

JSSN001-2354

機械設計 增刊

JIXIE

SHEJI

1991

中国机械工程学会机械设计学会会刊

MACHINE DESIGN

第三届全国机械设计新理论、新方法、
新技术学术交流会专辑



序 言

继 1986 年召开第一和第二届全国机械设计理论、方法和设计方法学的学术交流会之后,今年在天津召开同主题的第三届学术交流会。经过一年的筹备,征集到 165 篇论文,评选出 144 篇,并按 A (全文) 和 B (详细摘要) 两类论文正式排印出版。

这些论文大多能反映广大科技工作者近年来在机械设计理论、方法和设计方法学领域内所取得的一些理论研究成果和在机电产品设计中成功应用的新经验。我相信它对于进一步开拓学术思想、促进科技进步、总结交流应用经验、进一步普及推广现代设计方法是会起到一定推动作用的。

产品是一系列科技成就的结晶。设计是使产品具备这一特征的创造性工作过程。一项好的产品的设计,除保证产品具备满意的功能、好的质量、优美的外形和较低的成本外,更重要的方面是可以赢得用户、牵动市场、改善企业的经营环境。因此,自进入 90 年代,设计已成为当今世界各先进工业国家的新热门,他们认为:商品竞争靠技术,在技术同等条件下靠设计。基于这一点,在日本,把 90 年代看作为日本工业走向“设计时代”;在美国,把西部名城洛杉矶称为“设计之都”;在英国,政府认为产品设计是英国工业的命脉;在法国,其工业界也疾呼:不重视产品设计,法国工业必将崩溃。可见,设计在工业生产和商品竞争的世界中是多么的重要!

目前,我国的机电产品水平总的来说还比较低,每年需要进口不少的机电设备。这同时也反映出我国在机电产品的设计水平方面与国际先进水平之间有不少的差距,主要表现在设计方法落后、设计基础数据缺乏、设计规范与技术标准较陈旧、骨干设计人员知识老化等方面。当然,在机电产品设计中自 80 年代初开展现代设计方法研究与推广应用以来,在改善产品性能、质量和降低成本方面已取得一些可喜的成果,而且可以肯定,随着现代设计方法的普及与推行,必将极大地推动机电产品的设计工作,使设计水平、设计周期、设计质量等方面发生质的变化。通过学术会议,可以沟通情况、交流技术与经验,并可在企业、科研院所、高等院校从事产品设计与设计方法研究人员之间建立广泛的联系,相互学习,共同相长,为促进我国产品设计现代化、提高机电产品水平而共同努力,并让机械设计新学科在生产实践中茁壮成长!

本论文的出版,是各论文作者、评审和编辑人员辛勤劳动的结果。借此机会我代表设计专业学会表示深切的谢意!

机电部总工程师
中国机械工程学会常务理事
机械设计专业学会理事长



1991.8.1

目次

《机械设计》增刊第1卷 1991.10

§ 设计方法学 §

- 1 设计思维拓扑与概念设计模式 ... 蒋克铸 (1)
- 2 工程设计方案模糊决策模型研究
..... 高法良 (4)
- 3 创造性思维及几个创造方法
..... 徐福嘉 谢 菁 (7)
- 4 ADS 喷油泵凸轮轴实物反求设计及其应用
..... 时德运 吴邦玉 丁开南 (8)
- 5 反求工程在产品中的应用
..... 杜玉明 潘凤章 陈树昌 李秀珍 (11)
- 6 构形变异是开发新产品的重要方法
..... 李安平 (14)
- 7 设计过程及其模型 董 卫 (15)
- 8 论出口产品的过剩质量 章德达 (16)
- 9 摩擦制动衬片配方的模糊综合评价
..... 王 涛 朱文坚 李美真 (19)
- 10 演化派生法在机构创造性综合中的应用
..... 陈文平 (20)
- 11 试论标准化在机械设计中的应用
..... 陈颖才 (21)
- 12 对机械设计“三新”的几点认识
..... 鲁墨武 王友三 (22)
- 13 机械零件模块化构形设计
..... 吉晓民 董仲元 (23)
- 14 模拟实验设计法 戴华忠 (26)
- 15 反求工程方法在 N-K 系列通用齿轮箱设计
开发中的应用 李钊钢 (29)

§ CAD 技术 §

- 16 知识中心型的设计专家系统 俞海珊 (32)
- 17 管路工程 CAD 数据库 李建生 (35)
- 18 三系列工业汽轮机转子 CAD/CAM 一体化
技术的开发应用 梁品娟 (38)
- 19 机械 CAD 中图形符号的动态标注
..... 董志强 周克绳 (41)
- 20 JLSJ 系统程序设计介绍
..... 龚事其 左美森 (44)

- 21 模具 CAD/CAM 过程概述 ... 李树军 (45)
- 22 液压挖掘机铲斗 CAD 技术研究
..... 陈文平 (48)
- 23 机械设计试卷自动生成及成绩统计分析
系统 左美森 龚事其 洪家娣 (51)
- 24 压杆稳定机辅助设计 李明雨 (52)
- 25 计算机在机械设计中的应用 吴德龄 (53)
- 26 机箱机柜计算机辅助设计系统 CCADS
..... 霍永亮 董目轩 刘济东 (54)
- 27 机床结构网和转速图绘图程序设计
..... 何岭松 (57)
- 28 水压机水泉站动作线图设计 王 宏 (58)
- 29 参数化绘图技术研究及在产品中的应用
..... 申建军 (59)
- 30 如何在 IBM PC 及其兼容机上实现屏幕图形
的不变比例硬拷贝
..... 徐尤南 龚事其 张志伟 (60)
- 31 锅炉构架 CAD 系统的开发
..... 徐海波 王 辉 张高勇 (61)
- 32 机械系统计算机辅助分析
..... 袁清珂 洪立民 周一鸣 曾凡林 (64)
- 33 DBASE 与 AUTO CAD 图形接口设计
..... 赵鸿德 吴 洲 王秀兰 (67)
- 34 《机械设计》《机械设计基础》课程计算机辅
助实验——数据处理
..... 谢如霖 黄建安 谢毅勇 (70)
- 35 三维复杂零件形状自动创成方法
..... 刘蓓令 徐燕晖 (71)
- 36 一个大型工程结构的微机 CAD 应用—燃气车
回转台架结构优化及图形文件研究
..... 袁红维 霍 献 (74)
- 37 大型中频弯管机床 CAD 系统的研制
..... 芮晓明 关存和 (75)
- 38 不同维数部件的组合结构—桁架嵌薄板的有限
元法数值理论分析 吕祥林 (78)
- 39 球铁活塞的裂纹分析和计算机辅助设计
..... 王惠玉 (81)

§ 专家系统、智能技术 §

- 40 并行设计和智能工程
..... 郭 伟 查建中 石则昌 (84)
- 41 一个改进的工程优化设计专家系统
..... 万世祥 陈 永 (87)
- 42 智能型平面连杆机构运动分析软件设计方法的研究
..... 刘 华 王有起 黄 田 曾予平 (90)
- 43 智能工程中的知识表达技术
..... 牛占文 查建中 赵振英 彭泽民 (93)
- 44 集成化智能设计环境及其应用
..... 郭 伟 查建中 石则昌 (96)
- 45 三系列工业汽轮机报价决策支持系统(TQDSS)的研究
..... 宋梅玉 周骥平 (99)
- 46 滚动轴承选型集成系统的研究
..... 刘凤明 张守祥 曹淑伟 (102)
- 47 液压挖掘机履带行走装置的一体化智能 CAD 系统
..... 聂东林 潘双夏 (105)
- 48 滚动轴承类型选择的专家系统
..... 刘凤明 张守祥 曹淑伟 (108)
- 49 专家系统在机械设计中的应用
..... 乔爱科 陶民华 (109)

§ 优化技术 §

- 50 工程随机变量优化设计的拟机会约束法
..... 陈立周 何晓峰 (110)
- 51 优化方法软件的工程应用评价模型
..... 万耀青 黄心渊 马 璐 (113)
- 52 工程随机变量优化方法软件包 SOD
..... 何晓峰 丁文英 陈立周 (116)
- 53 集成化智能化优化支撑环境的研究
... 戴 佐 查建中 石则昌 方 响 (119)
- 54 结构优化设计的一种混合方法
..... 洪 业 (122)
- 55 空间 RCRS 停歇机构的优化设计
..... 屈卫良 (125)
- 56 智能离散优化软件系统中的智能知识初探
方 响 查建中 戴 佐 周 济
..... 王建华 (126)
- 57 卸肩式十二瓦折叠轮胎成型鼓优化设计
..... 丁存禧 查建中 祝毓琥 (129)
- 58 斜置式五铰链双曲肘合模机构参数优化
..... 孙宝权 林 群 (132)
- 59 钻机铰车大钩起升档速的优化设计
..... 孔繁森 于振东 (135)

- 60 基于势能变分的结构形状优化
..... 樊学新 高金生 (138)
- 61 大型开式齿轮变位系数的优化选择
..... 林财和 (141)
- 62 圆柱形组合压缩弹簧的多目标模糊优化设计
..... 张 鹏 (142)
- 63 机械系统的全局优化
..... 王光远 白广忱 张淑华 (145)
- 64 无石棉(半金属)衬片配方的模糊优化设计及应用
..... 朱文坚 王 涛 李羨真 (148)
- 65 静压支承动态优化状态空间建立的数学方法研究
..... 马 岩 (151)
- 66 关于机架构形优化的探讨
..... 谢孟春 董仲元 (152)
- 67 平移式框架砂锯锯切机理及结构参数优化设计
..... 张万祥 (153)
- 68 工程结构优化设计软件的研究开发与应用
..... 陈 超 (154)
- 69 机械产品公差和优化设计
..... 袁军堂 刘之生 (157)

§ 可靠性分析 §

- 70 结构体系可靠性二阶矩理论的发展
..... 冯元生 (160)
- 71 机械工程中系统可靠性分析法研究
... 陈金水 闫详安 曹玉平 郭青山 (163)
- 72 失效后果分析在起重机构设计中的应用
..... 景 刚 (166)
- 73 用改进的蒙特卡洛法求应力-强度系统的可靠度界
..... 郭 松 李天毅 (169)
- 74 用概率统计学观点分析起重机制动器的性能参数
..... 林中江 (172)
- 75 可靠性在铁路车辆零件设计中的应用
..... 张玉洁 (175)
- 76 机械零件疲劳强度可靠性设计
..... 唐良雨 (176)
- 77 机械模糊可靠性分析中模糊概率密度函数的确定
..... 张 鹏 肖芳淳 (177)
- 78 基于知识的机械系统可靠性设计
..... 漆枫林 (180)

§ 机器人 §

- 79 七自由度仿人臂形操作机器人机械系统设计方法初探
孙守迁 徐海明 冯克宇 石永刚
..... 徐振华 (183)

- 80 机器人动态特性 唐蓉城 董 刚 (186)
- 81 能处理奇异和“近奇异”位置的操作机逆运动学算法 赵振禄 陈 杰 (189)
- 82 多自由度柔性传动系统 陈建欣 (192)
- 83 工业机器人的颤震问题初探 ... 刘德聚 (193)

§ 新产品设计 §

- 84 货运单索架空索道简易设计与算法 罗金榜 (194)
- 85 复合变速主动传动系统的设计研究 宋长林 (197)
- 86 圆锥滚子球基面数显磨床的设计及其可行性分析 乔锦初 (198)
- 87 三元自动调节原理及传递函数算法的研究与应用 宋亦农 (201)
- 88 YD60-1 型盘圆机 ... 谢玉武 汲 勇 张树青 路福海 (204)
- 89 推荐一种带钢自动送料机构 ... 李秀珍 潘凤章 杜玉明 陈树昌 (205)
- 90 六重式高精度薄板矫正机设计研究 周启明 隋国富 闫雄伍 (208)
- 91 一种新的超高扬程起重机 杜宗禄 (211)
- 92 1700 热轧机切头飞剪结构参数分析及轨迹误差计算 姚 迈 李景春 (214)
- 93 专用双向开式冷挤压自动机的设计 张振纯 吴振勇 李双义 (215)
- 94 320 毫米车床主轴部件的改进设计 杭玉洁 王卫东 (218)
- 95 高精度轧钢器辊轧机的研制 ... 唐贵信 (219)

§ 结构设计 §

- 96 物体惯性性能测试研究 ... 孙杏初 钱锡康 刘晓彤 曹 广 (222)
- 97 平面连杆机构的运动模拟 万金领 (225)
- 98 第三约束与凸轮回转中心的确定 沙裕章 (228)
- 99 行星轮半步行机构的动力学方程 孙学强 (231)
- 100 计算机图形学在机构设计中的应用 龚小平 (234)
- 101 盒装内酯豆腐包装机热封机构优选 徐 桦 叶理平 (235)
- 102 铰链四杆机构中最小传动角位置的判断 李克硕 (236)

- 103 机构自锁的观察判断法 王有起 (237)
- 104 有最佳传动角的曲柄摇杆机构的设计 罗适之 (238)
- 105 计算机图解平面连杆机构综合 吴玉光 (238)
- 106 一种通用的常用曲线机构 周永生 (242)

§ 齿轮传动 §

- 107 ZC1 蜗杆传动可控修形的接触区特性研究 崔兴元 王树人 刘又午 (245)
- 108 行星轮传动汇流环 ... 王志江 何柏年 (248)
- 109 齿轮减速器系列的优化与模块化设计 周志华 黄纯颖 (249)
- 110 钢制锥蜗轮蜗杆的制造和检测 高博文 戚锡伍 (250)
- 111 GFA 型行星减速机型式试验台的改进设计 马治平 白春林 (251)
- 112 齿轮传动的计算机辅助设计 ... 陈健欣 (254)
- 113 凸轮、齿轮计算机辅助设计 ... 高秀珍 (255)
- 114 长幅外摆线针轮行星减速机计算机辅助设计 李 英 田新民 (256)
- 115 封池边对斜—平面组合扇形固定瓦推力轴承性能的影响 赵玉香 董 刚 (259)
- 116 对大小齿轮传动的最大滑动比相等接触极点胶合参数相等条件的推广及应用 李克硕 (262)
- 117 变传动比环面蜗杆滚销式曲柄传动 张振林 殷玉惠 王秀珊 (263)
- 118 非圆齿轮行星轮系的液压马达 王树波 霍津海 赵秋雨 张振林 殷玉惠 (266)
- 119 用环形滚刀在普通滚齿机上加工非圆齿轮的设计 张振林 蒋钰涛 殷玉惠 (267)
- 120 双摆线行星齿轮减速机设计 殷玉惠 张振林 王秀珊 (268)
- 121 ZC1 蜗轮滚刀的重磨研究 董 净 王树人 董 洁 (269)
- 122 IMT 行星减速器的设计与试验 高秀生 张振荣 (272)
- 123 提高齿轮承载能力的新途径之二 田悦祥 刘金环 金英德 (275)
- 124 渐开线圆柱齿轮的优化设计和多功能软件 李庆远 马成才 (276)
- 125 关于短幅外摆线齿形万能测量装置传动方案的研究 汲 勇 刘同顺 谢玉武 (277)

- 126 减速机性能试验台新型计算机控制系统
..... 张 玲 程福安 (278)
- 127 齿轮传动效率、啮合效率和摩擦系数的测试
..... 谢如霖 (281)
- 128 一种新型蜗杆传动
... 徐继鸿 王树人 沈蕴方 崔兴元 (284)

§ 零部件设计 §

- 129 轮廓呈周期性变化的轴类零件受扭应力场的
解析研究 虞世鸣 刘慰俭 (287)
- 130 花键轴受扭应力场的解析
..... 虞世鸣 刘慰俭 (290)
- 131 用优化和有限元方法设计挠性鼓形齿联轴器
..... 冯桂军 周开勤 郑启鸿 (293)
- 132 机械设计与小型计算机
..... 唐蓉城 李秀珍 董 刚 (296)
- 133 液体动压浮环式推力轴承的几何参数对其静
特性的影响分析
..... 董 刚 车建明 沈兆光 (299)

- 134 摩擦离合器最大静扭矩分布规律的研究
..... 戴振东 郭学陶 (302)
- 135 一种新结构的带式无级变速传动
... 陈树昌 杜玉明 潘凤章 李秀珍 (305)
- 136 链和过盈配合联接 CAD
..... 王忠祥 吴宗泽 王新敏 (308)
- 137 考虑表面粗糙度影响的齿轮闪现温度研究
..... 陈国定 胡欲立 李建华 (309)
- 138 设备固有能量转换制动器 余 林 (310)
- 139 高速推力轴承性能的三维分析方法
..... 车建明 董 刚 马晓玲 (313)
- 140 联轴器的合理选择 李希诚 (316)
- 141 降低机械噪声的润滑剂研究 ... 李世良 (319)
- 142 转轴截面的计算机辅助设计
..... 刘协权 冯勋欣 (320)
- 143 腔式液体静压偏心径向轴承的静特性研究
... 马晓玲 李文录 董 刚 车建明 (321)
- 144 划时代的传动装置—液体粘性调速离合器
..... 杨贵华 (324)

编辑出版:《机械设计》编辑部 地址:天津市红桥区金钟桥大街15号

邮政编码 300091 电话 251397

激光电脑照排:杰作电脑排版部 印刷:

责任编辑:沈永年 编辑:吴荣羔 张玉萍 美术编辑: 张志余

设计思维拓扑与概念设计模式

蒋克铸 (浙江大学)

1 设计思维空间模型

工程设计涉及人对客体对象的认识, 构思和创新行为, 思维活动是设计的基本活动。

1.1 设计思维的生理学模型

根据脑科学研究的论断, 人体的神经系统经历长期的进化, 至今保留并发展了三个主要的具有特殊功能意义的神经系统水平: (1) 脊髓水平, (2) 低级脑水平, (3) 高级脑或称皮层水平。掌管思维的器官是人体大脑皮层。从生理学观察, 大脑皮层由 10^{10} 个神经元构成, 它们之间有一种所谓突触组织将神经元连接起来, 每一个神经元约与 10^3 个其它的神经元连接起来, 形成了难以形容的复杂结构, 分区完成调节大脑皮层的觉醒状态, 接受、加工和储存信息, 规划、调节和控制复杂活动形式的功能。对此, 曾经有人运用称之为思维立方体的模型描述这 10^{10} 个神经元所处的觉醒或抑制的状态, 构筑了一个 10^{10} 维单位立方体的度量空间思维模型 (图 1)。

1.2 设计思维的心理模型

根据心理学的分析, 思维是一种最复杂的心理过程, 借助于这一过程, 人脑反映客体对象和现象的本质特征, 并揭示对象与现象之间的各种联系。其过程是: 人通过知觉对个别对象外部特征的反映, 又通过思维使个别对象中蕴含着的该类所有对象一般特征的反映, 以及现象本质的抽象, 从而可以使人研究过去保存在表象中的对象, 预测将来发生的事物, 揭示原先未曾觉察的联系, 发现原来发现的客体。对此, 笔者重整了设计思维的心理模型 (图 2)。

其中: $S'\{s'_1, s'_2, \dots, s'_n\}$ 是过去、现在和将来存在的实体集合, $S\{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ 是对实体的形貌和行为进行观察、体验、联想的构思, 在人脑中有选择地建立的实体概念集合, $T\{T^0, T^1, T^2, \dots\}$ 是人通过分析与综合, 对实体概念集合中的诸元素进行抽象归类, 形成功能、属性、形态等多重层次分类的抽象概念集族, 箭头表示概念建立、变换和构思的方向。

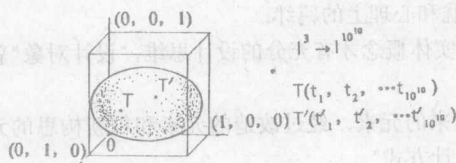


图 1

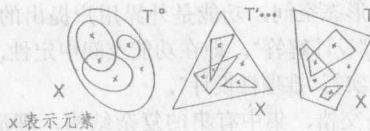
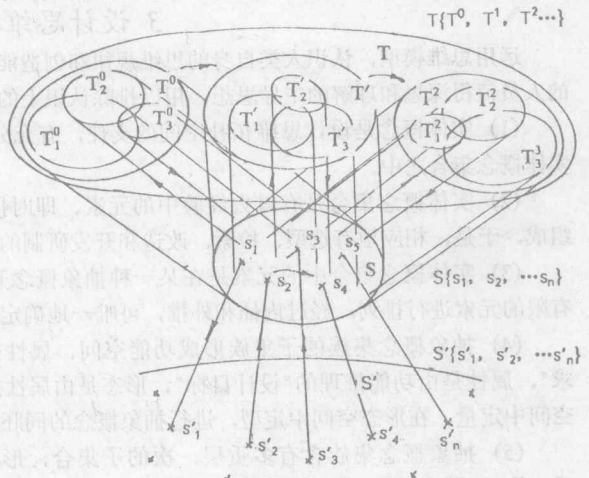


图 3



公理3 有限个抽象概念子集合的交集亦属于抽象概念集族, 即: $T^1 \in T, T^2 \in T \Rightarrow T^1 \cap T^2 \in T$ 空间 (X, T) 的结构还可以用邻域、开集等不同的公理系统作等价描述, 可使我们从不同角度上理解设计思维拓扑空间的结构。(图3)

2 设计思维的概念变换

2.1 在欧氏空间中, 正交坐标轴上的点集表示实数的集合, 定义了任意两点 P_1, P_2 之间的特定距离 $\rho(P_1, P_2) = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$, 就可以用函数 $y = f(x)$ 和曲线表示点集的变换。(图4.a)

2.2 在变量空间中, 用任意轴上的点集表示可度量化的一般对象(包括实数)集合, 定义了一般距离, 必须它满足距离公理, 例如在实数集中定义任意两点 p_1, p_2 的一般距离 $\delta(p_1, p_2) = \max\{|x_2 - x_1|, |y_2 - y_1|\}$ 或者颜色之间距离为光频之差等, 变可以用对应 $f: x \rightarrow y$ 和轴线间的连线间的连线表示点集的变换。(图4.b)

2.3 在拓扑空间中, 用开集边界内的点集表示任意事物(包括实数和一般对象)的集合, 并且完全避免对距离作任何定义和依赖。就可以用映射 $f: X \rightarrow Y$ 表示点集的变换。用邻域叙述映射在 $x_0 (x_0 \in X)$ 连续: 如果任给的 $\bar{V} \in n_T(f(x_0)) (n_T$ 表示 $f(x_0)$ 的全部邻域), 存在 $\bar{U} \in n_T(x_0)$ 使得 $f(\bar{U}) \subseteq \bar{V}$ (图4.C)。

2.4 在设计思维拓扑空间中, 用抽象概念集族中的点集表示实体概念集合, 点集的变换是属于同一实体概念中, 元素自身抽象概念的变换, 专称它为变换 $f: X \rightarrow X$, 变换自然是一一对应和正、逆双向连续的, 称为同胚拓扑变换。在此种变换之下, 抽象概念集合可作橡皮膜式的任意变化, 这时点集的内点、外点、顺序、开集、连通、紧致、可数、分离等性质都具有不变的特征(图4.d)。

构筑了设计思维拓扑空间模型, 就可运用有关的定理和关系, 解决概念推演和对象构思。

3 设计思维拓扑观念

运用思维模型, 认识人类自身的思维规律和创造能力, 确立设计思维拓扑观念则是一切从事工程设计的人员值得深思和理解的主导思想, 用以排除认识上的朦胧和心理上的羁绊。

(1) 实体概念是设计思维拓扑空间的支柱, 有充分的实体概念才有充分的设计思维, “设计对象”就在实体概念集合之中。

(2) 实体概念集合是有过去经验中的元素、即时搜集来的元素、经过改造的元素和创新构思的元素组成, 于是, 相应地有选型、检索、改造和开发研制的“设计方式”。

(3) 实体概念集合中的元素是在某一种抽象概念开集中连续变化和有序存在的, 因此, 在开集中对有限的元素进行排列, 经过内插和外推, 可唯一地确定符合需求的“设计结果”。

(4) 抽象概念集族的子集族形成功能空间、属性空间的形态空间, 功能是外界用户提出的“设计要求”, 属性是由功能推理的“设计目标”, 形态是由属性推理的“设计解答”, 即在功能空间中定性, 在属性空间中定量, 在形态空间中定型, 进行抽象概念的同胚变换, 实行“推理性设计”。

(5) 抽象概念集族含有多重层、次的子集合, 形成重叠交错、集中有集的复杂结构, 理清层次关系, 构成系统网络, 实行“条理化设计”。

(6) 简化设计思维空间结构, 根据外界环境和具体背景, 即根据“设计条件”对设计思维进行约束, 使大部分子集合由开集变为闭集, 由连续变成序列, 由邻域缩成一点, 而将概念变换集中在关键的抽象概念推理和实体概念构思上, 实行“关键性设计”。

(7) 构筑设计思维拓扑空间时, 通过子集合数目增加或减少, 开集边界的扩张或压缩, 概念的改变或替代, 构思并集、交集或子集中的实体概念, 实行“创造性设计”(图5)。

(8) 在拓扑空间中“求解”, 进行可行性设计, 在度量空间中“求佳”, 进行概念性设计, 在欧氏空间中“求优”, 进行技术性设计, 是“设计进程”的本质。

(9) 在子空间内划清“设计任务”的边界, 在商空间内求解“设计关键”, 在积空间中实现多个“设计目

标”，在和空间内形成全系统的“设计方案”，这是一般的“设计策略”。

(10) 设计思维过程中，抽象概念的推理、实体概念的构思、“求佳、求优”的算法、思维表达原形式和内容等是“设计方法”和“设计技术”的理论基础，也是 CAD 的理论基础。

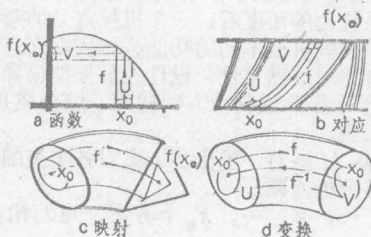


图 4



图 5

4 概念设计的思维模式

根据上述概念，笔者构筑了一个直观的设计思维模型，使抽象的概念转化成形象的图形。

将抽象的名词：实体、实体概念、抽象概念、开集相应地换成惯用的术语：品种、型式、系列、规格，并作以下说明：

品种 可理解为客观存在的实体，有物品种类的含义，细分成样品、产品、商品等。

型式 可理解为实体概念，细分成原（始）型、与（创）新型、基（本）型与变（异）型、简装（型）与精制（型）。

系列 可理解为按抽象概念排列的型式序列，有功能、原理、形态、结构、参数等系列。

规格 可理解为存放各种型式品种的立方框格或开集的边界。

于是，可用上述要素构筑成框架、框柜和框体，规定系列概念，排列和存放不同型式品种，冠以品种规格名称，形成直观的思维模型，例如，电弧炼钢设备设计思维模型如图 6 所示。

最终，导出一种类似“晶胞生长”和“裂变反应”的概念设计思维模式，给选择、搜索、扩展新产品和开发新机理、新系统或新结构开辟了广阔和思维空间，亦为设计智能模拟提供一个实用的模式（图 7）。

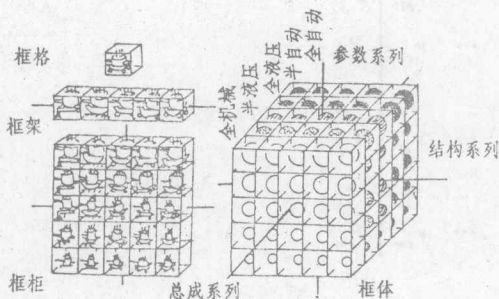


图 6

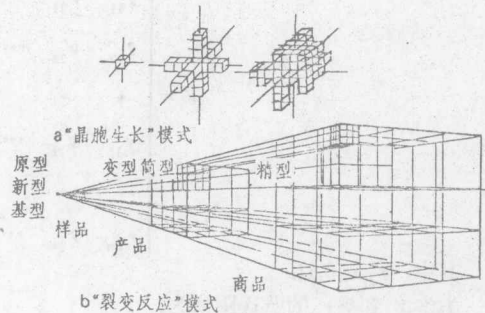


图 7

参考文献

1. 肃静宁著. 脑科学概要
2. B.B.波果斯洛夫斯基著. 普通心理学
3. 野口宏著. 拓扑学的基础和方法
4. 余立冰编著. 点集拓扑
5. Yoshikawa, General Design Theory

工程设计方案模糊决策模型研究

高法良 (上海工业大学)

1 设计方案模糊决策

一个产品的开发总是为了满足某些要求而提出的,在这些要求中,有的是明确的、具体的、可计量的,有的则是不明确的、难以具体的、不可计量的。从系统论的角度看,一个机械产品的总功能可分解为若干个分功能,各分功能又可分解为若干个子功能,各子功能可由不同的功能载体实现之,即机械产品的功能具有层次结构,在同一层之间,功能及功能载体具有相对的独立性。设计人员根据已知条件(功能要求、工作环境、工作对象、资金条件及其他要求)可由形态矩阵或其他方法搜索、综合成几种可行方案,决策的目标是对几种可行方案作出评价决策,择优付诸实现。

如果我们按某些标准把待选方案依优劣程度分为 C 类 ($C \geq 2$), 求出各方案对各个类的隶属度, 那末对“优”类隶属度最大的方案就是首选方案。这是模糊聚类分析问题。

按模糊聚类分析原理⁽⁸⁾, 对于待分类的 $X_1, X_2, \dots, X_j, \dots, X_n$ 个方案, 可写出在模糊评价集 $P = (P_1, P_2, \dots, P_i, \dots, P_m)$ 上的评价矩阵 R 。

$$R = \begin{array}{c|cccc} & X_1 & X_2 & \dots & X_j & \dots & X_n \\ \hline P_1 & r_{11} & r_{21} & \dots & r_{j1} & \dots & r_{n1} \\ P_2 & r_{12} & r_{22} & \dots & r_{j2} & \dots & r_{n2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ P_i & r_{1i} & r_{2i} & \dots & r_{ji} & \dots & r_{ni} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ P_m & r_{1m} & r_{2m} & \dots & r_{jm} & \dots & r_{nm} \end{array} \quad (1)$$

其中 $r_{ij} \in [0, 1]$ $j = 1, 2, \dots, n$ $i = 1, 2, \dots, m$

按评价因素的重要程度, 可写出评价因素的权向量 W :

$$W = (w_1, w_2, \dots, w_i, \dots, w_m) \quad (2)$$

如果把 n 个方案分成 C ($C \geq 2$) 类, 各聚类中心的特征参数为 v_{hi} ($h = 1, 2, \dots, c; i = 1, 2, \dots, m$), 则分类矩阵为:

$$V = \begin{array}{c|cccc} & v_1 & v_2 & \dots & v_h & \dots & v_c \\ \hline P_1 & v_{11} & v_{21} & \dots & v_{h1} & \dots & v_{c1} \\ P_2 & v_{12} & v_{22} & \dots & v_{h2} & \dots & v_{c2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ P_i & v_{1i} & v_{2i} & \dots & v_{hi} & \dots & v_{ci} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ P_m & v_{1m} & v_{2m} & \dots & v_{hm} & \dots & v_{cm} \end{array} \quad (3)$$

其中 $v_{hi} \in [0, 1]$ 。

方案 X_j 到类 v_h 的欧氏距离为:

$$\begin{aligned} \|X_j - v_h\| &= \sqrt{(x_{j1} - v_{h1})^2 + (x_{j2} - v_{h2})^2 + \dots + (x_{ji} - v_{hi})^2 + \dots + (x_{jm} - v_{hm})^2} \\ &= \sqrt{\sum_{i=1}^m (x_{ji} - v_{hi})^2} \end{aligned}$$

考虑因素权重, 则方案 X_j 到类 v_h 的欧氏距离为:

$$\begin{aligned} \|w(X_j - v_h)\| &= \sqrt{w_1(x_{j1} - v_{h1})^2 + w_2(x_{j2} - v_{h2})^2 + \dots + w_i(x_{ji} - v_{hi})^2 + \dots + w_m(x_{jm} - v_{hm})^2} \\ &= \sqrt{\sum_{i=1}^m w_i(x_{ji} - v_{hi})^2} \end{aligned} \quad (4)$$

$$\text{上式可取为: } D_j = \|w(X_j - v_h)\| \quad j = 1, 2, \dots, n \quad h = 1, 2, \dots, c \quad (5)$$

按模糊分类, 方案 X_j 以隶属度 u_{jh} 隶属于第一类,

同时又以隶属度 u_{jh} 隶属于 h 类 ($h = 2, 3, \dots, c$)。各方

案对类的隶属度矩阵如式 (6) 所示:

$$R = \begin{matrix} & X_1 & X_2 & \dots & X_j & \dots & X_n \\ \begin{matrix} u_{11} & u_{21} & \dots & u_{j1} & \dots & u_{n1} \\ u_{12} & u_{22} & \dots & u_{j2} & \dots & u_{n2} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ u_{1h} & u_{2h} & \dots & u_{jh} & \dots & u_{nh} \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ u_{1c} & u_{2c} & \dots & u_{jc} & \dots & u_{nc} \end{matrix} & \begin{matrix} v_1 \\ v_2 \\ \vdots \\ v_h \\ \vdots \\ v_c \end{matrix} \end{matrix} \quad (6)$$

式 (6) 中 u_{jh} 满足以下关系:

$$\begin{cases} 0 \leq u_{jh} \leq 1 \\ \sum_{h=1}^c u_{jh} = 1 \end{cases} \quad (7)$$

样本、类、样本对类的隶属度, 基关系如图1所示。

我们可将隶属度看作权重, 则方案 X_j 到类 v_h 的权距离为: $u_{jh}^m \|w(X_j - v_h)\|$

方案 X_j 到各聚类中心的权距离之和为: $\sum_{h=1}^c u_{jh}^m D_{jh}$

所有方案到各聚类中心的权距离之和为:

$$\sum_{j=1}^n \sum_{h=1}^c u_{jh}^m D_{jh} \quad (8)$$

文 [9]、[10] 指出式 (8) 中的指数 m 取2为宜, 这样, 式 (8) 应写作:

$$\sum_{j=1}^n \sum_{h=1}^c u_{jh}^2 D_{jh} \quad (9)$$

按聚类判据, 使所有方案到各聚类中心距离之和的泛函最小为聚类准则, 即

$$J_m(U, V) = \min \left\{ \sum_{j=1}^n \sum_{h=1}^c u_{jh}^2 D_{jh} \right\} \quad (10)$$

由工程设计方案决策的实际出发, 方案决策并不要求出各方方案对每一类的隶属度, 而只要求出各方方案对最优类隶属度就可排出它们对最优类的次序而作出决策。这样, 只要令 $C=2$, 把方案分成两类, 优与劣, 再利用式 (7) 中第二式的关系就可把式 (10) 写成对“优”的隶属度的表达式了:

$$J_m(U, V) = \min \left\{ \sum_{j=1}^n \left(u_{j1}^2 D_{j1} + u_{j2}^2 D_{j2} \right) \right\} = \min \left\{ \sum_{j=1}^n \left[u_{j1}^2 D_{j1} + (1 - u_{j1})^2 D_{j2} \right] \right\} \quad (11)$$

若把“优”的聚类中心的参数值都取为1, 那末它就是理想的优; 同样, “劣”的聚类中心的参数值都取为0, 它就是理想的劣, 而 u_{j1} 就表示方案 X_j 对“理想的优”的隶属度。这样, 距离 D_{j1} 、 D_{j2} 的计算就十分方便了。

为求 u_{j1} , 将式 (11) 改写为: $J_m(U, V) = \sum_{j=1}^n \min \left\{ u_{j1}^2 D_{j1} + (1 - u_{j1})^2 D_{j2} \right\}$

对上式花括号中的式子求导, 并令其等于零即可求出 u_{j1} ,

$$\frac{d \left\{ u_{j1}^2 D_{j1} + (1 - u_{j1})^2 D_{j2} \right\}}{du_{j1}} = 2u_{j1} D_{j1} + (2u_{j1} - 2) D_{j2} = 0 \quad u_{j1} = \frac{D_{j2}}{D_{j1} + D_{j2}}$$

考虑到 $v_{11} = 1$ 、 $v_{21} = 0$ (1), 上式可写为:

$$u_{j1} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^m w_i x_{ji}^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m w_i (1 - x_{ji})^2} + \sqrt{\sum_{i=1}^m w_i x_{ji}^2}} \quad (12)$$

2 算例

文 [4] 中以焊接夹具方案为例, 介绍了设计方案决策原理与方法。为便于比较, 本文同样以文 [4] 焊接夹具方案为例, 说明设计方案模糊决策的原理与方法。设计任务书要求设计一种能把焊接工件送到预期焊接位置并且能在焊接过程中能把它固定的焊接工艺装备。要求, 做一种应用范围宽广的万

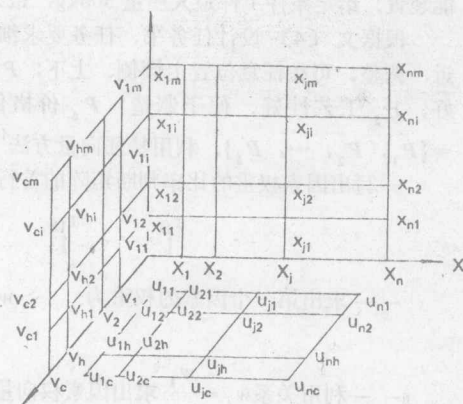


图1

能装置。给定条件工件最大质量 300kg; 最大底面积 500 × 500mm; 所有必须的运动都用手动。

根据文〔4〕设计任务书、任务要求细目单所列任务, 可将评价因素归纳为: P_1 使用方便, 便于接近、调整, 可在任意位置上倾侧、上下; P_2 操作稳定、牢固地固定工件; P_3 结构紧凑; P_4 功能实现性好; P_5 工艺性好、便于制造; P_6 价格便宜。以上六个评价因素组成了设计方案的评价因素集 $P = \{P_1, P_2, \dots, P_6\}$ 。利用特征向量方法^[1]、首行元素法^[3], 可求出各评价因素的权重, 步骤是:

—写出因素权重的比率判断矩阵的首行:

$$\begin{matrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & r_{14} & r_{15} & r_{16} \\ 1 & 1 & 5 & 1 & 3 & 1 \end{matrix}$$

— 求出第一个因素的权重: $w_1 = \frac{1}{1+1+\frac{1}{5}+1+\frac{1}{3}+1} = 0.221$

— 利用关系 $w_i = \frac{w_1}{r_{1i}}$ 求出因素权向量:

$$W = (w_1, w_2, w_3, \dots, w_6) = (0.221, 0.221, 0.043, 0.221, 0.073, 0.221)$$

由已知条件 (要求功能, 使用环境, 资金限额, ……) 从功能-载体组成的形态矩阵可综合成方案 A、B、C、D, 为增强它们的可比性, 除方案 D 外, 方案 A、B、C 较文〔4〕的略作改变。各方案的功能载体如表 1 所示。

表 1 各方案的功能载体

方案 载体 功能	A	B	C	D
旋转	旋转导向滚动支承	旋转导向滚动支承	旋转导向滑动支承	旋转导向滑动支承
翻转	圆柱面	铰链	二个转轴支承	一个转轴支承
高度变化	螺旋机构	螺旋机构	杠杆	直线导向滑动支承
保持状态	止头螺钉	止头螺钉	孔-销柱	孔-销柱
显示位置	指针	刻度尺	指针	刻度尺

在评价集上对各方案作出评价, 得评价矩阵 R 如下:

	A	B	C	D	
$R =$	0.7	0.7	0.6	0.8	P_1
	0.8	0.8	0.7	0.9	P_2
	0.8	0.8	0.6	0.9	P_3
	0.9	0.9	0.9	0.9	P_4
	0.7	0.8	0.6	0.9	P_5
	0.8	0.7	0.6	0.9	P_6

表 2

项目	A	B	C	D
D_{11}	0.633	0.611	0.457	0.810
D_{12}	0.049	0.056	0.126	0.009
u_{11}	0.928	0.916	0.784	0.990

矩阵 R 中的首行元素是在 P_1 上对四个方案评价。从使用方便的角度考虑, 方案 A、B 都以螺旋机构与止头螺钉实现高度变化与保持状态, 它们虽可行, 但并非最佳, 故取 0.7, 而方案 C 以杠杆与孔-销柱实现, 比 A、B 还差一些, 取 0.6, 而方案 D 以直线导向滑动支承与孔-销柱实现, 比 A、B 方便些, 故取 0.8。矩阵中其他各行的元素也如上法确定。确定矩阵元素的合理性文〔12〕已作论证。

按式 (5) 计算 D_{11} 、 D_{12} , 按式 (12) 求得方案 A、B、C、D 对“优”的隶属度如表 2 所示。

由计算结果可知, 四个方案对“优”的排序为 D、A、B、C, 即优选方案为 D, 次为 A。

(上接 19 页)

(其模糊变换过程从略)

结果表明, 配方 1 好的评价占 0.585, 不好的评价占 0.415, 而配方 2 好的评价占 0.638, 不好的评价占 0.362。结论是配方 2 优于配方 1。

上述分析讨论表明: 二级模糊综合评判评价摩擦衬片配方的方法是可行的。通过模糊综合评判对衬片配方进行排序择优, 为加快新型制动衬片的研制与产品开发提供了新的途径。

参考文献

1. 汪培庄 模糊集合论及其应用, 1983

2. 蔡庐 实用模糊数学, 1989

3. S.K.Rhee. Friction Coefficient of Automotive Friction Material—It's Sensitivity To Load, Speed And Temperature, SAE 74041

创造性思维及几个创造方法

徐福嘉 谢 菁 (天津理工学院)

人的创造力是可以培养和开发的,美国和日本由于推广了创造方法,从而发明人数大大增加。理解创造机理,运用一些创造方法,定能提高你的创造力。

1 创造机理

创造性思维最本质的特征在于潜意识活动的存在,产生认识上的突然飞跃。

(1) 创造性思维过程。分为准备期、酝酿期、灵感期和完善期四个阶段。如爱因斯坦经长期有意识紧张研究活动,过度疲劳后躺在床上,放松后让潜意识发生活动,突然出现灵感,创立了相对论。达尔文、笛卡尔、彭加勒、坎农等都有类似的体验。

(2) 联想的机理、源泉及机遇。联想的机理是信息神经元间的暂时联系,是通过有意识和潜意识活动进行的。知识和经验积累使大脑中储存起大量的信息神经元,问题一旦与切题的信息神经元联系上就出现顿悟。脑中空空,联想无源,所以要努力学习与实践以扩大源泉。求解过程是定向联想,有意识和无意识地搜索大脑中之存储,导致解决问题的联想,另一方面导致你对周围事物及现象的敏感及联想。苹果落地别人没悟出道理,而牛顿悟出地心引力,因他心中早存在这方面的问题。试验研究过程中的“偶然现象”、“奇怪现象”、“反常现象”要特别留心,它们常是创造的“机遇”,抓住机遇常导致成功,有许多实例,如青霉素的发现。

2 几个创造法

(1) 综合创造法——合理的综合就是创造,合理指符合物理的、化学的、生物的规律。客观世界的许多事物是综合得到的。如氢与氧综合而得水,植物通过杂交可得新品种,不同配比不同成分可综合出各种合金。爱因斯坦综合万有引力理论与狭义相对论创立了广义相对论。形态学矩阵可把各分功能的各种解答综合出许多方案。综合电视技术和电波测量技术发明了雷达。组合机床、组合夹具、各种炒菜。

离散求解法——要解决复杂问题不仅要用系统方法,而且可用离散方法,把对象细分,每个小问题比较容易求解。数学的微积分是先化整为零,然后积零为整求解的。把圆周分割成有限多个直线的多边形,而创立了圆周率的近似算法。的些货物大包出售出现滞销,改用小包装增加了销售量。又如有限元法、隔离体法、地壳板块组成理论、谱分析法等。

(3) 类似联想创造法——求解时大脑处于积极的定向联想状态,寻找类似,进行类比转移经验、触发联想而顿悟。如杜里埃看到妻子喷香水而发明了汽化器,威斯豪森风挖隧道用风钻而发明火车刹车装置,邓录普用胶管浇水而发明了自行车充气轮胎。莫尔斯看到邮车每到一站换马,而联想出电报沿途设放大站,解决长途传输信号衰减问题。

(4) 仿生创造法——模拟生物的结构与功能,对应联想而创造。如鲁班见锯齿状草叶割破皮肤而发明用锯子,海豚式高速艇仿海豚外形,超声波测距仿蝙蝠功能,由猫的瞳孔缩小放大联想出照相机光圈,根据耳的构造发明了电话。响尾蛇导弹系统是参照响尾蛇对热辐射很敏感的视觉系统研究完成的。

(5) 应用新技术创造法——一项新技术发明往往导致一批新发明创造。1867年发明了内燃机,接着诞生了装内燃机的汽车、轮船和飞机。晶体管发明后出现了晶体管的收音机、计算机及控制电路等。无线电波的发现,导致发明电报、无线电话、收音机、雷达等。发电机的发明带来大批发明,如电灯、电话、电动机、电车、电扇、吹风机、电疗等。激光的发明导致激光枪、激光医疗、激光切割打孔等。

ADS 喷油泵凸轮轴实物反求设计及其应用

时德远 吴邦玉 丁开南 (安徽油泵油咀厂)

在产品的仿制过程中,使仿制产品最终能达到以至超过原型产品的功能和效果,是我们进行仿制设计的目的。特别是在当前国内原材料和热处理水平同国外先进水平相比还有很大差距情况下,通过功能分析、消化吸收、创新设计,使功能达到或超过原要求,显得更加重要。本文着重介绍了我厂通过对 ADS 喷油泵凸轮轴实物反求,拟合出原凸轮轴的轮廓线和功能参数,经过改进设计,达到或超过原泵的功能参数,减少了凸轮轴的凸轮表面与滚轮之间的接触应力。最后介绍了仿制设计的产品和原型产品的功能对比及配套情况。

1 原泵的数据收集和凸轮型线的拟合

1.1 原始数据的收集

在收集原始数据的过程中,我们通过对日本 ADS 喷油泵进行实物测绘的方法,得到柱塞偶件直径的大小,柱塞弹簧刚度等有关参数,整个运动质量、滚轮直径、凸轮基圆直径和凸轮轮廓线数值表。

1.2 凸轮轮廓线的拟合

众所周知,喷油泵凸轮轮廓线的升程段大致由升速段、过渡段和降速段所组成。在升速段一般都采用切线凸轮来获得较高的正加速度。同时又便于加工。降速段一般采用偏心圆或正弦曲线。过渡段多为圆弧或幂多项式曲线。故凸轮拟合曲线可采用以下几种方法进行拟合。

(1) 根据凸轮型线,如果在某一段内发现 $\frac{\Delta y}{\Delta x}$ 为常数(即 $\frac{\Delta y}{\Delta x} = \text{常数}$),则可用切线方程作为该段轮廓线的拟合方程。其中:

$$x = R \sin \varphi - \frac{r_r (R \sin \varphi - R' \cos \varphi)}{\sqrt{R'^2 + R^2}} \quad y = R \cos \varphi - \frac{r_r (R \cos \varphi - R' \sin \varphi)}{\sqrt{R'^2 + R^2}}$$

凸轮方程式可用下列公式进行计算 h 、 h' 、 h'' 值^[1]。

$$h = (r_0 - r_r) \left(\frac{1}{\cos \varphi_1} - 1 \right) \quad h' = (r_0 - r_r) \frac{\tan \varphi_1}{\cos \varphi_1} \quad h'' = (r_0 - r_r) \frac{1 + \sin^2 \varphi_1}{\cos^3 \varphi_1}$$

式中 $0 < \varphi_1 < \Phi_m$

(2) 如果在每一段内均发现曲率半径 ρ 为常数(即 $\rho = \text{常数}$),则可以用圆弧作为拟合方程。

$$\text{其中: } \rho = \frac{R \left[\sqrt{1 + \left(\frac{R'}{R} \right)^2} \right]^3}{1 + 2 \left(\frac{R'}{R} \right)^2 - \frac{R''}{R}} - r_r \quad R' = \frac{h_{i+1} - h_i}{\Delta \varphi} \quad R'' = \frac{h_{i+1} - 2h_i + h_{i-1}}{\Delta \varphi^2}$$

凸轮方程式可用下列公式进行计算 h 、 h' 、 h'' 值。

$$h = c \left[\left(\frac{H + r_1}{c} \right)^2 - \sin^2 (\Phi_m + \varphi_2) \right]^{\frac{1}{2}} + c \cos (\Phi_m - \varphi_2) - (r_0 - r_r)$$

$$h' = c \left\{ \sin (\Phi_m - \varphi_2) \cos (\Phi_m - \varphi_2) \left[\left(\frac{H + r_1}{c} \right)^2 - \sin^2 (\Phi_m - \varphi_2) \right]^{-\frac{1}{2}} + \sin (\Phi_m - \varphi_2) \right\}$$

$$h'' = -c \left\{ \left(\frac{H + r_1}{c} \right)^2 \cos (\Phi_m - \varphi_2) + \sin^4 (\Phi_m - \varphi_2) \left[\left(\frac{H + r_1}{c} \right)^2 - \sin^2 (\Phi_m - \varphi_2) \right]^{-\frac{3}{2}} + \cos (\Phi_m - \varphi_2) \right\}$$

(3) 由于日本 ADS 泵的凸轮轴设计回归出是切线——圆弧凸轮,所以我们没有继续进行下去。如果非上属二种情况,可以采用多元一次方程或一元多次方程进行回归。具体方法见参考文献 [3]。

(4) 凸轮表面接触应力计算 从拟合出的凸轮轮廓线中,找出最小曲率半径 $r_{\min} = 2.1 \text{mm}$ 。假设喷油泵凸轮转速为 1000r/min ,则算出作用在该点凸轮上的作用力为 1100N ,接触应力为:

$$\sigma = 0.418 \sqrt{\frac{PE}{b} \left(\frac{1}{r_{\min}} + \frac{1}{r_r} \right)} = 0.418 \sqrt{\frac{1100 \times 2.1 \times 10^4}{12} \left(\frac{1}{2.1} + \frac{1}{10} \right)} = 1392 \text{ MPa}$$

从计算结果看, σ 值虽然小于许用的 $[\sigma]$ 值 1750 MPa, 但安全系数仍较小, 只有 1.26, 这样对材料和热处理要求更为严格, 通常难以达到要求。为了使安全系数达到 1.5 以上, 必须限制 σ 值, 我们采用了反求, 重新设计了凸轮型线。

2 凸轮的反求设计

在重新设计凸轮时, 我们先从控制接触应力 σ 开始算出允许的最小曲率半径和最大的线型加速度。凸轮型线采用推荐的切线——正弦函数——高次幂函数来满足最大供油速率要求 [4]。

2.1 加速段仍用切线函数加速

由于切线函数升速较快, 能够满足最大供油速率要求。切线段方程为 (见参考文献 [1]):

$$h_1 = (R+r) \left(\frac{1}{\cos \alpha_1} - 1 \right) \quad h'_1 = (R+r) \left(\frac{\tan \alpha_1}{\cos \alpha_1} \right) \quad h''_1 = (R+r) \frac{1 + \sin^2 \alpha_1}{\cos^3 \alpha_1}$$

降速段采用四次方程抛物线, 目的在于增大最小曲率半径来降低接触应力。

$$h_3 = B_4 \alpha_3^4 - B_5 \alpha_3^3 + B_6 \quad h'_3 = 4B_4 \alpha_3^3 - 3B_5 \alpha_3^2 \quad h''_3 = 12B_4 \alpha_3^2 - 2B_5$$

为了升速段和降速段加速度连贯, 采用正弦函数曲线过渡。

$$h_2 = B_1 \sin \alpha_2 + B_2 \alpha_2 + B_3 \quad h'_2 = B_1 \cos \alpha_2 + B_2 \quad h''_2 = -B_1 \sin \alpha_2$$

边界条件的确定: 当 $\alpha_1 = 0$ 时: $h_1 = 0, h'_1 = 0$

$$\text{当 } \alpha_1 = \alpha_2 = \Phi_1 \text{ 时: } h_1 = h_2, h'_1 = h'_2, h''_1 = h''_2$$

$$\text{当 } \alpha_2 = \alpha_3 = \Phi_2 \text{ 时: } h_2 = h_3, h'_2 = h'_3, h''_2 = h''_3$$

$$\text{当 } \alpha_3 = \Phi_3 \text{ 时: } h_3 = 11, h'_3 = 0, h''_3 = a_{\max}$$

$$\text{当 } \alpha_1 = 0 \text{ 时: } h'_1 = h'_{\max}$$

其中 $h'_{\max}$ 是原凸轮在 θ 角时的最大速度, 目的在于满足最大供油速率要求。

最大加速度 $a_{\max}$ 用下列公式求出 (见参考文献 [2])。

$$a_{\max} = H + r_r + r_0 - \frac{(H + r_r + r_0)^2}{r_r + r_{\min}} \quad r_{\min} \geq \left[\left(\frac{\sigma}{0.418} \right)^2 \frac{b}{EP} - \frac{1}{r_r} \right]^{-1}$$

假设安全系数 $n = 1.8$ 时, $r_{\min} \geq 6.4$

$$a_{\max} = 39.7 \text{ mm/s}^2 \quad a_{\max} = \omega^2 h''_{\max} = \left(\frac{\pi \cdot n}{30} \right)^2 \cdot h''_{\max} \quad h''_{\max} = 1.2 \times 10^{-2} \text{ mm/dog}^2$$

从原始凸轮数据中查出, 当 $\theta = 34^\circ$ 时, $h'_{\max} = 0.34 \text{ mm/dog}$, 代入方程可解得:

$$B_1 = 0.0317, B_2 = 18.5749, B_3 = 4.949, B_4 = 3.470, B_5 = -19.826, B_6 = 11, \Phi_1 = 34^\circ, \Phi_2 = 3^\circ, \Phi_3 = 29.61^\circ$$

2.2 功能参数对比

日本原 ADS 喷油泵的切线—函数凸轮与我厂新设计的切线函数凸轮功能参数, 我们可以用图表的形式反映出来, 见表 1 和图 1。

表 1 凸轮功能参数对比表

	单位	原凸轮	新凸轮
最小曲率半径	mm	2.1	6.4
接触应力	MPa	1392	928
供油速率	mm ³ /dog	0.34	0.34
最大负加速度	mm/dog ²	-0.0197	-0.0121

3 与主机配试及耐久试验情况

我们用上述数据试制的凸轮轴,进行了耐久试验及南昌柴油机厂 D6110Q 柴油机性能匹配试验。由试验数据绘出的曲线可以看出,新 ADS 喷油泵完全能达到日本泵的性能,某些工况优于日本泵,见图 2。另经过 1500 多个小时的耐久试验,新 ADS 泵凸轮表面完好无损,未出现任何沟纹、点蚀等缺陷。

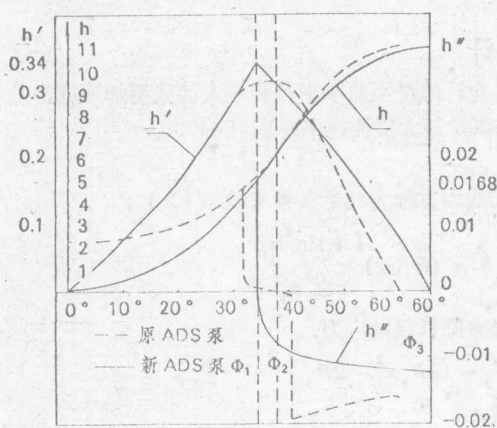


图 1 凸轮功能参数对比曲线图

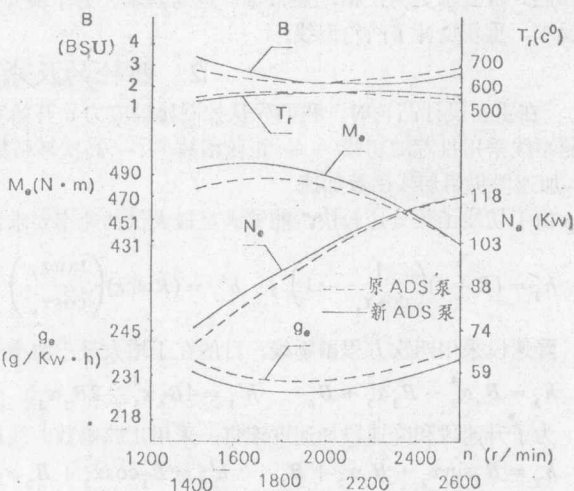


图 2 D6110Q 柴油机速度特性曲线图

4 小结

(1) 本文介绍了油泵凸轮轴轮廓线拟合回归的有效方法。采用这种方法可以拟合幂函数切线和圆的方程式,对凸轮轴的数控加工也是非常有用的软件。

(2) 从原始的功能参数最大供油速率(即凸轮上的最大速度)的要求来看,限制了凸轮表面的最大接触应力,增大了最小曲率半径,以及满足最大负加速度的要求,反求设计了合理的凸轮型线,改变了喷油泵凸轮型线传统的拼凑设计方法。

(3) 通过配机使用证明了新设计的喷油泵完全能满足柴油机要求。达到了原泵的功能。经济性和动力性指标均比原泵略优之。

参考文献

1. 史绍熙主编. 柴油机设计手册(中册). 中国农机出版社, 1984
2. 王九如等主编. 喷油泵凸型线逆向设计法及其应用. 华东地区四省一市内燃机学会论文, 901624 号, 1990
3. 郑世良等编. 内燃机配气凸轮和喷油泵凸轮轮廓线的拟合. 华东地区四省一市内燃机学会论文, 901603 号, 1990
4. 翁立克. 喷油泵函数凸轮型线的设计方法. 内燃机工程, 1981 (2)

符号说明

$R = h + r_0 + r_r$

h —凸轮升程

r_0 —凸轮基圆半径

r_r —滚轮半径

Φ_m —拟合曲线过程中工作段角度

φ —拟合曲线工作段内的角变量

ρ —曲率半径

H —总升程

$c = H + r_0 + r_r$

r_1 —过渡圆弧半径

σ —凸轮表面接触应力

$r_{\min}$ —凸轮表面最小曲率半径

Φ_1, Φ_2, Φ_3 —凸轮设计时各工作段角度

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ —凸轮设计时各工作段角变量

P —凸轮表面承受的作用力

θ —凸轮上最大速度点的转角

反求工程在产品中的应用

杜玉明 潘凤章 陈树昌 李秀珍 (天津大学)

反求工程是近年发展起来的新的设计方法之一,它是对国内外已有的产品或有关影像、资料、图纸等进行分解、试验、分析研究,在充分掌握其功能特点的基础上,博采众长,结合国情设计出具有领先技术水平新产品的一种设计方法。在几年的科研实践中,我们运用反求工程的理论与方法,对于引进国外的一些设备,通过消化吸收,发展创新,开发出一批国内急需产品,为我国在这些技术领域内填补了空白,收到了较好的经济效益和社会效益。

1 XZ-45 芯柱自动机的研制

XZ-45 芯柱自动机是微型灯泡生产过程中完成制芯工序的专用设备,适用于生产玻璃熔球直径 1mm、长 25~45mm 的微型灯泡芯柱。该机是在引进日本芯柱自动机两种机型的基础上,利用反求工程的设计方法于 1988 年研制成功的。

1.1 设计参数的反求和反求对象的确定

反求工程的首要任务是找出反求对象的原始设计参数。为此,我们深入车间进行现场考查,了解机器的功能、结构和使用情况,听取技术人员和操作工人的意见,并对日本两种机型的原始设计参数进行测试和分析,结论是:

(1) 日本微机控制型芯柱机虽然控制部分较可靠,但整机的机构选型不够合理,特别是关键的成球工序采用气动方式,造成产品质量离散、成品率低下。另外其主机各回转件质量大,致使系统的转动惯量大,起制动性能差;加之电磁离合器和驱动电机参数配置不够合理,因而经常发生机械故障,维修频繁。

(2) 日本机械式芯柱机(如图 1 所示)虽然存在电气控制元件寿命低、主机传动系统结构复杂、布局不够合理、外观差等缺点,但其基本动作采用机械传动方式,工作平衡可靠,成品率高,成本低等诸多优点。因此我们决定选择日本机械式芯柱机作为基本反求对象。

1.2 国产芯柱机方案的确定

在对日本机器测试的基础上,我们经过论证并提出了“国产机”设计方案,论证的要点是:

(1) 针对日本芯柱机的总体布局、外廓尺寸以及外观等进行评价,提出国产机的这些方案。

(2) 针对日本芯柱机每个具体功能系统进行评价,吸收合理部分,去除不足,得到相应替代方案。

(3) 针对日本机器中的每种基础件,考虑国产机的制造和维修备件的供应问题,提出相应的落实措施。

由于芯柱自动机是一种专用机械,日本机器中采用的许多基础件,或者因为当时国内无生产,或者虽有生产但结构参数不相符,给芯柱机的国产化带来一定困难。我们区别了不同情况,采取了三种相应的对策。

(1) 首先从设计环节考虑,在满足功能要求前提下,通过改变结构型式的调整设计参数,尽量选用现有的国产基础件。

(2) 对于部分无国产件可以替代,但有条件自行开发的基础件自行开发。由此我们解决了诸如制动电机、电磁离合器、煤气加热喷嘴、微型气路元件等基础件的开发研制。而其中有些件本身又可单独做为产品推广。

