

机械科技的未来

——国家自然科学基金机械科技
青年科学家论坛

黄志建 主编



机械工业出版社

机械科技的未来

——国家自然科学基金机械科技青年科学家论坛

主 编 黄志建

副主编 高 峰 雷源忠 陈栋豪

江苏工业学院图书馆
藏书章



机械工业出版社

(京)新登字 054 号

内 容 提 要

本书是反映最新机械科技进步及研究现状的多学科交叉的论著,作者们均是1987年~1992年国家自然科学基金机械学科资助的年龄在40岁以下的项目负责人。书中内容包括:国家自然科学基金资助情况及发展趋势;我国机械科技的发展战略;近6年来我国机械学科40岁以下青年科学家在国家自然科学基金资助所取得的科研成果;国家自然科学基金机械学科历年资助项目。

本书可供机械工程的科研、管理和工程技术人员参考,对机械科技的发展以及国家自然科学基金的申报更具有重要的指导意义。

图书在版编目(CIP)数据

机械科技的未来:国家自然科学基金机械科技青年科学家论坛/

黄志建 主编. —北京:机械工业出版社,1994. 10

ISBN 7-111-04473-8

I · 机...

II · 黄...

III · 机械工程—科学技术—远景—文集

IV · TH-1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(94)第 11983 号

出 版 人: 马九荣 (北京市百万庄南街 1 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 陈慧毅 杨少晨 封面设计: 王洪流 版式设计: 郭国庆
北京市红星黄佳印刷厂

1994 年 10 月第 1 版 · 1993 年 10 月第 1 次印刷

787mm × 1092mm 1/16 · 18.5 印张 · 480 千字 · 295 页

0001—2000 册

定价 18.00 元

前言

经过编者及广大机械科技青年工作者的辛勤努力,这本“论坛”终于问世了,这可以说是机械科技青年的一件喜事。

这本论坛颇费了编者的苦心,我们力图将这本书搞成体裁新颖,富有特色,对大家都有较大参考价值的一本书。它不仅是一本论文集,还是一本多学科交叉,反映最新机械科技进步及研究现状的论著,同时还是较全面了解机械学科资助情况的工具书

国家自然科学基金委员会自1986年成立以来,仅走过七年的历史,但她对我国科学技术的基础研究和人才培养等方面起了极大的促进作用。我们欣喜地看到,在国家自然科学基金资助下,涌现出了一批具有创新和开拓精神的年青人,他们已走上了科研第一线,许多人已成为各单位的学术带头人,这对缓解我国科技和教育界人才断层,培养跨世纪学科带头人起了很好的作用。

这本论坛的作者是1987年度至1992年度机械学科资助的40岁以下项目负责人,他们来自不同的单位,从事机械学科不同领域的研究工作,在这次“首届机械科技青年科学家学术交流研讨会”上,一起总结科学基金制成立以来,青年科学家在科学研究工作中所取得的成果和经验;研讨机械科学的前沿问题,交流学术思想和信息;评论机械科学最新突破性进展,展望机械科技发展,探索和分析萌发新兴学科的生长点;加强了科学家之间的了解与合作,促进了学科间的渗透、交叉、联合与合作。

这次由国家自然科学基金委员会材料与工程科学部组织,洛阳工学院和中国机械工程学会协办的“首届机械科技青年科学家学术交流研讨会”受到了机械科技青年工作者的热烈欢迎与支持,并受到有关部门领导、老专家的重视与支持。会议取得了许多成果,这本“论坛”只是这些成果中的一部分。我们期望这本“论坛”能为广大机械科技工作者了解国家自然科学基金,了解年青的科技新秀,了解我国机械科技基础研究的现状和发展提供借鉴。

编者

1993年12月

机械科技的未来

——青年科学家论坛

目 录

前言

第一篇 综述

国家自然科学基金机械工程科学资助概况及分析	雷源忠	黄志建	陈栋豪	(1)
机械故障诊断理论及方法的发展	马建仓	林其傲	葛文杰	(8)
一种精密制造技术——电铸			朱 获	(14)
机车车辆滚动试验台的发展及我国整车试验台的研制	张卫华	曾 京		(18)
冰洲石晶体加工技术的新发展	夏 伟	胡华南		(22)
微机辅助复合加工新技术—可控电解珩磨加工的研究现状与展望	郭东明	贾振元	卫国强	(27)

第二篇 机械学

机器人离线编程中知识表达及知识库建立的研究

.....	赵东波	秦志强	熊有伦	丁 汉	(31)
管内机器人机构的基本结构及实用新型开发	邓宗全	李 笑	陈 明	刘福利	(36)
新型爬横杆步行机——结构、尺寸综合及步态仿真	汪劲松	张江红	张伯鹏		(40)
机器人臂机构的动力学解耦设计			张玉茹		(44)
柔性机械臂运动的数学规划			李 哲		(50)
非常规行走机构研究	高 峰	魏道付	李水良		(54)
旋转机械振动分析的函数联接网络方法	贾民平	金炯华	钟秉林		(59)
SCH 型三环减速器传动性能的试验研究	刘伟强	张启先	雷天觉		(62)
球形齿轮传动原理探讨			潘存云		(66)
回转振片式超声波振子研究	张同庄	吴 宁			(71)
机械设计多专家系统协同求解原理的探讨	殷国富	孙延明	王 浩		(75)
机械可靠性分析方法的研究		刘 更	吴立言		(79)
耐磨胶粘涂层的磨损理论研究	林福严	马向东	贾东勤	邵荷生	(83)
发动机缸套—活塞环磨合研究			李 娜	于正平	(88)
C ₆₀ /SA Langmuir—Blodgett 膜的摩擦磨损机理	张 军	薛群基	汪汉卿		(92)
机械系统弹流润滑与动力学行为的耦合作用	梅雪松	邓文和	谢友柏		(97)
汽车气动特性预测的新理论模型及其应用			黄向东		(101)
随机边界元方程一般式的推导与证明			温卫东		(109)
拖拉机发动机最佳运转规律及监控装置的研究	邹 诚	王 伟	伍先安	鄂 卓	(116)
封闭空间自适应有源噪声控制需要解决的若干问题	陈克安	孙进才	马远良		(124)

共轭运动的矩阵描述	毛 明 (127)
基体组织对 VC 析出强化钢性能的影响	谢长生 赵建生 孙培祯 孙德胜 梁 夏 (133)
超高强度钢腐蚀疲劳裂纹扩展的力学—化学模型	路民旭 郑修麟 (137)
第三篇 机械制造	
RGCAD 系统——光栅扫描图像在铸造工艺 CAD 的应用	胡邦红 黄天佑 于震宗 (141)
薄板交流水平电磁铸造的悬浮与成形规律研究	任忠鸣 杨 眉 (144)
塑性流体动力润滑理论及其在冷锻加工中的应用	孟永钢 (147)
用于多层焊道轨迹跟踪的图象处理方法	陈 强 张晓峰 金建敏 (151)
焊接扭转变形的瞬态分析	蔡洪能 孟繁森 麻宁绪 (155)
复相陶瓷刀具材料研究的进展及展望	邓建新 萧 虹 艾 兴 (158)
自动化加工中刀具的可靠性及其对加工过程的影响	李兆前 艾 兴 (162)
水射流辅助 PDC 刀具切削硬质岩石制品	王成勇 魏 昕 谢影明 谭哲丽 (166)
第四篇 机械工业自动化	
高速磨抛加工的自学习控制	徐继宁 刘明远 (170)
特征造型与数据共享	黄和风 (175)
神经网络在 CAPP 专家系统中的应用	李 南 黄镇焕 (179)
特征单元技术在 CAPP 中的应用研究	曾定文 范生祥 袁裕水 谢友宝 (183)
轴套类零件参数化特征造型研究	谢友宝 曾定文 范生祥 (187)
基于功率键图的计算机建模	檀润华 苑彩云 付晓宇 段国林 王永滨 高继勇 (191)
数字式机电伺服无级变速系统工作原理及设计准则	刘 伟 秦 伟 王蜀霞 (194)
共轭曲面数字仿真原理及应用	刘 欣 张元良 刘 健 (198)
设备故障及其分析思维的特性	钟毓宁 (203)
基于神经网络的振动主动控制方法的研究	黄 田 刘 华 曾子平 (206)
集成数控车削中刀具状态的智能识别与监控技术研究	王太勇 郭千里 林 滨 朱梦周 曾子平 (210)
未知随机干扰和单调时变确定性干扰下的双模控制	刘明远 杨林森 (214)
润滑薄膜厚度测量仪的研制	黄 平 雒建斌 邹茜 孟永钢 温诗铸 (219)
工程中的小波分析及其应用	吴 雅 蔡志强 何岭松 吴 波 (223)
转向驱动轮胎测力仪的研究设计	孙逢春 张 英 李晓雷 (230)
物理量传感器静态建模与计算机辅助设计	徐科军 (234)
电子散斑干涉计量技术	方 强 (238)
一种基于神经网络的机械设备故障诊断专家系统模型	同淑荣 (240)
工程图的几何约束表示模型	成学领 (244)
附录	
国家自然科学基金首届机械科技青年科学家学术交流研讨会总结 (纪要)	(247)
机械科学学科综合评价结果	(252)
国家自然科学基金机械学科历年资助项目概览 (1982~1993)	(257)

第一篇 综述

国家自然科学基金 机械工程科学资助概况及分析

雷源忠 黄志建 陈栋豪

(国家自然科学基金委员会材料与工程科学部 北京 100083)

摘要:本文提出了学科的含义、分类和任务,简要介绍了国家自然科学基金委机械学科八年来的资助及成果概况。总结了资助项目的五个特点,提出了正确处理基础研究中的前沿与应用、前沿与创新、前沿与基础的三个关系。

0 前言

机械工程科学(Mechanical Engineering Science)是研究机械产品(或系统)的设计、制造、性能的基础理论与技术基础的科学,机械系统或产品从构思到实现要经历设计和制造两大阶段。按此划分,机械工程科学可分为两大分学科:机械学和制造工程学。

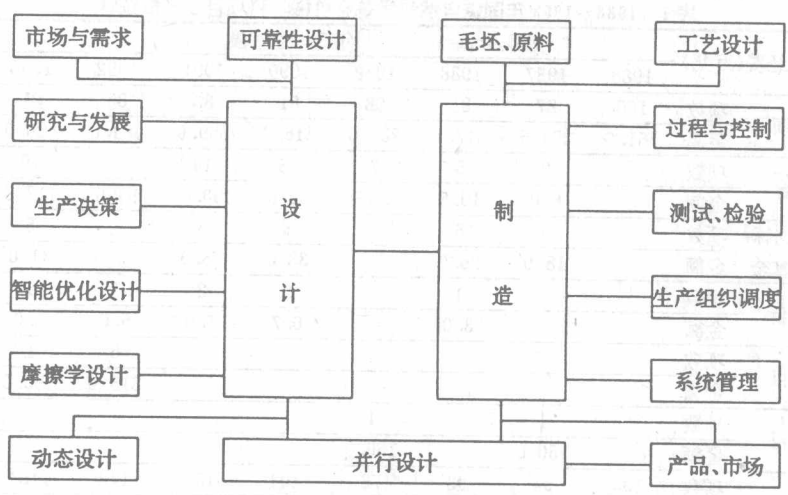


图1 设计与制造的关系描述

机械学是对机械进行功能综合并定量描述以及控制其性能的科学。它的任务是把各种知识、信息汇入设计、加工成制造系统能接受的信息并输入制造系统。机械学包含六个分支

学科:机构学及机器人机械学、机械动力学、机械结构强度学、摩擦学,传动机械学和设计理论与方法学。

制造工程学是研究制造系统以及此系统按照设计输入的信息指令加工出合乎设计要求的产品的全过程的科学,它包含四个分支学科:机械热加工(材料成形)学、机械冷加工(材料加工)学、制造自动化和测试理论、方法与技术。在机械工程科学的系统中,机械学为基础,制造工程是中心,二者相互联系,相互依赖。

随着科技的进步,特别是信息技术和系统控制技术的发展,机械学和制造工程学的含义及其相互关系有了新的变化。现代设计已不仅是原来意义上的结构设计和静态设计,它还包含优化设计、动态设计、可靠性设计、摩擦学设计、智能设计以及并行设计。

现代制造工程的概念,除了包含设计和生产以外,它还包含企业活动的其它方面,如产品的研究与发展、生产组织和管理、乃至市场和销售服务等。

由于并行工程的发展,设计与制造之间的关系已不仅是串行式依次推进关系,它还包含并关系。图 1 是设计和制造之间关系的描述。

1 资助概况及分析

机械工程科学的基本任务是:①不断解决现代科学技术和机械工业对机械工程科学提出的新课题。②用现代科学技术改造和武装自己、充实、完善和发展机械工程科学体系。

国家自然科学基金委机械学科根据上述基本任务和国家基础研究的政策制定了学校基金项目指南。机械学科自 1986 年以来的八年中,一共资助了各类基金项目(自由申请基金,青年基金,地区基金,“863”高技术新概念、新构思基金,优秀人才基金,重点项目,重大项目)808 项共 4390.5 万元,各年度资助项目、经费见表 1。表 2 为机械学科各分学科资助项目统计表,资助的重大、重点项目见表 3。重大、重点项目分布情况见表 4。

表 1 1986~1993 年国家自然科学基金机械学科项目及经费统计

项目(个),经费(万元)		年 度								
		1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	合计
自由申请项目	项数	100	87	81	68	81	83	88	91	679
	金额	361.0	294.6	317.1	285.0	316.0	359.0	484.6	590.0	3007.3
青年基金	项数		2	5	7	13	14	17	19	77
	金额		6.0	19.5	23.9	52.5	60.6	84.0	117.0	363.5
“863”高技术新概念构思基金	项数		4	6		8	5	7	5	35
	金额		18.0	26.0		33.0	25.0	45.0	41.0	188.0
地区基金	项数			1		2	2	1	1	7
	金额			3.0		6.7	7.0	5.0	5.0	26.7
重点项目	项数							5	2	7
	金额							315.0	160.0	475.0
重大项目	项数		1		1					2
	金额		150.0		150.0					300.0
合计	项数	100	94	93	76	104	104	118	119*	808
	金额	361.0	468.6	365.6	458.9	408.2	451.6	933.6	943.0*	4390.5

注:含 1993 年度优秀中青年人才基金 1 项 30 万元

上述资助项目有以下五个特点:

(1) 基本一都属于应用基础研究,纯基础研究项目极少。项目中有相当数量是研究机械

工程科学的应用基础前沿理论。例如空间机构运动学、多柔体动力学、弹流润滑理论、精度理论、强度理论、机床颤振理论和啮合原理等。这些项目成果的表现形式主要是论文,它们中的优秀成果已经获得国家自然科学奖。

(2) 项目的应用前景明确,其中有一部分项目在完成时或完成之后几年就有了成果转化,取得显著经济效益。这些项目主要研究创新的技术和工艺基础,它们中的优秀成果已经获得国家科技进步奖。例如重庆大学秦树人教授承担的“大型传动系统动态测试理论与装置智能化”项目。首次提出了双行波传感原理、传动比电轴变换原理和高精度相对测量原理,试制成功智能动态测试仪,此仪器已在十几个大企业三十多台机床上应用,获得明显经济效益,获四川省发明金奖,国家教委科技进步一等奖和国家科技进步三等奖。

又例如,上海交通大学傅志方教授承担的“机械结构中的模态分析与建模理论研究”,采

表 2 机械工程学科 1986~1993 年各分学科资助项目统计表

分学科	年 度								
	86	87	88	89	90	91	92	93	合计
	项 数								
机构学及机器人学	4	13	5	5	8	4	8	8	5
动力学	16	14	9	9	9	14	17	11	99
结构强度	8	6	6	6	6	5	7	6	50
摩擦学	4	9	6	4	12	12	9	13	69
传动学	11	8	11	7	9	13	11	18	88
设计学	4	4	4	3	6	7	7	6	41
热加工学	22	9	9	12	17	14	19	11	113
冷加工学	10	12	11	14	11	13	16	18	105
制造自动化	3	5	5	5	9	8	6	12	53
测试、监控	15	10	23	12	14	16	18	16	124
合计	97	90	89	77	101	106	118	119	797

表 3 1986 年以来机械学科资助的重大、重点项目

序号	项目名称	项目类别	执行年度	承担单位
1	机械结构强度与振动	重大	87~91	清华大学等
2	摩擦学设计与应用	重点	93~95	西安交通大学等
3	松软地面仿生机械理论与技术	重点	93~96	吉林工业大学
4	大型机械系统设计理论与方法	重点	94~97	清华大学等
5	机械制造若干关键技术基础	重大	89~92	华中理工大学等
6	大型铸锻件模拟技术与质量控制	重点	93~96	清华大学等
7	超精密加工系统理论与技术基础	重点	93~96	哈尔滨工业大学等
8	智能制造技术基础	重点	94~97	华中理工大学等
9	微型机械制造基础	重点	94~97	长春光机所等
10	精密成形技术基础	重点	95~98	待定

用模态分析、建模理论成果及当代故障诊断技术,经过数百次试验,找到了阿依 24 航空发动机的故障原因并采取了治理措施,大大节约了维修费用,提高了飞机周转率,先后获中国民航局科技进步一等奖和国家科技进步一等奖。

(3) 在理论、方法或技术、工艺上有创新

这里指的创新,从分类上讲,是理论、方法、技术或工艺方面的创新;从范围上讲,有的是学科前沿领域的创新,有的是某项技术上的创新;从创新层次上讲,有的是根本变革式创新,有的则是在原有理论技术基础上的创新。例如华中理工大学师汉民、杨叔子教授的已获国家自然科学奖的“机床颤振的非线性理论及监控技术”是机床颤振理论领域的创新。北京邮电学院梁崇高、廖启征教授获得国家自然科学奖的“空间连杆机构运动分析”项目,则是机构学运动分析方面在原有理论上的突破。中国矿业大学研究生部赵大庆教授承担的“润滑油的载体净化再生理论及应用”项目成果则是在油液静化理论、方法和技术上的创新。

(4) 及时跟踪国际上的学科前沿

随着改革开放,国际合作交流的发展,信息传播很快,学科的国际前沿研究信息能很快出现在项目申请书中,近年来,如智能制造、电流变技术、微型机械、神经网络方面的前沿优秀项目及时地得到了自然科学基金的支持。适度跟踪学科国际研究前沿无疑是正确的,它可以缩小这些领域与国外的差距,为未来国民经济发展做好理论和技术方面的准备。例如:80年代末期国际上在电流变技术获得新进展时,我们就快速立项,不失时机地资助了电流变技术,使得我国在此领域立于世界之林。

表 4 机械学科 1986~1994 重大、重点项目分布

项 目 分 布	机 械 学 科														
	机 械 学						机 械 工 程 学								
	机构学	机器人学	动力学	强度学	设计学	摩擦学	传动学	材料成形学	材料加工学	制造自动化	测试理论与 技术				
重 大 项 目	机械结构强度与振动 (1987 ~ 1991)						机械制造若干关键技术基础(数控技术、超精加工技术和电流变技术(1989~1992))								
	大型水轮发电机组关键技术的基础性研究(1994~1997)														
重 点 项 目	松软地面仿生机械理论与技术基础 (1992 ~ 1995)		大型机械系统设计理论和方法(1993 ~ 1996)			典型机械摩擦学理论与应用(1992~ 1994)		大型铸锻件模拟技术与质量控制 (1992~ 1995)		超精密加工系统理论与技术 (1992~ 1995)	智能制造技术 (IMT) 基础研究(1993 ~1996)				
								材料精密成形技术基础(1994 ~1996)		微型机械制造基础 (1992~ 1995)					

(5) 基础技术、基础工艺、基础数据研究得到支持。

国家自然科学基金在资助学科前沿的同时没有忽视对基础技术、工艺、数据的支持。在数据方面资助了摩擦学、塑性变形、强度、失效、载荷谱的数据积累和数据库研究;在支持传统技术工艺的基础研究时,注意支持这些领域的创新。例如,北京机械强度研究中心闫楚良承担的“载荷谱数据处理系统”项目,创新了载荷谱采集处理的新方法,使我国载荷谱研究进入了一个新水平;又例如重点项目“大型铸锻件模拟技术和控制”中高温密栅云纹法是模拟技术中的一项创新;再如大连理工大学姚南询教授承担的项目“异型曲面的变性共轭拟合原理”提出的“凹形曲面金刚砂轮直线修形法”发明,用于精密复杂刀具制造,与有关厂家合作,获直接经济效益 100 万元,间接效益 640 万元,并获国家科技进步三等奖。

资助项目的主要成果和研究现状:

(1) 据已经结束的本学科 428 个项目成果的不完全统计,共发表国内外论文 3009 篇,专著 36 本,获国家级奖励 28 项。专利 73 项,评议鉴定成果 139 项,推广成果 51 项,培养研究生 743 名。1987 年到 1993 年四届自然科学奖机械学科领域共获奖 7 项,其中 4 项得到过自然科学基金资助,表 5 为 1987 年以来在机械工程科学领域获自然科学奖的项目,前 4 项曾得到过国家自然科学基金资助。

(2) 我国机械工程科学已有一些基础理论、方法和技术进入国际先进水平行列。例如:在应用基础理论方面有:空间机构运动分析、柔性多体动力学、机械结构强度数值分析方法、模态分析理论、弹性流体动力润滑理论、齿轮啮合原理、并联机器人运动学、电接触摩擦学及其防护机理、机床颤振非线性理论、金属塑性成形理论和转子动力学等;在基础技术方面有:高温塑性成形模拟技术、新型 MIG 焊接电弧控制法和电流变技术等。

(3) 应用基础研究成果转化为生产力,提高了工程设计水平和产品的质量。以重大项目“机械结构强度与振动”为例。在 1992 年项目验收时统计,该项目成果中,获国家科技进步奖 8 项,部委科技进步奖 18 项,研制开发了 57 个程序软件,应用推广成果 23 项,经济效益 2.14 亿元。例如,该项目成果中的关于低噪声风机应用研究(清华大学朱之堉教授完成),开发了系列产品,比噪声达到国外同类产品的先进水平,先后获 4 项部委、省市科技进步奖。设计技术已转让给近 50 家工厂,新增产值超过 3 000 万元。

表 5 1987 年以来机械工程科学领域所获自然科学奖项目

序号	项目名称	获奖时间	获奖等级	获奖人
1	金属切削机床颤振的非线性理论	1987	四等	华中理工大学 师汉民,杨叔子等
2	空间机构位移分析	1989	四等	北京邮电学院 廖启征等
3	尘土及颗粒对电接触可靠性影响及防护措施	1991	三等	北京邮电学院 章继高等
4	超塑性理论分析	1993	四等	吉林工业大学 宋玉泉
5	机械工程中的共轭曲面原理研究	1987	三等	上海工业大学 陈志新
6	复杂转子动力学	1987	三等	复旦大学 张文
7	双圆弧齿轮强度计算方法	1987	四等	哈尔滨工业大学 陈湛闻

(4) 稳定了基础研究中一批高水平队伍,培养了一批优秀人才

按资助项目多少排列,八年来机械学科资助的前十名是:清华大学、华中理工大学、哈尔滨工业大学、西安交通大学、大连理工大学、西北工业大学、吉林工业大学、天津大学、重庆大学和北京航空航天大学,这些单位都有博士、硕士点,有一批高水平研究队伍和研究条件。国家基金对于稳定基础研究队伍和人才培养起了重要作用,国家基金项目成了博士、硕士论文选题的重要来源。八年来培养的博士、硕士生超过1 000名。自1987年设立青年基金以来,学科共资助青年基金77项,使上百名优秀青年脱颖而出,成为机械工程科学研究中的一支生力军。不少项目负责人已晋升为教授,他们正在成为机械工程科学的接班人。

2 大力支持应用前景明确的机械工程科学创新研究

近年来,机械工程科学技术有了长足发展,制造技术明显进步,产品质量大有提高,有的正在打入国际市场。但应看到在不少高技术和基础工艺领域的仪器、设备和产品还必须依赖进口。例如:计算机硬磁盘、大规模集成电路、大型工程成套设备、高档仪器、大型铸锻件、高档数控系统、录像机生产线和高级轿车等。

机械工业依然落后,一是装备差而陈旧,二是企业管理水平低,三是工艺差,质量控制仍处较低水平。

机械工程科学基础研究虽然在不少领域已有相当水平,但是还存在着:①试验手段不够先进。②基础数据积累不足。③研究成果向生产力转化差,有的高新技术与生产脱节现象严重。④基础研究中有一种“呼拉圈”现象,例如在学科的申请项目中,曾先后出现过“专家系统”热、“智能”热、“神经网络”热,这种“热”反映了跟踪国际前沿的迫切要求,但其中有的也带有一定盲目性。

针对上述情况,在机械工程科学研究中应处理好以下关系:

(1) 正确处理前沿与应用的关系——“顶天立地”

应用基础研究是针对具体实际的应用目的或目标,主要为获得应用原理性新知识的独创性研究。应是基础研究的终极目标,其它都是中间环节。工程科学研究的显著特征是要有明确的应用前景,即项目成果将能转化为经济效益。这就要求研究者选题时,一要瞄准学科前沿,二要结合我国机械工业和学科研究的实际,探索我国自己的机械科学发展道路。简言之,可称为“顶天立地”。“天”,指学科的前沿和高技术;“地”,指国情、工业实际、应用目标及研究条件。

虽然我们提倡的“顶天立地”有一定困难,但已有许多成功的先例证明把前沿、高技术研究与实际应用结合是可能的。为此,我们提倡申请项目的联合资助,如果申请项目有其它部门(包括产业部门)的合作和参与,在同等条件下应给予优先支持。

(2) 正确处理前沿与创新的关系——创新为本

近来申请项目中出现创新研究减少、重复研究增多的现象应当引起注意。创新是基础性的生命,我们提倡跟踪国际前沿,但不是盲目跟踪,应根据国情有选择地适度跟踪。例如,智能制造、计算机集成制造现阶段研究的重点不应放在系统集成上,而应放在单元技术上,如智能加工机器、控制单元、检测单元等。没有完备的单元技术,系统难以实现集成。此外,单元技术容易转化为效益,而系统由于难在短期成功,不容易在近期产生经济效益。

在跟踪前沿研究时,不提倡简单的模仿,那样会永远也超不过人家的。我们提倡和支持创新。例如数控技术研究,国外生产 32 位数控系统时我们研究 16 位数控系统,人家研究 64 位时我们 16 位还不能过关。按照这种亦步亦趋的跟踪,永远也赶不上世界先进水平。我们能不能走出一条自己研究发展数控技术的新路呢?因此我们提倡立足自己,另辟新径、有独创。在支持前沿研究时,更应重视我们自己的创造以及传统技术工艺的创新,而这类项目则是太少了。

(3) 正确处理前沿与“三基”(基础技术、工艺、数据)的关系——“基础为根”

前沿科学技术的发展依赖于基础技术、基础工艺和基础数据,我国近年来机电设备进口额占全部进口额的 40%,其中多数为高技术产品,为什么我们不能自己制造?其中重要原因是基础技术和基础工艺落后。例如计算机磁盘、大规模集成电路需要高效超精密制造工艺和技术,而我们正是在这方面落后。

基础数据是现代设计和专家系统不可缺少的条件。我国科研工作者通过辛勤劳动积累了大量数据。现在的问题是:①原有的数据中,有的是国外的,不全适合国内情况;有的只有静态数据,动态数据不能用,如油液可压缩性系数;有的数据的使用条件变化了不能用,例如材料线膨胀系数如用在体积变形和超精测量计算时就要产生很大误差。②随着科技的发展,需要新的数据积累,如摩擦学设计就需要摩擦学数据库为基础。这种数据库现在还在建立之中。③现有的数据分散、缺乏集成和统一管理。因此,如果要在前沿工程科学研究中得出准确的结论,离开了可靠的数据是不可能的。国家自然科学基金将继续择优支持一定数量的数据研究项目,同时也希望有关部门对数据研究进行统一布置、统筹安排、分类管理。

3 结论

八年来的国家自然科学基金资助事实证明,我国机械工程科学研究有了重大的进展,有的领域已进入国际先进水平,不少研究成果正在推动机械工业科技的革新和生产的发展和完善。机械学内容已焕然一新;制造已是一门现代科学技术武装的现代制造工程学。在今后的研究中,要善于处理好前沿与应用、前沿与创新和前沿与基础的关系。瞄准前沿,坚持创新、联系实际、明确应用前景,高水平研究课题就会层出不穷,高产出的研究成果必将硕果累累,我们就一定能开拓出一条我国机械工程科学研究的大路。

参考文献

- 1 国家自然科学基金资助项目优秀成果选编(一). 北京:中国科技出版社,1992
- 2 雷源忠,陈栋豪,黄志建. 机械科技近期发展趋势. 中国科学基金,1992,(2)
- 3 梁仁圻编译. 明天的制造技术. 世界制造技术与装置市场,1993,(1)

机械故障诊断理论及方法的发展

马建仓 林其傲 葛文杰

(西北工业大学 西安 710072)

摘要:故障诊断学科是近二十年发展起来的新学科,就目前发展的状况而言,已基本形成了自己的体系。本文从学科的角度,指明了本学科的基础是故障机理及故障特性研究,其基本方法是信号处理及特征提取。从技术与理论方法的角度描述了整个学科体系;对诊断理论和方法进行了分类;文中对目前发展的各种诊断理论和方法的出发点、特点、基本内容、不足之处以及发展趋势进行了较为详细的评述。最后,指出了本学科的研究方向。

关键词:机械故障诊断学 诊断技术 诊断理论和方法

0 前言

机械故障诊断学科是近些年来发展起来的一门新兴学科,随着科学技术的进步和社会生产的需要已得到了迅速的发展,并取得了很大的经济效益和社会效益,有力的促进了生产的发展,已基本形成了一个学科体系。考察整个学科的发展及研究应用状况,可以看出,本学科具有诊断对象广泛,技术具体,工程应用性强与高技术结合密切等特点。从学科总体看,故障机理的研究是本学科的基础;信号处理及特征提取理论和方法是故障诊断的基本理论和方法;理论分析及实验分析研究是本学科的研究方法;本学科的根本任务是通过设备运行时的各种信息来正确识别其状态和故障及原因,提高设备维修质量和效益,确保设备的最佳运行状态,提高设备的设计、制造水平,提高企业设备管理水平。

目前在故障诊断领域,从不同的角度出发已有多种分类方法,这些方法各有其特点,我们认为从本学科诊断及诊断理论方法出发来描述整个体系更合理。图1是从技术及理论方法角度所描述的整个学科体系。本文对目前发展的各种诊断理论和方法的出发点、特点、基本内容、不足之处以及发展趋势进行了系统的评述。最后,指出了该学科的研究方向。

1 基于故障机理研究的故障诊断方法

基于故障机理的故障诊断方法应始终是故障诊断技术发展的基础,这是因为,无论什么设备,无论什么故障,只有在研究机理的基础上才能有效地分清主次因素,才能准确地判断,以便确诊。故障诊断机理研究与纯粹的损伤机理研究不很相同,纯粹的损伤机理研究是故障诊断机理研究的一个方面,故障诊断机理研究主要是对运行的设备,从机械动力学角度出发研究故障原因与其状态效应。故障诊断机理研究包括:机械动特性、状态效应、故障动力学特征以及故障的行为过程;零件故障机理、部件故障机理和系统故障机理;各种故障的综合效

应和系统效应。例如机械的振动性质、摩擦磨损特性、流体振动特性、各类随机故障特性和征兆、构件裂纹发生扩展特性、切削颤振机理、疲劳过程特性、设备性能劣化机理等等。目前这方面已做了大量工作,例如旋转机械振动特性、轴承故障机理研究等,而且使故障诊断技术在这些方面得到了有效的应用。然而,故障机理的研究仍然不够系统,深入不够,缺乏综合机理的研究。工程中应用的主要是以前积累的知识,而且试探性工作多。故障机理的研究已难以适应故障诊断技术快速发展的状况应受到重视。故障机理的研究应针对不同类型机械进行,应注重故障敏感参数及特征提取,为诊断提供依据。另外故障机理的研究应与可靠性分析相结合,便于找出薄弱环节,帮助故障诊断。



图1 机械故障诊断学科的体系和内容

2 基于信号处理及特征提取的故障诊断理论和方法

在故障诊断领域中,适合设备状态信号处理及特征提取的方法是在一般信号处理理论基础上发展起来的,在本学科中占有很重要的地位。它是一切诊断工作的前提,也是各种诊断方法的依据。如果不能检测和处理反映设备状态的信息,不能提取其特征参数,故障诊断就无从着手;如果所提取的特征参数分辨力不高,必将给故障诊断工作带来很大的困难。因此可以说,传感检测技术、计算机技术是故障诊断的支撑技术;信号及特征提取理论是故障诊断的基本理论;基于信号处理及特征提取的诊断方法是故障诊断的基本方法。

目前发展的基于信号处理及特征提取的故障诊断方法主要有:时域特征参数及波形特征诊断法,时差域特征法,幅值域特征法,信息特征法,频谱分析及频谱特征再分析法,时间序列特征提取法,滤波及自适应除噪等等。特别是频谱分析及频谱特征再分析应用比较广泛,发展也很快。例如:阶比谱、倒谱、跟踪谱、优化包络谱、全息谱、最大熵谱、相关谱、主分量自回归谱、AR谱极值频率提取法,FFT—AR法、ARPE法等。基于信号处理及特征提取的故障诊断理论和方法,其主要部分是时域特征参数及波形特征诊断法和频谱分析及频谱

特征再分析法。

目前,在基于信号处理及特征提取的故障诊断方法的研究方面探索性工作多,新理论新方法的应用比较快,深入还需加强;除旋转机械外,对适合于其它类机械的状态信号处理及特征提取方法的研究也应加强。另外,实时方法应得到关注。预期新的信息处理技术的应用,以及信息的充分利用(例如相位信息),必将取得更大的作用。探索对故障凝聚性好的特征提取方法,研究对某类机械某类故障凝聚性普遍有效的特征,模仿人类专家对复杂数据所做的多层次表示和处理,实用特征提取方法等的研究,将是以后这方面发展的方向。

3 模糊故障诊断理论和方法

由于运行设备状态的变化,各状态间的界限往往不清晰;再则,在对设备状态和故障识别过程中,存在不确定性,也导致模糊性。因此模糊数学被引入故障诊断领域形成了模糊故障诊断理论和方法。该方法对利用不精确的模糊知识是非常有用的,特别是把描述设备状态的模糊知识和概念可以利用起来,在诊断故障中取得了显著的效果。模糊诊断,是根据(模糊集合论)征兆空间与故障状态空间的映射关系,由征兆来诊断故障。迄今为止,已有较多的关于模糊诊断的研究。例如,振动频谱再分析的模糊模式识别、转子轴系裂纹的模糊诊断、基于模糊变换理论的单征兆诊断模型和多征兆诊断综合模型、基于模糊统计的监测方法、模糊故障诊断专家系统等等。然而,由于模糊集合论本身是门年轻的学科,许多方面尚未成熟,诸如模糊集合论中元素隶属度的确定和两模糊集合之间的映射关系规律的确定都没有明确统一的方法可循,通常是凭经验和大量试验来确定的。另外又由于机械本身不确定的信息和模糊信息(如机理不很明确、相关影响比较大、影响因素比较复杂等)以及存在对每个征兆、特征参数确定其上下限和选定合适的隶属函数等,使其应用具有局限性。尽管如此,相信随着模糊集合论的完善及在工程中的应用,模糊故障诊断理论和方法有光明的前景。

4 振动诊断方法

机械设备振动诊断方法其依据是设备振动必然包含着振源信息和状态等信息,振动监测及故障诊断主要是建立在机械动力特性分析及谱分析基础上,由于实际设备各有自己特殊的振动现象(例如:喘振、失速、燃烧振荡等),又由于系统的非线性特性、自激振动、共振现象、振动的偶合及随机振动等,使振动现象很复杂,为准确诊断故障带来一定困难。振动诊断主要包括设备振动机理的研究,以及振动信息处理及特征提取。目前振动诊断在旋转机械故障诊断(轴承、齿轮箱、旋转机械等)方面得到广泛的应用,不仅易于开展,应用最广,且取得的成效最大。振动诊断不仅要求诊断人员对所设设备的结构、特殊振动现象有所了解,还要求对非线性振动、自激振动、不稳定现象有一定的知识。目前看来,振动诊断还比较难于确诊机械的总体状况,另外仍很大程度上依赖于工程技术人员经验。振动诊断今后将在振动机理深入研究、基于非线性理论的诊断方法等方面得到发展。

5 利用故障树分析的诊断方法

故障树分析法是一种将故障形成原因从总体到部件按树枝形状逐级细化的方法,也是一种图形演绎法。能把系统故障与导致该故障的各种因素(直接、间接、环境、硬件和人等)形象地表现为故障图表,直观性强,不仅能反映系统内部单元与系统故障之间的关系,也能反映出外部因素的影响,可以分析单一缺陷引起的故障,也可以分析两个以上构件导致的系统故障;可以定性分析故障的模式及传播途径,识别系统可能的故障模式,也可定量计算故障影响的轻重程度和系统故障概率。这种方法对于判明故障,分析故障原因,确定薄弱环节,进行可靠性预测和可靠性分析是一种有力工具。目前故障树诊断法中已发展了时变故障树诊断法,以及基于可靠性仿真的故障诊断方法等。故障树诊断法的不足之处是与分析人员的经验和知识水平有关,如果所列举的故障种类不同,有可能漏掉大部件和元件故障,而且结论可信度可能不一致。

6 故障诊断灰色系统理论和方法

灰色系统理论应用于故障诊断是基于对诊断对象部分信息了解,部分信息不了解,把它作为一个灰色系统来看的思想而引入的,是从系统的角度出发来研究信息间的关系,即利用已知信息去揭示未知信息。目前,故障诊断灰色系统理论和方法主要包括:灰色关联故障模式识别和灰色建模及预测的应用等。灰色关联故障模式识别方法是一种对设备故障类别进行区分与归类的新方法,实际应用结果表明,该方法能够有效地用于故障诊断,适用于设备状态特征量之间关系复杂、故障模式小范围波动、故障数目不多等情况。不仅可以划分设备的状态,而且有助于诊断,特别是具有自学习功能的灰色关联故障模式识别方法可更有效的诊断故障。故障诊断灰色系统理论和方法在使用中不追求大的样本量,不要求数据有特殊的分布,计算量相对小,不会出现与定性不一致的结论,灰色模型是一种微分方程预测模型,是以研究确定性因素为主的预测技术。将灰色系统建模及预测、灰色关联分析等应用于故障诊断,确实是一种简单有效适用性强的方法。但就灰色系统理论本身而言,理论还在发展中,方法简单,体系不完善,它的应用具有一定局限性,在如何利用已知信息推断未知的信息仍然是一个难题。

7 故障诊断专家系统理论和方法

故障诊断专家系统的出现和发展是故障诊断领域最显著的成就之一,近年来,在实际应用中所取得的成绩受到工程界的广泛重视。目前故障诊断专家系统的研究,主要内容包括:诊断知识的表达,诊断推理方法和不确定性推理以及诊断知识的获取等。随着研究的进一步深入,人们发现故障诊断专家系统存在较为严重的问题有:缺乏有效的诊断知识表达方法和不确定性推理方法以及知识获取困难等。为了摆脱这些困难,人们试图利用模糊逻辑来建造专家系统,使之能够对各种不确定的、模糊的知识表达和处理,同时借助机器学习的理论和方法自动获取知识。预期以后在知识表达方面主要致力于对传统与非传统的方法进行集成、