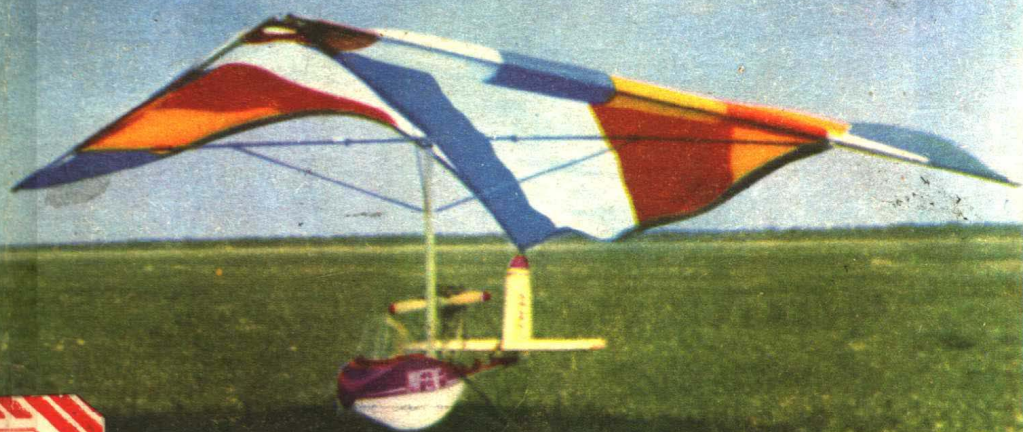


伞翼机 及其性能估算

胡继忠 杜 钢 编著



37

国防工业出版社

伞翼机及其性能估算

胡继忠 杜 钢 编著

国防工业出版社

内 容 简 介

本书概括地介绍了三角骨架式伞翼机的特点、应用和构造，结合实例简要地叙述了伞翼机飞行性能、静稳定性和操纵性估算的方法。书中提供了伞翼风洞实验研究的一些结果，分析了伞翼几何参数变化对空气动力特性的影响。

本书可供伞翼机的设计、使用人员以及有关技术人员参考。

伞翼机及其性能估算

胡继忠 杜 钢 编著

国防工业出版社 出版

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

850×1168¹/₃₂ 印张 4⁹/₁₆ 115千字

1982年5月第一版 1982年5月第一次印刷 印数：0,001—500册

统一书号：15034·2225 定价：0.64元

目 录

第一章 伞翼机的特点和构造	1
一、伞翼机的发展和特点	1
二、伞翼机和伞翼的应用	2
三、伞翼机的构造概况	5
四、“蜜蜂-1”型伞翼机构造简述	12
第二章 飞行性能计算	15
一、三角骨架式伞翼机的气动特性	15
二、平飞	30
三、上升	36
四、盘旋	37
五、起飞滑跑距离	40
六、着陆滑跑距离	42
七、航程和续航时间	46
第三章 静稳定性和操纵性计算	50
一、飞机重心定位	51
二、纵向平衡和稳定性	54
三、横侧平衡和稳定性	70
第四章 伞翼风洞实验研究	85
一、改变伞翼后缘形状	85
二、翼面肋条的作用	95
三、改变伞翼张开比	104
四、改变伞翼顶角	112
五、边条翼的影响	118
六、操纵伞翼后缘	121
七、改变上反角	125
八、其他几何特性变化	130
九、扑动和呛风	138
十、结论	139
参考资料	142

第一章 伞翼机的特点和构造

本世纪六十年代初，出现了一种新型的飞行器——伞翼机。这种飞行器在许多国家的经济、军事和体育运动方面，得到了广泛的应用。本书对三角骨架式伞翼机的构造、飞行性能计算、飞机静稳定性计算和伞翼的风洞实验等问题，进行简要的阐述。在这一章里，首先对伞翼机的特点、应用和构造作概括介绍。

一、伞翼机的发展和特点

自从飞机问世以来，作为飞机的主要升力面——机翼，都是由能承受较大负荷的结构材料制成的。这种刚性机翼构造比较复杂，重量大，生产周期长，成本也较高。随着航空和宇航技术的发展，人们便想到是否能有一种更简单的升力面，飞起来展开，不飞时收叠，既轻巧又经济，既可靠又方便。于是，伞翼——一种柔软的飞行翼便开始问世了。

伞翼是一种柔软翼或可展翼，也有称柔性翼的。最原始的柔性翼可以说是我国古代的风筝，用竹子做框架蒙以丝织物，曾经用来运送士兵飞到敌域上空。后来风筝逐渐传到欧洲。1923年，德国人做了一架展长6米、翼面积 16米^2 、空重40公斤的风筝，先后成功地进行了不载人和载人的飞行。随后人们又研究了类似风筝的三角翼，在二十世纪四十年代应用到炸弹的滑翔上。三角翼的试验和研究，引起了美国航空部门的注意。五十年代末期，美国航空和宇航局开始对最简单的伞翼进行风洞试验。当时，美国航空和宇航局希望把这种折叠翼作为重返大气层的宇宙飞行器的回收工具，代替庞大的降落伞。继美国之后，西德、法国、澳大利亚、英国等国也纷纷开展对伞翼的研究和试制，二十多年来伞

翼技术已成为普通降落伞和机翼之间一个新的技术分支。

目前各国所研究和使用的伞翼，从外观上可分为三角幅翼、帆式翼、冲气翼等；按结构特点的不同，分为柔性伞翼和骨架式伞翼两种。柔性伞翼又分为全柔式和半柔式。全柔式伞翼没有任何刚性构件支撑；半柔式伞翼有可收缩的充气软管作支撑件。当把推进器与伞翼连成一个整体后，就成了可以独立起落、能自行完成各种飞行动作和要求的飞行器了。伞翼机概而言之就是装有伞翼的一种飞行器。

伞翼机的主要特点是，起飞和着陆滑跑距离短，飞行稳定性和安全性较好，低空低速性能较好，结构比较简单，使用和维护方便。这些特点使伞翼机既易制造，又便于使用和推广。这种飞行器，不但航空工厂可以生产，就是普通的小厂也能够生产。

二、伞翼机和伞翼的应用

由于伞翼飞行器有许多特点，人们逐渐把它们用到国民经济、国防和生活的各个领域。从总的方面讲，伞翼机和伞翼的应用范围是比较广泛的，现就各国已经使用和试用的情况概述如下。

1. 伞翼机的主要用途

伞翼机的主要用途之一是进行空中运输。伞翼运输机（见图1-1）与一般轻型运输机在外形上的明显差别，就是用柔性机翼代替刚性机翼。因为它的飞行速度低，机上的一些部件可以不加整流，在结构上比一般运输机要简单得多。通常在这种飞行器上装有一台螺旋桨发动机。驾驶员一般坐在机头处，发动机装在尾翼之前，中间部分用来放置货物。伞翼通过刚性骨架支撑在整个机体的上方。

伞翼运输机的起飞和着陆滑跑距离比一般轻型运输机短得多，只有几十米。对起落场地的要求也不高，可在一般的草地上或平整的土坪上起落。飞机的操纵也比较简便，对驾驶人员要求不高，普通机动车辆驾驶员或滑翔员，经短期训练即可驾机飞行。



图1-1 一种伞翼运输机

同时，由于伞翼可以收折，便于隐蔽和储存，整架伞翼机运转也比较方便。它除了用于运载货物和人员之外，还可在农、林、牧、渔、地质、邮电、游览、体育方面，以及在军事上的救护、增援、空降、空投等方面使用。

有的国家曾用无线电遥控的小型伞翼机，对前沿阵地进行短距离侦察。为了避免敌方雷达发现，全机用非金属骨架和轻薄的织物做成。由于结构简单、使用方便，这种伞翼侦察机可用来做为一种经济和灵活的战术侦察工具。

2. 伞翼的用途

伞翼的应用是多方面的，其中之一是用伞翼进行滑翔运动。伞翼滑翔机与普通滑翔机不同，后者靠外力牵引或弹射起飞；伞翼滑翔机则是靠滑翔员背着伞翼助跑起飞或动力辅助起飞，离地升空后人便“悬挂”在伞翼下边，称为“悬挂式滑翔”。目前，伞翼滑翔留空时间可达二十小时。

用途之二是做伞翼拖斗。只要用几根撑杆张起伞翼，装在运载体上便成为拖斗。用一般低速飞机或直升飞机牵引，货物即可腾空起运。在基本不影响母机的巡航速度下，运载量可提高到原

来的三倍左右。对货物的大小和形状的要求都不太严，这与受舱门尺寸限制的运输机相比，有一定的长处。伞翼拖斗不仅可随母机直接飞到目的地同降，也可利用母机或地面遥控中途着陆。

用途之三是用伞翼进行空降空投。用一般降落伞进行空投，飞机必须飞临目标地区上空，且不宜飞得太高，否则投放不准。同时，投放时间不宜太久，不然易为敌方发觉，被地面炮火击中。此外，投放时还受气象条件诸如风向、风速、地面能见度的限制。利用伞翼空投，情况就可大为改观。因伞翼同一般飞机一样，具有滑翔能力，空投时母机不必飞临目标上空。伞翼由母机或地面进行无线电导航，遥控它滑翔到目标区后，实现准确着陆。在快接近地面时，操纵伞翼增大迎角、增加升力，使空投物轻轻触地，减轻与地面的撞击。空投时受气象条件的限制小，昼夜都可进行。在载重量和下降速度相同的情况下，伞翼面积比普通降落伞面积要小得多，制造成本也低。

为了避免大型运输机的频繁起落，采用伞翼空投卸货的办法，可节省时间和燃料，降低运输费用。

用途之四是做成伞翼救生椅。当飞机发生故障或为敌方炮火致伤，飞行员需要跳伞时，可能正好处于敌阵地上空，或下面是湖泊沼泽等恶劣环境，飞行员很希望远离飞机失事地区落地。这种情况下，在弹射坐椅的后面装上可收叠的伞翼和小型发动机，坐椅弹出后，伞翼迅速张开，发动机点火，便成了一架有机动飞行能力的伞翼机，可飞出几十公里远，寻找安全地带再行降落。

近代高速歼击机或轰炸机，在起飞着陆时，滑跑距离都很长，往往需要几千米的跑道，且要求很高的支承强度，这无论从作战或经济上考虑都是不利的。有人提出在飞机上装备可收起的伞翼，起飞着陆时打开，将缩短滑跑距离，降低对跑道的要求，减轻飞机轮胎的磨损程度。但要实现这点，许多问题还有待解决。

因为伞翼具有可折叠的特点，收藏时所占空间小，可以用它来作为回收宇宙飞船、探空火箭和无人驾驶飞机的工具。用这种

办法可以代替耗资巨大的海洋溅落。伞翼回收火箭能多次使用，经济上是合算的。随着伞翼技术的不断发展，它还可以用在国民经济和军事的其它方面。

三、伞翼机的构造概况

伞翼机由以下几个基本部分组成：伞翼、机身、起落架和动力装置，对多数伞翼机还有尾翼。在各国已有的伞翼机中，用得较多的一种是三角骨架式伞翼机，它又有单龙骨和双龙骨之分，其中常见的是单龙骨三角骨架式伞翼机。下面我们讨论这种伞翼机的构造。

1. 分类

单龙骨三角骨架式伞翼机，根据构造特点、起落方式、使用情况可分成各种类型。实用意义较大的分类方法，是按伞翼在飞机操纵上所起的作用，分成四种类型，即全动式、纵向活动式、局部可动式、固定式。

(1) 全动式 翼面在飞行中可以操纵，伞翼相对于机身既可作俯仰运动又可作滚转运动；它既是升力面又是操纵面，能完成飞机的俯仰、方向和横向操纵，而无需常规尾翼，简化了机体结构，减轻了重量。由于操纵面很大，这种伞翼机动作灵活，着陆时可以进行“雀降”，即在飞机快要接地的瞬间，突然增加伞翼迎角，加大升力和阻力，减小着陆过载，使落地动作比较轻巧柔和，类似某些鸟类的降落。它的主要缺点是操纵力矩大。由于用整个伞翼来操纵，而翼面上的空气动力中心在飞行过程中又不断变化，这就要求驾驶员经常用很大的体力来应付。随着飞行重量增加操纵力矩也增大，靠人的臂力直接控制整个伞翼难以实现。故此种方式只适于飞行重量不大的单人飞行。其次，这种型式伞翼机的稳定性也差一些，这与普通飞机的松杆静稳定度小于握杆静稳定度有类似之处。尽管驾驶员握住伞翼的操纵柄，但在阵风作用下，伞翼与机体之间仍显出软连接特性，从而导致稳定性

降低。

(2) 纵向活动式 其特点是伞翼相对于机身只能作俯仰运动而不能作倾斜运动。纵向操纵与全动式一样,靠驾驶员用臂力改变伞翼的安装角;横侧操纵需用其他操纵件,一般采用常规的垂直尾翼,有的用全动式方向舵。伞翼操纵通过摇臂进行,摇臂装在伞翼骨架上,前推或后拉摇臂相当于改变伞翼的安装角,相应地改变飞机重心的位置和飞行迎角。这种方式用在俯仰操纵上的力量仍然很大,但方向操纵却很省力,因尾部操纵面比伞翼面积小得多。与全动式相比,增加了后机身和垂直尾翼,结构重量大一些,但是却给操纵带来方便。它同样不适用于飞行重量大的情况,对体育运动等方面却是适宜的工具。

(3) 局部可动式 伞翼主要部分相对于机身固定不动,只有翼端或龙骨尾段是可动的,它们属于飞机的操纵件,多用来进行横向操纵。其中,翼端小翼是由装在前缘梁末端的摇臂杆带动伞布形成的。小翼的主要作用是代替副翼,有的也兼作襟翼。摇臂杆的运动由中央操纵机构控制。当左侧的摇臂杆向下、右侧的向上偏转时,使左边翼面的弯度增加、升力增大,右侧升力减小,飞机便产生向右倾斜的力矩。当两侧摇臂杆同时向下偏转时,左右翼面的升力都增加,并改变了飞机的俯仰力矩。翼端摇臂杆的简图见图 1-2。装在龙骨尾段的活动摇臂,是靠左右摆动来改变翼面两侧的升力,使飞机产生滚转运动。与前面两种型式比较,这种伞翼机用在操纵面上的力矩很小,因为操纵对象是伞翼的一小部分。它的主要缺点是对伞翼构造较复杂,增加了对骨架的强度与刚度要求。

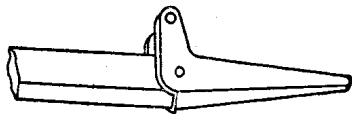


图1-2 翼端摇臂杆

(4) 固定式 翼面相对于机身的位置保持不变(但当飞机停在地面时,伞翼安装角一般是可调的)。纵向和横侧操纵,与普通飞机类似,依靠常规尾翼组来完成。由于伞翼机的气动特点,

尾面宜做成全动式的，后机身可取得短些。有的不设独立的横向操纵机构，有的加了横向操纵件，其中一种是通过伞绳控制两侧翼面的后缘，来改变翼面的弯度。这种办法，除能产生滚转力矩之外，还能影响俯仰力矩和改变飞机的升降特性（操纵伞翼后缘的风洞实验结果，见本书第四章）。固定式的优点是，伞翼骨架的构造和安装都比较简单，重量较轻，飞机的稳定性也好，用在操纵上的力量较小，飞机容易驾驶。缺点是，由于增加了尾翼组，机体构造变得较复杂，飞机对操纵的反应也不象全动式伞翼机那样快。这种伞翼机适于飞行重量较大的情况，可用作小型运输机或其他多用途飞机。

2. 各部分构造

(1) 伞翼 三角骨架式伞翼由刚性骨架和张在上面的伞布组成，在外观上酷似普通雨伞的一部分，如图 1-3 中阴影部分所示。正因为有类似伞一样的翼面，故有伞翼之称。骨架的主要部分是一个龙骨、两个前缘梁和一根横向撑杆。它们可用轻金属管或变剖面型材以及轻金属桁架构成。图 1-4 所示的是由铝管制成的三角骨架。龙骨和前缘梁用铰链连接（图 1-5），这种连接方式，便于伞翼在使用中及时张开和收拢。

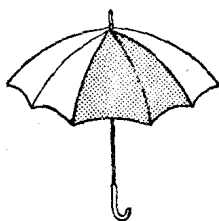


图1-3 伞翼示意图

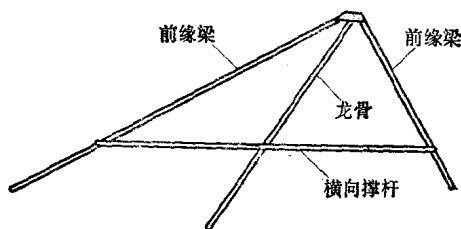


图1-4 伞翼骨架

伞布的织物和降落伞类似，用两块接近三角形的对称纤维材料，如尼龙绸或锦纶绸等缝制而成。锦纶绸性能较好，在受力相同的条件下变形小、使用寿命长。也有用的确良做伞布的，外面喷以漆料。还有的采用聚乙烯薄膜或其他合成材料。对伞布的主

要要求是气密性好, 强度大、重量轻、变形小和经久耐用。

有些伞翼, 在前缘部分的左右两侧各缝出一个长筒形口袋, 幅面宽度沿翼展方向逐渐缩小, 装伞时前缘梁从口袋中间通过。飞机起飞时筒内充入

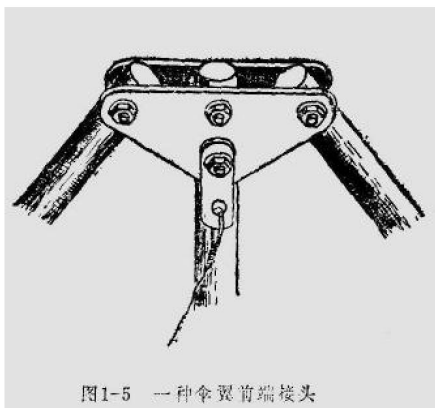


图1-5 一种伞翼前缘接头

气体, 使伞翼前缘部分呈现出扁平的流线外形, 以利于气流稳定流过。有些伞翼沿翼弦方向在伞布上缝出一些条状布带 (见图 1-6), 里边装轻金属或非金属板条, 以限制伞布抖动并维持良好的剖面形状。

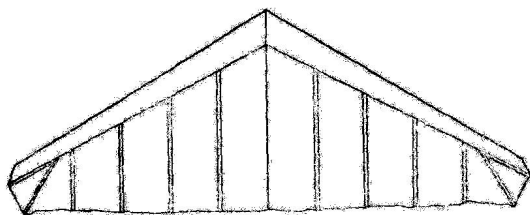


图1-6 缝有条状布带的伞衣

伞翼的几何参数, 如展弦比、顶角、上反角、伞布后缘形状、翼面展向弯度以及龙骨和前缘梁的外形, 都影响飞机的气动性能。其中, 展弦比和顶角能反映伞翼机升阻比的大小和滑翔性能的好坏。一般说, 展弦比越大, 升阻比也就越大。上反角和翼面沿展向的弯度 (见图 1-7) 主要影响飞机的横侧稳定性, 还影响升力特性。伞布后缘的形状、前缘梁和龙骨的弯曲情况, 也都影响到升阻比和稳定性。对于滑翔用的伞翼飞行器, 常用的顶角和展弦比都比较大, 以便获得较高的滑翔比。近年来, 这类飞行器的伞翼顶角达到 120° , 展弦比有的超过 8, 整个飞行器的滑翔比超

过10。对于重量较大的伞翼机，主要由于结构上的原因，展弦比和顶角都不宜太大，升阻比因而也就小些，一般在4至6之间。几种伞翼的平面形状见图1-8。

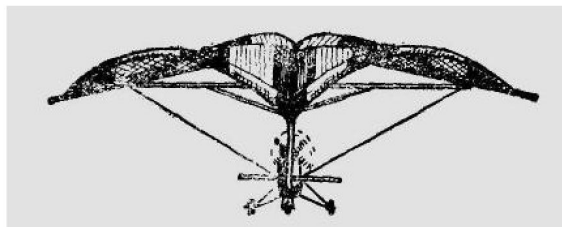


图1-7 翼面展向弯曲

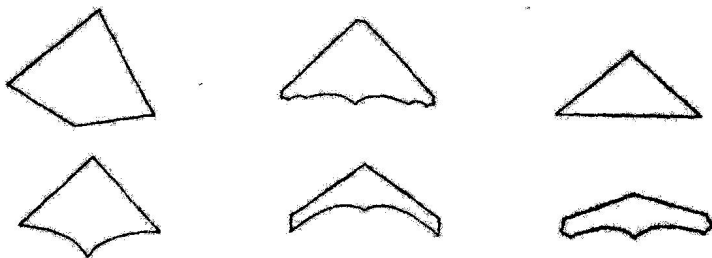


图1-8 几种伞翼的平面形状

(2) 机身 它的功用是连接伞翼、尾翼、起落架和发动机，并装载人员、设备和货物。通常，发动机不直接装在机身上，而是通过发动机架或伞翼支架与机身相连。根据外形特点，伞翼机的机身可分为杆式、舱式、平台式和混台式等类型。飞行重量小（只有驾驶员而无其他有效载重）的情况，机身可以采用杆式结构，即由管件或桁架式的梁构成。伞翼支柱通常安装在座椅背后，与机身固连。它的特点是结构简单、加工容易、重量轻，但不易放置其他物件。舱式机身与普通低速飞机的机身类似。由于伞翼机飞行速度低，一般采取敞开式坐舱，机头处安装风挡。舱式机身的优点是，驾驶员工作条件较好，舱内可装其他载重，随机人员也安全。但在结构和重量上要付出代价。有些载重量较大的伞翼机采用台式机身，类似长方形的平台，由四至三条腿支撑，前

端有风挡，后端有尾翼。这种机身，有的下部做成帆底，并加密封，能浮在水中。台式机身装卸货物方便，结构简单，象加了帆篷的空中平板车，可成为简易的空中运输工具。混合式机身由短舱和尾撑构成。尾撑或称后机身梁，可用轻金属管件制成，它把尾翼和短舱连接成一体。这种机身既提供了坐舱，又简化了后机身结构，在工艺上是方便的。

(3) 尾翼 尾翼的主要功用是保证飞机的纵向与侧向的平衡及操纵性能。对尾翼的要求是，有足够的面积和良好的气动外形，足够的强度和刚度，重量轻、工艺性好。为提高操纵效能，尾面应置于螺旋桨滑流之中，并尽量采用全动式舵面。对不同型式的伞翼机，尾翼类型和安装位置也不相同。纵向活动式只装垂直尾翼或方向舵。局部可动和固定式伞翼机，既有垂直尾翼又有水平尾翼。有的还采用由两个斜置的小翼面组成的V型尾翼。当两边的舵面都向下或都向上偏转时，作用与升降舵相同；当其中一个向下偏另一个向上偏时，作用如同方向舵。

为简化机身结构，有的把尾翼装在伞翼龙骨上。其中一种是把垂直尾翼和水平尾翼都装在龙骨后端的上侧，其目的是去掉后机身，并降低伞翼的安装高度。但因离开了螺旋桨滑流，又受伞翼背后分离气流的影响，致使舵面效率大大下降。同时，也使伞翼构造复杂、重量增加。还有一种布局方法，是把尾翼装在龙骨后段的下侧。与前一种比较，舵面效率提高了，但龙骨受力情况也更严重了。较好的方法是把尾翼固定在后机身和龙骨之间，既能减轻机身和龙骨所受的扭矩，又提高了结构的整体刚性，还对伞翼起了卸载作用，而重量上的损失并不多。

尾翼的构造与普通飞机的机翼类似，由骨架和蒙皮组成。由于伞翼机飞行速度低，一般不用受力蒙皮。骨架多采用梁式结构。由安定面和舵面组成的尾翼，安定面多为双梁式，舵面为单梁式。全动式尾翼常采用转轴型式的单梁结构，翼梁和转轴合为一体。这种翼梁承受的弯矩和扭矩较大，但却使尾面构造简单、安装方

便。尾翼的结构材料，多用金属材料或复合材料，有的也用木材。蒙皮常用纤维制品。

(4) 起落架 其功用是保证飞机的起飞着陆以及在地面或水面上的运转和停放。起落架可分为陆用、水用和气垫式的。陆用多为三轮式起落架，由机轮、减震器和结构受力件(梁或构架)组成。也有四轮式的，它比较稳当，易于操纵，但结构重量大，阻力也大。三轮式起落架分为前三点式和后三点式两种。因伞翼机常以大迎角起飞着陆，在起飞滑跑阶段又希望迎角小，使阻力小、加速快，一般采用前三点式，这也有利于起飞着陆滑跑的安全。水用起落架的着水装置是浮桶和滑水板。近年正在研究一种气垫式起落架，它可在水上、陆上和沼泽地带工作，扩大了飞行器的使用范围，是一有希望的起落方式。

(5) 操纵系统 操纵系统工作情况好坏，直接影响飞机的操纵性能。它分为全伞操纵和舵面操纵两类。伞翼后缘的操纵和翼端小翼的操纵，在主要特性上也属于舵面操纵一类。

全伞操纵机构包括一个受力大的摇臂和连接摇臂与伞翼支柱的铰接接头。摇臂上部装着整个伞翼，下端是操纵手柄。铰接接头把伞翼产生的空气动力传给机身，它承受整个机体在飞行中的载荷。

舵面操纵系统由中央操纵机构和传动系统组成。中央操纵机构包括手、脚操纵两部分，有的只有其中之一。手操纵件是驾驶杆。因伞翼机上没有副翼，驾驶杆主要用来控制升降舵和其他操纵面，如伞翼后缘。当推拉驾驶杆时，升降舵上下偏转，引起俯仰力矩变化；往右压杆则拉动左侧伞绳，使左侧伞面弯度增加、升力增大，引起飞机右倾。脚操纵是用脚蹬控制方向舵。当驾驶员的右脚前蹬时，方向舵向右偏转，产生的偏航力矩使机头右转。传动系统的功用是把中央操纵机构的动作传到操纵面上去。它分为硬式、软式和混合式三种。硬式传动系统由推拉杆和摇臂组成，摇臂的用途是支撑推拉杆，改变运动方向和力的大小。软式则由

钢索、滑轮、松紧套和扇形轮等组成，这种传动系统的特点是重量轻，但易产生间隙。在混合式传动系统中，一部分为硬式，其余为软式。这种传动方式对翼端小翼的操纵是适宜的。

四、“蜜蜂-1”型伞翼机构造简述

已经试飞成功的“蜜蜂-1”型伞翼机，是一种单龙骨三角骨架式伞翼试验机，见图 1-9。该机展长 8.2 米，全机长 5.5 米，机高 3.3 米，伞翼面积 24 米²。伞翼的三角骨架是由铝管和铝质接头构成的，龙骨和前缘梁的长度相等。为减少各管件承受的弯矩、减轻结构重量，在骨架上安装了较多的受力接头。除了中部有与伞柱相连的铰接头之外，在前部、后部和两侧各有接头连接撑杆和张线。伞布采用不透气的尼龙绸。

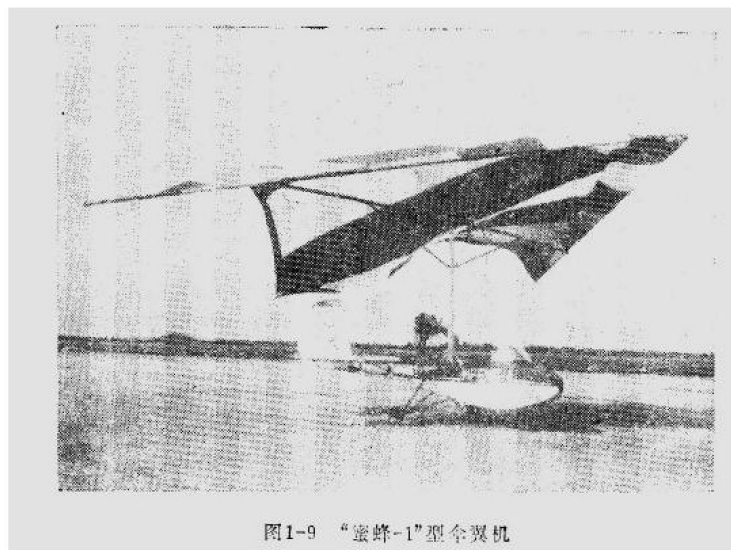


图1-9 “蜜蜂-1”型伞翼机

机身的结构型式为混合式。前段为流线形坐舱。坐舱骨架采用金属桁架结构，由钢管焊接而成，见图 1-10。这种结构的特点是重量轻、工艺性好，便于做出较大的开口。在桁架前面，装有用薄铝板制成的机头整流罩和有机玻璃风挡。坐舱蒙皮为布质

蒙皮, 采用航空亚麻布并喷漆料, 重量轻, 容易加工和修理, 能较好地满足低速飞行的气动要求。舱内装有座椅、操纵件、仪表

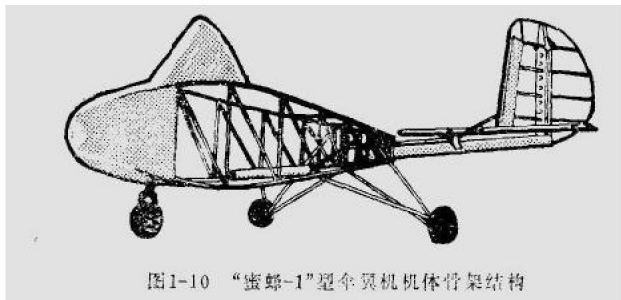


图1-10 “蜜蜂-1”型伞翼飞机机体骨架结构

和油箱。伞翼支柱和发动机架装在坐舱后段, 通过钢质接头与机身骨架连结。后机身为铝管, 利用两个安装环固定到前机身上。铝管后端装有垂直尾翼和水平尾翼。

该机的水平尾翼为全动式升降舵, 展长 1.8 米, 面积 0.88 m^2 , 平面形状为长方形, 在翼端加以整流。剖面形状为对称翼型 NACA0012-B。升降舵采用轻金属结构和混合蒙皮; 前缘部分为铝蒙皮, 其余为蒙布。轻金属骨架的主要受力件是一根由硬铝管制成的翼梁, 见图 1-11。与翼梁平行的纵向构件是用薄铝板压制的后缘桁条。骨架中的横向构件是一些墙式翼肋, 也是薄铝板压成的, 上面有减重孔。这些翼肋安装在翼梁上, 其尾端连接桁条, 外边装有蒙皮。升降舵通过两个滑动轴承装在舵面托架上, 托架另一端固定在机身上。翼梁中段铆有舵面操纵摇臂, 与手操纵系统的推拉杆相连。垂直尾翼由安定面和方向舵组成, 面积 0.72 m^2 。安定面的平面形状为梯形, 方向舵呈半圆形。垂直尾翼的剖面形状采用对称的组合翼型, 其前段为 NACA0012-B 翼型, 中段为平板, 后段(方向舵部分)为尖楔。垂直尾翼同样采用轻金属

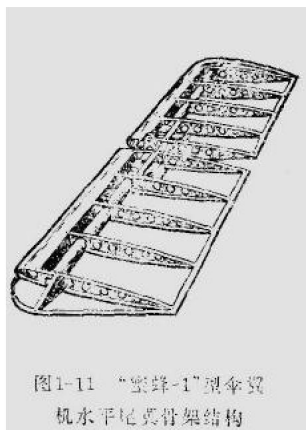


图1-11 “蜜蜂-1”型伞翼飞机水平尾翼骨架结构