

# 飞机载荷手册

国防工业出版社

# 飞机载荷手册

〔英〕 J. 泰勒 著

黄舜琪 汤吉辰 译

沈尔康 校



30246659

国防工业出版社

1974

284455

## 内 容 简 介

本书译自[英]泰勒著的“飞机载荷手册”1965年版。

书内综述了英美等国在研究飞机载荷的理论及实验方面的工作。全书可分为四部分：1) 环境，主要介绍了与飞机运动相关的大气环境与地面环境；2) 机动飞行，主要介绍在机动飞行中作用在飞机上的载荷，除给出基本理论分析外，还给出了实测结果；3) 紊流，主要介绍紊流的有关理论和实测结果（如阵风载荷等）；4) 设计原理，介绍了与设计原理有关的内容，给出了可靠性、动静强度和静、疲劳载荷之间关系的理论分析。

该书可供航空工业部门的工程技术人员参考，对于航空院校的师生亦有参考价值。

MANUAL ON AIRCRAFT LOADS

James Taylor

Pergamon Press Ltd 1965

\*

飞机载荷手册

[英] J. 泰勒 著

黄舜琪 湯吉辰 译

沈尔康 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

\*

787×1092<sup>1</sup>/<sub>32</sub> 印张12<sup>3</sup>/<sub>4</sub> 272千字

1974年10月第一版 1974年10月第一次印刷 印数：0,001—3,700册

统一书号：15034·1362 定价：1.30元

# 目 录

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 符号 .....                      | 7   |
| 第一章 绪论 .....                  | 17  |
| 1.1 概述 .....                  | 17  |
| 1.2 环境 .....                  | 18  |
| 1.3 机动载荷 .....                | 20  |
| 1.4 紊流 .....                  | 21  |
| 1.5 设计原理 .....                | 22  |
| 第二章 大气环境 .....                | 23  |
| 2.1 引言 .....                  | 23  |
| 2.2 大气的准静态特性 .....            | 24  |
| 2.3 大气的大范围动态特性 .....          | 28  |
| 2.4 大气紊流——总的运动 .....          | 31  |
| 2.5 大气紊流——在紊流内的局部运动 .....     | 39  |
| 2.6 关于大气紊流结构的一般结论 .....       | 60  |
| 第三章 地面环境 .....                | 66  |
| 3.1 引言 .....                  | 66  |
| 3.2 跑道的物理特征 .....             | 66  |
| 3.3 沿长度方向跑道粗糙度的测量 .....       | 70  |
| 第四章 机动飞行——在静止空气中运动的理论分析 ..... | 80  |
| 4.1 引言 .....                  | 80  |
| 4.2 运动方程 .....                | 80  |
| 4.3 飞机机动飞行的定性描述 .....         | 83  |
| 4.4 气动载荷的解析式 .....            | 87  |
| 4.5 重力载荷的解析式 .....            | 90  |
| 4.6 对称机动飞行——运动的线性方程 .....     | 90  |
| 4.7 非对称机动飞行——运动的线性方程 .....    | 105 |

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 第五章 对称机动飞行的测量 .....         | 113 |
| 5.1 引言 .....                | 113 |
| 5.2 法向加速度的出现频率 .....        | 115 |
| 5.3 高速度的出现频率 .....          | 144 |
| 5.4 峰值法向加速度出现时的前进速度分布 ..... | 153 |
| 5.5 法向加速度和前进速度合并的出现频率 ..... | 160 |
| 第六章 非对称机动的测量和操纵面的运动 .....   | 168 |
| 6.1 引言 .....                | 168 |
| 6.2 操纵面的运动 .....            | 169 |
| 6.3 由副翼产生的机动 .....          | 177 |
| 6.4 横向加速度和侧滑 .....          | 181 |
| 第七章 地面载荷 .....              | 185 |
| 7.1 引言 .....                | 185 |
| 7.2 滑行载荷 .....              | 186 |
| 7.3 起飞法向加速度 .....           | 192 |
| 7.4 着陆法向加速度 .....           | 193 |
| 7.5 前后向和侧向加速度 .....         | 209 |
| 第八章 飞行中的温度和空速 .....         | 210 |
| 8.1 引言 .....                | 210 |
| 8.2 不同速度下的飞行时间 .....        | 211 |
| 8.3 不同速度下的时间比例值随高度的变化 ..... | 220 |
| 8.4 正常环境下的温度扰动 .....        | 228 |
| 第九章 紊流的理论分析 .....           | 230 |
| 9.1 引言 .....                | 230 |
| 9.2 紊流的物理表示法 .....          | 231 |
| 9.3 紊流的解析表示法 .....          | 235 |
| 9.4 紊流能量分布的特殊解析式 .....      | 242 |
| 第十章 大气紊流中的飞机载荷 .....        | 246 |
| 10.1 引言 .....               | 246 |

|                        |                               |            |
|------------------------|-------------------------------|------------|
| 10.2                   | 阵风响应因数 .....                  | 247        |
| 10.3                   | 在飞机上加速度测量和垂直紊流速度直接测量的比较 ..... | 258        |
| 10.4                   | 特殊的紊流状态 .....                 | 262        |
| 10.5                   | 飞机在正常飞行任务中遇到的大气载荷 .....       | 276        |
| <b>第十一章 抖振紊流 .....</b> |                               | <b>292</b> |
| 11.1                   | 引言 .....                      | 292        |
| 11.2                   | 在飞机尾流中的飞行 .....               | 293        |
| 11.3                   | 减速板的尾流 .....                  | 301        |
| 11.4                   | 炸弹舱附近的紊流 .....                | 307        |
| 11.5                   | 机翼抖振 .....                    | 309        |
| <b>第十二章 噪音紊流 .....</b> |                               | <b>311</b> |
| 12.1                   | 引言 .....                      | 311        |
| 12.2                   | 亚音速空气喷流中的紊流 .....             | 312        |
| 12.3                   | 喷气发动机附近的压力 .....              | 315        |
| 12.4                   | 模型的应用 .....                   | 323        |
| 12.5                   | 火箭 .....                      | 325        |
| 12.6                   | 飞行中的声压变化 .....                | 326        |
| 12.7                   | 实验设备 .....                    | 328        |
| <b>第十三章 设计原理 .....</b> |                               | <b>330</b> |
| 13.1                   | 引言 .....                      | 330        |
| 13.2                   | 概论 .....                      | 332        |
| 13.3                   | 静强度 .....                     | 339        |
| 13.4                   | 使用静载荷 .....                   | 347        |
| 13.5                   | 静载荷作用下的结构可靠性 .....            | 353        |
| 13.6                   | 疲劳强度 .....                    | 368        |
| 13.7                   | 使用疲劳载荷 .....                  | 371        |
| 13.8                   | 疲劳载荷作用下的结构可靠性 .....           | 376        |
| 13.9                   | 设计强度的实现 .....                 | 387        |
| <b>参考文献 .....</b>      |                               | <b>395</b> |

# 飞机载荷手册

〔英〕 J. 泰 勒 著

黄舜琪 汤吉辰 译

沈尔康 校



30246659

国防工业出版社

1974

284455

## 内 容 简 介

本书译自〔英〕泰勒著的“飞机载荷手册”1965年版。

书内综述了英美等国在研究飞机载荷的理论及实验方面的工作。全书可分为四部分：1) 环境，主要介绍了与飞机运动相关的大气环境与地面环境；2) 机动飞行，主要介绍在机动飞行中作用在飞机上的载荷，除给出基本理论分析外，还给出了实测结果；3) 紊流，主要介绍紊流的有关理论和实测结果（如阵风载荷等）；4) 设计原理，介绍了与设计原理有关的内容，给出了可靠性、动静强度和静、疲劳载荷之间关系的理论分析。

该书可供航空工业部门的工程技术人员参考，对于航空院校的师生亦有参考价值。

MANUAL ON AIRCRAFT LOADS

James Taylor

Pergamon Press Ltd 1965

\*

飞机载荷手册

〔英〕J. 泰勒 著

黄舜琪 湯吉辰 译

沈尔康 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

\*

787×1092<sup>1</sup>/<sub>32</sub> 印张12<sup>3</sup>/<sub>4</sub> 272千字

1974年10月第一版 1974年10月第一次印刷 印数：0,001—3,700册

统一书号：15034·1362 定价：1.30元



# 目 录

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 符号 .....                      | 7   |
| 第一章 绪论 .....                  | 17  |
| 1.1 概述 .....                  | 17  |
| 1.2 环境 .....                  | 18  |
| 1.3 机动载荷 .....                | 20  |
| 1.4 紊流 .....                  | 21  |
| 1.5 设计原理 .....                | 22  |
| 第二章 大气环境 .....                | 23  |
| 2.1 引言 .....                  | 23  |
| 2.2 大气的准静态特性 .....            | 24  |
| 2.3 大气的大范围动态特性 .....          | 28  |
| 2.4 大气紊流——总的运动 .....          | 31  |
| 2.5 大气紊流——在紊流内的局部运动 .....     | 39  |
| 2.6 关于大气紊流结构的一般结论 .....       | 60  |
| 第三章 地面环境 .....                | 66  |
| 3.1 引言 .....                  | 66  |
| 3.2 跑道的物理特征 .....             | 66  |
| 3.3 沿长度方向跑道粗糙度的测量 .....       | 70  |
| 第四章 机动飞行——在静止空气中运动的理论分析 ..... | 80  |
| 4.1 引言 .....                  | 80  |
| 4.2 运动方程 .....                | 80  |
| 4.3 飞机机动飞行的定性描述 .....         | 83  |
| 4.4 气动载荷的解析式 .....            | 87  |
| 4.5 重力载荷的解析式 .....            | 90  |
| 4.6 对称机动飞行——运动的线性方程 .....     | 90  |
| 4.7 非对称机动飞行——运动的线性方程 .....    | 105 |

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 第五章 对称机动飞行的测量 .....         | 113 |
| 5.1 引言 .....                | 113 |
| 5.2 法向加速度的出现频率 .....        | 115 |
| 5.3 高速度的出现频率 .....          | 144 |
| 5.4 峰值法向加速度出现时的前进速度分布 ..... | 153 |
| 5.5 法向加速度和前进速度合并的出现频率 ..... | 160 |
| 第六章 非对称机动的测量和操纵面的运动 .....   | 168 |
| 6.1 引言 .....                | 168 |
| 6.2 操纵面的运动 .....            | 169 |
| 6.3 由副翼产生的机动 .....          | 177 |
| 6.4 横向加速度和侧滑 .....          | 181 |
| 第七章 地面载荷 .....              | 185 |
| 7.1 引言 .....                | 185 |
| 7.2 滑行载荷 .....              | 186 |
| 7.3 起飞法向加速度 .....           | 192 |
| 7.4 着陆法向加速度 .....           | 193 |
| 7.5 前后向和侧向加速度 .....         | 209 |
| 第八章 飞行中的温度和空速 .....         | 210 |
| 8.1 引言 .....                | 210 |
| 8.2 不同速度下的飞行时间 .....        | 211 |
| 8.3 不同速度下的时间比例值随高度的变化 ..... | 220 |
| 8.4 正常环境下的温度扰动 .....        | 228 |
| 第九章 紊流的理论分析 .....           | 230 |
| 9.1 引言 .....                | 230 |
| 9.2 紊流的物理表示法 .....          | 231 |
| 9.3 紊流的解析表示法 .....          | 235 |
| 9.4 紊流能量分布的特殊解析式 .....      | 242 |
| 第十章 大气紊流中的飞机载荷 .....        | 246 |
| 10.1 引言 .....               | 246 |

|                        |                               |            |
|------------------------|-------------------------------|------------|
| 10.2                   | 阵风响应因数 .....                  | 247        |
| 10.3                   | 在飞机上加速度测量和垂直紊流速度直接测量的比较 ..... | 258        |
| 10.4                   | 特殊的紊流状态 .....                 | 262        |
| 10.5                   | 飞机在正常飞行任务中遇到的大气载荷 .....       | 276        |
| <b>第十一章 抖振紊流 .....</b> |                               | <b>292</b> |
| 11.1                   | 引言 .....                      | 292        |
| 11.2                   | 在飞机尾流中的飞行 .....               | 293        |
| 11.3                   | 减速板的尾流 .....                  | 301        |
| 11.4                   | 炸弹舱附近的紊流 .....                | 307        |
| 11.5                   | 机翼抖振 .....                    | 309        |
| <b>第十二章 噪音紊流 .....</b> |                               | <b>311</b> |
| 12.1                   | 引言 .....                      | 311        |
| 12.2                   | 亚音速空气喷流中的紊流 .....             | 312        |
| 12.3                   | 喷气发动机附近的压力 .....              | 315        |
| 12.4                   | 模型的应用 .....                   | 323        |
| 12.5                   | 火箭 .....                      | 325        |
| 12.6                   | 飞行中的声压变化 .....                | 326        |
| 12.7                   | 实验设备 .....                    | 328        |
| <b>第十三章 设计原理 .....</b> |                               | <b>330</b> |
| 13.1                   | 引言 .....                      | 330        |
| 13.2                   | 概论 .....                      | 332        |
| 13.3                   | 静强度 .....                     | 339        |
| 13.4                   | 使用静载荷 .....                   | 347        |
| 13.5                   | 静载荷作用下的结构可靠性 .....            | 353        |
| 13.6                   | 疲劳强度 .....                    | 368        |
| 13.7                   | 使用疲劳载荷 .....                  | 371        |
| 13.8                   | 疲劳载荷作用下的结构可靠性 .....           | 376        |
| 13.9                   | 设计强度的实现 .....                 | 387        |
| <b>参考文献 .....</b>      |                               | <b>395</b> |



## 符 号

整个手册的符号按字母顺序给出，对每一字母又大致按章节顺序给出。

| 符 号                | 意 义   |
|--------------------|---|
| $A$                | 对 $x$ 轴的飞机惯性矩   |
| $A$                | 机翼展弦比   |
| $B$                | 对 $y$ 轴的飞机惯性矩   |
| $B_1$              | 方程 (10.7) 中的 $\alpha_1^2(\alpha_1 + 3\alpha_2)/(4\alpha_1 + 4\alpha_2)$ |
| $B_2$              | 方程 (10.7) 中的 $\alpha_2^2(\alpha_2 + 3\alpha_1)/(4\alpha_1 + 4\alpha_2)$ |
| $^{\circ}\text{C}$ | 摄氏温度  |
| $C_0$              | 288.16 $^{\circ}\text{K}$ 时的大气音速，1116.89呎/秒                             |
| $C$                | 对 $z$ 轴的飞机惯性矩   |
| $C_L$              | 飞机的升力系数   |
| $C_{LE}$           | $C_L$ 的基准值  |
| $C'_L$             | 尾翼的升力系数   |
| $D$                | $d/d\tau$   |
| $D$                | 喷管或喷嘴的出口直径，呎  |
| $D_e$              | 开口腔的深度，呎  |
| $D$                | 已消耗的疲劳寿命的比例数  |
| $E$                | 由方程 (4.37) 确定   |
| $E_1$              | 由方程 (4.45) 确定   |
| $E'$               | 由方程 (4.46) 确定   |
| $E$                | 平均值为 $M$ ，幅度大于 $\pm L$ 的使用载荷的循环数  |
| $F(\tau)$          | 由方程 (4.34) 确定   |

|                    |                                   |
|--------------------|-----------------------------------|
| $F$                | 试验系数                              |
| $G_0 G_1 G_2 G_3$  | 方程(4.55)中 $D$ 的系数                 |
| $G_4 G_5$          |                                   |
| $J$                | 飞机短周期振荡的无量纲频率                     |
| $J_n$              | 贝塞尔函数                             |
| $^{\circ}\text{K}$ | 绝对温度                              |
| $K_n$              | 具有虚自变量的贝塞尔函数                      |
| $K$                | 阵风响应因数                            |
| $K_g$              | 普拉特和沃尔克 <sup>[115]</sup> 用的阵风缓和因数 |
| $K_z$              | 兹布罗泽克 <sup>[166]</sup> 用的阵风缓和因数   |
| $K$                | 绕机翼的环量, 呎 <sup>2</sup> /秒         |
| $L$                | 紊流尺度, 呎                           |
| $L_1$              | $1.339(2\pi L)$                   |
| $L$                | 绕 $x$ 方向的顺时针力矩                    |
| $L_a$              | 绕 $x$ 方向的总气动力矩                    |
| $L_c$              | 开口腔的长度, 呎                         |
| $L$                | 一般用于静载荷、静强度值、疲劳载荷的幅值和疲劳强度的幅值      |
| $L_A$              | 静载荷中的基准载荷值                        |
| $L_S$              | 静强度中的基准强度值                        |
| $L_{AF}$           | 疲劳载荷幅值中的基准载荷值                     |
| $L_{SF}$           | 疲劳强度幅值中的基准强度值                     |
| $L_{AFm}$          | 同一设计的许多飞机的 $L_{AF}$ 平均值           |
| $L_{SFm}$          | 同一设计的许多飞机的 $L_{SF}$ 平均值           |
| $L_m$              | $n$ 个样件的平均静强度值                    |
| $\overline{M}$     | 作用力矩的矢量                           |
| $M$                | 绕 $y$ 方向的顺时针力矩                    |
| $M$                | 马赫数                               |
| $M$                | 一般用于平均疲劳载荷                        |
| $M_a$              | 绕 $y$ 方向的总气动力矩                    |

|                |   |
|----------------|---|
| $N$            | 绕 $z$ 方向的顺时针力矩  |
| $N$            | 在平均值 $M$ , 幅度大于 $\pm L$ 的载荷作用下, 使结构损坏的载荷循环数           |
| $N_a$          | 绕 $z$ 方向的总气动力矩  |
| $N_n$          | 大于 $n g$ 的峰值法向加速度的每飞行小时出现次数                           |
| $N'_0$         | 方程 (5.1) 中给出 $N_n$ 分布的参数                              |
| $N_V$          | 大于 $V$ 的峰值前进速度的每飞行小时出现次数                              |
| $N''_0$        | 方程 (5.2) 中给出 $N_V$ 分布的参数                              |
| $N_{Vn}$       | 当前进速度大于 $V$ 时, 大于 $n g$ 的峰值法向加速度的每飞行小时出现次数            |
| $N_w$          | 每单位距离速度 $w$ 在每个方向上的穿级次数                               |
| $N_r$          | 每单位距离响应 $r$ 在每个方向上的穿级次数                               |
| $N_0$          | 每单位距离在每个方向上的穿零次数                                      |
| $N_A$          | 一个机队的飞机数目   |
| $O$            | $xyz$ 坐标轴的原点  |
| $P$            | 大气压力  |
| $P$            | 每飞行小时的损坏概率  |
| $\overline{P}$ | 作用于飞机上的载荷矢量   |
| $P_a$          | 平尾上的总气动载荷增量   |
| $P_D$          | 每飞行小时一个飞机机队的损坏概率, 该机队包含有分数 $\varepsilon$ 的规定较低强度值的飞机数 |
| $P_A$          | 在一次检查中发现损伤结构的比例数                                      |
| $R$            | 无量纲阻尼因子   |
| $R_0$          | 95.984 呎·磅/磅·°K, 见方程 (2.1)                            |
| $R_i$          | 理查森数, 见方程 (2.4)                                       |
| $S$            | 机翼面积, 呎 <sup>2</sup>                                  |
| $S_0$          | 110.4, 见方程 (2.3)                                      |
| $S'$           | 平尾面积, 呎 <sup>2</sup>                                  |
| $S(k)$         | 相对于波长倒数 $k$ 的紊流能量密度的二倍值                               |
| $S_u(k)$       | $S(k)$ 在 $x$ 方向上的分量                                   |

|                  |                                       |
|------------------|---------------------------------------|
| $S_v(k)$         | $S(k)$ 在 $y$ 方向上的分量                   |
| $S_w(k)$         | $S(k)$ 在 $z$ 方向上的分量                   |
| $S_r(k)$         | 相对于 $k$ 的飞机对大气紊流的响应密度                 |
| $S_a(k)$         | 相对于 $k$ 的对大气紊流的飞机加速度响应密度              |
| $S_1$            | $(c/L)/\alpha_1$ , 见方程 (10.7)         |
| $S_2$            | $(c/L)/\alpha_2$ , 见方程 (10.7)         |
| $S_p(k)$         | 相对于 $k$ 的均方压力的密度                      |
| $T$              | 绝对温度 $^{\circ}\text{K}$               |
| $T_0$            | 288.16 $^{\circ}\text{K}$ , 见方程 (2.2) |
| $T_r(k)$         | 飞机对稳定正弦形紊流在波长倒数 $k$ 上的响应函数            |
| $T_a(k)$         | 在波长倒数 $k$ 上, 飞机对稳定正弦形紊流的加速度响应函数       |
| $U$              | $x$ 方向上的气流速度(有时作为水平方向的)               |
| $U$              | $x$ 方向上的飞机速度                          |
| $V$              | $y$ 方向上的飞机速度                          |
| $V$              | 前进速度, 哩/小时当量空速                        |
| $V_D$            | 设计俯冲速度, 哩/小时当量空速                      |
| $V_T$            | 真实前进速度, 呎/秒                           |
| $V_m$            | 机动飞行中峰值法向加速度出现时的平均前进速度                |
| $V_V$            | 接地时的垂直速度, 呎/秒                         |
| $W$              | $z$ 方向上的飞机速度                          |
| $W$              | 飞机的重量, 磅                              |
| $\overline{W}_1$ | $W/U$ 的基准值                            |
| $X$              | $x$ 方向上的力                             |
| $Y$              | $y$ 方向上的力                             |
| $Y_a$            | $y$ 方向上的总气动力                          |
| $Y_g$            | $y$ 方向上的总重力                           |
| $Z$              | 高度                                    |
| $Z$              | $z$ 方向上的力                             |
| $Z$              | 距喷口的喷流距离, 以喷口直径为单位                    |



|                       |   |
|-----------------------|---|
| $Z_a$                 | $z$ 方向上的总气动力  |
| $Z_g$                 | $z$ 方向上的总重力   |
| $a$                   | $\partial C_L / \partial \alpha$ , $\alpha$ 以弧度为单位                |
| $a$                   | 方程 (9.25) 中的一个参数  |
| $a$                   | $L / c \mu_R$ , 见方程 (10.7)  |
| $a$                   | 用环流 $K$ 表示的涡流粘性   |
| $a$                   | 在方程 (13.24) 和 (13.28) 中的积分上限                                      |
| $a_1$                 | $\partial C'_L / \partial \alpha'_{eff}$ , $\alpha'_{eff}$ 以弧度为单位 |
| $a_2$                 | $\partial C'_L / \partial \eta$ , $\eta$ 以弧度为单位                   |
| $a_0 a_1 a_2 a_3 a_4$ | 方程 (4.54) 中的函数  |
| $a_0$                 | 喷流外的音速  |
| $a_L \delta L$        | 强度值在 $L$ 和 $L + \delta L$ 之间的结构比例数                                |
| $b$                   | 机翼翼展, 呎   |
| $b_1 b_3 b_5$         | 方程 (4.54) 中的函数  |
| $c$                   | 平均翼弦, 呎   |
| $f$                   | 频率, 周/秒   |
| $f_u(r)$              | 方程 (9.10) 所定义的纵向自相关函数   |
| $f_w(r)$              | 方程 (9.11) 所定义的侧向自相关函数   |
| $f_L$                 | 大于 $L$ 值的载荷的每飞行小时出现频率   |
| $f_{L_A}$             | 大于 $L_A$ 值的载荷的每飞行小时出现频率   |
| $f_{L_S}$             | 大于 $L_S$ 值的载荷的每飞行小时出现频率   |
| $g$                   | 重力加速度   |
| $k$                   | 波长倒数, 周/呎   |
| $k_1 k_2$             | $k$ 在 $x$ 、 $y$ 方向上的分量  |
| $l$                   | 从飞机重心到尾翼参考点的距离  |
| $l$                   | 气动特征长度  |
| $l_p$                 | 气动力矩 $L_a$ 对角速度 $p$ 的导数   |
| $l_\xi$               | 气动力矩 $L_a$ 对副翼偏角 $\xi$ 的导数  |
| $m$                   | 飞机的质量   |
| $m$                   | $\partial C_L / \partial \alpha$ , $\alpha$ 以弧度为单位                |