

新 中 學 文 庫

水 力 機

蔡 昌 年 著

商 務 印 書 館 發 行

工學小叢書

水 力 機

蔡昌年 著

商務印書館發行

中華民國二十三年二月初版
中華民國三十六年二月六版

(31448)

工學叢書
水力機一冊

定價國幣壹元伍角

印刷地點外另加運費

編著者 蔡 昌 年

發行人 朱 經 農

上海河南中路

印刷所 商務印書館

商務印書館

發行所 商務印書館

各地

版 翻
權 印
所 必
有 究

序

是書爲工學小叢書之一，其目的在將水力機械及水力工程之普通知識，供獻於一般讀者，故取材多求淺要，對於一切高深理論概行省略。其參考書籍，約有下列數種：

Laugherty—Hydraulic Turbines

Mead—Water Power Engineering

Turneure & Black—Hydraulic Engineering

Russel—Hydraulics

Rushmore & Lof—Hydro-Electric Power Stations

New International Encyclopedia

是書僅於作者工廠服務及授課餘暇，陸續編纂而成，謬誤之處，尙祈海內明達有以正之。

水
力
機

二

民國十七年六月蔡昌年識於
新都軍事交通技術學校

目錄

第一章 緒言

水力——水力發展略史——水力機——水力發展之沿革——世界水力之統計

第二章 水輪及水渦輪

水輪——水輪之分類——重力式水輪——反動式水輪——衝擊式水輪——水渦輪——水渦輪之分類——水流之作用——水流之方向——軸之位置——輪之裝設——水渦輪與水輪之比較

第三章 衝擊式渦輪

種類——拍爾吞氏渦輪——吉刺得氏渦輪——速度之調節——衝擊式渦輪之應用

第四章 反動式渦輪

略史——佛氏渦輪——法氏渦輪——內灣流式渦輪之優點——反動式渦輪之應用——速度之調節——尾水

管

第五章 水力機之理論……………四三

引言——測量之單位——水之物理的性質——壓力之傳達——水壓力——水流之連續方程式——水流之能
 力——勢能動能壓能——拍氏定理——水勢頭水速頭水壓頭——拍氏定理之補充——水輪所受之有效水頭——
 功率及效率——水流施於靜止葉板之力——絕對速度與相對速度——水流施於運動葉板之動壓力——水流施於
 水輪之力幾——水渦輪之功率——相對運動之能之方程式——沖擊式渦輪工率之計算法——反動式渦輪工率之
 計算法——尾水管——

第六章 水力工程概況……………七一

水頭與流量之漲落——水之貯蓄——水力廠之重要設備——蓄水池——壩——進水設備——導水管——平
 水槽——渦輪之選擇裝置——尾水溝——動力之輸送——結論

水力機

第一章 緒言

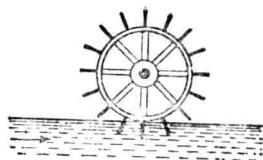
水力 考太陽系中一切之能 (energy) 大之若行星之輪迴，風雨之產生，小之若燃料之發熱，動植物之成長，無一非來自日球者。茲就水力言之，其來自日球，尤爲顯著。地面之水，散處於江、湖、海洋，受日光之薰蒸，化汽上升，彌散於空際，藉天然之風力，廣播於遠近，終則凝爲雨、雪、冰、雹，復降於地面，散於水陸，山谷。然後或立被蒸發，回至空中；或爲植物所吸收；或滲入土壤，會于地中，或流入江湖；要皆以海洋爲歸宿。於是復受蒸發之作用，而上騰，而下降，而流動，依上述次序，循環不已。故凡高處之水，及流動之水，皆隱蓄日光之能 (energy)，而爲天然之能源。設法以利用之，皆可得相當之功 (work) 也。

能源之最經濟，最屬自然者，舍風力外，殆推水力。顧水力之發揮，必藉重力之作用，蓋水之所以能蓄能者，必其水面對於另一水面（通常以海面為標準）有相當之高度，而恆有下流之勢，故其能恆為勢能（potential energy），當其下流之時，猶之通常物體之下落，其速度漸次增高，其勢能漸化為動能（kinetic energy），可藉以沖動水力機（hydraulic motor），作有用之功。水之重量，或因其重量而生之壓力，皆可使之直接作用於水力機而推動之；易言之，水之勢能，亦可直接利用，不必先化為動能，正如一物之重量，可藉滑車之裝置，使其直接作用於另一物體而高舉之也。總之，水之能，恆得自日光，其表現或藉其速度，或藉其重量，或藉其壓力，要皆由於重力之影響，水之本身，不過一傳能之媒介而已。

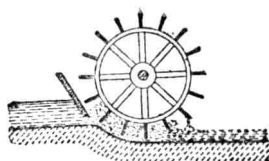
以上所述，乃天然之水力也。茲更有一層，欲附述於此者，水力之產生，亦有用機械方法為之者：置水於堅固之容器中而擠壓之，則其壓力增高，再用接管導之，使作用於適當之活塞（piston）上，可得重大之壓力。此種方法，不過藉水以傳達或變換機械之能而已。水壓機（hydraulic press）及其相類之機械，率用此法，當於另章述之。

水力發展略史 考天然水力之利用，我國暨亞述（Assyria）埃及（Egypt）諸邦，實爲先導，蓋三千年前，黃河，尼羅（Nile）河及幼發拉的（Euphrates）河之附近農民，早有水輪（water wheel）之發明矣。當時之水輪，狀如第一圖甲，係以一木輪或竹輪，中置一軸，輪週繫以葉板（vanes），用簡單之裝置，懸架於水上，浸其葉於水中，水流沖動輪葉，輪即迴轉，此爲水輪之最早形式，謂之流輪（current wheel），或稱浮輪（float wheel）。當時或用以引動汲水器，汲取河水，灌溉田疇；或以牽動石磨，舂研五穀；故諸河附近之瘠土，往往因之變爲膏腴。其後數百年，羅馬及其隸屬各國，始有水磨（water mill）之製，法略與前同，惟流輪與石磨之間，聯以齒輪，以得適當之速度。此種流輪，雖構造簡陋，効率低微，而當時則用之甚廣，即降至近代，各國鄉間，仍有習用之者，取其簡單而易製也。一五八一年，英人曾置一大流輪於倫敦橋（London Bridge），以之汲取河水，供給倫敦全城居民之用，此爲倫敦裝設自來水之初次，亦流輪應用之最著者也。

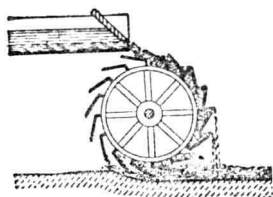
流輪之利用水力，効率極低，蓋當水流遇輪葉時，多分散於葉之四週，故僅能利用水力之一小部分。其第一步改良，即設一溝道，導引水流，使之直沖葉上，不易分散，是爲下沖式水輪（undershot）



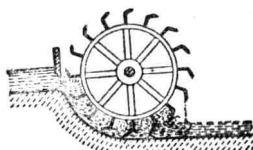
(甲) 流 輪



(乙) 下冲式水輪



(丙) 上冲式水輪



(丁) 中冲式水輪

第一圖——水 輪

water wheel) 狀如第一圖乙，效率略高。一六七五年，森(saine)河上近聖宅_三(Saint Germain)一帶，曾用此種水輪，以汲取河水，分配於附近各地。此時河之兩岸，並築壩以集中水勢。下冲式水輪，約沿用至第十八世紀之中葉。

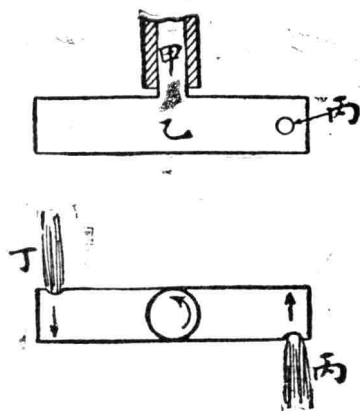
以上兩種水輪，皆利用河流之自然速度以得動力者也。據斯米吞(Smeaton)氏之實驗，以為此種方法，實不宜施於此種水輪，於是有上冲式水輪 (overshot water wheel) 之發明。

上冲式水輪利用水之重量以得動

力。其狀略如第一圖丙。其效率甚高，故至今仍有用之者。人島 (Isle of Man) 之拉刻賽 (Laxey)，至今尚存一座，其直徑約七十二英尺，功率爲一百五十馬力。紐約 之推來 (Troy) 鎮，數年以前，亦置有一座，其直徑約六十二英尺，寬二十二英尺，功率爲五百五十馬力，重三百噸。

一七八四年，英人 非而貝因 (Fairbairn) 氏及梭尼 (Rennie) 氏又有中沖式水輪 (middle-shot water wheel 或 breast wheel) 之製。其狀如第一圖丁。其動力亦藉水重而得。顧其效率轉不及上沖式水輪，故難與後者競爭。

以上兩種水輪，皆直接利用水之重量以得動力者。自其効力言之，已較最初之流輪進步不少。顧於其進展期間，更有一新穎之發明足述者，即一七四〇年帕刻 (Barker) 氏所發明之水磨是已。帕刻氏之水磨，恃水之壓力以動，其形略如第二圖。水由甲管流入，至於乙管而充滿之，然後由其兩端之丙丁兩小孔射出。此時水流對於兩孔之背方，各生一反動力，而成一對偶力，如箭頭所示，致令乙管以甲管爲軸而迴轉。此種水磨，實爲今日反動式水渦輪 (reaction turbine) 之鼻祖。今人稱此種水磨爲帕刻氏水磨 (Barker's mill)，示不忘也。



第 二 圖

動，始成爲大規模之事業，爲動力界開一新紀元，雖其進步多在近百餘年間，其基礎則早萌於昔日，先哲創始之功，庸可忽哉！

水力機 水力機 (hydraulic motor) 之於今日，一重要之發動機也，凡藉水力以運動而生工作之機械皆屬焉。就構造方面言之，水力機約可分爲三大類：即水輪，水渦輪，與水壓發動機 (hydraulic motor)。

以上所述，皆水力發展之萌芽也。至第十九世紀之中葉，乃有佛涅綸 (Fournayron)，法蘭西斯 (Francis)，阿特琴斯 (Atkins)，拍爾吞 (Pelton) 諸氏，作種種實驗，而有各式水渦輪 (hydraulic turbine) 之發明。其後各國乃於水力易得之區建築水力廠 (water power plant)，裝置渦輪，藉水力以產大量動力，供多種實業之需，於是水力機械，始於工程上佔重要地位。夫由古代最簡陋之流輪，歷三千餘年之久，至於今日，水力發

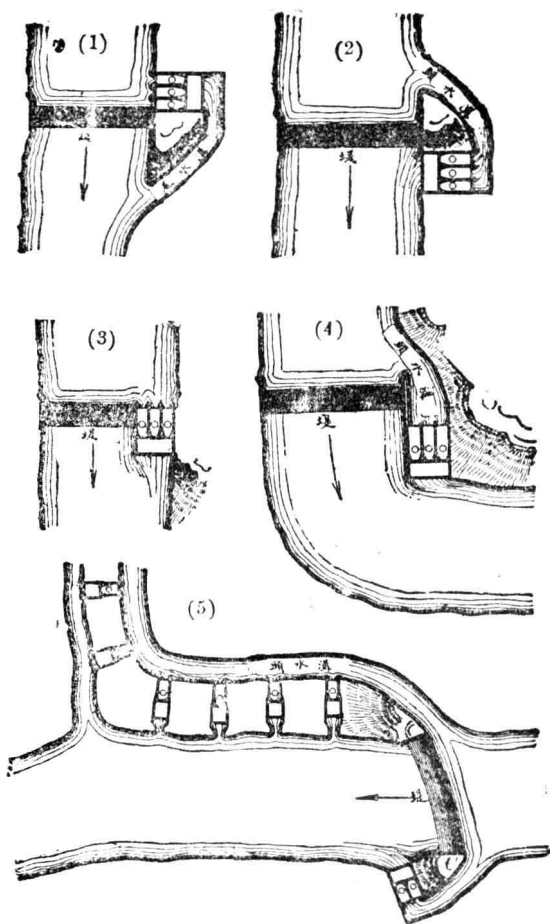
aulic pressure engines) 是也。

廣義言之，凡一切藉水力以轉動之輪，皆稱水輪，故渦輪亦屬焉。本書依照一般習慣，稱前節所述各種簡單之水輪曰水輪，稱近世之各種新式水輪曰水渦輪，以示區別。

渦輪之構造，當詳另章。今所應述者，渦輪乃水輪之變形。當其工作之時，由若干導流靜葉板 (stationary guide vane)，將水流導入一輪，水流經輪葉間時其速度之大小及方向變更。其變更乃因受輪葉力之作用。於是水流施等強而反向之力於輪葉，而將後者推動。故渦輪實爲水輪之一種，其工作則恃水流在輪中之運動而生。

水壓發動機，乃藉水壓力以作功之機械，其構造與普通汽機 (steam engines) 相若。其應用不及渦輪之廣。本書因限於篇幅，不及備述。

水力發展之籌畫 欲利用水力，必先得相當之水面差，所謂源頭 (head) 是也。尋常河道，其水面多順流漸降，其所蓄勢能，散漫不集。若欲利用一河之水力，必先設法得一集中之源頭，然後可以裝置渦輪，導水入輪，作有用之功。其所得功率之大小，全視其所得源頭之高低，及水流流量之多寡。



第三圖——水力廠之一般佈置

尋常集中水勢之法，不築壩以截阻水流，使河面與海面間一部分之水面差，集中於一處，然後水勢激烈，其能乃可利用。顧築壩有時須開渠（canal）爲之，以免影響航政，故水力之利用，又必因地制宜，而非隨處可以實行者。既得源頭，其次則爲建設相當溝道，導高面之水，流經機輪，給以大部分之能，化爲機械功。其高面之水，謂之頭水（head water），其由機中排出之水，謂之尾水（tail water）。尾水之出路，爲流于低面一方，展轉入海。水力利用之程序約如此。

雖然，水力之所在，未必卽動力需要之區，故又必設法將所得動力，輸送於需用之地。此種動之輸送，昔時殊感困難，近世電學昌明，始以電爲輸送之媒介，故自第二十世紀以降，水力工程始隨電機工程之後，而日益發達。今之利用水力者，皆於水力豐富之區，建設工廠，裝置渦輪，同時附設發電機械，如發電機變壓器等，將天然之水力，先化爲適相之電力，然後由簡單之導線，送至各方，供一切事業之需，是爲水力發電廠（hydro-electric power station）。

更有進者，水勢之漲落靡常，其可得之功率，亦必因之而增減，故欲利用某河之水力，必於其一年中水勢之漲落情形，及流量之消長狀況，加以確切之統計，以預測其可得之平均源頭及流量，而



第四圖——美國威省公共事業公司之水力廠

推算可得之功率。又於水勢之最大最小兩極點，尤當注意。

且水力之利用，有時爲天然地勢所限，不能得充分效率者，例如美國之密執安（Michigan）湖，其平均水面，高出海面約五百八十英尺，是此湖中每磅之水，蓄有五百八十英尺磅之勢能。此項水力，在芝加哥（Chicago）一帶地方，竟限於地勢，不能得相當之源頭而利用之。近甫於芝加哥支河之旁，得有三十餘英尺之源頭，作小規模之發展。經若是知天然水力，又未必皆可儘量發展，要在主其事者之竭力籌畫而已。

世界水力之統計 據一九二四年版新萬國百科全書（New International Encyclopedia）所載，一九〇五年之調查，全世界所有水力，約如下表。