

液体火箭发动机故障数据库的设计与实现^①

朱志斌 张振鹏

王 珏

(北京航空航天大学宇航学院,北京,100083) (北京丰源机械研究所,北京,100076)

摘 要: 讨论了液体火箭发动机故障数据库的设计思路及实现途径,以国内 21 种液体火箭发动机试车及发射数据为基础,建立了初步的故障数据库。重点介绍了故障数据库的功能设计、结构设计和开发环境等内容。

主题词: 液体推进剂火箭发动机,发动机故障,数据库,状态监测⁺,故障诊断

分类号: V434.1

DESIGN AND REALIZATION OF LIQUID PROPELLANT ROCKET ENGINE FAULT DATABASE

Zhu Zhibin Zhang Zhenpeng

(School of Astronautics, Beijing Univ. of Aeronautics and Astronautics, Beijing, 100083)

Wang Jue

(Beijing Fengyuan Machinery Inst., Beijing, 100076)

Abstract: A design idea and a realization method of liquid propellant rocket engines' fault database were discussed. On the basis of twenty-one types of native liquid propellant rocket engines' tests and launch data, an initial fault database was founded. Function design, structure design and developing environment, etc. were emphatically introduced.

Subject terms: Liquid propellant rocket engine, Engine failure, Data base, State monitoring⁺, Fault diagnosis

1 引 言

在液体火箭发动机状态监测与故障诊断中,建立准确、全面、可靠的发动机故障数据库是进行发动机故障诊断的基础。故障数据库的建立,对液体火箭发动机发射及试车数据的采集及统一管理,对液体火箭发动机监测部件及监测参数的推荐,以及对液体火箭发动机状态监测与故障诊断算法的研究,均具有十分重要的意义^[1,2]。

液体火箭发动机数据库技术是发动机数据统一管理和充分利用的一种有效形式,故障数据库的重点在于合理的结构设计和完善的功能设计。所谓合理的结构设计是指它能够体现发动机故障的特点和故障模式与影响分析的功能设计;完善的功能设计是指它应能满足发动机状态监控和故障诊断工作的基本需要。此外,它还应具有方便友好的用户交互界面接口和应用软件程序接口。据此,收集了国内三十多年来 21 种型号的液体火箭发动机^[3]的发射及试车数据,设计了具有多种基础功能的液体火箭发动机故障数据库。

^① 收稿日期:1998-04-06

2 故障数据库功能设计

所设计的液体火箭发动机故障数据库具有完善和强大的数据采集功能,可以实现对故障模式的重要性排队以及对监测参数的推荐,画出正常态与故障态的参数对照曲线,得到参数警告值;可以实现对某一具体型号的液体火箭发动机的数据跟踪采集和故障事后分析;具有良好的人机交互界面,以方便各类技术人员对数据库的操作。数据库的功能包括:

(1)检索功能:用户可根据国别、发动机类型、发动机元部件、发动机型号、发动机故障模式等各种查询条件,查询出满足这些条件的记录,如可查询某种发动机型号下的所有故障数据,也可查询某种故障模式曾经发生过的所有发动机型号。

(2)浏览功能:此功能可以让用户随时浏览查看某个数据库的整体内容(但不能修改数据库内容),如浏览所有故障模式清单等。

(3)输入、插入、修改功能:输入新记录或对系统中各个数据库文件增加新记录、修改原有的记录。

(4)表格打印功能:本系统采用直观的表格方式显示数据,且可打印出来。还可以抽出表格中间若干内容打印。

(5)设置热键:在界面设计中,每一控制按钮均设置了热键,方便那些习惯键盘操作的用户。

(6)重要性排队功能:针对同一类型下发动机故障模式重要性等级的差别,对故障模式进行重要性排队。

(7)作图功能:绘制某参数正常或故障态的曲线图及其对照曲线图。

(8)监测参数推荐:建立起监测参数的评价准则,即建立起故障模式与监测参数间的对应关系,从而推荐出适合诊断算法的监测参数。

3 数据库结构设计

设计合理的数据库结构是液体火箭发动机故障数据库的关键所在,而合理的数据库结构是必须以充分、详实的功能要求设计为基础的。在本系统中,为了便于用户了解不同类型发动机故障的特点及故障模式及影响分析的结果,方便用户进行不同检索条件下的浏览和查询,设计了一个液体火箭发动机故障概况库。同时,考虑到液体火箭发动机是由推力室、涡轮泵、自动器、发生器、密封件以及管路等主要零部件组成,而且根据有关资料统计表明^[3],液体火箭发动机的绝大部分故障均发生在上述这些零部件中,因此,设计了涡轮泵试车参数数据库、推力室试车参数数据库、自动器试车参数数据库、发生器试车参数数据库、密封件试车参数数据库和管路试车参数数据库等 6 个库。这些库的建立,可以方便地确定各零部件的主要监测参数,从而实现对发动机试车及发射数据有针对性地收集,正常态及故障态参数曲线图的对照以及监测参数的推荐等功能。共 7 个库中,除液体火箭发动机故障概况库外,其余 6 个试车参数库结构基本相同,因此,现选择液体火箭发动机故障概况库与涡轮泵试车参数数据库为例,介绍它们的结构,见表 1 和表 2。

Table 1 General fault information database of liquid propellant rocket engine

Field meaning	Field name	Field type	Field width
Rocket engine types	LX	C	10
Country names	GB	C	10
Rocket engine models	XH	C	16
Components of fault	GZBJ	C	16
Place of fault	GZBW	C	100
Fault models	GZMS	C	20
Reason of fault	GZYY	C	200
Number of fault	GZCS	I	4
Time of test	SCSJ	D	8
Remarks	BZ	C	20

Table 2 Testing parameters database of turbopump

Field meaning	Field name	Field type	Field width
Weather fault data	FLAG	C	4
Rocket engine models	XH	C	20
Time of test	SCSJ	N	8.3
Fault models	GZMS	C	20
Entrance pressure of hydrogen turbine	Powr	N	10.3
Exit pressure of hydrogen turbine	Pwer	N	10.3
Entrance pressure of oxygen turbine	Powy	N	10.3
Exit pressure of oxygen turbine	Pewy	N	10.3
Pressure after bearing of hydrogen turbine	Pezy	N	10.3
Pressure of oxygen turbine He isolate chamber	Pg	N	10.3
Temperature after bearing of hydrogen turbine	Tezr	N	10.3
Temperature after bearing of oxygen turbine	Tezy	N	10.3
Entrance temperature of hydrogen turbine	Towr	N	10.3
Exit temperature of hydrogen turbine	Tewr	N	10.3
Entrance temperature of oxygen turbine	Towy	N	10.3
Exit temperature of oxygen turbine	Tewy	N	10.3
Rotation speed of hydrogen turbine	nwr	N	10.3
Rotation speed of oxygen turbine	nwy	N	10.3

4 数据库的开发环境说明

本系统采用 Visual Foxpro3.0 语言编写,对系统有以下要求:

(1)DOS6.0 以上版本,Windows95 或 Windows NT(英文版、中文版均可以);

(下转第 49 页)

- 1 陈启智. 液体火箭推进系统健康监控系统的演变. 推进技术, 1997, 18 (1): 1~7
- 2 刘红军. 液体/煤油火箭发动机故障诊断与监控. 推进技术, 1997, 18 (1): 18~21
- 3 杨尔辅, 朱志斌, 张振鹏, 等. 推力室和涡轮泵故障监测与诊断技术研究报告 北京航空航天大学宇航学院, 1997.