

高频段网状天线金属丝网替代材料的研制

郑建生 李东伟

(西北电子设备研究所, 西安 710065)



摘要: 借鉴国外的研究经验, 采用化纤丝仿制了国外不同频段金属丝网材料的针织结构, 并研制出高频段的低成本尼纶丝网面替代材料, 满足了大型空间可展开网状天线展开机构的地面试验需要, 节约了前期研究费用。

关键词: 网状天线; 尼纶丝网; 针织结构; 网面弹性

Development of Wire-mesh Surface Replacement Material for High-band Mesh-reflector Antenna

Zheng Jiansheng Li Dongwei

(The Northwest China Research Institute of Electronic Equipment, Xian 710065)

Abstract: On the basis of international researching experience, wire-mesh knitting structures in various frequencies were manufactured by synthetic fiber, and the low-cost nylon-mesh surface replacement material for high-band was developed, which meets the need of ground experiment for deploy mechanism of large-scale space deployable mesh-reflector antenna and saves the prophase researching cost.

Key words: mesh-reflector antenna; nylon-mesh; knitting structure; mesh-surface elasticity

1 引言

国外使用在不同频段空间可展开网状天线反射体上的网面材料, 美国使用直径 $25\sim 30\mu\text{m}$ 的超细镀金钼丝生产的针织网孔布, 俄罗斯使用直径 $15\mu\text{m}$ 的超细镀金钨丝生产的针织网孔布; 二者采用的经编针织生产工艺类型相同, 只是针织结构选用的网孔花形不同。由于超细、超长金属丝的加工、镀金工艺, 以及超细金属丝的经编针织工艺等方面, 都已经达到或接近相应的工业领域现代加工技术水平的极限, 尤其是在较高频段使用的超细金属丝网布材料的网孔直径越来越小, 生产加工难度很大, 目前只有国外能够生产, 短期内很难实现其国产化, 影响研究项目的开展^[1]。

如果没有网面材料, 空间网状可展开天线结构系统研制方面的大多数综合试验和测试工作就无法进行。例如大型网状反射器的展开特性、结构刚度、网

状反射面曲面精度的调试与保持方法等, 这些都必须通过天线结构的地面试验来验证。文献[2]介绍了日本宇航机构在研制孔径 10m 的可展开网状空间天线反射器结构的研究试验过程中, 在验证地面样机的机械特性的试验模型中, 采用由“尼龙和聚亚胺酯”合成的化纤丝编织而成的低成本“化纤丝网”网面材料, 代替昂贵的“镀金钼丝网”的研究方案。这一大胆的研究设想, 使得大型网状天线的研究得以在低成本下开展, 成功解决了大型网状天线反射器结构在地面样机研制过程中, 除了网面微波电性能之外的一系列技术方案的前期验证与近似的综合机械性能测试试验。国外的这一研究经验, 是我们进行替代网研制的主要依据。

国内具备化纤丝编织设备和材料, 其价格不高。因此, 我们有条件以比较经济的方法开展对国外不同频段金属丝网材料编织结构的仿制试验, 研制力学性能接近的化纤丝替代网材料, 以解决大型可展开网面

作者简介: 郑建生(1964-), 高级工程师, 焊接专业; 研究方向: 天线结构和微波元件的钎焊工艺和特种材料的研究。

收稿日期: 2011-03-22

天线地面结构样机对高频段网面替代网材料的试验需求，并为其国产化研制积累经验。

2 替代网研制的目标和技术途径

文献[1]介绍了空间大型可展开天线反射器的结构特点和使用条件对金属网面材料有许多方面的性能要求。但是作为在地面结构样机上使用的替代网，主要的研制技术核心指标就是要实现对“网面机械性能在网面预紧力范围内的近似仿制”，其次才是对表面密度、抗皱性、抗松散性等方面的一些要求。与文献[2]介绍的低频段（S 频段）替代网不同，本研究的主要研制目标是：仿制与国外高频段（Ka）镀金钨丝网的结构弹性相近的化纤丝替代网。

考虑到尼纶丝和晴纶丝的机械性能与俄罗斯金属网所用的超细镀金钨丝性能较接近^[3]，而且只要实现对金属网面的编织工艺方法的仿制，并通过摸索编织结构的工艺参数，就能够模拟出与金属网的拉伸机械性能曲线相似的替代网^[4]，以达到研制化纤丝替代网的技术目的。

3 高频段金属丝网替代材料的研制与性能测试

3.1 国外不同频段网面材料编织结构的仿制试验

表 1 为使用尼纶丝和晴纶丝，对俄罗斯不同频段

丝网材料编织结构的仿制结果，其中也列出了具有高弹性的两种氨纶丝针织布料测试的数据。图 1 为 Ka 频段金属网的编织结构示意图，图 2 为表 1 所列的前 7 种丝网材料预紧并固定在支撑架上的照片。

俄罗斯不同频段的金属网编织结构全部都是经编结构，只是编织花形和网孔尺寸不同。由于化纤丝很柔软，没有象镀金钨丝那样的弯曲弹性，因此，为了得到与钨丝网接近的弹性，仿制的高频段化纤丝网的网孔尺寸必须缩小，厚度增大。

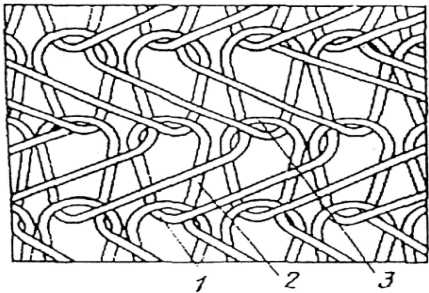


图 1 Ka 频段金属网经编针织结构简图

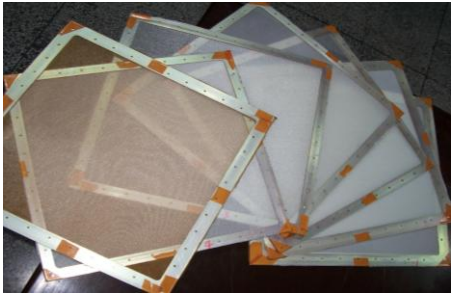


图 2 镀金钨丝网与化纤丝仿制网预紧照片

表 1 国外几种金属丝网的编织结构仿制试验与测试结果

项目 序号	丝 网 名 称	编织厚度/mm	表面密度/g·m ⁻²	编织结构
1	Ka 频段钨丝网	0.19	119.5	经编结构，由直径 15μm 的镀金钨丝织成。
2	仿 Ka 尼纶丝网	0.27	71.4	经编结构
3	仿 Ka 晴纶丝网	0.22	60.7	（同上）
4	仿 C 尼纶丝网	0.17	23.3	经编结构
5	仿 C 晴纶丝网	0.17	21.8	（同上）
6	弹性布一（薄）	0.3	103.6	氨纶混合丝，经编结构，无网孔。
7	弹性布二（厚）	0.4	180	（同上）
8	S 频段钢丝网	0.2	81.5	由直径 50μm 不锈钢丝编织，经编结构。

3.2 高频段化纤丝替代网的拉伸变形性能测试与分析

按照纺织品的拉伸性能测试标准，对高频段金属丝网与两种化纤丝仿制网的纵向、横向拉伸变形性能曲线进行对比测试，以便确定网面的预拉力与延伸率的关系。通过比较金属丝网与化纤丝仿制网在铺网预紧力范围的机械性能，即可为网面展开机构的受力计

算和替代网的材料选择提供依据。

图 3 是仿制网的拉伸变形测试曲线，其中的纵坐标是作用在标准试样上的拉伸力，单位是牛顿（N），横坐标是网面延伸率。由图中的拉伸曲线可以看出：在大约 20%以下的延伸率范围内，两种化纤丝仿制网具有相近的变形力，其形变特性与镀金钨丝网都很接近，都可以作为替代网使用。由于两种高弹性布料的

拉伸性能曲线与 Ka 和 C 频段丝网的性能差距太大,

基本排除在替代网选择方案之外。

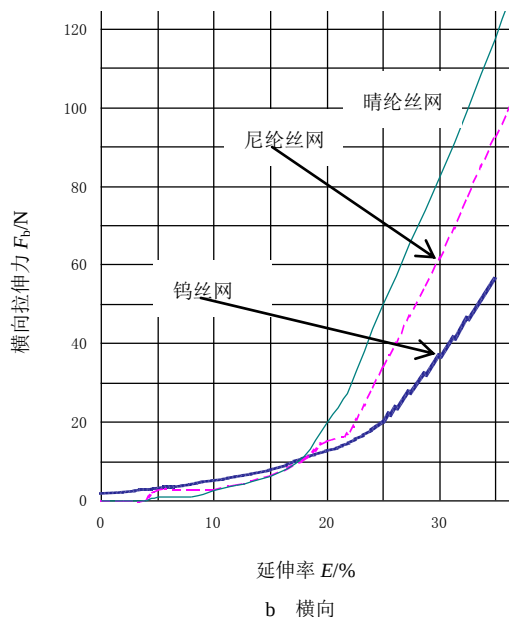
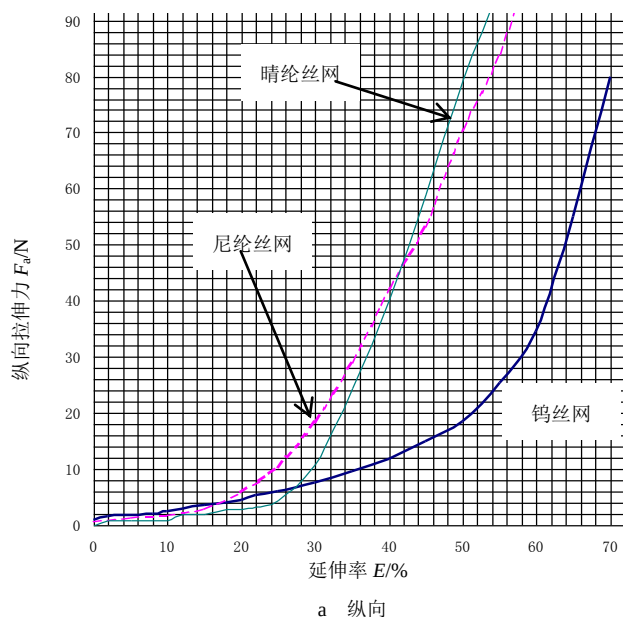


图3 高频段镀金钨丝网与化纤丝仿制网的纵向和横向拉伸变形对比曲线

3.3 仿制网的温度变形稳定性考核

化纤丝材料本身对环境温度变形比较敏感,为此采用常规的温度冲击试验方法来进行考核,以便检查确认在两年内不同季节的室温环境条件下,替代网编织结构在大型空间天线的安装与地面调试环境的抗蠕变松弛性能。环境适应性考核测试方法为:制作有效预紧网面尺寸为 300mm×300mm 的试件,在温度冲击试验箱中水平放置试件。在低温 5℃、高温 40℃,交变保温半小时的温度冲击试验条件下,经过五个温度循环之后,即相当于五年的室温环境温度变化,检查由于网面的重力和温度变化作用所产生的网面中间松弛变形。经过试验测试,两种化纤丝仿制网的松弛变形,均满足一般恒定室温条件下的天线网面铺设环境条件要求。

3.4 定型与染色工序对尼纶丝网的性能影响与控制

由于尼纶丝网在染成金黄色之后,其外观和手感更接近镀金钨丝网,因此最后选定用尼纶丝来批量制作高频段的低成本替代网。普通的化纤布料在生产时,需要经过定型、染色处理工序。在该加工过程中,化纤丝布料会经受 70~220℃ 温度循环,严重影响尼纶丝替代网的机械性能。为此,通过多次工艺实验,有针对性地调整丝网的工艺参数,去掉热定型工序,并把染色后烘干的温度循环控制在常规布料加热工序规范的下限附近。经过对比测试,在染色烘干前后,替代网的性能有所变化,特别是横向性能变化较大。

但在大约 15% 以下延伸率范围内,批量生产的高频段尼纶丝替代网的最终拉伸变形性能变化不显著,实现了批量生产工艺过程中替代网性能的控制。

3.5 尼纶丝网面铺设预紧力的确定

尼纶丝网的编织幅宽为 1.5m,长度可达 100m 以上,完全满足了大型可展开天线网面铺设的结构尺寸要求。

网面铺设预紧力是网面铺设工艺过程最主要的技术参数,必须根据网面的拉伸性能测试曲线来确定。对于网面拉伸曲线,整个拉伸变形过程可分为:网面弹性变形、网面弹性与塑性混合变形、网面塑性变形三个阶段。为了保证尼纶丝网面的铺设精度和网孔尺寸在使用环境的稳定性,一般网面的铺设预拉力范围选择在拉伸曲线的弹性变形区域。在此研制的尼纶丝替代网面材料,经过实际使用其铺设预紧力大约为 25~35g/cm。图 4 为用研制的尼纶丝网铺设而成的单块面板照片。

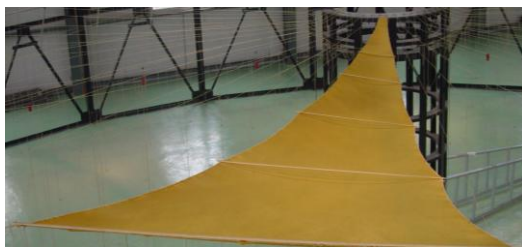


图4 用尼纶丝替代网铺设的网状抛物面天线其中一个扇区的曲面照片

3.6 尼纶丝替代网的金属化处理实验

对尼纶丝替代网,也在金属化织物的研制厂家进行了镀镍金属化处理方面的初步实验,其镀镍后网孔明显变大,基本失去弹性,在高频段和较高频段测试的反射系数都低于80%。因此对其直接进行金属化处理,实现电波反射的方案行不通。

4 结束语

a. 最终小批量试制生产的高频段(Ka)尼纶丝替代网产品的厚度为0.22mm,表面密度为 $61\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$;其铺设预紧力为25~35g/cm。经过工程实际使用,研制的尼纶丝替代网性能基本达到了研制目标要求。

b. 当丝的材料性能相近时,编织结构对网面的拉伸性能曲线起决定作用,本次编织实验所使用的两种

化纤丝都可作为替代网的选择方案。但尼纶丝网最接近镀金钨丝网的色彩,其外观效果更好。

c. 使用尼纶丝替代网尽管成本很低,但它毕竟与金属丝网产品在综合性能方面有许多明显的差距。对于空间大型可展开天线网面材料的研究,还是应把主要精力放在镀金钨丝网的研制方面。

参考文献

- 1 郑建生,等. 空间可展开网状天线网面材料的性能研究. 电子机械工程, 2005(3): 49~51
- 2 王援朝译. 大型网状反射器机械性能的地面验证. 通信与测控, 2001(4): 30~40
- 3 姜怀,等. 纺织材料学. 北京: 中国纺织出版社, 2003
- 4 杨尧栋,等. 针织物组织与产品设计. 北京: 中国纺织出版社, 2003



现代管理

加强吊具管理的保障措施

首都航天机械公司 陈春红

吊具是航天产品研制和试验过程中不可或缺的工装设备。吊具的质量和正确使用,是确保型号研制安全和试验成功的基础之一。

若吊具管理不善,将会引起安全事故,直接影响航天产品的生产。分析以往由于吊具管理问题发生的事故,发现在吊具管理上存在以下类型问题:

- a. 吊具没有载荷标识,易造成吊具的误用;
- b. 吊具的检测手段仅限于外观检查和目测,可能发生漏检、误检;
- c. 存在帐物不符现象,易造成重复购置或资产流失。

针对上述问题,采取如下措施:

- a. 控制采购质量,把好入口关,由质量、设备、研发、工艺等各部门共同参与,建立合格供方目录和质量问题退出机制;吊具入厂验收合格后,进行上帐编号、制作标识,然后提供使用部门使用。
- b. 建立完善的管理体系,把好管理关,建立吊具管理体系,明确设备工装部门、使用部门、质量部门和安全部门等相关部门和人员在设备管理中的责任和义务,加强各个部门的协调,保证吊具管理工作运

转流畅;制定严格的检查考核制度,对吊具的管理工作进行巡检和监督检查,填写“设备工装检查记录单”。

c. 严格过程控制,把好使用关。预防为主,过程控制,结合管理和技术的每一项工作,对每一个因素、每一个环节进行全面细致的分析,对吊具使用过程中可能出现的问题及其风险进行预想和预测,制定预防计划及措施,确保不发生意外安全问题。

吊具管理虽然是管理各环节中很小的一个环节,但细节决定成败。只有真正改变过去传统的管理模式和思维定式,树立主动策划、务实有效、提前预防、持续改进的工作作风,充分提高管理信息资源的利用率和效率,努力实现无差错、无反复、无质量和安全问题,一次把事情做对的目标;努力适应航天产品研制飞速发展的新形势,科学有效,重点突破,通过主动思维、主动预防、主动落实、主动创新的方式,在吊具等工装设备管理过程中实施多角度、全方位的质量和安全隐患预防,提高型号研制管理和技术等综合水平,提升企业和产品的竞争力,真正实现航天产品“零缺陷质量管理”的宏大目标。