

刘士杰,梁国柱.航天飞机主发动机高压燃料涡轮泵的故障模式[J].航空动力学报,2015,30(3):611~626

航天飞机主发动机高压燃料涡轮泵的故障模式

Failure modes of space shuttle main engine high-pressure fuel turbopump

投稿时间: 2013-11-01

DOI: 10.13224/j.cnki.jasp.2015.03.012

中文关键词: 故障模式分析 航天飞机主发动机高压燃料涡轮泵 涡轮叶片 断裂 可重复使用性

英文关键词: failure mode analysis SSME high-pressure fuel turbopump turbine blade crack reusability

基金项目: 国家高技术研究发展计划

作者	单位
刘士杰	北京航空航天大学 宇航学院, 北京 100191
梁国柱	北京航空航天大学 宇航学院, 北京 100191

摘要点击次数: 664

全文下载次数: 317

中文摘要:

对航天飞机主发动机(SSME)高压燃料涡轮泵(HPFTP)的故障模式作了归纳总结,深入分析了HPFTP关键部件故障的问题及其解决办法.研究表明:①SSME的HPFTP故障模式与一次性使用液体火箭发动机液氢涡轮泵、航空燃气涡轮的故障模式存在很大的差异;②影响HPFTP寿命的重要故障模式是涡轮叶片的断裂与热防护装置的热机械疲劳故障;涡轮叶片的断裂主要由高温蠕变效应与高速旋转离心力所引起. HPFTP启动、关机瞬态效应对涡轮叶片的影响也很严重,在涡轮叶片寿命预估时必须考虑这些因素;③HPFTP次同步振动问题是SSME HPFTP设计初期面临的一个重要故障模式,主要由轴承与泵级间密封引起的;④启动隔离密封这类HPFTP专有密封件的故障模式也是HPFTP故障模式的重要组成部分.

英文摘要:

A summary analysis for space shuttle main engine (SSME) high-pressure fuel turbopump(HPFTP) failure modes was given, while the failure problems and corresponding solutions of HPFTP critical components were comprehensively analyzed. The study shows that:(1)there exists significant differences in the failure modes among the SSME HPFTP, the expendable liquid rocket engine hydrogen turbopump and aero gas turbine; (2) the important failure modes affecting HPFTP life are turbine blade fracture and the thermal mechanical fatigue of thermal shield system; the turbine blade fractures are induced by the high temperature creep deformation and high-speed centrifugal force; the HPFTP start and shutdown transient effects seriously affect the turbine blades as well, which should be considered in the turbine blade life prediction; (3) sub-synchronous vibration which is mainly caused by the bearings and the pump interstage seal, is a critical failure mode encountered during the preliminary design phase of SSME HPFTP; (4) the failure of lift-off seal, a proprietary seal failure mode of SSME HPFTP, is also an important part of HPFTP failures.

[查看全文](#) [查看/发表评论](#) [下载PDF阅读器](#)

关闭

参考文献(共89条):

- [1] Meisl C J. Life cycle cost considerations for launch vehicle liquid propellant rocket engine[R]. AIAA 86-1408, 1986.
- [2] Williams W C. Report of the SSME assessment team[R]. NASA N93-21645, 1993.
- [3] Sackheim R L. SSME 0523 incident investigation[R]. NASA 1.2:019296, 2002.
- [4] Karns J J. Space shuttle catastrophic failure frequencies final report[R]. NASA-CR-25809, 1993.
- [5] 朱志斌, 杨尔辅, 张振鹏. 液体火箭发动机故障模式与影响分析[C]//中国宇航学会1998年联合推进会议论文集. 烟台: 中国宇航学会, 1998: 278-284.
- [6] Early D. SSME FMEA/CIL redundancy screen[R]. NASA Report B300-0302, 1999.
- [7] Clark D F. Failure mode, description and effect[R]. NASA Report B300, 2001.
- [8] Paster R D, Stohler S L. SSME evolution[R]. AIAA 89-2618, 1989.
- [9] Jue F H. Space shuttle main engine: thirty years of innovation[R]. NASA-46693, 2002.
- [10] Biggs R E. Space shuttle main engine the first ten years[M]//Doyle S E. History of liquid rocket engine development in the United States. Springfield: the AAS Publication, 1992: 69-122.
- [11] Rickman D K. ALS liquid hydrogen turbopump[R]. NASA-CR194646, 1993.
- [12] Van Hooser K. Space shuttle main engine relentless pursuit of improvement[R]. Huntsville, AL: Marshall Space Flight Center: M11-1028, 2011.
- [13] Blair J, Ryan R. Lessons learned in engineering[R]. NASA/CR-216468, 2011.
- [14] [Rocketdyne Propulsion and Power. Space shuttle main engine orientation\[EB/OL\]. \[2012-9-10\]. http://large.stanford.edu/courses/2011/ph240/nquyen1/docs/SSME_PRESENTATION.pdf.](#)
- [15] Newell J F, WKurth R E, Ho H. Composite load spectra for select space propulsion structural components[R]. NASA-CR-179496, 1986.
- [16] NASA Lewis Research Center. Rotordynamic instability problems in high-performance turbomachinery[R]. NASA-CP-3026, 1989.
- [17] Pool K V. Space shuttle main engine structural analysis and data reduction/evaluation: Volume 4 high pressure fuel turbopump inlet housing analysis[R]. NASA-CR-183667, 1989.
- [18] Becht D G, Hawkins L A, Scharer J K, et al. NASA Lewis Research Center rotordynamic instability problems in high-performance turbomachinery[M]. California: Lewis Research Center, 1991: 191-202.
- [19] 谢光军, 胡海峰, 秦国军, 等. 液体火箭发动机涡轮泵健康监控系统[J]. 国防科技大学学报, 2005, 27(3): 40-44. XIE Guangjun, HU Haifeng, QIN Guojun, et al. The health monitoring system of turbopump for liquid rocket engine[J]. Journal of National University of Defense Technology, 2005, 27(3): 40-44. (in Chinese)
- [20] Cikanek H A. Space shuttle main engine failure detection[J]. IEEE Control Systems Magazine, 1986, 6(3): 13-18.

[更多...](#)

相似文献(共20条):

- [1] 夏德新. 高压多级涡轮泵转子动力学设计与试验研究[J]. 导弹与航天运载技术, 2001(6): 21-26.
- [2] 谢庆华, 卢涌, 王保华, 杨虞微. 某型弹用发动机高压涡轮叶片断裂故障模式影响分析[J]. 兵工自动化, 2008, 27(5): 1-6.
- [3] 谢光军, 胡海峰. 涡轮泵故障检测系统[J]. 推进技术, 2006, 27(2): 141-145.
- [4] 朱恒伟, 黄卫东, 王克昌, 陈启智. 液体火箭发动机高速涡轮泵的振动故障检测[J]. 推进技术, 1997, 18(5): 13-16.
- [5] 田爱梅, 何磊, 徐悦. 考虑密封影响的涡轮泵转子动力特性分析[J]. 振动工程学报, 2004, 17(1): 130-133.

- [6] Owens,SF 王向阳.航天飞机主发动机高压氧化剂涡轮泵4号轴承组件中的...[J].国外导弹与航天运载器,1992(3):4-17.
- [7] Hale,J.K 王向阳.航天飞机主发动机高压涡轮泵工作寿命的改进[J].国外导弹与航天运载器,1990(5):22-32.
- [8] Shapi.,W 王向阳.航天飞机主发动机高压液氨涡轮泵的氨气缓冲面密封件...[J].国外导弹与航天运载器,1992(4):5-17.
- [9] 航天飞机主发动机高压氧化剂涡轮泵4号轴承组件中的冷却剂流量和传热分析[J].导弹与航天运载技术
- [10] 航天飞机主发动机高压液氨涡轮泵的氨气缓冲面密封件的设计与分析[J].导弹与航天运载技术
- [11] 航天飞机主发动机高压涡轮泵工作寿命的改进[J].导弹与航天运载技术
- [12] 竇唯,刘占生.液体火箭发动机涡轮泵故障诊断的新方法[J].推进技术,2011,32(2):266-270.
- [13] 谢光军,胡芑庆,胡雷.涡轮泵实时故障检测的改进自适应相关國值算法[J].推进技术,2006,27(1):5-8.
- [14] 于潇,廖明夫,赵冲冲.液体火箭发动机涡轮泵状态监测与故障诊断系统研究[J].导弹与航天运载技术,2002(4):54-58.
- [15] 谢光军,胡芑庆,秦国军,胡海峰,胡雷.基于转子固有频率的涡轮泵故障检测方法[J].国防科技大学学报,2006,28(3):110-115,132.
- [16] 谢光军,胡芑庆,秦国军.涡轮泵振动参数与统计特征量的线性相关性分析[J].推进技术,2005,26(6):540-543,547.
- [17] 郑日恒,雷英汉,邓国光.涡轮泵式供油系统流体瞬变过程的高速摄影研究[J].推进技术,1988,9(6):31-36,70.
- [18] 谢光军,胡海峰,秦国军,胡芑庆,温熙森.液体火箭发动机涡轮泵健康监控系统[J].国防科技大学学报,2005,27(3):40-44.
- [19] 王锡海,富雅美,陆兵权.尿素装置高压氨泵故障分析及探讨[J].化肥工业,2007,34(1):45-48.
- [20] 王锡海.高压氨泵故障分析及处理[J].化肥工业,2013,40(3):40-42.

友情链接:

[中国航空学会](#)[北京航空航天大学](#)[中国知网](#)[E检索](#)您是第**21290245**位访问者

Copyright© 2011 航空动力学报 京公网安备110108400106号 技术支持:北京勤云科技发展有限公司