

高等學校教學用書

水力學專門教程

上 冊

М. Д. ЧЕРТОУСОВ 著
沈 清 濂 譯

高等教育出版社

76

365

高等學校教學用書



水 力 學 專 門 教 程

上 冊

M. Д. 切爾陀烏索夫著
沈 清 濂 譯

高 等 教 育 出 版 社

高等學校教學用書



水 力 學 專 門 教 程

下 冊

M. И. 切爾陀烏索夫著
沈 清 濂 譯

高 等 教 育 出 版 社

本書係根據蘇聯國立動力出版社（Государственное энергетическое издательство）出版的切爾陀烏索夫教授（Проф. М. Д. Чертоусов）所著“水力學專門教程”（Специальный курс гидравлики）的1949年第二版增訂版譯出。原書經蘇聯高等教育部審定為高等學校水利技術專業教學參考書。

書中闡述了恆定流與非恆流的一般理論和水躍的理論，同時探討了在實際中的應用。此外，書中又討論了地下水運動的理論，並根據薄弱的數學分析給予平面有水頭與無水頭滲流問題以基本的解決方法。

本書原係為高等技術學校水利技術系學生以及從事於水工建築物設計的工程師而作。書中包含大量的例題，數表與圖解。

本書係由沈清濂同志翻譯，並經陳肇和同志校閱。

水 力 學 專 門 教 程

上 冊

第78號(課73)

切 爾 陀 烏 索 夫 著

沈 清 濂 譯

高 等 教 育 出 版 社 出 版

北 京 城 璃 廠 一 街 〇 號

（北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號）

新 華 書 店 總 經 售

商 務 印 書 館 印 刷 廠 印 刷

上 海 大 通 路 一 九 〇 號

開本787×1092 1/25 印張14 7/12, 5 字數 282,000

一九五四年九月上海第一版

印數 1—3,500

一九五四年九月上海第一次印刷

定價 半 20,200

本書係根據蘇聯國立動力出版社（Государственное энергетическое издательство）出版的切爾陀烏索夫教授（Проф. М. Д. Чертоусов）所著“水力學專門教程”（Специальный курс гидравлики）的1949年增訂第二版譯出。原書經蘇聯高等教育部審定為高等學校水利技術專業教學參考書。

書中闡述了恆定流與非恆流的一般理論和水躍的理論，同時探討了它們在實際中的應用。此外，書中又討論了地下水運動的理論，並根據謹嚴的數學分析給予平面有水頭與無水頭滲流問題以基本的解決方法。

本書原係為高等技術學校水利技術系學生以及從事於水工建築物設計的工程師而作。書中包含大量的例題、數表與圖解。

本書係由沈清濂同志翻譯，並經陳壁和同志校閱。

水 力 學 專 門 教 程

下

冊

書號112(課107)

切 爾 陀 烏 索 夫 著

沈 清 濂 譯

高 等 教 育 出 版 社 出 版

北 京 曉 露 廠 一 七 〇 號

〔北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號〕

新 華 書 店 上 海 發 行 所 總 經 售

商 務 印 書 館 印 刷 廠 印 刷

上 海 天 通 海 路 一 九 〇 號

開本787×1092 1/25 印張15 9.5/12.5 字數 322,000

一九五四年十月上海第一版

印數 1—3,500

一九五四年十月上海第一次印刷

定價 洋 25.000

52.76
4172
(2)

原 序

在十九世紀末和在二十世紀初發生於優秀的俄羅斯工程師們心中的利用本國巨大水利富源的壯麗的想像顯露出“老的”水力學在解決大規模的水利技術問題中完全無能為力。水利技術思想跑到水力學知識的前面去了。而要想在技術方面正確地解決水利技術的問題，就必須把水力學向前“推進”。這個任務就落在當時俄羅斯水力學者們的面前，他們的工作，在那個時期，就已把本國的水力學推向廣闊發展的道路，超過了外國的科學。

在偉大的十月社會主義革命以後，特別是在幾個斯大林五年計劃時期，在工程技術思想的面前提出了解決最重要的國民經濟問題，其中之一是國家電氣化的問題。

爲了實現在 1921 年所擬製的列寧-斯大林電氣化俄羅斯的計劃 (ГОЛГО), 在國內展開了大規模的水能建設，這使得解決水力學的和水利技術的一系列的複雜問題成爲必需。

要勝利地克服所有這些困難，必須使水力學和水利技術方面的科學研究有極廣泛的發展。結果是蘇聯的水力學很快地爲新的解法和作法所豐富，而在短期內遠遠地超過了外國的水力學。

如是，在蘇聯水力學者們的新的成就基礎上逐漸形成了“工程水力學”，這在日前已發展爲一門很大的學問，對於水工實踐極爲重要。

本書就是專門來研究這個科目的。

必須着重指出，在工程水力學的建立中，主導作用係由我國優秀學者 И. И. 巴甫洛夫斯基院士所起的。

爲了表明(雖然很短地)俄羅斯工程水力學在最近三十五年來的發展，這裏探討一下在本書中出現的一些課題。

首先指出俄羅斯水力學者們在研究明渠中恆定不勻流理論方面的

3/12/17

巨大成績。

早在 1914 年，在俄羅斯水力學中即曾對外國水力學者所提供的對於明渠中恆定不勻流方程式的舊有積分方法提出詳盡的批判，並作出對此問題的新的解法，較之舊法既普遍又準確。

蘇聯的水力學者們貢獻了許多對不勻流方程式的新穎的積分方法，用這些方法可以解決在工程實踐中多種多樣的問題（M. 3. 阿勃拉莫夫，И. И. 阿各羅斯金，И. И. 魏茲；B. Д. 儒林，И. И. 列維，E. A. 米海羅夫，H. H. 巴甫洛夫斯基，A. H. 拉赫曼諾夫，M. Д. 切爾陀烏索夫，P. P. 邱蓋也夫等）。

蘇聯的工程師們也提出許多對天然水道中水面曲線的新的繪製法（H. M. 別爾拿得斯基，H. B. 馬斯提次基，M. A. 摩斯特可夫，H. H. 巴甫洛夫斯基，A. H. 拉赫曼諾夫），這些方法當中有許多已很快地被運用於蘇聯的實踐中。

必須指出，關於繪製在冬季情況下天然水道中水面曲線的問題也首先是由蘇聯的工程師們解決的（И. И. 貝洛康，И. И. 列維，Г. К. 羅特，H. H. 巴甫洛夫斯基）。

關於堰的溢流問題，蘇聯的水力學者們也進行了大量的科學研究工作。

在水力學這一領域內的第一批俄羅斯的著作出現於 1901 年及 1904 年。

在 1924 年，H. И. 巴甫洛夫斯基院士將有關各種縱斷面型式之堰流係數的大量實驗的資料加以系統分析，並提出一個計算堰流的新的“普遍”公式。

嗣後蘇聯水力學者們的工作包括堰流問題的極廣泛的範圍。在這些工作中，曾在各種詳盡程度上研究了薄壁堰（И. Т. 茹恩科，Г. Ф. 卜羅斯庫拉），實用縱斷面形堰（常用堰）——真空的和非真空的（A. H. 阿胡慶，A. P. 別來津斯基，B. B. 衛迭爾尼可夫，A. C. 阿費采羅夫，

Н. И. 羅扎諾夫, А. А. 薩巴涅也夫等), 斜堰(В. С. 伊斯湯敏納), 側堰(И. М. 康諾瓦洛夫, М. А. 摩斯特可夫, А. И. 巴特拉色夫), 阱堰(А. И. 阿胡慶, И. Я. 羅立, А. И. 塞夫可等), 虹吸堰(Т. В. 伊凡諾娃, О. В. 維雅先姆斯基, Ф. Ф. 顧賓等)。

關於寬頂堰溢流問題在蘇聯水力學中研究得特別完備(М. З. 阿勃拉姆夫, В. Г. 愛瓦子揚, И. А. 格里哥羅維赤, Я. И. 庫明, Ф. И. 皮加羅夫, Г. И. 蘇和茂爾, А. А. 烏金求斯, М. Л. 切爾陀烏索夫, Р. Р. 邱蓋也夫, А. И. 史瓦爾次等)。

在設計水工建築物時,最重要的問題是關於上下游連接和關於建築物下游消能的問題。

俄羅斯第一部有關這個問題的著作出現於 1914 年。在這個著作裏初次給予在底層流態中決定連接形式的正確標準。

關於上下游連接的問題蘇聯工程師們曾作過極認真研究,由於這個結果,在目前水工實踐中對於這個問題的解決方法已可充分信賴,在關於簡單型式的消能設備的水力計算問題上也是這樣(И. И. 阿哥羅斯金, В. В. 衛迭爾尼可夫, В. И. 達維多維赤, В. Я. 儒林, И. И. 列維, И. И. 巴甫洛夫斯基, Ф. И. 皮加羅夫, В. Ф. 來爾陀夫, А. М. 先可夫, А. А. 烏金求斯, М. Л. 切爾陀烏索夫等)。

這裏必須牽涉到關於操縱壩上閘門的問題,這個也首先是蘇聯水力學者們所提供和解決的(А. Ф. 布爾可夫, И. И. 列維, И. И. 巴甫洛夫斯基, А. А. 烏金求斯)。

А. А. 薩巴涅也夫教授發現並論證了“表面”水躍現象,這就使得壩上溢流和下游河底的連接產生了新的型式,這種新型的連接已經在蘇聯的實踐中獲得廣泛應用,這個問題的更進一步的發展包含在一系列的蘇聯的著作裏(Я. И. 庫明, И. И. 列維, М. Л. 切爾陀烏索夫)。

至於像建築物下游河底的冲刷,水流的冲刷速度,河槽護坦的長度等,這一類在水力學上極關重要的問題,不止一次地引起了蘇聯工程師

們的注意，因此在這方面有許多專論(M. 3. 阿勃拉姆夫, M. C. 衛資哥, B. H. 岡卡羅夫, E. A. 查馬林, C. B. 伊資巴什, H. H. 列維, A. H. 巴特拉色夫, H. A. 蒲來奧巴仁斯基, A. Д. 薩瓦連斯基, M. Д. 切爾陀烏索夫等)。

在蘇聯有關水躍的著作中必須提出：首先，企圖求得三度空間的水躍方程式的著作(M. 3. 阿勃拉姆夫, Ф. H. 皮加羅夫等)，其次有關水躍長度問題的著作(B. A. 阿若文, K. P. 李拔陀夫, B. M. 馬克卡威也夫, H. H. 巴甫洛夫斯基, M. Д. 切爾陀烏索夫, B. A. 邵勉)，以及最後，討論到水躍區域內水流的機構學問題的著作(B. B. 衛迭爾尼可夫, A. B. 格里族克, B. M. 馬克卡威也夫, A. Я. 米羅維赤, Я. K. 聶恩科等)。

蘇聯的水力學者們又對各式建築的陡槽和跌水的水力計算作出了充分可靠的方法(H. A. 馮諾維赤, M. C. 衛資哥, B. E. 杜爾涅夫, B. C. 伊斯湯敏納, H. E. 康德拉特也夫, H. H. 巴甫洛夫斯基, A. A. 尼齊波羅維赤, B. Д. 儒林, Ф. H. 皮加羅夫, M. Д. 切爾陀烏索夫, A. H. 史瓦爾次等)。

尚須提出蘇聯的水力學者們企圖建立含氣水流理論的著作(H. A. 馮諾維赤, A. A. 尼齊波羅維赤, A. A. 薩巴涅也夫, H. A. 切爾良津, A. H. 史瓦爾次)。

在有水頭管路中的非恆流的領域裏，蘇聯學者們也完成了大量的研究工作。

關於水錘的問題在 1898 年就已為出色的俄羅斯學者 H. E. 儒可夫斯基教授首先解決。在以後的時間裏這個問題差不多沒有引起俄羅斯水力學者們的注意，直到蘇維埃時期對這個問題才出現了一些極有興趣的著作，將 H. E. 儒可夫斯基教授的理論發展並深入了一大步(A. H. 普羅伏科維赤, H. T. 邁列申柯, A. A. 莫羅左夫, M. A. 摩斯特可夫, A. A. 蘇林, H. M. 夏波夫等)。

蘇聯的工程師們又極詳盡地研究了有關平衡塔裏水面振動的問題(Б. Г. 愛瓦子揚, Д. Д. 顧賓, И. В. 葉吉阿咱羅夫, Н. А. 卡特外里史維里, К. П. 馬卡羅夫, А. А. 莫羅左夫, Г. Н. 尼科爾斯基, М. М. 索科爾斯基, И. А. 切爾良津, Н. М. 夏波夫等)。

這裏應該同樣提出蘇聯水力學者們對於船閘閘室在充水和放水時非恆流情況下問題的著作(Б. Л. 卡查諾夫斯基, И. М. 康諾瓦洛夫, В. М. 馬卡威也夫)。

在蘇聯,對明渠中非恆流的問題研究得極為完備。關於明渠中非恆流問題的最普遍的解答首先係由優秀的蘇聯學者 С. А. 赫律斯季安諾維契院士用特性微分的方法為根據而得出的。這個解法是工程水力學中一個有力的運算工具。這裏也必須提到,在所述的水力學這一部分,有一系列的有價值的建議,包含在 В. В. 衛迭爾尼可夫教授和 В. М. 馬克卡威也夫教授的著作裏。

蘇聯的水利技術工作者們又極詳盡地在將微分方程式變為有限差式的基礎上做出了一些對於非恆流的計算方法(В. А. 阿爾汗給斯基, И. М. 別爾拿得斯基, И. В. 葉吉阿咱羅夫, Н. В. 馬斯提次基, А. Н. 拉赫曼諾夫)。

在蘇聯的有些著作裏,用微幅波的方法來解決非恆流微分方程式的積分問題。這些著作都是有很大意義的(И. Т. 邁列申柯, Г. Г. 薩莫羅多夫及 В. П. 西蒙諾夫)。

在蘇聯關於明渠中非恆流的實驗工作中,必須提出 И. В. 葉吉阿咱羅夫院士的工作,這些工作在規模的大小方面是最特出的。

關於發電站在負荷劇烈變化時引水渠中最高與最低水位的問題也首先是由蘇聯水力學者們給予正確的解答(Б. Л. 卡查諾夫斯基, И. В. 葉吉阿咱羅夫, М. Л. 切爾陀烏索夫)。

在轉來探討蘇聯對地下水運動這一科目的研究工作,可以說,在本世紀二十年代之初,這一門在水力學中極端重要的科目幾乎完全沒有

人研究。

地下水運動的微分方程式係在 1889 年首先由 И. Е. 儒可夫斯基教授所創立。同時他並給予無水頭滲流的若干問題以解答。這個俄羅斯的創作開始奠定了滲流力學的理論，後來在蘇聯的水力學中獲得特殊的發展。

在 1918 年 Н. Н. 巴甫洛夫斯基院士在滲流方面展開了大規模的研究工作。其結果刊布在他的 1922 年出版的專門論文裏。

在這篇論文裏 Н. Н. 巴甫洛夫斯基院士提出了關於有水頭滲流的這樣一個數學物理問題，並依據解析函數的理論，得出它的一般解，同時又給了一系列的特殊解。

在同一篇論文裏 Н. Н. 巴甫洛夫斯基院士提出了一個滲流問題的實驗解法，稱為“電擬法”，這個方法在最短時間內被廣泛地運用於蘇聯的實踐中，並且現在在外國也很出了名。

有水頭滲流理論的更進一步的發展係循着 Н. Н. 巴甫洛夫斯基院士所指引的道路進行的。並在一系列的蘇聯水力學者的著作中得到反映（М. И. 巴甫洛夫，В. С. 鮑門札特，Н. К. 吉林斯基，Е. А. 查馬林，Н. Т. 邁列申柯，С. Н. 奴邁羅夫，А. Н. 巴特拉色夫，Р. Р. 邱蓋也夫等）。

有大量的蘇聯著作係有關於電擬法的詳細研究（В. И. 阿若文，В. И. 達維多維赤，Н. И. 祝仁寧，В. Ф. 來爾陀夫）。

關於無水頭滲流的力學問題，首先由 И. Е. 儒可夫斯基教授所創立，後來開始在 Н. Н. 巴甫洛夫斯基院士和 В. В. 衛迭爾尼可夫教授的著作裏，然後又在一系列的蘇聯水力學者的許多著作裏，得到輝煌的發展（В. И. 阿若文，В. Б. 傑維桑，В. Н. 庫茲涅左夫，Ф. Б. 聶而松-斯可爾良可夫，С. Н. 奴邁羅夫，И. И. 波路巴里諾娃-康其娜，В. Н. 謝加爾，Е. Л. 何莫伏斯卡雅等）。

必須提出，Ф. Б. 聶而松-斯可爾良可夫教授的關於無水頭滲流一

書——“在均勻介質內的滲流”曾榮獲斯大林獎金。

蘇聯的研究者們曾在探討滲流問題的水力學的解法上給於極大的注意。並由此使下述諸問題得到了闡釋：在地下河槽裏的不勻流（層流和紊流）（M. A. 衛律卡諾夫，C. B. 伊資巴什，C. B. 諾福克來申諾夫，C. H. 奴邁羅夫，H. H. 巴甫洛夫斯基，H. H. 蒲且來夫斯基，M. Ф. 斯里勃納，C. A. 赫律斯季阿諾維赤等）；水井和水廊的水源（H. A. 格列波夫，M. A. 切爾陀烏索夫，P. P. 邱蓋也夫等）；通過土堤和土壩內身的滲流（E. A. 查馬林，C. B. 伊資巴什，H. T. 邁列申柯，Ф. Б. 聶而松-斯可爾良可夫，H. T. 聶恩科，H. H. 巴甫洛夫斯基，A. A. 烏金求斯，H. H. 余本科等）。

地下水的非恆流問題在蘇聯水力學中也得到若干的發展（B. H. 阿若文，B. B. 傑維桑，C. H. 奴邁羅夫，H. H. 巴甫洛夫斯基等）。

因限於篇幅，我們只能談到在這本書裏所涉及的一些題目，而對於另一些在其中蘇聯研究者們曾經得到光輝成就的水力學的科目就不能提到了。

在以上所述的關於水力學的蘇聯的許多著作裏，不少對於世界科學作了有價值的貢獻，像這一類的著作可以舉出，例如：H. E. 儒可夫斯基教授，H. H. 巴甫洛夫斯基院士，及 B. B. 衛達爾尼可夫教授的關於滲流的著作；C. A. 赫律斯季安諾維契教授，H. M. 別爾拿得斯基工程師，及 H. T. 邁列申柯工程師關於明渠中非恆流的著作；H. E. 儒可夫斯基教授，A. H. 普羅伏科維赤工程師及 H. T. 邁列申柯工程師關於水錘的著作等等。蘇聯學者們的這些著作在所述的科目裏對於世界科學的發展標誌着一些確定的階段。

自從俄羅斯水力學進入新的發展階段以來已有三十五年了。這三十五年為蘇聯水力學者們的光榮過程，是巨大成績和成就的過程。

雖然，蘇聯的水力學者並不自滿於已往的成績，但他們可以滿意地回顧一下自己所經歷的途程，因為在這個過程中，他們在水力學的許多

方面超過了外國的學者，證明了蘇聯的科學在世界上是最先進的。

現在的這本書是在 1937 年出版的“水力學專門教程”一書的增訂再版本。

這本書的緒論和前面的十三章都是用的第一版的材料；第十四章是新作的。但在這一版的內容和結構上也有一些特點可以提出。

本版的第一章和第八章是第一版中所沒有的，因為包含在這兩章裏面的全部材料以前均係以附帶的平行的方式與其他基本問題同時敘述，因此在一定程度上使後者的領會變得更困難了。

第一版的第六章，題名“水工建築物”，在新版裏分成五章（七到十一），每一章都專門討論範圍較狹的問題。

在新版裏刪掉了許多次要的問題並使敘述更加簡鍊，同時書本中又根據蘇聯在水力學方面的新的著作，作了大量的增補，例如：在新書裏，討論了有冰蓋存在時天然水道中水面曲線的繪製法。略為發展了關於含氣水流的計算問題，研究了關於懸臂式跌水的計算問題，介紹了最簡單的無水頭滲流問題的流體力學解法，大力發展了關於在平衡塔裏水面振動的問題。以及其他等等。

在第十四章裏，為適應高等水利技術學校的需要，初次試圖研究關於明渠中非恆流的問題，在這裏面敘述了發生於水電站設計中的若干基本問題的簡單解法。

C. A. 赫律斯季阿諾維赤院士所創立的對非恆流方程式的積分方法是最普遍性的，但在本書裏不預備去敘述它。因為對於沒有研究過專門數學的高等技術學校的學生，要領會這個方法時是有很大困難的。

本書手稿係於 1946 年六月完成，1948 年四月在建設者科學工程技術學會列寧格勒分會水利技術部的擴大會議上接受了公共審閱。

在編寫本書時，我採取了在以加里寧命名的列寧格勒多科性技術

學院裏工作的同事們所告訴我的許多極寶貴的指示。同樣還有公共審閱的參加者。

此外，我又接受了 A. H. 阿胡慶教授關於本書第一版的指示（見水工建設，1938 年第 9 號）以及我的評閱者 B. I. 儒林教授和 A. I. 莫惹維齊諾夫工程師的指示。

謹對所有在我編寫本書時給予幫助的同志們表示深切的謝意。

特別要道謝的是對 B. H. 阿拉文教授，他幫助我編成了第十二章；A. A. 莫羅左夫教授，他參加 §106 的第 2 項和 §115 之編寫；以及 C. H. 奴邁羅夫講師他幫助我編成了 §114 的第 II 至 IV 項。

作者 1949 年四月於列寧格勒

出現在本書各章裏的簡名表

АН СССР	蘇聯科學院
ГГЦ	國家水文學院
ИГ и М	水利技術及土壤改良研究院
ЛПИ	列寧格勒研究院
ЛПИВТ	列寧格勒水工研究院
ЛПИ	列寧格勒多科技術學院
МНИВХ	莫斯科水利經濟研究院
МНИТ	莫斯科運輸工程師研究院
НИИГ	水利技術科學研究院
НМИ	土壤改良科學院
САНПРИ	中亞細亞灌溉科學研究院
ЦНИИ	中央科學研究院

希臘字母表

大寫	小寫	讀		音
		俄	英	
A	α	альфа	alpha	Υ ㄌ ㄣ Υ
B	β	бета	beta	ㄣ ㄝ ㄉ Υ
Γ	γ	гамма	gamma	ㄍ Υ ㄣ ㄣ Υ
Δ	δ	дельта	delta	ㄌ ㄝ ㄌ ㄉ Υ
E	ϵ	эпсилон	epsilon	ㄝ ㄌ ㄌ ㄣ ㄣ ㄌ ㄝ ㄌ
Z	ζ	дзета	zeta	ㄌ ㄝ ㄉ Υ
H	η	эта	eta	ㄝ ㄉ Υ
Θ	θ	тхета	theta	ㄉ ㄌ ㄝ ㄉ Υ
I	ι	йота	iota	ㄣ ㄝ ㄉ Υ
K	κ	каппа	kappa	ㄎ Υ ㄌ ㄌ Υ
Λ	λ	ламбда	lambda	ㄌ ㄣ ㄣ ㄌ ㄌ Υ
M	μ	ми	my	ㄣ ㄣ ㄌ
N	ν	ни	ny	ㄌ ㄣ ㄌ
Ξ	ξ	кси	xi	ㄎ ㄌ ㄣ
O	$\omicron$	омикрон	omikron	ㄝ ㄣ ㄣ ㄌ ㄣ ㄝ ㄌ
Π	π	пи	pi	ㄌ ㄌ
P	ρ	ро	rho	ㄣ ㄝ
Σ	σ	сигма	sigma	ㄌ ㄣ ㄍ ㄣ Υ
T	τ	тау	tau	ㄉ ㄌ
Υ	υ	ипсилон	ypsilon	ㄣ ㄌ ㄌ ㄣ ㄣ ㄌ ㄝ ㄌ
Φ	ϕ	фи	phi	ㄣ ㄣ
X	χ	хи	chi	ㄌ ㄣ
Ψ	ψ	пси	psi	ㄌ ㄌ ㄣ
Ω	ω	омега	omega	ㄝ ㄣ ㄣ ㄌ Υ

上册目錄

原序

緒論	1
----	---

§ 1. 採用的記號和若干定義	1
§ 2. 關於明渠中均勻流的基本知識	4
1° 基本關係	4
2° 推求水流橫斷面各種水力要素的公式	4
3° 推求係數 C 的公式	7
§ 3. 關於明渠均勻流的基本問題	9

第一章 研究明渠中不勻流時所需之若干概念之建立	21
-------------------------	----

§ 4. 明渠之型式	21
§ 5. 流量模數之指數關係式、河槽之水力指數	21
§ 6. 斷面之能率、臨界水深	32
§ 7. 臨界底坡	45
§ 8. 安流、射流、及臨界流態	48

第二章 明渠中恆定、不勻、徐變流之基本微分方程式及其一般研	
-------------------------------	--

究	51
---	----

§ 9. 關於明渠中不勻流之導論	51
§ 10. 明渠中恆定、不勻、徐變流的基本微分方程式	53
§ 11. 明渠中恆定、不勻、徐變流的基本微分方程式(續)	56
§ 12. 在棱柱體或圓柱體河槽中不勻流之基本微分方程式	58
§ 13. 棱柱體河槽中恆定、不勻、徐變流水面曲線形式之研究	60
甲、順坡水道($i > 0$)	63
乙、平底水道($i = 0$)	74
丙、逆坡水道($i < 0$)	76

第三章 棱柱體河槽中恆定、不勻、徐變流方程式之積分	79
---------------------------	----

§ 14. 棱柱體河槽中不勻流方程式之變形	79
1° 順坡水道($i > 0$)	79
2° 平底水道($i = 0$)	81
3° 逆坡水道($i < 0$)	83