得組織辦事處，其負責執行人，由四副主席輪流之。常務委員執行例行事務及預備議事日程等。

第十條 經濟委員會，得設秘書處，其處長由勞工部長會同經濟委員會辦事處推選，由內閣總理呈薦任命之。

第十一條 經濟委員會得擬定「專家名單」。

勞工部衛生部商部農部財政部工程都殖民部得各派專家二人，為各該部之當然出席人。

國防最高會議之秘書處長，國防最高常務會議主席及國際勞工局管理處之法國代表，均為經濟委員會之專家委員，其所享權利，與其他專家同。

第十二條 若某種問題，有與某種組織，或某一職業團體有關者，而此種組織，或此種職業團體，非經濟委員會之委員，則經濟委員會，得接受其代表人為委員，但該代表人應按照第四條之辦法，以取得委員之資格。

第十三條 各部部长次長，各殖民地總督，以及上下議院有關係之各委員會，均得派遣代表，參加經濟委員會會議，及常務會議。

經濟委員會得向上下議院有關係之各委員會，各部長，及政府委員會，陳述意見。若某部，或有關係之政府機關未派代表時，經濟委員會，得要求各該長官派員參加會議及常務會議。

第十四條 經濟委員會，得設立保管檔案之組織，及發表文件之組織。

第十五條 經濟委員會，得受內閣總理直接之諮詢。

第十六條 經濟委員會，所有一切報告書，及其他文件，均在官報上發表之。

第十七條 委員會所有一切報告文件等，均由秘書處直接呈送內閣總理，所有一切建議案，均應由出席委員三分之二

二以上之同意決定之。此項決議案，由主席呈送內閣總理，內閣總理當在一個月內，通知經濟委員會，或接受，或採納，或發回重議。

第十八條 政府所擬頒訂一切有關經濟問題各種法令及計劃等，應隨時知照經濟委員會備考。

經濟委員會，聚全國俊彥於一堂，以發展全國經濟建設為職旨，故所處議或能持平，而成效卓著。

四 工作概況

經濟委員會數年來之工作，可別為三大類。

(A) 國用工具類 *Outillage National*。

(B) 國家經濟之重要資源類。

(C) 諮詢文件之答案類。

第一類國用工具之範圍甚廣，以運輸言，國家必有公路，鐵路，河川，港埠，飛機等，乃國家之工具也，水力火力乃發電之原動力，電報，電話，無線電，乃思想交通之利器，亦均國家之工具也。

經濟委員會，將此項事業，分類調查，加以整理及研究，向政府主管機關建議應興應革之事。

關於第二類工作，農工製造品，均在包括之列。經濟委員會，分類調查其製造方法，是否合理，並向政府主管

部建議獎勵取締或改良，藉以增加效率。

關於第三類，則如失業工人之應如何救濟，國用工具之應如何改進，公路與鐵路之競爭應如何解決，等問題，均由經濟委員會，作具體之答案，以備政府之採擇施行。

現在吾國亦有此類委員會之組織，茲乃節述法國經濟委員會之組織，及其工作概況。以供國人之參考。

天璇打字機的構造及其歷史

高 魯

華文打字機，在民國初年，有周厚坤先生發明之圓筒打字機，其法用鉛字若干，分布於圓筒之上，使用時，有橫桿可以使應用之字凸出，同時紙之應打部分，即著於凸字之上，用插打紙，字可現於紙上，其方法頗為新穎，惟機構方面，未能計劃完備，遂至中輟。繼起者為排印式打字機，如日本打字機，商務印書館舒氏打字機，及俞氏打字機，約大同小異，屬於此類也。此類機點，構造頗為簡單，但字體活動，能打之時易生阻礙，因而減少打字速率，為其最大缺點。最近有天璇打字機，發明者為高魯先生，高先生竭十餘年之精力，費鉅萬之金錢，方能完成此種優美機器，其有益吾國文化前途，殊非淺鮮。此機集合歐美各種打字機之長，而易定盤為活盤，易固定連接打字把為活動拵合打字把，為其主要之點。至其審形檢字法亦極新穎靈便。茲承高先生將此機之構造及其歷史見惠，特為附誌數語。

編者附誌

華文的打字機，從來都是鉛字排印的方式，利用一個鐵鉗，加上一個鉛字盤而已。無如鉛字體重，鉗取費力，失去西文打字機輕捷簡易原則，凡購用舊式打字機一架，必須專僱一人以司其事，實在失了普及之道。天璇打字機，求達便利目的，積極避免各種流弊，應用簡易，不讓西文打字機，拓字盤旋轉輕靈，將需要的字，旋至適當地位，舉指一擊，毫不費力，是為特點。至于在檢查表上，檢字之便捷，尤能使用者滿意。打字人正對檢查表，端坐平視，不勞體力，又省視力，在辦公廳寫字間或事務所備置一架，甚為適宜。現在將全部構造情形，舉其大略如左：

一 拓字盤

字牌平臥，橫鋪在圓盤周圍，採周天三百六十度成規，每度置一字牌，每牌均排五字，字牌橫桿，一一相間，桿首分爲大小兩環，桿末集于同心之點，打上時直立在同一地位，落下時平臥而成前大後小兩環，兩環共同襯拓于圓盤之上，旋轉極爲靈便，盤心穿中柱，盤下置指針，中柱是圓盤的旋轉基礎，指針定出各字所居行列，字牌上面，每牌五字，地位不同，用捲紙筒昇降以就之，三百六十個字牌中間，備有空桿十個，不裝字牌，專爲用者需要盤外各字，可以臨時添入。

二 捲紙筒

捲紙筒，橫支在中柱上端，中柱空心，內裝直桿兩管，一司捲紙筒上下昇降，一司捲紙筒左右往來，兼及印字色帶運動，捲紙筒動作十二種，有昇降動作，左移一格及半格動作，捲紙一格及半格動作，裝紙取紙三種鬆壓動作，左移盡處警鈴動作，色帶自移動作，及正字叉，指數尺等等。

三 檢查表

檢查表內安電燈，斜倚圓盤，成三十度的截圓錐形，表中分類，列爲三排，每排包括盤面百二十度以內各字，用三個長短不同的指針，分指三排層次，每排直行之內，各字次序隨壓字把壓定之，壓字把五個，裝在座前，用1 2 3 4 5 配好前後次序，指針右旁，備有短柄以便轉運，檢字時握柄旋轉，令指針對准某行然後停止，再擇所需行

內某字，以指頭擊動黑柄，檢查的字，立現于捲紙筒。

機件構造情形以外，尚有選字檢字問題，以及構造歷史，此時也可以公開了。歷史是私的，為發明人可寶貴的事實，其經過的艱難，未始不可以供他人的參攷。選字是公的，是社會上應用的大問題，近來手頭字簡體字合併字，正在熱烈介紹期間，智識界但想在字之方面改良，而未嘗對於字數多寡加以注意，所可慮者，手頭字簡體字合併字，雖一一輸入于青年腦中，祇有將字數加多，未能將字數減少，為製機的人所不敢苟同者，因為字數太多，打字機上無從裝置。

中國的字，方體單音，隨牠的悠久歷史演進，文化愈發達，文字愈煩瑣，理所當然，中文打字機遲遲未能出世者，因為字數太多，是人人所共信的。中國書中，字數最多的，當為字典，冷廬雜誌載，字典十二集二百十四部，旁及備考補遺，合計四萬七千零三十五字，尚有古字一千九百九十五字，未曾列入，次之則為韻府，查韻府四聲一百六韻。

上平聲二千二百七字，

下平聲二千一百十三字，

上聲一千八百四十四字，

去聲二千二百九十六字，

入聲一千七百九十七字，

合計一萬二千五十七字，祇及字典四分之一，近世通用俗字，不過四千有餘，祇及字典十分之一而已。

查十三經不貳字，知四書二千三百二十八字，五經二千四百二十六字，周禮三百十六字，儀禮七十七字左傳三百九十四字，公羊傳五十五字，穀梁傳二十四字，孝經二字，爾雅九百二十八字，共六千五百四十四字，四書五經，均在二千四百字左右，茲姑取其整數，以四千字為選字標準，在機器上裝就固定的二千字，附帶活字二千，超出平民千字課四倍，暫時認此方法作選字的原則。

選字以外，檢字亦一種重要問題，近來市上出版的檢字法，不勝指屈，又有鑑于市上發售各打字機，檢字的困難，無法解決，特為拊合一種最省腦力最省時間的方法，按字審形，習慣所至，可以不學而能，因即名之為審形檢字法，此法大要，計分六類，全形字類，無有部首，祇以字畫煩簡為序，其他各類項下，各按部首相從，雖不敢謂為創獲，實已得到絕大便利。

第一類 全形字，其象為□：

例如 子 幽 女 等字。

第二類 橫破字：

甲 橫破兩段字，其象為□：

例如 實 昌 公 等字。

乙 橫破三段字，其象為□□：

例如 豎 高 卒 等字。

第三類 橫看上段破開字，其象為□□：

全形字	全形字	橫破兩段	直破兩行	上端右傾	下端右傾
全形字	全形字	橫破兩段	直破兩行	直破三行	橫破三段
西文	橫破兩段	直破兩行	下段直破	上段直破	

圖式格類分表字檢備字打聽天

上圖，為檢字表分類的格式，配合電燈，置在機座面前。

例如 禁 盟 榮 等字。

第四類 橫看下段破開字，其象爲卍；

例如 霖 晶 雍 等字。

第五類 直破字：

甲 直破兩行字，其象爲卍；

例如 頓 昭 私 等字。

乙 直破三行字，其象爲卍；

例如 脚 班 樹 等字。

第六類 斜破字：

甲 上端左傾字，其象爲卍；

例如 有 局 厚 等字。

乙 下端右傾字，其象爲卍；

例如 道 起 題 等字。

丙 上端右傾字，其象爲卍；

例如 可 或 氣 等字。

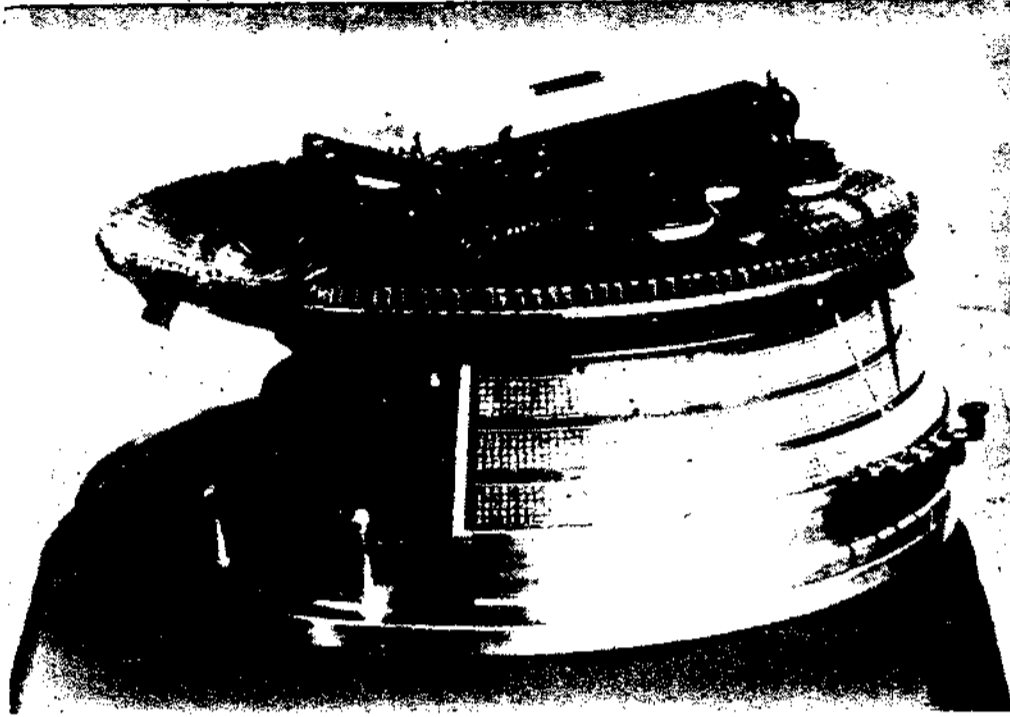


圖 全 機 字 打 璇 天

說到天璇打字機的歷史，經過時間，並不很短，發端在十五年前，中間或作或輟，歷時九載。先有第一號機，後有第二號機，二機初步，僅有一部分模型，其他部分，祇是圖案。第三號機開始製造，在六年以前，當時經過情形，始則難產，繼經厄運，均有可以記載的價值。

難產的經過在巴黎，總圖雖已告成，細圖尚未着手，圖案的計核，先聘工程師推算，後聘繪圖員整理，至于合攏方面，僱用過三個銅匠，由甲而乙而丙，均以始勤終怠，不能不事更張，由是棄點工之制，而行包辦方法，最後得力的人，專以修理打字機為業，富有機械經驗者，在此五工匠遭遞期間，歷時十八個月，最長者工作七月，最短者三月，最後的工人，工價最高，為其他工人所不及，每七日付資一次，最後一月，急于結束，每週工資，增至千佛郎，始能于運回中國前數日，裝箱發行。

厄運的經過在上海，模型自海外運至中國，由商務印書館工廠，籌畫製造，研討未及一月，而聞北一二八之難發，

一二七清晨，赴廠觀察工務，已覺危機甚迫，不料兩日以後，全廠悉燬于日人砲彈之下，打字機隨此厄運，墜入火坑，事後廠內搜索餘燼，在劫灰底下，抽出機件，損壞過半，但尚有修整的可能，是即第三號機，由外國運回，名為雲雲樓打字機者。

商務工廠，既燬于難，歷時一載，經友人紹介，將前機交由景華工廠代為複製，經二載而第四號機告成，其中滯錢兩技師，力求節省原料，縮小面積，其功皆不可沒焉，四號機改名天璇打字機，送實業部審核，請求專利，實業部公告之文，于本年四月十七日，見諸中央日報，茲將全文抄錄如左：

實業部據發明人高曙青呈稱發明天璇打字機懇准予專利十年當經該部獎勵工業技術委員會審查決定以該機構造精良合於實用其構造亦與他打字機不同當認為有發明之特點應准予專利十年以資獎勵頃特公告如六個月內無利害關係人提起異議即為審查確定予以核准

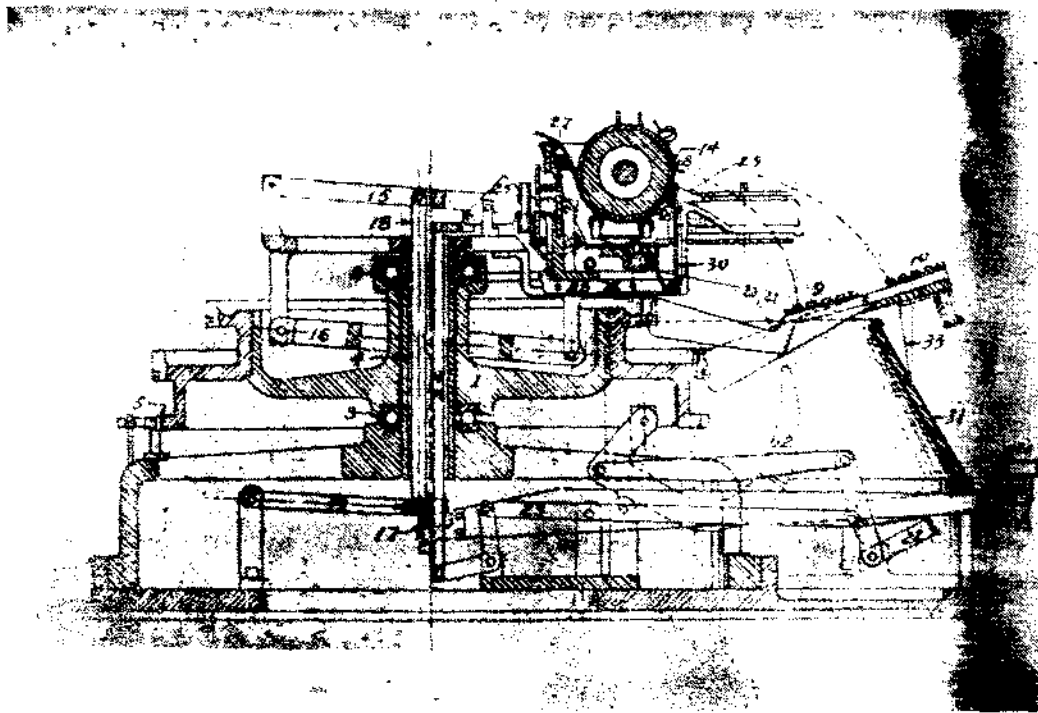


圖 械 機 分 部 各 機 字 打 璇 天

題 錄

17 15, 14 13 12 11 10 9 8 6, 5 4 2, 1
16 7 3

桿	捲	捲	定	衝	打	外	內	字	壓	定	空	鋼	圓
	紙	紙	位			環	環			位	身		盤
頂	架	筒	柄	鈎	柄	排	排	位	簧	輪	柱	珠	架
			(1, 2, 3, 4, 5)										

38 35, 32, 31 30 29 28 27 26 25 22, 20, 19 18
36, 33, 23, 21
37 34 24

座	小	指	檢	色	正	轉	齒	齒	偏	轉	平	橫	直
			字	帶	字	動			曲	輪	衝		
臺	把	針	表	叉	叉	柄	桿	輪	輪	桿	桿	桿	桿

景華加減乘除算機

錢景華

歐西算機之創製，見於記載者，殆將百年，至近頃十餘年間，始漸趨於實用，種類繁多，幾難悉數，其中最便取畫而用手搖之一種，亦數見不鮮，要其主要機構，均出於一途，著者潛心于此，垂二十年，從鄭朗昭先生服務權度製造所時，常於公餘以此就實，別後復不時通函商榷。其機構之布置，不知幾經更易，務使堅固，靈便，輕小，三者全備而後已，至最近四年，始擴除一切，實行製造，於民二十製成第一架，猶多不滿意之處，再度設計製圖，至民二十二年春間，製成第二架，曾陳列於交大工展，此架主要機構，已經安定，惟增加數種防誤及保險機關，并使按撥便利，形式改善，復三次設計製圖，迄今始製成第三架，此機主要機構，別開途徑，與現在通行者絕不相同，茲將其運用方法，及主要機構，分別說明之。

此機有三排數目

上方左邊數目 a，為加法之加數，減法之減數，乘法之被乘數，除法之除數。

上方右邊數目 b，為乘法之乘數，除法之得數。

下方數目 c，為加法之被加數，減法之被減數，乘法之得數，除法之被除數。

此機各種運用方法說明如下：

a 數目，自 1 至 9 數字，用 d 桿向後撥出之，算畢後，用後方 e 桿，將全排數字，押送 0 數。

b 數目，自 1 至 9 數字，用 j 柄，每搖一轉，顯出一數，加乘依正方向，減除依負方向，算畢後，用 f 桿

，亦各依正負方向，將全排數字，押送0數。

c數目，用j柄，正方向每搖一轉，將a數目，無論若干位之一數，移在c數目上，如c數目原顯有一數時，j柄依正方向一轉，即將此數加入原數，依負方向，則從原數減去此數，算畢後，用g鍤形柄順轉一周，將全排數字押還0數。

c數目部份，左一位移動，將h柄押向左，右一位移動，將h柄押向右，多位移動，則用兩指夾i柄移之。

a、b、c，用以移定小數點者，其前每三位有一分節點。

搖柄，每加減一次，或乘除一數，則搖一全轉（即搖柄上之 n_1 杵，從離開 n_2 白起，一轉之後再令 n_1 與 n_2 合）加乘依正方向，（ k_1 矢之方向）減除依負方向。（ k_2 矢之方向）

加乘或減除，於1自動顯出+×或-÷記號，如乘後改除，或除後改乘，搖柄j於改方向回轉時，多搖一次。

乘法或除法，每乘除至第幾位時，於b數目有m針自動指明第幾位。

加法：從a數目撥出被加數，j柄依正方向搖一次，即將此數移在c數目上，再從a數目撥出加數，依正方向

搖一次，即於c數目顯出二數加得之數，二數以上加法，每加一數，則撥一次，搖一次。

減法：從a數目撥出被減數，依正方向搖在c數目上，再從a數目撥出減數，依負方向搖出1記號後，連搖一次，即于c數目顯出二數相減之數，其多次加減者，準此類推。

乘法：於 a 數目撥出被乘數，用 i 柄齊 a、c 二數目位次，每乘一位，視此位之乘數若干，即依正方向搖若干次

，自能於 b 數目顯出此位之乘數，並於 c 數目顯出此位乘得之數，乘數有二位以上者，則用 h 柄，每乘一位，向右押過一位，按位照乘數搖之，即於 c 數目顯出得數。（先從乘數第一位起，乘至末位亦可。）

除法：於 a 數目撥出被除數，齊位，依正方向搖於 c 數目上，（此時 b 數目顯出之 1 字，用 f 柄押去之，）再於 a 數目撥出除數，齊位，乃依負方向搖之，搖至 c 數小於 a 數而止，b 數目即顯出此位除得之數，如 c 數目尚有餘數時，則押 h 柄向左移一位，如法再除之，至 c 數目除盡，或已除到希望之位數而止。

此機用除法時，如除過一數，（即多搖一次）自有警鐘鳴報，聞鐘聲即反方向搖回，自能得應得之數，是故每除一數，聞鐘一響，即停搖而反方向搖二次，（其一次係變號，又一次係搖回所過之數）乃移位再除第二數，照此直除至盡，雖目不窺視，亦可除到得數，為此機便利之一點。

此機有防誤及保險機關

（一）搖柄 j，搖畢停止時，必恰至 n_1 杵與 n_2 白相合，過不及均不可，已過而復回此處亦不可，因不及則一搖之動作猶未完，已過則已涉及第二搖之動作矣。乃於杵後設簧力以抵之，使停止時，自能適停其處，以防止過與不及之弊，但連搖中間無須注意及此。

（二）移動 h 或 i 時，必須令 0_2 等線，與 0_1 綫合成一直線，而後停止，因不合成一直線時，內部機關不能聯絡也。此項機件，內部設有簧力，將到應停位置時，自能奔赴其處而止，但仍須注意，勿令 0_1 綫誤置在 0_2 任兩綫之中間，而停於簧力所不及之處。

(三) 上(一)條所述，搖柄 j 如不停於適當之處，則內部設有鉗制機關，使 h 或 i 不能移動以保險之。

(四) 上(二)條所述，如 $0_1, 0_2$ 不在一直線上，則內部亦設有鉗制機關，使 j 柄不能運轉以保險之。

此機主要機構，經多方研究，得一最合理之方法，絕不與現在通行之他種算機相同，且其相關聯之機件，亦絕不與之相同，茲將主要部分分別說明之。

第一項 a 數目字直接撥出在橫列之一直線上。

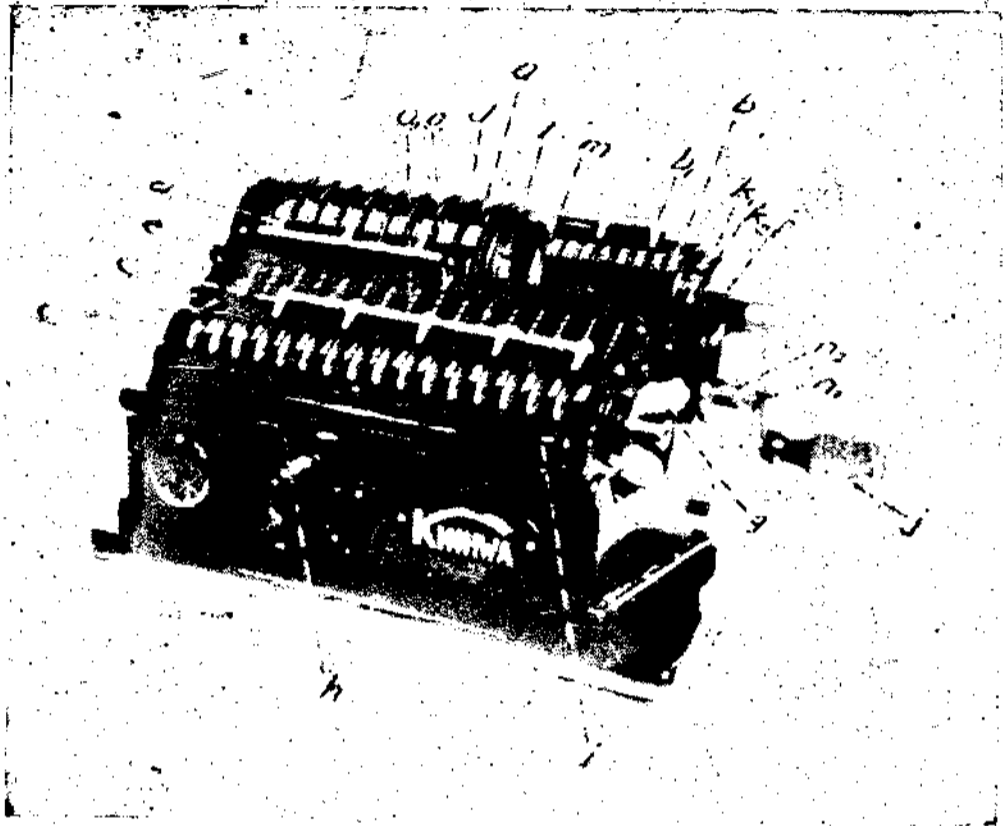
如圖 a 數目，自 0 撥出 1 至 9 之數字，均列在一直線之橫行上，與筆算之數目寫法相同，且此數字隨撥桿 d 顯出，絕不借助附屬機件。與其他此類算機撥出自 1 至 9 之數，在高低不齊之位置者，其構造各別。

第二項 利用搖柄變換方向之際，顯出加乘或減除之記號，如圖(1)，加乘或減除之記號，搖柄依正方向回轉，則移向右，顯出 $+$ 或 \times 記號，搖柄依負方向回轉，則移向左，顯出 $-$ 或 \div 之記號，均從搖柄改變方向時，自動顯出，與其他須手撥者不同。

第三項 乘除如越過應搖之次數，可搖回其所誤之次數以正之。

如 b 數目。乘法依正方向搖之，其數字自後顯出。除法依負方向搖之，其數字自前顯出，均每搖一轉，加 1 數，如越過應搖之次數時，則反對其應搖之方向而搖之，其數字，每搖一轉，退 1 數，故能搖回其所誤之數以正之。

且無論乘除，至多搖到 9 字，過 9 字即為搖誤，此則於 9 字之後，特加一 X 字，使人注意之，且搖出 X



後，再搖之，其字盤即不動，不致搖出背面之9字，以使乘法搖出除法之數字，或除法搖出乘法之數字，互相混淆，此所以防誤也。

第四項 利用警鐘，可無須目視，以完成除法計算。

加減計算，撥出已知之兩數，搖一轉，即顯出得數，乘法計算，撥出被乘數後，照乘數搖之，即顯出得數，均無須審察，算機上各部之位置用熟後，并無須目視。惟除法，先撥出已知兩數，而逐位搖出得數時，普通須視察之，應搖至若干次而止，無使被除數小過於0，是亦不免思索之勞，此機乃藉第三項，搖過後可還原之便。設一警鐘，使搖過一轉時，警鐘以一響報之，即可搖回一轉，而改正得數，如是每開警鐘一響，搖回一轉，即退一位，而搖次位之數，至除盡或除到得適當位次而止。

此警鐘之構造，係利用退位機關，蓋除過0時，必須退上位之1數，而上位為0，無1可退，乃再退更上位之

1 數，更上位亦然，必致退至最上位，而最上位撥桿，連有一鎖鏈所以能鳴報鐘聲也。

第五項 全體機構對於堅固靈便，及準確，加以深切之研究。

第一 全部機件，除定位必須藉簧力外，其餘運轉撥動機關，絕不用簧力，以保持永久性。

第二 全部運轉機關，均係圓運動，以減少摩擦力，使其靈敏而不易損傷。

第三 各項輪軸，及易磨損部分，各配以適當硬度之鋼料，使保存原形而不變化。

第四 其重要部分，精細程度，係百分之一公厘，次要者，亦百分之二十公厘以內，使其精密而準確，以上數點，均係對於堅固靈便，及準確，有密切關係者。

第六項 全體位置整齊，容積狹小，適於觀瞻而便取攜。

第一 b 數目置在 a 數目右，而縮小其各位間之距離，使 a 數目與 b 數目合併之長，略相等於 c 數目之長，而特設機件，使 c 數目每移一位較長之距離，與 b 數目每移一位較短之距離，自能互相聯絡。

第二 a 數目各位，直接撥出數字，在一橫列上，只占一橫列數字之地位，與普通須占自 0 至 9 十橫列之地位，且在一圓弧上均須不出視線外者，其面積之廣狹，相差甚多。

第三 a, b, c 三種字盤，均用中空之金屬製成，各有多數機件，藏在字盤內，而較之用非金屬體製成者，不僅容積減小，而且經久無變化。

其餘機件之配置，均細加斟酌，使內部絕少空隙，外部除數字所占位置外，亦少餘地，如欲再專縮小，除非縮小數字，則又不便應用矣。

此機容積，計長一七五公厘，寬九五公厘，平均高八〇公厘。

內政部內政月刊已出版

本公報自第八卷第十四期起，改爲月刊，按月出版，從未間斷，編排新穎，資料充實，分篇列目，便於檢閱，內有不另行文之法令甚多，內政消息另闢專篇登載，尤屬官報創格。且多內務行政上極不易見之參攷材料，無論機關團體個人，均有訂閱之必要，裝訂精美，字體清晰，每冊大洋四角，半年六冊，大洋二元，全年十二冊，大洋四元，郵票十足通用，國內郵費免收，國外照加。

內政部公報處啓

建設期刊第十八期勘誤表

頁	行	字	誤	正
五	一〇	一〇	撤	擊
七	四	三四	「中」字刪去	
九	二	六	0.80	0.82
一六	一〇	六	光	先
二二	一一	一九	「藉」字下加「熱力」二字	於
二二	二二	二五	係	於
二二	一〇	九	二	一
二四	八	一九	煤	煙
二八	六	一	「電」字下加「廠」字	
三四	一三	四九	1896	1896
三八	八	六	目	自
四一	二	二二	有	不
四一	一五	四一	23.320	26.320
五〇	表第三行第三格		極	概
五一	表第七行第五格第九字	二五	立	力
六三	三		一一・〇公分	一一・五公分
六三	表第三行第二格	三三	Virginie	Virginie
七二	一	二二	二	一
七二	一	三三	Missouri	Missouri
七七	一	二二	New-York	New-York
八二	四	三七	○・五三〇	○・〇五三
八二	二	三七	Wyoming	Wyoming
八五	表第五行第三格		New-York	New-York
八六	表第八行第一格		大	大
八六	表第十三行第一格	一六	不	大
八六	一三		一九・二〇	一九・三〇
九一	表第七行第三格	一六	水	汞
九三	1, 3, 4, 4, 5, 6, 6,	22, 35, 15, 27, 6, 13, 30,	,	・
九六	二	三〇	solle	sville
九六	二	一	Anaconda	Anaconda
九九	一一	一六	該	就
一〇三	一六	七	「價」字上添「有」字	
一〇三	一三	一	「分」字刪去	
一〇三	一三	三一	歌	洲
一〇三	一一	三三	Unique	Unique
一〇三	一一	三三	Unique	Unique
一〇三	一一	三三	命	命
一〇三	一一	三三	點	器
一〇三	一一	三三	類	類
一〇三	一一	三三	遊	旋

中華民國二十五年一月出版

建設第十八期

定價大洋伍角

編輯者 建設委員會設計處

發行者 建設委員會總務處

印刷者 首都國民印務局

建設委員會經濟調查所出版

杭州市經濟調查

每冊定價二元

本書一千餘頁訂裝一巨冊

浙江臨安農村調查

每冊定價三角

浙江沿海各縣草帽業

每冊定價二角

浙江平陽礬鑛概況

每冊定價一角

浙江各縣經濟調查

每縣一冊每冊三角

浙江省政府
設計會出版

浙江之紙業

精裝每冊五元
平裝每冊三元

本書凡九百餘頁訂裝一巨冊

總發行處 杭州鎮東樓本所
代售處 各省各大市書局