

24801



水利工程學

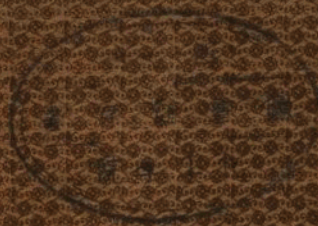
第一冊

氣象學 水文學 水力學

土壤學 土力學 材料學

ARMIN SCHOKLITSCH 原著

汪胡楨 顧世楫 陳克誠 合譯



中國科學圖書儀器公司

出版

譯 者 序

或問曰，歐美工程學之書亦夥矣，君等獨取捷克布律恩大學教授旭克列許之水利工程學而逐譯之，亦有說乎？答曰，我國經濟建設，經緯萬端，而與兆民休戚關係最深者，無過於水利，是以譯是書以爲國人作借鏡耳。環顧世界著述之林，水利之書，汗牛充棟，然欲其包羅宏富，以一書而兼擅數書之長，則旭氏之書誠可首屈一指。是書分十有一編。凡氣象學，水文學及水力學，土壤學及土力學，材料學，給水工程學，溝渠工程學，閘壩工程學，水力發電工程學，農田水利工程學，河工學、渠工學，靡不具備。說理精闢而其辭不衍，採證賅博而其例不雜，如食袁家梨入口消釋，如初寫黃庭恰到好处，謂非近代之佳構，不可得也。且是書所附圖繪至二千餘幅，自閘壩結構之繁密，至流水緩急之現象，莫不訪求實地施工之圖案，與模型試驗之攝影以顯示之，故能使覽者按圖索驥，一目了然，其搜羅剔選之勤，與匠心獨運之功，有不可汨沒者矣。昔美國工程界耆宿費禮門先生遊於歐洲，得見此書，欽挹備至，親訪旭氏請譯爲英文以餉美國人士，旭氏許之。乃使其學員舒列茲留旭氏之門以任其事。稿成費氏已下世，其弟子史特勞培始校訂而付印焉。歐美工程之學理本同，而習尚稍異，譯本既出，風靡於英語諸邦，識者謂其有溝通世界文化之功，信不誣耳。昨春僕與顧濟之關衡清王喬年諸先生偶值於中國科學社，倡議共譯是書，總幹事楊允中先生尤慫恿之。書成，爲請於中華教育文化基金董事會編譯委員會謀付剞劂焉。余等之譯是書，未知視舒氏之由德譯英者，成就如何；顧欲發揚水利工程之功用，以貢獻於吾國經濟建設之前途，則與費禮門先生譯書之志，或亦略有合也，是爲序。

一九四一年三月汪植誦

編 譯 凡 例

- 一、本書因譯者所習文字之不同，故有按德文原本選譯，有按英文譯本選譯，惟均用直譯法，以期翔實。
- 二、本書中所譯之專門名詞，盡量採用教育部業已訂定公佈之各種名詞，惟尚有未備者，則由譯者會商擬訂之。
- 三、本書人名地名概從音譯，並以商務印書館出版之漢譯外國人名地名表為準，另於每頁之末註明原文。
- 四、本書米制度量衡單位之名稱，均遵教育部所定，俾與敎部審定之學校敎科書相一致。
- 五、本書英譯本中，凡遇米制度量衡處，均註有折合英制數量，今仍一律添註，以便比較。
- 六、本書附註之稱英譯附註者，係出於英文譯本；稱譯者附註者，係譯者所增，未註明者，概出於德文原本。
- 七、本書參考書目，英文譯本較略，故從德文原本。
- 八、本書附圖來歷，均照德文本註明。
- 九、本書附圖，均按德文本攝影製版、以期逼真，註字則均改為中文。
- 十、本書算式次序，德文原本稍有脫略，英文譯本仍之，今中文譯本亦然，以免多所更改。
- 十一、本書德文原本及英文譯本錯誤之字，已儘譯者學力所及代為改正。但魯魚亥豕仍所難免，尙祈讀者諒之。
- 十二、本書除供大學採為敎本外，兼供工程師實地參考，故仍仿原本之例，增輯索引，以便查檢。
- 十三、本書逐譯體例，多承中華教育文化基金董事會任叔永先生及中國科學社總幹事楊允中先生指教，參考書目部分，承劉宅仁君詳加校對，索引由鄭宜樑君編訂，均使譯者銘感無已。
- 十四、本書初由商務印書館担任出版事宜，旋以太平洋戰事發生而中止。至民國三十三年，始由水工圖書出版社委託中國科學圖書儀器公司排印，至三十六年十一月始竣事。其間校對工作除由汪胡楨君先後從事六次外，頗得周文德楊臣勳戴澤衡三君助力，書此誌感。

著 者 自 序

此書旨在作為工程學生之教科書，與實際工程師之參考書。水利工程之著述，雖浩如煙海，但欲求一切合時代，內容詳贍之作，使讀者對於斯學之任何部門，可以一檢即得，盡悉其源委者，則殊未見。本書之作，蓋欲以彌此缺憾耳。

除海塘工程以外，凡水利工程範圍內之各門，均已包舉於此書上下兩冊共十一編之內，上冊計分六編，曰氣象學曰水文學及水力學，曰土壤學及土力學，曰材料學，曰給水工程學，曰溝渠工程學。下冊計分五編，曰閘壩工程學，曰水力發電工程學，曰農田水利工程學，曰河工學，曰渠工學。前四編所論述者，雖非純屬於水利工程，但與後者關係至為密切，故亦屬不可稍缺之知識也。為免此種知識一再贅述於後七編中，故特於前四編內彙論之。前四編中所論者務極簡明，以足供閱讀後七編者之階梯為主。本書編著之時，曾竭力刪節與本題無關之議論，但一切有裨設計工程之係數，則儘量羅列，庶讀者得此一書。即可作為設計時之根據耳。

為節省篇幅起見，雖一切工程之沿革，頗能引人入勝，但亦以其非絕對需要，而加以刪節。為使各部門之敘述力臻明晰計，故所附圖案，為數至夥，攝影亦屬不少。蓋著者之意，以為良好之攝影，足為圖案之輔助，使讀者對於實在之工程，得了然於心目之中耳。

本書中所引未經刊布之工程記載甚富，尤以第二第七第八三編為最，藉以對水利界同志作芹曝之獻，或不以為妄耳。

每節之末，均載有編著時引用之參考書目，其餘有關之論文暨持論相異者，亦均列入，俾讀者得藉以詳悉問題之全貌。書末又附有索引，以便讀者之翻檢。

本書編著時，承工程界同志與工程廠商協助之處甚多，並各出其圖案書籍與一切記錄，俾供參考，殊使著者銘感無已。出版者朱利阿斯⁽¹⁾斯普林革傾誠相助，使得付剞劂，亦至可感。余之助手蒙拉忒⁽²⁾赫索革⁽³⁾與哲克爾⁽⁴⁾三君，或助我繪圖，或助我校對，亦附此致謝。

1929年十月旭克列許⁽⁵⁾序於捷克斯拉夫⁽⁶⁾之布律恩⁽⁷⁾

(1) Julius Springer

(2) V. Hawlet

(3) M. Herzog.

(4) O. Jekel

(5) A. Schoklitsch

(6) Czechoslovakia

(7) Brunn.

美國譯本序言

費禮門⁽¹⁾先生畢生酷愛水力學，除予斯學以重要貢獻外，並應用其學理於工程及保險事業，卒蜚聲於此二界。先生以提倡水力學之故，復資助多數青年，使從事於斯學，益著名於國內外。對於水力實驗，尤致其熱誠，捐助款項亦特多。

先生逝世之年，復出其全力以逐譯布律恩⁽²⁾捷克工科大学教授旭克列許博士所著 *Der Wasserbau* 一書，以嘉惠未諳德語之水利工程師。先生 1930 年移書旭克列許博士，盛道其傾佩之意，有云：

一年以前余得巴德斯雷⁽⁴⁾教授函，始知先生於困境之中完成鉅著。是書出版時，余購得一部，雖不精諳德文，但涉獵一過，即信此書為由來言水利工程者所未有之傑作。苟能譯為英語，足以增進兩國之友誼，並予美國斯學以進步。僕年來孜孜以提倡水利為事，如資遣學子負笈異國，與編著「水力試驗之實務」一書，復數度觀光歐陸以完成倡導國立水力試驗所之志願，足下於僕或訝其何若是之不憚煩耶？則僕敢引培根之語以自解。培根⁽³⁾之言曰「Every man is a debtor to his profession」，僕在工程界從業以來，幸得溫飽自足者，忽忽五十年矣，不可不思有以酬報斯業耳。

是時先生資助之波士頓土木工程師會⁽⁶⁾公費留學生舒列茲君⁽⁷⁾方受業於德國工科大学旭克列許⁽⁸⁾博士之門。致書先生，謂旭氏之書，已被世人公認為水利工程學標準之作，先生益信逐譯之時機已至，不可再失。

1930 年之七月，先生赴歐，親晤旭氏，蒙許以逐譯之權。時以舒列茲⁽⁷⁾君公費期限將滿，乃更助以膏火，使留於布律恩⁽²⁾，從旭氏而逐譯焉。

不幸舒君譯稿未就，先生竟於 1932 年之十月，遽歸道山。舒君仍留布律恩，至次年之五月始克蒞事。舒君既返美國，奉其稿於明內索塔大學⁽⁸⁾水力學教授史特勞培⁽⁹⁾博士，加以校閱，並繕清本，以付剞劂。史博士蓋美國土木工程師會⁽¹⁰⁾費禮門先生公費留學生之第一人也。史博士留德有年，兼以最近曾為先生譯成方修斯⁽¹¹⁾教授所著 *Der Verkehrswas-*

(1) John R. Freeman

(2) Brünn

(3) A. Schoklitsch

(4) Clarence E. Bardsley

(5) Lord Bacon.

(6) Boston Society of Civil Engineers

(7) Samuel Shulits

(8) University of Minnesota

(9) Lorenz G. Straub.

(10) American Society of Civil Engineers.

(11) O. Franzins.

serbau, 故擔任此事,殊收駕輕就熟之效。

因上述之淵源,故此書之出版,即作為費禮門先生之遺念書。所冀者凡我青年美國工程師,能善體先生贊助迄譯是書之精神,促成斯業之進步,並出其所得,以作人類幸福上之貢獻耳。先生之言曰:

『無論何人均為其職業之受恩者,苟其人已因從業而獲得畢生之幸福與滿足,即應對於已逝之先輩致其感謝之忱,對於後起者盡其提攜之責任。』

是書之編者,願於此對旭克列許博士感謝其協助舒列茲君之盛意,對於原書出版者朱利阿斯⁽¹⁾斯普林革感謝其友誼之指導及教言。史特勞培博士悉心校訂,並繕錄清稿,普林泊頓⁽²⁾印書館盡心協助,均使人銘感無已。

遵照費禮門先生之原意,此書之譯費與圖版費,均由本財團負擔,俾定價得以減輕,人人得購為參考之需,尤予青年工程師以便利。

本財團特對美國機械工程師會⁽³⁾致其謝忱。該會由費禮門先生生前所捐之款項中,撥出的款,以供是書廣告與銷售之需,益使先生減低售價之本意,得以達到也。

編者個人對於契克⁽⁴⁾君頗致欽感之意。契君為費禮門先生多年之私人助理工程師,於此書之校對及數學資料之複算,曾費無數之時間與心力也。

編者克拉克⁽⁵⁾費禮門為費禮門⁽⁶⁾先生信託財團作序。

(1) Julius Springer

(2) Plimpton Press

(3) American Society of mechanical Engineers.

(4) Alton C. Chick

(5) Clarke Freeman

(6) The John S. Freuman's Trust Estate

謹 將

旭克列許博士水利工程學

華文譯本

呈 獻 為

李儀祉先生

紀 念

水 利 工 程 學

第 一 冊

第 一 編	氣象學.....	顧世楫譯.....	1
第 二 編	水文學及水力學.....	顧世楫譯.....	41
第 三 編	土壤學及土力學.....	陳克誠譯.....	193
第 四 編	材料學.....	陳克誠譯.....	221

第 二 冊

第 五 編	給水工程學.....	王壽寶譯.....	237
第 六 編	溝渠工程學.....	汪胡楨譯.....	363

第 三 冊

第 七 編	閘壩工程學.....	汪胡楨譯 關富權	469
-------	------------	-------------	-----

第 四 冊

第 八 編	水力發電工程學.....	汪胡楨譯.....	715
-------	--------------	-----------	-----

第 五 冊

第 九 編	農田水利工程學.....	汪胡楨譯.....	979
第 十 編	河工學.....	汪胡楨譯.....	1003
第十一編	渠工學.....	汪胡楨譯.....	1071
索 引		鄭宜樑編.....	1121
人名索引		鄭宜樑編.....	1159

第一冊目次

第一編 氣象學 顧世楫譯

I. 地球表面溫度之變更	1
A 地內溫度之變更	1
B 工程結構中溫度之變更	7
C 水之溫度之變更	8
D 地球內部之熱	13
II. 大氣中之濕氣	16
III. 降水量	18
IV. 相關法	33
V. 蒸發量	35

第二編 水文學及水力學

顧世楫譯

I. 滲漉	41
II. 逕流	43
A 流量及水位之標準符號	46
B 流域面積	47
C 逕流及降水量	48
D 河水位與流量之關係	50
E 最小及最大水流	55
F 流量及水位之推測	61
G 洪水波	63
H 湖泊之調節效用	65
I 水之運動之型式	68
J 平均速度之計算	71
K 在敞露及封閉輸水路中水頭之特種損失	77
L 虹吸設計	81
M 在橫截面內速度之分布	82
N 流量測量	86
O 恒豐而不勻之水流	105
P 橋樑所致之壅水	112
Q 孔	114
R 堰	114
S 側堰	119

T 敞槽中之湧浪及波浪	120
III. 水庫容量之確定	127
IV. 水庫之放洩	129
V. 水道中之河床沉積物及浮游物	130
A 運轉力	130
B 在流水中之岩屑與浮游物及其情狀	131
C 在河道中岩屑及浮游物之移動	137
VI. 河槽	145
VII. 在靜水及流水中之冰凌	155
VIII. 地下水	165
A 地下水之來源狀況及性質	165
B 地下水流	171
C 實測地下水流速度法	174
D 流入井中之地下水	175
E 地下水之平行流動	185
F 經土壤下之滲漏	188

第三編 土壤學及土力學

陳克誠譯

I. 土壤之性質	193
II. 土壤性態之探查	198
A 探測	198
B 掘測	199
C 鑽探	199
D 輿地物理測量法	203
E 生理診切法	205
III. 在荷重下土壤之性質	205
IV. 土壤荷重力之計算	216

第四編 材料學 陳克誠譯

水利工程中最重要之建築材料	221
I. 木料	221
II. 鐵料	221
III. 混凝土	224
IV. 特種工料	235

第 二 冊 目 次

第五編 給水工程學 王壽寶譯

I. 給水設置之目的,發展,及其範圍	237
II. 水之消費量	238
III. 天然水之性質及優良之飲料水	242
IV. 飲料水之檢驗	244
V. 水之處理法	248
A 沉澱法及沙濾法	248
B 除鐵法	261
C 除錳法	262
D 除礫法	262
E 軟水法	264
F 消毒法	265
VI. 水之取集	271
A 泉水之取集	271
B 地下水之取集	276
C 河湖水之取入口	295
D 水窖	296
VII. 清水櫃	298
A 清水櫃之地位尺度及其目的	298
B 水櫃之構造	302
1. 水箱	303
2. 水塔	317
3. 堅管	328
4. 家屋水櫃	328
C 水櫃之特種配備	329
VIII. 水源地與用水地間之輸水工	329
A 重力制	330
B 汲水制	331
IX. 水量之分配系統	339
A 水管網計劃	339
B 水管材料式樣及特種管配件	346
C 水管網作業上之設備	352
D 工程之計劃及實施	353
X. 特種工程	359

XI. 用戶水管	360
----------	-----

XII. 水之量計	361
-----------	-----

第六編 溝渠工程學 汪胡楨譯

I. 溝渠工程之目的與範圍	363
II. 污水之量	364
III. 污水之成分與狀況	371
IV. 污水之處置與處理	372
A 稀釋法之污水處置	372
B 污水之處理	375
1. 污水之機械清化法	377
a. 疏水欄	377
b. 除滓室	377
c. 擦沫櫃	380
d. 細篩濾過法	381
e. 沉澱池	383
2. 污泥之處置	385
a. 污泥之消化	385
b. 污泥消化櫃之設計	388
c. 清化廠	389
d. 曝泥場	398
3. 清化污水之處理	401
a. 天然生物方法	401
b. 人工生物方法	402
c. 化學方法	409
4. 家屋污水之處理設備	409
V. 污水之收集與排除	411
A 家屋之排洩制度	411
B 街道之排洩制度	414
C 陰溝系統之設計	418
D 建築陰溝之材料與陰溝厚度之求法	428
E 使用陰溝時之附屬建築物	435
F 陰溝之建築圖案與施工方法	443
VI. 特種之建築物	449

第三冊 目次

第七編 閘壩工程學

汪胡楨關富權合譯

I. 固定壩	469	2. 提閘閘門之安裝與封絨之方法	571
A 谷壩	469	3. 提升閘門之設備	580
1. 堆築式之谷壩	470	4. 提閘閘門之閘礮	589
a. 純質堆築壩	475	B 疊梁壩	598
b. 附有止水蓋面或核牆之堆築壩	476	C 排針壩	602
2. 圪工壩	484	D 輓壩	608
a. 重力壩	484	E 輻閘門	620
b. 拱壩	499	F 扇形閘門壩	629
c. 梁壩	501	G 熊阱壩	632
(1) 安布生壩	502	H 楢壩	637
(2) 連拱壩	506	III. 各種閘門之選擇與其佈置	650
3. 谷壩之附屬設備	517	IV. 壩旁之交通設備	652
4. 初步考驗與建築	533	V. 壩之下層建築與基礎	655
5. 谷壩之失敗	537	A 壩下之淘刷與防止法	655
B 固定壩	539	B 活動壩之下層建築	663
1. 透水固定壩	544	C 壩之封絨與植基法	666
2. 不透水固定壩	544	VI. 壩之毀敗	689
3. 固定梁壩	547	VII. 渠道之取入口	690
4. 虹吸壩	549	A 取入口基址與其選擇方法	690
II. 活動壩	557	B 進水檻之高度	694
A 提閘閘	557	C 進水口之尺度	699
1. 提閘閘門之設計與構造	558	D 漸進槽之設計	701
		E 冲刷岩屑之方法	703
		F 取入口之攔冰法	709
		G 取入口之構造	712

第四冊目次

第八編 水力發電工程學

汪胡楨譯

I. 水力之發生	715
A 電力之需要	716
B 水頭	719
C 利用原動力水之經濟問題	720
II. 發電水力之建置	726
A 原動力水路	727
1. 渠道	727
a. 渠道橫截面之形式與襯工	728
b. 渠道之設計	735
c. 渠道之建築	741
d. 渠道之特種建置	746
e. 渠道淤積物之祛除	747
f. 渠道之毀敗	749
2. 壓力管	749
a. 壓力管直徑之計算	751
b. 鋼管道	760
c. 鋼筋混凝土管道	770
d. 木質管道	770
e. 管道之配件	780
f. 管道之支承點與鎮墩	781
g. 壓力管之附件	787
h. 圖案與建築	793
i. 壓力管道之特種建築	795
j. 管道之毀敗	796
3. 隧道	798

a. 露面隧道	800
b. 壓力隧道	800
c. 壓力隧井	807
d. 隧道之初步研究與建築	812
B 特種建築	823
1. 湧浪櫃	823
2. 前塘	840
3. 水欄	847
4. 溢道	857
5. 砂阱	858
6. 消能工	866
C 原動力屋	880
1. 機器屋	880
a. 水輪機	880
(1) 反動或全部進水式之水輪機	884
(2) 衝動水輪機	916
(3) 水輪機之選擇	920
(4) 水輪機之節速器	924
(5) 水輪機之裝置	933
b. 發電機	939
c. 原動力屋之起重機	945
d. 原動力屋之房屋建築	946
III. 特殊之水力廠	950
A 抽水儲蓄水力發電機	961
B 地泉水力廠	967
C 潮力廠	968
IV. 小水力廠	968

第五冊目次

第九編 農田水利工程學

汪胡楨譯

I. 農田之排水	979
A 應用明溝之排水制	979
B 應用暗溝之排水制	982
C 抽機排水站	991
D 灌溉工程	991
II. 農田之灌溉	992
A 泛濫灌溉法	994
B 地底灌溉法	998
C 噴灌灌溉法	1000

第十編 河工學 汪胡楨譯

I. 治河之材料與工事	1003
II. 治河之建築物	1013
A 護岸工程	1013
B 束水工程	1019
C 溜壩與養沙壩	1030
D 裁灣取直及攔河壩	1042
III. 河川之治導	1046
A 山溪之治理工程	1046
1. 山坡之固定	1048
2. 溪岸之保護	1051
3. 溪底之固定	1052
4. 積砂區中溪槽之固定	1054
5. 道路交叉點	1054
B 山流之治理	1055
C 冲積河之治導	1050
IV. 洪水控制工事	1062
A 防洪工程	1072
B 攔洪水庫	1066

第十一編 渠工學 汪胡楨譯

I. 船舶及其推進方法	1067
II. 水道	1071
A 天然水道	1071
B 人造水道	1072
1. 渠化河川	1072
2. 運渠	1073
C 水道之需水量	1077
III. 船閘與船舶升降機	1080
A 堰旁之筏道	1080
B 船閘	1085
1. 式樣與尺度	1085
2. 閘牆與閘底之設計	1089
3. 船閘之上下端及灌水洩水方法	1096
4. 船閘之門	1102
a. 人字門	1102
b. 倒翻閘門	1105
c. 垂閘門	1105
d. 柱閘門	1106
e. 輕閘門	1108
5. 船閘用水量之節省法	1108
6. 船閘作業之機械設備	1111
C 船舶升降機	1111
1. 斜坡升降機	1112
2. 垂直升降	1112
a. 水力升降機	1114
b. 對重升降機	1114
IV. 特種建築物	1116
V. 內河船港	1118
索引	1121
人名索引	1159

第七編

閘壩工程學^(註1)

壩爲橫亘河川中之建築物，用以阻遏水流，並升高其水位，以應各種之需要。築壩之目的不一：最普通者，爲集中河川一大段中之天然落差於一處，與分導其水量。壩之以分導水量爲目的者，其長度恆不遠逾河川之寬度，通稱之爲堰。若以積蓄水量爲築壩之主要目的，則壩身所在地必須有極大之水深度，庶可獲得充足之蓄水容量；此一種壩每橫亘於全部之川谷，故稱之爲谷壩。壅水工程之純粹以升高水位爲目的者，爲數較少，有之則其目的大都爲下列諸端：(1)改善航道；(2)在河川之治導中，每爲和緩其比降，使其縱截面成爲階級形之段落；(3)在山溪之治理中，則爲升高溪床，暨固定岸坡之足部等等。一壩而同時兼具數種之目的者，亦恆有之。

因壩而積聚之水量，用途不一，例如發生水力，供給飲料，灌溉農田，接濟航道之需水量等皆是也。

壅水之壩可分爲固定與活動(即閘)兩種，每種皆有各異之形態，用以適應壅水之目的，水之用途，天然流量與需水量之變化狀況，及基礎之性質。

I. 固定壩

A. 谷壩^(註2)

以蓄水爲主要目的，並橫亘全部川谷而建之壩，曰谷壩。此種谷壩，常爲巨大之建築，較諸原有河槽廣袤至於倍蓰，故有時雖因宣洩洪水之需要，於一部分之壩身內參入活動性質之閘，但僅佔全壩之一小部分。就大體而言，固仍屬固定性質也。如欲調整河川之流量，則宜建谷壩；換言之，因氣候與流域性質之關係，終年之流量不能齊一，故欲賴之以調劑盈虛也。是以扼要言之，谷壩之功用，爲儲蓄雨季豐沛之水量，以補旱季之不足，或收容洪水，而後逐漸放洩，使不復爲害也。谷壩建立後所成之巨浸，名曰水庫。壩之名稱，恆隨建設水庫之目的而有水力壩，給水壩，灌溉壩，航運壩，防洪壩之分。有時壩之建立，常欲其兼具數

(註1) 譯者附註：本編 I, III, IV, V, VI, VII 各章由汪胡植譯，II 章由關富樞譯。

(註2) 譯者附註：德語之 Stauwerk 其意爲壅水工程，譯於此者一爲 Talsperre 乃壅塞全部川谷之工程，今譯爲谷壩，一爲 Wehr 乃壅塞河床之工程，今譯爲堰以與我國堰字之本義相符合耳。英語譯 Talsperre 爲 Vally Dam 譯 Wehr 爲 Channel dam 或 Weir 又稱 Diversion Dam。

種之功用，但能否符合此種希望，則須視放洩水量之程序，水之使用權，暨下游人民之利益而定。苟已勘得良好之基礎，則建立谷壩之最合理想的地址，必須為可斥最少數之建築費，造成容量最大之水庫者。欲期滿足此種理想，則在壩址之川谷，必須窄隘，谷底之坡度，必須平緩，而上游之地勢必須開展。藉壅水區域內同高線地圖，及次列算式之助，即易略算各種蓄水深度(H)時之蓄水容量(S)。

$$S = \mu A H \quad (600)$$

式中 A 為相當於 H 時之水庫面積， μ 為容量因數(參閱表 75)。又按俄尼草⁽¹⁾之說，各種形態之川谷，有下列不同之容量因數：

川谷縱截面之形狀	丘形	阪形	窪形
川谷橫截面之形狀	$\Upsilon \mu = 0.15$	0.20	0.25
	$\nabla \mu = 0.20$	0.30	0.40
	$\cup \mu = 0.30$	0.40	0.50

計算水庫容量之方法，詳述於 127 至 139 頁。

谷壩可分為兩大類：即堆築類與圬工類。前者為粉粒狀而具有粘結性之土壤所造成(如土壩)，或石塊所組成(如填石壩)；後者為石，混凝土，或鋼筋混凝土所建築。圬工壩又可分為三種：重力壩，拱壩，與梁壩。壩亦偶有用其他材料建築而成者，例如木材與鋼鐵，但其成效未彰，故現時尚少採用。

1. 堆築式之谷壩

今人採用堆築式谷壩之緣由，不外乎：(1)有需費甚廉而數量充斥之堆築材料可以利用；(2)壩基內不透水之地層，缺乏支承圬工壩之能力；(3)不透水地層位於地面下之深度過巨。如不透水地層為一石層，有支承圬工壩之能力，且位於地面以下並不甚遠之處，則圬工壩或堆築壩均可聽便選用。在此種情形之下，惟有就各式壩工之費用作一比較，以作取捨之標準。若堆築壩在經濟上確較別種壩為優良，方可採用之。事實上欲確定何者為堆築壩高度所可詣之極限，殊不易言。苟非為費用浩繁或為水庫腹土之地質條件所限制，則其高度雖超過 100 米(330 呎)亦未始不可能也。

堆築壩之設計，大都根據經驗得來之規律；良以由數學而計算其尺度之方法，現在尙付闕如，即在將來，亦不易做到耳。

堆築壩之壩頂寬度，恆在 3 至 6 米間(10 至 20 呎)，而以 4 米或 5 米(13 或 16 呎)最為通行。如令壩頂兼供交通之用，則寬度不妨加增；惟兼供交通之壩，每非安全之道耳。壩頂必須高逾水面以上，使絕對不為水流或波浪所漫溢，由經驗所知，鼯鼠之類所穿之穴，可以深達地中 1.5 米(5 呎)，故壩頂至少須較最高水位高出 1.5 米。如波浪甚烈，或有其他之

(1) J. Orniq

原因,則尚須酌增。壩頂必須不能透水,如能施以鉛砌則尤善。壩頂須略向水庫而欹斜,以利排水。但水庫為給水工程而設者,則壩頂宜向下游欹斜;蓋壩頂恆用作通路,若排水入水庫,輒易致涵濁耳。

表75 水庫之容量因數 (根據俄尼革 J. Ormig)

水庫之形式	地 址	國名	蓄水量 S 10 ⁶ 立方 米	水面之最 大面積 A 平方米	壩下極大 水深度 H 米	容量因數 $\eta = \frac{S}{AH}$
A. 低山區域之水庫	埃得塔爾 Edertal	德	202	12.0	47	0.36
	夫拉恩, 塞爾河 Frain, Thayer River (在計劃中)	捷克	164	10.5	47	0.33
	摩內塔 Mönetal	德	130	10.1	32	0.41
	菩勃 Bober	德	50	2.4	50	0.42
	烏爾夫忒 Urft	德	45	2.16	52	0.40
	羅什勃忒 Rochebut	法	26	1.7	45	0.35
	維斯丟拉 Vistula (在計劃中)	捷克	19	1.2	38	0.41
	馬克列薩 Marklissa	德	15	1.3	38	0.30
	恩內彼 Ennepe	德	10	0.94	35	0.32
	部斯特列加 Bustricka	捷克	4.2	0.36	26	0.45
	索林根 Solingen	德	3	0.2	36	0.42
低山區域水庫11處之平均值						0.38
B. 湖 泊 類	發爾亨湖 Walchensee	德	96	17.0	6	0.93
	阿亨湖 Aachensee	奧	62	7.0	10	0.88
	淮孫湖 Weissensee (在計劃中)	奧	55	6.5	10	0.85
	克隆特勒湖 Clöntalersee	瑞士	45	2.2	22.5	0.85
	龍堤河 Lörtsch River	瑞士	26	0.86	35	0.86
	利託姆湖 Ritomsee	瑞士	15	2	8.5	0.88
	布羅雪鄂 Brusio (塔模隆哥 Campolongo)	瑞士	15	2	8.5	0.88
	斯彭雷爾湖 Spullersee	奧	13.5	0.54	35	0.71
	阿丹梅格湖 Lake Adamello	意	12	0.58	25	0.84
	利薩舍湖 Rissachersee, 塔爾	奧	7	0.45	25	0.63
	溪 Tal Creek (在計劃中)	奧	7	0.45	25	0.63
	西哈麥湖, 萊特薩赫河 Secham- mersee, Leitzach River	德	6	0.9	8	0.85
	利俄波爾德斯泰納湖 Leopold- Steinersee (在計劃中)	奧	4.5	0.74	9	0.67
湖泊11處之平均值						0.81
C. 山嶽區域水庫 (a) $S > 10 \times 10^6$ 立方 米 (8107噸呎)	安得馬特 Ardermatt (在計劃中)	瑞士	180	4.0	75	0.60
	登吉德爾 Wägital	瑞士	140	4.2	67	0.50
	埃哲爾 Etzel (在計劃中)	瑞士	96	11.6	25	0.33
	葛利姆塞爾 Grimsel	瑞士	55	1.75	83	0.38
	巴培利尼 Barberine	瑞士	38	1.3	75	0.39
	恩得爾旭洛忒, 泰吉須河 Erdelschrott, ... Teigitsch River. (在計劃中)	奧	90	1.3	71	0.33
	該爾麥 Gellmer	瑞士	25	0.75	54	0.63
	勞牟薩赫, 牟格溪 Raumünzach, ... Murg Creek.	德	15.5	0.75	62	0.34
	道賴木斯包登 Tauernmoosboden	奧	13.9	1.25	28	0.40
	布羅克 Broc	瑞士	11	0.7	45	0.35
	許淮春溪 Schwarzenbach, ... 牟格溪 Murg Creek.	德	10.7	0.56	50	0.38
	山嶽區域水庫11處之平均值					0.42

C. 山嶽區域水庫 (b) 10×10^6 立方米 > $S > 1 \times 10^6$ 立方米 或 8107 噸呎 > $S >$ 810.7 噸呎	桑尼許 Sanetsch (在計劃中).....	瑞士	9.1	0.48	45	0.42
	希士曼 Hirzmann, 泰吉須河 Teigitsch River (在計劃中).....	奧	8.5	0.53	50	0.32
	俄柏朗柴辭 Oberländsäge 泰吉須 河 Teigitsch River (在計劃中).....	奧	5.9	0.31	35	0.54
	維斯特爾 Wiestal	奧	5.0	1.00	28	0.18
	希爾許革 Hirschegg, 泰吉須河 Teigitsch River (在計劃中).....	奧	4.4	0.28	35	0.45
	阿爾勃索希維脫 Albrechtwirt	奧	4.1	0.46	26	0.34
	泰吉須河 (在計劃中)					
	巴赫列斯波登, 俄柏哈斯利河 Bächl- isboden, Oberhasli (在計劃中).....	瑞士	3.2	0.33	15	0.64
	埃爾勞夫 Erlauf	奧	2.8	0.23	20	0.60
	斯脫羅勃克史姆 Strubklamm.....	奧	2	0.38	28	0.19
	庫培爾 Kubel	瑞士	1.4	0.17	23	0.36
	山嶽區域水庫10處之平均值					0.41
C. 山嶽區域水庫 (c) $S < 1 \times 10^6$ 立方米 (810.7 噸呎)	俄爾甫溪 Wolfsbachan, 恩斯河 Enns River (在計劃中).....	奧	0.85	0.07	35	0.36
	辛特爾格拉奔 Schindlgraben,	奧	0.7	0.06	50	0.23
	恩斯河 (在計劃中)					
	堪須施姆伐森 Kirschbaumwasen, 辛格 溪 Murg Creek (在計劃中).....	德	0.43	約 0.07	18	0.34
	阿爾若拉 Albula	瑞士	0.4	約 0.07	13	0.44
	拉辛 Lassing	奧	0.32	0.1	7	0.45
	朗門 Langmann 泰吉須 河 Teigitsch Creek	奧	0.88	0.06	16	0.40
	阿尼培克 Arniberg.....	瑞士	0.23	0.053	10	0.44
	阿姆斯特辛 Amsteg	瑞士	0.2	0.23	25	0.35
山嶽區域水庫 8 處之平均值					0.38	
山嶽區域水庫29處之總平均值					0.40	

壩之側坡視堆築材料在浸透水分時之情形而定。上游之側坡，通例介於 1:2 與 1:3 間。側坡較 1:2 為峻者，祇可於特殊情形下採用之，惟填石壩則不在其列。較 1:3 更緩之側坡，亦不常見。如壩身為純質材料所組成，則其下游壩面之坡度與形式，須按照所取材料之浸潤線與性質而定。若壩身內另用特殊阻隔滲漏之方法，則下游壩面之坡度與形式，當純以下游壩內之材料性質而決定之。

高壩之下游壩面間，每插入 1 米至 2 米寬之餞臺(註)以便利巡察，並使雨水不致逕流而下。其坡度亦常微向壩脚而展緩。在下游壩面上，恆種植茸草或灌木，以免雨水淋刷成溝，及因曝曬過久，圻裂成縫，致易被雨水所侵入。壩上不得種植樹木，否則暴風時樹木搖動，其根部既深入壩中，輒易傷損壩身也。填石壩上不易生長植物，故從無在下游壩面用茸草灌木遮護者。

餞臺之內側須設水溝，以便承接其上側坡所淋下之雨水。水溝恆用石塊或用混凝土造成，復用明溝或暗管引導其水量至於安全出水之點。另一方法則如圖 709 之例，使餞臺之面微向上游傾斜，並於壩身中埋設溝管以承受其雨水。

上游壩面之位於水面以下者，須用拋石，乾砌塊石，或混凝土版加以蓋護，以免水流冰

(註)譯者附註：餞音鑄見清靳輔治河方略堤背後幫貼者，皆謂之餞。