

某产品导向圆柱断裂问题研究

周传忠 范小龙 郭文龙
(北京航星机器制造公司, 北京 100013)



摘要: 针对某产品导向圆柱断裂问题, 结合其结构和受力情况, 从产品材料本身缺陷、加工质量、出厂调试和入厂验收解锁、总装测试操作、运输保管等不同的角度进行了深入分析和阐述, 对问题产生原因、排查过程进行了思考, 提出了行之有效的解决措施, 消除了安全隐患, 其分析方法可供其它产品质量问题分析时借鉴。

关键词: 导向圆柱; 断裂; 质量分析

Research on Oriented Column Fracture of Some Product

Zhou Chuanzhong Fan Xiaolong Guo Wenlong

(Beijing Xinghang Technology Development Co., Ltd, Beijing 100013)

Abstract: Combined with the structure and strength situation, the product-oriented cylindrical fracture of some product is analyzed and described from defects in the material itself, processing quality, the factory commissioning and unlocking assembly and testing operations in the factory acceptance, transport storage and other different points. This paper studies the reason and failure process, and proposes effective countermeasures to eliminate the security risks, with the analytical methods available for other quality of problem analysis.

Key words: oriented column; fracture; quality analysis

1 引言

某产品是连接导弹与飞机的重要结构件, 导弹与飞机分离后, 其上的解锁机构被拔出。在进行某产品测试准备过程中, 发现该产品无法安装到位, 经检查发现该产品解锁机构上导向圆柱已断裂、脱离。通过对导向圆柱断口进行失效分析, 断裂与导向圆柱承受剪切力有关。本文通过对产品的结构和受力情况进行分析, 建立故障树, 对可能的故障原因列举并一一排查, 找出故障原因, 并对问题进行了复现。针对故障原因, 完善工艺并采取了保障措施, 消除了后续批生产产品的安全隐患。

2 结构简介

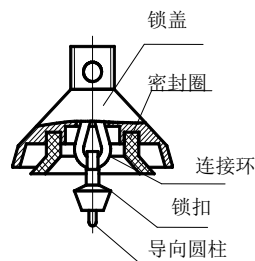


图1 产品结构简图

该产品由本体和解锁机构组成, 解锁机构由锁盖、连接环、锁扣、密封圈等组成, 在锁扣底部是直

径2mm的导向圆柱，导向圆柱与本体上的导向孔配合，起到定位导向作用。解锁时，通过工具与锁盖上的圆孔相连接，对解锁机构施加轴向拉力，从而将解锁机构拔出。其结构简图见图1。

3 故障定位

3.1 故障分析

根据产生问题现象和故障部位，从五个方面对可能造成导向圆柱断裂的原因进行分析，建立故障树（图2）：材料本身缺陷；解锁机构导向圆柱加工质量；出厂调试和入厂验收解锁过程；总装测试操作过程；运输过程。

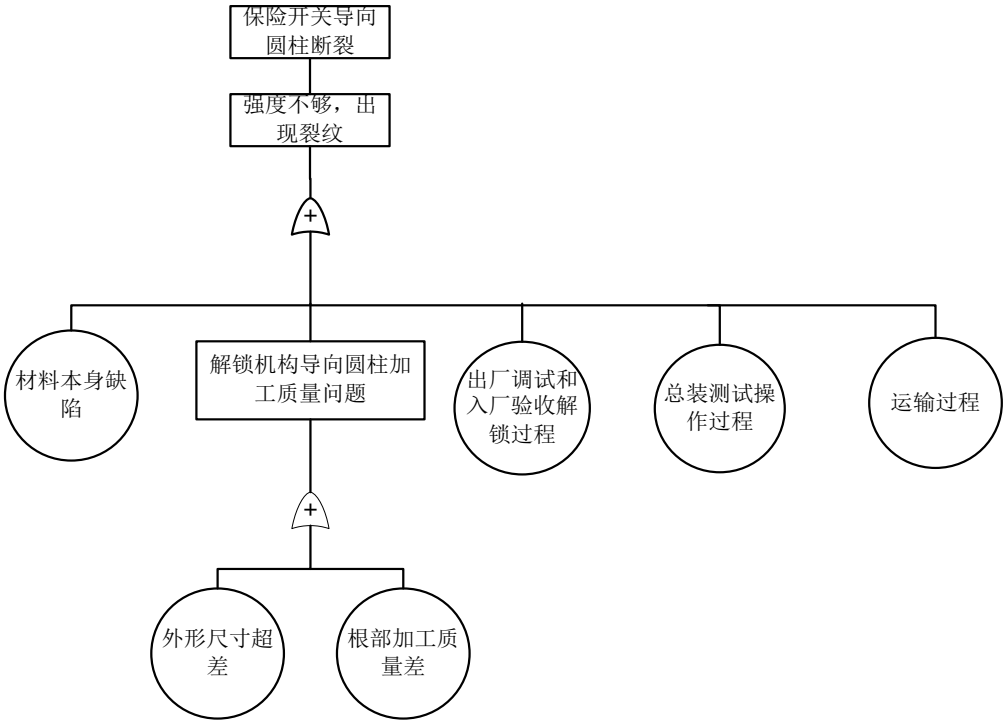


图2 某产品解锁机构导向圆柱断裂故障树

通过对故障树下的故障原因进行一一排查，排除不可能因素，最终形成准确定位。

3.1.1 材料本身缺陷

导向圆柱材料采用38CrMoAlA，为渗氮合金钢，对导向圆柱断裂后的缺口进行电镜扫描分析，其组织致密，未见明显材料缺陷，此故障原因可以排除。

3.1.2 解锁机构导向圆柱加工质量问题

3.1.2.1 外形尺寸超差

设计图纸对导向圆柱的尺寸要求为：直径为 (2 ± 0.05) mm，长度为 (3.5 ± 0.1) mm。对故障件尺寸进行测量，得到其直径实测值 1.98mm，长度 3.78mm，尺寸超差。对同批次其它产品进行复测，发现仍有产品尺寸超差，结果见表 1。复测其他批次产品导向圆柱尺寸，均合格，详见表 2。

表 1 同批次导向圆柱尺寸复测表 mm

产品编号	尺寸	备注	产品编号	尺寸	备注
1	3.48		7	3.46	
2	3.7（超差）		8	3.5	
3	3.68（超差）		9	3.78	故障件
4	3.16（超差）		10	3.60	
5	3.6	根部有裂纹	11	3.46	根部有裂纹
6	3.4				

表 2 另一批次导向圆柱尺寸复测表 mm

产品编号	导向圆柱尺寸 (3.5±0.1)	产品编号	导向圆柱尺寸 (3.5±0.1)
1	3.5	11	3.49
2	3.48	12	3.47
3	3.48	13	3.47
4	3.51	14	3.43
5	3.47	15	3.43
6	3.46	16	3.47
7	3.43	17	3.46
8	3.47	18	3.5
9	3.48	19	3.5
10	3.47	20	3.43

导向圆柱尺寸超差，导致其长度方向尺寸不一致。当给解锁机构施加斜向解锁力时，导向圆柱长度越长，所受的剪应力越大，剪应力是导向圆柱出现变形甚至断裂的主要因素。

3.1.2.2 根部加工质量差

将同批次产品放置在显微镜下，观察后发现部分导向圆柱出现根部嵌入情况，根部嵌入容易造成应力集中和微裂纹，当施以相同的解锁力时，导向圆柱更易出现变形裂纹，甚至断裂。

因此，解锁机构导向圆柱加工质量问题可能导致导向圆柱出现裂纹，甚至断裂。

3.1.3 出厂调试和入厂验收解锁过程

产品出厂前调试，利用弹簧拉压试验机进行解锁机构正向压入力、轴向解锁力试验，可以保证解锁力基本沿轴向进行。总装厂进行入厂验收时，利用专用设备对产品解锁力进行复测，可以保证解锁力基本沿轴向进行。经过生产厂家测试，导向圆柱只受轴向拉力时，其强度可以保证正常使用，因此出厂调试和入厂验收解锁不会使导向圆柱出现裂纹或断裂。

3.1.4 总装测试操作过程

在进行总装测试操作时，利用专用工具对保险开关实施解锁。当外力使导向圆柱与产品本体导向孔轴向呈 5°倾斜时，孔壁就会对导向圆柱产生侧向挤压

力。在解锁机构上施加的解锁力斜向角度越大，导向圆柱在有限的安装和移动空间内，受到的斜向挤压力也越大。局部示意图见图 3。

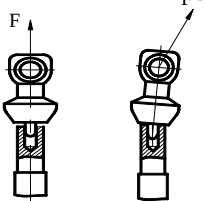


图 3 沿轴向施加解锁力与斜向施加解锁力示意图

测试时使用的专用解锁工具示意图见图 4。专用工具上与该产品顶部圆孔连接的是一个截面为 $\varnothing 5\text{mm}$ 的挂钩；挂钩的另一端穿过起子杠杆上的圆孔。理想状态时，挂钩与解锁机构沿轴向连接，可以使施加的解锁力基本上沿本体导向孔轴向方向进行。但由于挂钩可以在杠杆圆孔内转动，且固定在杠杆前端的支撑件在操作过程中安放的位置不是唯一的，因此在对产品施加解锁力时，就可能出现解锁力与保险开关轴线产生夹角，最大可以达到 40°左右的斜向角度，此时导向圆柱就会受到较大、多次的侧向挤压力，可能出现裂纹或断裂情况。因此，总装测试操作过程中，专用工具使用不当有可能使导向圆柱产品出现裂纹，甚至断裂。

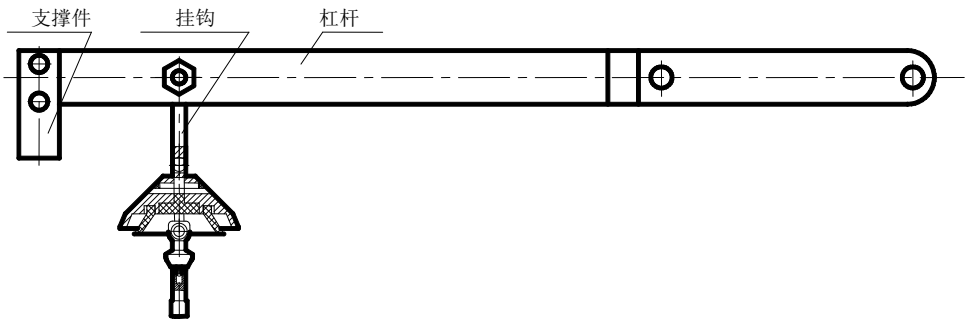


图 4 专用解锁工具解锁示意图

3.1.5 运输过程

在产品运输过程中，产品解锁机构用海绵包好后放于备件箱中单独运输。运抵目的地后，经检查，产品表面完好，没有磕碰痕迹，因此可排除运输过程中磕碰导致导向圆柱断裂的可能。

3.2 故障定位

综上所述，在解锁过程中对解锁机构施以较大角度的斜向拉拔，会使导向圆柱受到导向孔施加的较大侧向挤压力。当多次进行大角度的斜向解锁时，导向圆柱根部会逐步发生损伤，由最初的弯曲变形发展为出现裂纹，最终扩展至根部完全断裂；当导向圆柱的

根部加工质量不好（易产生应力集中）、长度过长时，将加剧裂纹的产生。

4 故障复现

选择一产品解锁机构进行 60° 方向的解锁试验，试验过程数据记录见表 3。当进行到第 33 次解锁时，导向圆柱断裂。对其断口进行失效分析，其断口形貌与故障件导向圆柱断口形貌一致，故障得到复现，因此，上述对导向圆柱断裂故障原因进行的分析是准确的。

表 3 导向圆柱断裂拉拔试验数据表

试验次序	拉拔速率 /mm min ⁻¹	解锁拉力/N	拉拔角度/(°)	备注
1	50	327.29	60	解锁帽朝原裂纹（以下称“正向裂纹”）扩展方向放置
2	100	215.62	60	
3	200	187.90	60	
4	20	186.74	60	
5	20	190.90	60	本体旋转 90°，解锁帽朝正向裂纹扩展方向放置
6	500	183.25	60	
7	50	331.13	60	本体旋转 90°，解锁帽仍朝正向裂纹扩展方向放置
8	100	182.95	60	
9	100	187.24	60	本体旋转 90°，解锁帽仍朝正向裂纹扩展方向放置
10	100	196.75	60	
11	100	204.26	30	
12	100	202.39	30	
13	500	188.24	30	
14	500	198.45	30	
15	20	280.08	0（轴向）	正向裂纹无明显扩展，改变角度
16	20	273.14	0（轴向）	
17	20	272.12	0（轴向）	
18	20	300.15	60	正向裂纹无明显扩展，解锁帽朝裂纹扩展反方向放置，反向出现裂纹（后称反向裂纹）
19	200	283.59	60	
20	200	271.02	60	
21	200	223.82	60	
22	200	171.13	60	
23	200	186.92	60	
24	200	252.72	60	反向裂纹无明显扩展，解锁帽转回正向
25	50	234.42	60	
26	50	269.12	60	解锁帽转回反向
27	50	223.14	60	
28	20	246.13	60	解锁帽转回正向
29	20	255.21	60	
30	20	223.15	60	解锁帽转回反向
31	20	245.11	60	解锁帽转回正向
32	20	221.13	60	解锁帽转回反向
33	20	170.25	60	断裂

6 结束语

某产品导向圆柱断裂问题是由于解锁专用工具设计不完善,在实际解锁过程中,解锁机构受到了较大角度的斜向解锁力,使导向圆柱受到大的侧向挤压力从而产生裂纹并最终断裂;而导向圆柱根部加工质量差、长度超差加剧了裂纹的产生以及断裂过程。本文通过建立故障树的方法,对断裂可能出现的故障原因进行了列举分析,并提出行之有效的改进措施,为后续的批生产提供可靠保证,其研究方法、研究思路可用于其它产品质量问题的分析。

参考文献

- 1 周正伐. 可靠性工程基础[M]. 北京: 宇航出版社, 1999
- 2 胡昌寿. 航天可靠性设计手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1998
- 3 高连化, 安钢, 杨宏伟, 等. 装备系统设计与可靠性[M]. 北京: 国防工业出版社, 1993

[illegible]

参考文献

- 1 潘宝权, 主编. 模具制造工艺[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004: 10~10
- 2 石磊. 汽车覆盖件模具计算机辅助集成设计的关键技术研究[D]. 黑龙江: 哈尔滨工业大学, 2004
- 3 韩翔, 主编. UG工程系统应用与开发实例[M]. 北京: 清华大学出版社, 2008: 303~304
- 4 黄勇, 张博林, 等. UG二次开发与数据库应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2008: 263
- 5 黄勇著. UG/Open API、MFC 和 COM 开发实例精解[M]. 北京: 国防工业出版社, 2009: 7~9
- 6 侯永涛, 丁向阳. UG/Open 二次开发与实例精解[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007: 34~37
- 7 彭江平, 黄万良. C++语言及面向对象程序设计[M]. 湖南: 湖南大学出版社, 2004: 130~131
- 8 王义林, 陈泓, 等. 基于 C/S 模型的覆盖件模具 CAD 系统的研究[J]. 锻压机械, 2002, 2: 34~36
- 9 任哲, 等. MFC Windows 应用程序设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2004: 285~287

4 结束语

2004: 285~287