

降落伞技术导论

《降落伞技术导论》编写组 编

国防工业出版社

编 者 的 话

随着现代航空科学技术的迅速发展，降落伞作为一种稳定减速装置，由于它具有重量轻、体积小、减速效果好的优点，已经在国防与科学技术方面获得愈来愈广泛地应用。它的品种日渐增多，技术日趋完善，已经成为航空与空间技术中具有广阔前途的一门专业。

我国早在四千多年前的尧舜时期，就已懂得应用降落伞的原理了。据司马迁著《史记·五帝本纪》记载，远在公元前二二五〇年左右，传说中的虞舜曾根据劳动群众实践，利用两个斗笠从着火的仓廩上跳下来，得以不死。这是人类第一次应用降落伞原理的报导，由此证明至少在二千多年前，即史记的写作时代（西汉，约公元前一〇〇年左右），我国劳动人民就知道这一原理了。此后，据记载，在宫廷仪式中，也有使用降落伞作杂技表演，以招待宾客。这些都说明我国是世界上最早开始掌握降落伞原理的一个国家。但是，由于长期的封建统治，帝国主义的侵略以及国民党的反动统治，使我国的降落伞事业一直得不到发展。

解放二十多年来，在毛主席“鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义”的总路线和“独立自主，自力更生”的方针指引下，我国降落伞制造业和其他制造业一样，战胜了刘少奇、林彪反革命修正主义路线的破坏和干扰，粉碎了帝国主义和社会帝国主义的技术封锁和破坏，从无到有，从小到大，产品品种与日俱增，生产蒸蒸日上，已经建立了独立自主的降落伞制造业，走上了自行设计的道路，基本上满足了国防与科学技术发展的需要。这是毛泽东思想的伟大胜利，是毛主席无产阶级革命路线的伟大胜利。

编写《降落伞技术导论》的目的，就是为了更好地总结解放二十多年来我国降落伞制造业在技术上所取得的成就，力求把实践

经验上升到理论的高度,以适应降落伞技术的不断发展,为加速技术培训工作,努力赶超世界先进科学技术水平而奋斗。

全书内容较为广泛,共四篇十六章。第一篇为降落伞理论与计算,第二篇为降落伞结构与应用,第三篇为降落伞材料、工艺与包装维护,第四篇为降落伞试验与测量技术。前两篇是本书重点,后两篇只作些简要的介绍。本书主要是供降落伞专业的设计人员使用及参考,也可以作为学校教学、工厂和科研单位技术培训以及部队使用维护方面参考。

《降落伞技术导论》是以工厂、科研单位和学校及工人、技术人员和领导干部“三结合”的形式进行编写的。参加编写的单位有南京航空学院、北京航空学院、五一三厂、五二〇厂以及五〇八所等。本书在编写过程中,力求把实践经验上升到理论的高度,并遵照毛主席“洋为中用”的教导,适当吸取国外一些有用的东西,加以充实提高。由于编者水平有限,错误与不当之处在所难免,望读者批评指正。另外在本书第二、四、五章中引进了国外的一些新的理论与计算方法,有的虽然已经作了一些验证(如开伞过程计算及强度计算等),但仅仅是初步的,深度和广度都还不够;有的还未加以验证(如气动加热计算等),这些仅作为一种新的设计计算方法加以介绍。望读者在今后实践中深入验证,不断总结经验,使其日趋完善。

《降落伞技术导论》编写组

目 录

第一篇 降落伞理论与计算

第一章 基础知识	19
第一节 大气	19
一、空气的密度、温度和压力	19
二、大气分层	21
三、气温、气压和密度随高度的变化	23
四、标准大气	24
第二节 空气动力学基本知识	25
一、低速情况下的流体特性	25
二、高速气流特性	30
第三节 透气量的概念	41
一、伞衣织物的透气量	41
二、伞衣结构透气量	42
三、压差对织物透气量的影响	43
四、高度对透气量的影响	45
第四节 极限速度	46
一、物体在空中的垂直坠落	46
二、物体坠落的极限速度	47
三、影响极限速度的因素	47
四、物伞系统降落的极限速度	49
第五节 过载	52
一、过载的概念及分类	52
二、人体耐受过载的极限	53
第六节 降落伞的功用与工作过程	55
一、降落伞的功用	55
二、降落伞的分类	56
三、降落伞系统的工作过程	56

第二章 降落伞的气动性能	59
第一节 阻力系数	59
一、阻力系数的确定	59
二、各种因素对阻力系数的影响	61
三、尾流的影响(亚音速范围)	67
四、尾流的影响(超音速范围)	72
五、收口对阻力特征的影响	81
第二节 稳定性	85
一、稳定性的概念	85
二、稳定性分析	86
三、各种因素对稳定性的影响	94
第三节 振动	99
一、降落伞系统的基本振型及自振频率计算	99
二、带条伞超音速喘振及摆振问题	107
第四节 带条伞的气动加热及伞衣表面温度计算	116
一、基本假设及伞衣表面热平衡方程	116
二、带条伞对流换热系数 α 的确定	122
三、定态换热时带条伞衣的平衡温度计算	126
第三章 物-伞系统的轨迹计算	127
第一节 质点运动方程	127
一、基本假设	127
二、质点运动方程	127
第二节 质点运动方程的解法	129
一、分段积分法(距离法)	129
二、欧拉数值积分法(时间法)	139
第三节 质点垂直降落的轨迹计算	141
一、质点垂直降落的运动方程	141
二、计算步骤	147
三、M数对物体阻力系数的影响	148
第四节 风对轨迹的影响	150
一、解有风弹道	150
二、物-伞系统阻力特征的推算	153
三、把实测的有风轨迹修正为无风轨迹	153
第五节 弹射座椅轨迹计算	160
一、基本假设	160

二、坐标系	160
三、初始条件	161
四、作用在弹射座椅上的力和力矩	163
五、座椅运动方程及其解法	168
第四章 开伞过程计算	174
第一节 拉直阶段计算	174
一、两种拉伞程序	174
二、采用顺拉法时拉直力的计算	177
三、采用倒拉法时拉直力的计算	179
四、拉直阶段轨迹计算	184
五、采用伞衣套(伞袋)时拉伞阻力的确定	196
六、拉直阶段计算实例	198
第二节 充气阶段计算	200
一、临界充满速度与降落伞充满条件	201
二、充气过程中的伞形变化及充满距离	207
三、开伞动载和充满时间计算	215
第三节 稳定阶段计算	246
第五章 降落伞强度计算	249
第一节 伞衣和伞绳的强度计算	249
一、不考虑“鼓包”时伞衣的强度计算	249
二、考虑“鼓包”时伞衣应力分析及强度计算	252
三、伞衣孔口圈的强度计算	275
四、伞绳强度计算	278
第二节 典型金属件强度计算	279
一、半圆形扣的强度计算	279
二、挂钩的强度计算	286

第二篇 降落伞结构与应用

第六章 降落伞系统结构分析	291
第一节 伞衣	291
一、方形伞	291
二、圆形伞	293
三、导向面伞	299
四、带条伞	305

五、其它型式的伞	310
第二节 其它缝纫部件	314
一、引导伞	314
二、伞衣套	321
三、伞包	325
四、背带系统	329
第三节 降落伞金属件	333
一、物用伞脱离锁	337
二、人用伞脱离锁	346
三、爆炸螺栓	350
第四节 开伞装置	353
一、开伞拉绳和拉环	353
二、自动开伞器	354
三、射伞装置	363
四、切割器	367
第七章 人用伞	371
第一节 飞行员救生伞	371
一、概述	371
二、座椅稳定伞	372
三、救生伞	395
第二节 伞兵伞	413
一、伞兵伞的功用及使用特点	413
二、设计中的基本矛盾与解决方法	414
三、伞兵伞组成和常用型式	417
四、伞兵伞的展望	421
第三节 运动伞	426
一、概述	426
二、工作原理	427
三、设计要求和特点	427
四、常用的运动伞伞衣结构型式介绍	429
五、伞衣开缝面积计算	430
六、表演伞	436
第四节 备份伞	438
一、概述	438

二、设计要求与结构措施	442
第八章 阻力伞	446
第一节 概述	446
一、飞机着陆刹车装置的效果分析	446
二、阻力伞在飞机上的安装位置	448
三、对阻力伞伞舱的基本要求	449
第二节 设计要求及工作过程	449
一、设计要求	449
二、阻力伞的一般组成	451
三、阻力伞工作过程	453
第三节 设计计算	455
一、阻力伞的气动性能	455
二、阻力伞伞衣面积的计算	457
三、滑跑阶段运动参数的计算	465
四、多伞系统	468
第九章 物用伞	470
第一节 投物伞	470
一、投物伞的应用范围和空投方法	470
二、投物伞的组成及其工作过程	472
三、牵引伞系统	475
四、机内牵引过程中各参数的计算	478
五、重型投物伞多伞系统的应用	482
六、空投平台	484
七、着陆缓冲装置	487
第二节 航弹伞	493
一、航弹伞的功用及特点	493
二、航空照明弹伞的设计	494
三、水、鱼雷伞	503
第三节 回收伞	508
一、回收伞的功用	508
二、回收伞的基本设计要求	510
三、回收伞的工作程序	511
四、大面积回收伞减小开伞动载的问题	512
五、回收伞的部位安排	515

第十章 降落伞在火箭和空间技术上的应用	518
第一节 降落伞应用于高空火箭的回收	518
一、高空回收的特点	518
二、高空回收的工作过程	520
三、降落伞回收方案的确定	522
四、变阻力特征减速装置的应用	523
第二节 载人飞船的降落伞着陆系统	524
一、降落伞在空间技术上的地位	524
二、降落伞着陆系统的组成和工作程序	525
三、稳定伞	528
四、主伞	531
第十一章 设计计算实例	533
第一节 设计要求与方案论证	533
一、设计要求	533
二、设计方案的选择	533
三、降落伞气动性能的分析	538
四、轨迹计算	539
五、减速伞的表面温度估算	558
六、回收伞部位安排	559
第二节 结构设计	562
一、减速伞包连接绳	562
二、减速伞伞包	562
三、减速伞	562
四、减速伞连接绳	567
五、主伞包	567
六、主伞	567
七、主伞封包拉绳	568
八、主伞连接绳	568
九、减速伞封包拉绳	569
十、减速伞包封包绳	569
十一、拉断绳	569
第三节 强度计算	569
一、减速伞的强度计算	569
二、主伞的强度计算	570

第三篇 降落伞材料工艺与包装维护

第十二章 降落伞纺织材料	577
第一节 纺织材料	577
一、纺织纤维及其分类	577
二、纺织纤维(包括纱线)的主要性能	578
三、降落伞常用纺织材料的结构	589
第二节 纺织材料在降落伞上的应用	597
一、纺织材料主要性能及其与降落伞的关系	597
二、降落伞设计对纺织材料的要求及选材	614
第十三章 缝制工艺	620
第一节 概述	620
一、任务与特点	620
二、制造的一般流程	621
第二节 工艺准备与裁剪	623
一、工艺准备	623
二、裁剪	627
第三节 缝制	630
一、基本知识	630
二、常用缝合部及绳结	641
三、接头、补丁及线头的处理	650
第四节 缝合部分析	653
一、缝合部的重要性	653
二、缝合强度的几个概念和术语	654
三、影响缝合强度系数的几个因素	656
四、力在缝合部中的传递和分布	670
五、缝合部的工艺性	678
第十四章 降落伞包装与维护	681
第一节 包装与维护的重要性	681
第二节 包装	681
一、包装工具与设备	681
二、包装前的检查	683
三、包装方法	683
第三节 维护	692

一、降落伞使用后的检修	692
二、降落伞使用后的清洗	692
三、降落伞的通风晾干及其设备	693
四、降落伞的保管	694

第四篇 降落伞试验与测量技术

第十五章 试验技术	699
第一节 概述	699
第二节 风洞试验	699
一、空气动力相似概念	700
二、伞模型的制造及安装	706
第三节 空投试验	707
一、从伞塔上空投试验	707
二、从气球上空投试验	711
三、从飞机上空投试验	712
第四节 拖曳试验	715
一、飞机拖曳试验	716
二、火箭拖曳试验	717
三、水中拖曳试验	719
第五节 动力发射试验	723
一、空中发射试验	724
二、地面发射试验	725
第六节 其它试验方法	735
一、静力试验	735
二、冲击试验	736
第十六章 测量技术	742
第一节 机械测量	742
一、动力负荷仪	742
二、过载自记仪	747
三、动力负荷仪与过载自记仪性能比较	749
四、绳测着陆速度	749
第二节 电测量	751
一、有线电测量	751
二、无线电遥测	752

第三节 光学测量	761
一、概述	761
二、降落伞参数的光学测量	762
三、摄影设备	772
附录 1. 标准大气表	776
附录 2. 气动函数表	786
附录 3. 指数函数和双曲线函数表	796
附录 4. $B-\theta$ 表	798

降落伞技术导论

《降落伞技术导论》编写组 编

国防工业出版社

内 容 简 介

《降落伞技术导论》是以工厂、科研单位和学校及工人、技术人员和领导干部“三结合”的形式进行编写的。全书内容较为广泛，是一本综合性的读物，共四篇十六章。第一篇为降落伞理论与计算，第二篇为降落伞结构与应用，第三篇为降落伞材料、工艺与包装维护，第四篇为降落伞试验与测量技术。前两篇是本书重点，后两篇只作些简要的介绍。

本书可供降落伞专业的设计人员使用及参考，也可作为学校教学、工厂和科研单位技术培训以及部队使用维护方面参考。

降 落 伞 技 术 导 论

《降落伞技术导论》编写组 编

*

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

国防工业出版社印刷厂印装 内部发行

*

850×1168 1/32 印张 25¹¹/16 插图 2 673 千字

1977 年 9 月第一版 1977 年 9 月第一次印刷 印数: 0,001—3,500 册

统一书号: N15034·1533 定价: 3.20 元

编 者 的 话

随着现代航空科学技术的迅速发展，降落伞作为一种稳定减速装置，由于它具有重量轻、体积小、减速效果好的优点，已经在国防与科学技术方面获得愈来愈广泛地应用。它的品种日渐增多，技术日趋完善，已经成为航空与空间技术中具有广阔前途的一门专业。

我国早在四千多年前的尧舜时期，就已懂得应用降落伞的原理了。据司马迁著《史记·五帝本纪》记载，远在公元前二二五〇年左右，传说中的虞舜曾根据劳动群众实践，利用两个斗笠从着火的仓廩上跳下来，得以不死。这是人类第一次应用降落伞原理的报导，由此证明至少在二千多年前，即史记的写作时代（西汉，约公元前一〇〇年左右），我国劳动人民就知道这一原理了。此后，据记载，在宫廷仪式中，也有使用降落伞作杂技表演，以招待宾客。这些都说明我国是世界上最早开始掌握降落伞原理的一个国家。但是，由于长期的封建统治，帝国主义的侵略以及国民党的反动统治，使我国的降落伞事业一直得不到发展。

解放二十多年来，在毛主席“鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义”的总路线和“独立自主，自力更生”的方针指引下，我国降落伞制造业和其他制造业一样，战胜了刘少奇、林彪反革命修正主义路线的破坏和干扰，粉碎了帝国主义和社会帝国主义的技术封锁和破坏，从无到有，从小到大，产品品种与日俱增，生产蒸蒸日上，已经建立了独立自主的降落伞制造业，走上了自行设计的道路，基本上满足了国防与科学技术发展的需要。这是毛泽东思想的伟大胜利，是毛主席无产阶级革命路线的伟大胜利。

编写《降落伞技术导论》的目的，就是为了更好地总结解放二十多年来我国降落伞制造业在技术上所取得的成就，力求把实践

经验上升到理论的高度,以适应降落伞技术的不断发展,为加速技术培训工作,努力赶超世界先进科学技术水平而奋斗。

全书内容较为广泛,共四篇十六章。第一篇为降落伞理论与计算,第二篇为降落伞结构与应用,第三篇为降落伞材料、工艺与包装维护,第四篇为降落伞试验与测量技术。前两篇是本书重点,后两篇只作些简要的介绍。本书主要是供降落伞专业的设计人员使用及参考,也可以作为学校教学、工厂和科研单位技术培训以及部队使用维护方面参考。

《降落伞技术导论》是以工厂、科研单位和学校及工人、技术人员和领导干部“三结合”的形式进行编写的。参加编写的单位有南京航空学院、北京航空学院、五一三厂、五二〇厂以及五〇八所等。本书在编写过程中,力求把实践经验上升到理论的高度,并遵照毛主席“洋为中用”的教导,适当吸取国外一些有用的东西,加以充实提高。由于编者水平有限,错误与不当之处在所难免,望读者批评指正。另外在本书第二、四、五章中引进了国外的一些新的理论与计算方法,有的虽然已经作了一些验证(如开伞过程计算及强度计算等),但仅仅是初步的,深度和广度都还不够;有的还未加以验证(如气动加热计算等),这些仅作为一种新的设计计算方法加以介绍。望读者在今后实践中深入验证,不断总结经验,使其日趋完善。

《降落伞技术导论》编写组

目 录

第一篇 降落伞理论与计算

第一章 基础知识	19
第一节 大气	19
一、空气的密度、温度和压力	19
二、大气分层	21
三、气温、气压和密度随高度的变化	23
四、标准大气	24
第二节 空气动力学基本知识	25
一、低速情况下的流体特性	25
二、高速气流特性	30
第三节 透气量的概念	41
一、伞衣织物的透气量	41
二、伞衣结构透气量	42
三、压差对织物透气量的影响	43
四、高度对透气量的影响	45
第四节 极限速度	46
一、物体在空中的垂直坠落	46
二、物体坠落的极限速度	47
三、影响极限速度的因素	47
四、物伞系统降落的极限速度	49
第五节 过载	52
一、过载的概念及分类	52
二、人体耐受过载的极限	53
第六节 降落伞的功用与工作过程	55
一、降落伞的功用	55
二、降落伞的分类	56
三、降落伞系统的工作过程	56