

doi: 10.7690/bgzdh.2015.10.007

# 某速射炮方位角度传感器输入轴断裂问题分析及改进措施

欧阳长青, 周晓华

(西南自动化研究所机械电气技术部, 四川 绵阳 621000)

**摘要:** 针对某速射炮方位角度传感器输入轴断裂问题, 从方位角度传感器输入轴受力情况、实际使用材料和安装中心距匹配等问题入手, 对输入轴断裂原因进行分析及问题排除, 并提出改进措施。结果表明: 改进后的方位角度传感器能满足使用要求, 经过多年批量生产, 其效果良好, 未出现任何问题。

**关键词:** 输入轴; 断裂; 分析; 改进

**中图分类号:** TJ303 **文献标志码:** A

## Analysis and Improvement Measures on Certain Type Rapid-fire Guns Azimuth Angle Sensor Input Shaft Fracture Problem

Ouyang Changqing, Zhou Xiaohua

(Department of Mechanical &amp; Electrical Technology, Southwest Automation Research Institute, Mianyang 621000, China)

**Abstract:** Aiming at a rapid-fire guns azimuth angle sensor input shaft fracture problem, from the azimuth axis force sensor input, the actual use of materials, installation center distance matching and other issues to analyze the causes of the input shaft fracture and advance the measures for improvement. The results show that the improved azimuth angle sensor can meet the requirements, with yearly batch production, it has great effect and without problems.

**Keywords:** input shaft; fracture; analysis; improvement

### 0 引言

方位角度传感器是某速射炮随动系统中的一个重要组成部件, 可实时反馈炮台在座圈平面上的相对转动<sup>[1]</sup>; 但在某速射炮样机试验阶段, 方位角度传感器经过跑车试验、强度试验后会出现输入轴断裂的问题, 因此, 笔者对其进行分析, 并提出改进措施。

### 1 问题分析

针对上述问题, 笔者从方位角度传感器输入轴受力情况、实际使用材料和安装中心距匹配等方面进行分析计算。

#### 1.1 输入轴受力分析

##### 1.1.1 输入轴许用转矩的计算

输入轴材料选用45钢, 调质处理241~286 HB, 通过机械设计手册“轴的常用材料及其主要力学性能”查表<sup>[2]</sup>可知:  $\tau_1 \geq 155 \text{ MPa}$ 。

根据许用转矩公式可得:

$$F = \tau_{-1} \times s = 155 \times 113.04 = 17\,521 \text{ N};$$

$$S = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \pi 12^2 = 113.04 \text{ mm}^2.$$

许用转矩  $[M] = F \times L = 963 \text{ N} \cdot \text{m}$ 。

#### 1.1.2 结构分析

输入轴通过2个深沟球轴承将其固定在方位角度传感器壳体上, 其输入端装有一消除齿轮组合, 该齿轮组合与炮上的座圈啮合, 另一端与旋转变压器连接, 以完成粗机的数据采集<sup>[3]</sup>。结构如图1。

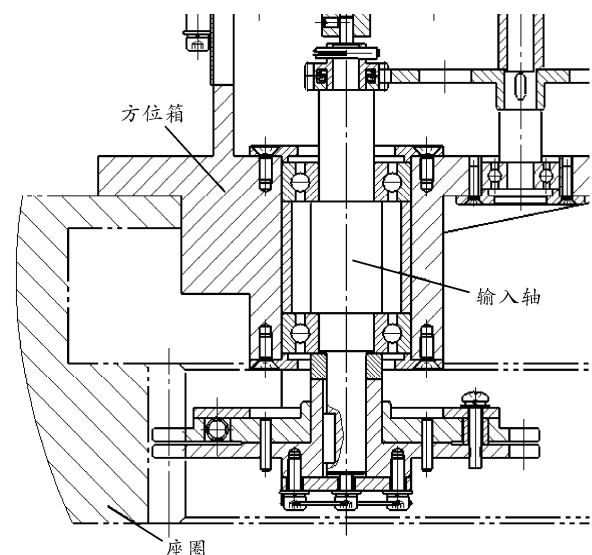


图1 方位输入轴安装方式示意图

收稿日期: 2015-05-07; 修回日期: 2015-06-20

作者简介: 欧阳长青(1983—), 男, 四川人, 本科, 工程师, 从事军品结构设计研究。

根据输入轴在方位角度传感器中的安装方式以及方位角度传感器与座圈的配合使用方式可知，在保证方位角度传感器安装正确的前提下（保证中心距），输入轴主要承受齿轮旋转而产生的转切力。在此情况下，输入轴主要是通过其输入端的消除齿轮转动来带动其内部的旋转变压器，其所受到的转矩远小于其许用转矩 963 N·m。

### 1.1.3 输入轴三维仿真分析

将三维模型导入 Analysis 软件，赋予零件材料属性，设置约束、载荷等后求解<sup>[4]</sup>，结果如图 2。

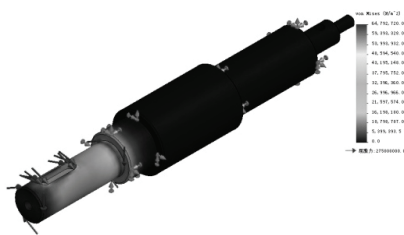


图 2 只承受转矩时输入轴应力云图

结果表明：最大应力出现在与轴承安装面相交的位置，最大应力为 64.79 N/m<sup>2</sup>，远小于 45 钢的许用应力，强度符合要求。

### 1.1.4 受力分析论述

输入轴在方位角度传感器安装正确时主要承受转切力，不会发生断裂。当因安装问题导致输入轴承受过大径向力时，会造成输入轴断裂，径向受力如图 3。

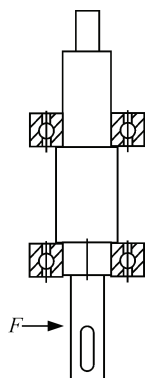


图 3 输入轴径向受力示意图

## 1.2 材料复验

方位角度传感器输入轴材料为 45 钢，按照产品图样要求进行化学成分（JB/T6397）、力学性能复验（JB/T6397）<sup>[5]</sup>，复验结果如表 1、表 2。

表 1 化学成分复验结果

化学成分	标准	样件	化学成分	标准	样件
C	0.42~0.50	0.43	Mn	0.50~0.80	0.72
Si	0.17~0.37	0.22			

表 2 力学性能复验结果

力学性能	标准	样件	力学性能	标准	样件
$\delta_b$ /MPa	$\geq 700$	750	$\psi$ /%	$\geq 30$	33.5
$\delta_s$ /MPa	$\geq 500$	645	$K_{KT}/\%$	$\geq 31$	40
$\delta_5$ /%	$\geq 14$	12			

从上表得知，材料复验结果均符合标准要求。

## 1.3 输入轴断裂原因分析

通过之前输入轴受力分析可以看出：消除齿轮与座圈啮合良好的前提下，输入轴理论上只受沿径向方向的转矩，在这种情况下输入轴的强度是完全能满足要求的。

以下几种情况可造成输入轴的断裂：

1) 方位输入齿轮中心与座圈中心的中心距匹配不正确，造成方位输入齿轮与座圈形成了齿根啮合，从而使座圈一直向方位输入轴施加径向力，当中心距误差过大时，该方向施加的力也增大，再加上强度试验、跑车试验等一系列试验后并未对方位角度传感器及时进行维护和检查，从而造成方位角度传感器输入轴发生疲劳断裂<sup>[6]</sup>。

2) 方位的安装面与座圈不平行（即方位安装面与座圈平行度误差超差），从而造成输入轴与座圈垂直度误差也达不到要求，形成一个角度，这样方位输入齿轮与座圈的中心距就发生了变化。当误差太大时，输入轴就会被严重挤压从而发生断裂。

3) 因长时间的试验，座圈发生变形（椭圆形），当方位角度传感器输入齿轮啮合到座圈的短半径位置处时，方位角度传感器输入轴就会被严重挤压从而发生断裂。

4) 座圈游隙超差，方位角度传感器又安装于火炮身管轴线上，造成火炮在射击或跑车时，方位角度传感器输入轴受到径向剪切力过大而断裂。

## 1.4 问题排除

### 1.4.1 中心距校核

如图 4 所示，方位输入齿轮的分度圆直径为  $d_2 = m \cdot z = 110 \text{ mm}$ ；座圈的分度圆直径经计算  $d_1 = m \cdot z = 1540 \text{ mm}$ ；中心距  $a = (d_1 - d_2) / 2 = 715 \text{ mm}$ 。

只需保证方位的安装孔尺寸就能使中心距的配合尺寸正确，实际安装采用配作方式，能完成保证中心距，故此问题不是造成输入轴断裂的主要问题。