

高等学校教学用书

# 水力学·水文学 水文测验学

上册

К. А. 米哈依洛夫 著  
А. И. 波哥莫洛夫

高等教育出版社

高等学校教学用书

# 水力学·水文学 水文测验学

下 册

К. А. 米哈依洛夫, А. И. 波哥莫洛夫 著  
Е. В. 波尔达可夫, Н. Я. 列雅文

高等教育出版社

高等学校教学用书



# 水力学·水文学·水文测验学

上册

В. А. 米哈依洛夫 著  
А. И. 彼哥莫洛夫 著  
王世泽等 译

高等教育出版社



高等学校教学用书



# 水力学·水文学·水文测验学

下 册

Б. А. 米哈依洛夫, А. И. 波哥莫洛夫 著  
Е. В. 波尔达可夫, Н. Я. 列雅文  
顏竹丘等譯

高等教育出版社



本書系根據蘇聯內務部公路總局道路技術書籍出版社（Изда-  
тельство дорожно-технической литературы гупосдора мвд СССР）出  
版的蘇聯莫斯科莫洛托夫公路學院水文學教研組米哈依洛夫（К. А.  
Михайлов）教授和波哥莫洛夫（А. И. Богомолов）副教授合著的水力  
學、水文學、水文測驗學（Гидравлика, Гидрология, Гидрометрия）  
第一卷 1950 年版譯出。原書經蘇聯高等教育部審定為高等學校公  
路系教科書。

原書共兩卷。中譯本分上下二冊出版。上冊中譯本由哈爾濱工  
業大學王世澤、王承樹、朱厚生、李大成、周鵬、施熙燦、曹維恭、陳可  
一、屠大燕、程昌國等同志翻譯。

本書原由商務印書館出版，1956 年 6 月起改由本社出版。

## 水文學·水文學·水文測驗學

上 冊

К. А. 米哈依洛夫等著

王世澤等譯

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇號

（北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號）

商務印書館上海廠印刷 新華書店總經售

書號 15010·78 開本 850×1168 1/32 印張 13 插頁 1

一九五六年六月上海新一版

一九五六年六月上海第一次印刷

印數 1-1,500

定價（10） 2.00

本書係根據蘇聯內務部公路總局道路技術書籍出版社 (Дориздат) 出版的蘇聯莫斯科莫洛托夫公路學院水力學教研室米哈依洛夫 (К. А. Михайлов) 教授、波哥莫洛夫 (А. И. Богомолов) 副教授、波爾達可夫 (Е. В. Болдаков) 工學博士和列雅文 (Н. Я. Лельвин) 副教授合著“水力學、水文學、水文測驗學” (Гидравлика, Гидрология, Гидрометрия) 1952年版第二卷譯出。原書經蘇聯高等教育部審定為高等學校公路系教學參考書。

本書由大連工學院水能利用組研究生顏竹丘、韓伯鯉、董毓新、林阜、鄧建華、劉農、王謝人等同志翻譯。

本書上冊由商務印書館出版，下冊改由本社出版。

216. 112

## 水力学·水文学·水文測驗学

下 册

К. А. 米哈依洛夫等著

顏 竹 丘 等 譯

高等教育出版社出版

北京琉璃廠一七〇號

(北京市書刊出版業營業許可證出字第〇五四號)

商務印書館上海廠印刷 新華書店總經售

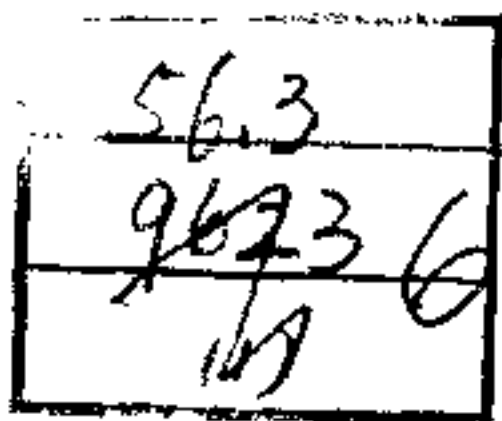
書號 15010·117 開本 850×1168 1/32 印張 14 10/16 頁 1 字數 373,000

一九五四年六月上海第一版

一九五六年七月上海第二次印刷

印數 7,501—9,000

定價(10) 洋 2.20



## 著者序言

在斯大林五年計劃的年代中，蘇聯的運輸事業的飛速發展，帶來了道路和人工建築物的設計原理的提高和發展。

在這期間，蘇聯科學工作者和工程師在各種科學，特別是水力學和水文學的基礎上，作出了計算運輸建築物的新的先進的方法。因此在公路學院和公路系的“公路和城市道路”專業與“橋樑和隧道”專業的教學計劃中，加添了“水力學、水文學及水文測驗學”這門課程。

一本包括水力學、水文學及水文測驗學的基本理論和公路建設中所應用的排水建築物的水力計算的教本，至今還沒有。這個情況促使了著者在自已於莫斯科莫洛托夫公路學院的教學經驗的基礎上，編寫這門學科的教本。

編著公路學院或公路系所適用的水力學、水文學及水文測驗學的綜合性教本(特別是下冊)是有一定的困難的，這是因為選擇上述實際上是由三個學科組成的綜合性教本所必需編入的公認的材料，還沒有足夠的經驗。

本書分為兩冊，內容遵照蘇聯高等教育部所審定的公路學院和公路系的“公路和城市道路”專業及“橋樑和隧道”專業所用的“水力學、水文學及水文測驗學”的教學提綱。

上冊有水力學及水文學的發展簡史(導言)，水靜力學及水動力學的各篇(明渠中液體不等速流動方程式除外)；在下冊中擬敘述不等速運動及實用水力學的各部門(堰流、建築物水力學、橋孔和管路計算、地下水流動的基本知識、排水溝計算的原則、滲水堤壩的水力計算)及水

(1)



文學、水文測驗學的基本知識。

這本公路學院適用的“水力學、水文學及水文測驗學”教本係由莫斯科莫洛托夫公路學院水力學教研室諸同志所編著。

本書上册第三至九章為阿捷爾拜疆蘇維埃社會主義共和國科學院院士、教授、工學博士米哈依洛夫 (К. А. Михайлов) 所編寫。

第一章 (除 § 11 外) 及第二章為副教授、工學碩士波哥莫洛夫 (А. И. Богомолов) 所編寫。

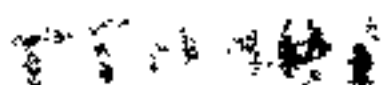
導言係波哥莫洛夫和米哈依洛夫所共同編寫。各章的習題舉例係波哥莫洛夫所編寫。當編寫各章時，特別是在編寫第一章的 § 11，第四章的 §§ 44、45、47、48、和 54，第五章的 §§ 56 和 57 及第六章的 § 62、63 和 64 時，米哈依洛夫曾部份地利用列雅文 (Н. Я. Лежавин, 1940 年) 的原稿。

整個原稿曾由米哈依洛夫及波哥莫洛夫共同加以校訂。

工學博士、教授阿格羅斯金 (И. И. Агроскин)，工學博士、教授瓊柯夫斯基 (Н. Н. Джунковский)，莫斯科勞動紅旗勳章古比雪夫土木建築學院水力學教研室諸同志及其領導者工學博士、教授儒林 (В. Л. Журин) 幫助審閱草稿並提出許多寶貴意見，這些意見作者在最後一次整理原稿時曾加以考慮，著者對上列諸位謹此表示感謝。

著者至誠歡迎對本書提出批評和要求，並將在以後的工作中和將來的著作中對所提的批評和要求加以考慮。

對本書的批評和要求請按下列地址寄下：莫斯科，特維爾斯柯依亞姆斯柯依胡同 17 號，莫斯科莫洛托夫公路學院水力學教研室，(Москва, Гверской-Ямской переулок, 17, Московский автомобильно-дорожный институт им. В. М. Молотова, кафедра гидравлики.)。



# 導 言

## § 1 水力學、水文學和水文測驗學的定義

**水力學** (Гидравлика) 是力學中的一個部門，它研究液體平衡和運動的定律，並探討應用這些定律來解決各種實際工程問題的方法。

水力學的研究，和力學的其他部門一樣，以物理學和理論力學的定律為依據，並廣泛地應用數學分析和試驗資料。

水力學分為兩部分：研究液體平衡定律的水靜力學和研究液體運動定律的水動力學。

**水文學** (Гидрология) 是研究大氣中、地球表面及其內部的水的來源和活動的科學。水文學研究地球上水的循環，亦即是研究水自大氣到地面再轉入地下的往復過程，並研究影響此過程的因素。在研究上述的問題時，水文學和氣象學、氣候學及地球形態學有極緊密的連繫。水文學的主要部分為：沿地面傾斜而流動的地面逕流的研究，地面逕流隨氣候區而定，或為降雨或為融雪的產物；土地中水的滲入量的決定，滲入的水進而供給地下水流；重又蒸發到大氣中的水量的決定。解決地面逕流的問題時，在每一個場合中都應考慮到地形的起伏，和組成這種地形的巖石的物理結構，亦即是應利用我們在地形學中所獲得的知識；地球形態學是研究地球表面形狀的科學。

故水文學應看作和氣象學、氣候學及地球形態學同樣的地球物理學的一部門；地球物理學是研究地球的生活狀態的科學。

除了自然界的因素外，人類的活動對地面逕流量也有很大的影響。改造大自然的天才的斯大林計劃，“……以卓越的俄羅斯科學家道古恰

也夫 (В. В. Докучаев)、考斯帖切夫 (П. Л. Костычев) 及威廉姆斯 (В. Р. Вильямс) 的學說為基礎的農作制——‘牧草與農作物輪種制’……”的計劃(摘自 1948 年 10 月 24 日蘇聯部長會議及聯共(布)中央委員會的決議)、防護林帶栽植計劃、牧草與農作物輪種制的實施及池塘和蓄水池的建築等等的實現,將根本改變地面逕流量。

伏爾加河上的古比雪夫和斯大林格勒水力發電站(1950 年 8 月 21 日和 1950 年 8 月 31 日蘇聯部長會議的決議)、土庫曼大運河(1950 年 9 月 12 日蘇聯部長會議的決議)、第聶伯河畔卡霍夫卡水電站及南烏克蘭、北克里米亞兩條運河(1950 年 9 月 21 日蘇聯部長會議的決議)——這些在偉大的共產主義匠師斯大林同志創導下所進行的、我們時代的巨大建設,將使建築地區及其毗鄰地區水汽的平衡起巨大的變化,並根本改造了這些地區的自然。

水文測驗學 (Гидрометрия) 是水文學的一個部門,它研究的是記錄和測驗地球上水情的不同特性的方法。例如,水文測驗學研究記錄河、湖、海水水位的方法,研究測驗水流流速及測驗單位時間內流經河道或人工渠道橫斷面水量的方法等。

從水力學、水文學和水文測驗學的定義不難看出,這些學科的知識對於一個交通工程師極為必需。過水建築物(橋、管、透水堤等)及其他有水通過的建築物的形式的規劃,和其中洩水孔口尺寸的決定,都要以水力學的理論為根據的。而過水量的多少又是根據水文學的理論,並應用水文測驗學的方法進行天然觀測而得到的資料來決定的。

所以,水力學、水文學和水文測驗學是學習例如道路的勘查和規劃及橋樑設計等專門課程的基礎。

## § 2 水力學、水文學和水文測驗學的發展概述

水對於人類的活動向來起很大的作用。在原始公社社會，人類已利用河、湖作為交通的途徑，並在水道上建造了在某種程度上和河中水位的變化相適應的原始性的橋樑。

隨着生產力的發展，水被更廣泛地應用在人工灌溉和其他目的上。與此同時，人類為了保護創造物質福利的各種工程建築物的穩固性，而不得不時常和水的自發力量作鬥爭。

所有這些事實迫使人類從事於建造各種渠道、管道、水輪機；又為了保證建築物的穩固性，人類需要建造大的排水系統以降低地下的水位，和進行保證建築物穩固性的其他措施。

上述建築物的規劃在現代是根據水力學和水文學的理論而進行的。但世界各地的發掘證實在本紀元前很久時，人類已建造了相當複雜的水工建築物，然而同時却沒有發現可用作斷定水力學和水文學已萌芽為獨立科學的資料，這些水工建築物的形式和尺寸，是在這些科學的理論根據上決定的。明顯地，在遙遠過去的世紀中，甚至在幾千年前，水工建築物是根據已有的觀察和經驗資料而興建起來的。然而就在那時，古老的建築者們在這個領域中已獲得了很大的成就。離今數千年前在中亞細亞、中國、埃及、亞敘倫、巴比倫、羅馬和希臘所興建起來的水工建築物，還有各式各樣的商船和兵艦（其航行條件、穩定性和形狀，在現代也是根據水力學的原理來決定的），即是這種成就的明證。著名的阿什哈巴德區（Ашхабадская область）——阿拿烏（Аннау）——工程建築的遺跡，證實了遠在本紀元前數千年，古老的建築者們已能修起龐大的灌溉系統。在蘇聯有很古老的、但現在還使用着的灌溉系統，例如沙郝魯德（Шахруд）灌溉系統乃建築在千年多以前中亞細亞古老的灌

溉系統之一。即使在目前，蘇聯個別城市中還有作為俄羅斯技術古蹟的木質水管，這些水管標幟着本紀元的上半葉中俄羅斯工匠們的高度文化。

我們還有資料來推測古老的建築者已有某些關於河、湖及海的特性的知識，亦即關於水文學的知識。人們已證實了在約四千年前，埃及有些廟宇中有藉通道和尼羅河之水相通的石井。在這些石井的內壁上有刻度，根據這些刻度可確定在某一年的不同時間中尼羅河的水位。在世界上其他各地也發現了河流陡岸上用以觀察水位的刻度。

人們並且證實了在本紀元前一千年內，在蘇聯境內各地已經在用量水設備進行觀測。在瑞拉夫尙(Зеравшан)、花拉子模(Хорезм, 在阿姆河 Аму-Дарья 下游)、麻爾給昂努(Маргиану, 在姆爾加勃河 Мургаб)等地方的灌溉系統上，那時已建築了不同類型的量水設備。

俄羅斯的史冊證實了我們的祖先——斯拉夫人——在俄羅斯國家建立以前，就已經用量水設備進行過觀測。在 1405 年的尼柯諾夫斯基(Никоновский)史冊中，載有莫斯科河的水情。十四到十六世紀的史冊中提起了一些河流的春汛和秋汛。那時還廣泛地收集了關於河、湖和海的資料，根據這些資料曾編纂了名為“大圖”的備羅斯地圖(根據史學家塔幾雪夫(В. Н. Татищев)的考證，“沙皇育昂四世華西里也維奇在 1552 年曾命令測量土地，並繪製國家地圖”)。

斯乏茨基(Л. О. Святский)所發現的 1660 年的“機密命令日錄”中，有關於洪水期間莫斯科河水位日測的記錄。所有這些觀測無疑地在促進水力學和水文學的發展上起了它的作用。

當時關於水力學的大部分經驗，可能是在建築往城市輸水的管路時累積得來的。所以研究這些問題的知識領域——水力學——的名稱是由兩個希臘字 ὕδωρ (水) 和 αὐλός (管)(亦即是關於“水管”的學

問)組成的。這不過是強調水力學肇始時,其主要方向是研究管中水流的理論。然而這種了解祇有歷史上的意義,因為近代水力學的研究範圍要寬廣得多。

從本紀元前保存下來的一篇水力學論文,其中首次建立了個別現象間的數量關係的,那就是阿基米德的論文“論浮體”,該文是在紀元前約 250 年左右寫的。這篇論文論述了浮體的浮游和穩定性的基本定理。這些理論似乎在更早以前已為中亞細亞人民所知曉,但關於這點的所有文字證據至今還沒有。

阿基米德之後幾乎有十七個世紀之久水力學不會有什麼重大的發展。水文學亦一樣地沒有發展。

若將古代學者的成就按年代排下來,在水力學和水文學理論的發展一度停滯後,就該輪到中世紀遼奧納多·達·芬奇(1452—1519年)的貢獻了。但是遺憾得很,他的著作直到十九、二十世紀方發表,因此在水力學的發展中所起的作用很小。遼奧納多·達·芬奇研究了許多問題,尤其是浮游理論和孔口液流、河渠中之水流情況和水力學和水文學中其他的問題。

水力學的繼續發展是和伽利略、巴斯噶、牛頓和別人的名字連在一起的。在這些人的貢獻中這裏可以提起的,是牛頓擬定了流動液體內阻力的決定法。但十七世紀的研究成果,並未為水力學和水文學成為獨立科學奠定基礎,所以當時這些成就祇成了物理學和力學中某部分的財富。

由封建制度的瓦解和工業生產的發展所引起的社會經濟上的原因,大有助於此後許多年代中水力學和水文學的發展。

十八世紀時俄國的水利工程建設開始大為增長,海運和河運亦開始發展。由於彼得一世的倡導,進行了貫通裏海流域和亞速海流域的

許多運河和船閘的龐大建築，完成了上伏洛曲克（Вышний волочек）運河系，這個運河系開闢了波羅的海經伏爾霍夫河（Волхов）、依里曼湖（Ильмень）、姆斯塔河（Мста）、茨那河（Цна）、脫維爾扎河（Тверца）和伏爾加河而到裏海的水運路線。這個有着許多閘壩的上伏洛曲克系統的宏偉建築，是天才的俄羅斯工匠——米哈依爾·依凡諾維奇·薛爾就柯夫（Михаил Иванович Сердюков）所完成的。

彼得一世死後俄國在 1767 年成立了“水路交通總管理局”，該局展開了建築許多新運河的廣泛工作。修建了貫通北特維那河（Северная Двина）和卡馬河（Кама）的運河（1786—1822 年），又在 1797 年開始建築連繫第聶伯河和北特維那等河的別列幸（Березин）水路系統。

俄羅斯人民在他們祖國的許多城市中造了當時極巨大的壩，以便安裝水輪機而使工廠中繁重的工作機械化。

十八世紀最卓越的建築者和機匠中的一員——柯西馬·德米脫里也維奇·弗羅洛夫（Козьма Дмитриевич Фролов）在 1780 年在烏拉爾河（Урал）上造了一個高十八公尺的壩。從該壩的斷面和結構看來，建築者有許多關於水力學和水文學的實際知識。

與俄國水利工程建築的發展同時，創作性的俄文著作的刊印亦發展了起來。

在 1708 年，根據彼得一世的指示，刊印了俄國最早的技術書中的一冊名為“通暢河流水流的方法”的書籍（圖 1）。

寫作時期較前書更早的“大圖書”——內容包括莫斯科河及其支流的資料，沿莫斯科河兩岸人口集中的地點以及各地點間的距離，並有自莫斯科至克里木（Крым）、白海和西伯利亞的途路的描述——經改編並且大大地補充後，在 1773 年由尼古拉依·諾維柯夫（Николай Новиков）在聖彼得堡出版，書名定為“古俄羅斯水路學，內容包括莫斯科政府的

河流、渠道、湖、井的記述，沿途的城市和樹林及其間之距離。”

阿立克賽·卡爾梅柯夫 (Алексей Калмыков) 出版了他的創作性的俄文手冊“管路、孔口或水槽中的水量計算法，一定流速的水流的撞擊力，機器中所發生的摩擦的計算法則底應用手冊”。這本手冊是在 1791 年在彼得堡出版的，“藉以幫助磨坊和水道工作者”。

隨着液體運動理論的發展和水靜力學理論的概括化，彼得堡的俄國科學院院士米哈依爾·華西里也維奇·陸蒙諾索夫 (Михаил

Гаспильевич Ломоносов 1711—1765 年)，途奧納多·尤拉 (Леонардо Эйлер, 1707—1783 年) 和達尼依爾·伯努利 (Даниил Бернулли, 1700—1782 年) 首次研究出了水力學的理論基礎，因此給水力學建立了成爲獨立科學的穩固的理論基礎。

陸蒙諾索夫在他的論文“論物體的硬性和流性”中，首次提供了普遍的自然定律——質量不滅和能量不滅定律，該定律是近代水力學的基石。除此以外，陸蒙諾索夫還出版了許多關於水力學的鉅著。

上面所列舉的俄文出版物，是水力學和水文學發展史上的大事件。經陸蒙諾索夫的創導，而由科學院地理所在 1760 年向俄羅斯各地發出的調查表，又爲河流水情研究發展史上的重大事件，調查表所提出的問

К Н И Г А  
О СПОСОБАХ,  
ТВОРИШИХ  
ВОДОХОЖДЕНИЕ  
РѢКЪ СВОБОДНОЕ.

Напечатана повелѣниемъ благочестивѣйшаго великаго Государя Царя,  
и великаго Князя

ПЕТРА АЛЕКСИЕВИЧА

Вселя великия и малыя земли России  
самодержца.

При благороднѣйшемъ Государѣ царевнѣ,  
и великомъ Князѣ

АЛЕКСИИ ПЕТРОВИЧѢ.

Въ царствующемъ великомъ Градѣ Москвѣ,  
Лѣта Господня, 1708. въ Іули мѣсцѣ.

圖 1

題是：“城市附近之河流何時大部分冰凍，何時解凍，又何處在春秋常有洪水及洪水災害之程度”。

伯努利在研究數學和力學的問題時，在他的備忘錄中討論了液體的流動和阻力的許多問題。1738年他出版了他自己的水動力學鉅著。在序言裏，作者指出他的著作完全是屬於俄羅斯的，而且首先是屬於彼得堡科學院的。在這個著作中伯努利提出了研究液體運動的方法，導引了“水動力學”的觀念，並提供了關於液體質點運動時所含能量的著名定理。這個定理現在已以伯努利命名，且為水力學中許多部門的基石。所以將陸蒙諾索夫和伯努利當作近代水力學的創始者是很正確的。

尤拉首次給液體壓力的觀念下了個明確的定義，並應用這個定義在1755年導出了某種想像液體（即所謂沒有摩擦力的理想液體）的基本運動微分方程式。該方程式後來即以尤拉命名。

在尤拉理論的基礎上產生了和水力學同一系統的科學——流體力學，流體力學也是研究流體運動的理論的，但所應用的祇是數學分析的方法；然而水力學還廣泛地應用試驗的方法來研究許多問題。

尤拉之後在俄羅斯進行研究的有他的學派的弟子富斯（Н. И. Фусс）、顧里也夫（С. Е. Гурьев）、格洛士道夫（И. Н. Гроздов）等人。富斯首次認真地研究了鳥的飛行，他的研究對於航空思想的發軔是有價值的。格洛士道夫和富斯首次詳細地研究了不同情況下孔口液流的問題，並發表了他們的分析。

十八世紀末流速儀——測量河渠內水流流速的儀器——發明了。流速儀發明後，河流水情的知識的累積也就加強了起來。

十九世紀生產力的發展提出了理想液體的流體力學所無法解決的新問題，因此不得不進而研究實際液體的理論。這個問題在某種程度上被那弗埃（Навье, Navier）所解決了，他在1823年根據牛頓關於摩

擦力的假說導出了黏性液體的運動微分方程式，但是那弗埃的微分方程式甚至經過斯托克斯 (Стокс, Stokes) 的簡化後，仍然因為數學上的困難，祇有在極簡單的例子中方能應用。因此，流體力學的這些方程式仍然不能解決具體的工程問題。

因此水力學並不依賴理論流體力學，而應用試驗資料大大地發展了起來。關於這點應該提起的是 1855 年在彼得堡交通工程學院中建立的俄羅斯第一個水力試驗室，和稍後在彼得洛格勒工業大學及其他許多高等學校中建立的水力試驗室在累積試驗資料上起了很大的作用，根據這些資料，水力學的許多部門得到了很大的發展。

對陸蒙諾索夫和伯努利的研究而誕生的水力學的發展作了很大貢獻的，有薛齊 (А. Шези, Chezy)、巴仁 (П. Базен, Bazin) 等人的著作。應用試驗方法來研究水力學，亦就促成了水力學和流體力學的某種分歧。在十九世紀末，科學界出現了促使液體流動理論的兩種不同研究方向（即水力學和流體力學）互相靠攏和互相接合起來的意圖。在維理論和相似理論加以研究後，這種意圖尤為顯著。孟德列夫 (Д. И. Менделеев)、彼得洛夫 (Н. П. Петров) 和雷諾滋 (О. Рейнольдс Reynolds) 在這方面的貢獻應提一下。孟得列夫首次指出自然界存在着兩種液體流動的類型，且不同類型的阻力律是不同的。雷諾滋發展了孟德列夫的研究，對液體流動的兩種類型——層流（層形的或平行流的流動）和紊流（紊亂的流動）——的存在提供了極充分的闡明，並發展了用以研究液體流動的相似理論。

十九世紀末和二十世紀初在流體力學、水力學和水文學的基礎的發展上有鉅大貢獻的又是俄羅斯的學者們。

在 1881 年葛羅米卡 (И. С. Громека) 出版了他的輝煌著作“不可壓縮性液體流動的幾種情況”，這個著作大大地發展了尤拉微分方程