

# 气动力减速器 原理及设计

(上册)



国防工业出版社

# 气动力减速器原理及设计

(上册)

回返技术翻译组 译



国防工业出版社

306841

## 内 容 简 介

本书分上下册,共十二章。系统地介绍了各种气动力减速器,尤其是织物降落伞的原理、结构、设计、试验、性能、用途以及工艺、材料和元件等;提供了许多有用的技术数据和计算图表。本书上册包括第一章至第四章。

本书可供从事飞机特设、高空救生、空投以及卫星和飞船回收等方面的设计和研制工作的工人和技术人员参考;也可作为高等航空院校有关专业的教学参考书。

Performance of and Design Criteria for  
Deployable Aerodynamic Decelerators

J. H. DeWeese; G. Chernowitz

A. D. 1963

\*

气动力减速器原理及设计

(上 册)

回返技术翻译组 译

\*

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刷

\*

787×1092 1/16 印张16 1/2 382千字

1976年7月第一版 1976年7月第一次印刷 印数: 0,001—4,800册

统一书号: 15034·1485 定价: 1.70元

限国内发行

148008



## 译者 目序

本书原著的译名为《展开式气动力减速器的特性和设计规范》(AD429971),是《降落伞手册》的增订本。本书内容比前版增加了三分之二,系统地总结了数十种气动力减速器(主要是织物降落伞)的研制经验。该书虽系六十年代的出版物,但在目前还是国外比较全面和系统介绍气动力减速器的资料,具有一定参考价值。因此我们将它翻译出版,供有关方面参考。希望读者遵照毛主席关于“洋为中用”的教导,批判地吸收国外的科学成果,结合我国的具体情况开展设计和研究工作。书中的理论和假设并非都是正确的,某些技术设想尚未实际应用,有待读者作进一步的分析和研究。

本书在翻译出版过程中,得到南京航空学院等单位的大力支持和协助,在此特表谢意。由于我们翻译水平有限,经验不足,有错误或不妥之处,请读者批评指正。

回返技术翻译组

1974年1月于北京

## 译者 目序

本书原著的译名为《展开式气动力减速器的特性和设计规范》(AD429971),是《降落伞手册》的增订本。本书内容比前版增加了三分之二,系统地总结了数十种气动力减速器(主要是织物降落伞)的研制经验。该书虽系六十年代的出版物,但在目前还是国外比较全面和系统介绍气动力减速器的资料,具有一定参考价值。因此我们将它翻译出版,供有关方面参考。希望读者遵照毛主席关于“洋为中用”的教导,批判地吸收国外的科学成果,结合我国的具体情况开展设计和研究工作。书中的理论和假设并非都是正确的,某些技术设想尚未实际应用,有待读者作进一步的分析和研究。

本书在翻译出版过程中,得到南京航空学院等单位的大力支持和协助,在此特表谢意。由于我们翻译水平有限,经验不足,有错误或不妥之处,请读者批评指正。

回返技术翻译组  
1974年1月于北京

# 目 录

绪论 .....	5
第一章 标准符号和展开式气动力减速器各种术语的解释 .....	8
第一节 符号表 .....	8
第二节 气动力减速器的术语解释 .....	12
第二章 设计参考数据 .....	29
第一节 换算系数 .....	29
第二节 参数的轨迹曲线和计算图表 .....	30
第三章 展开式气动力减速器概述 .....	35
第一节 织物伞 .....	35
第二节 织物伞以外的展开式气动力减速器 .....	63
第四章 展开式气动力减速器的气动力特性和工作特性 .....	76
第一节 概述 .....	76
第二节 大气层 .....	76
第三节 织物材料的有效透气量 .....	86
第四节 拉直力 .....	96
第五节 伞衣的充气时间和开伞冲击 .....	105
第六节 气动阻力 .....	123
第七节 阻力面积的控制 .....	141
第八节 伞衣的压力分布 .....	147
第九节 伞衣的应力分布 .....	156
第十节 主体尾流的影响 .....	163
第十一节 降落伞的稳定性 .....	184
第十二节 气动力加热 .....	211
第十三节 可靠性 .....	217

# 气动力减速器原理及设计

(上册)

回返技术翻译组 译



国防工业出版社

306841

## 内 容 简 介

本书分上下册,共十二章。系统地介绍了各种气动力减速器,尤其是织物降落伞的原理、结构、设计、试验、性能、用途以及工艺、材料和元件等;提供了许多有用的技术数据和计算图表。本书上册包括第一章至第四章。

本书可供从事飞机特设、高空救生、空投以及卫星和飞船回收等方面的设计和研制工作的工人和技术人员参考;也可作为高等航空院校有关专业的教学参考书。

Performance of and Design Criteria for  
Deployable Aerodynamic Decelerators

J. H. DeWeese; G. Chernowitz

A. D. 1963

\*

气动力减速器原理及设计

(上 册)

回返技术翻译组 译

\*

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刷

\*

787×1092 1/16 印张16 1/2 382千字

1976年7月第一版 1976年7月第一次印刷 印数: 0,001—4,800册

统一书号: 15034·1485 定价: 1.70元

限国内发行

148808



## 译者 目序

本书原著的译名为《展开式气动力减速器的特性和设计规范》(AD429971),是《降落伞手册》的增订本。本书内容比前版增加了三分之二,系统地总结了几十种气动力减速器(主要是织物降落伞)的研制经验。该书虽系六十年代的出版物,但在目前还是国外比较全面和系统介绍气动力减速器的资料,具有一定参考价值。因此我们将它翻译出版,供有关方面参考。希望读者遵照毛主席关于“洋为中用”的教导,批判地吸收国外的科学成果,结合我国的具体情况开展设计和研究工作。书中的理论和假设并非都是正确的,某些技术设想尚未实际应用,有待读者作进一步的分析和研究。

本书在翻译出版过程中,得到南京航空学院等单位的大力支持和协助,在此特表谢意。由于我们翻译水平有限,经验不足,有错误或不妥之处,请读者批评指正。

回返技术翻译组  
1974年1月于北京

# 目 录

绪论 .....	5
第一章 标准符号和展开式气动力减速器各种术语的解释 .....	8
第一节 符号表 .....	8
第二节 气动力减速器的术语解释 .....	12
第二章 设计参考数据 .....	29
第一节 换算系数 .....	29
第二节 参数的轨迹曲线和计算图表 .....	30
第三章 展开式气动力减速器概述 .....	35
第一节 织物伞 .....	35
第二节 织物伞以外的展开式气动力减速器 .....	63
第四章 展开式气动力减速器的气动力特性和工作特性 .....	76
第一节 概述 .....	76
第二节 大气层 .....	76
第三节 织物材料的有效透气量 .....	86
第四节 拉直力 .....	96
第五节 伞衣的充气时间和开伞冲击 .....	105
第六节 气动阻力 .....	123
第七节 阻力面积的控制 .....	141
第八节 伞衣的压力分布 .....	147
第九节 伞衣的应力分布 .....	156
第十节 主体尾流的影响 .....	163
第十一节 降落伞的稳定性 .....	184
第十二节 气动力加热 .....	211
第十三节 可靠性 .....	217

## 绪 论

展开式气动力减速器是一种依靠其结构形状和性能特征来增大所连接飞行器的基本阻力,在有些情况下还增加飞行器的稳定性的装置。在所有的气动阻力装置中,减速力是靠改变流过装置的空气动量产生的。这种作用使飞行器的速度发生了所希望的变化,并为吊挂载荷提供一个不变的或预定程序的下降速度。虽然展开式气动力减速器同飞行器一起使用,但是它并不属于飞行器结构的组成部分。

在展开式气动力减速器中,自行充气的织物伞由于它的阻力效率高,系统和部件结构比较简单,无疑它是人们最为熟悉的、应用最广泛的一种减速器。因此,以下各章着重讨论各种形状的织物降落伞的设计思想和性能特征。

降落伞是一种保证在空中安全降落的折迭式雨伞状的装置。虽然起初认为降落伞只用于人的救生,而今天作为一种安全降落装置,不仅在航空——空间飞行器上供乘员作预定的和应急的救生或空投装备用,而且它们已成为许多飞行器上最重要的部件之一。事实上,近二十年来由于“降落伞”形状发生了变化,所以已用“展开式气动力减速器”这个比较广义的术语来定义这种阻力装置。

随着人用伞的发展,特别是充分发展了“垂直袭击”的概念之后,空投军事装备用的降落伞也发展起来了。在那些用普通运输工具难以接近的地区,也可以利用降落伞空投食物、医药、邮件和其它必需品等。当然,要成功地空投那些较重的载荷,必须发展大型伞衣或采用集束式多伞系统。

必须指出,大约在1940年以前,研制降落伞的方法一般是很粗糙、很随便的,“改一改、试一试”的方法颇为流行。直到第二次世界大战开始,才强调降落伞设计和性能预计的“科学性”。而在制造材料方面,这一期间,已经广泛地采用尼龙做为制造降落伞的材料。在第二次世界大战期间和战后的这许多年里,降落伞技术有了极其重大的发展,满足了各种使用的要求。

由于炸弹、水雷、鱼雷、导弹等利用降落伞进行减速和稳定,以及飞机和滑翔机利用降落伞进行着陆减速的要求;由于军事装备在超音速运用方面的进展,以及对发展弹道式导弹的重视,要求加速研制降落伞和别的展开式气动力减速器。随着技术水平的不断提高,1957年曾利用带条伞回收了第一枚再入地球大气层的弹道式导弹的头部。宇宙航行已经成为现实,应用降落伞的潜力看来是不可限量的。

为了考虑展开式气动力减速器的应用类型,可以绘出阻力装置可能工作的马赫数和高度的具体范围。为了确定气动力减速器的工作功能,可以进一步划分减速器工作的综合飞行图谱(图1)。

当然,织物伞应用的主要区域是在亚音速、低高度范围,飞行器的回收或最后的减速都在这个范围内开始和完成。一般认为在动压力大于1磅/呎<sup>2</sup>的条件下,织物伞能够可靠地自行充气;当动压力低于1磅/呎<sup>2</sup>时,应当考虑使用充气辅助装置。织物伞应用的第二个大区域是在超音速飞行范围。该范围以三条线为界:第一条线是压力为1磅/呎<sup>2</sup>的常值动压

● 绪论部分做了删改。——译注

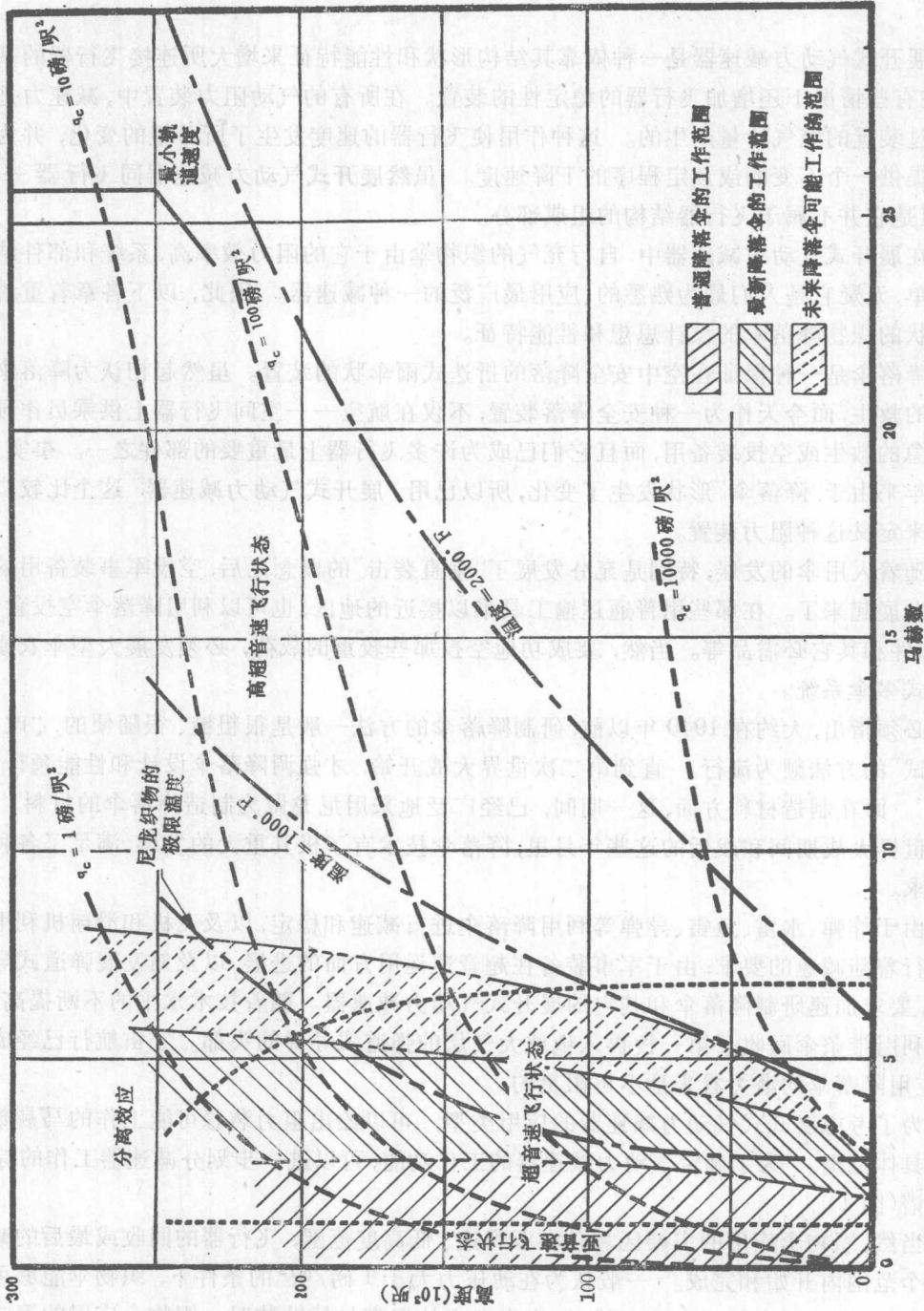


图1 马赫数-高度飞行图谱



力线(低于这个压力时,估计柔性阻力装置不能可靠地自行充气,可能需要采用强制充气装置或刚性的气动力减速器);第二条是分离效应分界线,超过该线时分离效应变得显著;第三条线是压力为 10000 磅/呎<sup>2</sup> 的常值动压力线,超过该线时柔性阻力装置的结构问题可能变得难以解决。1000°F 的滞止温度线如图 1 所示,就气动力加热效应来说,该线可能是目前所熟悉的有机纤维(如 HT-1)的使用极限。

然而,随着宇宙航行的开始,眼界也扩大了,认识到自行充气的织物伞的利用并不象最初看到的那样没有限度。因此,出现了一个全新的气动力减速器技术领域。气动力减速器应用的第三个区域是在高超音速、低动压力范围,在该范围中,可以有效地利用增大的阻力装置来减小和限制再入飞行器的气动力加热和减速,以及控制飞行器的最后着陆点。由于这些装置要求在较低的动压力下工作,所以它们必须采用强制充气或机械充气的方法。该区域由两条线围成,一条是 2000°F 的平衡温度线,超过该线时,材料的选择将是一个严重的问题;另一条是压力为 10 磅/呎<sup>2</sup> 的常值动压力线,低于这个压力值时,用改变气动阻力的方法来实现轨道控制一般是无效的,不过在一些条件下,也可以在较低的动压力下实现某些再入轨道的控制。

新概念、新技术和全新的气动力减速器正在出现。各种的问题有待于解决。然而,为了增大阻力效率和使用可靠性,为了进一步了解目前最有效的气动力减速器即普通织物伞的气动力特性和工作特性,必须对降落伞技术的特定领域继续进行研究。

下列各章所提供的资料和技术数据反映了降落伞技术的目前水平。通过试验和实践,在取得新的经验之后,将重新修订本资料。

# 第一章 标准符号和展开式气动力减速器 各种术语的解释

## 第一节 符号表

下列符号表汇集了本报告所用的全部标准符号。这个表不包括文中规定的一些符号。

### 1.1 基本符号

- $A$  面积(不是指气动力减速器的基准面积), 呎<sup>2</sup>或吋<sup>2</sup>。
- $a$  加速度, 呎/秒<sup>2</sup>。
- $a_s$  在空气中的音速, 节(哩/小时)或呎/秒。
- $a$  弧长, 定义为成形幅伞衣的幅宽( $=2\pi r/n$ ), 呎或吋。
- $a_{\max r}$  伞衣幅局部加宽在周围形成的凸出部分。
- $a$  常数, 用来计算伞衣的近似重量。
- $B$  旋转式气动力减速器的叶片数。
- $B_{HR}$  水平带条宽度, 吋。
- $B_{RR}$  径向带条宽度, 吋。
- $B_{VL}$  顶孔绳宽度, 吋。
- $B_{VR}$  垂直带条宽度, 吋。
- $b$  常数, 用来计算伞衣的近似重量。
- $C$  有效透气量(通过多孔织物伞衣的流出速度与流入速度之比)。
- $c$  伞绳汇交角系数。
- $C_D$  阻力系数。
- $C_{D0}$  以表面积  $S_0$  为参考面积的阻力系数(当  $\alpha=0$  时等于  $C_{T0}$ )。
- $C_{D0(\text{eff})}$  以表面积  $S_0$  为参考面积的有效阻力系数(攻角的函数)。
- $C_{Dp}$  以投影(已充气的)面积  $S_p$  为参考面积的阻力系数(当  $\alpha=0$  时等于  $C_{T_p}$ )。
- $C_{DA}$  物体的阻力面积, 呎<sup>2</sup>。
- $(C_D S)_{0,p}$  根据总面积(名义的)或投影(充气的)面积所确定的气动力减速器的阻力面积, 呎<sup>2</sup>。
- $(C_D S)_R$  收口伞衣的阻力面积, 呎<sup>2</sup>。
- $C_L$  升力系数。
- $C_m$  力矩系数。
- $C_P$  压力系数。
- $C_N$  法向力系数。
- $C_T$  切向力系数。
- $D$  阻力, 磅; 或直径, 呎。

- $D_o$  结构直径, 呎。  
 $D_e$  气动力减速器的名义直径 =  $\sqrt{4S_o/\pi}$ , 呎。  
 $D_{e,p}$  气动力减速器的名义直径或投影直径, 呎。  
 $D_p$  气动力减速器的投影直径或充满直径, 呎。  
 $D_{R_1}$  收口伞衣的底边直径, 呎。  
 $D_{R_o}$  伞衣完全充满后收口绳的直径(等于  $D_s$ ), 呎。  
 $D_s$  伞衣底边直径, 呎。  
 $d$  主体直径, 呎。  
 $d_v$  顶孔直径, 呎。  
 $E$  伞衣材料的弹性模数, 磅/吋<sup>2</sup>。  
 $E_k$  动能, 呎磅。  
 $e$  磨损引起的强度损失系数。  
 $e_g$  伞衣幅底宽, 吋。  
 $e_{g_v}$  顶孔处伞衣幅宽, 吋。  
 $e_{g_2}$  延伸底边处伞衣幅宽, 吋。  
 $F$  总减速力, 磅。  
 $F_{b_1}$  刹车器作用前瞬间飞机的减速力, 磅。  
 $F_{b_2}$  刹车器作用后瞬间飞机的减速力, 磅。  
 $F_c$  常值减速力, 磅。  
 $F_f$  飞机摩擦力, 磅。  
 $F_o$  最大开伞力, 磅。  
 $F_s$  伞绳拉直力, 磅。  
 $f$  气动力减速器周期性运动的频率, 秒<sup>-1</sup>。  
 $g$  重力加速度, 呎/秒<sup>2</sup>。(在海平面为 32.2 呎/秒<sup>2</sup>)。  
 $h$  高度, 呎。  
 $h_a$  伞衣幅的实际结构高度, 吋。  
 $h_e$  沿中心线量得的伞衣幅伸长高度, 吋。  
 $h_g$  伞衣幅高度, 吋。  
 $I$  质量惯性矩, 斯勒格-呎<sup>2</sup>。  
 $I_{sp}$  比推力, 秒。  
 $j$  安全系数。  
 $K_o$  气囊的定径孔效率系数。  
 $K_n$  克努曾数(Knudsen number)。  
 $k$  疲劳引起的强度损失系数。  
 $L$  升力, 磅。  
 $L_a$  张紧带的自由长度, 吋。  
 $L_b$  张紧带在伞衣底边的截距长度, 吋。  
 $L_o$  伞衣幅长度, 吋。  
 $L_R$  收口绳长度, 呎或吋。

- $L_s, l_s$  伞绳长度, 呎或吋。  
 $l$  距离, 呎或吋。  
 $M$  马赫数 (Mach number)。  
 $M$  力矩, 呎磅。  
 $m$  质量, 斯勒格。  
 $N, n$  伞衣幅数目 (交替使用)。  
 $N$  法向力, 磅。  
 $n_{HR}$  水平带条数目。  
 $n_{VL}$  顶孔绳数目。  
 $o$  由于吸收水和水蒸汽而引起的材料强度损失系数。  
 $P$  压力, 磅/吋<sup>2</sup>或磅/呎<sup>2</sup>。  
 $P$  牵引力, 磅。  
 $P_r$  普朗特数 (Prandtl number)。  
 $P_h$  需用的停悬功率, 马力。  
 $p$  静压, 磅/吋<sup>2</sup>或磅/呎<sup>2</sup>。  
 $q$  动压 ( $=0.5\rho v^2$ ), 磅/呎<sup>2</sup>。  
 $q_s$  拉直力作用时的速度所对应的冲压, 磅/呎<sup>2</sup>。  
 $Re$  雷诺数 (Reynolds number)。  
 $R_N$  主体的头部半径, 呎。  
 $R_s$  水平带条的间隔距离, 吋。  
 $r$  半径, 呎。  
 $r_b$  凸出半径, 吋。  
 $S$  基准面积, 呎<sup>2</sup>或吋<sup>2</sup>。  
 $S_g$  伞衣幅面积, 吋<sup>2</sup>。  
 $S_h$  伞衣织物的应力。  
 $S_{HR}$  水平带条所覆盖的面积, 吋<sup>2</sup>。  
 $S_L$  飞机着陆的滑跑距离, 呎。  
 $S_o$  气动力减速器的表面积, 呎<sup>2</sup>或吋<sup>2</sup>。  
 $S_{o,p}$  伞衣特征面积, 呎<sup>2</sup>或吋<sup>2</sup>。  
 $S_p$  气动力减速器的投影 (充满后) 面积, 呎<sup>2</sup>或吋<sup>2</sup>。  
 $S_{p_i}$  伞衣的瞬时投影面积, 呎<sup>2</sup>。  
 $S_{RB}$  加强带面积, 吋<sup>2</sup>。  
 $S_{RR}$  径向带条所覆盖的面积, 吋<sup>2</sup>。  
 $S_{VR}$  垂直带条所覆盖的面积, 吋<sup>2</sup>。  
 $S_\lambda$  环缝伞衣总的缝隙面积, 呎<sup>2</sup>。  
 $s_o$  伞衣顶孔面积, 呎<sup>2</sup>或吋<sup>2</sup>。  
 $T$  温度, °F 或 °R。  
 $T$  切向力, 磅。  
 $t$  时间, 秒。



- $t_f$  气动力减速器的充气时间, 秒。
- $u$  伞绳与阻力产生面或连接绳的连接点处的强度损失系数。
- $V$  容积, 呎<sup>3</sup>或吋<sup>3</sup>。
- $v$  速度, 节或呎/秒。
- $v_d$  拉直速度, 节或呎/秒。
- $v_e$  平衡速度, 呎/秒。
- $v_{e0}$  在海平面密度下的平衡速度, 呎/秒。
- $v_o$  发射速度, 节或呎/秒。
- $v_s$  伞绳拉直时的速度, 节或呎/秒。
- $v_t$  末速度, 呎/秒。
- $v_v$  垂直下降速度, 呎/秒。
- $W$  重量, 磅。
- $X$  开伞冲击系数, 表示最大开伞力和常值阻力之间的关系( $=F_0/F_c$ )。
- $x$  沿  $X$  轴的坐标。
- $y$  沿  $Y$  轴的坐标。
- $z$  沿  $Z$  轴的坐标。
- $Z$  伞绳数目。
- $\alpha$  攻角, 度。
- $\beta$  伞衣幅的顶角, 度。
- $\gamma$  绝热指数。
- $\gamma_s$  伞绳汇交角, 度。
- $\Delta$  微增量(不单独使用)。
- $\delta$  伞衣底边两直径之比。
- $\varepsilon$  材料辐射率。
- $\lambda$  波长。
- $\lambda_g$  伞衣的几何透气量, %。
- $\lambda_m$  物理透气量(织物透气量)。
- $\lambda_t$  伞衣的总透气量, %。
- $\mu$  摩擦系数。
- $\eta$  效率。
- $\xi$  伞绳延伸率, %。
- $\nu$  动粘度, 呎<sup>2</sup>秒。
- $\pi_0$  多边形形状系数。
- $\rho$  给定高度的空气密度, 斯勒格/呎<sup>3</sup>。
- $\rho_0$  海平面的空气密度(0.00238 斯勒格/呎<sup>3</sup>)。
- $\sigma$  密度比( $=\rho/\rho_0$ )。
- $\Omega$  旋转式气动力减速器的旋转速度, 弧度/秒。
- $\omega$  角速度, 弧/秒。
- $\theta$  轨迹倾斜角, 度。