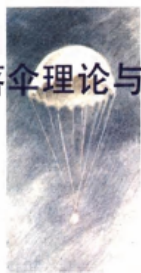


王利军 主编

降落伞理论与应用



宇航出版社

主编

论与应用



宇航出版社

3 3 1 2 7 3 0 2

V244.21
01

降落伞理论与应用

HK26/24

主 编 王利荣

编写人员 吴剑萍 王利荣 吴如璋
吴仰东 葛宝歧 王中文



C0347983

宇航出版社

内 容 简 介

本书汇总了70年代以来降落伞理论与应用的新成果,以理论分析、性能计算和工程应用为重点,全面介绍了降落伞研制的基本内容。全书共分9章,包括:基础知识,结构与部件,物伞系统轨迹计算,开伞过程计算,强度计算,可靠性与维修性,降落伞应用,高性能滑翔伞,试验与测试技术。

本书是一部降落伞研究工作者的参考书,可供本专业及相关专业的科技人员和教学人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

降落伞理论与应用/王利荣编著. —北京:宇航出版社,1997.7
ISBN 7-80034-930-6

I. 降… I. 王… M. ①降落伞-基本知识②降落伞-应用
IV. V244.21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 12327 号

宇航出版社出版发行

北京市和平里滨河路1号(100013)

发行部地址:北京阜成路8号(100830)

北京科报印刷厂印刷

新华书店经销

1997年7月第1版 1997年7月第1次印刷

开本:850×1168 1/32 印张:22 字数:572千字

印数:1~1300册 定价:30.00元

《降落伞理论与应用》
编辑工作委员会

主 任 季留法

副 主 任 陈与楫 王利荣

委 员 刘广生 徐文源 张 恒 邓 笙
 缪鸿达 乔树全 王文焕 王永涪
 贾成祥 彭光裕 王万里

前 言

降落伞从本世纪初问世起,由于它具有重量轻、减速效果好的优点,已被广泛用于航空、航天、兵器和体育运动等领域,成为一门独立的专业。从50年代起,我国的降落伞工业发展迅速,独立地研制出各种类型的降落伞装备,为国防建设、科学研究、经济建设和体育事业的发展作出了重大贡献。

70年代以来发展起来的翼伞技术,大大地丰富了降落伞理论和拓宽了应用领域。现代降落伞的应用领域,远远超出了“降落”一词的原有含义,在国际交流中已广泛使用“气动力减速器”和“回收系统”来概括日益扩大的“降落伞”的应用实践。

近20年来,降落伞技术的基础研究进一步深入,工程方法日趋完善,大大提高了降落伞研制工作的科学性,国内外取得的研究成果和积累的实践经验十分丰富。为了对这些成果和经验从理论上加以科学地总结,更有效地推进我国降落伞技术的进步,在1977年出版的《降落伞技术导论》的基础上编写本书,并定名为《降落伞理论与应用》。

本书收入了70年代以来降落伞理论与应用的新成果,以理论分析、性能计算和工程应用为重点,全面介绍了降落伞研制工作的基本内容。全书共分九章,第一章基础知识,仅就与降落伞性能密切相关的大气、纺织材料及空气动力学作简单的概念性介绍;第二章介绍降落伞系统的结构类型及其设计参数的选择依据;第三、四两章论述降落伞工作过程的理论和性能预测的工程方法;第五章介绍伞衣及相关构件强度设计的几种方法;为了适应对某些复杂的伞系统的要求日益提高的需要,第六章重点介绍了伞系统的可

靠性设计和维修性的评价方法；第七章介绍降落伞的应用领域及其发展前景的预测；翼伞属升力型减速器，其工作原理和结构设计都有别于传统的阻力型减速器，所以，第八章，着重对冲压式翼伞的理论和设计要点作了集中介绍；第九章介绍降落伞试验和测量的方法、手段和主要测试设备。

《降落伞理论与应用》有别于设计指南之类的工具书，而是一部降落伞研究工作者的参考书，服务对象主要是本专业的研究工作者和教学人员，也可用作相关科技人员及使用人员的学习研究参考书。

在本书编写过程中，得到中国航空工业总公司领导和南京航空航天大学、五一三厂、五二〇厂的大力支持和帮助，广大科技人员踊跃撰稿，除编写人员外，提供初稿的还有：龚文轩、陈宙毓、高国申、李明德、杨孟捷、周承德、章维潮、杨华明、马衍富、端木冬生、李德峰、蒋英德、卞玉玮、徐玉彬、罗乐平、何禹门、张本盼、马庆赏、杨群娣等。本书得以出版是和他们的努力分不开的，在此一并致谢。限于水平，误漏之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

主要符号

A	面积	D_d	伞顶孔直径
A_0	伞衣名义面积	d_w	伞衣危险截面直径
A_w	回收物(载荷体)特征面积	D_s	降落伞阻力
A_t	伞衣投影面积	D_w	回收物(载荷体)阻力
A_k	伞衣开孔(缝)面积	E	能量,弹性模数
A_{jk}	伞衣进气口面积	F	力
A_d	伞顶孔面积	F_L	拉直力、伞绳张力
a	声速、加速度	F_k	开伞动载
b	展长、宽度	F_{sh}	拉出伞绳摩擦力
c	弦长	F_A	轴向力
C	系数	F_N	法向力
C_D	相对伞衣名义面积的阻力系数	F_Z	侧向力
C_i	相对伞衣投影面积的阻力系数	F_d	孔口圈内力
C_w	回收物(载荷体)的阻力系数	f	安全系数
C_L	伞衣升力系数	G	重力
C_m	气动力矩系数	g	重力加速度
C_A	轴向力系数	H	高度
C_N	法向力系数	h	高度
C_Z	侧向力系数	h	伞衣幅高
C_p	压力系数	I	转动惯量
C_{st}	物伞系统阻力系数	K	系数、升阻比
(CA)	阻力特征	k	系数
D	阻力、直径	K_i	附加质量系数
d	直径	K_d	动载系数
D_0	伞衣名义直径	L	升力、长度
D_i	伞衣投影直径	L_{sh}	伞绳长度
D_j	结构直径	M	力矩
D_{sk}	收口伞衣底边直径	Ma	马赫数

m	质量	v_z	着陆速度
m_s	伞系统质量	v_w	回收物(载荷体)速度
m_{st}	物伞系统质量	v_s	降落伞速度
m_i	附加质量	v_f	飞机速度
m_o	伞衣底边质量	v_q	流过编织物的平均速度
N	数量	v_j	极限速度
n	数量、过载	W	透气量
P	力、断裂强度	W_s	伞衣总透气量
p	压强	W_y	有效透气量
q	速压	W_j	结构透气量
R	半径、合力、比值	W_r	相对透气量
Re	雷诺数	W_z	织物透气量
R_m	质量比	w	风速
r	半径	α	迎角, 角度, 系数
S	距离、弧长	Δ	相对密度
S_m	充满距离	β	侧滑角
T	热力学温度、无因次时间、张力	γ	倾斜角
t	摄氏温度、时间	ϵ	伸长率
t_m	充满时间	θ	轨迹角
t_y	延迟时间	δ	俯仰角
u	空速、拉出速度	λ	展弦比、耐缝系数
V	体积	ρ	密度
v	速度(真速)	σ_{jx}	伞衣径向截面应力
v_R	相对速度	σ_{wx}	伞衣纬向截面应力
v_k	开伞速度	ϕ	安装角
v_m	充满速度	ψ	偏航角
v_L	拉直速度	ψ_s	航迹偏转角
v_d	稳降速度	ω	角速度

注脚符号

0	海平面,名义,初始	sy	伞衣
b	表现	t	投影
d	稳定下降,孔口,断裂,地面,底边	w	物体、危险
f	飞机,附加	y	延迟、有效
h	高度,航迹	ys	引导伞
j	结构,极限	xt	系统
k	开伞,开孔	z	着陆
L	拉直	A	轴向
m	充满	D	阻力
n	内含	L	升力
q	气流	m	力矩
s	伞	N	法向
sh	伞绳	z	侧向
sk	收口		

目 录

第一章 基础知识	(1)
1.1 大气	(1)
1.1.1 空气的密度、温度和压力	(1)
1.1.2 大气分层	(3)
1.1.3 标准大气	(6)
1.2 降落伞的功用与工作过程	(7)
1.2.1 降落伞的功用	(7)
1.2.2 降落伞的分类	(8)
1.2.3 降落伞系统的工作过程	(8)
1.3 降落伞的透气量	(13)
1.3.1 伞衣织物透气量	(13)
1.3.2 伞衣结构透气量	(14)
1.3.3 伞衣总透气量	(15)
1.3.4 压差对织物透气量的影响	(15)
1.3.5 高度对有效透气量的影响	(18)
1.4 过载	(19)
1.4.1 过载的概念及分类	(19)
1.4.2 过载对人体的影响	(21)
1.4.3 着陆过载	(23)
1.5 附加质量	(26)
1.5.1 附加质量概念	(26)
1.5.2 附加质量的确定	(30)
1.5.3 降落伞附加质量	(35)
1.5.4 降落伞附加质量惯性矩	(39)
1.6 降落伞气动力	(41)
1.6.1 阻力	(42)

1.6.2	升力	(49)
1.6.3	轴向力、法向力和侧向力	(49)
1.7	收口比	(51)
1.7.1	概述	(51)
1.7.2	收口比与阻力特征	(52)
1.8	尾流	(54)
1.8.1	亚声速尾流	(55)
1.8.2	跨声速和超声速尾流	(59)
1.9	气动力加热	(61)
1.10	降落伞纺织材料	(64)
1.10.1	纺织材料的原料和特性	(64)
1.10.2	降落伞用纺织材料的组织结构	(67)
1.10.3	降落伞用纺织材料的基本性能	(71)
第二章	降落伞的结构与部件	(75)
2.1	降落伞系统结构	(75)
2.1.1	概述	(75)
2.1.2	降落伞系统组成与结构	(76)
2.2	伞衣与伞绳	(77)
2.2.1	概述	(77)
2.2.2	伞衣结构形状	(81)
2.2.3	伞绳	(100)
2.3	其它缝纫件	(102)
2.3.1	引导伞	(102)
2.3.2	伞衣套	(104)
2.3.3	伞包	(108)
2.3.4	背带系统	(113)
2.3.5	连接绳	(118)
2.4	开伞装置	(119)
2.4.1	绳拉开伞装置	(119)
2.4.2	手拉开伞装置	(120)
2.4.3	自动开伞装置	(121)
2.4.4	射伞装置	(123)

2.4.5	切割器	(127)
2.5	脱离装置	(128)
2.5.1	人用伞脱离锁	(128)
2.5.2	物用伞脱离锁	(131)
第三章	物伞系统轨迹计算	(137)
3.1	坐标系及其变换	(137)
3.1.1	坐标系的定义	(137)
3.1.2	各坐标系之间的关系	(138)
3.1.3	坐标变换的一般方法	(140)
3.1.4	各坐标系之间的变换矩阵	(143)
3.2	刚体运动方程	(150)
3.2.1	刚体质心动力学方程	(150)
3.2.2	刚体绕质心转动的动力学方程	(153)
3.2.3	运动学方程及其他关系式	(155)
3.2.4	克希霍夫(Kichhoff)方程	(158)
3.3	自由坠落阶段的轨迹计算	(162)
3.3.1	延迟跳伞	(162)
3.3.2	自由坠落阶段的轨迹计算	(163)
3.4	风对物伞系统运动轨迹的影响	(166)
第四章	降落伞开伞过程计算	(170)
4.1	拉直阶段	(170)
4.1.1	两种拉伞程序	(170)
4.1.2	拉直阶段轨迹计算	(173)
4.1.3	先拉伞绳法的拉直力计算	(176)
4.1.4	先拉伞衣法的拉直力计算	(181)
4.1.5	影响拉直力大小的主要因素	(185)
4.1.6	减小拉直力的措施	(186)
4.2	充气阶段	(187)
4.2.1	充气过程	(188)
4.2.2	充气性能	(190)
4.2.3	充气距离法	(199)
4.2.4	充气时间法	(211)

4.2.5	动量法	(215)
4.2.6	其他开伞动载计算方法	(221)
4.2.7	减小开伞动载的措施	(229)
4.3	稳定阶段	(233)
4.3.1	稳定阶段轨迹计算	(233)
4.3.2	稳定阶段高度、时间的估算	(234)
4.4	降落伞稳降阶段的稳定性判据	(235)
4.4.1	稳定性的概念	(235)
4.4.2	物伞系统稳降阶段的一维稳定性分析	(236)
4.4.3	物伞系统动稳定性判据	(241)
4.5	降落伞系统稳定性计算	(250)
4.5.1	刚体三维运动稳定性计算	(252)
4.5.2	两刚体铰接平面运动稳定性计算	(253)
4.5.3	非刚性连接的物伞系统稳定性	(263)
4.5.4	改善降落伞稳定性的方法	(273)
第五章	降落伞强度计算	(275)
5.1	伞衣和伞绳强度计算	(275)
5.1.1	不考虑“鼓包”时伞衣的强度计算	(275)
5.1.2	考虑“鼓包”时伞衣应力分析及强度计算	(279)
5.1.3	充气能量传递法	(301)
5.1.4	压力—应变平衡法	(305)
5.1.5	伞衣孔口圈	(316)
5.1.6	伞绳	(318)
5.1.7	伞衣收口绳	(319)
5.2	缝合强度	(321)
5.2.1	基本概念和术语	(321)
5.2.2	相关参数对缝合强度系数 η 的影响	(323)
5.2.3	缝合部针脚的受力状态	(331)
第六章	可靠性与维修性	(338)
6.1	可靠性	(338)
6.1.1	基本概念	(338)
6.1.2	可靠性常用的概率分布	(341)

6.1.3	降落伞可靠性设计	(344)
6.1.4	降落伞可靠性分析	(351)
6.1.5	抽样检验	(364)
6.1.6	零部件可靠性分析	(371)
6.1.7	安全系数和可靠性	(374)
6.2	维修性	(376)
6.2.1	概述	(376)
6.2.2	维修性的评价方法——参数量化法	(377)
6.2.3	各参数及参数系数 λ 值的确定	(378)
6.2.4	系统维修性系数 M_w 的确定	(384)
6.2.5	参数量化法的应用	(386)
第七章	降落伞的应用	(389)
7.1	救生伞	(389)
7.1.1	概述	(389)
7.1.2	救生伞的组成与开伞程序	(391)
7.1.3	救生伞设计的主要问题及解决方法	(396)
7.1.4	典型救生伞系统结构简介	(407)
7.2	弹射座椅稳定伞	(411)
7.2.1	概述	(411)
7.2.2	功用	(413)
7.2.3	使用特点与要求	(413)
7.2.4	座椅稳定伞设计的主要问题及解决方法	(414)
7.2.5	稳定伞面积与作用在座椅上的稳定伞载荷估算	(417)
7.2.6	座椅稳定伞类型与系统结构简介	(419)
7.3	伞兵伞	(424)
7.3.1	功用	(424)
7.3.2	使用特点与要求	(424)
7.3.3	伞兵伞设计的主要问题及解决方法	(425)
7.3.4	典型伞兵伞结构简介	(431)
7.4	备份伞	(437)
7.4.1	功用	(437)
7.4.2	备份伞工作特点	(437)

7.4.3	备份伞设计要求与技术措施	(439)
7.4.4	备份伞结构简介	(441)
7.5	运动伞	(443)
7.5.1	概述	(443)
7.5.2	运动伞设计要求	(444)
7.5.3	运动伞结构与性能简介	(446)
7.6	投物伞	(447)
7.6.1	投物伞的应用范围和空投方法	(447)
7.6.2	投物伞的组成及其工作过程	(449)
7.6.3	重型投物伞多伞系统的应用	(452)
7.6.4	投物伞伞衣结构型式	(454)
7.6.5	牵引伞系统	(454)
7.6.6	空投平台	(457)
7.6.7	着陆缓冲装置	(458)
7.7	阻力伞	(460)
7.7.1	概述	(460)
7.7.2	阻力伞的组成与在飞机上的安装	(462)
7.7.3	阻力伞的使用特点与要求	(467)
7.7.4	阻力伞工作过程	(470)
7.7.5	阻力伞伞衣面积与滑跑阶段运动参数计算	(471)
7.8	航弹伞	(474)
7.8.1	概述	(474)
7.8.2	炸弹伞	(477)
7.8.3	水、鱼雷伞	(481)
7.8.4	航空照明弹伞	(485)
7.9	飞行器回收伞	(494)
7.9.1	无人驾驶飞机回收伞	(494)
7.9.2	导弹回收伞	(498)
7.9.3	高空探测器回收伞	(499)
7.9.4	载人宇宙飞船的降落伞着陆系统	(502)
7.10	其它用伞	(507)
7.10.1	空中加油稳定伞	(507)

7.10.2	林区消防员伞	(510)
7.10.3	高空气球用伞	(511)
7.10.4	牵引升空伞	(514)
7.10.5	牵引运输翼伞	(516)
7.10.6	动力翼伞	(518)
7.10.7	训练伞	(519)
7.10.8	赛车、赛艇减速伞	(522)
7.10.9	爆破器伞	(523)
7.10.10	伞锚	(524)
第八章	高性能滑翔伞	(528)
8.1	概述	(528)
8.2	两种高性能滑翔伞的典型结构	(530)
8.2.1	冲压式翼伞	(530)
8.2.2	龙骨式翼伞	(535)
8.3	高性能滑翔伞的气动特性	(537)
8.3.1	冲压式翼伞的气动特性	(537)
8.3.2	龙骨式翼伞的气动特性	(550)
8.4	高性能滑翔伞的飞行性能	(556)
8.4.1	运动方程	(556)
8.4.2	滑翔性能	(561)
8.4.3	稳定性	(565)
8.4.4	操纵性能	(570)
8.4.5	减速和雀降性能	(572)
8.4.6	滑翔伞的牵引起升	(577)
8.5	开伞控制方法	(582)
8.5.1	开伞控制的必要性	(582)
8.5.2	收口绳控制	(583)
8.5.3	收口布控制	(586)
8.5.4	其它控制方法	(587)
8.6	高性能滑翔伞的操纵	(589)
8.6.1	概况	(589)
8.6.2	无线电遥控操纵的基本原理	(589)

8.6.3	实现重载荷遥控操纵所面临的几个主要问题	(590)
8.7	高性能滑翔伞的开伞动载和伞衣应力计算	(592)
8.8	设计应用举例	(594)
8.8.1	设计要求	(594)
8.8.2	设计任务分析	(594)
8.8.3	伞衣面积和结构确定	(595)
8.8.4	伞绳尺寸的确定	(596)
8.8.5	操纵绳结构与尺寸	(599)
8.8.6	性能估计	(599)
第九章	试验与测试技术	(601)
9.1	试验技术	(601)
9.1.1	风洞试验	(601)
9.1.2	空投试验	(604)
9.1.3	拖曳试验	(612)
9.1.4	气动炮试验	(619)
9.1.5	其它试验方法	(624)
9.2	相似理论在降落伞试验中的应用	(630)
9.2.1	两流场的相似	(630)
9.2.2	相似准则	(630)
9.2.3	相似定理	(632)
9.2.4	量纲分析	(632)
9.2.5	降落伞的相似准则	(632)
9.2.6	相似理论应用	(633)
9.3	测试技术	(638)
9.3.1	概述	(638)
9.3.2	机械测量	(639)
9.3.3	电测量	(642)
9.3.4	光学测量	(656)