

普通高等教育“九五”教育部重点教材

---

# 工程流体力学(第2版)

Engineering Fluid Mechanics

---

陈卓如 金朝铭 王洪杰 王成敏 编

陈卓如 主编

高等教育出版社

·北京·

## 内容简介

本书是 1992 年出版的  
材一等奖。本书注重加强基础理论，注意理论联系实际，力求培养学生运用基本理论分析和解决问题的能力。全书包括绪论、流体静力学、流体运动学、理想流体动力学基础、旋涡理论基础、理想流体平面势流、粘性流体动力学、流动相似原理基础、流体运动阻力与损失、管路水力计算、粘性流体绕物体流动、可压缩流体的一元流动、可压缩流体的平面流动、流体要素测量等共十四章，每章后均有较多例题和习题供选用。

本书各章节内容既相互联系，又相对独立，适当取舍组合，可以作为能源动力、机械类专业的本科生教材、教师和研究生的教学参考书，亦可作为各相关专业工程技术人员的参考书。

### 图书在版编目(CIP)

工程流体力学/ 陈卓如主编 .—2版 .—北京: 高等教育出版社, 2004.1

ISBN 7 - 04 - 013082 - 3

等学校 - 教材 . TB126

中国版本图书馆 CIP 数据核字

---

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010 - 64054588
社 址	北京市西城区德外大街 4 号	免费咨询	800 - 810 - 0598
邮政编码	100011	网 址	http: www.hep.edu.cn
总 机	010 - 82028899		
经 销	新华书店北京发行所		
印 刷			
开 本	787 × 960 1/16	版 次	1992 年 9 月第 1 版 年 月第 2 版
印 张	33.25	印 次	年 月第 次印刷
字 数	620 000	定 价	37.70 元

---

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题，请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

策划编辑	黄 毅
责任编辑	姜 凤
封面设计	刘晓翔
责任绘图	朱 静
版式设计	陆瑞红
责任校对	杨雪莲
责任印制	

## 第 2 版前言

本书自 1992 年出版以来，得到了有关院校和水力学、流体力学课程教学指导组专家们的支持和肯定，1995 年获得了国家教委第三届优秀教材一等奖。

本次修订面临 21 世纪教育改革，正值高等学校专业调整，要求拓宽专业、加强基础，对培养高素质人才提出了新的要求，因此，第 2 版按照课程教学组新编制的高等工业学校机械、能源动力类工程流体力学课程教学基本要求进行。修订中保持了原书的体系特色，即从推导普遍适用的纳维 - 斯托克斯方程等基本方程出发，讲述该运动方程在多种特殊限制条件下的求解应用，导出流体力学的基本公式，力求加强理论基础，培养学生分析解决问题的能力。这一体系受到了有关院校的欢迎。

修订中注意删除了一些陈旧重复的内容，对某些章节进行了合并和改写。比如删除了 § 2 - 5 节，将中学已学过的帕斯卡定律删去，并将液体测压计原理部分内容归入新增加的“流体要素测量”一章中；删去了 § 2 - 9 节，将其中浮体的阿基米德原理作为压力体内容的延伸；将原书 § 3 - 2 和 § 3 - 3 节合写为一节；将 § 4 - 4 节删除，并对其余节中的部分内容作了改写，使表述更为准确；将 § 6 - 3 和 § 6 - 4 节合并，对原书 § 6 - 8 绕圆球流动进行了改写，并对圆柱绕流中的马格努斯效应和绕翼型的平顺绕流假设等力学现象作了更为直观的解说；第九章中增加了一些常用的管路局部阻力，并列表予以表示；第十章管路水力计算的 § 10 - 1 ~ § 10 - 7 节合并，其中短管的水力计算和简单长管的水力计算合并改写为等径无分支管路的水力计算，对枝状管路和网状管路的水力计算重写，对计算机在管路水力计算中的应用采用了更为通用的高级语言；增写了第十四章流体要素测量，既讲述了压力、流速、流量测量的基本原理，同时介绍了在工程实际和研究中常用的一些近代量测技术。为了增强学生应用流体力学基本理论分析解决问题的能力，修订中还适量增加了例题和习题，使教师和学生有更多选用的余地。

本次修订中按照国家标准对全书的名词术语和符号单位作了修正。修订中除保持原书中重视物理力学概念表述的同时，还注意了文字叙述的严谨和准确，对文字和内容作了进一步斟酌和润色，力图以此对学生产生潜移默化的影响。

全书各章节间既相互联系，又相对独立，因此各校授课教师可以根据学校特点和相应专业需要选取教学内容。其中绪论、流体静力学、流体运动学、理想流体动力学基础、粘性流体动力学、流体运动阻力与损失、管路的水力计算、流动相似原理基础、可压缩流体的一元流动等章内容适合机械类专业选用，并可适当选用流体要素测量的部分内容，而能源动力类专业可以选用本书的全部内容。

第 2 版分工如下：陈卓如修订第四、五、六、七、八、十一、十三、十四章；金朝铭修订第一、三、九、十二章和第十章的 § 10 - 1、§ 10 - 2、§ 10 - 4；王成敏修订第二章、王洪杰修订全部例题和习题，以及第十章的 § 10 - 3。全书由陈卓如主编定稿。

本书的修订，得到了高等学校工科水力学、流体力学课程教学指导组的悉心关怀和指导，兄弟院校在原书使用过程中也曾提出了不少有益的意见和建议，哈尔滨工业大学流体力学教研室对本书的修订给予了热情的支持和帮助，谨在此向他们表示深切的谢意。修订稿由上海交通大学刘桦教授审阅，提出了许多宝贵的修改意见，谨在此表示衷心的感谢。

限于作者水平，书中难免存在不足和谬误之处，恳望读者和专家们指正。

编 者

2003 年 3 月

# 第 1 版前言

工程流体力学是动力类各专业及相近有关专业的一门重要技术基础课，它为该类专业主要专业课程的学习打下必要的理论基础。

本书按照高等工业学校工程流体力学课程教学基本要求编写，是动力类各专业的教材，课程时数为 80 学时左右。本书也可作为机械工程类、仪器类等有关专业的参考书。

工程流体力学内容十分广泛，即使同一课程基本要求也可以有不同的讲授体系。在本书编写中，除注重加强理论基础外，并注重联系工程实际。我们从推导普遍适用的纳维 - 斯托克斯方程等基本方程出发，讲述普遍运动方程在各种特殊限制条件下的求解应用，导出其它公式，力求系统地讲述流体运动的基本规律，使学生了解工程上处理流体力学问题的方法，并在推导过程中注意阐明其物理意义和应用条件。这样做既利于学生系统地学习基本理论，又利于培养学生运用基本理论分析和解决实际问题的能力。这样的讲授体系安排还避免了一些不必要的重复。

本书由陈卓如编写第四、五、六、七、八、十一、十三章和十三章习题及部分例题；金朝铭编写第一、三、九、十和十二章，其中第十章 § 8 由包钢和王洪杰编写；王成敏编写第二章；包钢编写除十三章习题外的全部习题和大部分例题。全书由陈卓如主编。

山东工业大学孔珑教授审阅了全部书稿，对书稿提出了很多宝贵的修改意见，使书稿的质量得以提高。在本书编写过程中，哈尔滨工业大学流体力学教研室的同志们曾给予了热情的支持和帮助，在此一并表示深切的谢忱。限于作者水平，书中难免存在错误和不足之处，恳望读者指正。

编者

1991 年 11 月

# 符 号 表

$A$	面积	$C_p$	无因次压强因数
$A_c$	收缩断面面积	$c_v$	比定容热容
$dA$	微元面积	$c_{cr}$	临界声速
	气体对外作功	$D$	直径
$a$	加速度	$d$	直径
	椭圆长半轴		相对密度
	矩形长度	$d_e$	当量直径
	等边三角形边长	$Eu$	欧拉数
	面积	$E$	材料弹性模量
$b$	宽度		恩氏粘度
	积分常数		内能
	椭圆短半轴	$e$	比内能
	矩形宽度		单位重力流体的总机械能
$c$	声速		偏心量
	水击波传播速度	$d_e$	气体内能增量
	相似比例常数	$F$	力
	积分常数	$F_D$	绕流阻力
	比热容	$F_b$	浮力
$C_1$	积分常数	$F_f$	摩擦力
$C_D$	绕流阻力因数	$Fr$	弗劳德数
$C_e$	入口段效应流量修正因数	$f$	单位质量力
$C_f$	摩擦阻力因数		应力
$C_n$	管嘴流量因数	$f_k$	卡门涡脱体频率
$C_o$	孔口流量因数	$f_x, f_y, f_z$	单位质量力的坐标分量
	滞止声速	$f(x, y, z)$	坐标的函数
$c_p$	比定压热容		

## 符号表

$g$	重力加速度	$Ne$	牛顿数
$G$	重力	$n$	转数
$H_1$	形状因子		指数
$h$	高度		气体多变常数
	液柱高度	$in$	单位法向矢量
$H$	焓	$F_p$	压力
	总能量	$P$	功率
$h_j$	非恒定流动的惯性能头		压力函数
$h_f$	沿程水头损失	$p_x, p_y, p_z$	压强的坐标分量
$H_0$	滞止焓	$p_a$	大气压强
$h_w$	单位重力流体能量损失	$p$	压强
$h_v$	真空度	$p_m$	计示压强
$h$	局部水头损失	$p_0$	滞止压强
$I_x, I_{Cx}$	惯性矩	$p_v$	汽化压强、真空度
$I_{xy}$	惯性积	$p_{xx}, p_{yy}, p_{zz}$	法向压强力
$i$	虚数	$p$	无穷远处压强
$J$	旋涡强度	$p_{cr}$	临界压强
$K$	体积模量	$\bar{p}$	时间平均压强
	流量模数	$p$	脉动压强
	动量	$\overline{F_p}$	作用力的共轭值
	压缩率	$_{xx}, \quad _{yy}, \quad _{zz}$	附加法向应力
	等熵指数	$F_Q$	质量力
$L$	长度	$F_{Qx}, F_{Qy}, F_{Qz}$	质量力坐标方向分量
	动量矩	$q$	流量
$L_e$	入口起始段长度	$q_m$	质量流量
$l$	长度	$q_v$	体积流量
	混合长度	$q_{cr}$	临界流量
$m$	质量	$dq$	传输给气体的热量
$M$	偶极矩	$R$	气体状态常数
	作用力矩		内径
$Ma$	马赫数		水力半径
$M_{cr}$	无量纲速度	$r, \quad , \quad z$	柱坐标系坐标分量

## 符号表

$r, \theta, z$	球坐标系坐标分量	$v_x, v_y$	脉动速度的坐标分量
$R, \theta, z$	单位质量力的柱坐标分量	$\bar{v}$	脉动速度的时均值
$R, \theta, \phi$	单位质量力的球坐标分量	$\bar{v}^*$	剪切速度、切应力速度
$Re$	雷诺数	$v_m$	射流轴心线上速度
$Re_{cr}$	下临界雷诺数	$v$	无穷远来流速度
$Re_{cr}$	上临界雷诺数	$v_x, v_y, v_z$	速度的坐标分量
$r$	半径	$v_r, v_\theta, v_z$	柱坐标系的速度分量
	曲率半径	$v_r, v_\theta, v_\phi$	球坐标系的速度分量
$S$	距离	$W(z)$	复位势函数
	单位质量流体的熵	$W_f$	单位质量流体摩擦阻力做功
$St$	斯特劳哈尔数	$x, y, z$	笛卡尔坐标分量
$T$	温度	$x_T$	转折截面至射流极点的距离
	时间	$X_D, Y_D$	压力中心的坐标分量
	水击波的周期	$y_C$	形心的坐标分量
$T_0$	滞止温度	$z$	复数变量
$T_{cr}$	临界温度		角度
$t$	温度		体膨系数
	时间		冲角
$t_0$	水击波的波相		动能修正因数
$t_k$	闸门关闭时间		动量修正因数
$u, v, w$	相对运动速度分量	$0$	角度
$U$	力的势函数		激波角
$V$	断面平均速度		角变形速度
	体积		比热比
	压力体体积		角变形速度分量
$V^*$	边界层外势流区中速度	$x, y, z$	速度环量
$V$	无穷远来流速度		边界层厚度
$\bar{V}$	复速度, 共轭速度		粘性底层厚度
$V_{cr}$	临界速度		折转角
$v$	流速		微小量级
	比体积	$-$	位移厚度, 排挤厚度
$\bar{v}$	时间平均速度	$*$	
$v$	脉动速度		

# 符号表

$\delta^*$	动量损失厚度		密度
$\Delta$	绝对粗糙度	0	滞止密度
$\Delta$	相对粗糙度	cr	临界密度
	局部损失因数		应力
	相对偏心率		表面张力系数
	孔口断面收缩因数		和
$e$	附加压强损失因数		切应力
	效率		紊流附加切应力
	角度		速度势函数
	射流极角, 射流扩散度		角度
	粘温指数		流函数
	沿程损失因数		湿周
$p$	压强损失因数		角速度
$\mu$	马赫角	$\omega$	旋转角速度向量
	动力粘度	$x, y, z$	角速度的坐标分量
	运动粘度		无穷远, 无穷大
	圆周率		哈密尔顿算子
	定理	2	拉普拉斯算子

# 目 录

第 1 章 绪论 .....	1
§ 1 - 1 流体力学研究的内容和方法 .....	1
§ 1 - 2 流体力学发展简史 .....	2
§ 1 - 3 流体的连续介质模型 .....	5
§ 1 - 4 作用在流体上的力 .....	7
§ 1 - 5 流体的主要物理性质 .....	8
§ 1 - 6 表面张力和毛细现象 .....	20
例题 .....	22
习题 .....	24
第 2 章 流体静力学 .....	27
§ 2 - 1 流体静压强及其特性 .....	27
§ 2 - 2 流体平衡微分方程式、力函数、等压面 .....	29
§ 2 - 3 重力作用下流体平衡基本方程式 .....	33
§ 2 - 4 流体中压强的表示方法、平衡基本方程式的物理意义 .....	36
§ 2 - 5 重力和其它质量力同时作用下流体的平衡 .....	39
§ 2 - 6 静止流体对平面壁的作用力 .....	43
§ 2 - 7 静止流体对曲面壁的作用力、压力体 .....	46
例题 .....	50
习题 .....	59
第 3 章 流体运动学 .....	71
§ 3 - 1 研究流体运动的两种方法 .....	71
§ 3 - 2 关于流体运动的一些基本概念 .....	74
§ 3 - 3 连续性方程 .....	81
§ 3 - 4 流体微元的运动分析 .....	86
§ 3 - 5 有旋运动和无旋运动 .....	91
例题 .....	92

习题 .....	96
<b>第 4 章 理想流体动力学基础 .....</b>	<b>100</b>
§ 4 - 1 理想流体运动微分方程式 .....	100
§ 4 - 2 运动微分方程式的葛罗米柯 - 兰姆形式 .....	102
§ 4 - 3 恒定有旋运动中沿流线的伯努利积分 .....	104
§ 4 - 4 非恒定有势运动中的拉格朗日积分 .....	106
§ 4 - 5 重力作用下的伯努利方程 .....	107
§ 4 - 6 伯努利方程的意义 .....	108
§ 4 - 7 相对运动中的伯努利方程 .....	109
§ 4 - 8 非恒定有旋流动中的伯努利积分 .....	111
例题 .....	113
习题 .....	117
<b>第 5 章 旋涡理论基础 .....</b>	<b>121</b>
§ 5 - 1 涡线、涡管、涡束和旋涡强度 .....	121
§ 5 - 2 速度环量、斯托克斯定理 .....	122
§ 5 - 3 速度环量保持不变的汤姆逊定理 .....	126
§ 5 - 4 涡管特性的亥姆霍兹三定理 .....	128
§ 5 - 5 二元旋涡的速度和压强分布 .....	130
例题 .....	132
习题 .....	134
<b>第 6 章 理想流体平面势流 .....</b>	<b>136</b>
§ 6 - 1 速度势和流函数 .....	136
§ 6 - 2 几种简单的平面势流 .....	142
§ 6 - 3 简单势流的叠加 .....	146
§ 6 - 4 偶极流 .....	148
§ 6 - 5 流体对圆柱体的无环量绕流 .....	151
§ 6 - 6 流体对圆柱体的有环量绕流 .....	156
§ 6 - 7 绕圆球流动 .....	161
§ 6 - 8 复位势和复速度 .....	165
§ 6 - 9 作用力与作用力矩的布拉修斯公式 .....	168
§ 6 - 10 库塔 - 儒科夫斯基定理 .....	171
§ 6 - 11 环量 的确定、翼型后缘无分离绕流的假设 .....	173

例题.....	175
习题.....	179
<b>第 7 章 粘性流体动力学</b> .....	182
§ 7 - 1 粘性流体运动微分方程式 .....	182
§ 7 - 2 粘性流体的葛罗米柯 - 斯托克斯方程 .....	192
§ 7 - 3 葛罗米柯 - 斯托克斯方程的伯努利积分 .....	193
§ 7 - 4 重力作用下实际流体微小流束伯努利方程式 .....	194
§ 7 - 5 缓变流动及其特性 .....	195
§ 7 - 6 动能和动量修正因数 .....	196
§ 7 - 7 粘性流体恒定总流的伯努利方程 .....	198
§ 7 - 8 动量方程 .....	200
例题.....	204
习题.....	210
<b>第 8 章 流动相似原理基础</b> .....	215
§ 8 - 1 流体力学相似条件 .....	216
§ 8 - 2 粘性流体流动的力学相似准数 .....	218
§ 8 - 3 决定性相似准数 .....	221
§ 8 - 4 量纲分析方法 .....	223
例题.....	227
习题.....	228
<b>第 9 章 流体运动阻力与损失</b> .....	231
§ 9 - 1 流动阻力的两种类型 .....	231
§ 9 - 2 粘性流体的两种运动状态 .....	232
§ 9 - 3 圆管中的层流运动 .....	237
§ 9 - 4 间隙中的层流运动 .....	242
§ 9 - 5 圆管中的紊流运动 .....	247
§ 9 - 6 圆管内均匀紊流的沿程损失 .....	259
§ 9 - 7 沿程损失因数的实验研究 .....	263
§ 9 - 8 几种非圆形断面管中的流动 .....	267
§ 9 - 9 局部阻力与损失计算 .....	273
§ 9 - 10 薄壁小孔口恒定自由出流 .....	282
§ 9 - 11 圆柱外伸管嘴恒定自由出流 .....	285

例题.....	289
习题.....	293
<b>第 10 章 管路的水力计算</b> .....	301
§ 10 - 1 管路系统的分类 .....	301
§ 10 - 2 管路的水力计算 .....	302
§ 10 - 3 计算机在管路水力计算中的应用 .....	310
§ 10 - 4 有压管路中的水击 .....	332
例题.....	338
习题.....	340
<b>第 11 章 粘性流体绕物体流动</b> .....	346
§ 11 - 1 边界层的概念 .....	346
§ 11 - 2 边界层微分方程 .....	348
§ 11 - 3 边界层动量积分关系式 .....	352
§ 11 - 4 边界层的位移厚度和动量损失厚度 .....	355
§ 11 - 5 平板层流边界层的近似计算 .....	357
§ 11 - 6 平板紊流边界层的近似计算 .....	360
§ 11 - 7 二维平板混合边界层近似计算 .....	363
§ 11 - 8 曲面边界层及其分离 .....	365
§ 11 - 9 不良流线型体的绕流、卡门涡和绕流阻力 .....	369
§ 11 - 10 管道入口起始段 .....	372
§ 11 - 11 小雷诺数平行流绕球体的阻力 .....	376
§ 11 - 12 自由紊流射流 .....	382
例题.....	387
习题.....	388
<b>第 12 章 可压缩流体的一元流动</b> .....	391
§ 12 - 1 基本概念 .....	392
§ 12 - 2 微小扰动在空气中的传播 .....	398
§ 12 - 3 气体一元恒定流动基本方程 .....	400
§ 12 - 4 理想气体一元等熵流动的特征 .....	402
§ 12 - 5 绝热气流的压缩性影响 .....	407
§ 12 - 6 气流速度与断面形状间的关系 .....	407
§ 12 - 7 气体从管嘴的等熵出流 .....	410

§ 12 - 8 实际气体在管道中的恒定流动 .....	414
例题 .....	419
习题 .....	422
<b>第 13 章 可压缩流体的平面流动 .....</b>	<b>425</b>
§ 13 - 1 平面马赫波 .....	425
§ 13 - 2 可压缩流体平面流动的基本方程 .....	428
§ 13 - 3 普朗特 - 迈耶流动 (绕凸钝角的超声速流动) .....	431
§ 13 - 4 小扰动线化法 .....	436
§ 13 - 5 特征线法 .....	438
§ 13 - 6 激波及其形成 .....	445
§ 13 - 7 正激波前后气流参数间的关系 .....	450
§ 13 - 8 斜激波前后气流参数间的关系 .....	452
§ 13 - 9 突跃压缩与等熵压缩的比较 (兰金 - 雨贡纽关系式) .....	456
§ 13 - 10 激波的相交与反射 .....	458
§ 13 - 11 缩放喷管在变工况下的流动分析 .....	463
例题 .....	465
习题 .....	466
<b>第 14 章 流体要素测量 .....</b>	<b>468</b>
§ 14 - 1 压强的测量 .....	468
§ 14 - 2 流速的测量 .....	476
§ 14 - 3 流量的测量 .....	482
<b>主要参考书目 .....</b>	<b>488</b>
<b>名词术语中英文对照表 .....</b>	<b>490</b>
<b>中英文人名对照表 .....</b>	<b>508</b>
<b>作者简介 .....</b>	<b>512</b>

# 第 1 章

## 绪 论

### § 1 - 1 流体力学研究的内容和方法

流体力学是研究流体平衡和运动规律的一门科学，是力学的一个重要分支。

流体力学的基本任务在于建立描述流体运动的基本方程，确定流体经各种通道及绕流不同物体时速度、压强的分布规律，探求能量转换及各种损失的计算方法，并解决流体与限制其流动的固体壁之间的相互作用问题。

流体力学按其研究内容侧重方面的不同，分为理论流体力学

方法，力求准确性和严密性。后者则侧重于解决工程实际中出现的问题，而不去追求数学上的严密性。当然，由于流体运动的复杂性，在一定程度上，两种方法都须借助于实验研究，得出经验或半经验的公式。

在实际工程的许多领域里，流体力学一直起着十分重要的作用。无论是水利工程、动力工程、航空工程，还是化学工程、机械工程等都在日益广泛地应用着流体力学。就某种意义而言，也正是在流体力学的研究工作不断取得成就的前提下，才促进了这些部门的大力发展。

流体力学研究的对象包括液体和气体，它们统称为流体。流体力学研究的是流体中大量分子的宏观平均运动规律，而不考虑其具体的分子运动。

工程流体力学主要讲述流体力学的基本概念、基本理论及在工程实际中的应用。本教材是能源动力类和机械类各专业的教学用书，其研究内容以不可压缩流体的流动为主，但对某些专业所涉及的可压缩流体基本理论也作了相应的阐述。

由于在各种热能动力和许多机械设备中采用水、汽、空气、油、烟气等流

体作为工作介质，因此，只有掌握了流体的基本运动规律才能真正了解这些设备的性能和运行规律，才能正确地从事设计和运行管理。所以，工程流体力学是能源动力类和机械类各专业的主要专业基础课程之一。

流体力学作为一门技术科学，研究方法也遵循“实践 - 理论 - 实践”的基本规律。其研究过程可大致分为以下步骤：

出共性问题作为研究课题；

素，忽略次要因素，建立抽象的数学模型；

论；

其完善。

### § 1 - 2 流体力学发展简史

人类为了生存，自远古以来一直持续不断地与自然界进行着不懈的斗争。流体力学同其它自然科学一样，是在长期的生产实践和科学研究中逐渐发展成为自然科学的一个重要分支。

人们最早对流体知识的认识是从治水、供水、灌溉、航行等方面开始的，在远古时代就在诸多方面取得了很大的成就。公元前 2000—公元前 1000 年，埃及、巴比伦、罗马、希腊和印度等地的水利工程、造船和航海等事业的发展就是很好的例证，说明人们在大量的与自然斗争和生产实践中，对水流运动的规律已经有了一定的认识。而我们的祖先于远古时代就在水利工程方面作出过许多杰出的贡献。公元前 2286—公元前 2278 年的大禹治水已成为中华民族的千古佳话。公元前 300 多年，人们为了消除岷江水患和发展生产，在四川灌县修建了著名的都江堰水利工程，将岷江分为内外两江。在枯水期，由内江满足下游的灌溉用水；而在洪水期，由外江泄洪保证下游灌区的安全，由此总结出“深淘滩，低作堰”，说明当时我国人民对明渠水流和堰流已经有了一定的认识和掌握。由公元前 485 年开始修建，直到隋朝才完成的大运河，从杭州到北京长达 1782 km，运河使用的多处船闸，以及各段设置的合理性，充分表明了我国劳动人民在建设水利工程方面的聪明才智。这些工程至今仍在农业生产和交通等方面起着重要的作用。

流体力学作为一门完整的学科发展起来是和历史上许多学者、科学家的努