

高等學校教學用書

水 能 學

上 冊

清華大學水利工程系水文及水能利用教研室

燃料工業出版社

高等學校教學用書

清華大學水能利用講義

水 能 學

上 冊

清華大學水利工程系水文及水能利用教研組

燃料工業出版社

內 容 提 要

本書分上、下冊出版。上冊爲1—22章，內容包括：水能利用的一般敘述，河流潛在的水能資源，水力發電廠的基本論述及其利用的落差，河中逕流特性，水庫的水文情況，水能計算，水電廠的基本動力設備和電力系統，以及多目標水利工程中的水電廠等。

本書可作大學水利系的教材，對有關工程技術人員頗有參考價值。

* * *

水 能 學

上 冊

清華大學水利工程系水文及水能利用教研組

燃料工業出版社出版

地址：北京東長安街燃料工業部
北京市書刊出版業營業許可證出字第012號

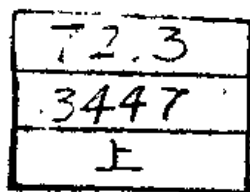
北京市印刷一廠排印 新華書店發行

編輯：韓至誠 孟慶沐 校對：周金英 陳家驊

書號480電209

850×1092 $\frac{1}{32}$ 開本 * 13 $\frac{1}{2}$ 印張 * 350千字 * 定價(8)二元四角七分

一九五五年八月北京第一版第一次印刷(1—2,100冊)



原作者序言

中華人民共和國擁有異常豐富的水力動力資源。中國河流蘊藏的天然能量達 150×10^6 瓩，僅次於蘇聯而佔全世界第二位。

在社會主義經濟的條件下，水能利用具有特殊重大的意義。水能利用在中國應當獲得非常廣闊的發展。因此，目前在中國，天然的水力動力資源及其實際利用方法的研究，已經成為特殊重要的任務。

為此目的，就需要培養工程師幹部——熟悉現代水能科學技術，特別是蘇聯先進的科學技術的所有成就的水能利用專家。根據在榮膺列寧勳章的以莫洛托夫命名的莫斯科動力學院水能系以及在北京清華大學水利工程系所講授的水能學的講課材料而編寫成的這本教學參考書，可以對培養這樣的專家有所幫助。

在前面所說的講課中，儘可能地運用了蘇聯水力發電廠以下簡稱水電廠及電力系統運轉的經驗以及水電廠設計的經驗。

在本書的第一部分（第一章至第十二章），敘述水電廠的個別組成部分以及整體水電廠的動力任務和動力特性。同時也討論了決定這些特性的方法，其中包括詳細敘述逕流調節計算及水能計算的方法。

在第二部分（第十三章至第二十二章）討論了運轉中的水電廠在電力系統中的工作及保證最大限度地利用水電廠的出力及能量的條件。在這裏必須注意調配調節的問題，這對正確地組織水電廠的運轉具有巨大的意義。在這一部分也討論了有關綜合利用組成中水電廠的工作問題。

在第三部分（第二十三章至第三十章）討論了水能設計的問題，也就是合理決定水電廠的主要參變數及選擇水電廠的主要動力設備——水輪機及發電機的問題。在這一部分詳細地敘述了決定所設計的水電廠的參變數的方法，到目前為止，這些方法在實際水能設計中運用甚廣。在這一部分的最後兩章（第二十九及三十章）中，敘述了最近幾年在蘇聯所研究出來的水能設計的一般理論基礎。

在附加的第三十一章內，簡單地敘述了水能利用的特殊方法——抽水蓄水水電廠及潮汐水電廠。

水能利用課程建築在一系列的專門課程的基礎上，這些專門課程有水力學，工程水文學，水力機械，發電廠，水工結構以及其他一些課程。屬於這些專門課程的問題，在本書中沒有討論，例外的只是發電廠及電力系統的某些主要經濟特性，因其必要而在本書內討論，因為不討論這些經濟特性，就完全不可能論述電力系統中水電廠的能量及出力的利用問題，特別是水能設計的問題。在本書中對動力經濟計算問題僅作一定程度的敘述，以便瞭解作為生產企業的水電廠在參加整個國民經濟系統中的作用。

本書的主要任務是作為進行水能利用理論問題的研究及高等學校水能利用專業方面的學生進行課程設計及畢業設計時的指南。本書對於在水電廠及電力系統的運轉管理中担任實際工作的工程師以及在設計機構工作的工程師也會有所幫助。

倪克勤 (С. Н. Никитин)

2P87/28

譯 者 序

水能利用是一門年輕的科學，它包括水能學和水電廠動力結構兩部分，其目的在於如何以最經濟的方式利用水能，來滿足國民經濟對電力上的要求。

水能利用中的水能學是在蘇聯社會主義制度下發展的，其指導原則和資本主義國家的水能建設有本質上的區別。在社會主義制度下，全部國民經濟是為廣大人民服務的，所以水能利用無論在規劃上或設計上都只是依照對國民經濟最有利的原則進行，不受其他因素的牽制，因此，它的發展是很迅速的。

什麼是水能利用的主要指導原則呢？（一）是水能資源最有效的利用原則，也就是說，要利用水能，需要把整個河流和整個流域作為對象來研究，而不是局部的利用。（二）是水電廠和火電廠的相輔相承原則。近代的電力網一般是由水電廠和火電廠聯合構成的。兩種發電廠各有其優點與缺點，規劃水能利用時必須根據河流的水文特性決定水電廠和火電廠二者在裝機容量上及以後在運轉上得到最適宜的配合，以發揮它們聯合工作時對國民經濟的最大效益。（三）是水利資源的綜合利用原則。一個水利樞紐的建設，其結構物不應僅為一個經濟部門服務，應使其同時為各個經濟部門（如防洪、發電、灌溉、航運和給水等）服務，並且使水能資源在分配上最為合理，各部門之間對水量要求上所發生的矛盾能夠獲得統一。

倪克勤教授編寫本書時就是以上述三個原則為根據的。

倪克勤專家是在一九五二年十二月由莫斯科動力學院來清華大學講學的。當時正值全國進行院系調整教學改革初期，倪克勤專家和清華其他專家對指導學校學習蘇聯的教學制度、教學組織及教學法等工作，有着極大的貢獻。在其一年半的講學期間，倪克勤教授以崇高的國際主義精神和對中國的熱愛，把蘇聯最先進的水能學無保留地介紹給我們。同時在專業的生產實習、課程設計和畢業設計等方面，為我

們建立了一套培養水能利用工程師的完善制度。在教學工作上也爲我們介紹了蘇聯的先進經驗。

倪克勤教授不只是一個諄諄善誘、誨人不倦的導師，而且還具有精細而堅強的分析能力，他常以馬列主義的思想來指導本教研組的工作，因此，無論對我們的工作或修養都起了極大的模範作用。他編寫這本講義時，總是虛心地徵求教研組同志們的意見，例如書中第九章「用數學統計法進行多年調節計算」及第十八章「水電廠上的年調配調節」等，是比較抽象難懂的，經反映意見後，他又用簡而易懂的方式重寫了一遍，使讀者更易掌握。

這本講義是專家在清華最後一學期內根據他在莫斯科動力學院多年的教學經驗及在清華講學期間的講稿，費了很多的辛勤勞動所編成的。

這本書是一個內容豐富、系統嚴密、條理清晰的課本，能够領導初學者把蘇聯所發展的最先進和極複雜的水能學由淺而深地循序漸進地學習。書中有很多地方是倪克勤專家根據其多年來在生產工作實踐中獨到的見解而寫的。其中最突出的例子就是第三十章所討論的「水能規劃的一般理論」。這裏專家講述了應如何考慮電力系統在不利水文期中由於正常供電工作被破壞而在國民經濟上所引起的後果。這種新的創造性的理論倪克勤專家已研究了多年，未曾發表，現在他無保留地編在本書中。

水能學經過十幾年來的不斷發展，在理論上蘇聯已獲得很大的成就，但不能說解決了所有的問題。有很多問題只部分解決，有的還沒有解決。例如怎樣利用溢棄的洪水量問題、水庫的調配調節問題、在許多電廠間如何分配負載問題及電力系統中有水力聯系的水電廠聯合工作等問題，都還沒有得到統一的解決方法，現仍在陸續由理論和實踐兩方面加以研究中。

我國有着極豐富的水力資源，而且一般都分佈在靠近工業基地，同時主要的水能資源大多數位於坡降較陡落差容易集中的上游及中游河道上，在利用上具有莫大的優點。

幾年來，我國的水能利用事業在黨和政府的正確領導下正在蓬勃

地發展着。從學習蘇聯先進經驗中，我們已認識了正確的設計思想；服從了正確的設計程序；在施工方面也採用了科學的施工組織與計劃，使水力工程逐步走向機械化。

書中倪克勤專家源源本本地介紹了水能利用最先進的理論，無疑地它將是我國學生學習水能利用的優良教本和有關工程技術人員研究水能學所必不可少的參考文獻。

倪克勤專家雖然已經返國，但他留給我們的這本先進的水能利用科學講義即在中國生根。在倪克勤教授最後一次講課的總結裏，他曾這樣說過：「中國政府目標很遠，現在就已注意到培養水能利用幹部。中國具有蘇聯過去所沒有的情況，即可利用蘇聯勞動人民的豐富經驗。水能利用有很多新理論在發展着，將來與蘇聯工程師並肩前進的還有中國工程師。中蘇兩國走同一的道路，將來一定能彼此合作，使水能利用科學的水平更為提高」。這對於我們是何等的鼓勵。

這本講義是倪克勤專家在中國的重要學術貢獻。希望這門科學的幼苗在中國普遍地繁榮滋長，使祖國豐富的水力資源迅速地為六億的廣大人民服務，以促進我國的社會主義建設。

本書的翻譯工作由講師施熙燦同志執筆，並經水力發電建設總局安申義等同志校閱。

清華大學水文及水能利用教研組 施 嘉 煬

一九五五年四月

目 錄

原作者序言

譯 者 序

第 一 章 緒 論	1
§ 1-1. 水能利用課程的內容	1
§ 1-2. 水能資源	3
§ 1-3. 水能利用發展概況	4
第 二 章 河流潛在的水能資源	7
§ 2-1. 河流潛在水能資源的確定	7
§ 2-2. 水能蘊蓄圖	9
第 三 章 水 電 廠	12
§ 3-1. 河流水能利用的基本技術佈置	12
§ 3-2. 水電廠的組成部分	21
§ 3-3. 水電廠是生產企業	23
第 四 章 水電廠利用的落差	25
§ 4-1. 水電廠的上游	25
§ 4-2. 水電廠的下游	36
§ 4-3. 水電廠的落差特性	43
第 五 章 河中逕流的特性	47
§ 5-1. 時曆特性	47
§ 5-2. 持續特性和保證率	53
§ 5-3. 水文特性的準確性及可靠性	55
第 六 章 用水庫調節河中逕流	57
§ 6-1. 調節的任務和種類	57
§ 6-2. 水庫的特性	66
§ 6-3. 調節的特種情形	72
第 七 章 水庫的水文情況	76
§ 7-1. 水庫水位情況的特性	76
§ 7-2. 水庫的淤積	80
§ 7-3. 水庫的鹽化	83

§ 7-4. 水庫變暖和冰凍的情況	85
§ 7-5. 水庫中水的損失	86
第 八 章 逕流調節計算	91
§ 8-1. 調節計算是水庫情況的預報	91
§ 8-2. 調節計算的時曆列表法	93
§ 8-3. 調節計算的時曆圖解法	96
§ 8-4. 補償調節計算	102
§ 8-5. 調節流量的保證概率	104
第 九 章 用數學統計法進行多年調節計算	108
§ 9-1. 總論	108
§ 9-2. 調節流量保證率的確定	114
§ 9-3. 用數學統計法進行多年調節計算的例子	120
§ 9-4. 多年調節計算用的圖	126
§ 9-5. 不足水量和多餘水量的保證率曲線	131
§ 9-6. 對可變引用水量 and 不同保證率的若干需水部門的多年調節計算	134
§ 9-7. 多年調節水庫的年容積的計算	136
§ 9-8. 補償調節計算	139
第 十 章 水能計算	141
§ 10-1. 水能計算的目的	141
§ 10-2. 水能計算的列表法	144
§ 10-3. 水能計算的圖解法	151
§ 10-4. 用統計法進行多年調節水電廠的水能計算	162
§ 10-5. 水能計算的準確度	167
第 十 一 章 水電廠的基本動力設備	170
§ 11-1. 水輪機的相似性	170
§ 11-2. 水輪機的動力特性	172
§ 11-3. 水輪機的孔蝕特性	181
§ 11-4. 發電機和變壓器的動力特性	189
第 十 二 章 水電廠的動力特性	190
§ 12-1. 動力特性曲線的一般形式	190
§ 12-2. 水電廠總的動力特性	193
§ 12-3. 水電廠運行動力性能曲線	201

第十三章 電能消費	203
§ 13-1. 電能用戶的一般特性	203
§ 13-2. 電能消費標準	206
§ 13-3. 電能消費圖	207
§ 13-4. 電能消費的指數	213
第十四章 電力系統	216
§ 14-1. 電力系統的組成及電廠的基本特性	216
§ 14-2. 電力系統的容量平衡	223
§ 14-3. 電力系統的備用容量	229
§ 14-4. 電力系統的電能平衡	235
§ 14-5. 電力系統對水電廠的特殊要求	239
第十五章 電力系統中的無調節水電廠	246
§ 15-1. 電力系統電能平衡中的無調節水電廠	246
§ 15-2. 電力系統容量平衡中的無調節水電廠	251
第十六章 電力系統中的日調節水電廠	254
§ 16-1. 電力系統日平衡中的水電廠	254
§ 16-2. 電力系統出力年平衡中的水電廠	261
§ 16-3. 電力系統電能年平衡中的水電廠	265
§ 16-4. 進行日調節時水電廠上下游的水力特性	267
第十七章 電力系統中的年調節水電廠	271
§ 17-1. 年調節水電廠工作情況的一般特性	271
§ 17-2. 年調節水庫的有效容積	275
§ 17-3. 電力系統電能平衡中的水電廠	284
§ 17-4. 電力系統出力平衡中的水電廠	283
第十八章 水電廠上的年調配調節	288
§ 18-1. 調配調節的一般任務	288
§ 18-2. 年調節水庫在供水期間的基本調配曲線	290
§ 18-3. 年調節水庫在蓄水期間的基本調配曲線	293
§ 18-4. 旺水年內的調配調節	295
§ 18-5. 枯水年水庫供水期內的調配調節	302
§ 18-6. 枯水年水庫蓄水期內的調配調節	309
§ 18-7. 調配曲線全圖	313
§ 18-8. 關於年調配調節時水文預報的運用	321

第十九章 電力系統中的多年調節水電廠	322
§ 19-1. 電力系統出力平衡及電能平衡中的多年調節水電廠	322
§ 19-2. 水電廠的多年調配曲線	325
第二十章 無水力聯系的若干水電廠的聯合工作	330
§ 20-1. 若干水電廠聯合工作的一般條件	330
§ 20-2. 若干無調節水電廠的聯合工作	331
§ 20-3. 與日調節水電廠的聯合工作	334
§ 20-4. 與年調節水電廠的聯合工作	338
§ 20-5. 與多年調節水電廠的聯合工作	347
第二十一章 有水力聯系的各水電廠的聯合工作	349
§ 21-1. 有水力聯系的各水電廠的一般佈置	349
§ 21-2. 無調節水電廠	351
§ 21-3. 日調節水電廠	359
§ 21-4. 年調節水電廠	363
第二十二章 多目標水利工程中的水電廠	370
§ 22-1. 需水部門的一般特性	370
§ 22-2. 水量平衡	376
§ 22-3. 上游的需水部門	379
§ 22-4. 用水庫改變洪峰	384
§ 22-5. 下游需水部門	393
§ 22-6. 多目標水利工程的調配圖	399

第一章 緒 論

§ 1-1. 水能利用課程的內容

水能利用是國民經濟中的組成部分之一，屬於國民經濟這一部分的有一種特殊的生產企業，那就是水電廠，它的產品就是電能。水電廠所生產的電能，係供給國民經濟需用，如工業、農業、運輸以及滿足全國人民的日常生活和文化的需要。

水能利用或水能學在國民經濟中是一個專門的科學。換句話可以這樣說：水能利用或水能學是一門關於水電廠的科學。

水電廠從一方面來說，是在國民經濟系統中佔有一定地位的生產企業，從另一方面來說，水電廠是各種結構物和設備的複雜綜合體。

把水電廠看成生產企業時，我們所注意的是關於它在生產或動力效用上的問題。這些問題就是水電廠的出力及其生產的電能，水電廠工作的情況及其經濟特性。因此，我們應該研究與水電廠工作的動力和經濟效用有關的許多條件，也應該研究關於如何使水電廠工作達到最大國民經濟效用的那些方法。所有這些問題構成了水能利用課程的第一部分的內容。

另一方面是把水電廠看作是結構物和設備的綜合體，這時，我們所注意的是關於各個結構物和設備的構造，材料，可靠性，穩定性和機械強度等條件以及所有其他特性。所有這些問題是在水工結構，電工，水力機械及其他專門課程中討論的。

我們用壩來作為例子，壩幾乎是每一個水電廠組成中所包括的最重要的水工結構物之一。從動力的觀點看來，對我們具有意義的是壩高，因為水電廠上的落差及調節河中水流所需的水庫容積，都是與壩高有關的。至於落差和水庫容積的數值，從動力的觀點看來，與築壩所用的材料和結構完全無關。所以關於選擇最合適和最有利的壩高問題，是在水能利用課程中討論的。關於築壩用的材料及其結構問題當然是十分重要的，但這是在水工結構課程中討論的。

水電廠的所有結構物和設備都是爲某一總目的服務的，水電廠組成中的每一個別部分，都具有一定的動力上的意義，並影響着水電廠的工作，所以必須研究水電廠的結構物和設備的性質及其在動力上的獨特性質。關於這些問題是在水能利用的第二部分中討論。在這部分中所討論的是關於特殊動力結構物，即引水隧洞和渠道，壓力管道，調壓塔以及水電廠廠房等問題。在這方面主要討論結構物的動力和水力的性質以及水電廠每個結構物當作水電廠的組成部分並完成其任務時有關的一般條件。至於討論其穩定性，構造強度以及其他專門問題時，則須利用在若干不同專門課程中所學得的知識。

水能利用課程的這二個部分，是十分密切地互相聯系着的，水能利用的全部課程和其中的每一部分都是建築在許多普通的和專門的科學與技術課程的基礎上，屬於這一類的普通課程例如水力學和工程地質學，至於這一類的專門課程便是上面所提到的水工結構、水電廠、水力機械以及其他等。

水能利用課程不只是建立在其他課程的基礎上，而且也把這些課程綜合在一起，因爲水能利用課程提出某些一般性的問題，而所有其他個別課程在此情形下即供解決這些問題之用。這主要是指水能利用課程的第一部分而言，因爲水電廠的工作情況是最重要的部分之一，它把水能利用的許多個別問題聯系在一起。

水電廠工作的經濟效益，作爲聯系各部分來說，也是具有重大的意義。應該指出關於水能利用任何問題的解決，不能只根據一些工程計算而不加以經濟分析，所以應該經常注意研究與水電廠工作經濟效益有關的所有情況。同時必須着重指出，在有計劃的社會主義經濟條件下，我們要研究廣義的經濟效益，即對於整個國民經濟的效益。在這點上就顯示出社會主義經濟和資本主義經濟不同的地方，資本主義的經濟效益，只是考慮如何使某一資本家的企業獲得最高利潤的條件。

在有計劃的社會主義經濟條件下，水能利用最重要的特點之一就是在這樣的社會制度下，多目標水利才具有寬廣發展的可能性。多目標水利工程可以用同一個水工結構物，同時爲若干不同的國民經濟目

的——取得電能，灌溉農田，給水，改善河流航運條件，防治洪水以及其他目的服務。多目標水利工程的優點在於可能最完全地利用天然的資源，以達到最大的經濟效益。所以當水電廠成為多目標水利工程組成部分之一時，其工作條件是包括在水能利用課程中研究的。

§ 1-2. 水 能 資 源

在許多世紀甚至幾千年以前，河流已成為主要的實際上可以利用的水能資源。這種水能資源不獨現在還保持着極重大的意義，而且河流的水能利用還在日益發展中。

在天然河道中，河床上水的動能係消耗於冲刷河岸和河底，運移河砂（河砂就是河床和流域地表被冲刷的結果），克服水與河底和河岸的摩擦力以及水的內摩擦力。

水電廠上的落差，原分佈在河道很長的一段距離上，但一經開發便被集中起來了。此時水的位能變成旋轉水力原動機的機械能。還有相當多的水電廠，只把河流中的水能變成機械能。但在水電廠上，水力原動機（水輪機）的旋轉機械能，在發電機中進一步轉變為電能。

關於不生產電能的水電廠，其容量相對說來是不很大的，而水電廠的容量可能是很大的。在蘇聯伏爾加河上的古比雪夫水電廠，可以算作特別巨大的水電廠的例子，該水電廠的容量超過二百萬瓩。

也可能在河道上有這樣的水電廠，落差並不集中起來，只利用河道中的天然流速（水的動能）。這種裝置的應用不大廣泛，容量亦很小。

雖然，河流是最重要的水能資源，但並不是唯一的水能資源，在某些情況下，還可以利用海潮的水能。第一個潮汐水電廠約在數百年之前就被建立了。有些潮汐水電廠在現代還修築着和運行着，但無論在數量方面或容量方面都沒有得到廣大的發展。這是由於適合經濟利用海潮能量所需的各種條件，相當難以遇到。

例如，在蘇聯雖然具有極綿長的海岸線，但適於建築潮汐水電廠的地方，却處於遙遠的北部和東部地區，那裏人口稀少，工業較不發達。所以蘇聯實際上現在尚未利用海潮的能量。

利用固定海流的水能也是可能的，關於這樣的水電廠有幾個有趣的建議。其中有一個水電廠，容量很大，可以建造在連接地中海和大西洋的直布羅陀海峽上。但在資本主義制度裏，要建造這樣大的水電廠，實際上是完全不可能的。

直到現在為止，在實際利用海浪的能量方面，可以說沒有什麼進展。

與某些水電廠（只利用水的動能）性質相近似的有風力發電廠，但風的多變性比起河中逕流還要大許多倍。積蓄和調節風能在現代是完全不可能的。風力裝置在很早以前有許多國家已被廣泛應用了，因為修建這種裝置非常簡單而價廉。但是風力裝置的容量是比較小的，通常只供應小而不重要的動力用戶，其正常工作可以允許被中斷。

火電廠上能量的轉變，是一個十分複雜的過程。開始時包含在燃料中的是化學能，在鍋爐裝置中轉變為熱能。其後汽輪機把蒸汽的熱能轉變為機械能，最後發電機把旋轉着的汽輪機的機械能轉變為電能。

火電廠按其性質說來，是有很多地方與水電廠不一樣。與火電廠相比，在水電廠上具有相當大的勞動生產率，這是它的重要特性。如果為了生產同一的發電量，在水電廠上所需要的工人和工程技術人員，比起火電廠上所需要的要少好幾倍。現在蘇聯已大規模地把水電廠工作的管理變成自動化，這樣又更大地提高勞動生產率。

必須指出在同一電力系統裏，將水電廠和火電廠的工作聯合在一起，就可以經常利用這些電廠所具有的優點，因而使國民經濟獲得最大的效益。

§ 1-3. 水能利用發展概況

還在很早以前，人類為了需要，曾利用流動在河中的水能。在具有古老文化的國家裏，例如在中國，遠在二千年以前就開始應用水力原動機。

在許多世紀中，河中的水能只是在容量很小的水力裝置上被利用。水力原動機不過是簡單的水輪，其效率很低。像這樣簡單而具有

不同型式的水力原動機是由技術工人製成的，在某些國家裏，例如，在中國和俄國，這種水力原動機為數很多。即使在現代，像這樣簡單的水力原動機，正由於它的簡單易做，所以還被廣泛地應用着。

十八世紀在俄國阿爾泰區弗洛洛夫所做的由四個梯級所組成的水力裝置，可以說是最有趣的具有大水輪的水力裝置。最大水輪的直徑達 17 公尺，係安裝在地下室內。水則由隧洞進入該水力裝置，再經隧洞把水排出來。十九世紀在俄國那洛伐河上所建的水輪水力裝置，在以往歷史上算是容量最大的一個。

最近代水力原動機——水輪機的科學理論，只是在十八世紀才由著名的數學家歐拉在俄國科學院工作時創立。但是從水輪機的科學理論出現到真正水輪機做成為止，却經過了一百多年。第一個水輪機係在十九世紀中葉在俄國由薩福諾夫做成。其後不久在法國出現富爾涅龍和郎伐爾的水輪機。隨後在美國造成富蘭斯式水輪機。約在七十年以前造成了新式結構的衝擊式水輪機。最後僅僅在三十多年之前在捷克斯洛伐克由卡布朗造成了第一個旋槳式水輪機。

在十八世紀中葉，水力原動機在工業中佔着重要的地位。自從蒸汽機發明後（首先係在俄國由波卓諾夫製成），水力原動機的地位就被蒸汽機所代替了。這是由於那時候還不可能在很長的距離上輸送很大的能量。所以工廠企業如果要利用水能，必須臨近河流，而蒸汽機却可以安裝在任何方便的地方。以前巨型水力裝置的出力，在完全機械方式的應用下是很難加以分開來的。至於任意大小出力的蒸汽機和其後的別種熱力原動機，則可直接安裝在車間裏，甚至安裝在車床上。

自十九世紀末葉，電氣技術開始迅速地發展，因而顯著改變了上述情況。

於 1874 年畢洛茨基在彼得堡（現改稱列寧格勒），進行了在一公里的距離上輸送電能的第一次試驗。其後於 1882 年齊潑列在德國也進行了輸送電能的試驗。關於這些實驗恩格斯曾於 1883 年這樣寫着：「最新的發明即關於高電壓的電流，在相當小的能量損失下，可以在簡單的電線上傳導……最後，工業幾乎從地方條件的所有限制下解放出來，並且把利用最遙遠地方的水能變為可能，如果開始時只對城