

火箭发动机地面试验软件 质量管理和控制

朱明策

(西安航天动力试验技术研究所, 陕西 西安 710100)

摘 要: 简要介绍了火箭发动机地面试验软件的组成和特点, 对软件开发过程的质量控制提出了建议; 特别提出了要控制需求分析和测试阶段的评审并加强使用阶段的质量管理。

关键词: 发动机地面试验; 应用软件; 质量管理和控制

中图分类号: V434

文献标识码: A

文章编号: (2005)02-0055-04

Quality control and management of rocket engine ground test software

Zhu Mingce

(Xi'an Aerospace Propulsion Test Technique Institute, Xi'an 710100, China)

Abstract: Composition and characteristics of the ground test software are briefly introduced. Software quality control methods are presented. Some proposals for software management control, especially for control analysis, test, operation and the review requirements are put forward.

Key words: rocket engine ground test; applied software; quality control and management

1 引言

随着计算机技术的飞速发展, 火箭发动机研制试验领域也越来越多地使用计算机, 随之, 计算机软件便逐渐形成试验系统中独立的、举足轻重的一个关键环节, 甚至在一定程度上决定着试验的成败。

近几年, 航天发射或地面试验由于软件错误导致试验失败的教训已不少。1996 年 6 月 4 日, 欧洲航天局第一枚“阿丽亚娜 5”型火箭首飞, 升空 37 秒后就发生爆炸, 经查其根本原因是软件故障。我国大型火箭发射前出现软件问题也有许多报导。某次试车时, 试到中途, 计算机采集系统由于外界干扰使采集程序出错, 导致后面的数据丢失。历史上, 由于程序错误延误开车、实时数

收稿日期: 2004-10-10; 修回日期: 2004-11-12。

作者简介: 朱明策 (1941—), 男, 研究员, 研究领域为火箭发动机地面试车测量与控制。

据显示错误、处理出的数据张冠李戴等错误也发生过多次。

可见,在试验的整个过程中,软件的正确性、可靠性、安全性对试验的成败起到关键的作用。因此,重视研究并加强对试验软件进行管理是十分必要和紧迫的。

2 目前软件管理存在的问题

目前发动机试验应用软件管理存在的主要问题有:

(1) 过程管理

近几年,领导层对软件的重要性已给予了高度重视。但如何实施到位地管理,还存在许多问题。主要是没有适合实际的可操作的规章可循。尽管在软件设计、测试、文档编制等方面都有国标、部标准,但一是学习贯彻不够;二是这些标准是针对大型软件的,过于完整复杂,难于操作。我们的软件是实时性强、可靠性要求极高的小型软件。因此,必须组织制定适合试验实际的可操作的设计、测试、验收规范。

(2) 软件设计

目前,软件设计存在的主要问题是大部分软件设计是一人承包制,整个软件设计任务交给一人去做,大部分没有单独的软件任务书,更没有单独的技术要求,于是就由这个人凭着对任务的理解进行设计、调试,甚至操作使用。往往完成任务了事,事后编制必要的文档予以保存。如有不满足或新的要求就进行补充或再编一个程序。一般来说,完成现有功能是没有问题,但软件质量就由这个人的水平决定了。

(3) 软件测试

首先大部分测试由设计者本人去做,这样本身就存在熟视无睹的漏洞。再加上没有成文的测试方案,做到什么程度,是否周全,就难说了。现在全靠交付时的综合测试检验。

(4) 软件评审

目前,软件一般只进行一次投产评审,有的还是与系统硬件评审一起进行,加上资料不全,评委事先对软件没有详尽地了解,因此,往往走了过场。

(5) 软件维护

由于本领域软件使用期较长,新的要求不断增加,设计和使用由一人承担,并且人员不断变化导致软件更改手续不够健全。管理层对使用期出现的问题不如设计阶段那样重视。

鉴于以上问题,必须对软件生存期的各阶段进行全面管理,使之受控。

3 试验应用软件的组成及主要功能

发动机试验应用软件主要由如下几大程序组成:试验过程时序控制程序、摇摆姿态控制程序、测量参数采集程序、工艺流程显示程序、关键测量参数显示程序、摇摆参数处理程序、测量参数处理程序、测量参数校验程序、试验工艺检查程序、测量工艺检查程序。

其中,前五项属实时程序,特别是前三项,对试验的成败关系极大。后五项是非实时程序,是在试前或试后做的工作。下面简要介绍一下其功能和特点。

试验过程控制程序(又称主控程序)的主要功能是:按预定程序对试验过程进行准确可靠地控制(电爆管及阀门);接到紧急停车命令或指令立即转入预定的自动停车时序进行控制。

其特点是要求绝对可靠万无一失。设计时各环节要严格把关,测试要客观充分,测试覆盖率要达到100%;必要时,代码要逐条走查核对;运行平台要绝对可靠;建议用面向过程的有硬件细节的语言编写,核心程序最好能固化。

摇摆姿态控制程序:按预定的时序给伺服机构发出姿态摇摆控制信息;可以进行紧急情况的处理以进入处理控制程序或回位等。对其要求也是要绝对可靠。

测量参数采集程序:按预定的采集速率对所测的全部参数进行采集并保存在介质上;检出实时显示参数发给显示计算机。其特点同控制程序。最好也能固化。

工艺流程显示程序:显示阀门的工作状态,主要用于试车准备的测试阶段;试车时记录阀门的工作状态。主要为试车指挥和操作人员使用。

测量参数实时显示程序:接收采集机发来的信息并实时地进行处理并以物理量的形式给予显示;给出参数随时间变化的曲线;给出警界限及

报警信息。

摇摆参数处理程序：给出姿态特性参数，如速度特性、暂态特性、频率特性等；给出辅助参数测量值。

测量参数处理程序：计算出所测参数物理量值；按要求给出瞬时值和平均值，复算给出报表。

其特点是制表格式要求高。建议用面向对象的高级语言编写。

测量参数校验程序：主要完成测量参数的校准给出校准系数。对时间和空间要求不高，但一定要适应校准工艺的要求。它是一个试验准备期间使用的程序。

测量工艺和试验工艺检查程序的内容主要包括：综合测试、弱电检查、工艺状态显示、活门动作记录、测量系统自检等准备阶段的工作。对其实时性和效率要求不高。

4 软件管理控制措施

4.1 强化软件开发的工程化管理是根本

软件质量是由设计决定的。对于我们这样的应用需求，软件均属小型软件，但尽管软件不大，即使一个人做，为了保证质量，整个开发工作也必须遵循工程化管理程序进行。必须把软件开发划分成阶段，各阶段透明、可控，各阶段有目标，有检查标准，责任明确。按国家标准 GB8566 及基地标准 Q/Tm888-98 要求，本领域软件开发应分为计划、分析、设计、编码、测试、评审、维护七个阶段。对于小的软件可合并为如下四个阶段。

每个阶段完成前需产生的文档如下：

分析阶段：该阶段设计者应通过学习消化任务书，明确软件功能、性能要求；制定出开发计划；最终形成任务提出者、设计者、用户理解一致的技术要求。该阶段最终应形成的文件有：任务书、计划、需求说明（或技术要求）；

设计阶段：该阶段进行总体设计，模块设计；之后在设计组内进行充分讨论和评审，做到总体方案满足需求说明要求，各模块之间接口关系明确；确定无误后再进入编码阶段并进行单元调试。这阶段最终形成的文件有：设计说明或框图（包括接口说明）、代码清单；

测试阶段：该阶段应进行模块测试、组装测

试、及系统综合测试。最终形成的文件有：测试方案、测试结果报告；

交付阶段：该阶段对在测试中暴露和提出的问题加以修改完善。最终形成的文件有：开发总结报告、使用说明书、最终的代码清单。

各文档的内容要求在 Q/Tm888-98 的 7 节中已有规定。

每个阶段都要在项目组内由项目组长组织评审。

需求分析和测试交付两个阶段的评审应由设计单位的上级管理部门组织；评委必须有任务提出方、设计方、使用方、有经验的软件专家及有关领导组成。

4.2 加强软件测试研究和规范是关键

软件测试是一项实践性非常强的工作，测试不能证明软件的正确，但它可以发现尽可能多的问题，使错误不带入使用期。以往，人们常常认为，设计者本人已进行了程序调试就代替了测试，这是不对的。测试应是独立的、客观的。为此应从以下几方面做起。

4.2.1 坚持测试的层次管理原则

本领域软件应分两层管理。模块、组装测试及系统联试，由项目组负责人组织，设计者、领导参加。系统综合测试由所管理机关组织，由任务提出单位、用户、项目组负责人、软件专家及有关领导参加。

4.2.2 针对不同软件特点细化测试方法

软件测试方法国家和基地都有标准，但对发动机试验领域的关键软件的测试，还需制定一些针对性强的、易操作的测试规范。对软件性能测试，如运行速度、内存占有量、冗余度等可用常用的软件工具来实现；软件功能测试用通常所说的白盒测试和黑盒测试的方法。模块和组装测试一般多用白盒测试方法，如语句覆盖、判定覆盖、多重条件覆盖等方法；系统综合测试多用黑盒测试方法，如等价类划分、边值分析、因果图、错误猜想等方法。

测试前应采用上述方法设计测试用例。编制和积累用例集是一项重要的工作，要逐步建立用例库。如上所述，在本领域应用中，试车控制程序及实时采集程序的可靠性是最关键的。建议重

视以下情况:

(1) 极限值情况

如功能测试中,应考虑最大和最小通道数(甚至 0 通道)时运行情况;步长最大或为 0 的情况;步长时间最长或为 0 的情况;采集程序某类参数是 0 路的情况;控制中开关入(或数字入)通道是最大的情况等。

(2) 错误处理方式

本领域实时软件是不允许停机的。因此必须重视运算错误处理方式。像 0 做除数等运算要绝对避免的;要注意软件系统中数的表示和翻译方法。

(3) 模拟环境条件

在联合测试中,人为设置故障,设置干扰源,设置各种情况的紧急停车等。

4.2.3 坚持测试的独立和客观性

测试是在设计人员提交本阶段文档后,由同行专家和领导对其阶段工作的测试和评价。用以发现问题以改进设计。应有一套完整的方法和明确的组织形式。

4.3 加强软件全寿命期的管理是保证

目前,在系统研制过程中存在重硬件轻软件的情况;在软件管理过程中存在重设计轻维护的现象。为此需加强软件全生命期的全过程管理。坚持把住需求分析、测试及交付、修改设计的评审关。管理上应加强以下工作:

(1) 质量管理部门应有专职或兼职人员管软

件质量,所级应成立软件质量管理监督组,组员应由质量工程师、软件专家、测评人员、设计人员及有关领导组成。职责是:软件开发的质量测评、参与软件测试、宣贯软件规范。

(2) 严格软件版本管理,坚持源代码修改审批制度;坚持操作规程;坚持定期杀毒等安全措施。

5 结束语

本领域软件的可靠性关系试验的成败。因此,迫切需要引起管理者的高度重视。为此,必须强化软件开发过程的工程化管理和控制;把住需求分析和测试验收评审关;组织研究细化关键软件的测试规范;搞好使用期的管理工作。相信通过深入地工作,试验领域的软件质量会有新的提高。

参考文献:

- [1] 郑人杰主编,计算机软件测试技术[M],北京:清华大学出版社,1992,12.
- [2] Fudy Clapp 著,石柱译,软件度量入门[M],北京:国防科工委第 301 研究所,1996.
- [3] 软件验证和确认指南,欧洲航天局标准[B],中国航天工业总公司第 708 研究所.
- [4] 李洁,航天发射场软件质量管理研究,载人航天[J],总装备部,2003,3.

(编辑:王建喜)