

航空用扁平带状电缆

张耀中

本文介绍了带状电缆的一般概念及其典型结构、绝缘材料。主要叙述了推挤扁导体电缆优异的电气特性和空间节省。在生产环境中,带状电缆的使用与常规方法相比将导致较大的设计效率,同时还显著地节省时间、劳力和费用。

The general concept of ribbon cables, their typical structures and insulating materials are introduced in this paper. Their excellent electrical characteristics and space savings of extruded flat conductor cable are described mainly. The application of extruded flat conductor cable in the production environment will lead to not only the greater design efficiency compared with conventional methods, but also the significant savings in time, labour and cost.

由于飞机性能的不断提高和航空电子系统的迅猛发展,飞机电缆重量出现成倍增长的趋势,促进加速发展新的电缆材料和器件,新的电缆加工工艺,乃至新的飞机电气连接系统。为了在保证电缆系统工作安全可靠的基础上减少电缆的重量和体积,必须尽可能减小电线规格,但单根圆电线却受到电缆在飞机安装上的严格限制。一般飞机电缆系统电线最小规格只能是 0.5 mm^2 标准截面,如果再需要降低电线规格,在美国军用规范MIL-W-5088(航空航天器布线)中明确规定飞行器用最小规格为AWG24,而它必须是高抗拉强度铜合金线芯电线,并需要增加额外紧固点和在电线端接处提供支承。在70年代生产的M117-21MΦ飞机电缆仅约3000根电线段,而80年代的先进战斗机将超过10000根电线段,因此航空电线小型轻量化必须冲破原有的旧概念、旧系统。当前在美国F16上已使用的扁平带状电缆完全能对付这种新的挑战。它和高密度小矩形连接器的匹配使用不仅能减少飞机电缆重量20~60%,缩小体积25~50%,并且容易实现冗余度,大大地提高了飞机电缆系统的可靠性。

扁平带状电缆是指在同一种绝缘材料封闭的同一

平面内有两种或两种以上的平行导体的任何电缆。可以用粘合剂把两层或两层以上的扁平带状电缆胶合在一起而制成叠层制品。电缆结构中粘结材料可为薄膜、粘合剂和纤维。通过将导线压接在一层薄膜上或压接在两层薄膜之间,或采用粘合剂或采用单丝或绳纤维编织(可以采用或不采用隔离物,根据要求而定),而将导线以规定的线距构成一个扁平带状结构,并使每根导线的纵向轴线相互平行,且处在同一平面上。带状电缆随其采用导体线型不同可有圆导体带状电缆和扁导体带状电缆之分。带状电缆的导体可用单股线或者绞合线、裸线或涂覆线。带状电缆中全部圆形绞合线都应有符合规定的相同型号和规格。新的氟聚合物ETFE制成的圆电线在几年前已列入美国军用规范MIL-W-22759的第32、33、34、35和41、42、43单篇规范,组成一个比较完整的交联ETFE绝缘电线系列。它们可以单独使用,也可以作为扁平带状电缆的绞合线使用,制成高级的航空扁平带状电缆。总括起来,在圆导体无屏蔽柔软带状电缆中,采用的电线型号有MIL-W-16878/1~6、11~13, MIL-W-22759/9、11、18、19、32~35, MIL-W-81044/11、12 和

五、结 论

1. 受检的胶管为本体破坏。
2. P868胶管钢丝背股超过技术标准规定的要求,编织层钢丝间造成间隙有损于钢丝编织层的补强作用。

3. P859、P861 胶管内胶层的缺陷对胶管的破坏有重要的影响。

4. 胶管成品内胶层扯断伸长率过低使胶管在应力集中或胶管在安装中处于拉紧状态下容易发生破坏。

MIL-W-81381/7~9, 采用线规为28、26和24三种小规格。足见带状电缆提高了结构的机械强度, 进一步减小了电缆重量和体积。扁平带状电缆绝缘材料及其额定温度列于表1, 典型结构示于图1。

新发展的扁导体带状电缆提供高性能和空间节省。该电缆的绝缘材料也是一种推挤的交联改良型 ETFE, 它具有强韧的机械特性和耐高低温性能。这种推挤设计形式保证了相同的间距和优异的电气性能。扁导体电缆结构如图1中(G), 它的物理和电气性能列于表2。

归纳起来, 扁导体带状电缆具有四大特点:

1. 标准化生产 共有三种中心距, 二种电缆宽度, 二种导体厚度和五种电线规格的扁导体电缆结构, 列于表3。

2. 空间节省 使用扁导体带状电缆所需要的空间比相同根数的等值圆电线少得多。跟普通的扁平带状电缆比较, 推挤扁导体电缆在整个电缆宽度上没有无用的电缆棱边空间。在不破坏导体中心间距情况下, 电缆能够并排地放置。当需要增加时, 因能双倍使用标准电缆, 因此较小电缆能模件式地结合, 从而代替

表1 扁平带状电缆用绝缘材料及其额定温度

材 料	最大额定温度(°C)
聚氯乙烯(不适用于飞机设备)	105
聚脂	105
聚偏二氯乙烯	135
交联聚烯烃	135~150
ETFE	150
交联改良型ETFE	150
ETFE共聚物	150
氟化乙丙烯	200
氟化乙丙烯——聚酰亚胺带	200
聚四氟乙烯	260

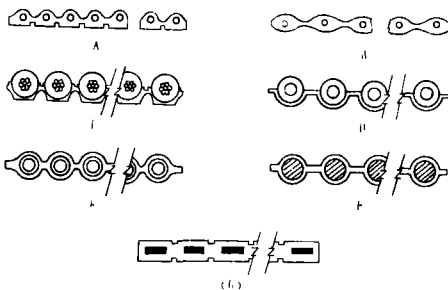


图1 扁平带状电缆的典型结构

表2 扁导体电缆的物理和电性能

项 目	典 型 值	试 验 方 法
额定电压	300 伏(有效值)	
额定温度	-65~150 °C	
介电耐压	1500 伏(有效值)	ASTM D 3032
介电常数(1kHz)	2.6	ASTM D 150
损耗因子(1kHz)	0.001	ASTM D 150
绝缘电阻	500 MΩ - 100 ft.	MIL-C-49059
体积电阻	10 ¹⁶ Ω - cm ^{min}	ASTM D 257
耐氧指数	40	ASTM 2863-70

表3 扁导体带状电缆结构

导体间距 (英寸)	导体根数		导体规格 (英寸)	等效AWG 线芯线规
	电缆宽1"	电缆宽2"		
0.050	20	40	0.005 × 0.025	* 28
0.100	10	20	0.005 × 0.065	* 24
0.100	10	20	0.008 × 0.065	* 22
0.200	5	10	0.005 × 0.160	* 20
0.200	5	10	0.008 × 0.160	* 18

较大的电缆, 这样有效地减少需要选用的大量电缆结构。

3. 通用性强 推挤电缆撕裂槽的设计允许取出导体, 而不危及整个电缆工作时电气完整性。装配或电缆跨接也能容易地完成。整个电缆折叠适应最大的设计通用性。

4. 容易使用 扁导体电缆的标准化使端接件型号减到最少。连用“华夫饼烘焙式”加热系统一起, 连接热缩薄膜套管以一道工序就能各自端接、绝缘、密封; 并且收缩在每个扁平电缆导体上, 如图2。尤其是扁导体电缆跟各种圆电线都能相连接。电缆的端接是利用多路端接模件技术来实现。热缩套管是按电缆尺寸制造的, 并且其两端各有一个放置导体的腔体, 每个腔体内含有一个镀锡接头片。在端接过程中, 电缆导体焊到接头片上。这种方法能用于电缆对电缆(即拼接), 电缆对连接器芯片或电缆对电缆转换模件的圆电线的端接。

众所周知, 一般的电线死接头仅适用于单根圆电线, 而扁导体带状电缆不得不使用具有批端接能力的电缆转换模件。它是一种矩形多腔的热缩性器件, 专为扁导体带状电缆跟扁导体带状电缆, 或者扁导体带状电缆跟圆电线之间固定和容易连接而设计的。电缆

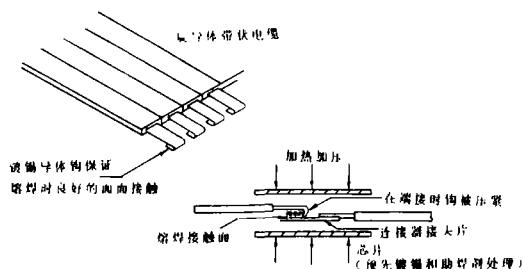


图2 扁平带状电缆端头剥线、镀锡和端接
转换模件跟各类电缆结构（包括柔性印刷电路）和小
型高密度矩形连接器的全部系列相兼容。在这里仅提
供出电缆转换模件主要材料的性能，列于表4。

表4 电缆转换模件的材料性能

材料项目	材 料 性 能
绝缘体	辐照交联聚偏二氟乙烯
焊料	按QQ-S 571 的Sn 63
助焊剂	按MIL-F-14256 由无线电制造商协会制造
密封胶	热稳定的热熔塑胶

扁平带状电缆在整个连接系统中的典型的装配过程如下：

(1) 扁平导体电缆容易进行长度切割，去绝缘、镀锡和弯折形成适当的端接几何形状，这几道工序仅几秒钟即可完成；

(2) 扁平导体电缆插入到跟专门设计的插入工具一起的带有连接薄膜套管的端接件内；

(3) 应用“华夫饼烘焙式”加热系统将端接件加热，完成焊接，收缩密封套管和熔化热熔粘合剂密封。这种简单而可靠的批端接技术在整个电缆端头处一起完成所有的操作。

扁平带状电缆在航空和航天领域中有着广泛的应用前景，因为它的应用能大大地改善飞机电缆系统的性能，进一步提高设计质量。

它的应用能大大地提高电缆的结构强度。由于不像以往圆电线只以单根形式组成电缆，而1英寸宽度内至少有5根导体（单根等效于AWG24），或者20根导体（单根等效于AWG28）组成整体电缆，这样明显地提高了结构的机械强度，突破了历来飞机电缆系统中使用电线最小规格的限制。

它的应用能提高电缆载流量。理论分析和试验都表

表明圆形束电缆散热不如矩形束电缆，且扁平程度高的电缆载流量高。扁平导体带状电缆因其体积系数和表面对体积比增加了热扩散，所以扁平导体带状电缆的载流量又高于圆导体带状电缆。

它的应用能减小交流系统中线路感抗，降低配电网络的电压损耗。

它的应用使飞机电缆系统重量轻体积小，并且能叠层使用，因此安装时还可减少许多线夹。

它的应用将显著地影响到飞机电气连接系统的设计和布局。由此发展成一种从标准化扁平导体带状电缆为中心的布线系统。与传统布线不同，该系统是以基本扩展的电线结构型式，争取一次完成整个布线。如有必要设计一个复杂的和可变的分支结构时，可在扩展电线的一端设置一个星形结构。这种星形线束是最容易的多分支编制形式。

扁平带状电缆和小矩形连接器一起构成，并具有批端接能力的飞机电气整体连接系统不仅大大地提高电缆制造的劳动生产率和可靠性，工作量比以往减少80%以上，降低装配成本，节省空间和重量，而且这种模式标准化系统大大地提高系统的通用性和维护性，又导致后勤支援的节省。

（上接第11页）大。稀土在我部军民用产品中的开发应用已经取得了一定的成效。但是需要指出，稀土在航空材料中的开发应用，目前只是一个新的起步。其前景是十分广阔的，如非金属材料、吸波材料、功能材料、高温合金、表面热处理及防护工艺等有待进一步开发和引起重视。

为面向国民经济建设服务，为国防现代化建设服务，在全国稀土开发应用领导小组办公室的统筹规划下，发挥我部的技术优势，突出重点，量力而行，加强横向联合，共同为发展我国稀土工业作出应有贡献。

晶须增强的陶瓷模塑件的生产

短纤维增强的陶瓷模塑件是用下列方法生产的：

(1) 在模中以至少1个g的加速度将陶瓷基体粉末和晶须形成细而匀的浇铸浆；(2) 烘干；(3) 烧结和后热等静压或直接热等静压。

用途：此种方法专门用于生产旋转对称性的晶须增强的复合材料模塑件和发动机陶瓷件，例如涡轮转子、定子、圆柱体和盘件。用这种方法可生产二维取向的晶须，含量可调，并且晶须间的基体粉末的未烧结密度不高。

（卿）