

大學用書選譯

水力工程學

戴英本譯

教育部出版
正中書局印行

大學用書選譯

水
力
工
程
學

正中書局印行
教育部出版

戴英本譯

James J. Doland 著



版權所有

翻印必究

中華民國五十六年九月臺初版
中華民國五十九年七月臺二版

大學用書 水力工程學

(Hydro Power Engineering)

全一冊 基本定價一元五角

(外埠另加運費匯費)

著者 James J. Doland
譯者 慈 英 本
出版者 敦 育 部
發行人 李 潔
發行印刷 正中書局

(臺灣臺北市衡陽路二十號)

海外總經銷 集成圖書公司

(香港九龍彌敦道一號)

海風書店

(日本東京都千代田區神田保町一丁目五六番地)

內政部登記證 內版登業字第〇六七八號 (6017) 滙

譯 者 序

本書係應 教育部之約請，譯作大學工學院學生教科書之用。

原書著者爲美國依利諾州立大學水利工程學教授 James J. Doland 博士，由美國紐約市 The Ronald Press Company 於1954年出版。內容精闢，文筆簡潔，理論實用，兼賅並重。首二章先將水力發電之基本原理作概略之介紹，繼即分論水輪機及其他有關建築物之作用與構造。最後敘述水力經濟開發及水力熱力合營之利益，列舉範例，詳爲說明，使讀者對水力發電工程一課能獲一清晰而有系統之概念。

書中凡水利工程方面之專有名詞，悉依中國水利工程學會編印，民國三十七年出版之「水工名詞」；及臺灣電力公司技術委員會編印，民國四十一年出版之「電力工程名詞草案土木部份」二書所譯者爲準。其中，間有以上二書均未列入者，則由譯者自行翻譯。人名、地名概從音譯。

本書之完成承張本、高德瑜、陳保才、張君毅、施文勇、許世雄諸君協助甚多，深爲感謝。

本書初次付印，訛誤必多，高明指正，感甚幸甚。

戴 英 本

中華民國四十八年十二月

臺灣省立成功大學水利工程系

著者原序

本書係根據著者二十五年來教授水力發電工程學及從事實地水電設計之經驗編著而成，供大學工學院一學期講授之用，書中內容偏重於水力工程之實際與設計，而非專重理論方面之研討。本書先令讀者對初步之基本原理有所了解，然後即能遵循由實地經驗擬定之步驟設計選擇水輪機之適當型式及其直徑。繼則討論輸水路之設計，輪機臺數之擇定，各項建築物本身之結構以及與水力發電有關之一切附屬設備之作用。根據計劃之資料並可從而估計水力發電之初步成本，撰寫為水輪機、發電機及他類附件之製造廠商準備之工程說明以為施工之準則。

由於過去二十餘年來水力學與水文學之不斷進步，水力發電工程設計技術日新月異，水輪機容量大為增加。穴蝕作用因能防止，水輪型式得以改善，加以水力與熱力發電聯合運用制度之創立，使電力系統之配合操縱更趨靈活，此外政府對水力開發事業之倡導與獎勵，管理法規之益形簡化，水力工程之面目日新，工程師對此時代之轉變亦應有明確之認識。

書中所討論或分析之資料大部係取自各公私工程機構。其屬於政府者計有美國陸軍工程師團 (Corps of Engineers)，墾務局 (Bureau of Reclamation)，田納西河務局 (Tennessee Valley Authority) 等工程計劃與施工機構。屬於私營企業者計有摩根史密斯公司 (S. Morgan Smith Company)，阿里斯治美耳公

司(Allis-chalmers Manufacturing Company), 新埠船塢公司(Newport News Ship and Drydock Company)以及屋華德調速器公司(Woodward Governor Company)等,均曾贈予最新之實際資料,對本書內容之充實,協助至多。書中部份之研究分析係著者根據過去之實地經驗研究而得,例如用比速表示水輪直徑及發電機外殼直徑之方程式,熱力發電廠成本按每瓩容量之估算方法,水電廠之廠 σ 值之選定以廠房尺寸大小之設計,均係水力工程計劃技術方面之最新改進。

水力發電工程技術將隨時代之演變而益趨進步自無疑義,為便讀者有充裕之時間閱讀最新之參考資料起見,本書內容力求精簡,俾講授者可隨時為學生指定參閱有關之新穎技術改進或深湛理論研討之文獻,大多數土木水利工程學系之課程範圍均廣,學生可以個別選讀開壩工程,機電工程等有關功課,故關於此方面之設計原理,本書一概從略。講授本書之教師應同時與其他與水力發電工程有關課程之教師有所聯繫,使講授內容不致有重複或不足之弊。

同事周文德教授協助搜集本書材料,繪製圖表,分析資料,並整理內容編成章節,使本書能早日脫稿,著者深致謝意。

其他公私機關或個人對本書協助亦多,或提供意見,或惠贈圖片,或賜予資料。其中尤以田納西河務局之 Albert S. Fry,墾務局之 John W. Dixon,陸軍工程師圖之 C. H. Chorpening 將軍與 Gail Hathaway 動力委員會之 Frank L. Weaver, 以及阿里斯洽美爾公司之 E.E. Lashway, 摩根史密斯公司之 Howard A.

著 者 原 序

Mayo, Jr. 諸先生對本書供獻至多，一併伸謝。

杜南 (James J. Doland)

於美國伊利諾州烏爾班那(Urbana Illinois U.S.A.)

1954年4月

目 次

第一章 水力開發	1
1—1 緒言	1
1—2 動力市場	2
1—3 年廠容量因數	5
1—4 水力與流域之開發	5
1—5 私人企業所開發之水力發電	6
1—6 聯邦動力委員會	11
第二章 水力發電之基本原理	14
2—1 水力資源	14
2—2 水力計算方程式	15
2—3 水量	16
2—4 水頭	17
2—5 水力發電設備之效率	19
2—6 水輪機之型式	19
2—7 各種水輪直徑之名稱	21
2—8 水輪機常數	28
2—9 速率因數	28
2—10 單位轉速	29
2—11 單位流量	29
2—12 單位動力	30
2—13 比速	31

2—14	比直徑與模型比例	32
2—15	同步轉速	33
2—16	水輪機其他部份及附屬設備	33
2—17	水力開發之策劃	36
2—18	地下水電站	46
第三章 (流量)資料分析		48
3—1	河流資料	48
3—2	流量歷時曲線	49
3—3	動力歷時曲線	52
3—4	累積曲線	52
3—5	穩定電力	56
3—6	剩餘電力	57
3—7	負荷曲線	57
3—8	負荷因數	62
3—9	調流量	63
3—10	蓄水量	65
第四章 水輪機及其初步選擇		68
4—1	適宜之水頭及比速	68
4—2	水輪機之分類	70
4—3	水輪機之率定	71
4—4	水輪機性能	72
4—5	正常轉速	74
4—6	逸轉速	78
4—7	孔蝕作用	81

4—8	孔蝕係數.....	83
4—9	水輪機轉輪之安裝位置.....	86
4—10	施工說明.....	87
第五章 水流通路與廠房之尺度		91
5—1	規劃.....	91
5—2	水輪機之臺數.....	91
5—3	發電機之容量.....	92
5—4	水輪機轉輪之型類.....	92
5—5	轉輪直徑之決定.....	93
5—6	渦形殼.....	95
5—7	吸出尾管.....	102
5—8	廠房.....	112
第六章 水力發電廠之附屬設備		127
6—1	前言.....	127
6—2	堰壩.....	127
6—3	制水設備.....	127
5—4	閘門.....	127
6—5	閘.....	137
6—6	輸水路.....	151
6—7	鋼管之水頭損失.....	153
6—8	鋼壓力管及管路之設計.....	155
6—9	壓力管支墩與錨座之設計.....	158
6—10	進氣孔.....	163
6—11	隧道.....	163

6—12	水錘作用.....	164
6—13	平壓塔.....	171
6—14	調速器.....	175
6—15	起重機.....	180
6—16	攔污柵.....	189
第七章 水力開發之經濟問題		198
7—1	前言.....	198
7—2	成本分配.....	198
7—3	經濟判斷.....	199
7—4	總年單位成本.....	200
7—5	水電設備之成本.....	203
7—6	水電廠之固定成本.....	205
7—7	水電廠之生產成本.....	206
7—8	輸電負擔.....	208
7—9	熱力發電廠之建設費.....	210
7—10	熱力發電廠之固定成本.....	212
7—11	熱力發電廠之生產成本.....	212
7—12	水力發電與熱力發電之比較.....	214
第八章 水力與熱力之配合		219
8—1	前言.....	219
8—2	負荷曲線.....	220
8—3	水力發電之分析.....	224
8—4	經濟之判斷.....	226
8—5	系統負荷因數.....	228

8—6	水力發電廠之負荷因數·····	228
8—7	熱力發電廠之負荷因數·····	229
8—8	成本比較·····	230
8—9	分析方法之檢討·····	230
2—10	水力熱力聯合營運之利益·····	231
	習題·····	233
	中英名詞對照表·····	250

第一章 水力開發

1—1 緒言 自1920年迄今，美國水力發電之裝設容量由370萬瓩增至1,900萬瓩，其增加值達500%以上。又自1942年元月至1952年元月短短十年間，水力發電量從1,180萬瓩增至1,890萬瓩，約當原有裝設量之60%。其急劇增加之原故，係因美國聯邦政府大事建設巨型水力發電廠所致。美國政府所屬建設中及計劃中之水力發電容量，預期近年內可增加1,699萬瓩，約倍於1952年元月之已有水力發電容量總值，此尚不包括該期間或有之私人開發之水力發電量之內（註一）。美國尚未開發之水力存量約有8,500萬瓩，根據平均流量計算，其中有5,500萬瓩可以在全年之50%時間內供應。全世界之可用水力(Available water power)約為五億瓩，其中約12%即6,000萬瓩已被開發。由以上之統計可以顯示出水力發電在目前之概況與將來之發展情形。水力開發工程之大部屬於土木工程師之工作範圍。本書論列，亦僅限於完全與土木工程有關之各項水力發電基本工程。

美國之大型水力廠均屬於美國聯邦政府，第1—1表列示其中五座最大者：

第1—1表 聯邦政府所屬之最大水力廠(1950年為止)

廠	名	容 (以瓩計)	量
格南科利 (Grand Coulee)			1,944,000

胡 佛 (Hoover)	1,034,000
博力威利 (Bonneville)	518,400
威耳遜 (Wilson)	436,000
夏斯塔 (Shasta)	379,000

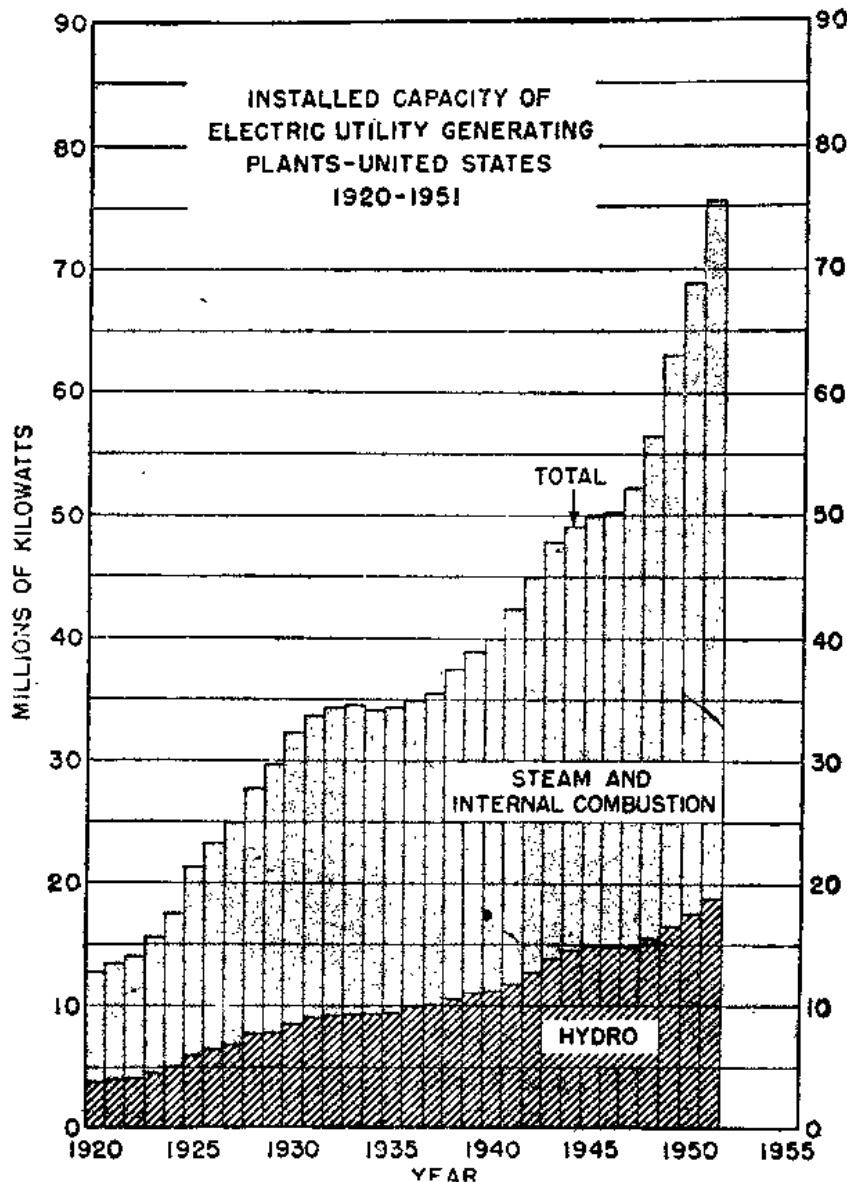
美國主管水力開發之政府機構計有田納西河務局 (Tennessee Valley Authority), 美國陸軍工程團 (The Corps of Engineers of the U.S. Army) 及墾務局 (The Bureau of Reclamation) (參閱第1-2表); 美國聯邦動力委員會 (Federal Power Commission) 並非一工程機關, 僅負監督全國公私經營水力開發之責。

第1—2表 美國聯邦政府1952年發表之全國已完成及正
建設中之水力發電總容量

	容 (以瓩計)	量
墾 務 局	6,548,000	
陸軍工程師團*	3,720,000	
田納西河務局	2,636,000	
總 計	12,904,000	

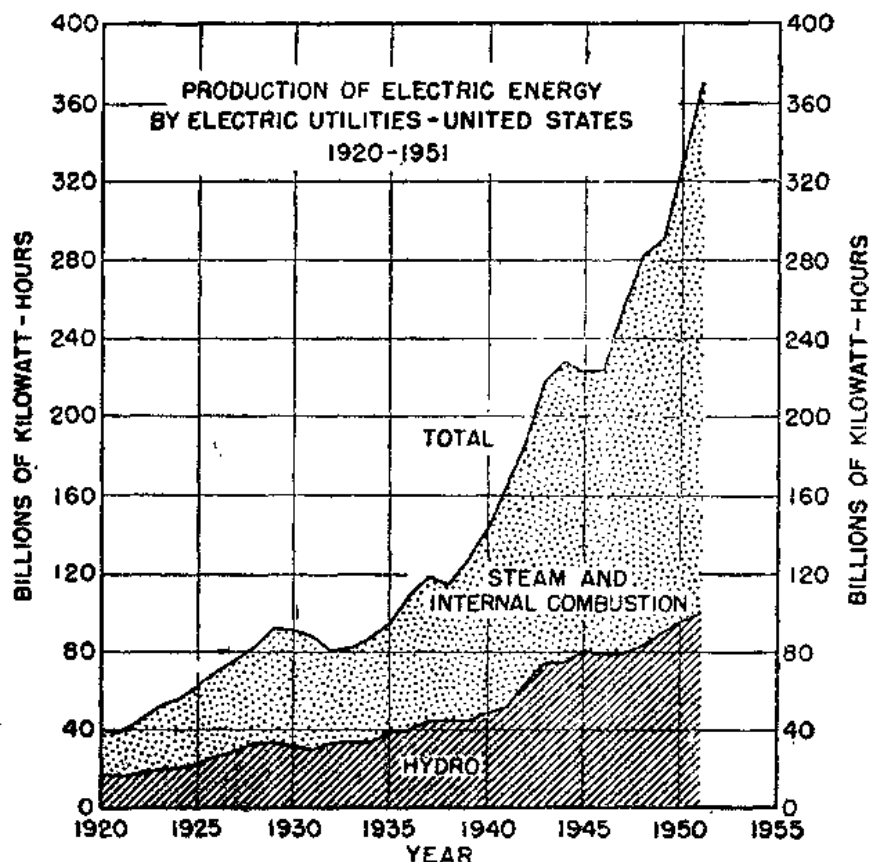
*此外尚有工程師團負責為威耳遜壩建設之一部份, 其發電量則列入於田納西河務局項內。

1—2 動力市場 第1—1圖示至1951年為止美國全國電力裝設容量歷年發展情形 (註二), 在總裝設容量75,774,725瓩中18,868,107瓩為水力發電。第1—2圖示電力之生產量, 以1951年為例, 全年電力產量僅稍低於3,710億度 (Kilowatt-hours) 其中約有1,000億度屬於水力發電。該年電力生產量最多之五州依次排列為紐約州,



第1—1圖 美國電力廠裝設容量(1920—51)(依據聯邦動力委員會資料)

以百萬瓩計(Millions of Kilowatts) 總量(Total) 蒸汽機或內燃機(Steam or internal combustion) 水力(Hydro) 年次(Year)



第1—2圖 美國電力生產量統計圖(1920—51)(依據聯邦動力委員會資料)

以十億度計(Billions of Kilowatts-hours) 總量(Total) 蒸汽機或內燃機(Steam or internal combustion) 水力(Hydro) 年次(Year)

加里福尼亞州、本雪凡尼亞州、俄亥俄州、依利諾州。水力發電量最多之五州依次排列則應為華盛頓州、加里福尼亞州、紐約州、田納西州及阿拉巴馬州。1950年出版美國總統之水利資源政策委員會報告 (Report of the President's Water Resources Policy Commission) 關於水力發電之開發曾有如下之敘述：

「根據聯邦動力委員會之估計，在1970年時全國應有1.6億瓩之總裝設容量以生產每年達到7250億度之電力供全國之需。亦即在此後20年中電力裝設容量應增加9,300萬瓩，電力年生產量可增加4,000億度。此種動力之大量增加，一部份得自火力發電，一部份則得自水力發電。如就目前水力之經濟運用情形估計，尚應增加水力發電量2,500萬瓩，火力發電6,800萬瓩」 (註三)。

1—3 年廠容量因數(Annual plant factor) 年廠容量因數又名容量因數 (Capacity factor)，其定義為以度計之電力生產總量除以可能有電力生產總量之百分數。美國在 1951 年全國所有發電廠之總容量因數為 58.5%；火力發電為 57.2%，水力發電為 62.3%。在1936年全國所有電廠總容量因數為35.8%；火力為31.9%，水力為45.8%。自此數值可以顯示出電力之使用已日趨進步。

電力負荷每日每週以及季節之變遷各有不同，再加以機械設備之定期檢修(Over hauling)而停止供電，故不可能獲得100%之年廠容量因數。

1—4 水力與流域之開發 今日美國對河流水利資源之開發有一趨勢，即各方面兼顧並進同時開發，各種大型之水工建築，可同時用於灌溉、防洪、調節流量、航運遊覽、水電等多種目標。其