

□
5511
216
T1

398026

成都工學院圖書館
基本館藏

結構穩定性手冊

第一分

平板的皺損



國防工業出版社

结 构 稳 定 性 手 册

第 一 部 分

平 板 的 皱 损

卫 星 译 校

國防工業出版社

1 9 7 2

内 容 简 介

本手册的第一部分“平板的皱损”，详细地评论了各种因素对平板皱损的作用，并将结果用一系列内容丰富的图表表示。此外，对各种边界条件和施加载荷下的平板，给出了皱损系数值；利用应力应变曲线来考虑塑性影响。

本手册可供飞行器设计、科研人员参考，对船舶、土建等方面有关人员亦有助益。

【美】NACA TN 3781
Handbook of Structural Stability
Part I -Buckling of Flat Plates
George Gerard & Herbert Becker
1957.7

*

结构稳定性手册

第一部分

平板的皱损

(只限国内发行)

卫星译校

*

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

*

787×1092¹/₃₂ 印张 3⁹/₁₆ 72千字

1972年11月第一版 1972年11月第一次印刷

统一书号：15034·1285 定价：0.32元

毛主席语录

古为今用，洋为中用。

对于外国文化，排外主义的方针是错误的，应当尽量吸收进步的外国文化，以为发展中国新文化的借镜；盲目搬用的方针也是错误的，应当以中国人民的实际需要为基础，批判地吸收外国文化。

外国有的, 我们要有, 外国没有的, 我们也要有。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

目 录

引言	7
符号	9
基本原理	13
概述	13
平衡微分方程	13
能量积分	15
解	16
边界条件	19
数学分析	19
互反曲率	21
屈服范围内的应力-应变关系	23
应力-应变曲线的三个参数描述法	23
非弹性模数	24
非弹性泊桑比	24
塑性折合系数	26
非弹性皱损应力方程	26
理论与实验数据的比较	27
非弹性皱损理论的假设	28
非弹性皱损理论	30
在计算中所采用的系数	32
无因次皱损曲线图的绘制	33
包层折合系数	34
基本原理	34

芯板应力-应变曲线的推导	35
理论和实验的比较	36
简化包层折合系数的推导	36
在压缩载荷下长方形平板的皱损	40
概述	40
板的压缩皱损系数数值	41
有弹性旋转约束边缘的支承板	41
边缘旋转约束不相等的板	41
有弹性旋转约束的支承凸缘	42
横向约束对皱损的影响	43
在剪切载荷下长方形平板的皱损	44
概述	44
对称和反对称方式	44
剪切皱损系数的数值	45
板长度对皱损系数的影响	45
在弯曲载荷下长方形平板的皱损	46
概述	46
弯曲皱损系数的数值	46
在组合载荷下长方形平板的皱损	47
概述	47
双轴压缩	47
剪切与正应力	48
弯曲与正应力	50
弯曲与剪应力	51
弯曲、剪切与横向压缩	52
纵向弯曲、纵向压缩与横向压缩	52
组合的非弹性应力	53
压力对长方形平板皱损的影响	54

所公布结果的范围	54
简支纵向压缩的长板	54
夹持的纵向压缩长板	55
特殊情况	56
弹性皱损应力表达式的应用	56
变载荷和变厚度的轴向压缩板	56
变载荷和等厚度的轴向压缩板	57
在压缩作用下的平行四边形格板	57
平行四边形板	58
三角形板	59
附录 A —— 应用部分	61
引言	61
材料的物理性能	61
压缩皱损	62
剪切皱损	65
弯曲皱损	65
组合载荷	65
参考文献	66
表1~9	73
图1~35	77

结构稳定性手册

第一部分

平板的皱损

卫星译校

国防工业出版社

1972

内 容 简 介

本手册的第一部分“平板的皱损”，详细地评论了各种因素对平板皱损的作用，并将结果用一系列内容丰富的图表表示。此外，对各种边界条件和施加载荷下的平板，给出了皱损系数值；利用应力应变曲线来考虑塑性影响。

本手册可供飞行器设计、科研人员参考，对船舶、土建等方面有关人员亦有助益。

【美】NACA TN 3781
Handbook of Structural Stability
Part I -Buckling of Flat Plates
George Gerard & Herbert Becker
1957.7

结构稳定性手册

第一部分

平板的皱损

(只限国内发行)

卫星译校

国防工业出版社出版

北京市书刊出版业营业许可登记证出字第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

787×1092¹/₃₂ 印张 3⁹/₁₆ 72千字

1972年11月第一版 1972年11月第一次印刷

统一书号：15034·1285 定价：0.32元

出版说明

遵循伟大领袖毛主席关于“洋为中用”的教导，我们翻译出版了“结构稳定性手册”，供从事飞行器设计、科研人员参考。

该手册对飞机结构的皱损破坏问题作了较为详尽的论述。对平板、曲板、筒体以及各种组合元件，在承受轴压、内压、外压、扭转、弯曲和剪切等各种载荷及各种组合载荷下的稳定问题均有叙述，并涉及了塑性问题，对理论和试验都给予了足够的重视。共分七个分册出版。

本手册译自（美）全国航空谘询委员会〔现在为全国航空和宇宙航行局〕，我们对手册内一些繁琐之处做了删改，但书内也还有吹嘘、片面之处，望读者遵照毛主席“排泄其糟粕，吸收其精华”的教导，批判的去阅读参考。

目 录

引言	7
符号	9
基本原理	13
概述	13
平衡微分方程	13
能量积分	15
解	16
边界条件	19
数学分析	19
互反曲率	21
屈服范围内的应力-应变关系	23
应力-应变曲线的三个参数描述法	23
非弹性模数	24
非弹性泊桑比	24
塑性折合系数	26
非弹性铰损应力方程	26
理论与实验数据的比较	27
非弹性铰损理论的假设	28
非弹性铰损理论	30
在计算中所采用的系数	32
无因次铰损曲线图的绘制	33
包层折合系数	34
基本原理	34

芯板应力-应变曲线的推导	35
理论和实验的比较	36
简化包层折合系数的推导	36
在压缩载荷下长方形平板的皱损	40
概述	40
板的压缩皱损系数数值	41
有弹性旋转约束边缘的支承板	41
边缘旋转约束不相等的板	41
有弹性旋转约束的支承凸缘	42
横向约束对皱损的影响	43
在剪切载荷下长方形平板的皱损	44
概述	44
对称和反对称方式	44
剪切皱损系数的数值	45
板长度对皱损系数的影响	45
在弯曲载荷下长方形平板的皱损	46
概述	46
弯曲皱损系数的数值	46
在组合载荷下长方形平板的皱损	47
概述	47
双轴压缩	47
剪切与正应力	48
弯曲与正应力	50
弯曲与剪应力	51
弯曲、剪切与横向压缩	52
纵向弯曲、纵向压缩与横向压缩	52
组合的非弹性应力	53
压力对长方形平板皱损的影响	54

所公布结果的范围	54
简支纵向压缩的长板	54
夹持的纵向压缩长板	55
特殊情况	56
弹性皱损应力表达式的应用	56
变载荷和变厚度的轴向压缩板	56
变载荷和等厚度的轴向压缩板	57
在压缩作用下的平行四边形格板	57
平行四边形板	58
三角形板	59
附录 A —— 应用部分	61
引言	61
材料的物理性能	61
压缩皱损	62
剪切皱损	65
弯曲皱损	65
组合载荷	65
参考文献	66
表1~9	73
图1~35	77

引 言

本“结构稳定性手册”较广泛地收集了有关航空结构中所遇到的板元件皱损和断裂的理论和实验数据,并加以评论。本书的编写目的不是作教科书用,也不打算作为一般飞机公司的结构指南。

本手册力图包括教科书和结构指南之间通常被忽略的问题;但是,不准备毫无遗漏地收集有关求解皱损问题时十分重要的数学方法,这些材料已载于参考文献。至于柱这个问题,已经在一些书中作了充分的讨论,因此,显然没有必要再把这些材料编入本手册内。

本部分主要是评论 1940 年初以来有关板元件皱损和断裂的研究结果。

在本报告的正文中,将从理论发展的观点和理论同试验数据相一致的观点出发,对下列通用皱损应力方程中所包括的各种因素进行严格的鉴定:

$$\sigma_{cr}(\text{或 } \tau_{cr}) = \eta \bar{\eta} \frac{k \pi^2 E}{12(1 - \nu_c^2)} \left(\frac{t}{b} \right)^2. \quad (1)$$

在“基本原理”一节中,简单评论了求解皱损问题时所遇到的基本数学原理。提供这种材料的主要目的是要使读者了解所用的近似方法,以便能够指出以后各节所讨论的特解结果的精确度。

在“边界条件”一节中,以一定的篇幅讨论了几何边界

条件对皱损应力的影响。同时指出了, 在一平板中采用不承载自由边时, 则其压缩皱损系数便包括有泊桑比。例如从理论上确定板柱、凸缘和简支板的皱损系数, 以便说明各种边界条件对这些元件的皱损品质的影响。

同时, 在“屈服范围内的应力-应变关系”一节中, 简单地提出了用数学描述应力-应变关系的三个参数方法。采用了这种方法可大大地简化非弹性皱损理论结果的表达方式。

超过材料比例极限的效应, 合并并在塑性折合系数 η 中。因为近来提出了各种各样的理论, 而且没有一份出版物从工程结果的观点出发来对这些理论的矛盾假设进行评论, 所以在“塑性折合系数”一节中对这个问题进行了较为广泛的论述。

包层对平板皱损应力的影响, 通过推广非弹性皱损理论来加以处理。在“包层折合系数”一节中提出了包层板皱损的简化处理方法, 其中导出包层修正系数 $\bar{\eta}$ 的数值。

确定弹性皱损系数 k 的由来已经有了充分的论述; 因此, 最后一节是关于大量情况的皱损系数。所得的结果大部分都直接用皱损系数曲线图来表示。

编写附录的目的是为了分析和设计时使用方便, 因此在附录中没有引述参考文献, 只就对文献的内容和在特定问题上的应用两方面进行估价和讨论。在要具体说明有关皱损问题某一特定方面而可能采用的几种理论中之某一种时才提出实验证据; 塑性折合系数也许是这种现象的最明显的例子。因此, 当推荐某种特定理论时, 一般都用实验数据来加以证明。

正文部分也包括了在编写本手册过程中所发表的一些新材料。

符 号

A_r ——肋的横截面面积 (吋²);

a ——板的纵向 (在单轴向压缩作用时通常是不承载边) 尺寸 (吋);

b ——板的横向 (在单轴向压缩作用时通常是不承载边) 尺寸 (吋);

$C_1 \cdots C_5$ ——一般非弹性板皱损方程中的系数 (参见“基本原理”一节);

$c_1 \cdots c_4$ ——弹性板皱损方程中的系数, 这些系数由板的不承载边的几何边界条件来确定;

D ——板的剖面刚度 $= Et^3/12(1 - \nu^2)$ (磅·吋);

D' ——塑性板的剖面刚度 $= E_s t^3/9$ (磅·吋);

E ——杨氏模数 (磅/吋²);

E_s ——割线系数 (σ/ϵ);

E_t ——切线系数 ($d\sigma/d\epsilon$);

$\bar{E}_s, \bar{E}_t$ ——分别表示包层板的割线系数和切线系数;

f ——总包层厚度与总板厚之比;

G ——剪切模数;

$g = \log_e \beta$;

I ——惯性矩;

$j = (E_s/E)(1 - \nu_s^2)(1 - \nu^2)$;

K ——修正的皱损系数 $= k\pi^2/12(1 - \nu^2)$;

k —— 皱损系数;

L —— 板的长度 (吋);

M —— 施于板平面内的弯矩 (吋·磅);

N —— 轴向载荷 (磅/吋);

n —— 皱损板上的纵向半波数; 也表示应力-应变曲线的形状参数;

P —— 施于板平面内的法向载荷 $= \sigma^t b$ (磅);

p —— 正压力 (磅/吋²);

$$\bar{p} = \bar{\alpha}^2 - \nu_c (\pi b / \lambda)^2;$$

q —— 剪切载荷 (磅/吋);

$$\bar{q} = \bar{\beta}^2 + \nu_c (\pi b / \lambda)^2;$$

R —— 应力比;

t —— 板的厚度 (吋);

$$u = (k_{s+} - k_{s-}) / (k_{s+} + k_{s-});$$

W —— 位能 (吋·磅);

w —— 垂直于板平面的位移 (吋);

x, y, z —— 座标;

$$Y = 1 + 3\beta f;$$

α —— 边缘角 (度), 也等于 $12M / (Pb + 6M)$;

$$\bar{\alpha} = \pi (b / \lambda)^{1/2} [(b / \lambda) + k_c^{1/2}]^{1/2};$$

β —— 包层屈服应力与中心板应力之比 ($\sigma_{cl} / \sigma_{core}$);
也表示在变轴向载荷下板的载荷比 (最大载荷 / 最小载荷);

$$\bar{\beta} = \pi (b / \lambda)^{1/2} [-(b / \lambda) + k_c^{1/2}]^{1/2};$$

γ —— 剪应变;

ε —— 正应变; 也表示板边缘加劲条的抗转刚度与板