

新的设备质量保证途径完整性大纲

王立群



王立群 高级工程师

摘要: 设备完整性大纲是设备研制、生产和使用管理的系统性方法,其目的是以最佳的全寿命费用保证所需的完整性,以满足对设备效能的要求。在可靠性保证上,完整性大纲比可靠性大纲更有效。简介了美国空军已实施的飞机结构、发动机结构、电子设备、机械设备、软件开发等方面的一族完整性大纲。

关键词: 完整性; 完整性大纲; 损伤容限; 耐久性; 可靠性

中图分类号: O213.2 **文献标识码:** A

完整性和完整性大纲的概念起源于美国空军。完整性是反映设备效能的综合设计特性,是安全性、可靠性(耐久性)、维修性等设备特性的综合;完整性大纲是设备研制、生产和使用管理的系统性方法,其目的是以最佳的全寿命费用保证所需的完整性,以满足设备效能的要求。近20多年来,美国空军已陆续在飞机结构、发动机结构、电子设备、机械设备、软件开发等方面采用了一族完整性大纲。

设备采用完整性大纲是基于这样的思想:新产品中不可避免地存在微观的裂纹或缺陷,用损伤容限与耐久性设计来控制这类裂纹或缺陷,以保证产品的使用安全性、战备完好性和经济性。

1 完整性大纲的应用过程

1.1 飞机结构上的应用^[1]

完整性和完整性大纲概念首先应用于飞机结构。1972年它们作为军标术语,正式出现于美国军用标准 MIL-STD-1530《飞机结构完整性大纲(ASIP)——飞机要求》中。

ASIP 包括5个工作项目:准备设计资料、设计分析和研制试验、全尺寸试验、设计部队管理数据包、使用管理。它首次正式采用损伤容限与耐久性设计,避免了原来安全寿命设计没有考虑结构中的初始裂纹,因而不能充分保证使用安全性和用尽结构可用寿命这两大缺点,取得了很大的成功。

1.2 发动机结构上的应用^[2]

在20世纪70年代之前,美国军用航空发动机的设计重视战术性能而忽视可靠性,因而在使用安全性、战备完好性和经济性方面付出了沉重的代价。在此背景下,空军借鉴 ASIP 的成功经

验,1984年通过国防部颁发了军用标准 MIL-STD-1783《发动机结构完整性大纲(ENSIP)》来解决上述问题,同样取得了成功。

ENSIP 也包括5个工作项目:准备设计资料、设计分析和研制试验、部件和核心发动机试验、发动机地面和飞行试验、发动机使用管理。

1.3 电子设备上的应用^[3]

电子设备的可靠性,历来是以 MIL-STD-785 型可靠性大纲来保证的。过去50多年来,航空电子设备的可靠性虽然提高了几十倍,但仍只达到现代战争作战所要求的 1/10 左右,所以还要大幅度提高其可靠性,使安全性和任务关键的电子设备在一定的时期内不会发生故障。由于785型可靠性大纲未考虑新电子设备中的初始缺陷,故难以用这类可靠性大纲来达到上述要求。鉴于 ASIP 和 ENSIP 的有效性,1986年美国空军通过国防部颁发了军用规范 MIL-A-87244《航空电子设备/电子设备完整性大纲(AVIP)要求》,以完整性大纲来保证机载和地面电子设备的可靠性和其它品质,可将目前的电子设备可靠性水平提高10倍左右,满足作战要求。

AVIP 认为电子设备的故障机理不是如传统所认为的是随机的,而是耗损性的——疲劳或腐蚀,因而对电子设备也采用耐久性设计。AVIP 的出现意味着这样的趋势,即把以往用完整性大纲和可靠性大纲2种途径来保证航空设备质量的做法,统一为应用完整性大纲。

1.4 机械设备上的应用^[4]

对于结构以外的机械产品,传统上也是采用可靠性大纲来保证其可靠性的。由于产品中非标准件多、故障模式和分布规律复杂、数据积累困难等原因,这方面的可靠性设计不成熟,因此美国空军在吸取 ASIP、ENSIP 和 AVIP 成功经验的基

基础上,于 1988 年通过国防部颁发了军用标准 MIL-STD-1798 《机械设备与分系统完整性大纲(MECSIP)》,以此来保证机械设备的使用安全性、战备完好性,以及可靠性和经济性。

MECSIP 适用于机械、液压机械、电气机械的设备与零部件,它包括 6 个工作项目:初步计划与评价、准备设计资料、设备分析与研制试验、部件研制与系统功能试验、设计完整性管理数据包、使用管理。

1.5 软件开发上的应用^[5]

随着计算机在飞机上的应用日益增多,软件故障和维修费用也大大增加。为此,美国空军在 1988 年通过国防部还颁发了军用标准 MIL-STD-1803 《软件开发完整性大纲(SDIP)》,将完整性大纲应用于软件上。

SDIP 用于开发或修改与航空装备有关的软件,包括主要的和飞行关键的系统用软件、软件开发实验室和系统组合实验室用软件、保障分系统(空勤组与维修训练系统、测试设备等)用软件。其目的在于保证能在采办进度和资源的约束条件下开发出能满足使用要求的、可行的和易保障的软件。它包括 6 个阶段:系统定义与计划、系统需求分析/设计、软件需求分析、初步/详细设计、编码与各层次软件成分的测试、转入使用与保障。它不规定开发过程中所用的方法、程序或工具,而只提出对开发过程的要求,其中明确软件采用经济寿命。

2 损伤容限设计与耐久性设计

2.1 损伤容限设计

损伤容限是指产品在规定的无维修使用期内能抵抗由缺陷、裂纹或其它损伤所引起的失效(破坏)的能力,是关系使用安全性的特性。对各硬件完整性大纲来说,损伤容限设计的原理是一样的,具体的设计内容有些不同(对 AVIP 不适用)。

2.1.1 ASIP^[1]

用于安全性或任务关键结构项目。设计上优先考虑用破损安全设计:结构组件设计成多传力通路的(即其元件有冗余)或有止裂措施的,使得在一个元件破坏后组件在规定的无维修使用期内仍有规定的剩余强度。对于无条件用破损安全设计的项目,要采用裂纹缓慢扩展设计,使得在最大初始裂纹尺寸扩展到临界长度以前至少可作 2 次检查以查出裂纹;或者对于不可检的项目,使得在设计寿命期内其最大初始裂纹不会扩展到临界长度。要通过损伤容限分析和试验,按项目的裂纹扩展寿命确定项目的检查间隔期,以定期检查来保证结构的使

用安全性。

2.1.2 ENSIP^[2]

主要用于安全性关键结构项目,也可用于某些耐久性关键结构项目。设计方法同上。设计目标是项目不需要作使用中检查,或只在二级(中继级)或三级(基地级)维修时作检查,检查间隔期不应短于热件(燃气流过的发动机热段部件)的设计寿命,一般为裂纹扩展寿命的 1/2。

2.1.3 MECSIP^[4]

用于安全性或任务关键产品,设计方法和内容类似于 ASIP 的。

2.2 耐久性设计

耐久性是指产品在规定期间能抵抗各类损伤的能力,是关系使用经济性的特性。在耐久性设计中,产品的寿命采用经济寿命,它是指产品到了修理不如更新经济的工作时间。

2.2.1 ASIP^[1]

用于安全性、任务或耐久性关键结构项目,以确定结构项目的经济极限和经济寿命。经济极限是指结构项目从当量初始裂纹尺寸扩展到修理最经济时机(如紧固件孔的扩孔时机)的工作时间。基准飞机的经济寿命由耐久性分析和试验确定。

2.2.2 ENSIP^[2]

用于安全性或耐久性关键结构项目。设计目标是尽量减少裂纹或维修工作量,使发动机及其部件的经济寿命超过设计寿命目标。经济寿命由全尺寸研制型发动机的加速任务试验确定。加速任务试验的加速系数,对战斗机发动机来说在 2 以上,对于轰炸机和运输机的发动机而言约为 10。冷件(无燃气流过的发动机冷段部件)寿命应等于发动机的设计寿命,热件寿命应至少为冷件的一半。结构材料的设计许用值,除断裂韧性和裂纹扩展率可用均值外,其余的要用均值减去 3 倍标准离差的值,使部件的总故障率小于 0.1%。

2.2.3 AVIP^[3]

用于所有的电子设备。设计目标有 2 个:一是使电子设备的经济寿命长于设计寿命指标,并在寿命期内尽量减少部件与组件的修理或更换;二是使安全性或任务关键的电子设备具有能满足最低要求的无关键故障工作时间,以保证所需的战备完好率。该时间的确定方法如下:按规定的可靠度(安全性关键的为 99.9%,任务关键的为 98%)在寿命分布曲线的前端截定。上述目标均需通过耐久性试验验证。

2.2.4 MECSIP^[4]

用于安全性、任务或耐久性关键产品,确定

液压全自动变截面汽车板簧轧机的研制

刘军营 李素玲 王正红



刘军营 副教授

摘要: 钢板弹簧是汽车悬架机构的主要组件之一,对汽车的性能有重大的影响。介绍了变截面汽车板簧的成形原理,分析了影响成形精度的诸因素,介绍了所设计的生产变截面汽车板簧的液压全自动专用轧机的性能和结构。

关键词: 液压; 变截面板簧; 板簧轧机; 轧制力

中图分类号: TH137.3 **文献标识码:** A

钢板弹簧是汽车悬架系统的重要组成部分,其作用是将车架和车桥弹性地连接起来,传递、缓冲车架和车轮间的力和力矩。传统的钢板弹簧簧片是等截面结构,现在国外已普遍采用了具有等强度特性的变截面钢板弹簧。变截面钢板弹簧具有节省材料、抗疲劳、改善汽车行驶平稳性的特点。变截面钢板弹簧生产的关键工序是如何获得变截面板坯,国际上普遍采用热轧制工艺,所用轧机是专用设备。我们开发研制了一种造价低、生产效率高、结构简单、调整维修方便的全自动板簧轧机,特别适合于国内企业,已被国内数家企业选用。

1 轧机的成形原理和性能

1.1 产品的工艺原理

变截面钢板弹簧采用了等宽变厚的结构形式,为了使任意截面的正应力相等,在长度上采用抛物线形状,也有采用锥形形状(但任意截面的正应力不完全相等)。板坯成形工艺的关键是如何获得所

需的抛物线形状,目前有3种方法:¹整体成形,板料全长加热后在轧机上轧制成所需抛物线形状,然后切断,这种方法生产率高、设备投入大,目前在韩国、日本被采用。④分段成形,先将板料切断,将板坯一段加热至规定的温度,在轧机内往返轧制2~4道次,得到所需形状,然后再将板坯另一段加热成形。(四)辊锻方式,由于板坯变形长度受锻辊直径的限制,这种方式主要用于中短长度的变截面钢板弹簧的成形。在这里选用分段成形的工艺方法。

1.2 主要性能参数

轧机的主要性能参数如下:最大水平辊轧制力为1000 kN,最大立辊轧制力为100 kN,最大轧制长度为1300 mm,最大轧制厚度为45 mm,最大轧制宽度为140 mm,系统配备功率为97 kW。

1.3 主要结构

本系统主要由轧机主体、液压系统、控制系统、修边立轧系统、板坯输送系统、拉料小车、卸料机械手系统、切头堆料装置等组成,见图1。

轧机主体采用四柱式两辊结构,结构简单,刚度大,与传统的牌坊式机架相比,容易制造,精度

收稿日期: 2000—11—20

其经济寿命和无维修工作时间。后者及其确定方法类似于AVIP中的无关键故障工作时间。

3 结束语

美国空军的这族完整性大纲对设备的研制和使用有很大价值,不仅适用于航空设备,也可用于其它设备。英国国防部和英国航空公司协会在设计未来的飞机时,已用完整性中的耐久性参数无维修(故障)工作时间来代替传统的可靠性参数平均故障间隔时间。我国目前已制订了有关ASIP和ENSIP的国军标,AVIP的正在制订,还应组织力量来制订有关MECSIP和SDIP的国军标,以期早日应用。

参考文献:

- [1] MIL-STD-1530A Aircraft Structural Integrity Program, Aircraft Requirements (ASIP), 1975
- [2] MIL-STD-1783 Engine Structural Integrity Program (ENSIP), 1984
- [3] MIL-HBDC-87244 Avionics/Electronics Integrity Program (AVIP), 1995
- [4] MIL-STD-1798 Mechanical Component and Subsystem Integrity Program (MECSIP), 1988
- [5] MIL-STD-1803 Software Development Integrity Program (SDIP), 1988 (编辑 卢湘帆)

作者简介:王立群,男,1930年生。空军第一研究所(北京市100076)九室高级工程师。研究方向为维修工程。获国家科技进步二等奖2项。发表论文50篇。

d'Alembert Principle and reduction method, and driving leg's kinematics and dynamics characteristics are emphatically studied as well. Additionally, analysis is made to determine whether the inertial effect of legs is negligible in the design of dynamics for Stewart platform. Simulation results show the model is easily solved, and the theory is distinct and easily used to practical engineering, especially used to the Stewart platform involving inertial effect of legs.

Key words: Stewart platform dynamics
d'Alembert principle simulation

A New Equipment Quality Assurance Approach Integrity Program WANG Liqun p 1013-1015

Abstract: The integrity program is a systematic approach for equipment development, manufacture and operation management. Its aim is to assure the required equipment integrity with optimum life cycle cost to meet equipment effectiveness requirements. It is more effective than the conventional reliability program for reliability assurance. This paper describes briefly a set of equipment integrity programs used by the United States Air Force for aircraft structures, engine structures, avionics, mechanical equipment and software development.

Key words: integrity integrity program
damage tolerance durability reliability

The Design of Hydraulic Automation Mill of Auto Change - Section Leaf Spring LIU Junying(Xi'an Institute of Technology, Xi'an, China) LI Suling WANG Zhenghong p 1015-1017

Abstract: The leaf spring is one of the main pieces of auto hanger device, which influences the characteristic of auto greatly. This paper introduces shaping principle of the change section leaf spring and presents all influence factors on shaping accuracy. The performance and structure of special purpose mill designed to produce the change section leaf spring has been described.

Key word: hydraulic pressure change-section leaf spring leaf spring mill milling force

Study on Virtual Prototyping Validity Based on Similarity Theory WU Bingsheng (Hebei Institute of Architectural Science & Technology, Handan, Hebei, China) FANG Mei LI Ruitao ZHANG Minyou p 1018-1021

Abstract: Based on similarity theory, virtual prototyping technology is explained, and especially similarity in modeling of a virtual prototype is stated systematically. The determination of credibility of a virtual prototype is explored and similar units, system similarity are quantified. In the meantime, principles of constructing similar units and calculating formula of system similarity have been defined. The above idea has been successfully used in virtual prototyping design of a Vertical Planetary Mill.

Key words: virtual prototyping technology
similarity theory validity vertical planetary mill imitation

Accurate Slicing Principle and Method Based on B-rep

YANG Jia (Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, China) BIN Hongzan p 1022-1024

Abstract: Due to some defects existed in common slicing procedure based on STL (STereoLithography) format in Rapid Prototyping Manufacturing system, a direct slicing strategy on accurate models represented by

B-rep (Boundary representation) is proposed. Moreover, the slicing principle and method are investigated combined with commercial CAD system and development of adaptive slicing.

Key words: B-rep accurate slicing rapid prototyping manufacturing object ARX

NC System Software Development of Parallel Machine Tool ZHUO Guirong (Harbin Institute of Technology, Harbin, China) WANG Zhixing LIU Wentao p 1025-1027, 1037

Abstract: According to the characteristics of a Parallel Machine Tool (PMT), an open architecture NC system of PMT is developed. It is a single CPU NC system based on industrial PC and Windows 98 and all of NC functions are realized by the software. In this paper, the software module of PMT NC system is divided, and the programming module, processing module, simulation module and hand control module are introduced. In this system, multiple data type interface is offered, code can be auto generated in parameterized programming module, and with the collection of 6 points in workpiece reference plane, the creation of workpiece coordinate system is quite simple.

Key words: parallel machine tool Stewart platform NC system workpiece positioning

Research on Remote Distributed Intelligent Monitoring, Diagnosis, Maintenance System for Special Engineering Vehicle ZHANG Rongtao (Nanjing University of Science & Technology, Nanjing, China) SUN Yu ZHANG Jun p 1028-1031

Abstract: Special engineering vehicle's structure is very complicated, and they distribute in wide areas, their fault diagnosis and maintenance are very difficult. According to this circumstance, this paper mainly pays attention to the research of remote distributed intelligent monitoring, diagnosis, maintenance system. This system can exert the advantage of vehicle's manufacturer and maintenance center in every areas, provides effective diagnosis and maintenance service for special engineering vehicles distributed in wide areas. Lastly it can improve the vehicle's performance, exert driver's best capability.

Key words: remote fault diagnosis vehicle maintenance internet inspection and monitoring

The Application of Rough Set in Concept Design ZOU Huijun (Shanghai Jiaotong University, Shanghai, China) TIAN Zhibin GUO Weizhong p 1031-1034

Abstract: The rough set theory is a mathematical tool that deals with incomplete and imprecise information. It has been successfully applied in the domain of machine learning, decision-making, pattern recognition and so on. This paper mainly describes the basic ideas and characteristics of rough set. In the end, an example is given to validate this method.

Key words: rough set concept design
knowledge mining machine learning

Design of Knowledge Base of Expert System in ANN-Based Mechanical Design Process JIANG Shiping (Yanshan University, Qinhuandao, Hebei, China) CHEN Ying p 1034-1037

Abstract: Mechanical design, as a complicated and creative subject, the knowledge is of complexity, fuzzy and uncertainty. Confining some knowledge to a specific design stage would cause redundancy of the knowledge base, which is also unscientific. The method of combining neural network with expert system is used as