

调试过程中液动机不恒速问题的解决

于 斌 吴月民 霍新明 郭 雷

(北京精密机电控制设备研究所, 北京 100076)



摘要: 通过对液动机在调试过程中出现的不恒速问题的分析研究, 利用理论分析与试验结合的方法, 确定了停转问题的主要原因为转子浮动受阻。针对问题制定了研磨转子内花键的返修措施, 实施后故障现象得以消除, 问题成功解决。

关键词: 液动机; 调试; 不恒速

Solution of Rotation Discontinuity of Hydraulic Motor While Testing

Yu Bin WuYueMin Huo Xinming Guo Lei

(Beijing Research Institute of Precise Mechanical and Electronic Control Equipment, Beijing 100076)

Abstract: The problem of the hydraulic motor's rotation discontinuity while testing is analyzed. By means of combining theoretic analysis and experiment, it is found that the main cause of the problem is floating resistance of the rotating part. Repairing steps are made according to the cause found. After these repairing steps, the problem disappears, and the problem is successfully solved.

Key words: hydraulic motor; testing; rotation discontinuity

1 引言

恒速煤油液动机(以下简称“液动机”)是某在研运载火箭伺服机构的动力元件, 由引流发动机的高压煤油进行驱动, 带动液压泵旋转, 为伺服机构提供动作所需要的一定压力和流量的液压油。液动机作为伺服机构的动力元件, 同时也是伺服机构的故障单点, 一旦液动机失效将导致整个伺服机构失去动力, 进而导致火箭的飞行失控, 影响发射成败。

液动机的输出转速是液动机最重要的性能参数之一, 为保证伺服机构稳定、可靠地工作, 液动机的转速应尽量保持恒定(设计指标 $7000 \pm 500 \text{r/min}$)。因此液动机的恒转速性能是验收试验的必检项目之一。

2 问题简介

图1为液动机的内部结构图。经恒速阀调节的一

定流量的高压油液, 由分油盘的高压口流入转子的柱塞腔。在高压油的推动下, 在斜盘的约束下, 柱塞组件由转子的柱塞腔中伸出, 同时带动转子旋转, 转子通过花键配合驱动轴旋转, 并由轴输出动力, 驱动负载旋转。

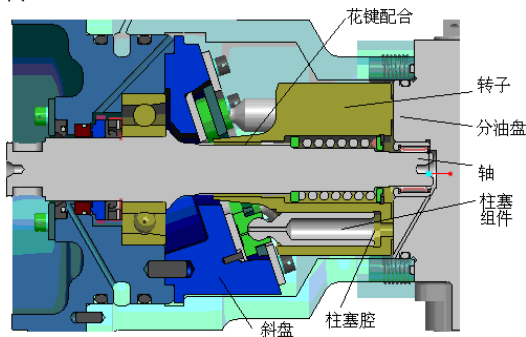


图1 液动机的内部结构

在液动机产品的调试过程中, 出现了转速不恒速的问题, 主要表现为液动机在运行过程中突然性停

作者简介: 于斌(1987-), 工程师, 机械电子工程专业; 研究方向: 液压泵/液动机设计研究。

收稿日期: 2014-06-18

转，故障的转速曲线见图 2。

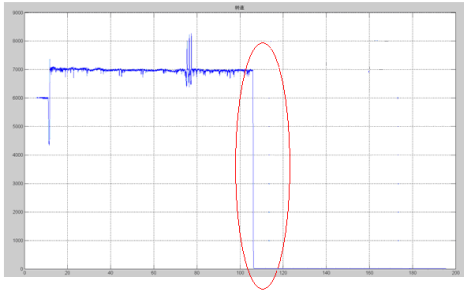


图 2 故障液动机转速曲线

3 排故方案的制定与实施

由于液动机是一个高度集成的液压元件，零部件较多，产品结构复杂。可能导致液动机转速异常波动甚至停转的因素很多，比如轴系传动组件配合尺寸不合适、安装组件的位置公差过大、恒速阀输出为零等，也可能由多种因素综合作用导致。

因此在分析液动机转速异常波动甚至停转的问题时主要采用模块化试验分析的方法，按照功能将液动机分为恒速阀组件、轴系组件和安装组件三个模块，首先通过试验锁定故障原因在哪个模块，然后再用同样的方法对该模块进行细分，直至将问题原因锁定在某一零件。

为准确有效地找出主要原因，须进行排故试验。排故试验主要思路是通过故障液动机与一台经验证无故障的液动机互换相关部件并对比试验效果，以找出故障的主要原因。

3.1 初步排故方案

按照功能将液动机分为恒速阀组件（简记为“阀”）、轴系组件（简记为“芯”）和安装组件（简记为“壳”）三部分。任选一台故障液动机，简记为“G”；挑选一台表现较好、从未发生任何问题的液动机，简记为“H”。约定“H 阀+H 芯+H 壳”代表原装液动机 H，“H 阀+H 芯+G 壳”代表将原装液动机 H 的安装组件换成故障液动机 G，依此类推。

由于“阀”、“芯”和“壳”都有可能導致此类故障，因此需要对这三大功能部件进行全面排查，才能确定本次故障的原因。验证试验按表 1 开展。

分别对以上八种状态进行试验，观察在液动机入口压力上升过程中，是否出现转速异常波动（简记为“抖”）甚至停转（简记为“停”）的现象。至于“抖”的程度，由指定的操作者和设计共同判定。各状态下

的试验结果见表 2。

表 1 验证试验策划

序号	状态	备注
1	H 阀+H 芯+H 壳	H 原装
2	G 阀+G 芯+G 壳	G 原装
3	G 阀+H 芯+H 壳	原装状态下互换“阀”
4	H 阀+G 芯+G 壳	
5	G 阀+H 芯+G 壳	在上一状态下互换“壳”
6	H 阀+G 芯+H 壳	
7	G 阀+G 芯+H 壳	在上一状态下互换“阀”
8	H 阀+H 芯+G 壳	

表 2 验证试验结果

序号	状态	试验结果
1	H 阀+H 芯+H 壳	略抖，不停
2	G 阀+G 芯+G 壳	抖，停
3	G 阀+H 芯+H 壳	抖，停
4	H 阀+G 芯+G 壳	抖，停
5	G 阀+H 芯+G 壳	不抖，不停
6	H 阀+G 芯+H 壳	抖，很少停
7	G 阀+G 芯+H 壳	抖，停
8	H 阀+H 芯+G 壳	不抖，不停（最好）

3.2 初步排故结果分析

绝对原则：是否存在这样的部件，只要有它出现就一定会出现“抖，停”，该部件为故障的绝对影响因素；

相对原则：利用控制变量方法，对比仅有一种部件不同的两个状态下的测试结果，评价这两个不同部件状态的相对优劣。

由于 H 原装状态良好，根据绝对原则，H 原装部件中不存在绝对影响因素；考察 G 原装的“阀”、“芯”和“壳”，分析试验结果，发现 G 芯为绝对影响因素，而 G 阀和 G 壳都不是绝对影响因素。

根据相对原则，对比序号 1 和 3，可知 G 阀的状态次于 H 阀；对比序号 1 和 8，可知 G 壳的状态优于 H 壳（因为此前返修过 G 壳的安装尺寸的形位公差）。

初步排故结论为：故障原因在液动机的“芯”。

3.3 最终步排故方案

液动机的“芯”包括轴、转子、柱塞组件和轴承，按配合关系将“芯”分为“轴+轴承”、“转子+柱塞组件”两部分。相应地，最终排故包括两部分内容：将原装液动机 G 换上 H 液动机的“轴+轴承”，复测，看故障是否消除；将原装液动机 G 换上 H 液动机的“转子+柱塞组件”，复测，看故障是否消除。

分别对以上两种状态进行试验,观察在液动机入口压力上升过程中,是否出现转速异常波动(简记为“抖”)甚至停转(简记为“停”)的现象。至于“抖”的程度,由指定的操作者和设计共同判定。各状态下的试验结果见表3。

表 3 验证试验结果

序号	状态	试验结果
1	G 原装换上 H “轴+轴承”	抖, 停
2	G 原装换上 H “转子+柱塞组件”	不抖, 不停

3.4 最终排故结果分析

原装故障液动机 G 换上 H “轴+轴承”进行复测,故障未消除,说明“轴+轴承”不是导致故障的主要原因;原装故障液动机 G 换上 H “转子+柱塞组件”进行复测,故障消除,说明“转子+柱塞组件”是故障的主要原因。

3.5 故障原因定位

由于转子孔和柱塞的径向间隙要求非常严格,因此二者需要配对使用,不方便进行进一步的分离试验。但是从传动的角度看,柱塞组件导致的液动机停转只有一种可能——柱塞全部断裂,但这种停转是不可恢复的,与试验现象不符;转子的倾覆是最可能导致液动机重复性停转的原因,而内外封油带尺寸(影响转子的剩余压紧力系数)以及花键配合间隙(影响转子的浮动性能)是会导致转子倾覆的两个因素。

3.5.1 针对转子剩余压紧力系数不足模式

计量内外封油带尺寸,无超差,计量结果见表4。因此,排除内外封油带尺寸超差引起的剩余压紧力系数不足的模式。

（上接第 69 页）

心磁场进行电子束运动轨迹的控制:

c. 电子束束斑在磁场作用下发生偏转, 并产生一定程度的畸变, 畸变效果可以通过磁场大小控制;

d. 利用专用偏转装置可以对零部件特定位置进行选区或定位处理加工（如内壁修饰焊接、表面处理等），加工效果可控，能有效提高产品合格率。

参考文献

- 1 张秉刚, 吴林, 冯吉才, 等. 国内外电子束焊接技术研究现状[J]. 焊接, 2004(2): 5~8
- 2 何俊, 张永和. 电子束焊接技术在我国星船容器研制中的应用[J]. 航天制造技术, 2010 (4): 51~55

表4 封油带尺寸计量结果

序号	检查项目	设计要求	实测值	备注
1	外封油带外径 d_1	$\Phi 44^{+0}_{-0.062}$	43.04~43.08	合格
2	外封油带内径 d_2	$\Phi 41.6^{+0.02}_{-0.13}$	41.52~41.62	合格
3	内封油带外径 d_3	$\Phi 33^{+0.02}_{-0.05}$	32.97~33.02	合格
4	内封油带内径 d_4	$\Phi 30.5^{+0.025}_{-0.087}$	30.42~30.46	合格

3.5.2 针对转子浮动受阻模式

由于影响转子浮动性能的花键配合尺寸及形位公差较多，一一计量工作量过于庞大，受交付进度的限制，只能通过试验手段进行确认。从微观角度看，导致转子浮动受阻的花键尺寸及形位公差较多，通过分析的方法无法进行精确定位；从宏观角度看，影响转子浮动性能的原因是花键配合间隙偏小，可以利用研磨的手段适当增大花键配合间隙。

因此制定如下试验方案：利用齿形相同的工艺外花键对故障转子内花键进行研磨，然后装机复测，看故障是否消除。由经验丰富的技师对转子内花键进行了研磨，复测结果表明，故障消除。所以，故障原因最终定位为内外花键配合间隙偏小导致的转子浮动受阻。

4 结束语

经故障排查与分析,找出了导致液动机异常停转的原因为内外花键配合间隙偏小导致的转子浮动受阻,并通过制定和实施解决对策将转子内花键进行了研磨,成功消除了故障现象,产品工作稳定可靠。

- 3 王忠, 梅显秀, 王存霞, 等. 强流脉冲电子束辐照对NiCoCrAlY涂层结构和性能的影响[J]. 强激光与粒子束, 2009, 21(9): 1400~1404
- 4 张秉刚, 赵健, 冯吉才. 电子束表面合金化研究进展[J]. 焊接学报, 2011, 31(11): 108~111
- 5 朱妙凤. 电子束快速成型及其温度场模拟[D]. 上海交通大学, 2008
- 6 林志航. 产品设计与制造质量工程[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005
- 7 吴冰, 李晋炜, 巩水利, 等. TiCr7钛合金电子束焊接接头的疲劳裂纹扩展规律及疲劳剩余寿命[J]. 稀有金属材料与工程, 2009, 38: 170~173
- 8 何俊, 张永和. 星用钛合金压力容器焊缝可靠性控制[J]. 质量与可靠性, 2009(4): 25~28
- 9 郭光耀, 刘方军, 韩瑞清. 电子束扫描控制系统[J]. 焊接学报, 2003, 24(1): 91~93