

歼教七型飞机用材分析

011 第一设计所 王成尧

本文从用材概况、有色金属材料、黑色金属材料、锻件、铸件和非金属材料等 6 个方面，对歼教七型飞机的选材用材情况进行了统计分析，使人们对该机用材有个全面的了解。

Statistics and Analysis of Material on FT-7 Aircraft

Wang Chengyao

(The First Design and Research Institute of 011 Aero-Industry Base)

This report contains a comprehensive description of the materials listed for FT-7 aircraft. The statistics and analysis, which are for the general materials, non-ferrous metal, ferrous metal, forgings, castings and non-metallic materials used on FT-7 aircraft are described in the six parts respectively.

歼教七型飞机是我基地研制的单发双座教练机。该飞机不但装备我国空军，还在巴黎国际航空博览会上赢得好评，并出口国外。为使人们更好地了解歼教七飞机的选材用材特点，本文从以下 6 个方面对该飞机的选材情况进行统计分析。

1. 歼教七飞机用材概况

在歼教七飞机上，材料用量最大的是铝合金 LY12、LC4 等，这是由于铝合金比重小，比强度高特点所决定的；而重要受力构件多选用 30CrMnSiA 和 30CrMnSiNi2A 等结构钢；全机用材概况见表 1 和表 2。

从表 1 可以看出，在歼教七飞机上有色金属材料用量较大，占全机金属材料用量的 62.6%，黑色金属材料用量占 37.4%。

从表 2 可以看出，在歼教七飞机上锻件数量非常大，共计 756 项（不包括左右件），可见重要受力构件大都采用锻件。

2. 有色金属材料用材情况

歼教七型飞机有色金属材料单机定额见表 3。

从表 3 可以看出，在歼教七飞机上，铝材用量最大，占有色金属材料的 94%，占全部金属材料的 59%。钛合金用量较小，只占金属材料的 0.7%。

表 1 全机用材概况

材料分类	用材品种	用材项数(规格)	单机定额,kg
有色金属	98	960	3824
黑色金属	77	897	2279
非 金 属	301	450	
机电产品	18	85	
合 计	494	2392	6103

注：本表不含锻、铸件及标准件用料。

表 2 全机锻、铸件项数

	有色金属	黑色金属	合 计
锻 件	397	359	756
铸 件	211	177	388

表 3

材料分类	品 种	项 数	单机定额 kg	小 计	
				项	kg
铝 材	板	195	2958	740	3600
	棒	177	151		
	管	129	104		
	型	191	187		
	丝	46	197		
	粉	2	3		
镁材	板	19	75	85	975
	棒	15	0.5		
	型	51	22		
钛材	板	7	41	8	41.5
	丝	1	0.5		
铜材	板	28	15	127	85
	棒	42	27		
	管	29	23		
	丝	25	19		
	带	3	1		
总 计				960	3824

1) 铝板的应用

从表 3 还可以看出，全机共采用铝板 2958kg，占铝材用量的 82%，其中蒙皮板有 1071kg，占铝板用量的 36%。在蒙皮板中，用量最大的是 LY12，共 911kg；其次是 LC4，共 152kg。二者分别占蒙皮板用量的 85%和 14%。此外还采用了少量的 LY16 和 LF2 蒙皮板。

为消除板材在轧制和热处理时产生的残余应力，防止在机械加工和使用过程中变形，还采用了 LY12 预拉伸板，共 629kg。

在歼教七飞机上,还采用了变薄量为0.42mm/m的LY12、LC4变截面板,共82kg,主要用于垂直安定面。

此外,飞机的大部分框板、肋板、油箱等均采用铝合金结构板。

2) 铝型材、铝管的应用

全机共采用铝型材187kg,大多是LY12、LC4挤压型材。后机身还采用了部分LY16型材。所有型材都用作桁条,加强件等。

在歼教七飞机所选用的铝管中,导管、拉杆用量较大,共58kg,占铝管用量的56%。在导管中,尤以LF2用量最大,共40kg,主要用做液压等系统的回油管。

3) 由于钛合金具有强度高、比重小,又有一定的耐热性能,所以在歼教七飞机上也采用了部分钛合金,主要是板材,共41kg,占全机金属材料用量的0.7%。

3. 黑色金属材料用材情况

歼教七型飞机黑色金属材料单机定额见表4。

从表4可以看出,在歼教七飞机上用量最大的是棒材,其次是板(带)材和管材。

1) 钢棒的选用

钢棒用量最多的是30CrMnSiA和30CrMnSiNi2A,分别为468kg和167kg,合计635kg,占钢棒总量的71%。

棒材多用于车制中小零件,如连接件、螺栓、接头等,而大中零件多采用锻件(在锻件一节专门谈及)。只有水平安定面大轴,由于受力较大、但形状简单,故采用30CrMnSiNi2A棒材制造。

2) 型钢的选用

在后机身主要受力框(34、35A、36框),由于受力较大,且受发动机热辐射的影响,均采用钢制框。为避免不同材料因热膨胀不同而产生应力,所以每个框都力求采用同一种材料制成。这几个框除了采用钢锻件做接头、支臂外,还采用30CrMnSiA型钢做框的内、外缘条,用30CrMnSiA钢板做腹板。

表 4

品种分类		项数	单机定额 kg	小 计	
				项	kg
板、带材	钢带	45	28	137	625
	薄钢板	74	512		
	中厚钢板	18	85		
棒材	钢棒	344	889	344	889
管材	薄壁管	94	96	201	431
	厚壁管	107	335		
丝材	钢丝	163	211	163	211
制品	型钢	7	70	52	123
	焊条	16	18		
	焊丝	21	30		
	钢索	8	5		
总 计				897	2279

3) 高温合金板和不锈钢板的选用

飞机机尾罩后段,位于发动机尾喷口附近受燃气热影响较大,工作温度在600℃左右。一般结构钢已不能满足使用要求,故采用了高温合金板(GH1035)。

导风罩围绕在发动机尾喷口周围,其作用是防止发动机尾喷筒的热量向外辐射而影响后机身各部件。由于导风罩工作温度较高,但受力不大,故采用1Cr18Ni9Ti板材制成,其厚度为0.3mm,少量亦有0.5mm,为增加其刚度,做成波纹状。

发动机环形散热器。由于工作温度高、受力较大,采用1Cr19Ni11Si4AlTi板材,经滚焊而成。

4) 钢管的选用

在歼教七飞机上,钢管用量较大的是结构钢管和不锈钢管。

30CrMnSiA钢管用作受力较大的零件,如轴、螺栓、螺杆、螺帽及座椅系统的作动筒等。

30CrMnSiNi2A钢管用作受力很大的零件,多数用在起落架系统上。

1Cr18Ni9Ti不锈钢管主要用作冷气、液压、空调及燃油系统的导管。其中冷气、液压系统用量最大,主要用于主系统和助力系统的增压管路。

4. 采用锻件的情况

1) 采用锻件的概况

在歼教七飞机上共采用锻件756项,其中钢锻件359项,有色金属锻件397项。全机采用锻件的材料分类情况见表5。

从表5可以看出,钢锻件用量最大的是30CrMnSiA,共212项,占钢锻件的59%。在有色金属锻件中,用量最大的LD5,共206项,占有色锻件的52%,其次是LD7和LC4锻件。

在所采用的锻件中,I、II类锻件共99项,其中钢锻件42项,有色金属锻件57项。

2) 大锻件在飞机上的分布情况

一般说来,锻件愈大,也就愈重要。在歼教七飞机上,共采用大锻件48项(零件81件),详见表6及表7。

5. 铸件的选用

在歼教七飞机上,铸件的选用情况见表8。

从表8可以看出,全机共选用铸件388项,其中黑色金属铸件177项,有色金属铸件211项。在黑色金属铸件中,用量最大的是ZG35CrMnSi,在有色金属铸件中,用量最大的是ZM5;其次是ZL101和ZL201。

ZG35CrMnSi主要用于承力很大,且形状复杂的零件,舱盖、动力和座椅部分选用较多。

ZL101主要用于承力较大、形状复杂的零件,动力、电器、操纵和液压等部分选用较多;ZL201主要是在使用温度较高部位(如后机身)选用较多。

ZM5在歼教七飞机上应用广泛,几乎遍及全机。飞机结构的口框梁、舱盖骨架、座椅以及翼肋等都采用ZM5。

6. 非金属材料的选择情况

具有特殊性能的非金属材料,在歼教七飞机上也获得广泛的应用。

表 5

锻件材料分类		材料牌号	锻件项数
钢锻件 (359 项)	结构钢锻件 (333 项)	30CrMnSiA	212
		30CrMnSiNi2A	46
		25 [≠]	60
		45 [≠]	13
	不锈钢锻件 (26 项)	16CrSiNi	2
		2Cr13	17
		1Cr18Ni9Ti	8
		Cr17Ni2	1
有色锻件 (397 项)	铝锻件 (361 项)	LD5	206
		LD7	64
		LC4	64
		LF21	10
		LF2	5
		LY12,LY11	5
		其它	7
	镁锻件(32 项)	MB15S	32
	铜锻件(4 项)	HPb59-1	4

表 6 大锻件用材情况表

材料牌号	锻件项数	零件件数
30CrMnSiNi2A	23	41
LC4	11	18
LD7	7	10
LD5	6	10
30CrMnSiA	1	2
合 计	48	81

表 7 大锻件在全机分布情况表

使用部位	锻件项数	零件件数
机身	22	35
机翼	13	26
起落架	7	12
垂直安定面	4	4
副翼	1	2
操纵系统	1	2
合 计	48	81

表 8 铸件用材情况表

铸件分类		铸件牌号	项 数
黑色金属铸件 (177 项)	钢铸件 (166 项)	ZG35CrMnSi	158
		ZG27CrMnSiNi	4
		其它	4
	铁铸件 (11 项)	HT20-40	6
		QT50-2	5
有色金属铸件 (211 项)	铝铸件 (108 项)	ZL101	78
		ZL102	1
		ZL201	29
	镁铸件 (103 项)	ZM5	103

1) 透明材料

透明材料主要用于飞机的舱盖玻璃, 以及仪表的透明罩等。歼教七飞机的舱盖玻璃全部采用航空有机玻璃。此外风档前玻璃还采用了由两层钢化硅酸盐玻璃和一层 2 号定向有机玻璃组成的多层防弹玻璃。

2) 玻璃钢及其夹层结构的应用

玻璃钢及夹层结构, 具有重量轻、比强度大、耐疲劳以及高频电磁波穿透性能好等特点, 在歼教七飞机上用于雷达天线整流罩和平板天线整流罩。

雷达天线整流罩系蜂窝夹层结构, 其外蒙皮为热强布-290 与 SC-13 胶液制成的玻璃钢, 中间夹层为无碱玻璃布-100A 浸 F01-36 酚醛醇溶烘干漆后, 用×98-4 缩醛胶制成的边长为 4.5mm、高为 8mm 的蜂窝芯。蒙皮与蜂窝芯用 JF-1 耐热结构胶粘接, 表面涂 H04-1 绿色磁漆。这种结构具有高的强度、良好的耐热性和电性能。

平板天线整流罩为玻璃钢夹层结构。蒙皮为热强布-290 与 SC-13 胶液制成的玻璃钢, 蒙皮间有玻璃布板 1101-B 制成的隔板并由-290 与 SC-13 胶液制成的肋条和条带。蒙皮与夹层用 JF-1 和 JW-1 胶接。

3) 橡胶及其制品

在歼教七飞机上使用的橡胶制品有 66 种 102 个规格, 应用在动力系统、液压系统、冷气及电器等系统。其主要作用是密封、减震、绝缘等。

用于动力、液压、燃油等系统的密封件, 多采用耐油丁晴橡胶 5470、5171 等。同时燃油系统的软油箱也用丁晴橡胶做主要部件。

用于电气、仪表、特设等部位的减震垫、绝缘带、绝缘套管等, 多采用弹性好的天然橡胶, 如 1145、1151 等。

为了适应使用温度高的条件, 也采用了耐热、耐老化及高绝缘性的硅橡胶, 如 6144 等。

此外, 在歼教七飞机上还采用了 XM15、XM16、XM17 和 XM18 等密封腻子。主要用于整体油箱、座舱、导管接头、气密铆接结构等。

4) 涂层系统

歼教七飞机共选用油漆 34 个牌号 68 种颜色。其涂层系统大致可分为四个系列, 即环氧、丙烯酸聚氨酯、醇酸和含氢硅油。其中以环氧磁漆用量最大。

环氧漆主要用于涂内部零件。在一般使用温度下, 多采用 H06-2 底漆加 H04-2 面漆, 在较高使用温度下, 多采用环氧有机硅磁漆 H61-83、H61-32 等; 在更高使用温度下, 则采用加铝粉的环氧有机硅磁漆, 如 H61-1 加铝粉。

座舱内部采用 H04-80 无光环氧磁漆。

由于丙烯酸聚氨酯磁漆的弹性好, 耐光、耐老化、耐盐雾性好, 飞机外表面全部喷涂该漆。

丙烯酸漆主要用作标志漆。