

机械设计与研究

Ji xie she ji yu yan jiu 4

Machine Design and Research 2000

YYJT型系列高精度齿轮减速、电子调速



高效節能電動機

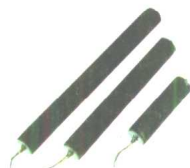
HI-TECH, YYJT SERIES HIGH-PRESCISION GEAR REDUCTION AND ELECTRONIC SPEED CONTROL MOTOR



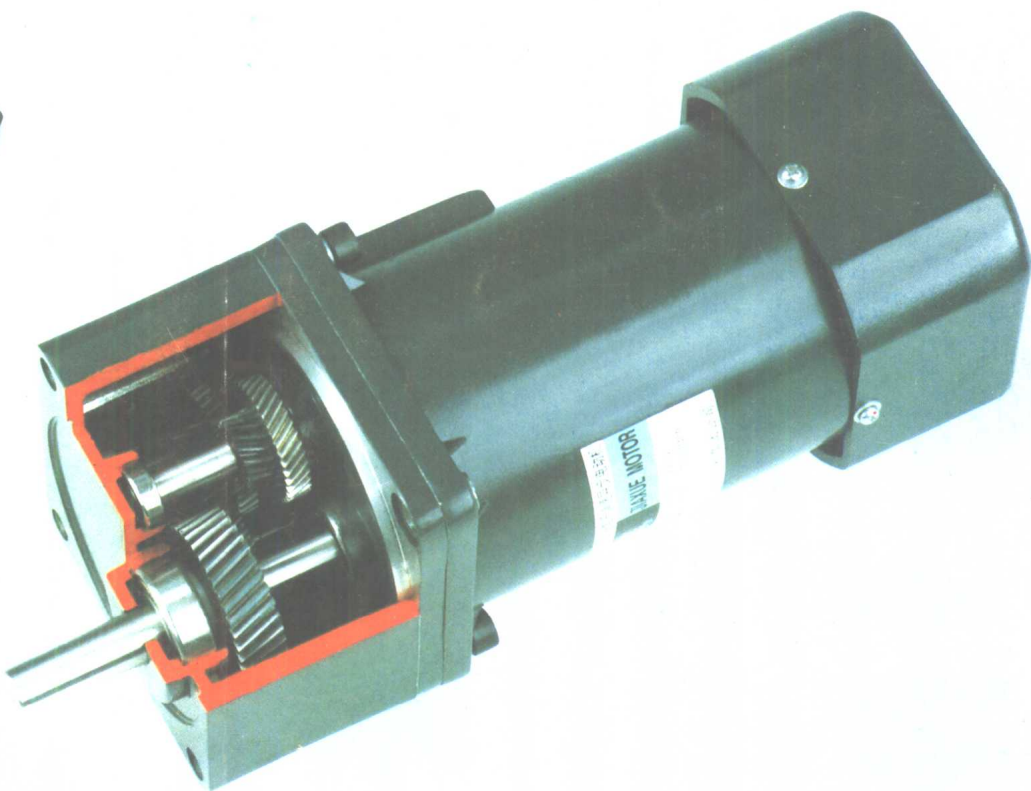
交流/直流系列齿轮减速、电子无级调速电动机
功率6-140W, 转速1-500r/min. 任意选择



单相三相交流齿轮减速电动机
功率180-750W, 转速5-750r/min. 任意选择



电动辊棒 (带锥度辊棒) $\phi 60-\phi 76.3\text{mm}$
功率30-60W 线速度4-25m/min



佳雪集團

ISSN 1006-2343



中美合资 浙江华峰微特电机有限公司

地址: 浙江省湖州市织里南路85-87号 董事长兼总经理: 陈子汶
电话总机: (0572) 3189261 3189262-0823 传真: (0572) 3188140
电话直线: (0572) 3189600 3188140 电挂: 3937 邮编: 313002
上海地区总经销: 上海市宛平南路736号 邮编: 200030 电话: (021) 64640631



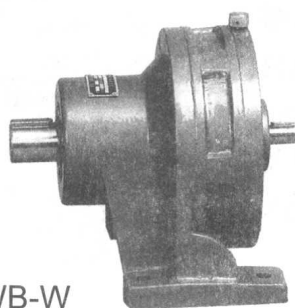
本厂专业制造

WB, X, B, BJ 系列摆线针轮行星减速机
MB 系列行星摩擦式无级变速机

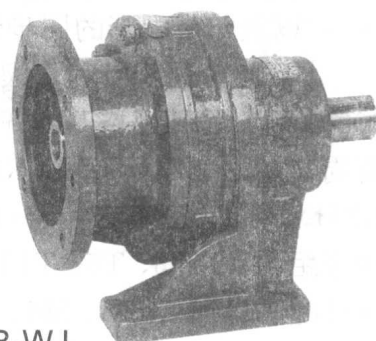
高能率

长寿命

低噪声



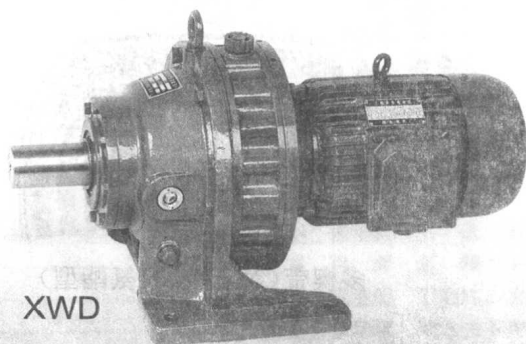
WB-W



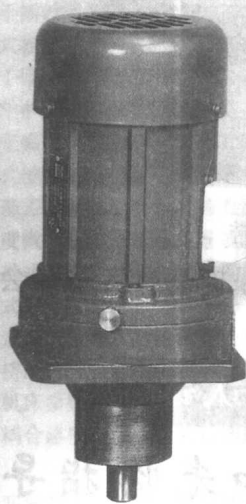
WB-WJ
XWJ



WBE-WD



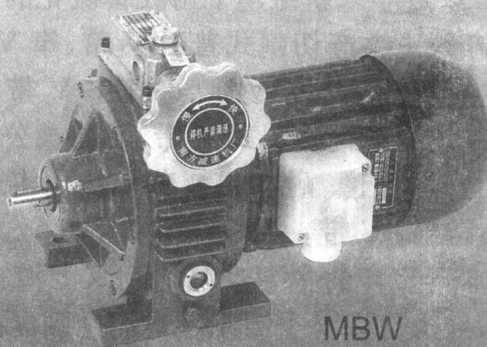
XWD



WB-L1D



WB-L2D



MBW

上海南方减速机厂

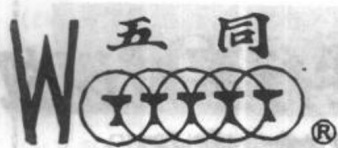
地址：上海市七浦路523号

销售热线：(021)63073357

63939852

图文传真：(021)63566845

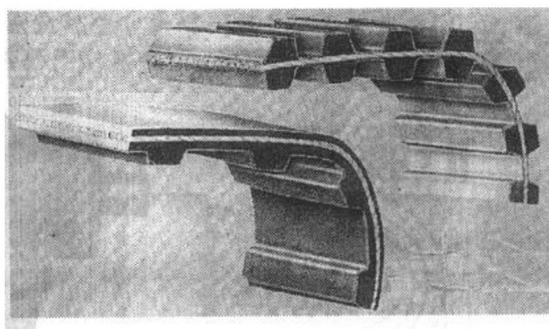
邮编：200085



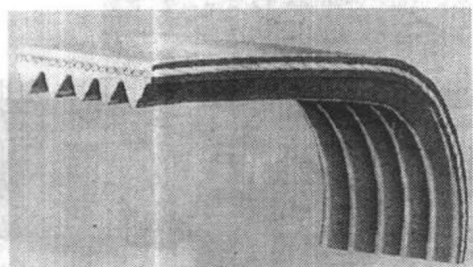
特种传动带简介

上海南汇航头同步带厂专业生产“五同牌”特种传动带,主要产品有同步齿形带、多楔带、切割式 V 带、调速带、牵引带、高强力平带、轻型输送带、尼龙片基带和烟机专用尼龙吸丝带,以及与带配套的同步带带轮和多楔带带轮。

本厂生产同步带和多楔带的模具有 3000 多副,品种规格基本齐全。同步带有周节制的 (MXL、XXL、XL、L、H、XH、XXH)、模数制的 (节距 1~10mm) 和特种节距的 (T2.5、T5、T10、T20) 以及 HTD 圆弧齿的 (3M、5M、8M、14M)。以上品种又可分单面齿和双面齿。



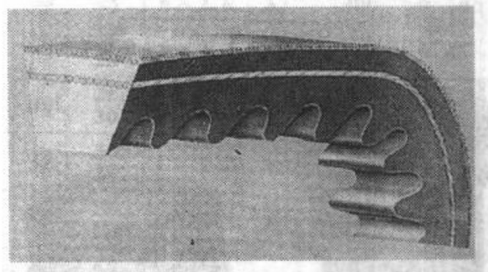
同步齿形带(氯丁胶、聚氨酯型)



多楔带(氯丁胶、聚氨酯型)

多楔带在有滑差传动中其传动效率最高,并能适应高速传动。品种规格有 H、J、K、L、M 等。本厂可提供 100~16000mm 周长的同步带和多楔带,长度系列堪称全国之最,特种规格还可以协商定制。

本厂近年来新组建了用胶套硫化的切割式 V 带生产线。生产切割式普通 V 带、窄 V 带、调速带、电梯 V 带、汽车 V 带、摩托车 V 带和助动车 V 带。线绳结构切割式 V 带,目前被公认为结构最为合理,耐磨、耐弯屈疲劳和使用寿命均超过传统式结构 V 带。



V 带

本厂生产的主要产品均列入上海市“星火计划”项目,经上海市科委组织鉴定均达到国内领先和国内先进水平;被中国保护消费者基金会授予信得过产品荣誉证书。

99 年 1 月通过了英国 SGS—YICS 的 ISO9002 认证。

热忱欢迎广大用户选用我厂生产的产品和光临指导

南汇航头同步带厂地址:上海市浦东航头镇

邮编:201316

电挂:86930

电话:(021)58221890 58222601 58221471

传真:(021)58221890

谐波传动减速机

谐波传动减速机是机械传动减速方式的重大突破。

谐波传动减速机是当今机电一体化的首选产品。

谐波传动减速机是以体积小、重量轻、传动比大、效率高等优点,广泛应用于航天、雷达、卫星天线、机器人、机械手、机床、冶金、纺织、医疗器械、印刷、包装及产品展示等领域。

谐波传动减速机为您的产品换代和科研开发提供了新的选择。

北京谐波传动技术研究所愿助您走向成功!

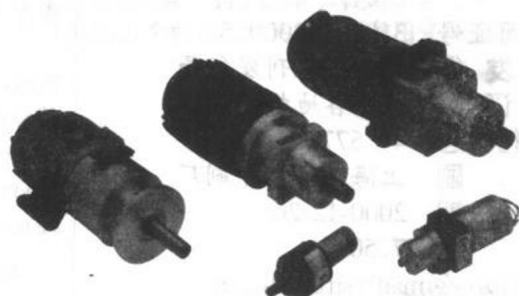
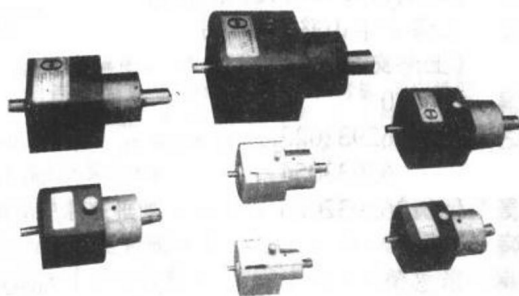
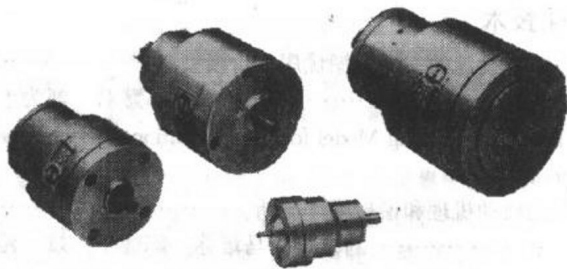
本所是谐波传动技术的专业研究所,是首批被授予进出口权的百家科研院所之一,是全军先进企业,本所产品荣获:

国家科技进步二等奖;

国家“七五”科技攻关重大成果奖;

国防科技进步一等奖;

全军优质产品奖。



谐波减速机系列产品:

●XB1系列谐波减速机

减速比:40~303

输出扭矩:2~4000N·m

●XB2系列谐波减速机

减速比:2000~80200

输出扭矩:2~3800N·m

●XB3系列

(相位调节器,差速联轴器)

减速比:63~315

输出扭矩:1~3000N·m

●XB6系列谐波减速机

减速比:110~1500

输出扭矩:2~3800N·m

本所以雄厚的研制实力,科学创新的加工技术为基础,推出以下服务内容:

保证产品终身供应配件。

以优惠价格向使用国内外同类产品的用户供应配套三大件。

对首选谐波减速机的用户,以您满意的方式提供试验样机。

义务为用户培训维修人员。



本所备有产品样库,欢迎来电、来函索取

北京谐波传动技术研究所

(原中国人民解放军国防科工委后勤部应用技术研究所)

地址:北京市朝阳区安翔北里10号 邮编:100101 信箱:9702信箱17分箱 电话:(010)64879531或(010)66355661

传真:(010)64879531 BP 汉显:(010)66353388呼5772 乘车路线:地铁积水潭站换乘315路公共汽车或315路小公共汽车,苇子坑站下车向北约200米,往东(右)拐即是安翔北里(国防科工委514医院东约300米即是安翔北里10号)

●现代设计与制造的精粹●

●产品创新与开发的益友●

●体现学术与技术的集成●

●传播信息与动态的媒体●

主办单位 上海市机械工程学会
上海交通大学
上海港机股份有限公司
协办单位 上海汽车齿轮总厂
编辑 《机械设计与研究》编辑部
出版 《机械设计与研究》杂志社
地址 上海市华山路 1954 号
(上海交通大学内)
邮编 200030
电话 (021)62932023
62933054
传真 (021)62932023
主编 邹慧君
副主编 张惠侨
中国标准刊号 ISSN1006-2343
CN31-1382/TH
广告许可证号 3101044000015
国内发行 上海市报刊发行局
国内订阅 全国各地邮局
邮局发行代号 4-577
印刷 上海 704 所印刷厂
出版日期 2000-12-20
定价 7.50 元
E-mail: hjzhou@mail.sjtu.edu.cn

● 广 而 告 知 ●

中美合资浙江华峰微特电机有限公司
..... (封面)
上海港口机械制造厂 (封二)
北方工商业展览有限公司 (封三)
日进电气有限公司 (封四)
上海南方减速机厂 (1)
上海南汇航头同步带厂 (2)
北京谐波传动技术研究所 (3)
上海大禹泵阀制造有限公司 (65)
北京新兴超越科技开发公司 (72)
期刊征订启事 (38)
封面说明 (58)

[期刊基本参数]CN31-1382/H*1984*q*16*72*zh*p*¥7.50*2500*22*2000-12

2000 年第 4 期 目

设计理论与方法

概率循环应变—寿命曲线及其估计方法 赵永翔 王金诺 高庆(10)
Propability-based Cyclic Strain-life Curves and Estimation Method
新型 6—SPS 并联机床局部承载能力分析 金振林 高峰(13)
The Analysis of Local Payload Index for a New Type of 6-SPS Parallel Machine Tool

机电一体化技术

机电一体化产品概念设计的三层模糊优序评价模型 田志斌 邹慧君 郭为忠(15)
A Three-level Fuzzy Outranking Model for the Evaluation of Conceptual Design for Mechatronics
压电微机器人平面致动机理和谐振频率分析 刘方湖 马培荪 陈建平 姚沁(18)
Analyzing on the Wrok Princple on a Plane and the Resonant Frequency of a Kind of Micro Piezoelectric Robot
电流变流体 ERF 半主动动作器研究 张华良 饶柱石 傅志芳 耿厚才(21)
Study on Electrvrheological Fluid Semi-active Actuator
偏动式双程 SMA 驱动器工作机理与能量转换研究 李明东 储金获 奚汉达 马培荪 郝颖明(23)
Study on Work Mechanism and Energy Transition of the Bias Two Way SMA Actuator

CAD/CAM/CAE

基于 ART1 神经网络的设计检索 王玉 邢渊 阮雪榆(27)
Design Retrieval Based on ART1 Newral Networks
基于微机系统的注塑模具 CAD 系统开发 张 阁 邹慧君 郭为忠(29)
CAD System Development ofr Injection Mold Based on Microcomputer
参数化特征造型中拓朴实体的编码方法探讨 吴 涛 白跃伟 陈卓宁 宾鸿赞(31)
Coding of Topologrical Entities in Feature-based Parametric Modeling System

机构分析与设计

空间凸轮廓面曲率分析的等距曲面方法 何有钧 邹慧君 郭为忠 梁庆华(34)
Curvature Analysis of Spatial Cam Profile by Offset Surfaces Method
柔性冗余机器人的可操作性柔度的研究 杨 洋 陆 震 张启先(36)
On the Study of Manipulability Flexibility of a Redundant Robot
实现变椭圆轨迹混合输入五杆机构的设计 周双林 邹慧君 姚燕安 郭为忠(39)
Minimizaton of Power Based Design of Realization Variable-ellipse-trajectory of Hybrid Input Five-bar Mechanism

变结构广义连杆机构柔性传动控制曲线研究 刘素平 王生泽(42)
Research on the Generalized Variable Structure Linkage's Flexible Drive Control Curves

传动技术

一种新型重载机械启动系统的研究 刘延庆 张建武 于宏晋(45)
The Controllable Initiation System of Heavy Load Machinery
渐开线少齿差传动的最小啮合角 舒小龙 李 平(47)
Minimum Operating Pressure Angles in Planetary Gearing with small Tooth Number Difference

零部件设计

用柔度矩阵法对径向滑动轴承弹流润滑的分析 ... 段芳莉 韦云隆(50)
A study of Elastohydrodynamic Lubrication of Journal Bearing by Use of Influence Function

动态分析与设计

弹性连杆机构冲击副润滑特性研究
..... 靳春梅 邱 阳 樊 灵 张 陵(52)
The Lubricated Behaviors Investigation of Impact Pairs in the Elastic Linkage Mechanism

测试与诊断技术

大型旋转机组在线监控装置测力弹性元件的有限元分析
..... 高红俐 姜 伟 李 胜 童水光(56)
The Finite Element Method on the on-line Monitoring Elastic Element for Measuring Forces of the Rotating Machine

产品分析与设计

关联机床参数设计 袁剑雄 王知行 李建生 徐秀敏(59)
Determination of Parameters in the Design of Parallel Machine Tools
刚弹耦合建模在汽车转向轮摆振问题的应用 仲 昕 杨汝清(63)
Couping of ADAMS and MSC/NASTRAN to Model and Simulate Automobile Steering Wheel shimmy

制造技术

模糊决策应用于并行 CAPP 中零件形面加工方法的提取
..... 黄荣瑛 王治森 王忠林(66)
Selecting of shape Processing Method With Fuzzy Decision in Concurrent CAPP
控制器壳体自动加工生产线设计 张 军 张 弢(68)
The Design of the Automatic Transfer Line for Processing of Controller Case

第四届编委会名单

主 任 谢绳武 上海交通大学教授、校长
副 主 任 陈兆能 上海市机械工程学会副理事长、上海交通大学教授
乐竟辉 上海港机股份有限公司高工、总经理
杨岐华 上海汽车股份有限公司上海汽车齿轮总厂高工、总工程师、副厂长
名誉编委 杨叔子 中国科学院院士、华中科技大学教授
阮雪榆 中国工程院院士、上海交通大学教授
张启先 中国工程院院士、北京航空航天大学教授
周勤之 中国工程院院士、上海机床厂教授级高工
姚福生 中国工程院院士、上海理工大学教授
梁天培 香港工程科学院院士、香港理工大学教授、副校长
包起帆 上海港龙吴港务局高工、总经理
沈 珑 上海市机电设计研究院教授级高工
杜如虚 美国迈阿密大学教授
林于一 美国密苏里大学哥伦比亚分校教授
颜鸿森 台湾成功大学教授
A. storr 德国斯图加特大学博士、教授
雷源忠 国家自然科学基金委机械学科主任、研究员
顾长庚 上海市科学技术委员会工业处长、教授级高工
编 委 王 喆 宝钢集团公司设备技术工程公司教授级高工、总经理
王 勇 上海市核工程设计研究院高工
王晓明 上海711研究所教授级高工
蔡建国 上海交通大学 教授
方海祥 上海飞人·协昌有限公司工程师、副总经理
刘同年 上海爱凯思机械刀片有限公司教授级高工、总经理
李秉为 东上海资产评估事务所所长、教授级高工
傅高达 上海重型机器厂高工、副总工程师
郁泉兴 第九设计院研究员、总工程师
贾 淦 上海市机电设计研究院高工
雷 杰 上海工业缝纫机公司高工、总工程师、副总经理
薛忠浩 上海起重运输机械厂高工、总工程师、副厂长
萨本佑 上海汽轮机厂教授级高工、副总工程师
张振雄 上海港口机械制造厂总工程师
杨士伟 上海柴油机股份有限公司高工
熊泗洲 上海机械电脑有限公司技术总监
黎 明 国家自然科学基金委机械学科副教授

编辑部名单

主 编 邹慧君
副 主 编 张惠侨
编 辑 丁宇光 王石刚 江耕华
沈乃勋 李英理 商伟军
黄文振 胡志洪

MAIN TOPICS, ABSTRACTS & KEY WORDS

ISSN 1006-2343

Machine Design and Research

Vol. 16, No. 4, Dec., 2000

Edited and Published by: Machine Design and Research

Journal Office

Add: No. 1954 Hua Shan Road Shanghai China

Distributor: China International Book Trading
Corporation (P. O. Box 339, Beijing)

Probability-based cyclic strain-life curves and estimation method

ZHAO Yong-xiang, WANG Jin-nuo, GAO Qing

(School of Mech. Eng. Southwest Jiao Tong Univ., Chengdu, 610031, China)p10

Abstract: To model the random cyclic strain-life relations during low-cycle fatigue, probability-based cyclic strain-life curves are suggested. A method for estimating the curves and their confidence bounds is developed by a linear regression technique and a maximum likelihood principle. In the method, a verified disirbution, i. e. lognormal distribution, is used as an appropriate assumed distribution of the fatigue crack initial lives. The curves are approximated by the mean value and standard deviation-cyclic strain-life curves of the logarithm of fatigue life of Coffin-Manson law. Then, fatigue analysis at an arbitrary given reliability can be made conveniently according to the normal distribution function. Different from the existent work that the material constants in the strain-life relation are independent random variables, these constants are now dependent on the fit of the test data. Availability of the method has been indicated by an analysis of the test data of 1Cr18Ni9Ti stainless steel pipe-welded joint.

Key words: Low cycle fatigue; Probability-based cyclic strain-life curves; Linear regression; Mximum likelihood principle; Stainless steel; Pipe; Welded joint

The Analysis of Local Payload Index for a New Type of 6-SPS Parallel Machine Tool

JIN Zhen-lin¹, GAO Feng²

(1. Dept of Mech, Eng, Yanshan Univ., Qinhuangdao, 066004, China 2. Hebei Univ. of Technology Tianjin, 300130, China) p13

Abstract: A novel architecture of parallel machine tool based on 6-SPS mechanism is presented. By using the theory of parallel robotic mechanisms, the local payload index of the machine tool situated at the initial assembly configuration is defined and the relationships between the local payload index and the link lengths are analyzed, which is useful for the optimal design and application of the machine tool.

Key words: parallel machine tool; parallel mechanism; payload

A three-level fuzzy outranking model for the evaluation of con-

ceptual design for mechatronics

TIAN Zhi-bin, ZOU Hui-jun, GUO Wei-zhong

(School of Mech, Eng., Shanghai Jiao Tong Univ., Shanghai 200030 China)p15

Abstract: The conceptual design of mechatronics is mainly responsible for determining the principle solutions of the product. The task of design evaluation in conceptual design is indispensable. The evealuation is mainly based on the information collected from conceptual design stage which give foundation for evaluation of alternatives. Depending on the evaluation model, we can get the optimal alternatives set, and provide proper analysis for the downstream design activities.

Key word: mechatronics; conceptual design; fuzzy set, preference evaluation

Analyzing on the Work Principle on a Plane and the Resonant Frequency of a Kind of Micro Piezoelectric Robot

LIU Fang-hu, MA Pei-sun, CHEN Jian-ping Yao Qin

(School of Mech. Eng., Shanghai Jiao Tong Univ., Shanghai 200030, China)p18

Abstract: In this paper, we have analyzed the work principle on a plane and the resonant frequency of a kind of micro piezoelectric robot in ppeline or on a plane. As a result, we have the base to improve the robotic crawling velocity and to determine the resonant frequency of the control voltage of the robot.

Key words: micro robot; micro electro mechanical system (MEMS); piezoelectric micro actuator

Study on Electrorheological Fluid Semi-active Actuator

ZHANG Hu-Lang, RAO Zhu-shi,

FU Zhi-fang, GENG Hou-cai

(State Key Laboratory of Vibration, Shock & Noise, Shanghai Jiao Tong Univ., Shanghai 200030, China)p21

Abstract: This paper empohases on investigating ERF (electrorheological fluid) semi-active actuator of basic principal of. The formula of calculating damping force is derived. The analysis and test results show that ERF semi-active actuator in effective in providing high controllable damping force.

Key Words: electrorheological fluid; semi-active actuator; controlled damping force; structure design

Study on Work Mechanism and Energy Transition of the Bias Two Way SMA Actuator

LI Ming-dong¹, CHU Jind-di¹, XI Han-da¹,
MA Pei-sun¹, HAO Ying-ming²

(1. School of Mech. Eng, Shanghai Jiao Tong Univ., Shanghai 200030, China; 2. Robotics Laboratory, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110015, China)p23

Abstract: In this paper the work mechanism of the Bias Two Way SMA Actuator is investigated, the quantitative relationship of the output force, output displacement and load of the actuator and the elastic stiffness and predeformation of the driving component is constructed. Based on the basic law of thermodynamics, the periodical flowing, conveying, and transformation model of the energy in the work process of the Bias Two Way SMA Actuator is constructed. The paper indicated that, the round voyage energy of the Bias Two Way SMA Actuator all come from the elastic potential energy of the SMA component initiated by phase transformation. Part of the energy does work at come stroke, part is conveyed to the bias component, they do work at return stroke, another is released.

Key words: Shape Memory Alloy (SMA); SMA actuator, energy, efficiency

Design retrieval based on ART1 Neural networks

WANG Yu, XING yuan, Ruan Xue-yu
(National Die&Mold Eng., Research Center, Shanghai Jiao Tong Univ., Shanghai 200030, China)p27

Abstract: This paper studied the design retrieval system based on ART1 Neural networks in detail, and made some improvements for the ART1 algorithm. The modified algorithm can reduce unnecessary computations and enhance the networks' operation efficiency. Compared with the BP and Hopfield based design retrieval system, the ART1 networks possess a greater advantage, that is, by adjusting the vigilance parameter, the designer can, according to his/her design intent, get the desired retrieval results. A gear-like forging design retrieval case was presented in this paper to demonstrate the system's feasibility and efficiency.

Key words: design retrieval; ART1; neural networks

CAD System Development for Injection Mold Based on Micro-computer

ZHANG Ge, ZOU Hui-jun, GUO Wei-zhong
(School of Mech Eng., Shanghai Jiao Tong Univ., Shanghai 200030, China)p29

Abstract: This paper introduces the development of CAD system for injection mold. This design of injection mold is an integrated system. Programming and debugging is done for this system. It owns the following functions: Autoloading the menus, Autodrawing parametrically, Assembling the parts and demonstrating dynamically.

Key words: injection mold; CAD; parametrically

Coding of Topological Entities in Feature-based Parametric Modeling system

WU Tao, BAI Yao-wei, CHEN Zhuo-ning, BIN Hong-zan
(School of Mech Eng., HuaZhong Univ. of Science and Technology, Wuhan 430074, China)p31

Abstract: How to identify topological entities when rebuild features is a critical problem in Feature-Based Parametric Modeling system. In the article, author takes the way of entity coding to distinguish different entities. The mechanism of coding is clearly expatiated, and some typical examples are presented. At last, the algorithm of decoding is put forward based on set theory.

Key words: feature-based modeling; entity coding; decoding

Curvature Analysis of Spatial Cam Profile by Offset Surfaces Mehtod

HE You-jun, ZUO Hui-jun,
GUO Wei-zhong, LIANG Qing-hua
(School of Mech, Eng., Shanghai Jiao Tong Univ., Shanghai 200030, China)p34

Abstract: Offset surfaces method is presented to analyze the curvature of cam profile with cylindrical roller-follower. Its principle is based on that there are some relationships between curvatures of the theoretical profile surface and the real profile surface. Curvatures of theoretical profile surface, which is a ruled surface, are easy to get. Then the curvature of real profile surface can be obtained according to the relationships. The CVSs are used to enable the program to adapt to different cam mechanisms. Compared with conjugate surfaces method, this method has the features of conceptual clarity and simplicity of computation.

Key words: spatial cam; curvature analysis; offset surface

On the Study of Manipulability Flexibility of a Redundant Robot

YANG Yang¹, LIU Zhen², ZHANG Qi-xian²
(1. Dept. of Mech Eng., Northwest Institute of Light Industry, Shanxi Xiang 712081, China; 2. Robotics Research Institute, Beijing, Univ. of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083, China)p36

Abstract: For a redundant robot with flexibility, a virtual joint flexibility of each manipulator link is defined to simplify the analysis of flexible manipulators; Based on the characters of redundant robots, we put forward a new index- Manipulability flexibility. Using this index, we can achieve the best manipulation configuration with a good manipulability and smaller flexibility by free vectors in redundant space.

Key words: redundant robot; virtual joint flexibility; manipulability flexibility

Minimization of Power Based Design of Realization Variable

ellipse-tajectory of Hybrid Input Five-bar Mechanism

ZHOU Shuan-lin, ZOU Hui-jun,

YAO Yan-an, GUO Wei-zhong

(School of Mech, Eng. , Shanghai Jiao Tong Univ. , 200030, China)p39

Abstract: First, this paper has set up mathematics models of kinematics and dynamics of hybrid input five-bar trajectory generating linkages. Then according to these models and inequqlities of hybrid input non-condition three cranks five-bar mechanism, it has established optimizing synthesis model to realize the varivable-ellipse-trajectory of hybrid input five-bar mechanism and its controlled motor's power being minimized. By utilizing the modified genetic algorithm, it can obtain the global optimal solution. The results of synthesis examples show that hybrid input five-bar mechanism has more advantages over open-loop two-bar mechanism.

Key words: hybrid input five-bar mechanism; variable-ellipse-trajectory; genetic algorithm

Research on the generalized variable structure linkage's flexible drive control curves

LIU Su-ping, WANG Sheng-ze

(School of Mech, Eng. , Donghua Univ. , Shanghai 200054, China)p42

Abstract: In condition of the generalized variable structure linkage's size not being changed, through controlling the auxiliary motion, the structure and kinetic parmeters can be changed real-time basing on the output motion's request. Thus many kinds of output motion curves can be gotten; even the output link's stop in some time can be made correctly.

Key words: generalized varibale structure linkage; auxiliary motion; controlling curve

The Controllable Initiation System of Heavy Load Machinery

LIU Yan-qing¹, ZHANG Jian-wu¹, YU Hong-jin²

(1. School of Mech. Eng. , Shanghai Jiao Tong Univ. , Shanghai 200030, China; 2. School of Mech Eng. , Shandong Univ of Technology, Jinan 250063, China)p45

Abstract: In this paper, a systematic scheme for the heavy load machinery buffering and controllable initiation is proposed by applying the magnetic particle brake and differential gears. The differential gears are used to realize a combination of motions and the magnetic pratile brake is adopted to act as the regulating element to control start without loading and operation tracking the optimum curve of the three-phase induction motor.

Key words: differential gears; magnetic particle brake; controllable initiation

Minimum Operating Pressure Angles in Planetary Gearing with Small Tooth Number Difference

SHU Xiao-Long, LI Ping

(School of Mech. Eng. , Beijing Union Univ. , Beijing, 100101, China)p47

Abstract: On the basis of the phenomenon of multi-tooth contact in planetary gearing with small tooth number difference, the authors set up a ewn condition of continuous transmission, which breaks through the design constraint on theoretical contact ratio, for optimum programming. Compared with other reports, this paper has achieved the least operating pressure angles. For tooth number difference $\Delta z = 1$, the minimum operating pressure angle $\alpha'_{\min}$ is only 34.87 deg; for $\Delta z = 2$, $\alpha'_{\min}$ is 29.85 deg. The research results will play an important role in improving the performances of this kind of gearing and extending its applications.

Key Words: optimization, gear transmissions; operating pressure angle

A Study of Elastohydrodynamic lubrication of Journal Bearing by use of Influence Function

DUAN Fang-li¹, WEI Yun-long²

(1. Dep. of Applied Mathematics, Chongqing Univ. , Chongqing 400044, China; 2. Dep. of Mechatronic Eng, Shoutou University, Shoutou, 515063, China)p50

Abstract: A Study of the elastohydrodynamic lubrication of journal bearings has been given in this paper. The influence function, which is used to calculate elastic deformation, is obtained by the finite element software MARC. The hydrodynamic lubrication performance that doesn't take elastic deformation into consideration and the elastohydrodynamic lubrication performance of journal bearings have been compared. The results tally with the existing literature, which indicate that using influence function method in the elastohydrodynamic lubrication analysis of journal bearing can have favorable precision.

Key words: journal bearings; elastohydrodynamic lubrication; influence function

The Lubricated Behaviors Investigation of Impact Pairs in the Elastic Linkage Mechanism

JIN Chun-mei, QIU Yang, FAN Ling, ZHANG Ling

(School of Architecture Eng. , and Mechanics, Xi'an Jiaotong Univ. , Xi'an 710049, China)p52

Abstract: The excessive pair clearnace can introduce harmful vibration and noise and seriously hamper the machine dynamic performance. For the reason, in terms of Newton two-state model, through choosing two sets of generalized coordinates this paper develops a concise dynamic model which can generally reflect the dynamic behaviors of clearance joints for the contact and loss of contact processes in the elastic linkage mechanism. The rotate speed of crank is assumed to be non-constant and the squeeze film lubricated joint is induced. Illustrative examples are shown to compare dynamic behaviors of idealized, clearanced, squeeze film lubricated mechanisms. The analytical results indi-

cate that squeeze film damper passive control for the clearanced mechanism is feasible. Thus this study can provide a new idea for the future investigation of the clearanced elastic mechanism.

Key words: elastic linkage mechanism; clearance; dynamic model; impact pair; dynamic behavior

The Finite Element Method on the On-line Monitoring Elastic Element for measuring Forces of the Rotating Machine

GAO Hong-li¹, JIANG Wei¹,
LI Sheng¹, TONG Shui-quang²

(1. Collage of Mech. and Electr. Eng., Zhejiang Univ. of Technology, Huangzhou, 310014, China; 2. Dept of Chen Eng., Zhejiang Univ., Hangzhou 310027, China)p56

Abstract: This paper simply introduces the device of on-line monitoring for the thrust of the rotating maching, then discussed the finite element analyses on the on-line monitoring elastic element for measuring thrust in detail, in order to develop the performance of the sensor and the device, we calculated the distribution of the stress, strain, axial displacement in the elastic element using the finite element method when the axial forces $F = 3 \times 10^4 \text{N}$, the result is very satisfied.

Key words: finite element method, sensitivity; strain and stress distribution

Determination of parameters in the Design of Parallel Machine Tools

YUAN Jian-xiong, WANG Zhi-xing,
LI Jian-sheng, XU Xiu-min

(Dept. of Mech. Eng., Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China)p59

Abstract: A design methodology for the super-speed parallel machine tool for arbitrary curved surface cutting has been established in this paper based on the result of previous research, in which the workspace of the machine tool shall be a continuous, monotonously connected turning (rotary) space with a moving platform of $\beta_{\max} = 30^\circ$. For practical reasons, the shape of the workspace is constrained to a cylinder with a L/D ratio of 0.7. The converse method is used to determine the parameters in the design of the parallel machine tool, which allows the use of maximum range of machine variables (e. g. swinging angle of spherical bearing) within their limits. The calculated curves can be used in future parallel machine tool design to rapidly determine the major design parameters and machine dimensions, and to provide guidelines in proposal comparison and selection. As a result of this study, it is concluded that the key element for a practical parallel machine tool design is to make sure that the maximum swinging angle of spherical bearing is greater than 40° .

Key words: Stewart platform; parallel machine tool; design

Coupling of ADAMS and MSC/NASTRAN to Model and simulate Automobile Steering Wheel Shimmy

ZHONG Xin, YANG Ru-qing

(School of Mech. Eng., Shanghai Jiao Tong Univ., Shanghai 200030 China)p63

Abstract: In order to increase models' accuracy, this paper uses the method of coupling mechanical system simulation (ADAMS) and finite element analysis (MSC/NASTRAN) technologies to model and simulate automobile steering wheel shimmy. The result demonstrates that this method can very efficiently model and simulate the problem of steering wheel shimmy.

Key words: coupling mechanical system simulation and finite element analysis technologies; automobile steering wheel shimmy

Selecting of Parts Shape processing Method with Fuzzy Decision in Concurrent CAPP

HUANG Rong-ying¹, WANG Zhi-sen², WANG Zhong-lin¹

(1. College of Mechanical and Electronic Engineering, Beijing Univ. of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083, China; 2. CIMS Institute, Hefei Univ. of Technology, Hefei 230009, China)p66

Abstract: With intercross concurrent of the related process and being increasing and orderly to the perfection, concurrent CAPP owns the characteristics of process set. Based on that, this paper puts forward a selecting method for parts shape processing with fuzzy decision, which can lower the matching conflicts in the reasoning processing through changing rule reasoning to fuzzy reasoning. Also, the time and cost factors can be comprehensively considered in method selecting

Key words: concurrent CAPP, fuzzy decision; fuzzy calculation; shape processing method; matrix

The design of the automatic transfer line for processing of controller case

ZHANG Jun¹, ZHANG Tao²

(1. Tian Jin profession engineering institute of the electron instrument, Tian Jin 300190, China; 2. Tian Jin NEC electronics and communications industry Co., Ltd, Tian Jin 300190, China)p68

Abstract: The technological process, general arrangement, mechanism, drive and control of the transfer line for processing of controller case are introduced in this paper. And this line is built of unique conception and advanced control.

Key words: robot self, position; setting ladder logic diagram, flow chart

文章编号:1006-2343-(2000)04-0010-03

概率循环应变—寿命曲线及其估计方法

赵永翔, 王金诺, 高 庆

(西南交通大学 机械工程学院, 成都 610031)

摘 要:引入了概率循环应变—寿命曲线描述低周疲劳循环应变—寿命试验数据的分散性。应用线性回归方法和极大似然法原理,发展了曲线及其置信限的估计方法。方法采用经验证的良好假设分布即对数正态分布模拟疲劳寿命的分散性。基于 Coffin-Manson 律,将曲线近似表征均值和均方差循环应变—寿命曲线的形式。任意可靠度下的疲劳分析可方便地根据正态分布进行。与现有独立随机变量观点不同,材料常数视为关联随机变量。1Cr18Ni9Ti 不锈钢管道焊接接头试验数据分析验证了方法的有效性。

关键词:低周疲劳;概率循环应变—寿命曲线;线性回归;极大似然法;不锈钢;管道;焊接头

中图分类号:TH114;TB114.3;TG405

文献标识码:A

防止缺口元件和动力设备结构的疲劳失效,低周疲劳分析方法更符合实际,描述材料循环应变—寿命数据的随机性是其中基础问题之一。材料循环应变—寿命关系通常采用 Coffin-Manson 律^[1~2]来描述。基于该模型,现有文献介绍了许多估计方法^[3],但很少考虑随机性问题,仅有均值的意义。而现有低周疲劳可靠性分析^[4~7],一般将 Coffin-Manson 律中的材料常数视为独立随机变量,事先假定其服从某一分布。低周疲劳试验获得的循环应变 ϵ —寿命 N 数据中,只有 N 数据可以验证统计分布,材料常数的随机性需要通过循环应变—寿命关系如 Coffin-Manson 律拟合试验数据得到。因此,材料常数是独立随机变量。而且,事先假定服从某一分布,无法验证。

本文借鉴高周疲劳可靠性分析中 $P-S-N$ 曲线的描述方法,引入概率循环应变—寿命 ($P-\epsilon-N$) 曲线表征循环应力—寿命的分散性,基于 Coffin-Manson 律,应用线性回归技术和极大似然法,发展曲线及其置信限的估计方法,应用 1Cr18Ni9Ti 不锈钢焊缝金属的低周疲劳试验结果验证方法的有效性。

1 概率循环应变—寿命曲线

Coffin-Manson 律可表示为:

$$\epsilon_a = \frac{\sigma'_f}{E}(2N)^b + \epsilon'_f(2N)^c \quad (1)$$

式中, ϵ_a 、 E 、 σ'_f 、 b 、 ϵ'_f 和 c 分别为循环总应变幅、Young 氏模量、疲劳强度系数、疲劳强度指数、疲劳塑性系数和疲劳塑性指数。

考虑材料常数的随机性只能通过循环应变—寿命关系如 Coffin-Manson 律拟合试验数据获得;应变控制疲劳试验获得数据中只有 N 数据是可以验证统计分布,与现有应变疲劳可靠性分析中视 Coffin-Manson 律中的材料常数为独立随机变

量、事先假定服从某一分布进行可靠性分析的方法不同,这里视 Coffin-Manson 关系表示均值意义,借鉴高周疲劳可靠性分析中 $P-S-N$ 曲线的描述方法,引入如下概率循环应变—寿命 ($P-\epsilon-N$) 曲线表征循环应力—寿命的分散性:

文献[8]应用类似于文献[9~10]的方法,从有限数据角度,综合考虑总体拟合效果、与疲劳失效机制和设计分析的安全性,通过比较三参数 Weibull 分布、两参数 Weibull 分布、对数正态分布和极大值分布对试验数据的拟合效果,研究了 1Cr18Ni9Ti 不锈钢焊缝金属低周疲劳裂纹萌生寿命的统计模型,得出了极大值和对数正态分布是疲劳寿命良好假设分布的结论。从方便性角度,采用对数正态分布作为疲劳寿命的良好假设分布。基于 Coffin-Manson 律,将概率循环应变—寿命曲线近似描述为均值和均方差应变—对数疲劳寿命

$$\epsilon_a = \frac{\sigma'_{fm}}{E_m}(2N_m)^{b_m} + \epsilon'_{fm}(2N_m)^{c_m} \quad (2)$$

$$\epsilon_a = \frac{\sigma'_{fs}}{E_s}(2N_s^*)^{b_s} + \epsilon'_{fs}(2N_s^*)^{c_s} \quad (3)$$

式中, $N_s^* = 10^{(\lg N)_s}$, 下标 m 和 s 分别表示均值和均方差。这样,任意可靠度下的疲劳分析可根据正态分布函数方便进行。曲线由如下方法估计:

Coffin-Manson 律实际上是弹性应变幅 ϵ_e 和塑性应变幅

$$\epsilon_p \text{ 之和,即 } \sigma_e = \frac{\sigma'_f}{E}(2N)^b \quad (4)$$

$$\sigma_p = \epsilon'_f(2N)^c \quad (5)$$

弹性部分,对式(4)两边取对数可得:

$$\lg N = \frac{1}{b} \lg(E\epsilon_e) - \frac{1}{b} \lg(2^b \sigma'_f) \quad (6)$$

令 $Y = \lg N$, $X_e = \lg(E\epsilon_e)$, $A_e = -\lg(2^b \sigma'_f)/b$, $B_e = 1/b$ (7) 可得标准线性方程

$$Y = A_e + B_e X_e \quad (8)$$

当疲劳寿命服从对数正态分布即 Y 服从正态分布时,弹性部分的分散性可近似模拟为:

$$Y_m = A_{em} + B_{em} X_{em} \quad (9)$$

$$Y_s = A_{es} + B_{es} X_{es} \quad (10)$$

式中, $X_{em} = \lg(E_m \epsilon_e)$, $X_{es} = \lg(E_s \epsilon_e)$, 下标 m 和 s 分别表示均

收稿日期:2000-04-06

基金项目:国家自然科学基金(50075073)、四川省青年科技基金、四川省强度与振动重点实验室开放基金、中国博士后科学基金(1999-2000)、国防科委 95 攻关预研资金和四川省应用基础资金项目资助。

值和均方差。从 n 个试样的独立试验中,可得到 n 对 $(E_i, \epsilon_{ei}, N_i)$ ($i=1, 2, \dots, n$) 数据,根据式(7)可得到 n 对 (X_{ei}, Y_i) 数据,建立疲劳寿命服从对数正态分布的如下似然函数^[11]:

$$L = \prod_{i=1}^n \frac{1}{\sqrt{2\pi} Y_{si}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{Y_i - Y_{mi}}{Y_{si}} \right)^2 \right] \quad (11)$$

上式为材料常数 A_{em} 、 A_{es} 、 B_{em} 和 B_{es} 的函数。代入式(9)~(10),根据极大似然法原理,使似然函数最大,采用数学规划法可求得这些材料常数。获得 A_{em} 、 A_{es} 、 B_{em} 和 B_{es} 后,弹性部分的随机材料常数,可由下面两式获得

$$b_m = 1/B_{em}, \sigma'_{fm} = 10^{-A_{em} b_m} / 2^{b_m}, \quad E_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i \quad (12)$$

$$b_s = 1/B_{es}, \sigma'_{fs} = 10^{-A_{es} b_s} / 2^{b_s}, \quad E_s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (E_i - E_m)^2} \quad (13)$$

可将式(9)和(10)分别转换为如下形式

$$\epsilon_e = \frac{\sigma'_{fm}}{E_m} (2N_m)^{b_m} \quad (14)$$

$$\epsilon_e = \frac{\sigma'_{fs}}{E_s} (2N_s^*)^{b_s} \quad (15)$$

塑性部分,对式(5)两边取对数可得

$$\lg N = -\frac{1}{c} \lg(2\epsilon'_f) + \frac{1}{c} \lg \epsilon_p \quad (16)$$

令 $Y = \lg N$, $X_p = \lg \epsilon_p$, $A_p = -\lg(2\epsilon'_f)/c$, $B_p = 1/c$ (17)

可得线性方程 $Y = A_p + B_p X_p$ (18)

当疲劳寿命即 Y 服从对数正态分布,塑性部分的分散性可近似模拟为:

$$Y_m = A_{pm} + B_{pm} X_p \quad (19)$$

$$Y_s = A_{ps} + B_{ps} X_p \quad (20)$$

式中,下标 m 和 s 分别表示均值和均方差。从 n 个试样的独立试验中,可得到 n 对 (ϵ_{pi}, N_i) ($i=1, 2, \dots, n$) 数据,根据式(18)可得到 n 对 (X_{pi}, Y_i) 数据,建立如下疲劳寿命服从对数正态分布的似然函数^[11]:

$$L = \prod_{i=1}^n \frac{1}{\sqrt{2\pi} Y_{si}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{Y_i - Y_{mi}}{Y_{si}} \right)^2 \right] \quad (21)$$

上式为材料常数 A_{pm} 、 A_{ps} 、 B_{pm} 和 B_{ps} 的函数。代入式(19)~(20),根据极大似然法原理,使似然函数最大,采用数学规划法可求得这些材料常数。令

$$c_m = 1/B_{pm}, \epsilon'_{fm} = 10^{-A_{pm} c_m} / 2^{c_m} \quad (22)$$

$$c_s = 1/B_{ps}, \epsilon'_{fs} = 10^{-A_{ps} c_s} / 2^{c_s} \quad (23)$$

式(19)和(20)可变换为

$$\epsilon_p = \epsilon'_{fm} (2N_m)^{c_m} \quad (24)$$

$$\epsilon_p = \epsilon'_{fs} (2N_s^*)^{c_s} \quad (25)$$

分别合并式(14)和(24)及式(15)和(25),可得到式(2)和式(3)所示概率循环应变—寿命曲线。

2 置信限

弹性部分,在给定显著水平 α 下,弹性部分应用式(8)线

性拟合的置信限 Y_c 可表示为^[12]

$$P\{Y_m - e_e < Y_c < Y_m + e_e\} = 1 - \alpha \quad (26)$$

$$Y_c = Y_m \pm e_e \quad (27)$$

式中, e_e 为弹性部分拟合误差函数,与显著水平 α 、试样数 n 和应变幅 ϵ_i 大小有关,定义为

$$e_e = t_{\alpha/2}(n-2) s_e \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(X_e - \bar{X}_e)^2}{L_{exx}}} \quad (28)$$

$t(n-2)$ 为自由度为 $n-2$ 的 t -分布, s_e 为弹性部分拟合残余均方差,定义为

$$s_e = \sqrt{\frac{1}{n-2} \frac{L_{exx} L_{yy} - L_{exy}^2}{L_{exx}}} \quad (29)$$

$$L_{exx} = \sum_{i=1}^n (X_{ei} - \bar{X}_e)^2 \quad (30)$$

$$L_{yy} = \sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 \quad (31)$$

$$L_{exy} = \sum_{i=1}^n (X_{ei} - \bar{X}_e)(Y_i - \bar{Y}) \quad (32)$$

$$\bar{X}_e = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_{ei} \quad (33)$$

$$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i \quad (34)$$

从式(28)可知,当 X_e 等于 $\bar{X}_e$,根号内有最小值,上下置信限最窄,说明预计结果离真值最近; X_e 离 $\bar{X}_e$ 越远,根号内值越大,上下置信限越宽,说明预计结果离真值越远。当 $n \rightarrow \infty$,根号内的值趋近于1,上下置信限可近似表示为

$$Y_c = Y_m \pm t_{\alpha/2}(n-2) s_e \quad (35)$$

代入式(9)可得

$$Y_c = A_{em} + B_{em} X_{em} \pm t_{\alpha/2}(n-2) s_e \quad (36)$$

令 $Y_U = \lg N_U \sigma'_{fU} = 10^{-(A_{em} + t_{\alpha/2}(n-2) s_e) b_m} / 2^{b_m}$ (37)

$$Y_L = \lg N_L \sigma'_{fL} = 10^{-(A_{em} - t_{\alpha/2}(n-2) s_e) b_m} / 2^{b_m} \quad (38)$$

弹性部分的置信上下限可近似表示为

$$\epsilon_e = \frac{\sigma'_{fU}}{E_m} (2N_U)^{b_m} \quad (39)$$

$$\epsilon_e = \frac{\sigma'_{fL}}{E_m} (2N_L)^{b_m} \quad (40)$$

式中,下标 U 和 L 分别表示置信上下限。

塑性部分的分析与弹性部分相类似,可以得到给定显著水平 α 下塑性部分拟合的上下置信限为

$$\epsilon_p = \epsilon'_{fU} (2N_U)^{c_m} \quad (41)$$

$$\epsilon_p = \epsilon'_{fL} (2N_L)^{c_m} \quad (42)$$

式中

$$\epsilon'_{fU} = 10^{-(A_{pm} + t_{\alpha/2}(n-2) s_p) c_m} / 2^{c_m} \quad (43)$$

$$\epsilon'_{fL} = 10^{-(A_{pm} - t_{\alpha/2}(n-2) s_p) c_m} / 2^{c_m} \quad (44)$$

s_p 为塑性部分的拟合残余均方差,与弹性部分 s_e 的计算方法类似。

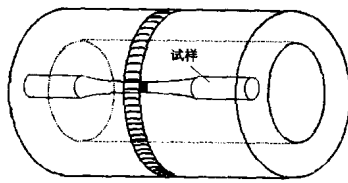
分别将式(39)和(41)及式(40)和(42)相加,可得给定显著水平 α 下,基于 Coffin-Manson 律拟合循环应变—寿命数据的上下置信限近似表达式为

$$\epsilon_a = \frac{\sigma'_{fU}}{E_m} (2N_U)^{b_m} + \epsilon'_{fU} (2N_U)^{c_m} \quad (45)$$

$$\epsilon_a = \frac{\sigma'_L}{E_m} (2N_L)^{b_m} + \epsilon'_{fL} (2N_L)^{c_m} \quad (46)$$

3 应用

文献[13]完成了图 1 所示核动力设备用材料——1Cr18Ni9Ti 不锈钢管道焊接头 6 组试样在 240℃ 下的成组法低周疲劳试验。材料和试验情况参见文献[8], 试验结果参见后面图 2 和图 3。值得注意的是, 按规范^[14]以裂纹萌生寿命为设计分析依据。裂纹萌生寿命定义为试样表面主导裂纹长度达到 0.5mm 时的应变循环次数^[15], 约为断裂寿命的 80%^[13]。该材料不仅循环应变—寿命数据存在很大分散性, 而且循环应力—应变响应也存在很大分散性^[13,16]。文献[17]对这一分散性的描述方法做了探索, 文献[18~19]在



▲ 图 1 1Cr18Ni9Ti 不锈钢管道焊接头和试样

提出“有效短裂纹准则”后, 说明了“主导有效短裂纹”裂尖前沿微观结构扩展条件的差异, 是随机疲劳损伤演化行为以及疲劳寿命和循环应力—应变响应存在分散性的本质原因。

应用前面方法, 分析循环应变—寿命试验数据, 得到该材料的概率循环应变—寿命曲线为

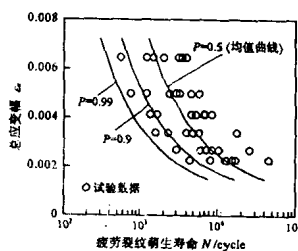
$$\epsilon_a = \frac{1454.74}{254279} (2N_m)^{-0.154153} + 2.14212 (2N_m)^{-0.73155} \quad (47)$$

$$\epsilon_a = \frac{0.1595 \times 10^{18}}{62478} (2N_s^*)^{-25.3029} + 108.76 (2N_s^*)^{-7.9599} \quad (48)$$

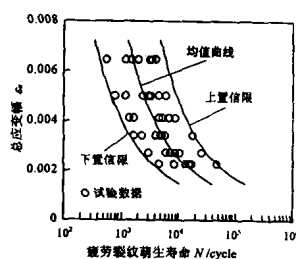
显著水平 0.05 下的上下置信限为

$$\epsilon_a = \frac{1789.68}{254279} (2N_U)^{-0.154153} + 5.94016 (2N_U)^{-0.731555} \quad (49)$$

$$\epsilon_a = \frac{118249}{254279} (2N_L)^{-0.154153} + 0.772486 (2N_L)^{-0.731555} \quad (50)$$



▲ 图 2 概率循环应变—寿命曲线对 1Cr18Ni9Ti 不锈钢管道焊接头试验数据的拟合效果



▲ 图 3 显著水平 0.05 下拟合 1Cr18Ni9Ti 不锈钢管道焊接头试验数据的上下置信限

图 2 给出了概率循环应变—寿命曲线对试验数据的拟合效果, 图 3 给出了上下置信限与试验数据的关系。从图中可知, 概率曲线较好地表征了试验数据的分散性。

4 结论

引入了概率循环应变—寿命曲线描述低周疲劳循环应变—寿命试验数据的分散性。应用线性回归技术和极大似然法原理, 发展了曲线及其置信限的估计方法。方法采用经验证的良好假设分布即对数正态分布模拟疲劳寿命的分散性。基于 Coffin-Manson 律, 将曲线近似表征为均值和均方差循环应变—寿命曲线的形式。任意可靠度下的疲劳分析可方便地根据正态分布进行。与现有独立随机变量观点不同, 材料常数视为关联随机变量。1Cr18Ni9Ti 不锈钢管道焊接头试验数据的分析验证了方法的有效性。

参考文献:

- [1] Coffin L F. Fatigue at high temperature-prediction and interpretation[J]. Proc. Inst. Mech. Engrs, 1974, 188:109~127.
- [2] Manson S S. Fatigue: a complex subject-some simple approximations[J]. Exp. Mech., 1965, 5:193~226.
- [3] Park J H, Song J H. Detailed evaluation of methods for estimation of fatigue properties[J]. Int. J. Fatigue, 1995, 17:365~373.
- [4] Wirsching P H, Torng T Y, Martin W S. Advanced fatigue reliability analysis[J]. International Journal of Fatigue, 1991, 13:389~394.
- [5] Bargmann H, Rustenberg I, Devlukia J. Reliability of metal components in fatigue: a simple algorithm for the exact solution[J]. Fatigue Fract. Engng Mater. Struct., 1994, 17:1445~1457.
- [6] Baldwin J D, Thacker J G. A strain-based fatigue reliability analysis method[J]. Journal of Mechanical Design ASME, 1995, 117:229~234.
- [7] Zhao J, Tang J, Wu H C. A reliability assessment method in strain-based fatigue life analysis[J]. Journal of Pressure Vessel Technology ASME, 1998, 120:99~104.
- [8] 赵永翔, 高庆, 蔡力勋. 管道结构焊接头 240℃ 低周疲劳试验裂纹萌生寿命的统计分布[J]. 核动力工程, 1999, 20:42~48.
- [9] Zhao Y X, Gao Q, Wang J N. An approach for determining an appropriate assumed distribution of fatigue life under limited data[J]. Reliability Engineering and System Safety, 2000, 67:1~7.
- [10] Zhao Y X, Gao Q, Sun X F. A statistical investigation of the fatigue lives of Q235 steel-welded joints[J]. Fatigue Fract. Engng Mater. Struct., 1998, 21:781~790.
- [11] 浙江大学数学系高等数学教研组. 概率论与数理统计[M]. 北京: 高等教育出版社, 1979.
- [12] Loftus G R, Loftus E F. Essence of statistics[M]. 2nd edn. Alfred A. Knopf, Inc., New York, 1988.
- [13] 赵永翔. 低周疲劳短裂纹行为和可靠性分析[D]. 成都: 西南交通大学, 1998.
- [14] ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section III-1995. Rules for Construction of Nuclear Power Plant Components Division 1-Appendices[S]. New York: The American Society of Mechanical Engineers, 1995.
- [15] Miller K J. The behaviour of short fatigue cracks and their initiation, part II-a general summary[J]. Fatigue Fract. Engng Mater. Struct., 1987, 10:93~113.
- [16] 赵永翔. 动力设备的应变疲劳可靠性分析方法. [D]. 成都: 西南交通大学, 2000.
- [17] Zhao Y X, Gao Q, Wang J N. Interaction and evolution of short fatigue cracks[J]. Fatigue Fract. Engng Mater. Struct., 1999, 22:459~467.
- [18] Zhao Y X, Gao Q, Wang J N. Microstructural effects on the short crack behaviour of a stainless steel-weld metal during low-cycle fatigue[J]. Fatigue Fract. Engng Mater. Struct., 1999, 22: 469~480.

作者简介: 赵永翔(1963—), 男, 副教授, 博士, 从事可靠性、维修性和疲劳理论研究。

文章编号:1006-2343-(2000)04-0013-02

新型 6-SPS 并联机床局部 承载能力分析

金振林¹, 高峰²

(1. 燕山大学 机械工程学院, 河北 秦皇岛 066004; 2. 河北工业大学, 天津)

摘要:应用并联机器人机构学理论,定义了一种新型 6-SPS 并联机床处于初始装配位姿时的承载能力性能指标,并分析其承载能力性能指标与结构参数关系,为设计和使用该结构方案的并联机床提供理论依据。

关键词:并联机床;并联机构;承载能力

中图分类号:TP242.2 文献标识码:A

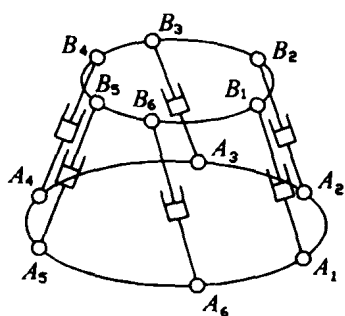
并联机床(parallel machine tools)是九十年代并联机器人技术在数控机床领域的一项创造性应用,其结构原型是并联机器人的典型机构——Stewart 平台(如图 1 所示)。本文提出的六自由度并联机床结构,采用如图 2 所示的 6-SPS 并联机构,是 Stewart 平台的一种变异形式。该并联机床的结构如图 3 所示,由固定平台 1、运动平台 2、6 个由直线移动驱动杆及其与运动平台、固定平台相连的球铰构成的支路 3 和装在运动平台上的电主轴与切削刀具 4 组成。与一般的 Stewart 平台结构不同的是,与运动平台相连的 6 个球铰的中心并不是分布在同一圆周上,与固定平台相连的 6 个球铰的中心也不是分布在同一圆周上;其特点在于:与运动平台相连的六个球铰分为三组,每组两个,各组球铰的中心连线在空间两两互相垂直;与固定平台相连的六个球铰分为三组,每组两个,各组球铰的中心连线在空间两两互相垂直;与运动平台相连的各组球铰的中心距和与之对应的与固定平台相连的球铰的中心距相等。运动平台通过 6 个支路的直线移动驱动杆的伸缩实现任意位置与姿态的运动,从而使安装在运动平台上的刀具完成任意空间曲面的加工。

由于并联机床采用并联机器人机构,所以并联机器人机

构学理论可应用于并联机床的研究。Gosselin^[1]1993 年首次提出并联机器人各项同性设计的概念,并认为若并联机器人在其工作空间内存在一点是各向同性的,则在其工作空间内具有好的性能;黄田等人^[2]论证了若并联机器人局部灵活度和各项同性是满意的,则全域灵活度和各项同性也一定是满意的。本文定义新型 6-SPS 并联机床处于初始装配位姿时的承载能力性能指标,并分析其承载能力性能指标与几何参数关系,分析计算结果表明,该并联机床是局部承载能力各项同性的,所以具有最佳的力传递性能。

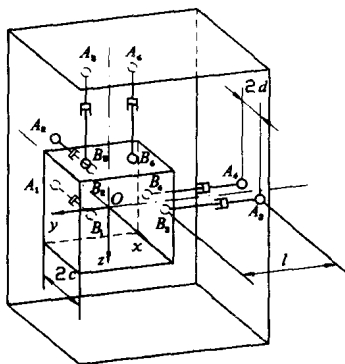
1 力 Jacobian 矩阵与力方程

与球铰分组对应,将 6 个支路分为三组,每组两个,选择当各支路长度相等,并且各组支路轴线构成的平面两两相互垂直时的位姿为机床初始装配位姿。如图 2 所示,建立固定坐标系 $O-xyz$,三个坐标轴分别与机床处于初始装配位姿时三组支路轴线的对称线重合。若与固定平台相连的 6 个球铰点记作 A_i ,机床处于初始装配位姿时它们的空间位置以矢量 A_i 表示;与运动平台相连的 6 个球铰点记作 B_i ,机床处于初始装配位姿时它们的空间位置以矢量 B_i 表示,则有



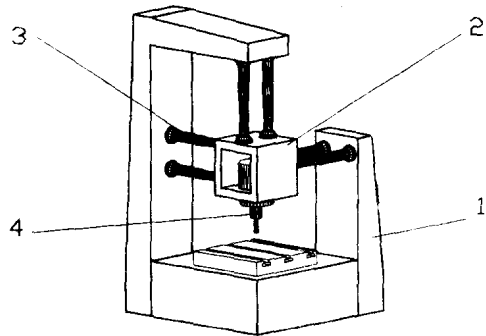
Stewart 平台机构简图

▲ 图 1



机构简图与结构参数

▲ 图 2



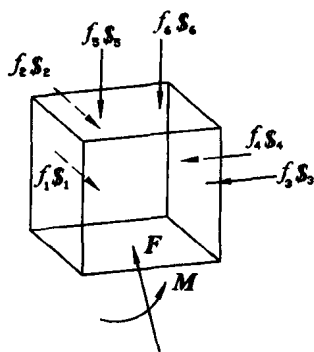
6-SPS 并联机床结构示意图

▲ 图 3

收稿日期:2000-02-21

基金项目:河北工业大学“211”工程资助。

$$\begin{aligned} A_1 &= (- (c+l) \ 0 \ d)^T, \quad B_1 = (-c \ 0 \ d)^T \\ A_2 &= (- (c+l) \ 0 \ -d)^T, \quad B_2 = (-c \ 0 \ -d)^T \\ A_3 &= (d \ - (c+l) \ 0)^T, \quad B_3 = (d \ -c \ 0)^T \\ A_4 &= (-d \ (c+l) \ 0)^T, \quad B_4 = (-d \ -c \ 0)^T \\ A_5 &= (0 \ d \ - (c+l))^T, \quad B_5 = (0 \ d \ -c)^T \\ A_6 &= (0 \ -d \ - (c+l))^T, \quad B_6 = (0 \ -d \ -c)^T \end{aligned} \quad (1)$$



如图 4 所示,当以力螺旋量表示 6 个驱动杆 i 的驱动轴力时,考虑运动平台的力平衡,6 个驱动杆的力螺旋之和应与作用在运动平台上的外力与外力矩相平衡,因此可列出螺旋方程^[4]

$$\sum_{i=1}^6 f_i \mathcal{S}_i = (F) + \epsilon (M) \quad (2)$$

▲ 图 4 运动平台受力分析简图 式中 F 、 M ——作用在运动平台上的外力与外力矩矢量(由切削力产生)

f_i ——驱动杆 i 的驱动轴力

$\mathcal{S}_i$ ——驱动杆 i 上的单位螺旋

$$\mathcal{S}_i = s_i + \epsilon s_{0i} \quad s_i^T s_i = l, s_i^T s_{0i} = 0 \quad (3)$$

$$s_i = (B_i - A_i) / |B_i - A_i| \quad (4)$$

$$s_{0i} = A_i \times s_i = A_i \times B_i / |B_i - A_i| \quad (5)$$

则由(2)式可得力方程 $\begin{pmatrix} F \\ M \end{pmatrix} = Gf \quad (6)$

式中 $G = \begin{bmatrix} s_1 & s_2 & s_3 & s_4 & s_5 & s_6 \\ s_{01} & s_{02} & s_{03} & s_{04} & s_{05} & s_{06} \end{bmatrix} \quad (7)$

$$(f) = (f_1 \ f_2 \ f_3 \ f_4 \ f_5 \ f_6)^T \quad (8)$$

由式(1)~(7)得该并联机床结构在初始装配位姿的力 Jacobian 矩阵为

$$G = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & d & -d \\ d & -d & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & d & -d & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (9)$$

考虑力与力矩有不同的量纲,将力方程(6)式改写为如下的形式

$$F = [G_F]f \quad (10)$$

$$M = [G_M]f \quad (11)$$

由式(9)得

$$G_F = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (12)$$

$$G_M = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & d & -d \\ d & -d & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & d & -d & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (13)$$

2 局部承载能力指标分析

承载能力是并联机床的主要性能指标之一,它直接影响最大切削用量的选择和机床抗振能力。当并联机床驱动杆驱动轴力矢量的模为某一值时,作用在运动平台参考点上与之平衡的外力矢量,由于其作用方向不同其大小可能不同。

定义当驱动杆驱动轴力矢量 f 的模为单位 1 时,作用在运动平台参考点上与之平衡的外力矢量模的极值为并联机床的承载能力性能指标,由力方程(10)、(11)式知该性能指标包含力性能指标和力矩性能指标两部分,即外力矢量模的极值包含力 F 与力矩 M 极值两部分,利用拉格朗日乘子 λ_F 、 λ_M ,构造如下拉格朗日函数

$$L_F = f^T G_F^T G_F f - \lambda_F (f^T f - 1) \quad (14)$$

$$L_M = f^T G_M^T G_M f - \lambda_M (f^T f - 1) \quad (15)$$

条件极值的必要条件是:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial L_F}{\partial \lambda_F} &= 0: (f^T f - 1) = 0 \\ \frac{\partial L_F}{\partial f} &= 0: G_F^T G_F f - \lambda_F f = 0 \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial L_M}{\partial \lambda_M} &= 0: (f^T f - 1) = 0 \\ \frac{\partial L_M}{\partial f} &= 0: G_M^T G_M f - \lambda_M f = 0 \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

由式(16)、(17)知,拉格朗日乘子 λ_F 、 λ_M 即是矩阵 $G_F^T G_F$ 、 $G_M^T G_M$ 的特征值,外力矢量 F 和 M 的模方 $\|F\|^2$ 和 $\|M\|^2$ 可以写为

$$\|F\|^2 = F^T F = f^T G_F^T G_F f = f^T \lambda_F f = \lambda_F \quad (18)$$

$$\|M\|^2 = M^T M = f^T G_M^T G_M f = f^T \lambda_M f = \lambda_M \quad (19)$$

因此,外力矢量 F 和 M 模的极值就是矩阵 $G_F^T G_F$ 、 $G_M^T G_M$ 的最大、最小特征值的开方,由式(12)、(13)得

$$\|F_{\max}\| = \sqrt{\lambda_{F\max}} = \sqrt{2} \quad (20)$$

$$\|F_{\min}\| = \sqrt{\lambda_{F\min}} = \sqrt{2} \quad (21)$$

$$\|M_{\max}\| = \sqrt{\lambda_{M\max}} = \sqrt{2}d \quad (22)$$

$$\|M_{\min}\| = \sqrt{\lambda_{M\min}} = \sqrt{2}d \quad (23)$$

3 结 论

对提出的新型 6-SPS 并联机床结构的局部承载能力性能指标分析计算结果表明:

(1) 当驱动杆驱动轴力矢量 f 模为单位 1 时,作用在运动平台参考点上与 f 平衡的外力矢量 F 模的极大极小值相等,外力矩矢量 M 模的极大极小值相等,说明该结构型式的并联机床处于初始装配位姿时是承载能力各项同性的,所以具有最佳的力传递性能。

(2) 该并联机床在初始装配位姿位置时力性能指标与结构参数无关,力矩性能指标与结构参数 d 成正比。

参考文献:

- [1] Gosselin, C. M. et al. On the kinematic design of spherical 3-DOF parallel manipulators [J]. International Journal of Robotics Research, 1993, 12(4): 394-402.
- [2] 黄田等. Stewart 并联机器人局部灵活度和各项同性条件解析 [J]. 机械工程学报, 1999, 35(5): 41-46.
- [3] 高峰, 金振林等. 六自由度虚拟轴机床 [P]. 中国发明专利: CN 126 1018A.
- [4] 黄真等. 并联机器人机构学理论及控制 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1997.
- [5] 熊有伦等. 机器人学 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1993.

作者简介: 金振林(1962—)男,副教授,博士生,从事并联机床、机器人力传感器技术、精密加工技术等方面的研究。

文章编号:1006-2343-(2000)04-0015-03

机电一体化产品概念设计的三层模糊优序评价模型

田志斌, 邹慧君, 郭为忠
(上海交通大学 机械工程学院, 上海 200030)

摘 要:针对概念设计阶段评价指标及重要度不确定、信息模糊、不完整的特点,在模糊理论的基础上提出了一个三层模糊优序评价模型:模糊预序评价模型,模糊半优序评价模型,模糊全序评价模型。该模型为概念设计的评价提供了一个较为合理的依据。在文章的最后给出了机电产品的一个应用实例。
关键词:机电一体化产品;概念设计;模糊集合;优序评价
中图分类号:TB 21 文献标识码:A

机电系统的概念设计阶段主要是要确定机电产品的工作原理方案,评价是这一阶段必不可少而且至为重要的一部分。该阶段的评价主要是根据能得到的信息,对备选方案集中的方案作出尽量全面的评价,得出综合最优的方案集,为后续设计工作提供合理的分析基础。

1 概念设计阶段评价体系特征

对概念设计阶段的评价问题已经有学者作了一定的研究^[1,2],但所使用的方法通常为以下两种:一种是多目标决策,另一种是模糊决策。这两种方法应用于机电产品的概念设计时,有一些不足之处:两者得出的评价结果都是一个完全的优劣关系,使设计者马上得出所谓的最优方案。

因此,概念设计中的评价体系应该具有以下特性:

(1) 定性信息的处理

这是由概念设计的特性决定的,该阶段应能处理模糊语意表达;

(2) 多评价准则的统一考虑

不能因为一个方案的某一评价指标很差而轻易放弃该方案,也不能因为某一指标很强而轻易地选择它。评价结果不一定是一个完全排序关系,而应该是一个分级可比的优序关系。

(3) 提供多层次的评价优序关系

设计者需要在不同阶段、不同角度对备选方案作出评价,因而评价模型应该具有柔性。

(4) 指出改进方向的评价

评价的目的是要求在评价中得出该方案在后续的设计过程中应该着重解决的问题和努力的方向。

2 概念设计阶段的三层次模糊优序评价模型

概念设计阶段的评价模型随设计过程的深化而不断变

化。单一的评价模型是不适合于概念设计全过程的。因而文中提出了三种模糊优序评价模型:模糊预序评价、模糊半序评价和模糊全序评价。它们是在 Wang^[3]的评价模型基础上发展起来的,分别适用于概念设计初期、中期和后期三个阶段。

2.1 模糊预序评价模型

在概念设计初期,严格区分每一个备选方案也是不可能的。评定的目的是找出各备选方案的优、缺点,淘汰各方面都比较差的方案,剩下几个“较优”方案进行改进和细化。在该评价中,要做到两点:第一,不能去掉在某一方面相当出色的备选方案;第二,将备选方案划分为几个等级,每个等级中可以有多个方案,上一级优于下一级,同级方案间优劣不可比较。下面定义模糊预序评价中指标的几种定性优序关系。

定义 1 设两方案 A 和 B 对评价指标 E_i 的值为模糊数 a 和 b ,它们之间的模糊距为 R_{ab}

① 如果 $R_{ab} \geq p$,称方案 A 在指标 E_i 上强优于方案 B,记为 $aP_p b$;

② 如果 $q < R_{ab} \leq p$,称方案 A 在指标 E_i 上弱优于方案 B,记为 $aQ_q b$;

③ 如果 $|R_{ab}| \leq q$,称方案 A 在指标 E_i 上与方案 B 不可区分,记为 $aI_q b$;

式中: $R_{ab} = R(a, b) - R(b, a)$,模糊距; P 为强优阈值, $0 < p \leq 1$; q 为弱优阈值, $0 \leq q < 1$,且 $q < p$ 。

上式表明,如果两指标的模糊距 R_{ab} 大于 p ,则指标值 a “强优于”指标值 b ;如果模糊距 R_{ab} 在强优阈值 p 和弱优阈值 q 之间,表示指标值 a “弱优于”指标值 b ;如果模糊距 R_{ab} 小于弱优阈值 q ,表示指标值 a 与指标 b 差不多,“不可区分”。模糊预序评价准则,设两备选方案 A 与 B,评价指标 $E_i (i = 1, \dots, n)$,指标值为 a_i, b_i ,满足以下条件:

① 对于任何评价指标 E_i, b_i 都不强优于 a_i ,即 $\forall I$ (对所有 i) $b_i P_p a_i$ 为错;

② $|S_P| + |S_Q| > |S_Q|$ 称方案 A 在预序评价中“优于”B,记为 $A \rightarrow B$ 。否则“不可比较”,记为 $A ? B$ 。

式中: $S_P = \{i | a_i P_p b_i\}$,表示评价指标值 a_i 强优于 b_i 的评价指标集合;

收稿日期:2000-05-11

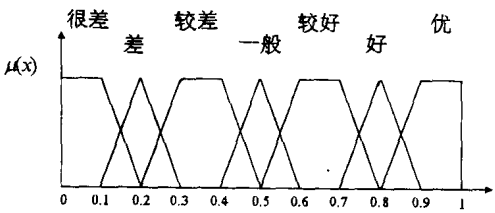
$S_Q = \{i | a_i Q_p b_i\}$, 表示评价指标值 a_i 弱优于 b_i 的评价指标集合;

$S_Q = \{i | a_i Q_p b_i\}$, 表示评价指标值 b_i 弱优于 a_i 的评价指标集合。

它表明如果方案 A 优于方案 B, 则①对任何评价指标, B 的指标值不能强优于 A; ②A 强优和弱优于 B 的评价指标个数之和大于 B 弱优于 A 的评价指标个数, 否则方案不可比较。方案预序评价结果只有三种: $A \rightarrow B$, $A ? B$ 和 $B \rightarrow A$ 。

2.2 模糊半序评价模型

随着对设计对象的逐步了解, 但此时评价指标的重要程度仍难以定量化, 用七级语义来描述, 各语义的模糊隶属度函数^[5], 如图 1 所示。



▲ 图 1 语义的模糊隶属度表达

定义 2 设两方案 A 与 B 对评价指标 $E_i (i = 1, \dots, n)$ 的指标值分别为 a_i, b_i , 它们之间的模糊距为 R_{ab} , 该指标的重要程度 w_i (模糊数),

如果 $R(w_i \cdot R_{ab}, p) > 0.5$, 称方案 A 在评价指标 E_i 上“加权强优于”方案 B, 记为 $a_i P_p b_i$; 如果 $0 \leq R(w_i \cdot R_{ab}, p) \leq 0.5$, 称方案 A 在评价指标 E_i 上与方案 B “加权不可区分”, 记为 $a_i I_p b_i$;

式中 p 为强优阈值, $0 < p \leq 1$

$R(w_i \cdot R_{ab}, p) > 0.5$ 表示加权模糊距 $w_i R_{ab}$ 大于强优阈值 p (p 在这里虽然是一个精确数, 但精确数是模糊数的特例, 所以仍能计算模糊优序关系)。在单一指标的模糊半序评价方法的基础上, 我们提出多指标的模糊半序评价的准则。

模糊半序评价准则 设两备选方案 A 与 B, 如果满足以下条件:

① 对于任何评价指标 $E_i (i = 1, \dots, n)$, 指标值 b_i 都不加强优于 a_i , 即 $\forall i$ (对所有 i), $b_i P_p a_i$ 为错;

② $R(\sum_{j \in X} w_j, \sum_{k \in Y} w_k) > 0.5$ 。

以上判别准则为模糊半序评价准则, 它表明如果方案 A 优于方案 B, 则①对任何评价指标, B 的指标值都不“加强优于”A 的指标值; ②A 弱优以上于 B 的评价指标权重之和大于 B 弱优以上于 A 的评价指标权重之和。经过模糊半序评价, 方案 A 与 B 之间也只有三种关系: $A \rightarrow B$, $A ? B$ 和 $B \rightarrow A$ 。这里“不可比较”的含义与预序评价基本相同, 只是加入了重要程度的考虑, 更细致一些。因而模糊半序评价有可

能使预序评价中不可比较的方案分出优劣来, 同时由于重要程度的加入, 可能会改变预序评价的次序。

2.3 模糊全序评价模型

概念设计的最终评价结果能够将方案按其综合评价完全排序, 得出方案的优劣顺序。针对以上要求, 利用模糊全序评价模型得出结果。在全序评价中, 不使用任何阈值。首先定义方案 A 优于方案 B 的程度。

定义 3 设方案 A 与方案 B, 在评价指标 $E_i (i = 1, \dots, n)$ 上的指标值分别为 a_i, b_i , 则称模糊数

$$P(A, B) = \sum_{i=1}^n w_i \cdot R(a_i, b_i)$$

为方案 A 在模糊全序评价中优于方案 B 的程度。 W_i 为评价指标 E_i 的重要程度 (模糊数); $R(a_i, b_i)$ 为 a_i 与 b_i 模糊优序关系。

定义 4 设备选方案集为 $A = \{A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_n\}$, 我们定义方案 A_i 优于所有其它方案的程度为:

$$P(A_i) = \sum_{j=1, j \neq i}^n P(A_i, A_j)$$

由于 $P(A_i, A_j)$ 为模糊数, 所以 $P(A_i)$ 也是模糊数。如果按它给各方案的优劣排序, 则可以使用的模糊全序评价准则:

模糊全序评价准则 设备选方案集为 $A = \{A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_n\}$, 其中任意两个方案如果满足关系:

① $R(P(A_i), P(A_j)) > 0.5$, 称方案 A_i 在模糊全序评价中“优于”方案 A_j , 记为 $A_i \rightarrow A_j$;

② $R(P(A_i), P(A_j)) = 0.5$, 称方案 A_i 与方案 A_j 在模糊全序评价中“不可区分”, 记为 $A_i \approx A_j$;

经过模糊全序评价, 两方案之间的全序结果只有三种: $A_i \rightarrow A_j$, $A_i \approx A_j$ 和 $A_j \rightarrow A_i$ 。注意, 这里不再出现“不可比较”关系, 取而代之的是“不可区分”关系。因为在全序评价中所有方案都是可以相互比较的, 比较结果有两种: “优于”或“不可区分”。在最终的模糊全序评价中, 一般来说设计者要根据最终的评价结果确定一个方案进入后续的详细设计阶段, 要考虑的评价指标也就越多、越全面。系统通过计算所有指标及其重要程度, 给出评价的全序结果, 以供设计者参考。

3 三种模糊优序评价举例

为便于说明, 以汽车电动喇叭的概念设计作为例子 (如图 2), 说明三层模糊优序评价的具体应用。

3.1 模糊预序评价

在概念设计阶段初期, 使用模糊预序评价模型。根据评价指标: 成本、维护性、可靠性、结构复杂度、噪声及指标相对重要性 (分为五级, 1, 2, 3, 4, 5) 等基础数据, 利用预序评价准则, 选取强优阈值 $p = 0.70$, 弱优阈值 $q = 0.20$ 得出 5 个方案的优劣关系如下: $1 > 4$; $2 > 4$; $3 > 4$; 其余方案间是不可比较关系。将备选方案分为两个等级, 分别为 $\{1, 2, 3, 5\}$ 、 $\{4\}$ 。图中每个节点代表一个备择集, 弧的箭头指向表示排序关系。