

水力学及空气动力学

赵学端 編 著

上海科学技术出版社

水力学及空气动力学

赵学端 編著

上海科学技术出版社

內 容 提 要

本书共分三篇:第一篇为流体静力学,讨论液体和气体平衡的规律及其在实际应用的问题;第二篇为工程流体动力学,从工程实用的观点讨论液体和气体运动的规律,以及在供热、供煤气及通风工程领域中有关的应用问题;第三篇为理论流体力学基础,从理论流体力学的观点讨论液体和气体运动的规律,主要为通风工程的空气动力学计算提供理论基础。

本书可用为大专学校供热及通风工程专业的教材,也可为工程技术人员自学及参考之用。

水力学及空气动力学

赵学端 编著

*

上海科学技术出版社出版

(上海南京西路2004号)

上海市书刊出版业营业许可证出093号

上海市印刷五厂印刷 新华书店上海发行所总经销

*

开本787×1092 1/16 印张34 插页4 字数710,000

1959年10月第1版 1959年10月第1次印刷

印数1—2,200

统一书号: 15119 · 1330

定 价: (十四)5.45元

3326
4970

258589

3326
4970

前 言

近年来随着供热、供煤气及通风工程的迅速发展,愈来愈多地应用空气动力学的理论来进行设计计算。从一九五五年起,在高等工业学校里,对供热、供煤气及通风专业也开设了“水力学及空气动力学”的课程,以代替过去的“水力学”课程。在这方面,到目前为止,还没有一本适当的教科书,或者内容接近的参考书籍。无论在教学上或者实际工作中,都迫切需要有一本结合本专业的理论基础书籍,来解决教学的需要和供实际工作的参考。编者在过去的两年里,抽课余之暇,编写了本书。虽然还极不成熟,但是为了工作上的需要,先付印出来,并可就教于读者。

本书共分三篇:第一篇流体静力学,讨论液体和气体平衡的规律,以及这些规律在实际中应用的问题。第二篇工程流体动力学,从工程实用的观点讨论液体和气体运动的规律(流束理论),以及这些规律在供热、供煤气及通风工程领域中有关的应用问题。第三篇理论流体动力学基础。从理论流体力学的观点讨论液体和气体运动的规律(平面和空间理论),主要为通风工程的空气动力计算提供理论基础。

本书主要依据苏联一九五五年拟定的教学大纲而编写的,在个别地方略有所增减。其中增加了“液体堰顶的溢流”,“因次分析”以及“实际流体动力学”三部分。前两部分是考虑到这些知识对于供热、供煤气及通风工程师来讲还是需要的,后一部分则比较偏重于系统性的完整而增加的。如果作为教材,建议这三部分和第十八章的“绕流运动”部分,可以作较多的删节。

编写本书时,参考了我国和苏联有关的书籍与杂志,以及部分英、美、德国的文献资料。同时也参考了苏联专家约宁(А. А. Ионин)同志和柯惹夫尼可夫(М. П. Кожевников)同志在内容上、分量上所提出的宝贵的意见。在某些问题的阐述上,曾引用了柯惹夫尼可夫同志在北京讲授“水力学”和“流体力学基础”课程中的内容与观点。此外,在最后定稿时,还根据同济大学毛善培先生的意见,做了某些补充与修改。

为了便于学生在课后复习,也为了可以供工程技术人员的参考与自学,以及可以作为函授教材;因此,在编写本书时,力求将所涉及的问题、尤其是物理概念阐述得尽可能地详细,并且附加了必要的实验数据与图表。

水力学和空气动力学虽然有着共同的理论基础,但是,无论在研究问题的对象上,或者分析问题的方法上,都有所不同,各自有其独立的系统。将这两门科学编写在一本书里,在系统的安排上是存在相当多的困难的。虽然经过反复的斟酌,但是现在本书中的安排也还只能作为是一种尝试。此外,甚至于水力学和空气动力学中所习用的符号也不尽

相同,在本书中統一了一下。为了便于对照,在书末附了一张对照表。

編写本书时,承約宁同志、柯惹夫尼可夫同志对編者提出了許多宝贵的意見和幫助。承毛善培先生在百忙中抽空校閱了全稿,提出了很多宝贵的意見,并且提供了很可貴的参考資料;另外还参加編写了本书中的第七章“管中液体的压力运动”,第八章“液体經孔口管咀的出流,經堰頂的溢流”,以及附录中的“因次分析及力学相似性原理”等三部分。編者向他們致以深切的謝忱。此外,編者向所有曾經在本书編写过程中給予幫助和支持的同志們表示謝意。

在編写过程中,編者虽力求审慎,但是由于大部分的内容是在時間极不充分的情况下完成的;同时,更由于編者水平的限制,想来訛誤之处可能还很多,編者誠懇地盼望讀者們的批評和指正,以便在今后再版时,能有所改善。

編 者

一九五八年春于哈尔滨工业大学

目 录

前言

緒論	1
§ 0-1 水力学及空气动力学的定义与任务	1
§ 0-2 水力学及空气动力学的发展簡史	3
§ 0-3 流体	7
§ 0-4 流体具有质量, 具有重量	7
§ 0-5 流体的膨胀性与压缩性	8
§ 0-6 流体的粘滯性	13
§ 0-7 液体的表面張力与毛細現象	17
§ 0-8 流体在水力学及空气动力学上的定义	18
§ 0-9 作用于流体的力	20

第一篇 流体静力学

第一章 流体静力学的基本概念	22
§ 1-1 流体静压强及其特性	22
§ 1-2 流体平衡微分方程式	26

第二章 水静力学	29
----------	----

I. 液体的平衡	29
----------	----

§ 2-1 流体平衡微分方程式对液体的积分	29
§ 2-2 等压面及其性質	31
§ 2-3 重力作用下的液体平衡方程式 (水静力学基本方程式)	32
§ 2-4 巴斯加定理	35
§ 2-5 連通器中液体的平衡	37
§ 2-6 水静力高度与計示高度	40
§ 2-7 静力水头与計示水头	42
§ 2-8 真空	45
§ 2-9 运动容器中液体的平衡	47
§ 2-10 水静压强分布图	53

II. 液体作用在壁面上的水静压力	57
-------------------	----

§ 2-11 液体作用在任意形状平面壁上的水静压力	57
---------------------------	----

§ 2-12 液体作用在曲面壁上的水静压力	63
§ 2-13 利用水静压强分布图计算液体作用在壁面上的水静压力	70
III. 物体在液体中的潜浮	74
§ 2-14 阿基米德原理	74
§ 2-15 潜体的平衡与稳定	76
§ 2-16 浮体的平衡与稳定	78
第三章 空气静力学	80
§ 3-1 流体平衡微分方程式对气体的积分	80
§ 3-2 重力作用下的气体平衡方程式	84
§ 3-3 国际标准大气	86
§ 3-4 气体作用在壁面上的气体静压力	91
第 二 篇 工 程 流 体 动 力 学	
第四章 工程流体力学的基本概念	93
§ 4-1 概述	93
§ 4-2 稳定运动与不稳定运动	94
§ 4-3 流线与迹线	95
§ 4-4 流束、有效断面、微小流束	99
§ 4-5 流量、微小流束的流量表示式	100
§ 4-6 微小流束的连续性方程式	101
§ 4-7 微小流束的动能、动量方程式	103
§ 4-8 断面平均速度	105
§ 4-9 在水力学及空气动力学上的动能、动量校正系数	106
§ 4-10 流束的连续性方程式	108
§ 4-11 流束的动能、动量方程式	110
§ 4-12 理想流体微小流束的运动微分方程式	111
第五章 水动力学原理	114
§ 5-1 理想流体微小流束的运动微分方程式对液体的积分(理想液体微小流束的 柏诺里方程式)	114
§ 5-2 理想液体微小流束的柏诺里方程式的意义	116
§ 5-3 实际液体微小流束的柏诺里方程式	120
§ 5-4 缓变运动	123
§ 5-5 实际液体全液流的柏诺里方程式	125
第六章 水力摩阻与水头损失	130
§ 6-1 水力摩阻与水头损失的类型及其物理实质	130

§ 6-2 均匀运动与不均匀运动	131
§ 6-3 压力运动、自由运动与射流	132
§ 6-4 有效断面的水力要素	133
§ 6-5 均匀运动的基本方程式	134
§ 6-6 液体的两种流动状态	136
§ 6-7 液体的层流运动	140
§ 6-8 液体的紊流运动	144
§ 6-9 沿程摩阻系数公式	154
§ 6-10 管中水流骤然扩大处的水头损失	163
§ 6-11 局部水头损失的普遍公式	166
§ 6-12 局部摩阻系数	167
第七章 液体在管道中的压力运动	173
§ 7-1 概述	173
I. 短管的水力计算	174
§ 7-2 短管的水力计算	174
II. 长管的水力计算	177
§ 7-3 等直径管路的水力计算	177
§ 7-4 串接管路的水力计算	180
§ 7-5 并联管路的水力计算	181
§ 7-6 沿途均匀泄水管路的水力计算	182
III. 管网的水力计算原则	184
§ 7-7 吸水管线及压水管线的水力计算	184
§ 7-8 配水管网的水力计算原则	187
§ 7-9 管网中的调节水箱的水力计算原则	190
IV. 热水管路的水力计算原则	192
§ 7-10 热水管路的水力计算原则	192
V. 管中水击	193
§ 7-11 管中水击现象	193
第八章 液体自孔口、管咀的泄流, 堰顶的溢流	199
I. 液体自孔口的泄流	199
§ 8-1 薄壁底孔泄流	199
§ 8-2 流速系数、收缩系数、流量系数	200
§ 8-3 侧壁孔口泄流	204

§ 8-4 变水头下的孔口泄流	206
§ 8-5 淹没孔口出流	209
II. 液体自管咀的泄流	210
§ 8-6 管咀泄流的概述	210
§ 8-7 液体自外延圆柱管咀的泄流	210
§ 8-8 液体自其他各种管咀的泄流	212
III. 液体经堰顶的溢流	214
§ 8-9 堰顶溢流概述	214
§ 8-10 薄壁堰的溢流	215
§ 8-11 宽顶堰和实用断面堰的溢流	217
第九章 实用空气动力学原理	218
§ 9-1 理想流体微小流束的运动微分方程式对气体的积分(一元气流的柏诺里方程式)	218
§ 9-2 音速	222
§ 9-3 绝热过程下一元压缩气流柏诺里方程式的几种形式(一元等熵气流的基本关系式)	227
§ 9-4 M 数, λ 数	230
§ 9-5 气流速度与气流形状的关系	236
§ 9-6 空气动力摩阻	242
第十章 气体在管道中的压力运动	258
§ 10-1 管中未压缩气体的运动	258
§ 10-2 圆截面直管中压缩气流的基本微分方程式	259
§ 10-3 等温过程下管中压缩气体的运动	261
§ 10-4 碳氢煤气等温高压输送的计算公式	265
§ 10-5 绝热过程下管中压缩气体的运动	267
第十一章 气体经喷咀、孔口等的外射流动	274
§ 11-1 喷咀的外射流动	274
§ 11-2 薄壁孔口的外射流动	278
§ 11-3 超音速喷管的外射流动	280
§ 11-4 扩压器的外射流动	281
第十二章 气体的淹没射流	283
§ 12-1 气体淹没紊动射流的概况	283
§ 12-2 圆截面射流	288
§ 12-3 平面射流	295
§ 12-4 温差射流与稠差射流	296

第三篇 理論流体动力学基础

第十三章 理論流体动力学的基本概念	304
§ 13-1 研究流体运动的两种方法	304
§ 13-2 空間及平面运动的流量表示式	308
§ 13-3 連續性微分方程式	310
§ 13-4 流体微团运动的分解, 柯西-海爾姆荷爾茨定理	313
§ 13-5 无渦运动及有渦运动	324
§ 13-6 渦綫、渦管、渦强	325
§ 13-7 速度环量	326
§ 13-8 司托克斯定理	328
第十四章 理想流体动力学	336
§ 14-1 理想流体运动的微分方程式	336
§ 14-2 葛罗米柯-兰姆形式的理想流体运动微分方程式	339
§ 14-3 理想流体稳定无渦运动条件下的葛罗米柯-兰姆方程式的积分式(柏諾里-欧拉积分式)、欧拉方程式	343
§ 14-4 理想流体稳定运动条件下的葛罗米柯-兰姆方程式的积分式(柏諾里积分式)、柏諾里方程式	344
§ 14-5 压縮的理想流体(理想气体)的柏諾里方程式	347
§ 14-6 动量方程式	351
第十五章 平面运动	357
§ 15-1 速度势函数及其性質	357
§ 15-2 流函数及其性質	361
§ 15-3 平面无渦运动	364
§ 15-4 流网	365
§ 15-5 势流的叠加	368
§ 15-6 复势与复速度	369
§ 15-7 平行平面运动	370
§ 15-8 直角內运动	371
§ 15-9 源与汇	372
§ 15-10 环流	374
§ 15-11 偶	375
§ 15-12 工业用槽的单側吸气	378
§ 15-13 工业用槽的双側吸气	382
§ 15-14 以保角变换方法求解平面无渦运动的实質	386
§ 15-15 由平面平行运动变换求源	388

§ 15-16	由平行平面运动变换求半无限平面上的繞頂流	390
§ 15-17	由平行平面运动变换求平面噴咀外的运动	394
第十六章	渦旋运动	401
§ 16-1	湯姆遜定理(沿封閉圍綫的环量不随時間而变的定理)	401
§ 16-2	海尔姆荷尔茨关于渦旋运动的第一定理	406
§ 16-3	海尔姆荷尔茨关于渦旋运动的第二定理	409
§ 16-4	海尔姆荷尔茨关于渦旋运动的第三定理	409
§ 16-5	一根无限长垂直渦帶所誘导的速度場与压强場	410
§ 16-6	一組无限长垂直渦帶所誘导的速度場	415
§ 16-7	有限长弯曲渦帶所誘导的速度場	418
§ 16-8	有限长垂直渦帶所誘导的速度場	419
第十七章	实际流体动力学	422
§ 17-1	实际流体中的应力	422
§ 17-2	以应力形式表示的实际流体运动的微分方程式	428
§ 17-3	切向应力的相关性和切向应力的值	426
§ 17-4	法向应力的值	430
§ 17-5	納維埃-司托克斯方程式	433
§ 17-6	平行平板間实际流体层流运动的解	435
§ 17-7	圓管中实际流体层流运动的解	439
§ 17-8	雷諾滋方程式	444
第十八章	繞流运动	446
I.	机翼与叶柵的繞流	446
§ 18-1	儒柯夫斯基的升力理論	446
§ 18-2	叶柵引論	459
II.	正面阻力	462
§ 18-3	流体对运动剛体的阻力	462
§ 18-4	附面层理論基础	464
§ 18-5	附面层的积分关系式	466
§ 18-6	平板上附面层的計算	472
§ 18-7	曲面壁上附面层的計算	485
§ 18-8	渦旋阻力的概念	488
III.	沿繞流物体周界上的压强分布	490
§ 18-9	流体繞平板与圓柱体运动时的压强分布	490

附录**因次分析及力学相似性原理493****I. 因次分析493**

§ 00-1 概述493

§ 00-2 因次和諧的意义494

§ 00-3 雷立因次分析法497

§ 00-4 布金汉定理502

§ 00-5 π 定理的推广516**II. 力学相似性原理519**

§ 00-6 力学相似性的基本概念519

§ 00-7 相似准则522

附表

符号表529

人名表531

参考文献533

緒 論

§ 0-1 水力学及空气动力学的定义與任务

在力学部門中,研究流体(液体和气体)平衡和运动的一般規律的科学,称之为流体力学。

水力学和空气动力学都是流体力学的分支。

水力学是研究液体平衡和运动規律的一門科学,它研究液体平衡和运动的規律,以及这些規律在实际中应用的問題。它是一門工程实用的科学。

空气动力学是研究气体运动規律的一門科学,它研究气体运动的規律,以及气体和气体中运动的固体之間相互作用力的問題。

流体力学主要以严密的数学来研究流体平衡和运动的一般規律。在研究中,要求高度的严格性与精确性;但是由于流体现象的复杂,因而使得在解决实际問題上,往往会遇到很大的困难,甚至于是不可克服的困难。在流体力学中,有时便采用了将現象簡化的方法,在研究問題以前,提出了一系列的假定,將問題局限在一定的前提之下,以期能得出最終的解答。但是,这种簡化却往往不完全符合于实际情况。因而,虽然有可能获得最終的解答;可是,所得出的解答与实际情况有着不同程度的出入,甚至于得出与实际情况完全相反的結果。于是人們便不得不找寻另一条出路:在实际工程精度允許的範圍下,放弃一部分过高的严格性与精确性,而利用实验的方法,提供一些从严密的数学研究中所难以得出的数据和公式,来使得最終的解答能符合于实际情况,能用以解决工程实际的問題。流体力学也就开始分化,并且有了新的发展。

此外,由于近年来各項工程的迅速发展(其中特别是水利工程与航空工程),以及产生了許多新的工程領域(例如:供热供煤气及通风工程),牽涉到液体和气体的力学問題日益增加。許多問題迫不急待地需要加以研究、解决、归納和总结。这样大大地刺激了流体力学的发展,也使得流体力学这样一門科学包含的内容过于龐大,从而根据不同的研究角度和研究的对象,分化成許多独立而又相互联系的新的科学部門。

流体力学首先分化为理論流体力学与工程流体力学。工程流体力学又根据不同的研究对象分为各种不同内容的水力学与空气动力学。

理論流体力学 又称**經典流体力学**。它保留着以严密的数学来进行研究的特点,要求研究的严格性与精确性。虽然这样存在着如上所述的缺点,但是作为工程流体力学的理論基础,从指导工程流体力学的发展上来看,仍然具有决定性的价值。理論流体力学中,根据研究的流体是否受到压缩,它可以分为液体-空气力学与气体动力学。

液体-空气力学 研究未压缩流体(包括液体和低速、低压情况下未受到压缩的气体)的力学问题。由于未压缩气体和液体在力学性质上是相同的,因此,采用这样的一个名词。

气体动力学 研究在高速或者在高压情况下,压缩气体的力学问题。

工程流体力学 又称实用流体力学。它是一门工程实用的科学,目的在于解决实际问题,要求能够从量上得出实际工程中所需的最終結果,它建立在理論流体力学的基础上,根据理論流体力学的基本理論,再加以实验的数据以及經驗公式,以获得在实际工程中要求的精度范围内的近似結果。工程流体力学根据所研究的流体的性质,可以分为水力学与空气动力学;同时,根据所研究问题的不同性质,又可以分为各种不同内容的水力学与空气动力学。

水力学 它局限于研究液体(例如水,石油等等)平衡和运动的规律,以及这些规律在实际中应用的问题。它是工程流体力学的一部分,具有工程流体力学研究问题的特点。它可以分为普通水力学与专门水力学。

普通水力学 研究液体平衡和运动规律的基本理論,以及工程中一些常見的问题(例如液体在管道中的流动等)。

专门水力学 研究水力学中的某些专门问题。其中又可以分成許多部分。例如:研究明渠中液体的运动,以及研究明渠中建造了水工建筑物以后所产生的水力学问题的明渠水力学。研究地下水流动的地下水动力学。研究波浪运动的波浪水力学等等。

空气动力学 研究气体(例如:空气,煤气,蒸汽等等)运动的规律以及气体和在气体中运动的固体之间相互作用力的问题。它可以分成若干部分,除了上述的理論空气动力学(包括液体-空气力学及气体动力学)以外,实用空气动力学、飞机空气动力学、实验空气动力学等,都是属于工程流体力学的范畴。

实用空气动力学 又称工程空气动力学或工业空气动力学。它研究在国民經济中应用到空气动力学的各种问题。其中特别是研究通风、空气采暖、气体輸送、压气机,以及气体渦輪机等空气动力学问题。在实用空气动力学里,专门討論工程实际应用中高速气体流动,或者高压气体流动的部分,有时单独划出来成为一门科学,称之为实用气体动力学,或者工程气体动力学。

飞机空气动力学 包括研究各种飞机的飞行情况,以及其空气动力計算的飞行空气动力学。研究各种飞机机翼的翼型,以及其空气动力計算的飞机机翼空气动力学等。

实验空气动力学 它是用实验的方法来研究气体运动的规律,是一门实验系数的科学,建立在理論空气动力学的基础上,服务于实用空气动力学和飞机空气动力学等。

随着各种工程的发展,流体力学、水力学,以及空气动力学中,还出现了許多新的领域。例如:通风空气动力学、稀薄空气动力学、河床水动力学、潤滑水力学等等。可以预料,今后仍将繼續不断地出现更多的新的部門。

流体力学和剛体力学一样,也可以分为三部分:靜力学、运动学和动力学。但是由于

历史上一直沒有將流体的运动学和动力学分开。因此,通常流体力学只分为**流体静力学**与**流体动力学**两部分。流体静止时的情况比較簡單,目前無論对于液体的平衡,或者对于气体的平衡来講,都是采用理論流体力学的方法来研究的。有时也将流体静力学称之为**液体-空气静力学**。流体静力学中,研究液体平衡的部分,称为**液体静力学**,在水力学中称为**水静力学**。研究气体平衡的部分,称为**空气静力学**。流体动力学中,研究液体运动的部分,在水力学中称为**水动力学**。

在本书里將叙述流体静力学(水静力学及空气静力学)、工程流体动力学(水动力学及实用空气动力学),以及理論流体动力学基础(主要叙述液体-空气动力学基础)三部分。

§ 0-2 水力学及空气动力学的发展簡史

水力学和空气动力学是人类在生产实践过程中建立与发展起来的。

远在太古时代,劳动人民就已經开始利用水的力量和空气的力量为生产服务,很早以前就有了大規模的灌溉渠道、通航的运河、水工建筑物、简单的水力机械、风車以及复杂的給排水管路系統。但是那时人們对于水力現象、空气动力現象的了解只是停留在經驗上,还没有能进行系統的总结。

一直到公元前 250 年才出現了第一篇科学著作,阿基米德(公元前 287~212)提出了“論浮体”一文,其中給出了著名的阿基米德原理,为研究物体在液体中的平衡和潜浮問題奠定了理論基础。

遺憾的是从这时候以后,整个中世紀的时间,在流体力学領域里没有什么新的发展。

一直到公元十五~十六世紀,流体力学才又开始有新的进展。

辽奥納尔多·达·芬奇(1452~1519)提出了“論水的运动 and 水的測量”一文,确定了在液体中运动的剛体所受到的阻力,以及提出了其他許多在流体力学上极有意义的概念。但是他的著作一直到廿世紀初才公开,以致在流体力学的发展上沒有能起到应有的作用。

十七世紀間,許多学者在流体力学方面有了很大的成就。1612 年伽利略(1564~1642)提出了关于潜浮原理的著作。1643 年托里拆里(1608~1647)提出了液体自孔口出流时速度的公式。1650 年巴斯加(1623~1662)提出了著名的巴斯加定理,确立了压强在液体內傳遞的規律。1686 年牛頓(1643~1727)提出了牛頓內摩擦力的規律,以及确定了力学相似的法則。所有这些对流体力学的发展都具有很重大的意义。但是那时流体力学还没有能形成为一門独立的科学。

由于封建制度的瓦解和工业生产的发展所引起的社会經濟上的原因,有力地促进了流体力学更进一步地发展。

1738 年俄罗斯科学院院士达尼尔·柏諾里(1700~1782)发表了著作“流体动力学”,根据动能定理得出了液体运动的基本規律:柏諾里方程式。1755 年俄罗斯科学院院士辽奥納德·欧拉(1707~1783)提出了理想流体(忽略流体的粘滯性)运动微分方程式、連續性微分方程式等等。首先以数学分析的工具来研究流体的运动。

柏諾里和欧拉不仅奠定了流体力学的理論基础,而且从此建立起流体力学这样一門独立的科学。也为水力学和空气动力学的产生和发展提供了理論基础。

从此以后,流体力学有了迅速的发展。許許多多学者在这方面付出了巨大的劳动。由于欧拉所提出的运动微分方程式是对理想流体来考虑的,他忽略了流体粘滯性的影响,以致于所得出的結果往往和实际情况有所不符。納維埃(1785~1836)、司托克斯(1819~1903)在这方面进行研究,提出了納維埃-司托克斯方程式。此外,在流体力学的发展上,葛罗米柯、兰姆、拉格朗日、海尔姆荷尔茨、柯西、湯姆逊也都有着重大的貢獻。

但是正象上一节里所提到的,由于流体现象的复杂性,以致单纯依靠数学分析的工具来解决实际問題时,往往会遇到很大的困难。因而产生了一条新的途徑:以流体力学作为理論基础,以实验方法来解决数学分析所难以解决的問題,这就形成了工程流体力学这样一个分支。而且又从研究的对象是液体还是气体,分出了水力学和空气动力学。

利用大量实验的資料来解决数学分析所不能解决的問題,还必须进一步地将实验的成果总结提高到理論上去。生产实践不断对水力学提出新的要求,显然要解决这些問題必须依靠理論与实际的結合。十九世紀末,水力学方面的研究,促进了这种結合的可能性。而且有这样一种趋势,水力学将和流体力学逐步接近而成为一門理論联系实际的科学。

十八世紀~十九世紀之間,在水力学方面,謝才、巴仁、达西、威斯巴合、海根、柏謨叶、雷諾滋等所进行的大量研究工作,对水力学的发展都起了促进作用。

1880年門德列也夫(1834~1907)在他的著作“論流体的阻力和論航空”中,首次指出在自然界里,流体存在两种不同的运动类型。1883年雷諾滋(1842~1912)从实验上証明了这点。1883年彼得洛夫(1838~1920)建立了潤滑油方面的水动力学,并且提出了牛頓內摩擦定律的数学表示式。

在这一段时间里空气动力学还没有形成一門完整的科学。但是門德列也夫已經开始了空气动力学問題的研究。委加切夫在1871年提出了“首次試驗空气中旋轉的螺桨上的举力”一文。

到了十九世紀的最后几年和廿世紀初,由于各項工程的迅速发展,特别是水利工程和航空工程的发展,使水力学和空气动力学有了极为迅速的进展。

在水力学方面产生了新的一支:工程水力学(包括明渠水力学、地下水动力学、波浪水力学、泥沙水力学等等)。尤其是在苏联十月革命以后,由于社会主义和共产主义建設的需要,要求水力学能迅速地发展,在最近几十年内,苏联在这方面已經居于世界的首位。苏联的学者中,巴甫洛夫斯基、馬卡維也夫、切尔托烏索夫、阿格罗斯金、赫里斯奇安諾維奇、維立卡諾夫、涅克拉索夫、列維、薩巴聶也夫、拉赫曼諾夫等,在工程水力学的各个領域里,作出了許多卓越的貢獻,其中特別是巴甫洛夫斯基被認為是工程水力学的奠基人。

在空气动力学方面,近年来以更大的速度在发展着。俄罗斯航空之父——儒柯夫斯基(1847~1920)是空气动力学的奠基人。而且不仅如此,他还是大批苏联杰出的空气动

力学家的培养者。他第一个解释了支持空气中飞行的升力的来源以及确立了升力理论，成为空气动力学的基石。儒柯夫斯基在空气动力学方面的理论著作是极为广泛而卓越的；同时，他也是第一个提出空气动力学实验方法的人，并且建立了第一个空气动力学实验室。此外，儒柯夫斯基在水力学方面也有着宝贵的贡献。

儒柯夫斯基最亲密的学生，恰普雷金是近代理论空气动力学和气体动力学的奠基人。他所发表的“论气体的射流”一文，在气体动力学的发展中具有极重要的意义。恰普雷金在空气动力学方面的成就很多，这些都大力地推动了空气动力学的发展，在空气动力学的发展史上可以和儒柯夫斯基并驾齐驱。

苏联的学者在空气动力学方面做出杰出贡献的很多。例如：尤利叶夫、奥斯脱斯拉夫斯基、阿尔然尼柯夫、赫里斯奇安诺维奇、凯尔迪许、拉夫伦吉也夫、山道夫、维特奇金、郭鲁别夫、洛依茨扬斯基等等，都在空气动力学的发展史上写下了光辉的一页。

在工业空气动力学方面，苏联学者也同样站在科学的最前列。例如：阿勃拉莫维奇关于紊流射流的研究；塔里也夫、巴吐宁、马克西莫夫、布塔柯夫关于通风空气动力学的研究，都在工业空气动力学的发展中起了重大的作用。

在其他方面，例如紊流理论、相似理论等，苏联的学者也取得了很大的成就，其中有奥布霍夫、古尔仁柯、柯尔莫哥洛夫、维立加诺夫、基尔比契夫等。

在这一段时间里，欧洲其他国家的学者在水力学、空气动力学上也做出了不少贡献。例如：勃兰特、卡门、尼古拉瑞、希尔顿、卡拉弗里、罗斯等。

苏联在十月革命以后，水力学和空气动力学在一个很短的时间里不仅摆脱了西方的影响，而且大大地超过了资本主义国家的水平。这是因为在十月革命以后，整个的社会制度改变了，生产关系发生了彻底的变革，从而使得生产力完全解放出来。这种国民经济无限发展的情况，为各门科学的飞跃发展创造了极为有利的条件，苏联科学家们不仅有良好的物质条件，更重要的是有以马列主义理论，以辩证唯物论的方法武装了思想；这就使得苏联的科学家们能更迅速地、更正确地认识事物的本质，认识事物的发展规律，从而卓著成效地进行创造性的科学研究，将科学水平提高到世界的首位。

我国是世界上文化历史最悠久的国家之一。我们勤劳智慧的祖先远在几千年以前就有着令人自豪的创造与发明。在治河工程上，从公元前两千多年大禹的治水开始，以后陆续地出现了许多和黄河作斗争的杰出的治河专家，例如：公元69年的王景，1348年的贾鲁，1565年的潘季驯，1677年的靳辅等。在灌溉工程上，两千多年以前，我们已经有了巨大的灌溉系统，公元前386年，西门豹凿十二渠引漳水灌田，公元前316年李冰父子修筑都江堰，其后，公元20年的郑国渠，公元900多年钱镠的太湖流域的灌溉，都是极有价值的成就。另外，中国是世界上第一个发明简单水力机械的国家，远在公元前十六到十七世纪时，已经发明了戽斗、桔槔、轆轤这些水力机械。此外，我国有世界上最长的运河。海塘的修筑也是极早的。还有：深井，下水道，水车，水磨，水轮，铜壶滴漏等也都是很早就应用。