



# 高低频混装连接器的结构与力学性能研究

刘 灵

(贵州航天电器股份有限公司, 贵阳 550009)



**摘要:** 概述了高低频混装连接器的发展趋势, 指明了其集成度受插拔力的制约。从连接器的安装、接触件的固定以及接触件开槽结构等方面分析, 结合力学, 总结了影响连接器整体插拔力的因素和降低插拔力的方法。为连接器的高度集成化, 提供了设计思路。

**关键词:** 高低频混装连接器; 结构; 盲插; 插拔力

## Study on Structure and Mechanical Properties of High and Low Frequency Mixed Connectors

Liu Ling

(Guizhou Space Appliance Co., Ltd., Guiyang 550009)

**Abstract:** In this paper, the development trend of high and low frequency mixed connectors is summarized and the integration degree of it is restricted by the plug force. From the connector installation, the fixation of the contacts and the slotted structure of the contacts, etc., combined with the mechanics, the factors affecting the overall connector plug force and the methods to reduce the plug force are summarized. The design idea is provided for the high integration of connector.

**Key words:** high and low frequency mixed connectors; structure; blind-mating; plug force

### 1 引言

随着通信技术的迅速发展, 电子设备及系统的集成度越来越高。尤其是近几年, 军用武器系统加速升级换代, 民用通信设备的快速迭代, 对连接器的小型化、集成化、模块化、高速化、易维修、快插拔等方向发展提出了更高的要求。高低频混装连接器应需而生。然而随着接触件集成度的提高, 特别是不同种类接触件的集成, 将大幅度提升连接器的整体插拔力, 这又制约了连接器的集成度。

为了降低高低频混装连接器的整体插拔力, 从连接器外壳的安装结构、接触件的安装结构、接触件的开槽结构等方面研究和探索。

### 2 结构与力学性能分析

#### 2.1 连接器的外壳安装结构

连接器根据其外壳的固定安装方式通常分为插头、插座。固定端一般定义为插座, 自由端定义为插头。也有连接器双端均固定在模块面板上, 然后通过模块的相对运动实现整体对接的情况, 称为板板对接。前一种使用情况, 连接器的对中性较好。而板板对接的连接器, 其对中性因整机结构精度而异。如果双端都已安装固定, 对接的插拔力将非常大。为此板板对接连接器需要具有浮动盲插功能, 提升对中性。浮动端连接器的外壳固定结构如图 1 所示。浮动套、垫圈、外壳三者间隙配合, 通过浮动套的翻铆连接在一起。

作者简介: 刘灵 (1986), 工程师, 材料加工工程专业; 研究方向: 高低频混装连接器及组件产品研发。

收稿日期: 2020-03-25

连接器安装在模块面板上时,固定的只有浮动套和垫圈,连接器的外壳是相对自由的。浮动量的大小可根据浮动套与外壳之间的间隙调整<sup>[1]</sup>。

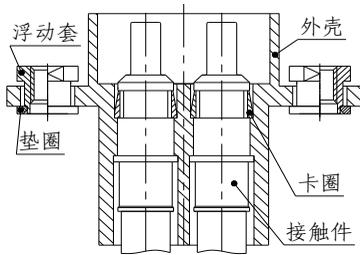


图1 混装连接器示意图

## 2.2 接触件的安装结构

高低频混装连接器中有多个接触件。每个接触件所处的位置精度均与连接器外壳的开孔位置精度和安装精度有关。任何与理论位置的尺寸偏差,都将在连接器的插拔力上得到体现。虽然零件的机加工精度很高,但是实际产品中位置偏差是不可消除的,所以高低频混装连接器整体插拔力要比单个接触件插拔力的线型叠加大许多<sup>[2]</sup>。

通常高低频混装连接器应具备单个接触件的浮动盲插功能,如图1所示。接触件通过一种弹性卡圈,安装在外壳中。接触件与弹性卡圈间隙配合,以实现单个接触件的浮动。根据不同的应用情况,浮动端可设计在一端,也可设计在双端。由于插针接触件与插孔接触件的口部有导向结构的存在,对接过程中,接触件对能够自动调整至理想的对中位置,实现各自的柔性对接,尽可能减少因机加工和装配精度的存在而增加的插拔力。

## 2.3 接触件的开槽结构

### 2.3.1 模型建立

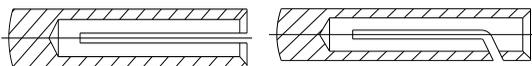


图2 插孔开槽结构示意图

在连接器中,接触件对通常分为刚性插针、弹性插孔或者弹性插针、刚性插孔。接触件的可靠性均是通过弹性接触件与刚性接触件的弹力得到保证。对接手感上为插拔力。高低频混装连接器插拔力的大小,很大程度上是由单个射频弹性接触件的弹力大小决定。弹性接触件一般通过开槽,获取簧片结构,其开槽形式主要有直开槽和斜开槽两种,如图2所示。虽

然结构形式不同,但是力的作用原理基本相同。因此选取具体代表性的直开槽插孔研究开槽结构。

根据射频接触件的规格型号及相关标准<sup>[3]</sup>的规定,不同类型的产品,其插孔接触件的开槽数不尽相同,有2槽、3槽、4槽、甚至8槽等。因不同使用环境,射频接触件具有不同的内在结构,其插孔接触件内径、外径以及开槽的槽宽、槽深等均有所不同。虽然插孔接触件上开槽是保证接触件弹性接触的常规措施,但是在射频接触件中,开槽却会影响接触件的特性阻抗,从而使得连接器的电气性能变差。

$$\Delta Z = 12.5N \left( \frac{w}{2R} \right)^2 \% \quad (1)$$

其中: $\Delta Z$ ——特性阻抗变化的百分数; $N$ ——开槽数目; $w$ ——插孔接触件上的槽宽; $R$ ——插孔接触件的外径。

通过式(1)可以看出,开槽数目越多,开槽越宽,对连接器的特性阻抗影响越大。因此,在保证接触件的力学性能的前提下,应该尽量减少插孔的开槽数目和开槽宽度,以开2槽的插孔接触件为例分析,如图3所示。插孔选用铍铜材料,开槽后缩口处理,最后时效处理固化缩口状态。虚线所示位置为未插合时簧片的位置,实线是插合到位后,簧片的位置。由于在同一款射频接触件中插孔的内外径与插针的外径是相对固定的,因此接触件插合前后,簧片的径向变化量 $Y$ 也是相对固定的。

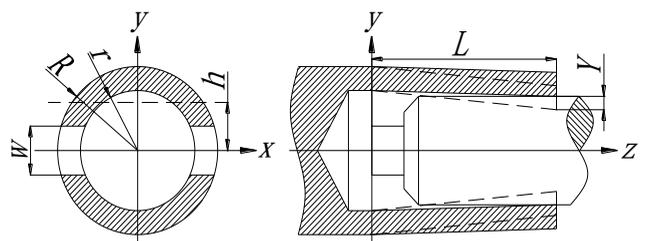


图3 插合状态及节片模型

插孔开槽后,根据弹性簧片的力学特性,其受力和形变状况类似悬臂梁结构,因此可按照悬臂梁结构原理建模分析,如图4所示<sup>[4]</sup>。

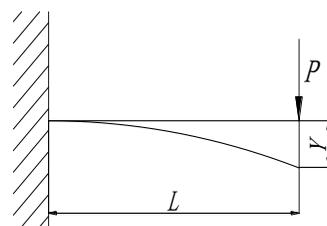


图4 悬臂梁模型

$$P = \frac{3EIY}{L^3} \quad (2)$$

其中： $P$ ——插孔簧片所受正应力， $N$ ； $E$ ——惯性模量，由插孔的物理性能所决定； $Y$ ——接触件插合前后，簧片的径向变化量（扰度）， $mm$ ； $L$ ——插孔簧片的长度（即开槽深度）， $mm$ ； $I$ ——惯性矩， $mm^4$ ，可按式（3）计算。

$$I = 0.1098(R^4 - r^4) - \frac{0.283R^2r^2(R-r)}{R+r} \quad (3)$$

### 2.3.2 分析计算

根据式（4）可以算出插拔力  $F$ 。

$$F = n\mu P \quad (4)$$

其中： $n$ ——插孔簧片数量，2； $\mu$ ——插孔簧片与插针之间的摩擦系数，与接触件表面粗糙度有关。

联合式（2）、式（3）、式（4）分析出，插拔力  $F$  的大小与槽深  $L$  负相关。

插孔簧片横截面上最大应力在簧片根部，可通过式（5）计算。

$$\sigma = \frac{PLh}{I} \quad (5)$$

其中： $h$ ——中性层到  $x$  轴的距离， $mm$ ，可按式（6）计算。

$$h = \frac{4(R^3 - r^3)}{3\pi(R^2 - r^2)} \quad (6)$$



（上接第 64 页）

综上，在整个试验过程中，销轴受到的最大 Mises 等效应力为 26.1MPa，最大的变形为 0.0038mm，两者均在许用应力和许用变形范围内，满足强度和刚度要求。

## 4 结束语

- a. 开展了高架设计装置的结构设计；
- b. 转动轴受到的最大 Mises 等效应力为 100.24MPa，最大的变形为 0.075mm，满足强度和刚度要求；
- c. 销轴受到的最大 Mises 等效应力为 26.1MPa，最大的变形为 0.0038mm，满足强度和刚度要求；
- d. 该装置的设计思路可为后续其它类型航天产品高架试验装置的设计提供思路；
- e. 后续可以从装置的通用性方面进一步优化。

通常材料选定后，材料的许用应力  $\sigma_b$  是定值，并且  $\sigma_b = (2 \sim 3.5)\sigma$ ，再联合式（5）、式（6）可以推算出最大允许开槽深度  $L_{max}$ 。因此在不超过最大允许开槽深度  $L_{max}$  的前提下，增加槽深  $L$  来降低接触件的插拔力。

## 3 结束语

结构决定性能。在高低频混装连接器中，外壳的安装结构、接触件的安装结构、接触件的开槽结构，都直接决定着整体插拔力的大小。因此在设计时，应根据连接器的使用方式，从整体考虑，选择最佳的结构，降低连接器的整体插拔力，提升对接的柔和性。为连接器的高度集成化提供了设计思路。

## 参考文献

- 1 吕杨. 新型浮动式矩形电连接器的研究[J]. 火控雷达技术, 2013, 42(4): 97~100
- 2 谢金祥. 某盲插连接器高密度安装板的设计与优化[J]. 电子机械工程, 2015(3): 24~27
- 3 GJB5246—2004. 射频连接器界面[S]
- 4 乔长海, 李留安. 射频连接器用开槽插孔的可靠性设计与制作[J]. 电子产品世界, 2011(3): 52~56

## 参考文献

- 1 陈功, 孙海波. Creo Parametric 2.0 三维造型及应用[M]. 南京: 东南大学出版社, 2014
- 2 高跃飞, 郝秀平. 新型牵引榴弹炮炮架结构分析计算[J]. 中北大学学报(自然科学版), 1999(1): 5~9
- 3 彭和平. 基于 Pro/E 的机构三维建模与运动仿真实例分析[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2013(10): 39~42
- 4 张卫利, 王全先. 基于 Pro/Intralink 的门座起重机三维数字化并行设计系统[J]. 起重运输机械, 2009(1): 18~20
- 5 魏艳. 颚式破碎机机构仿真及优化设计[D]. 太原理工大学, 2013
- 6 吴鸿庆, 任侠. 结构有限元分析[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2000
- 7 瞿亚浩. 基于 Creo 的医用剪叉式升降机构分析与仿真[J]. 机械工程与自动化, 2015(2): 39~41
- 8 王浩钢, 李海平, 刘家渠. 基于 Creo 的山地车后悬架机构仿真和有限元分析[J]. 机械工程师, 2011(12): 66~68
- 9 王娜, 李同勇, 沈瑞琪. 底火复杂结构的有限元分析与研究[J]. 航空制造技术, 2005(5): 67~69
- 10 孙训方, 方孝淑, 关来泰. 材料力学 I[M]. 北京: 高等教育出版社, 2019