

气动力减速器 原理及设计

(下 册)

国防工业出版社

气动力减速器原理及设计

(下 册)

回返技术翻译组译

国防工业出版社

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。本书下册包括第五章至第十二章。

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

(下 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出字第074号

总发行所北京发行所发行 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14 5/8 字数338千字

1976年8月第一版 1976年8月第一次印刷 印数:0,001—4,800册

统一书号:15034·1498 定价:1.55元

(限国内发行)

目 录

第五章 应用	5
第一节 概述	5
第二节 空投	6
第三节 稳定性问题	17
第四节 航宇飞行器的回收	22
第五节 飞机减速	31
第六节 特种武器的空投	42
第七节 人用伞	45
第八节 伞靶	58
第六章 展开式气动力减速器的材料	61
第一节 降落伞织物	61
第二节 展开式气动力减速器材料的物理性能	61
第三节 降落伞材料一览表	65
第七章 展开式气动力减速器和减速系统的设计	81
第一节 工作条件的考虑	81
第二节 气动力减速系统的设计考虑	81
第三节 气动力减速系统的设计细节	92
第八章 展开式气动力减速系统的构造细节	112
第一节 排列与裁剪	112
第二节 缝纫和针迹	112
第三节 结构上的连接	113
第四节 接头与接缝的强度	116
第九章 降落伞金属件和辅助装置	119
第一节 降落伞金属件	119
第二节 作动装置	122
第三节 控制装置	134
第四节 着陆缓冲装置	138
第十章 降落伞的维护设备和设施	145
第一节 干燥设备	145
第二节 包装和检验设施	147
第十一章 展开式气动力减速器的试验	150
第一节 试验方法	150
第二节 试验运载器	177
第三节 试验仪器	187

第十二章 展开式气动力减速器系统的计算实例	196
第一节 回收任务的指标	196
第二节 展开式气动力减速器的选择	196
第三节 弹道计算	197
第四节 设计准则	210
参考文献和有关文献	224

第五章 应 用

气动力减速器广泛地应用于从空投装备到回收再入飞行器等很多方面。例如用于空投,稳定油箱和炸弹,飞机改出螺旋,以及回收可掷放的机轮、弹射座椅和应急救生舱等。航宇飞行器的回收技术也在不断地发展,并成为减速器应用的一个重要领域。其它方面的重要应用,还包括飞机和特种武器的减速,人和遥控飞机的回收。每一种类型的减速器,在设计构思和技术要求上,都各有特点。每一项任务都需要适当地考虑速度和高度的影响,考虑稳定性和阻力。不能将减速器同整个系统分割开来而单独考虑。

第一节 概 述

气动力减速器成了各种航宇飞行器安全回收的重要环节。减速器的应用,将来不会只局限于地球上,还必须考虑应用于地球以外的其它行星上的问题。在考虑这些新的应用方面的同时,对现在已在应用的装置从各个方面继续加以改进和完善。这些方面是:

- (1) 装备的空投;
- (2) 应急救生;
- (3) 空降兵;
- (4) 炸弹、水雷和鱼雷的稳定及减速;
- (5) 弹道控制;
- (6) 导弹和遥控飞机的回收;
- (7) 飞机减速和飞机反螺旋;
- (8) 无线电探空仪;
- (9) 特殊用途(空中传感器等)。

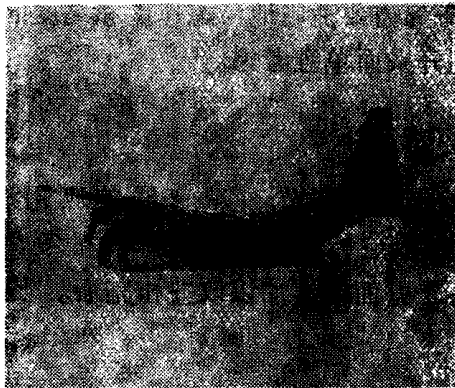
可以根据任务的要求来选择减速器。在阻力、强度、开伞速度及高度、稳定性、多次使用和生产费用之间必须予以权衡,以期得到符合工作要求的最佳设计。

减速器有三种基本类型:自行充气的、加压充气的和机械驱动的。每一种类型在特定的应用方面都有它自己的特点。自行充气的降落伞,可以满足目前大部分作亚音速和超音速飞行任务的需要。加压充气的减速器,有球形的、锥形的、或扇形的,用在高空或高马赫数的情况下;因为自行充气的降落伞在这种情况下由于动压太小不能很好地充气。属于机械驱动型的,目前有旋翼式减速器,其优点是具有拉平着陆的能力,以获得接近零的着陆速度。

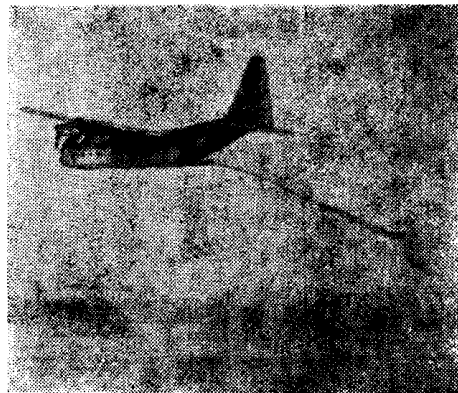
在大多数情况下,减速器是为特定的用途而设计的,它必须满足开伞速度、开伞高度、下降时应具有的稳定性、下降速度和回收重量等方面的要求。这些要求将确定在减速和回收过程中,需要几级减速,并且根据每一级设计所采用的阻力系数,确定每一级减速器的尺寸。因此,无论是对现有的设计加以改进或是设计新的气动力减速器,都必须将减速器实物在模拟条件或实际工作条件下进行试验,从而验证系统的性能。

第二节 空 投

空投的概念系指在作战的情况下,为了支持作战行动和做好供应工作,用降落伞空投重要的物资和装备。现有的标准空投系统可空投重达 21500 磅的单件货物;目前正在研制空投单件货重为 35000 磅的空投系统。空投系统的主要目的是要能够投放各类车辆、武器、重型货物和各种供应品到任何战略地区,并在最短的时间内空投物可以提供使用,还要尽可能减小对空投区人员的危险。现用的标准空投系统预定在 1962 年后不再使用。这样,双轨系统(见第 2.4 节)将成为空投平板架上的装备的唯一标准方法。



(a) 牵引伞包掉入自由流中



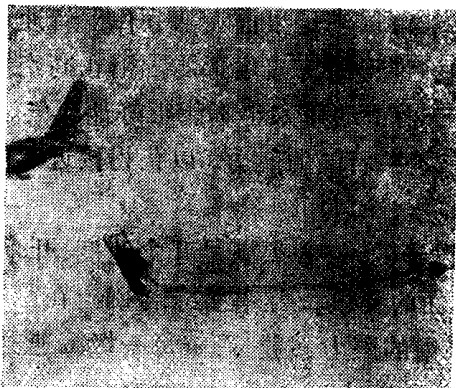
(b) 拉出牵引伞



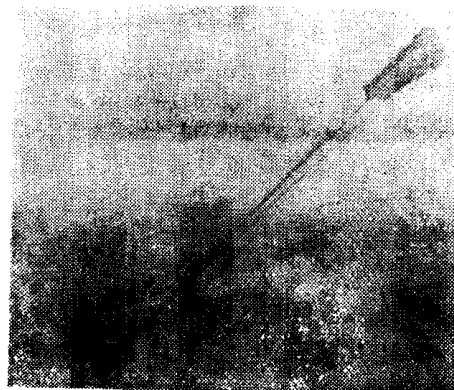
(c) 牵引伞正在拉出载荷



(d) 牵引力移动作用在回收伞伞包上



(e) 开始拉出回收系统



(f) 拉出后的回收系统

图 5-1 坦克车的空投程序

一个空投系统,必须包括平板架或货台的固定、解锁和移动装置,并能在飞行中,按照飞行员的指令安全而可靠地将货台送出飞机。空投系统一般组成如下:一个放置货物的货台或平板架;导轨、自动紧固机构和解锁机构以及将货物运送出机舱外的滚筒传送装置;能够对货物产生牵引力的牵引伞;能保证适当下降速度的降落伞系统;用来减小冲击以避免损坏货物的着地缓冲系统。当地面风大时,为防止载荷翻滚或带伞货物被拖曳,系统还装有伞衣着地脱离锁。图 5-1● 示出一辆坦克车的空投程序。

2.1 飞机系统

2.1.1 飞机类型 目前,适合作空投用的运输机有 C-119、C-123、C-124 和 C-130 型。C-119 和 C-130 飞机容许从货舱的尾部用牵引伞将空投装备拉出机外。C-119 飞机上还装有供投放小型容器用的舱顶单轨滑送设备。目前所有的运输机都是螺旋桨推进的,容许以 110~150 哩/小时的较低速度投放货物。再过几年,可能有必要设计用于高速运输机上的高速空投系统。然而目前的大部分空投系统都是在飞机速度低于 130 哩/小时的条件下降放的。将来的空投任务可能会在 100 呎或更低的高度和高达 200 哩/小时的速度下进行。

2.1.2 投放方法 在目前的货运机上,一般采用三种投放货物的方法。

2.1.2.1 重力投放系统 在这种方法(见图 5-2)中,当空勤人员释放货物时,货物(仅



图 5-2 重力投放系统

● 原文中的图 5-1 与图 5-36 颠倒了。——译注

凭重力作用)靠装在舱底上的滚筒系统从飞机内滑出去。改变飞机的姿态,使得滚筒传送装置倾斜,从而促使货物顺利地由飞机内滑出去。这是一种不大可取的投放方法,因为在飞机上的重力是变化的,货物的出舱速度低,而且投放时间变化大,使得对着地点的预计不准确。

2.1.2.2 牵引伞系统 从货运机上投放载荷最常用的方法是用一具能产生足够大牵引力的牵引伞,使其能把装于机舱后部的平板架上的载荷从飞机中拉出去(见图5-3)。牵引伞是由飞行员通过电气系统来起动的。



图5-3 牵引伞系统

2.1.2.3 动力投放 从飞机上空投货物的另一种系统是采用动力投放法。这种系统由一条舱顶单轨和若干个滑车组成,每一个滑车吊一个总重不超过500磅的容器。滑车由一台马达带动的钢丝绳牵引着沿舱顶单轨移动。当滑车移动到释放点时,扳机拨开锁扣使货物解脱。这种系统在7~8秒钟内能够投放20件500磅重的货包。只有C-119飞机才装备有这种单轨系统。

2.1.3 紧固系统 应该根据飞机设计的过载来设计飞机的紧固系统;在规范«MIL-A-8865,飞机的强度和刚度、各种载荷»中,列出了常用的过载 g 值。滑撬式货台采用了原始的紧固方法,投放前靠人工解除捆绑带(见图5-4)。双轨系统的货台,依靠牵引伞的作用自动地解除紧固系统。在舱顶单轨系统中,如图5-5所示,用钢丝绳控制前后的运动。货包的侧向运动则用侧向支架或类似的方式加以限制。

2.2 设计准则

2.2.1 目的 在大多数情况下,空投系统的设计原则,是采用最经济而又实用的方法,使货物在尽可能短的时间内着地,而且飞机和货物都不受损坏。空投时间应尽可能短,使空投的准确度最高,空投物的散布最小和风飘的影响最小。从理论上来说,理想的系统是不用任何型式的减速器,让空投物自由降落,而又能吸收着陆冲击以防止空投物损坏。然而实际上,这样的缓冲装置所具有的尺寸、重量及其造价,妨碍了它的应用,特别不适用于空投庞大笨重的物件。货台与容器上的缓冲装置与降落伞并用具有很大的优点。由于伞衣产生稳定作用,使得货物基本上只在一个方向上吸收着地冲击。一般说来,空投系统要力求兼顾下降速度和着地缓冲这两方面的要求。下降速度应低到足以使缓冲装置的设计具有合理的尺寸、重量和成本,并随空投物品的易碎性而变化。

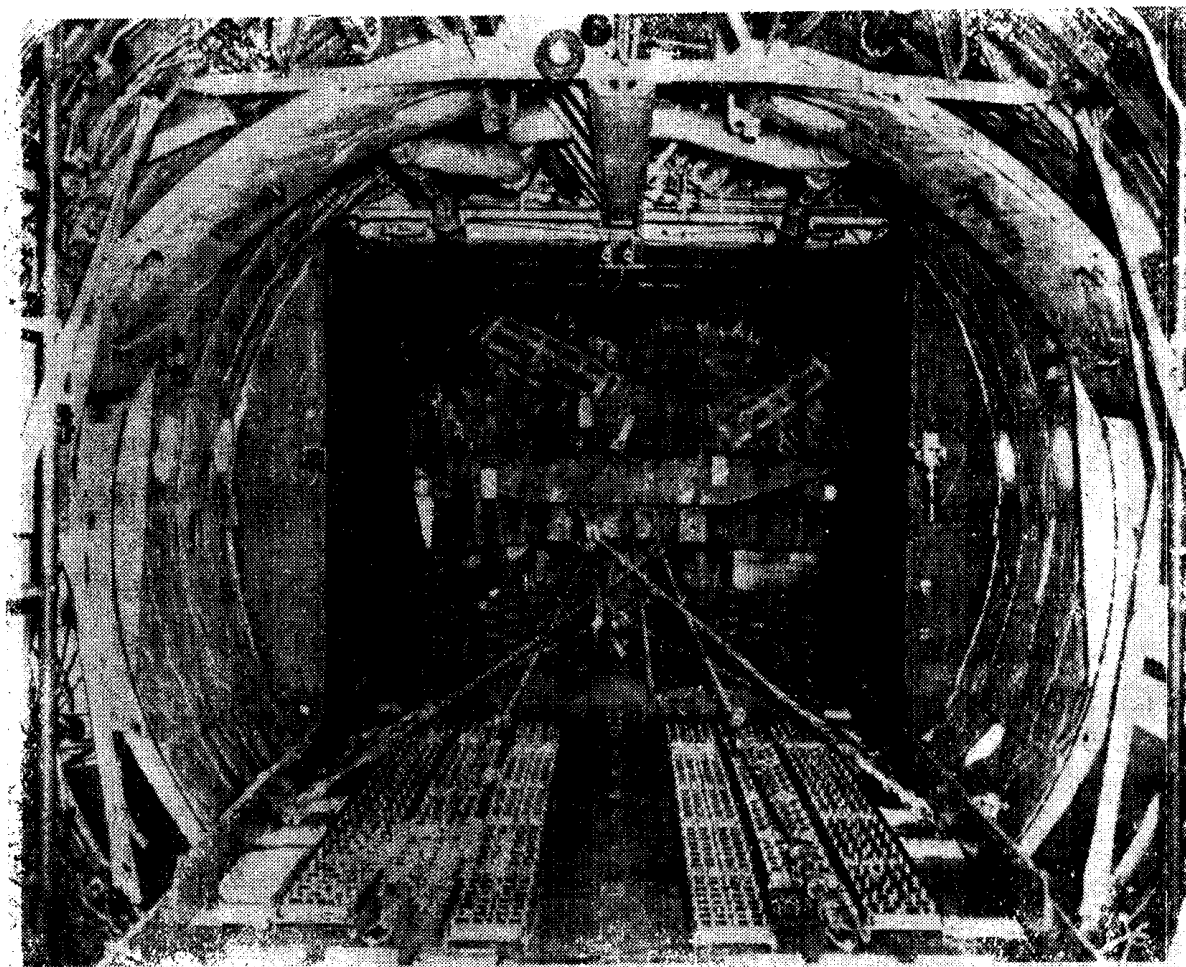


图 5-4 滑橇式货台的牵引系统

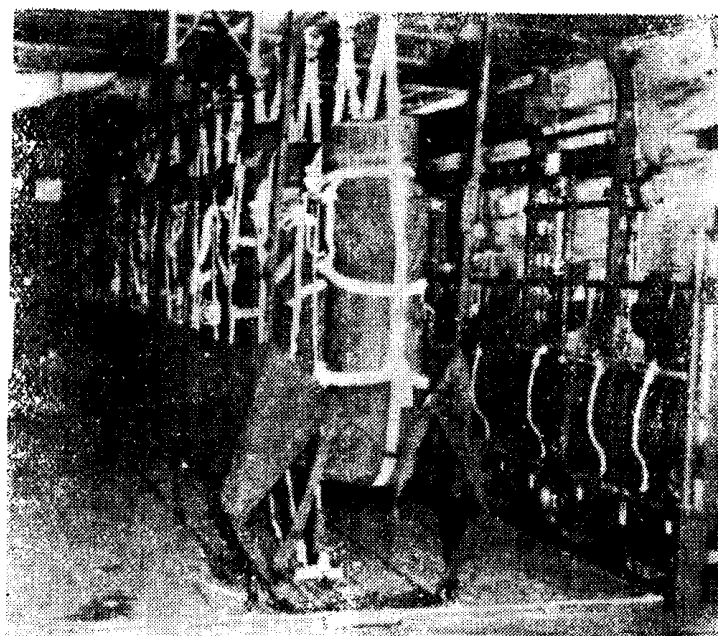


图 5-5 舱顶单轨牵引系统

2.2.2 设计空投系统应考虑的一般事项

2.2.2.1 耐用性 大多数的空投是在能够回收降落伞的地区进行的,回收的降落伞能够重新使用。因此,在通常情况下,要求采用耐用的降落伞和金属件。

2.2.2.2 制造简易和成本低 只要有可能,降落伞的设计应该简单和易于制造。成本低,就是要提高降落伞的生产效率。

2.2.2.3 严格选材 目前,投物伞采用尼龙、人造丝和细棉布等做伞衣材料。人造丝用于直径 24 呎的 G-1A 伞,直径 12 呎的 G-7 伞和直径 8 呎的 G-8 伞上。细棉布用在 G-13 半球形降落伞上。尼龙材料用来制造直径 64 呎的 G-12 降落伞,直径 100 呎的 G-11A 降落伞,和所有的货物牵引伞。

2.2.2.4 充气的可靠性 投物伞伞衣未必要求具有人用伞伞衣那样高的可靠性。但是,为了准确地空投,投物伞必须可靠,必须具有预计的充气特性,而且同类伞的性能必须一致。

2.2.2.5 维护简便 维护简便主要在于设计要简单。投物伞伞衣受到损伤的原因,不仅是由于伞衣触地而造成的,而且还由于完成空投任务之后不加小心,由缺乏经验的人处置伞衣所造成的。

2.2.2.6 下降速度 一般要力求达到 25 呎/秒的下降速度。然而,对于能够承受较大的着地冲击的货物和空投特殊货物时,可以采用较高的下降速度。

2.2.2.7 稳定性 大多数货包的空投,容许有 $\pm 10^\circ$ 的摆动。对于装有气动缓冲器的空投系统,要求有较高的稳定性,达到像集束式多伞系统那样高的稳定性(见第四章第十一节)。

2.2.2.8 开伞冲击 对于大多数的空投系统,开伞冲击不是一个主要考虑的问题,只要求将开伞冲击降低到降落伞系统的设计限度之内。

2.2.2.9 体积和重量 为了便于地勤人员搬动,对体积和重量的要求是比较重要的。然而在大多数的情况下,由于在飞机内有可供存放的空间,因此对降落伞的体积要求并不严格。当然,如果系统的经济性和设计准则都能满足,则希望系统的重量要轻,体积要小。

2.2.2.10 环境 投物伞伞衣往往要在湿度大、温度高或特别寒冷的地区包装和存放一个相当长的时间。当估计环境条件异乎寻常时,设计伞衣就要选择合适的材料或采用特殊的防护包装方法,或者两种措施兼用。

2.2.3 设计上应考虑的其他事项

- (1) 开伞时的最大容许冲击载荷和冲击载荷相对于货物的作用方向;
- (2) 在达到末速之前,容许垂直下降的最大距离;
- (3) 投放特殊货物所要求的稳定性;
- (4) 每一级降落伞或收口伞所要求的下降速度;
- (5) 设计吊挂系统时要考虑载荷的重心及其着地姿态;
- (6) 对货物离机之前和离机之际,要安排好机内的可用空间;
- (7) 预计空投的速度和高度范围;
- (8) 预计空投用的飞机及其性能,以及牵引或投放货物的能力;
- (9) 尽量减小货台(或容器)-降落伞组合系统的重量;
- (10) 确定容器或货台是一次使用的还是多次使用的;

- (11) 保持飞机重心在可控制的范围之内;
- (12) 空投物应迅速离机,使得散布范围最小;
- (13) 为吸收开伞冲击,应考虑货台结构或货物的联接点;
- (14) 设计拉直程序时,应使载荷离机后不出现翻转的意外事件;
- (15) 主伞打开前的载荷姿态;
- (16) 不用复杂的拉直程序就能可靠地开伞;
- (17) 根据成本和强度,选择适当的材料;
- (18) 便于包装和搬运;
- (19) 维护费用低。

2.3 降落伞伞衣

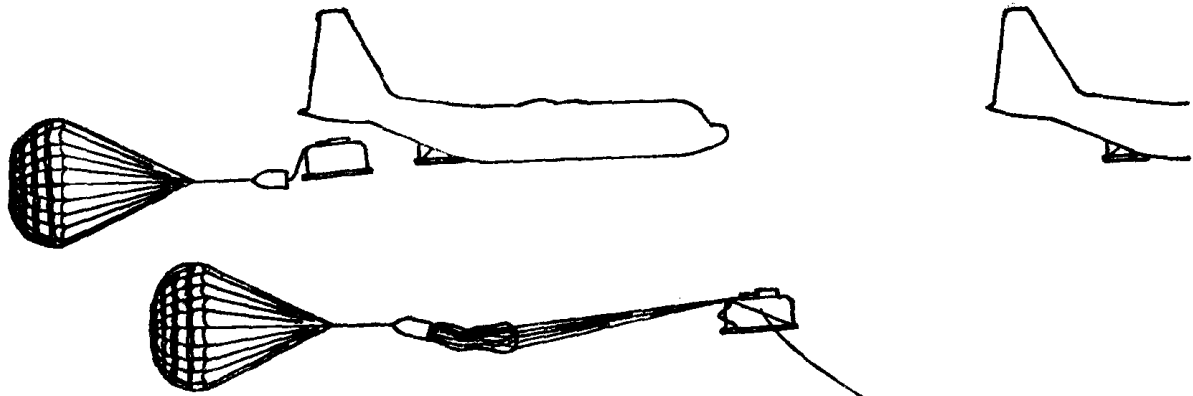
2.3.1 概述 单伞或集束式多伞系统既可用于牵引又可用于垂直下降。一般说来,要求降落伞的阻力系数要大,因为阻力系数对系统的体积和重量有直接的影响。

2.3.2 牵引伞 牵引伞的设计必须既简单又可靠(见图 5-3)。一个重要的要求是牵引伞在飞机的尾流中能可靠地工作。另外还要求有良好的稳定性。环缝伞一般供牵引用。牵引伞的尺寸取决于从机舱中拉出载荷所需作用力的大小。建议选择启动牵引伞的牵引力等于一个 g 。当飞机投放速度为 110~150 哩/小时时,标准牵引伞产生的阻力示于表 5-1 中。牵引速度过高,会妨碍载荷的适当转动,因而妨碍降落伞从载荷顶部顺利地拉直。牵引速度过低,会使货物翻转(见图 5-6)。为了保证正常充气,连接绳要有足够的长度,以减小飞机尾流的影响。系统必须设计成能保证牵引伞位置在充气时和充气后不致和飞机结构相干扰。

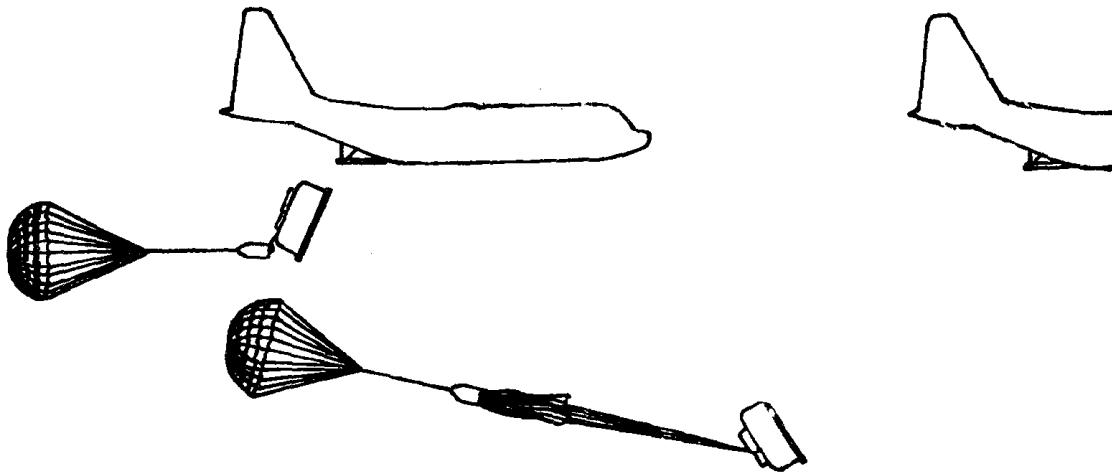
表 5-1 标准货物牵引伞产生的阻力

飞机投放速度 (哩/小时)	15呎环缝伞 (收口直径10呎)	15呎环缝伞 (收口直径12呎)	15呎环缝伞	22呎环缝伞	28呎环缝伞	35呎环缝伞
110	1690	2430	3800	8200	13300	20800
120	2010	2900	4500	9700	15500	24600
130	2430	3380	5400	11400	19500	28600
140	2720	3950	6100	13300	23200	33700
150	3140	4520	7050	15200	26200	38600

2.3.3 投物伞的型式 空投系统主要采用两种投物伞,即标准平面圆形伞和半球形伞(“全球”伞)。它们的某些特性如图 5-7 所示。不同直径的投物伞的力随时间的变化曲线如图 5-8 所示。一具直径为 150 呎的投物试验伞,在拉直和开伞时的作用力和伞衣形状的关系如图 5-9 所示。



A. 牵引速度过高会使货物保持接近水平的位置。货物和正在拉直的吊带系统之间可能发生干扰。在吊带系统的部件上可能出现不均匀的和过大的载荷。



B. 牵引速度过低会使货物旋转和翻斤斗。

C. 用合适尺寸的牵引伞牵引货物的例子请参阅图5-1和图5-3。

图 5-6 牵引力变化的影响

下降速度 25 呎/秒					
重 量 (磅)	近似体积 (呎 ³)	载 荷 能 力 (磅)	以 130 哩/小时速度 开伞的时间 (秒)	平面圆形伞直径 (呎)	备 注
620	30	12000	23	200(试验伞)	见图5-12
325	20	8000	19	150(试验伞)	
240	11	3500	10	100(G-11A)	
120	5	2200	7.2	64(G-12)	
16	0.3	100	—	12(G-7)	
45	2.3	500	5	半球成形伞(G-13)	见图5-13
11	0.25	200	1秒 (开伞速度为115哩/小时)	8(G-8)	

图 5-7 各种投物伞的比较

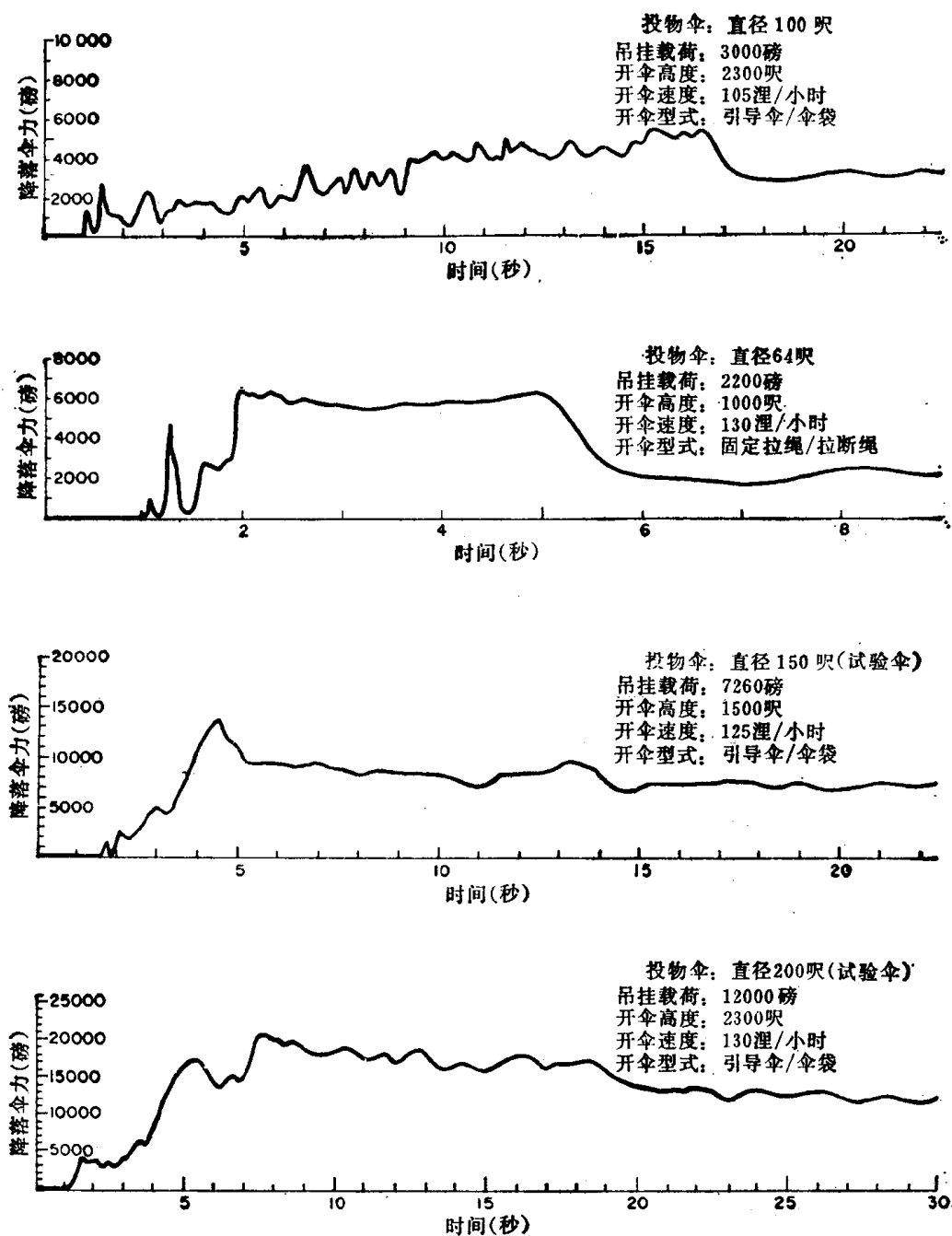


图 5-8 投物伞作用力随时间变化的典型曲线

2.4 货 台

货台用来承载货物或者作为捆装载荷的底板。所有承载货物的货台最大承压面上的负荷能力应不低于 35 磅/呎²。根据设计和使用情况,木质货台可以回收使用或一次使用。当载荷在飞机中时,货台可作为承载底板;拉伞以后,降落伞系统直接连在载荷上,货台便成为起着陆缓冲作用的底板或容器。最近双轨型边轨限动式货台已经标准化,并命名为 AF/A32H-1 空中卸货设备(见图 5-10)。

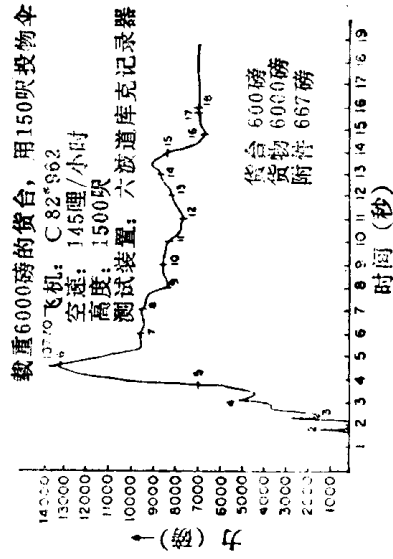
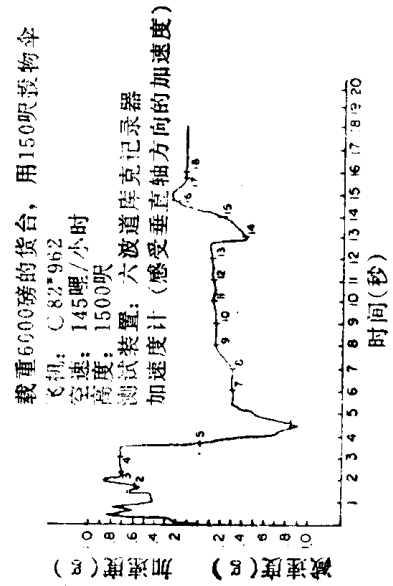


图 5-9 150 呎投物伞的拉直和开伞情况

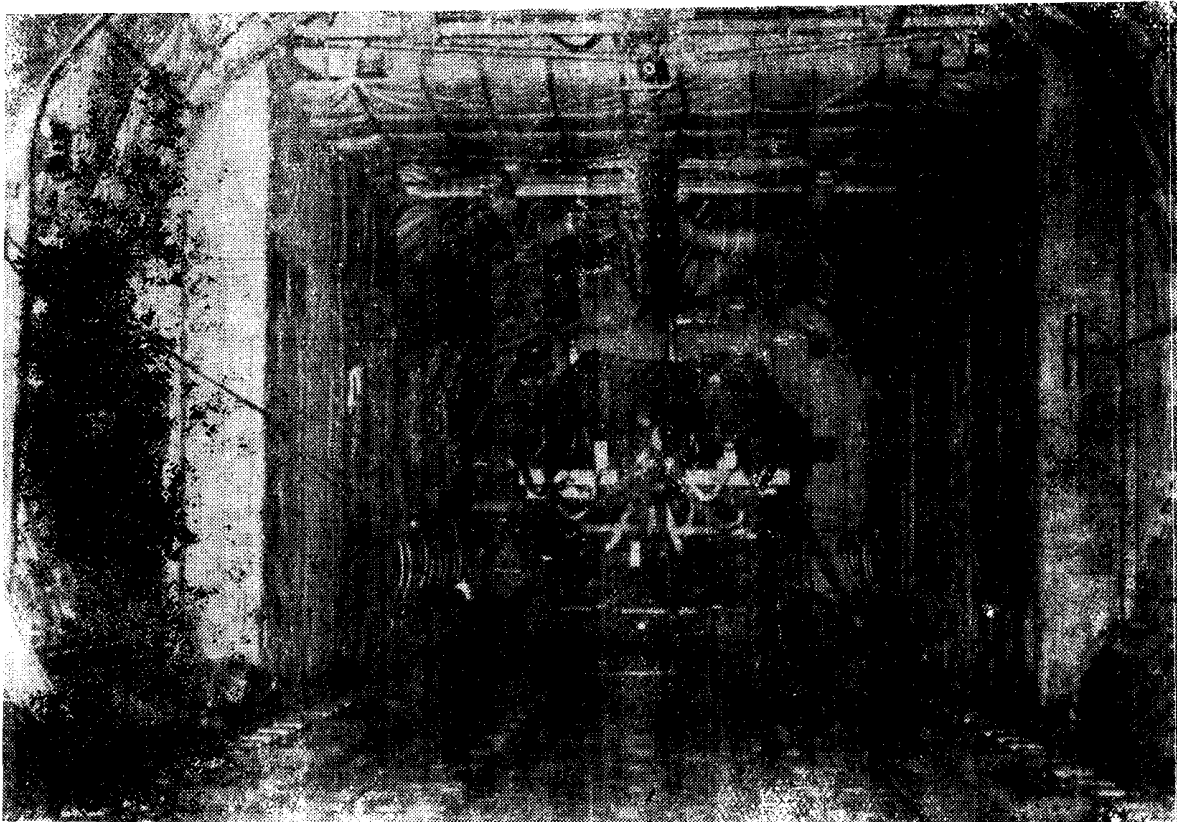


图 5-10 双轨型边轨限动式货台

2.5 减速和防翻倒装置

2.5.1 概述 大多数空投系统的下降速度都要达到 25 呎/秒左右。下降速度的大小随货物的易碎性、战术要求、投放精度的要求和着地缓冲系统的效能而变化。不应高估缓冲系统的作用。在约以 30 呎/秒速度下降的货台上，曾测得着地冲击力高达 $100g$ 。目前，空投系统采用纸板蜂窝材料来吸收着地冲击的能量。有关着地缓冲装置的设计准则和应用，将在第九章第四节中详细讨论。

2.6 收 口

在大多数投物伞的工作过程中，由于伞衣能承受正常开伞速度下的开伞冲击力，所以一般都不收口。目前，收口基本上只用于大伞衣的集束式多伞系统，在集束式多伞系统中收口将保证所有的伞衣在同一时间达到同样的充气程度。伞衣松口时能使开伞平稳，并使伞衣少受损伤。用大尺寸的投物伞在高空空投时，可以延长收口时间，以达到较好的空投精度，在这种情况下，要求分级收口。在目前大多数使用的收口情况中，收口时间为 2 秒。延长收口时间，必然要增加空投的最低高度，否则不能保证空投成功。收口系统的设计和加工必须简单，以便能就地安装。

2.7 底边扎带

投物伞上可以采用底边扎带，以防止在伞绳完全拉直之前伞衣充气。在拉直力会超过

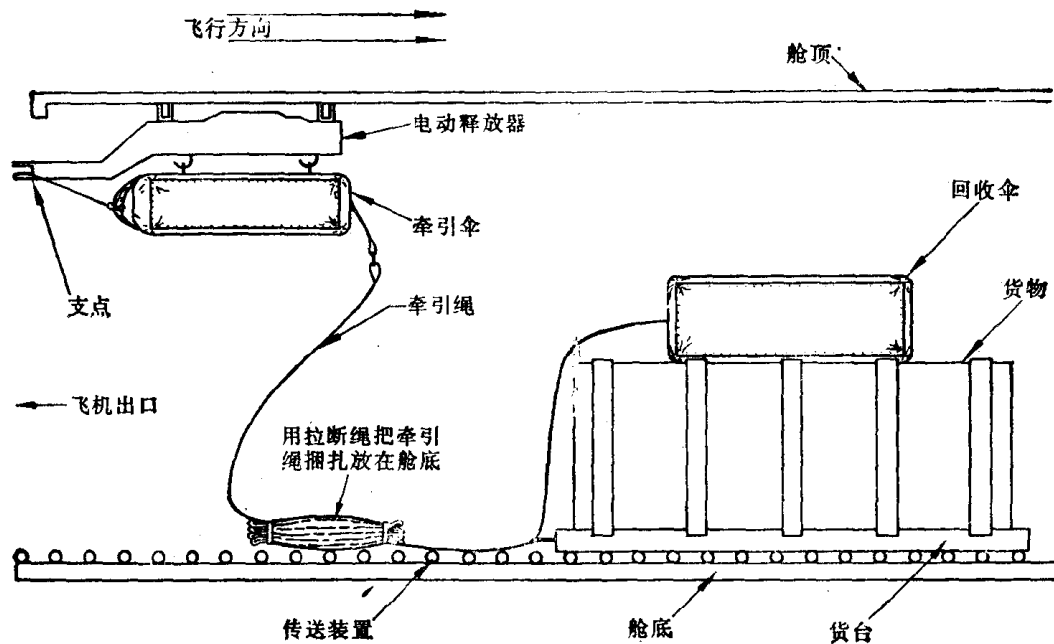


图 5-11 典型的摆式投放系统

开伞冲击力的情况下,采用扎带尤其合适。

2.8 开伞方法

2.8.1 概述 投物伞可以靠引导伞或固定拉绳拉出。开伞程序要简单,因为复杂的程序会增加成本并增加维护和装配的时间。

摆式投放系统(见图 5-11)是一种能成功地拉出货物的普通方法。在目前研制阶段,是用一根开槽的支臂(或摆杆)和一个电动释放器组成一套机构装在货舱后部的舱顶上。释放器同固定在开伞袋上的 V 形环相衔接,使降落伞保持水平位置。一根短的摆动绳从伞袋横穿过摆杆上的沟槽。飞行员或其它机务人员起动释放器后,降落伞就像单摆一样,绕摆杆的末端呈圆弧轨迹下落到适合拉伞的姿态时,摆动绳套圈便从槽中滑出去,同时降落伞就自由地向后穿出舱门,随后被气流打开。

2.8.2 开伞系统的设计 开伞系统应力求简单。一般从飞机上投放小的载荷,可用一根简单的固定拉绳打开降落伞。

100 磅至 500 磅载荷用的投物伞可包装在标准伞包内。伞包固定在载荷上并无助于拉伞。固定拉绳靠拉断绳直接与投物伞伞顶相连接,处于伞顶和固定拉绳自由端(套圈)的拉断绳长度需预先确定。这种系统的可靠性比不上另一些系统好;但是由于成本低和程序简单,使这种系统被广泛采用。G-13 和 T-7(做投物伞用时)降落伞最常使用这种系统。

用 A-22 容器和 G-12 降落伞来投放 700 磅至 2200 磅重的货物时,采用了一个尼龙伞袋。用一具 68 吋的八角形引导伞来起动拉伞,而引导伞又靠一根连接在飞机上的固定拉绳来拉开。当货重为 2200 磅至 35000 磅时,则采用 G-12 或 G-11A 集束式多伞系统。这两种降落伞都采用伞袋开伞法。

2.9 降落伞触地脱离系统

当货物触地时,降落伞应立即脱开,否则地面风会使伞衣拖着货物跑,使货物翻倒,或发