

提高三浮陀螺仪充油质量工艺技术研究

张维维 张新鸽

陕西航天时代导航设备有限公司 陕西 宝鸡 721305

摘要: 本文针对液浮陀螺仪气泡产生的原因,对三浮陀螺仪充油机理技术分析,从仪表装配预处理和充油工艺技术两方面开展工艺技术研究。最后通过试验验证优化后的充油工艺技术,试验表明三浮陀螺仪充油质量有明显提高,进一步验证充油工艺优化的可行和有效。

关键词: 充油机理; 预处理工艺; 优化充油工艺

1 引言

单自由度液浮陀螺仪是一种在浮子与仪表壳体之间充满浮液的单自由度陀螺仪。为了提高液浮陀螺仪的精度和灵敏度,建立悬浮支承和减少枢轴支承的磨擦;为了增加浮子组件在承受冲击时的运动阻尼和调整系统动态参数及性能,必须在惯性仪表的浮子或浮球所在空间全部充满悬浮液体(如氟氯油、氟溴醚油等),要求没有剩余的空间,没有残留的气体^[1]。液浮陀螺仪浮液对仪表精度影响非常大,而其中浮液参数控制,仪表密封性,充油过程三大影响因素。三浮陀螺仪工作的浮油为氟氯油浮液工作温度 $66 \pm 2^\circ\text{C}$,因此仪表充油过程的控制对三浮陀螺仪能否正常工作起到重要作用。

2 三浮陀螺仪充油机理技术分析

三浮陀螺仪充油就是用特定的浮液充满浮子和壳体之间的间隙,使浮子半悬浮或全浮起来,其目的是减小浮子自身重力对支撑的正压力。当浮液的浮力与浮子重力相等,即浮子的质心与浮心重合,卸除输出轴上的负载,从而减少支承的干扰力矩^[2]。仪表充油的好坏直接影响到仪表的数据精度,本文通过对充油过程的分析,提出合理的充油方法,解决充油过程对仪表的影响,三浮陀螺仪充油示意图如图1所示。

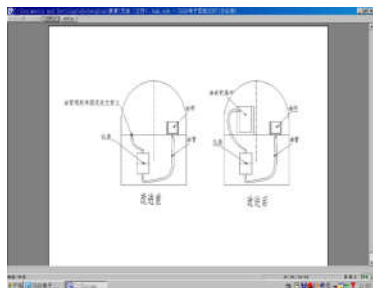


图1 仪表充油示意图

作者简介: 张维维,1990年8月生,男,汉族,陕西宝鸡,本科,国家技师,研究方向为国内高精度惯性仪表研发;

三浮陀螺仪充油工艺的质量要求是抽尽、充满,封牢、无气泡^[1]。气泡是影响充油质量的重要因素,气泡较小时,它附在浮子表面,游移不定,影响浮力与重力的平衡,当气泡直径大于浮子与壳体之间的间隙时,产生表面张力附加力矩,造成仪表测试过程中数据出现跳变现象^[3]。

目前防止气泡的工艺措施是要抽尽、充满和封牢三个基本要求,上述的抽气过程,实质上是依靠真空室的真空度高于仪表内的真空度。仪表内的结构空隙,如绕线、叠片、盲孔等处的气体最难排尽,因而要求对仪表有细小缝隙的组件进行补胶,确保其有光洁的表面。

3 三浮陀螺仪充油工艺方案优化

三浮陀螺仪充油质量提高,核心是如何控制仪表充油过程中气泡是个核心问题。而气泡问题发生就是油中的气泡未抽尽,充油时候要确保仪表充满,封仪表时牢靠避免气体进入。解决这个问题需要从仪表装配预处理、充油过程进行优化与控制。

3.1 三浮陀螺仪装配预处理工艺技术

三浮陀螺仪表结构复杂,结构空间存在狭小缝隙,容易造成液体不能充分浸入导致产生气泡。目前在三浮陀螺仪装配工艺中增加对组件(力矩器座组件、传感器组件、浮子组件、框架组件)对细小缝隙补三配方环氧胶和KMT-206胶。补胶的优点不仅能够减少缝隙中存在多余物问题,而且可以改善充油过程中油路流畅,避免产生盲区造成的仪表充油后气泡的产生^[4]。

为了进一步提高仪表充油后质量,从微观角度分析液浮陀螺仪浮子组件、力矩器组件、传感器座组件均处于浮油中,各组件在长期工作过程中存在浸油现象。因此为改善仪表充油质量,应对组件开展浸油试验。通过对三浮陀螺仪配套组件,浸油试验试验,组件浸油量前后重量变化约(3~5)mg,确保仪表后续工作稳定性。

3.2 三浮陀螺仪充油工艺技术优化

3.2.1 仪表浮油参数技术分析

仪表用氟油是分子中含有氟的合成油，是烷烃的氢被氟或氟、氯或溴取代而生成的氟碳化合物、氟氯碳或者氟溴碳化合物。氟油密度大，具有较高的热稳定性、极高的氧化稳定性、优异的化学惰性、抗强腐蚀性、润滑性能好及分解温度高等优点。

目前仪表氟氯油是由高分子量聚三氟氯乙烯经热裂解制备得到分子量为500~2000的调聚物。该方法制得的粗产物，具有很宽的沸程，且存在不稳定的端基，再用元素氟或三氟化钴氟化作端基稳定化处理，然后减压蒸馏和精馏，按不同沸程制得粘度规格不同的氟氯油基础油^[2]。目前仪表氟氯油在使用过程中，还存在着陀螺间隙局部的热扩散分层现象，以及粘滞力等问题。

根据氟氯油化学性能参数，仪表充油过程中需要关注浮油黏度和密度变化情况，满足仪表正常工作性能，其中氟氯油黏度与温度变化，详见简图2所示，氟氯油密度与温度变化，详见简图3所示。因此在仪表充油工艺参数，应关注浮油温度和真空充油真空度。

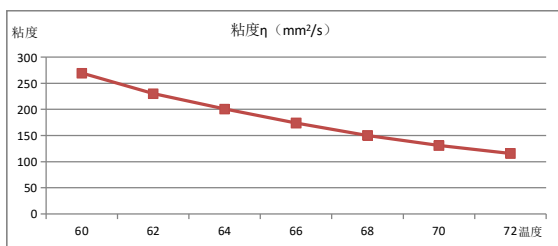


图2 氟氯油黏度与温度变化图

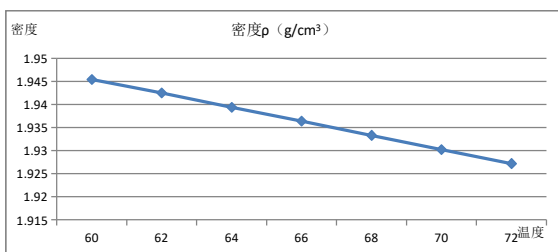


图3 氟氯油密度与温度变化图

3.2.2 仪表充油工艺参数改进

液浮陀螺仪充油工艺技术是综合性问题，而目前我厂生产新型三浮陀螺仪，其充油工艺技术经验少，处于

摸索起步阶段，而三浮陀螺仪精度高，充油工艺技术对其影响显著。

目前，针对三浮陀螺仪充油工艺技术研究，主要从充油机仪表真空除气、油液抽真空、滴速、仪表封口、检气泡5个方面进行优化。

改进工艺的特点：

1) 改进仪表充油工装，确保仪表处于水平状态，避免仪表内部油路流通不畅。

2) 优化仪表充油管路，避免油路重叠和互阻,大大提高流体的导通能力。

3) 细化仪表自身除气工艺流程的,通过改进仪表温度与腔体温度差异,提高除气效率和效果。

4) 细化仪表充油过程中真空度和温度参数，确保液浮的粘度和密度处于最佳稳定性状态，提高仪表充油质量。

3.3 三浮陀螺仪优化充油工艺方法验证

根据前期调试的三浮陀螺仪，因跳变问题陀螺仪较多。对陀螺仪进行充油质量进行复查，发现陀螺仪波纹管伸缩量相比分解前后发生了较大的变化，超出技术文件要求。对陀螺仪进行分解检查，未发现内部存在多余物。经分析，陀螺仪跳变主要原因是由于陀螺仪充油质量不高，陀螺仪内部存在气泡导致^[5]。

三浮陀螺仪充油工艺进行优化后，对将前期陀螺仪重新装配，根据优化后的充油工艺方案进行充油，对三浮陀螺仪优化前后充油质量指标数据进行汇总分析，并对比优化前后三浮陀螺仪充油质量检测工方法（测量波纹管组件伸长量），可以明显看出，使用新的充油工艺方法数据大幅度变小，并且满足技术指标要求。由于仪表充油质量明显改善，并且陀螺仪的精度也大幅提高，通过对改进后陀螺仪的测试数据分析判读,陀螺仪120h测试结果精度已经满足技术指标,最高精度已经高于技术指标一个数据级,充分说明了改进的陀螺仪充油工艺的实用效果提高显著，解决了三浮陀螺仪充油质量不高的问题。

为此，选取10只前期因为充油质量不高而返工的仪表，重新进行充油，对其前后充油质量数据进行对比分析，详见如表1所示。

表1 优化前后波纹管组件伸长量数据汇总表

序号	仪表	前期波纹管伸长量（技术要求 < 0.03mm）	后期波纹管伸长量（技术要求 < 0.03mm）	备注
1	仪表1	0.044	0.012	
2	仪表2	0.042	0.010	
3	仪表3	0.038	0.008	
4	仪表4	0.050	0.010	

续表:

序号	仪表	前期波纹管伸长量 (技术要求 < 0.03mm)	后期波纹管伸长量 (技术要求 < 0.03mm)	备注
5	仪表5	0.036	0.012	
6	仪表6	0.047	0.014	
7	仪表7	0.049	0.010	
8	仪表8	0.032	0.012	
9	仪表9	0.038	0.014	
10	仪表10	0.056	0.016	

4 结束语

本文通过对三浮陀螺仪充油工艺技术研究,分析液浮陀螺仪测试数据跳变产生的原因。基于三浮陀螺仪测试中跳变问题,从仪表装配和充油工艺技术两方面开展工艺技术研究,对前期充油工艺技术进行优化。通过实验验证,三浮陀螺仪优化前后充油质量数据对比,进一步验证优化后的充油工艺方法可行和有效。

参考文献

[1]梁涛,王巍,李亮,等.浮油组分分离对三浮陀螺仪误差系数变化的机理分析[J].导航与控制,2023,22(03):94-99.

[2]徐一民,邓忠武,王雪.三浮陀螺仪磁悬浮控制系统优化设计[J].传感器与微系统,2020,39(09):90-93.

[3]吴辽,杨孟兴,王卿,等.三浮陀螺仪径向有源磁悬浮位置检测建模与优化设计[J].中国惯性技术学报,2018,26(06):812-816.

[4]徐超,王雪,马宁,等.基于浮子运动的三浮陀螺仪工作温度标定方法[J].中国惯性技术学报,2018,26(04):499-503.

[5]王永彤,朱志刚,邓忠武,等.三浮陀螺仪沿输出轴误差系数D_o的产生机理分析[J].导航与控制,2017,16(05):52-57.