

力学名著译丛

理论流体力学

上册

[英] H. 兰姆 著



科学出版社

445

力学名著译丛

理论流体力学

下册

[英] H. 兰姆 著



科学出版社

12.1
157

力学名著译丛

理论流体力学

上册

[英] H. 兰姆 著

游镇雄 牛家玉 译

游镇雄 校

科学出版社

1990

52.712
157

力学名著译丛

理论流体力学

下册

[英] H. 兰姆 著

游镇雄 译

科学出版社

1992

内 容 简 介

原著为经典名著，1879年首次出版后多次再版。书中系统地讲解了有关经典流体力学方面的基本理论，侧重于流体力学的数学理论，推理严密，编写精练，应用广泛。中译本分上、下两册出版。上册包括运动方程、特殊情况下方程的积分、无旋运动、动力学理论、旋涡运动和潮汐波等内容。

本书对于理工科大中专院校流体力学和空气动力学专业的学生、研究生是一本不可多得的基础理论参考书，对于从事流体力学和空气动力学等方面的科技工作者也是一本必备的参考书。

第II,III,IV章由牛家玉同志翻译，游镇雄同志校订，其余诸章均由游镇雄同志翻译。

Sir Horace Lamb, M. A., LL. D., Sc. D., F. R. S.

HYDRODYNAMICS

Sixth Edition

Cambridge at the University Press 1932

力学名著译丛

理论流体力学

上册

[英] H. 兰 姆 著

游镇雄 牛家玉 译

游镇雄 校

责任编辑 朴玉芬 李成香

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100707

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1990年9月第一版 开本:850×1168 1/32

1990年9月第一次印刷 印张:14 3/4

印数: 平 1—1200 插页: 精 2

字 数: 精 1—700 字 数: 385 000

ISBN 7-03-001750-1/O·341 (平)

ISBN 7-03-001751-X/O·342 (精)

平 装 15.00 元

定价: 布脊精装 16.60 元

序

本书可视为 1879 年所出版的《流体运动的数学理论》一书的第六版。在那本书之后的各版本经过重大改编和扩充，均已改为现用的书名。

本版未变更总体布局，但却再次对全书作了修改，适当地作了某些重要的删减，并增加了许多新的内容。

本门学科在近几年中有了重大的发展，例如在潮汐理论方面以及在与航空技术有关的许多方向上。因此，可以饶有兴味地看到，经常笼罩着贬值乌云的“经典”理论流体动力学已具有了一个正在扩展着的实用方面的领域。由于某些研究过于复杂，不可能都在本书的篇幅内作出充分的描述，但本书仍试图在适当场合对较重要的结论及其所用方法给予叙述。

和前几版一样，书中所涉及的专家们的有关工作，在脚注中都详细地列出，但似乎应该说明，本书已把原始的推证几乎都作了重大的修改。

再次向剑桥大学出版社的工作人员致谢，他们为印刷本书提供了很有价值的帮助。

H. 兰 姆

1932 年 4 月

目 录

第 I 章 运动方程组

1, 2.	流体的基本性质	1
3.	两种探讨方法	2
4—9.	Euler 形式的运动方程组。动力学方程组。连续性方程。物理方程。表面条件	3
10.	能量方程	9
10a.	动量的变化	12
11.	由脉冲力所引起的流动	13
12.	以动坐标系为参考系的 Euler 方程组	15
13, 14.	Lagrange 形式的运动方程组和连续性方程	16
15, 16.	Weber 变换	18
16a.	平面极坐标系和球极坐标系中的 Euler 方程组	20

第 II 章 运动方程在特殊情况下的积分形式

17.	速度势。Lagrange 定理	22
18, 19	关于 ϕ 的物理叙述和运动学叙述	23
20.	存在速度势时运动方程的积分。压力方程	24
21—23.	定常运动。从能量原理导出压力方程。极限速度	26
24.	液体的流动; 射流颈	29
24a, 25.	气体的流动	32
26—29.	旋转着的液体之例: 均匀旋转; Rankine 的“组合涡”; 在电磁场中的旋转	34

第 III 章 无旋运动

30.	把一个流体微元的微分运动分解为变形和旋转	38
31, 32.	“流动”和“环量”。Stokes 定理	40
33.	一个运动着的回路上的环量守恒性	44

34, 35.	单连通空间中的无旋运动; 单值速度势.....	45
36—39.	不可压缩流体; 流管. ϕ 不能为极大或极小. 速度不能为极大. ϕ 在球面上的平均值.....	46
40, 41.	关于 ϕ 的确定性条件.....	50
42—46.	Green 定理; 动力学解释; 用于动能的公式. Kelvin 的最小动能定理.....	53
47, 48.	多连通区域; “回路”和“屏障”.....	60
49—51.	多连通空间中的无旋运动; 多值速度势; 循环常数.....	62
52.	不可压缩流体的情况. 关于 ϕ 的确定性条件.....	65
53—55.	Green 定理的 Kelvin 推广; 动力学解释; 在一个循环空间中作无旋运动的液体的动能.....	66
56—58.	“源”和“汇”; 双源. 用源的面分布来表示液体的无旋运动.....	70

第 IV 章 液体的二维运动

59.	Lagrange 的流函数.....	76
60, 60a.	流函数与速度势之间的关系. 二维源. 电模拟.....	78
61.	动能.....	80
62.	二维无旋运动和复变函数理论之间的联系.....	81
63, 64.	几个简单的循环运动和非循环运动. 一个源在圆形障碍物中的镜像. 一系列源的势函数.....	83
65, 66.	逆关系. 共焦曲线组. 出入明渠的流动.....	87
67.	普遍公式; Fourier 方法.....	90
68.	圆柱体的运动(无环量); 流线.....	91
69.	圆柱体的运动(有环量); “升力”. 常力作用下的次摆线路径.....	93
70.	对较为一般的情况的注释. 变换的方法; Kutta 问题.....	96
71.	逆方法. 由一个柱体作平移而引起的运动; 柱截面为椭圆时的情形. 绕过倾斜薄板的流动; 由流体压力所产生的力偶.....	98
72.	由旋转的边界所引起的运动. 不同截面的旋转棱柱形容器. 在无限流体中的旋转椭圆柱; 带有环量的一般情况.....	102

72a.	用一个双源来表示移动着的柱体对远处的影响.....	107
72b.	环绕一个固定柱体作无旋运动的流体对柱体作用力的 Blasius 表达式。应用; Joukowski 定理; 由简单源所引起之力.....	108
73.	自由流线。保角变换的 Schwarz 方法.....	111
74—78.	例。Borda 管嘴的二维形式; 从长孔流出的流体; 收缩系数。液流对薄板的冲击 (正冲击和斜冲击); 阻力。Bobyreff 问题.....	114
79.	不连续的运动.....	125
80.	曲面上的薄层流动.....	128

第 V 章 液体的三维无旋运动

81, 82.	球谐函数。Maxwell 的极点理论.....	130
83.	球极坐标系中的 Laplace 方程.....	133
84, 85.	带谐函数。超几何级数.....	134
86.	田谐函数和扇谐函数.....	138
87, 88.	球面谐函数的共轭性。把函数展为球面谐函数的级数.....	141
89.	Laplace 方程的符号解。定积分形式.....	142
90, 91.	在流体动力学中的应用。一个球形表面上的脉冲压力。规定了法向速度的情况。流体运动的功能.....	144
91a	例。空泡的消失问题。气穴由于内部压力而膨胀的问题.....	146
92, 93.	圆球在无限液体中的运动; 惯性系数。同心刚性边界的影响.....	148
94—96.	Stokes 的流函数。用球谐函数表示的公式。圆球的流线。简单源和双源对球面的镜像。作用于球上之力.....	151
97.	Rankine 的逆方法.....	156
98, 99.	两个圆球在液体中运动。运动学公式。惯性系数.....	157
100, 101.	柱谐函数。用 Bessel 函数表示 Laplace 方程的解。任意函数的展开.....	162
102.	流体动力学中的例子。穿过一个圆孔的流动。一个圆	

	盘的惯性系数·····	165
103—106.	用于回转长椭球体的椭球谐函数。 一个回转长椭球体的 平移和转动·····	169
107—109.	用于回转扁椭球体的谐函数。 穿过一个圆孔的流动。 一个圆盘的流线。 回转扁椭球体的平移和转动·····	174
110.	液体在椭球形容器中的运动·····	180
111.	一般正交坐标系。 $\nabla^2\phi$ 的变换·····	181
112.	一般椭球坐标系；共焦二次曲面·····	183
113.	穿过一个椭圆孔的流动·····	185
114, 115.	椭球体在液体中的平移和转动；惯性系数·····	187
116.	其它问题的参考文献·····	194
附录：	一般正交坐标系中的流体动力学方程组·····	194

第 VI 章 固体在液体中运动的动力理论

117, 118.	一个物体在液体中运动时的运动学公式·····	198
119.	“冲量”理论·····	200
120.	相对于和物体固连的坐标系的动力学方程·····	201
121, 121a.	动能；惯性系数。 用一个双源来表示远处的流体运动 ·····	202
122, 123.	冲量的分量。 反逆公式·····	205
124.	流体动力作用力的表达式。 三个恒定平移；稳定性·····	208
125.	定常运动的可能模式。 由脉冲力偶引起的运动·····	211
126.	流体动力学上的对称性类型·····	213
127—129.	回转体型固体的运动。 沿轴线运动的稳定性。 旋转的 影响。 其它形式的定常运动·····	216
130.	“螺旋体”的运动·····	221
131.	在刚性外壳内的流体的惯性系数·····	222
132—134.	穿过带孔固体中孔道的流动为循环运动时的情况。 一个 环的定常运动；稳定性的条件·····	222
134a.	柱体作二维运动时所受到的流体动力作用力·····	227
135, 136.	广义坐标中的 Lagrange 运动方程。 Hamilton 原理。 在流体动力学中的应用·····	232
137, 138.	例。 靠近刚性边界的一个圆球的运动。 两个圆球沿球	

心连线的运动	236
139—141. Lagrange 方程在循环运动中的修正; 被遗坐标法. 陀螺系统的方程	238
142, 143. 运动-静力学. 浸没于非均匀流动中的固体所受到的流体动力作用力	245
144. 对动力学原理直觉推广的注释	250

第 VII 章 涡旋运动

145. “涡线”和“涡丝”; 运动学性质	251
146. 涡旋的守恒性; Kelvin 的证明. Cauchy, Stokes 和 Helmholtz 的方程. 在固定椭球形外壳中具有均布涡量的运动	253
147. 确定性的条件	258
148, 149. 用膨胀率和涡量来表示速度; 电磁模拟. 由一个孤立涡旋所引起的速度	259
150. 由一个涡旋所引起的速度势	263
151. 涡旋层	265
152, 153. 涡旋系的冲量和能量	268
154, 155. 直线涡旋. 一个涡偶的流线族. 其它例子	274
156. 对一系列涡旋和两列涡旋稳定性的探讨. Kármán “涡街”	281
157. Kirchhoff 关于平行涡旋系的理论	288
158, 159. 有限大小截面柱状涡旋的稳定性; Kirchhoff 的椭圆形涡旋	289
159a. 一个固体在具有均匀涡量的液体中的运动	293
160. 曲面上薄层流体中的涡旋	296
161—163. 圆形涡旋; 一个孤立的圆形涡旋的势函数和流函数; 流线. 冲量和能量. 一个涡环的移动速度	297
164. 诸涡环的相互作用. 一个涡环在球内的镜像	303
165. 液体作定常运动的一般性条件. 柱形和球形涡旋	306
166. 参考材料	310
166a. Bjerknes 定理	310
167. 流体动力学方程的 Clebsch 变换	311

第 VIII 章 潮 汐 波

168.	微小振荡的一般性理论;正则振型;强迫振荡.....	315
169—174.	均匀渠道中的自由波动;初始条件的影响;近似假定所适用的情况;能量	320
175.	化为定常运动的技巧.....	328
176.	波系的叠加;反射	330
177—179.	扰力的影响;有限长度渠道中的自由振荡和强迫振荡	331
180—184.	潮汐的沟渠理论. 扰力的势函数. 沿赤道的渠道和平行于赤道的渠道中的潮汐;半日潮和全日潮. 与子午线重合的渠道;平均水位的变化;两周潮. 沿赤道的有限长度渠道;潮汐的滞后.....	336
185, 186.	变截面渠道中的波动. 自由振荡和强迫振荡之例;浅海和港湾中潮汐的增大现象.....	345
187, 188.	有限振幅波;行波中形状的变化. 二阶潮.....	351
189, 190.	水平水层中的二维波动;普遍方程组. 矩形水池中的振荡.....	356
191, 192.	圆形水池中的振荡; Bessel 函数;等高线. 椭圆形水池;最缓慢振型的频率的近似值.....	359
193.	变深度的情况. 圆形水池.....	366
194—197.	从中心处所发出的扰动的传播;第二类 Bessel 函数. 由局部的周期性压力所产生的波. 发散波的一般公式. 瞬态局部扰动.....	369
198—201.	球形水层的振荡;自由波动和强迫波动. 水质点间相互引力的影响. 由子午线和纬线所围圈的海洋.....	380
202, 203.	动力系统相对于转动坐标系的运动方程组.....	387
204—205a.	转动系统的微小振荡;“寻常的”稳定性和“长期的”稳定性. 微弱转动对正则振型的形态和频率的影响.....	391
205b.	频率的近似计算.....	396
206.	强迫振荡.....	399
207, 208.	流体动力学中的实例;转动着的平面水层中的潮汐振荡;直渠道中的波动.....	401

209—211.	转动着的具有均匀深度的圆形海盆;自由振荡和强迫振荡	405
212.	变深度的圆形海盆	412
212a	近似方法之例	412
213, 214.	旋转球体上的潮汐振荡。 Laplace 的动力理论	417
215—217.	对称振荡。 长周期潮汐	422
218—221.	全日潮和半日潮。 对 Laplace 解的讨论	432
222, 223.	Hough 的研究;某些摘录和结果	440
223a.	对进一步探索的介绍	447
224.	由于海洋的实际位形而对动力理论所作出的某些修正;相位问题	448
225, 226.	海洋的稳定性。 关于运动稳定性的一般理论的补充说明	451
附录:	关于引潮力	454

目 录

第 IX 章 表 面 波

227.	二维问题;表面条件.....	459
228.	驻波;流线.....	460
229,230.	行波;质点的轨道. 波速;数值表. 简谐波列的能量...	463
231.	叠置流体的振荡	468
232.	两股流体间公界面的不稳定性	471
233,234.	化为定常运动的技巧	474
235.	非均质液体的波动	478
236,237.	群速度. 能量的传递	481
238—240.	Cauchy-Poisson 波动问题;由初始局部升高或局部冲量所引起的波	486
241.	关于线性介质中一个局部扰动的效应的 Kelvin 近似公式. 图线构造	500
242—246.	水流的表面扰动. 水深为有限时的情况. 河床起伏的影响	505
247.	被淹没的柱体所引起的波动	519
248,249.	由移动着的扰动所引起的波动的一般性理论. 波阻 ...	522
250.	有限波高的波动;恒定型的波动. 极限形状.....	527
251.	Gerstner 有旋波	533
252,253.	孤立波. Korteweg 和 De Vries 的振荡波.....	537
254.	关于恒定型波动的 Helmholtz 动力学条件.....	542
255,256.	波沿两个水平方向传播时的情况. 局部扰动的效应 ... 移动的扰动压力的效应;波浪图案.....	544 550
256a,256b.	其它形式的移动扰动. 船波. 波阻. 有限水深对波浪图案的影响	555
257—259.	有限质量液体中的驻波. 三角形截面和半圆形截面渠道中的横向振荡	559

2F-62/09

260, 261.	纵向振荡; 三角形截面的渠道; 边缘波.....	565
262—264.	球形液体团的振荡, 流线. 覆盖在球形核上的具有均匀深度的海洋	572
265.	毛细作用. 表面条件	578
266.	表面张力波. 群速度	579
267, 268.	在重力和表面张力双重作用下的波动. 最小波速. 两股平行流动的公界面上的波动	582
269.	局部扰动所引起的波动. 移动着的扰动的效应; 波浪和涟波	587
270—272	水流的表面扰动; 正规的探讨. 钓鱼丝问题. 波纹图案	589
273—274.	圆柱形液体的振荡. 射流的不稳定性	597
275.	圆球形液滴和气泡的振荡	601

第 X 章 疏 密 波

276—280.	平面波; 声速; 波系的能量	604
281—284.	有限振幅的平面波; Riemann 和 Earnshaw 方法. 恒定形态的条件; Rankine 的探讨. 近似的不连续波	610
285, 286.	球面波. 用初始条件来表示的解	621
287, 288.	声波的普遍方程. 能量方程. 解的确定性	626
289.	简谐振动. 简单源和双源. 能量的发射	630
290.	Helmholtz 对 Green 定理的改编. 用源的面分布来表示速度势. Kirchhoff 公式	633
291.	周期性扰力	637
292.	球谐函数的应用. 一般性公式	639
293.	圆球形外壳中的空气的振动. 球形空气层的振动 ..	643
294.	从一个球形曲面向外传播的波动; 由侧向运动引起的衰减	646
295.	空气对球摆振荡的影响; 惯性的修正; 阻尼	648
296—298.	由球形障碍物所引起的声波散射. 声波对可移动的球体的冲击; 同步时的情况	649
299—300.	当波长相对较大时, 由圆板、挡板上的孔隙以及由任	

	何形状的障碍物所引起的衍射	656
301.	用球谐函数求解声波方程。波阵上的条件	662
302.	二维中的声波。瞬时源的效应;和一维情况以及三维情况的比较	665
303,304.	简谐振动;用 Bessel 函数所表示的解。振荡着的柱体。由圆柱形障碍物所引起的声波散射	669
305.	二维中长波衍射的近似理论。由平板条和由薄隔板上的孔隙所引起的衍射	674
306,307.	声波遇到隔栅时的反射和透射	677
308.	由半无限隔板所引起的衍射	682
309,310.	大气中沿铅直方向传播的波动;“等温”假设和“对流”假设	686
311,311a,312.	大气中的长波理论	693
313.	气体在常力作用下振动时的普遍方程	704
314,315.	非转动球体上的大气的振荡	706
316.	转动着的球体上的大气潮。共振的可能性	708

第 XI 章 粘 性

317,318.	耗散力的理论。单自由度;自由振荡和强迫振荡。摩擦对相位的影响	713
319.	在赤道渠道中的潮汐问题上的应用;潮汐滞后和潮汐摩擦	716
320.	耗散系统的一般性方程;摩擦项和陀螺项。耗散函数	720
321.	耗散系统围绕绝对平衡位形的振荡	721
322.	陀螺项的影响。二自由度之例;长周期的扰力	723
323—325.	流体的粘性;对应力的说明;变换公式	725
326,327.	作为应变率的线性函数的应力。粘性系数。边界条件;滑移问题	728
328.,328a	动力学方程组。修改后的 Helmholtz 方程;涡量的扩散	731
329.	粘性引起的能量耗散	734
330,330a.	液体在二平行平面之间的流动。Hele Shaw 实验。润滑理论;例	737

331, 332.	圆形截面管道中的流动; Poiseuille 定律; 滑移问题. 其它形状的截面	741
333, 334.	定常转动. 实际上的限制	744
334a.	非定常运动之例. 涡旋的扩散. 深水中表面力的效应...	747
335, 336.	缓慢的定常运动; 用球谐函数表示的通解; 用于应力的公式	753
337.	作直线运动的圆球; 阻力; 末速度; 流线. 圆球为液体时的情况; 固体圆球具有滑移时的情况	757
338.	Stokes 方法; 用流函数来表示的解	763
339.	作定常运动的椭球	766
340, 341.	常力场中的定常运动	768
342.	作定常运动的圆球; Oseen 的评论和 Oseen 解	772
343, 343a.	作定常运动的圆柱体(用 Oseen 方法来处理的). 对其它研究的简述	781
344.	定常运动中的能量耗散; Helmholtz 和 Korteweg 的定理. Rayleigh 的推广	784
345—347.	周期性运动问题. 层流运动; 涡量的扩散. 振荡着的平面. 周期性的引潮力; 粘性在快速运动中的微弱影响	787
348—351	粘性对水波的影响. 由风所引起的波浪. 波浪上的油所产生的镇定作用	792
352, 353.	具有球形边界的周期性运动问题; 用球谐函数来表示的通解	803
354.	应用: 球形容器中的运动衰减; 装满液体的球壳的扭转振荡	810
355.	粘性对液体球振荡的影响	813
356.	粘性对圆球旋转振荡和对摆的振动的影响	815
357.	对二维问题的提示	819
358.	气体中的粘性; 耗散函数	821
359, 360.	粘性对平面声波的衰止作用; 粘性和导热的联合影响	823
360a.	在粘性单独影响下的恒定形声波	828
360b.	多孔物体对声音的吸收作用	830
361.	粘性对发散波的影响	833