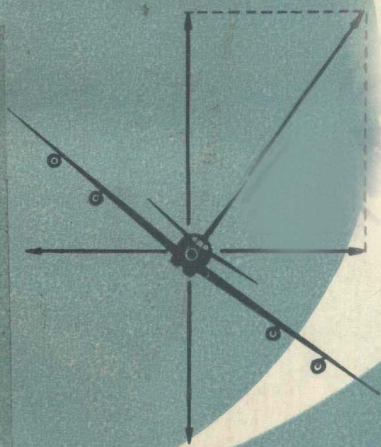


# 飞机空气动力学

上册



国防工业出版社

# 飞机空气动力学

(上册)

H. 施里希廷 E. 特鲁肯布罗特 著

王星灿 译

陆士嘉 校



国防工业出版社

## 内 容 简 介

本书是〔西德〕H. 施里希廷和 E. 特鲁肯布罗特合写的一部飞机空气动力学教科书。著者根据多年的教学 and 实际工作经验, 在较系统地介绍了流体力学基本原理之后, 着重从理论上论述了飞机及其部件的空气动力和相互干扰问题, 并对计算结果和实验结果作了比较。书末附有重要的机翼和飞机的有关数据及大量参考文献。全书共十二章, 分两册出版。本册为上册, 包括第一章至第六章, 主要介绍流体力学基本原理和机翼(第一部分)空气动力问题。

本书可供从事空气动力研究、飞机设计的工作人员和高等院校有关专业的师生参阅。

AERODYNAMIK DES FLUGZEUGES

H. Schlichting, E. Truckenbrodt

Springer-Verlag 1967

\*

飞 机 空 气 动 力 学

(上 册)

H. 施里希廷, E. 特鲁肯布罗特 著

王星灿 译

陆士嘉 校

\*

国防工业出版社出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

\*

850×1168 1/32 印张 14 3/4 388 千字

1978 年 1 月第一版 1978 年 1 月第一次印刷 印数: 0,001—3,800 册

统一书号: 15034·1595 定价: 1.85 元

# 目 录

## 第一部分 流体力学基本原理

|                    |    |
|--------------------|----|
| 第一章 引言和大气的物理性质     | 13 |
| 1.1 飞机空气动力学的任务     | 13 |
| 1.2 空气的物理性质        | 14 |
| 1.21 概述            | 14 |
| 1.22 密度、压力和温度      | 15 |
| 1.23 压缩性           | 16 |
| 1.24 粘性            | 20 |
| 1.3 相似律            | 23 |
| 1.31 马赫相似律         | 23 |
| 1.32 雷诺相似律         | 24 |
| 1.4 大气的物理性质        | 26 |
| 第二章 不可压缩无粘性流(流体力学) | 33 |
| 2.1 流动的运动学         | 33 |
| 2.11 描绘法、速度        | 33 |
| 2.12 轨迹、流线和流管      | 36 |
| 2.13 连续方程          | 37 |
| 2.14 加速度           | 39 |
| 2.15 旋             | 41 |
| 2.2 一元流(流束理论)      | 44 |
| 2.21 一元欧拉运动方程      | 44 |
| 2.22 伯努利方程(能量方程)   | 48 |
| 2.23 伯努利方程的几种应用    | 50 |
| 2.3 二元位流和三元位流      | 52 |
| 2.31 一般的欧拉运动方程     | 52 |
| 2.32 伯努利方程(能量方程)   | 55 |
| 2.33 作为欧拉运动方程解的无旋流 | 55 |
| 2.34 位函数和流函数       | 58 |
| 2.35 简单位流的例子       | 63 |

|                    |                 |     |
|--------------------|-----------------|-----|
| 2.4                | 旋涡运动            | 81  |
| 2.41               | 环量概念            | 81  |
| 2.42               | 环量与旋的关系(斯托克斯定理) | 83  |
| 2.43               | 有环量流动的例子        | 85  |
| 2.44               | 旋涡定理            | 93  |
| 2.45               | 旋涡定理在绕机翼流动中的应用  | 98  |
| 2.46               | 旋涡的速度场(毕奥-萨瓦定律) | 101 |
| 2.5                | 用复变函数对二元位流的计算   | 107 |
| 2.51               | 基本方程            | 107 |
| 2.52               | 柯西-黎曼微分方程       | 108 |
| 2.53               | 复变流函数           | 109 |
| 2.54               | 复变流函数的例子        | 109 |
| 2.55               | 保角变换            | 115 |
| 2.56               | 保角变换的例子         | 118 |
| 2.6                | 动量定理            | 133 |
| 2.61               | 动量定理的一般原理       | 133 |
| 2.62               | 动量定理的例子         | 137 |
| 第三章 可压缩无粘性流(气体动力学) |                 | 149 |
| 3.1                | 基本原理            | 149 |
| 3.11               | 音速              | 149 |
| 3.12               | 马赫线、激波          | 152 |
| 3.13               | 状态方程            | 155 |
| 3.2                | 一元流(流束理论)       | 157 |
| 3.21               | 连续等熵流           | 157 |
| 3.22               | 有激波的非连续流        | 167 |
| 3.23               | 驻点流             | 171 |
| 3.3                | 可压缩位流的基本要点      | 173 |
| 3.31               | 基本方程            | 174 |
| 3.32               | 无旋              | 174 |
| 3.33               | 速势              | 175 |
| 3.34               | 亚音速流和超音速流的相似律   | 177 |
| 3.35               | 超音速流解的类型        | 182 |
| 3.36               | 沿弱波状壁面的流动       | 183 |
| 3.4                | 亚音速流            | 185 |
| 3.41               | 马赫数的指数展式        | 185 |
| 3.42               | 有迎角平板           | 188 |
| 3.43               | 与实验结果的比较        | 189 |

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 3.5 超音速流 .....                  | 191 |
| 3.51 绕平角的流动(阿克尔特) .....         | 191 |
| 3.52 有迎角平板的升力和阻力 .....          | 194 |
| 3.53 薄翼型的升力和阻力 .....            | 198 |
| 3.54 连续等熵流的转向(普朗特-麦耶角绕流) .....  | 204 |
| 3.55 特性线法 .....                 | 208 |
| 3.56 非连续流的转向(斜激波) .....         | 211 |
| 3.6 跨音速流 .....                  | 217 |
| 3.61 实验结果 .....                 | 217 |
| 3.62 跨音速流相似律 .....              | 225 |
| 3.7 高超音速流 .....                 | 228 |
| 3.71 概述、有迎角平板 .....             | 228 |
| 3.72 高超音速流的物理特性 .....           | 231 |
| 3.73 高超音速流相似律 .....             | 233 |
| 3.74 纯头体绕流 .....                | 235 |
| 第四章 粘性流(附面层理论) .....            | 237 |
| 4.1 粘性流的基本要点 .....              | 237 |
| 4.11 概述 .....                   | 237 |
| 4.12 牛顿摩擦定律 .....               | 237 |
| 4.13 雷诺相似律 .....                | 238 |
| 4.14 层流管流 .....                 | 239 |
| 4.15 紊流管流 .....                 | 241 |
| 4.16 绕流物体的阻力问题 .....            | 247 |
| 4.2 附面层理论的基本要点 .....            | 251 |
| 4.21 附面层概念 .....                | 251 |
| 4.22 附面层分离 .....                | 252 |
| 4.23 层流附面层厚度和摩擦阻力的估算 .....      | 255 |
| 4.24 附面层内的紊流 .....              | 257 |
| 4.3 粘性流体的运动方程(纳维尔-斯托克斯方程) ..... | 258 |
| 4.4 普朗特附面层方程 .....              | 262 |
| 4.41 附面层方程的导出 .....             | 262 |
| 4.42 附面层的几个物理特性 .....           | 264 |
| 4.43 层流中的平板附面层 .....            | 266 |
| 4.44 附面层的动量定理和能量定理 .....        | 270 |
| 4.45 有压力降低和压力增高的层流附面层计算 .....   | 273 |
| 4.5 附面层控制 .....                 | 277 |
| 4.51 概述 .....                   | 277 |

|        |                          |     |
|--------|--------------------------|-----|
| 4.52   | 随动壁 .....                | 277 |
| 4.53   | 附面层的加速 .....             | 278 |
| 4.54   | 附面层的吸除 .....             | 279 |
| 4.55   | 附面层的吹除 .....             | 281 |
| 4.56   | 采取适当形状保持层流(层流翼型) .....   | 281 |
| 4.6    | 关于紊流的几个问题 .....          | 289 |
| 4.61   | 平均运动、脉动和紊流表现摩擦 .....     | 289 |
| 4.62   | 风洞紊流 .....               | 291 |
| 4.63   | 普朗特混合长 .....             | 293 |
| 4.64   | 紊流附面层内的速度分布 .....        | 295 |
| 4.7    | 纵向迎面气流中的平板紊流摩擦阻力 .....   | 296 |
| 4.71   | 不可压缩流中的光滑平板 .....        | 296 |
| 4.72   | 压缩性的影响 .....             | 300 |
| 4.73   | 粗糙度的影响 .....             | 303 |
| 4.8    | 有压力降低和压力增高的紊流附面层计算 ..... | 307 |
| 4.81   | 概述、附面层特性参数 .....         | 307 |
| 4.82   | 附面层特性参数的计算 .....         | 311 |
| 4.83   | 翼型阻力的数值计算 .....          | 314 |
| 4.84   | 三元附面层 .....              | 317 |
| 4.9    | 可压缩流速度附面层和温度附面层 .....    | 320 |
| 4.91   | 概述 .....                 | 320 |
| 4.92   | 介质系数 .....               | 321 |
| 4.93   | 基本方程 .....               | 322 |
| 4.94   | 压缩和摩擦引起的温度增高 .....       | 323 |
| 4.95   | 附面层和激波的相互作用 .....        | 329 |
| 4.10   | 层流向紊流的转换 .....           | 333 |
| 4.10.1 | 实验结果 .....               | 333 |
| 4.10.2 | 层流稳定性理论的基本要点 .....       | 334 |
| 4.10.3 | 机翼翼型转换点的计算 .....         | 339 |

## 第二部分 机翼空气动力学

|      |                 |     |
|------|-----------------|-----|
| 第五章  | 机翼空气动力学引论 ..... | 343 |
| 5.1  | 机翼的几何特性 .....   | 343 |
| 5.11 | 概述 .....        | 343 |
| 5.12 | 机翼平面形状 .....    | 344 |
| 5.13 | 机翼翼型 .....      | 348 |

|                               |                                 |     |
|-------------------------------|---------------------------------|-----|
| 5.14                          | 扭转角和上反角 .....                   | 354 |
| 5.15                          | 已采用的机翼形状 .....                  | 356 |
| 5.2                           | 机翼的力和力矩 .....                   | 364 |
| 5.21                          | 升力、阻力和升阻比 .....                 | 364 |
| 5.22                          | 其他的力、力矩和轴系 .....                | 365 |
| 5.23                          | 力和力矩的无因次系数 .....                | 367 |
| 5.24                          | 压力分布和升力分布 .....                 | 369 |
| 5.3                           | 飞机空气动力与运动形式的关系 .....            | 372 |
| 5.31                          | 飞机的运动形式 .....                   | 372 |
| 5.32                          | 直线飞行时的力和力矩 .....                | 374 |
| 5.33                          | 侧滑飞行时的力和力矩 .....                | 376 |
| 5.34                          | 旋转运动时的力和力矩 .....                | 376 |
| 5.35                          | 非定常运动时的力和力矩 .....               | 378 |
| 第六章 不可压缩流中的无限翼展机翼(翼型理论) ..... |                                 | 380 |
| 6.1                           | 升力理论的基本原理 .....                 | 380 |
| 6.11                          | 库塔-儒可夫斯基定理 .....                | 380 |
| 6.12                          | 环量的产生和大小 .....                  | 381 |
| 6.13                          | 翼型理论的方法 .....                   | 384 |
| 6.2                           | 根据保角变换法的翼型理论 .....              | 384 |
| 6.21                          | 任意机翼翼型升力和力矩的计算 .....            | 384 |
| 6.22                          | 有迎角的平板 .....                    | 391 |
| 6.23                          | 儒可夫斯基翼型 .....                   | 391 |
| 6.24                          | 圆弧形翼型 .....                     | 393 |
| 6.25                          | 对称的儒可夫斯基翼型 .....                | 397 |
| 6.26                          | 小结 .....                        | 402 |
| 6.3                           | 根据奇点法的翼型理论 .....                | 402 |
| 6.31                          | 奇点 .....                        | 402 |
| 6.32                          | 极薄翼型(薄翼理论) .....                | 403 |
| 6.33                          | 对称迎面气流中的有限厚度对称翼型(零弯度翼型理论) ..... | 422 |
| 6.34                          | 有迎角的有限厚度翼型 .....                | 430 |
| 6.35                          | 翼型理论的其他问题 .....                 | 441 |
| 6.4                           | 雷诺数对翼型空气动力特性的影响 .....           | 446 |
| 6.41                          | 升力 .....                        | 446 |
| 6.42                          | 阻力 .....                        | 454 |
| 参考文献 .....                    |                                 | 457 |

# 飞机空气动力学

(上册)

H. 施里希廷 E. 特鲁肯布罗特 著

王星灿 译

陆士嘉 校

国防工业出版社

## 内 容 简 介

本书是〔西德〕H. 施里希廷和 E. 特鲁肯布罗特合写的一部飞机空气动力学教科书。著者根据多年的教学 and 实际工作经验，在较系统地介绍了流体力学基本原理之后，着重从理论上论述了飞机及其部件的空气动力和相互干扰问题，并对计算结果和实验结果作了比较。书末附有重要的机翼和飞机的有关数据及大量参考文献。全书共十二章，分两册出版。本册为上册，包括第一章至第六章，主要介绍流体力学基本原理和机翼（第一部分）空气动力问题。

本书可供从事空气动力研究、飞机设计的工作人员和高等院校有关专业的师生参阅。

AERODYNAMIK DES FLUGZEUGES

H. Schlichting, E. Truckenbrodt

Springer-Verlag 1967

\*

## 飞 机 空 气 动 力 学

（上 册）

H. 施里希廷, E. 特鲁肯布罗特 著

王星灿 译

陆士嘉 校

\*

国防工业出版社出版

北京市书刊出版业营业许可出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

\*

850×1168 1/32 印张 14 3/4 388 千字

1978 年 1 月第一版 1978 年 1 月第一次印刷 印数: 0,001—3,800 册

统一书号: 15034·1595 定价: 1.85 元

## 译者的话

在毛主席革命路线的指引下，遵照毛主席关于“洋为中用”的教导，为了适应我国航空科学技术迅速发展的需要，我们翻译了这本《飞机空气动力学》。

本书讨论的领域是飞机部件空气动力学。书中较系统地介绍了流体力学的基本原理，着重从理论上广泛地论述了机翼、机身、尾翼、操纵面和翼身组合体的空气动力问题，并通过实验验证了计算结果。另外，书末附有机翼和飞机的有关数据及大量的参考文献，反映了本书出版时这方面的发展水平。因此，本书对从事空气动力研究、飞机设计的工作人员和高等院校有关专业的师生都有参考作用。

本书是根据第二版译出的。在翻译过程中曾得到很多同志的热情帮助和大力支持，在此，表示衷心的感谢。

由于水平所限，译文中的错误和不当之处定会很多，恳切希望读者批评指正。

# 目 录

## 第一部分 流体力学基本原理

|                    |    |
|--------------------|----|
| 第一章 引言和大气的物理性质     | 13 |
| 1.1 飞机空气动力学的任务     | 13 |
| 1.2 空气的物理性质        | 14 |
| 1.21 概述            | 14 |
| 1.22 密度、压力和温度      | 15 |
| 1.23 压缩性           | 16 |
| 1.24 粘性            | 20 |
| 1.3 相似律            | 23 |
| 1.31 马赫相似律         | 23 |
| 1.32 雷诺相似律         | 24 |
| 1.4 大气的物理性质        | 26 |
| 第二章 不可压缩无粘性流(流体力学) | 33 |
| 2.1 流动的运动学         | 33 |
| 2.11 描绘法、速度        | 33 |
| 2.12 轨迹、流线和流管      | 36 |
| 2.13 连续方程          | 37 |
| 2.14 加速度           | 39 |
| 2.15 旋             | 41 |
| 2.2 一元流(流束理论)      | 44 |
| 2.21 一元欧拉运动方程      | 44 |
| 2.22 伯努利方程(能量方程)   | 48 |
| 2.23 伯努利方程的几种应用    | 50 |
| 2.3 二元位流和三元位流      | 52 |
| 2.31 一般的欧拉运动方程     | 52 |
| 2.32 伯努利方程(能量方程)   | 55 |
| 2.33 作为欧拉运动方程解的无旋流 | 55 |
| 2.34 位函数和流函数       | 58 |
| 2.35 简单位流的例子       | 63 |

|                    |                 |     |
|--------------------|-----------------|-----|
| 2.4                | 旋涡运动            | 81  |
| 2.41               | 环量概念            | 81  |
| 2.42               | 环量与旋的关系(斯托克斯定理) | 83  |
| 2.43               | 有环量流动的例子        | 85  |
| 2.44               | 旋涡定理            | 93  |
| 2.45               | 旋涡定理在绕机翼流动中的应用  | 98  |
| 2.46               | 旋涡的速度场(毕奥-萨瓦定律) | 101 |
| 2.5                | 用复变函数对二元位流的计算   | 107 |
| 2.51               | 基本方程            | 107 |
| 2.52               | 柯西-黎曼微分方程       | 108 |
| 2.53               | 复变流函数           | 109 |
| 2.54               | 复变流函数的例子        | 109 |
| 2.55               | 保角变换            | 115 |
| 2.56               | 保角变换的例子         | 118 |
| 2.6                | 动量定理            | 133 |
| 2.61               | 动量定理的一般原理       | 133 |
| 2.62               | 动量定理的例子         | 137 |
| 第三章 可压缩无粘性流(气体动力学) |                 | 149 |
| 3.1                | 基本原理            | 149 |
| 3.11               | 音速              | 149 |
| 3.12               | 马赫线、激波          | 152 |
| 3.13               | 状态方程            | 155 |
| 3.2                | 一元流(流束理论)       | 157 |
| 3.21               | 连续等熵流           | 157 |
| 3.22               | 有激波的非连续流        | 167 |
| 3.23               | 驻点流             | 171 |
| 3.3                | 可压缩位流的基本要点      | 173 |
| 3.31               | 基本方程            | 174 |
| 3.32               | 无旋              | 174 |
| 3.33               | 速势              | 175 |
| 3.34               | 亚音速流和超音速流的相似律   | 177 |
| 3.35               | 超音速流解的类型        | 182 |
| 3.36               | 沿弱波状壁面的流动       | 183 |
| 3.4                | 亚音速流            | 185 |
| 3.41               | 马赫数的指数展式        | 185 |
| 3.42               | 有迎角平板           | 188 |
| 3.43               | 与实验结果的比较        | 189 |

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 3.5 超音速流 .....                  | 191 |
| 3.51 绕平角的流动(阿克尔特) .....         | 191 |
| 3.52 有迎角平板的升力和阻力 .....          | 194 |
| 3.53 薄翼型的升力和阻力 .....            | 198 |
| 3.54 连续等熵流的转向(普朗特-麦耶角绕流) .....  | 204 |
| 3.55 特性线法 .....                 | 208 |
| 3.56 非连续流的转向(斜激波) .....         | 211 |
| 3.6 跨音速流 .....                  | 217 |
| 3.61 实验结果 .....                 | 217 |
| 3.62 跨音速流相似律 .....              | 225 |
| 3.7 高超音速流 .....                 | 228 |
| 3.71 概述、有迎角平板 .....             | 228 |
| 3.72 高超音速流的物理特性 .....           | 231 |
| 3.73 高超音速流相似律 .....             | 233 |
| 3.74 纯头体绕流 .....                | 235 |
| 第四章 粘性流(附面层理论) .....            | 237 |
| 4.1 粘性流的基本要点 .....              | 237 |
| 4.11 概述 .....                   | 237 |
| 4.12 牛顿摩擦定律 .....               | 237 |
| 4.13 雷诺相似律 .....                | 238 |
| 4.14 层流管流 .....                 | 239 |
| 4.15 紊流管流 .....                 | 241 |
| 4.16 绕流物体的阻力问题 .....            | 247 |
| 4.2 附面层理论的基本要点 .....            | 251 |
| 4.21 附面层概念 .....                | 251 |
| 4.22 附面层分离 .....                | 252 |
| 4.23 层流附面层厚度和摩擦阻力的估算 .....      | 255 |
| 4.24 附面层内的紊流 .....              | 257 |
| 4.3 粘性流体的运动方程(纳维尔-斯托克斯方程) ..... | 258 |
| 4.4 普朗特附面层方程 .....              | 262 |
| 4.41 附面层方程的导出 .....             | 262 |
| 4.42 附面层的几个物理特性 .....           | 264 |
| 4.43 层流中的平板附面层 .....            | 266 |
| 4.44 附面层的动量定理和能量定理 .....        | 270 |
| 4.45 有压力降低和压力增高的层流附面层计算 .....   | 273 |
| 4.5 附面层控制 .....                 | 277 |
| 4.51 概述 .....                   | 277 |

|        |                          |     |
|--------|--------------------------|-----|
| 4.52   | 随动壁 .....                | 277 |
| 4.53   | 附面层的加速 .....             | 278 |
| 4.54   | 附面层的吸除 .....             | 279 |
| 4.55   | 附面层的吹除 .....             | 281 |
| 4.56   | 采取适当形状保持层流(层流翼型) .....   | 281 |
| 4.6    | 关于紊流的几个问题 .....          | 289 |
| 4.61   | 平均运动、脉动和紊流表观摩擦 .....     | 289 |
| 4.62   | 风洞紊流 .....               | 291 |
| 4.63   | 普朗特混合长 .....             | 293 |
| 4.64   | 紊流附面层内的速度分布 .....        | 295 |
| 4.7    | 纵向迎面气流中的平板紊流摩擦阻力 .....   | 296 |
| 4.71   | 不可压缩流中的光滑平板 .....        | 296 |
| 4.72   | 压缩性的影响 .....             | 300 |
| 4.73   | 粗糙度的影响 .....             | 303 |
| 4.8    | 有压力降低和压力增高的紊流附面层计算 ..... | 307 |
| 4.81   | 概述、附面层特性参数 .....         | 307 |
| 4.82   | 附面层特性参数的计算 .....         | 311 |
| 4.83   | 翼型阻力的数值计算 .....          | 314 |
| 4.84   | 三元附面层 .....              | 317 |
| 4.9    | 可压缩流速度附面层和温度附面层 .....    | 320 |
| 4.91   | 概述 .....                 | 320 |
| 4.92   | 介质系数 .....               | 321 |
| 4.93   | 基本方程 .....               | 322 |
| 4.94   | 压缩和摩擦引起的温度增高 .....       | 323 |
| 4.95   | 附面层和激波的相互作用 .....        | 329 |
| 4.10   | 层流向紊流的转换 .....           | 333 |
| 4.10.1 | 实验结果 .....               | 333 |
| 4.10.2 | 层流稳定性理论的基本要点 .....       | 334 |
| 4.10.3 | 机翼翼型转换点的计算 .....         | 339 |

## 第二部分 机翼空气动力学

|      |                 |     |
|------|-----------------|-----|
| 第五章  | 机翼空气动力学引论 ..... | 343 |
| 5.1  | 机翼的几何特性 .....   | 343 |
| 5.11 | 概述 .....        | 343 |
| 5.12 | 机翼平面形状 .....    | 344 |
| 5.13 | 机翼翼型 .....      | 348 |

|                         |                           |     |
|-------------------------|---------------------------|-----|
| 5.14                    | 扭转角和上反角                   | 354 |
| 5.15                    | 已采用的机翼形状                  | 356 |
| 5.2                     | 机翼的力和力矩                   | 364 |
| 5.21                    | 升力、阻力和升阻比                 | 364 |
| 5.22                    | 其他的力、力矩和轴系                | 365 |
| 5.23                    | 力和力矩的无因次系数                | 367 |
| 5.24                    | 压力分布和升力分布                 | 369 |
| 5.3                     | 飞机空气动力与运动形式的关系            | 372 |
| 5.31                    | 飞机的运动形式                   | 372 |
| 5.32                    | 直线飞行时的力和力矩                | 374 |
| 5.33                    | 侧滑飞行时的力和力矩                | 376 |
| 5.34                    | 旋转运动时的力和力矩                | 376 |
| 5.35                    | 非定常运动时的力和力矩               | 378 |
| 第六章 不可压缩流中的无限翼展机翼(翼型理论) |                           | 380 |
| 6.1                     | 升力理论的基本原理                 | 380 |
| 6.11                    | 库塔-儒可夫斯基定理                | 380 |
| 6.12                    | 环量的产生和大小                  | 381 |
| 6.13                    | 翼型理论的方法                   | 384 |
| 6.2                     | 根据保角变换法的翼型理论              | 384 |
| 6.21                    | 任意机翼翼型升力和力矩的计算            | 384 |
| 6.22                    | 有迎角的平板                    | 391 |
| 6.23                    | 儒可夫斯基翼型                   | 391 |
| 6.24                    | 圆弧形翼型                     | 393 |
| 6.25                    | 对称的儒可夫斯基翼型                | 397 |
| 6.26                    | 小结                        | 402 |
| 6.3                     | 根据奇点法的翼型理论                | 402 |
| 6.31                    | 奇点                        | 402 |
| 6.32                    | 极薄翼型(薄翼理论)                | 403 |
| 6.33                    | 对称迎面气流中的有限厚度对称翼型(零弯度翼型理论) | 422 |
| 6.34                    | 有迎角的有限厚度翼型                | 430 |
| 6.35                    | 翼型理论的其他问题                 | 441 |
| 6.4                     | 雷诺数对翼型空气动力特性的影响           | 446 |
| 6.41                    | 升力                        | 446 |
| 6.42                    | 阻力                        | 454 |
| 参考文献                    |                           | 457 |

## 重要符号

因出现的参数很多,不可避免地要有几个符号表示多种意义。如 $\lambda$ 在4.1节中表示管阻力系数,在4.9节中表示导热系数,在5.1节中表示机翼梢根比。

### 1. 介质系数

|                                       |             |
|---------------------------------------|-------------|
| $\gamma$                              | 比重(单位体积的重量) |
| $\rho = \gamma/g$                     | 密度(单位体积的质量) |
| $g$                                   | 重力加速度       |
| $c_p, c_v$                            | 定压比热, 定容比热  |
| $\kappa = c_p/c_v$                    | 等熵指数        |
| $a = \sqrt{\kappa p/\rho}$            | 音速          |
| $R$                                   | 气体常数        |
| $\mu$                                 | 粘性系数        |
| $\nu = \mu/\rho$                      | 运动粘性系数      |
| $\lambda$                             | 导热系数        |
| $\alpha_1$                            | 导温系数        |
| $Pr = \nu/\alpha_1 = \mu c_p/\lambda$ | 普朗特数        |

### 2. 流动参数

|                                   |                |
|-----------------------------------|----------------|
| $p$                               | 压力(单位面积上的法向力)  |
| $\tau$                            | 剪应力(单位面积上的切向力) |
| $u, v, w$                         | 直角坐标系中的速度分量    |
| $w_r, w_\phi$                     | 极坐标系中的速度分量     |
| $V, U_\infty, w_\infty, u_\infty$ | 迎面气流速度         |
| $w_k, W_\kappa$                   | 翼型周线速度         |
| $q = \frac{\rho}{2} V^2$          | 动压(速压头)        |