

限动天线俯仰丝杠传动异常响声的分析和应对措施

史佐明

(中国电子科技集团公司第三十九研究所 陕西 西安 710065)

摘要：以丝杠传动的限动天线座架结构系统越来越受到用户的青睐，但快速运动时，俯仰传动系统发出异常响声，却制约着他的迅速发展。本文着重分析了其产生异常响声的原因，并提出了消除异常响声的有效方法。

关键词：丝杠传动；限动天线；振动；噪声

中图分类号：TN820

文献标识码：B

文章编号：1004-373X(2004)10-083-02

Analysis and Solving Method to Abnormal Driving Sound of Elevation Jackscrew on Limited Motion Antenna

SHI Zuoming

(The 39th Institute of CETC, Xi'an, 710065, China)

Abstract: The limited motion antenna pedestal system is found favour in users' eyes more and more, but when it moves in fast speed, the elevation drive system produces abnormal sound which will limit it to develop quickly. This paper pays much attention to analysis for the cause of producing abnormal sound and proposes the effective method to eliminate the abnormal sound.

Keywords: jackscrew driving; limited motion antenna; vibration; noise

随着科学技术的迅速发展，特别是卫星通讯事业的迅速发展，限动天线座架形式的天线结构系统的应用越来越广泛。为了满足慢速跟踪，快速捕获的要求，单速驱动形式的天线结构系统已难以适应快速性，需用双速驱动形式的天线结构系统取而代之，但快速驱动时，俯仰传动系统却易产生振动共鸣等问题。本文着重分析了引起振动的因素，并提出了解决问题的有效方法。

1 振动噪声的产生因素

由于运动形式的特殊性，虽然俯仰运动时产生异常振动噪声的因素很多、很复杂，难予准确定性、定量的分析，但依照对同类问题处理的经验可归纳如下：

(1) 蜗轮螺母内螺纹的中心线与蜗轮回转轴线不同轴

在限动天线传动系统中，蜗轮与丝杠螺母是一体的，由于蜗轮螺母内螺纹的中心线与蜗轮回转轴线不同轴的存在，将导致蜗轮螺母在运动时，丝杠不仅要做直线运动，而且还附加一个绕蜗轮回转轴的摆动，正由于此，导致丝杠与蜗轮内螺母之间将产生不必要的摆动和不均匀的磨擦，进而产生振动发出响声，特别是当蜗轮转速加快时，更易造成振动，进而发出较大异常声音。

(2) 丝杠螺距累积误差

由于丝杠螺距累积误差过大，螺距误差的不均匀性，加之运动的特殊性，造成内外螺纹啮合时出现松紧不均，

波动不流畅，甚至瞬间“卡死”现象，使其发生类似低速爬行，进而振动并发出异常响声。

(3) 蜗轮节圆与蜗轮回转轴线的不同轴

当电机带动蜗杆转动时，由于蜗轮节圆与蜗轮回转轴线的不同轴致使蜗杆与蜗轮螺母啮合运动时，蜗轮螺母转动并不连续，势必造成撞击振动，特别是高速转动时，振动更加剧烈，而蜗轮箱是悬臂在丝杠上的，蜗轮箱的微小振动必定导致丝杠如同琴线振动而共鸣，同时，丝杠将振动声音传递到中心体并加以放大。

(4) 蜗轮回转轴线与蜗杆回转轴线不正交

这一因素的存在，使二者的啮合条件恶化，加剧蜗轮蜗杆之间的磨损和振动，尤其是当蜗轮蜗杆转动速度比较高时，振动更加明显，当振动传递到丝杠上时，丝杠将类似琴线而发出异常叫声。

(5) 蜗轮回转速度的增大

由于蜗轮回转速度的增大，犹如振动激励源频率的增大，加之以上不利因素的存在，将促使蜗轮螺母与丝杠啮合运动时，更容易激励丝杠振动而发出异常响声，这便是俯仰运动系统振动的症结所在。

2 消除俯仰运动时振动响声的可能性及途径

在以丝杠为传递运动方式的限动座架天线结构系统发展的初期，天线转动速度比较低，丝杠传动振动频率远离结构谐振点，无振动噪音。而由于天线运动速度的提高，天线俯仰运动丝杠振动噪声显著增大，从产生振动的起因

分析,虽然(1)~(4)所列的不利因素可以产生振动及响声,但显然主要是由于天线俯仰蜗轮回转速度的增大,激励源频率的提高而造成的。所以要消除振动就必须降低蜗轮的转速。

3 降低蜗轮转速的具体措施

在满足天线俯仰高速运动不变的条件下,如何降低蜗轮的转速?又如何补偿这一转速?首先来看看俯仰传动链,如图1所示。

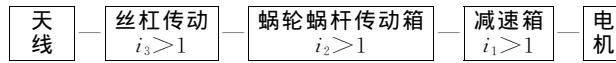


图1 俯仰传动链

$$i_{\text{总}} = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \quad (1)$$

从图1及式(1)可以看出:要使蜗轮的转速降低,就必须增大*i₁*,减小*i₃*(注:*i₂*保持不变,蜗轮蜗杆的原参数保持不变,可使蜗轮蜗杆减速箱体结构不变)。

*i₁*为减速箱的减速比(外购标准件)。

*i₃*为丝杠传动的减速比,非线性的变量。

其中:

$$i_3 = \frac{L \cdot R \cdot \sin \varphi}{\sqrt{L^2 + R^2 - 2RL \cdot \cos \varphi}} \cdot \frac{2\pi}{t} \quad (2)$$

分析式(2)可以得出要减小丝杠部分的传动比(*i₃*)有以下3种途径:

(1)减小*R*,即减小丝杠传动中丝杠运动铰的回转半径。

(2)减小*L*,即缩短蜗轮箱摆动轴与天线俯仰轴之间的距离。减小*R*及*L*均要看具体的结构形式及丝杠所能承受的载荷来确定,不能盲目去减小。

(3)增大梯形螺纹的导程(单头时为螺距*t*),则可以减小丝杠传动部分的传动比,在不改变原天线结构系统大方案的情况下,这一方法是完全可以做到的,而且是行之有效的方法,因为螺距的增大(在外因不变的情况下)不但改善了丝杠螺牙的受力情况,而且提高了螺牙的耐磨、挤压等强度,同时提高了传动效率。但在增大螺距的同时,一定

作者简介 史佐明 男,1963年出生,高级工程师。1987年毕业于西安电子科技大学(原西北电讯工程学院)电子设备结构专业,十几年来一直从事天线结构系统的设计与研究工作。主持设计的工程先后荣获国家科技进步二等奖,电子工业部科技进步特等奖和一等奖。

(上接第82页)

和传统的频率计相比,FPGA的频率计简化了电路板的设计,提高了系统设计的实现性和可靠性,测频范围达到100 MHz,实现了数字系统硬件的软件化,这是数字逻辑设计的新趋势。

参 考 文 献

- [1] 李景华,杜玉远.可编程逻辑器件与EDA技术
万方数据

要校核螺纹的自锁条件(如有其他保护措施除外)。

相比之下,第三种方法比前两种方法更有效,因为改变*R,L*,将要改变天线结构系统的大方案,同时,由式(2)计算分析可知,改变*R,L*对*i₃*的影响不大,而*t*与*i₃*成反比关系,行之有效。

4 举 例

我所某天线俯仰传动的实际情况如表1所示。

表1 某天线俯仰传动的情况

<i>t</i> 丝杠螺距	<i>i₃</i> 丝	<i>i₁</i> 摆	<i>i₂</i> 蜗轮箱	<i>n</i> 电机1/min	<i>N</i> 蜗轮1/min	λ 螺旋升角	λ 自锁条件
12	744	17	33/4	1 500	10.7	2.32°	4.7°~5.9°
18	496	25.5	33/4	1 500	7	3.6°	

由表1中的数据可知,在总速比不变的情况下,将梯形螺纹的螺距增大到18 mm(并满足自锁条件),增大减速器的速比,达到降低蜗轮螺母的转速,进而实现了消除振动响声,这与以往的实验完全吻合,即在没有改变梯形螺纹螺距的条件下,利用变频调速技术,将交流电的频率由50 Hz降到32.725 Hz,俯仰传动均不产生振动和响声时蜗轮螺母的转速吻合。

5 结 语

用通过提高梯形螺纹螺距,以达到降低蜗轮转速的方法,来实现消除限动座架俯仰传动快速异常响声的目的是完全可行的。

参 考 文 献

- [1] 毛谦德.袖珍机械设计师手册[M].北京:机械工业出版社,1994.
 [2] 王洪生.电子设备机械设计[M].西安:西安电子科技大学出版社,1986.
 [3] 史佐明.限动站天线驱动系统回差分析与控制[J].通信与测控,1994,(2).

[M].沈阳:东北大学出版社,2002.

- [2] 赵雅兴.FPGA原理、设计与应用[M].天津:天津大学出版社,1999.
 [3] 夏宇闻.复杂数字电路与系统的VERILOG HDL设计技术[M].北京:北京航空航天大学出版社,1998.

如何学习天线设计

天线设计理论晦涩高深，让许多工程师望而却步，然而实际工程或实际工作中在设计天线时却很少用到这些高深晦涩的理论。实际上，我们只需要懂得最基本的天线和射频基础知识，借助于 HFSS、CST 软件或者测试仪器就可以设计出工作性能良好的各类天线。

易迪拓培训(www.edatop.com)专注于微波射频和天线设计人才的培养，推出了一系列天线设计培训视频课程。我们的视频培训课程，化繁为简，直观易学，可以帮助您快速学习掌握天线设计的真谛，让天线设计不再难…



HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书，课程从基础讲起，内容由浅入深，理论介绍和实际操作讲解相结合，全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程，可以帮助你快速学习掌握如何使用 HFSS 软件进行天线设计，让天线设计不再难…

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

CST 天线设计视频培训课程套装

套装包含 5 门视频培训课程，由经验丰富的专家授课，旨在帮助您从零开始，全面系统地学习掌握 CST 微波工作室的功能应用和使用 CST 微波工作室进行天线设计实际过程和具体操作。视频课程，边操作边讲解，直观易学；购买套装同时赠送 3 个月在线答疑，帮您解答学习中遇到的问题，让您学习无忧。

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/cst/127.html>



13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程，培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合，全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作，同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习，可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试…

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



关于易迪拓培训:

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立，一直致力于专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养；后于 2006 年整合合并微波 EDA 网(www.mweda.com)，现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地，成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 **ADS**、**HFSS** 等专业软件使用培训课程，广受客户好评；并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书，帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司，以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年，10 多年丰富的行业经验
- ※ 一直专注于微波射频和天线设计工程师的培养，更了解该行业对人才的要求
- ※ 视频课程、既能达到了现场培训的效果，又能免除您舟车劳顿的辛苦，学习工作两不误
- ※ 经验丰富的一线资深工程师主讲，结合实际工程案例，直观、实用、易学

联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>