

高速空气动力学及噴气推进丛书

卷 六

高速空气动力学理論

W. R. 西亞斯 編

國防工業出版社

52.11
X 5
高速空气动力学及喷气推进丛书

卷 六

高 速 空 气 动 力 学 理 论

W. R. 西 亚 斯 編

安 继 光 譯



002712

国防工业出版社

本书根据查理克(Joseph V. Charyk)所主編之“High Speed
Aerodynamics and Jet Propulsion”丛书中的第六卷W.
R. Sears 編“General Theory of High Speed Aerody-
namics”Princeton University Press 1954年第一版譯出

*

國防工業出版社 出版

北京市书刊出版业营业許可証出字第 074 号
机械工业出版社印刷厂印刷 新华书店发行

*

850×1168 $1/32$ 印張 24 插頁 4 660 千字

1960年 6 月第一版

1960年 6 月北京第一次印刷

印数: 0,001—2,756 册 定价: (11-9) 5.65 元

NO. 3213 統一書号 15034·458

目 录

譯者序	3
編者序	5

第一部分(A) 高速空气动力学基础

Th. 馮·卡門

1 非壓縮性气流	13
2 压力的傳播	14
3 超音速及亚音速气流	14
4 超音速气流的綫化理論	16
5 壓縮性气流中的有限扰动. 激波	19
6 超高速範圍	22
7 跨音速範圍	26
8 嫡及嫡量	31
9 嫡的增加及阻力	33
10 粘性的作用	35
11 連續性流体理論的限制	38
12 所引用的参考文献	40

第二部分(B) 双曲綫型气流問題的数学方面

K. O. 弗来得利赫斯

1 一元气流	44
2 依賴区域 影响範圍	46
3 唯一性的証明	52
4 特征綫方程式存在性	59
5 有限差分法	63
6 非等嫡气体运动	65
7 含有激波面及反应面的气流	68
8 关于二元定常气流	71
9 所引用的参考文献	74

第三部分(C) 小扰动理論

W · R · 西亚斯

1 引言	75
2 声音傳播方程式	77
3 浦朗陀-葛勞渥方程式	78
4 在机翼理論上的应用	80
5 在其他物体上的应用	88
6 定常气流的压力修正公式	96
7 临界馬氏数	100
8 試驗的証实	102
9 孟克及瓊斯的細长物体理論	110
10 有旋的小扰动气流	114
11 有旋定常气流中的流函数	125
12 不定常的及周期性的气流問題基本解答	130
13 所引用的参考文献	134

第四部分(D) 超音速及跨音速小扰动理論

馬克斯 · A · 海斯来脫

哈伐得 勞馬克斯

第一章 波动方程式及其求解方法	137
1 緒論	137
2 流体流动的偏微分方程式	138
3 定常状态边界条件及求解方法	140
4 結語	146
第二章 二元超音速定常气流	148
5 基本速度位方程式及其解答	148
6 翼型的压力分布	153
7 翼型特性	154
8 平面波及其应用	155
9 动量关系及其应用	159
第三章 三元超音速定常气流	164
10 基本的速度位方程式及其解答	164

11 正向問題	173
12 逆向問題	179
13 逆向問題: 特殊方法	203
14 空气动力特性的計算	236
14.1 附录	247
第四章 軸对称超音速定常气流	255
15 基本速度位方程式及其解答	255
16 尖头的細长迴轉体	258
17 尖头的細长迴轉体: 攻角效应	259
18 尖头的細长迴轉体: 厚度效应	261
第五章 細长飞机理論	270
19 細长飞机的基本速度位方程式	270
20 边界条件的討論	272
21 升力的計算	275
22 平面問題的例子	278
23 干扰問題的例子	286
24 結論	295
第六章 不定常升力	296
25 基本方程式及机翼边界值問題	296
26 特征函数	313
27 某些二元不定常問題的討論	319
28 一些三元不定常問題的例子	326
第七章 空气动力学中的互换关系及反流理論	335
29 引言	335
30 机翼理論中的反流理論	338
31 应用	343
第八章 跨音速及超高速气流的小扰动理論	349
32 引言	349
33 跨音速气流的相似律	355
34 超高速气流	357
35 所引用的参考文献	362

第五部分(E) 高級近似法

M · J · 賴特希爾

1 引言	367
2 亞音速气流	374
3 超音速二元翼型理論: 表面压力	396
4 超音速二元翼型理論: 完全流型	419
5 超音速二元翼型理論: 鈍前緣的影响	442
6 超音速彈体理論: 完全流型	450
7 超音速彈体理論: 表面压力	478
8 超音速三元机翼理論	506
9 所引用的参考文献	516

第六部分(F) 平面亞音速及跨音速位流

郭永怀 W · R · 西亞斯

1 引言	520
2 速度图轉換	522
3 查普雷金方程式的特解	526
4 由勒上得尔轉換法所得出的方程式的特解	530
5 查普雷金-卡門-錢学森近似	531
6 簡單气流的实例	539
7 二元气体射流	545
8 繞封閉物体的气流	550
9 二元拉瓦尔噴管	562
10 跨音速气流的近似解	571
11 繞經翼型的跨音速气流的近似解	577
12 速度图轉換中的奇异性	583
13 理論与实验間的矛盾	592
14 跨音速气流的稳定理論	595
15 順滑跨音速气流的不存在性理論	598
16 超几何函数的性质	603
17 所引用的参考文献及书目	609

第七部分(G). 特征綫方法

安东尼奥 弗利

第一章 导論	615
1 引言	615
2 二元及軸对称气流的特征方程式	618
第二章 二元位流	622
3 二元位流的特征方程式	622
4 在速度图中的特征綫	624
5 浦朗陀-梅叶尔气流	631
6 沿一弯曲表面的气流	636
7 由特征綫理論所导出的綫化理論	638
8 普通二元位流問題的數解方法及图解方法	639
9 边界条件: 固体边界	642
10 边界条件: 自由边界	643
第三章 軸对称位流	646
11 數解方法	646
12 在边界上的点及在軸上的点	649
13 利用表解值的數解法	653
14 图解法	655
15 錐型流	657
16 在軸对称气流中繞轉角的气流	659
17 在无穷远处特征綫的形状	661
第四章 二元或軸对称有旋气流的特征綫方法	663
18 數解及图解方法	663
19 在瓣或焰的不連續面上的反射	666
第五章 对于具有三个自变数的問題的特征綫方法	670
20 沿特征面的运动方程式	670
21 特征面	674
22 普遍問題的特征綫數字解法	676
23 二元不定常气流	680
第六章 綫化特征綫方法	683

24 綫化特征綫方程式	683
25 对于軸对称气流的綫化特征綫方法	685
26 处于小攻角下的迴轉体	689
27 准二元流場	692
28 所引用的参考文献	694

第八部分(H) 带有激波的超音速气流

安东尼奥 弗利

1 引言	696
第一章 带有激波的二元及軸对称气流	696
2 在二元气流及軸对称气流中的激波形状	696
3 由于存在着弯曲激波而引起的反射波强度	702
4 头激波曲率与流綫曲率之間的关系	703
5 头激波在无穷远处的曲率及头激波阻力的决定	707
第二章 跨音速气流	714
6 簡化了的基本方程式	714
7 跨音速气流的激波极綫	719
8 边界条件	721
9 亚音速气流繞轉角轉变为超音速气流	723
10 对于二元尖头物体, 附体激波到钝体激波的轉变	728
11 兰姆达激波的形成	732
12 二元双楔形剖面的跨音速特性	736
13 任意形状的二元物体	737
第三章 錐型气流	742
14 錐型流場	742
15 在錐型流中的奇点	744
16 在速度平面中的錐型流	746
17 处于零攻角下的圓錐形物体	748
18 軸对称錐型流的速度图	749
19 繞处于零攻角下的圓錐体的流場	750
20 其他屬於軸对称錐型流的問題	753
21 处于小攻角下的圓錐体	755

22 处于小攻角下的圆锥体的流场	758
23 流场的数字计算	759
24 非轴对称圆锥型流	761
25 所引用的参考文献	766

52.17
X-5
高速空气动力学及喷气推进丛书

卷 六

高 速 空 气 动 力 学 理 论

W. R. 西 亚 斯 編

安 继 光 譯



002712

国防工业出版社

本书根据查程克(Joseph V. Charyk)所主編之“High Speed Aerodynamics and Jet Propulsion”丛书中的第六卷W. R. Sears 編“General Theory of High Speed Aerodynamics”Princeton University Press 1954年第一版譯出

*

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业許可証出字第 074 号
机械工业出版社印刷厂印刷 新华书店发行

*

850×1168 $1/32$ 印張 24 插頁 4 660 千字

1960年 6 月第一版

1960年 6 月北京第一次印刷

印数: 0,001—2,750 册 定价: (11-9) 5.65 元

NO. 3213 統一书号 15034·458

譯 者 序

自1947年开始，在美国海陆空三軍研究部的贊助下，一百余位科学家及工程师集体編写了十二卷“高速空气动力学及噴气推进丛书”。1954年后陸續出版。这十二卷书的书名如下：（1）热力学与物质物理学；（2）燃烧过程；（3）气体动力学基础；（4）层流及其轉变到紊流的过程；（5）紊流与热傳导；（6）高速空气动力学理論；（7）飞机部件高速空气动力学；（8）飞机的高速飞行动力学与实验方法；（9）气体动力学与燃烧中的物理測量；（10）渦輪机与压气机空气动力学；（11）燃气渦輪动力装置設計与性能；（12）噴气式发动机。

这一套著作的目的是归納噴气推进及高速空气动力学方面的現有知識，提供出解决这方面問題的理論工具，并且指示未来的发展道路及研究方向。

1934年美国出版了裘倫（Durand）主編的“空气动力学理論”（Aerodynamic Theory）六卷集，它們是由各資本主义国家的二十多位科学家和教授集体編写。由于当时航空技术水平的限制，在此六卷集中除了一些基本的理論外，未能深入涉及高速气流現象。但是該书詳細地研究了非压縮性流体理論及飞机空气动力学。鉴于許多高速空气动力学理論都是在低速空气动力学理論的基础上发展起来的，所以本书与“空气动力学理論”有着紧密的联系。另外，高速空气动力学的气流微分方程与声学中的相似，因此讀者可以參看端来（Rayleigh）著的两卷集“声学理論”（Theory of Sound）。

在本书中大量引用了中国科学家的研究論文，特別是錢学森先生及郭永怀先生等人的創造。本书的第六部分就是由郭永怀先生及W. R. 西亚斯合写的。应当指出，本丛书的第五卷“紊流及热傳导”（Turbulent Flow & Heat Transfer）和第四卷“层流及其轉变到紊流的过程”（Laminar flows & Transition to Turbulence）的主編是中国科学家林家翹。

作为资本主义国家的一本科学著作，本书免不了存在着許多缺点和錯誤；特别是在系統性及邏輯性方面，更难与苏联书籍相比拟。但是总的說来，本书中含有許多比較新的理論知識，所以它对我們的航空科学工作者和工程师还是很有帮助的。书中还罗列了許多参考資料和文献的目录，足以反映出西方国家的目前水平。

由于西方国家学者不可避免的局限性，本书几乎全未討論到苏联科学家在高速空气动力学方面的卓越成就，对于我国讀者說来，这是很大的損失。

譯者在選擇适当的譯名時曾遇到不少困难；例如，hypersonic 虽曾有人譯作“高超音速”，但为了与“亚音速”、“超音速”等名詞相对应，所以在几次变动后决定采用“超高速”。譯者学識淺薄，手头又少参考資料，錯誤在所难免，还希各位同志不吝指教。

在本书的譯述过程中，中国科学院力学研究所及沈阳师范学院数学教研組的同志曾給以不少帮助，特此表示謝意。

安 继 光

1958年1月10日

編 者 序

本书总结了高速空气动力学理論方面的現有知識。首先由西奧多·馮·卡門 (Theodore von Kármán) 作一总括介紹。馮·卡門教授非数学地概述了亚音速、跨音速、超音速及超高速 (hypersonic) 气流的主要特点, 着重于最近的重要发展及某些尚未解决的問題。弗来得利赫斯 (K. O. Friedrichs) 对双曲綫型气流也即超音速或不定常压缩性气流的数学本质作出了一些新的研究。

在这些介紹性的章节之后, 我們特別偏重于广为应用的小扰动理論。西亚斯 (W. R. Sears) 編写归納了亚音速小扰动理論, 注重于最近在統一并澄清这些問題方面的研究以及有旋的和不定常的气流。本书中篇幅最大的一个部分是由海斯来脫 (Max. A. Heaslet) 和勞馬克斯 (Harvard Lomax) 写作的, 他們以統一的方式叙述了超音速綫化理論的全部問題, 特別是它在机翼上的应用。这一部分也包括了跨音速及超高速的非綫性近似方法。賴特希尔 (M. J. Lighthill) 所写的章节考虑到比較精确的近似方法, 用来改善一級近似理論, 解釋并弥补它們的不足之处。这一內容在航空文献中还未曾有過, 故可认为是本书中具有特殊价值的部分。

与扰动理論不同, 郭永怀与西亚斯合作了一章非常复杂困难的內容: 基于速度图法的二元亚音速位流理論及二元超音速-亚音速混合位流理論。在最后的兩部分中, 弗利 (Antonio Ferri) 写作了应用于定常二元及三元气流的特征綫法以及有激波存在时的流型。这些章节包括了弗利教授最近在綫化特征綫法方面的工作。

本书的七位作者在进行本书的写作时, 与編者保持着紧密的联系。編者对于他們、本丛书的总編輯、有关的工作人員以及普林斯頓大学出版社致以衷心的感謝。

編輯 西亞斯

目 录

譯者序	3
編者序	5

第一部分(A) 高速空气动力学基础

Th. 馮 · 卡門

1 非壓縮性气流	13
2 压力的傳播	14
3 超音速及亚音速气流	14
4 超音速气流的綫化理論	16
5 壓縮性气流中的有限扰动. 激波	19
6 超高速範圍	22
7 跨音速範圍	26
8 嫡及嫡量	31
9 嫡的增加及阻力	33
10 粘性的作用	35
11 連續性流體理論的限制	38
12 所引用的参考文献	40

第二部分(B) 双曲綫型气流問題的数学方面

K. O. 弗来得利赫斯

1 一元气流	44
2 依賴区域 影响範圍	46
3 唯一性的証明	52
4 特征綫方程式存在性	59
5 有限差分法	63
6 非等嫡气体运动	65
7 含有激波面及反应面的气流	68
8 关于二元定常气流	71
9 所引用的参考文献	74

第三部分(C) 小扰动理論

W · R · 西亚斯

1 引言	75
2 声音傳播方程式	77
3 浦朗陀-葛勞渥方程式	78
4 在机翼理論上的应用	80
5 在其他物体上的应用	88
6 定常气流的压力修正公式	96
7 临界馬氏数	100
8 試驗的証实	102
9 孟克及瓊斯的細长物体理論	110
10 有旋的小扰动气流	114
11 有旋定常气流中的流函数	125
12 不定常的及周期性的气流問題基本解答	130
13 所引用的参考文献	134

第四部分(D) 超音速及跨音速小扰动理論

馬克斯 · A · 海斯来脫

哈伐得 勞馬克斯

第一章 波动方程式及其求解方法	137
1 緒論	137
2 流体流动的偏微分方程式	138
3 定常状态边界条件及求解方法	140
4 結語	146
第二章 二元超音速定常气流	148
5 基本速度位方程式及其解答	148
6 翼型的压力分布	153
7 翼型特性	154
8 平面波及其应用	155
9 动量关系及其应用	159
第三章 三元超音速定常气流	164
10 基本的速度位方程式及其解答	164