



面向21世纪课程教材

林业机械现代设计学

郑加强 主编



中国林业出版社

76.02
7

面向 21 世纪课程教材

林业机械现代设计学

郑加强 主编

中国林业出版社

内容提要

本书为“面向 21 世纪课程教材”，是根据国家教育部普通高等教育“九五”国家级重点教材立项而组织编写。

本书阐述林业机械系统特点，循序渐进地将现代设计方法（系统分析设计法、动态分析设计、相似与模拟设计、优化设计、计算机辅助设计、可靠性设计、反求工程设计等）与机械工程、特别是林业机械设计实例结合起来阐述，使学生从整体上认识和把握现代设计方法在机械工程现代设计中的应用，掌握机械工程现代设计的基本理论与技能，促进高性能林业机械的开发与设计。

本书可作为高等院校机械设计制造及其自动化（林业与木工机械、机械设计与理论等）、木材加工与人造板工艺、森林工程等专业相关课程的本专科生与研究生的教材，也可作为其他机械类专业的教学参考书，并可供从事机械设计的工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

林业机械现代设计学/郑加强主编：—北京：

中国林业出版社，1998.12

普通高等教育“九五”国家级重点教材

ISBN 7-5038-2162-0

I. 林… II. 郑… III. 林业机械-机械设计-高等学校-教材 N. S776.02

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 37505 号

林业机械现代设计学

封面设计 聂崇文

版式设计 沈江

出版 中国林业出版社（北京西城区刘海胡同 7 号） 邮编 100009

印刷 北京地质印刷厂

发行 新华书店北京发行所

版次 1998 年 12 月第 1 版 1998 年 12 月第 1 次印刷

开本 787mm×960mm 1/16 印张：16.75

字数 296 千字

印数 1~500 册

定价 50.00 元

序

计算机及其相关技术的发展,正引发着机械设计和制造学科的一场革命,各种新的设计方法不断涌现。为了使林业机械设计制造与其自动化专业和其他有关专业的学生适应科技的发展,并结合面向 21 世纪专业改革,需要编写合适的系统介绍现代设计方法的教材。《林业机械现代设计学》就是为适应科技发展并根据国家教育部普通高等教育“九五”国家级重点教材立项而组织编写的。

现代设计方法是一门综合性课程,与各相关学科联系密切,融汇了当今科技的精华。该教材内容先进,实用性和系统性很强;系统阐述了机械系统的特点,并将各种现代设计方法与林业机械设计实例相结合,可使学生从整体上认识和把握现代设计方法在机械工程现代设计中的应用,掌握机械工程现代设计的基本理论与技能,促进高性能机械系统的开发与设计。

该教材层次清楚,结构合理,能满足高等院校机械设计制造与其自动化专业(如林业与木工机械等)的学生和其他相关专业的工程技术人员和研究生的教学、科研工作需要,也可作为其他工程类专业的教学参考书。

该教材的出版,在拓宽我国机械设计制造及其自动化专业学生的知识面和掌握现代设计方法方面,将起到积极的影响,对提高和推动我国工程技术人员掌握现代设计方法也将产生积极的作用。

东南大学 胡景平

1998 年 11 月 2 日

前 言

本书是根据国家教育部教高[1997]16号文立项的普通高等教育“九五”国家级重点教材立项而组织编写的。

现代设计理论与方法正迅速进入机械设计领域,林业机械是变化种类繁多的产业机械,工作原理及结构独具特色。本教材综合论述了现代设计的特征、方法及林业机械系统特点及机械工程现代设计方法,并结合林业机械产品结构特点,将林业机械设计实例与现代设计方法结合起来,以促进高性能机械产品的开发与设计。本教材着眼于面向21世纪机械类学科专业的课程体系,强化现代设计方法在提高工程技术人员综合能力和创新能力的作用,使他们触类旁通,掌握林业机械及其他各类机械产品设计的基本特点规律、手段,提高对现代科技成果的敏感性,对今后开发性和创新性设计产生积极的影响。

本书因篇幅限制,仅介绍在现代设计实践和林业机械开发设计中应用比较广泛、比较成熟的现代设计方法,即系统分析设计法、动态分析设计法、相似与模拟设计法、优化设计法、计算机辅助设计,可靠性设计、反求工程设计等,并且选取具有典型意义的相关机械现代设计实例进行剖析,以加深对现代设计方法在机械设计中的应用的理

解。本书由南京林业大学郑加强担任主编,南京林业大学程祥和和东北林业大学李松龄担任副主编,参加编写人员有郑加强(第一章、第四章)、程祥之(第二章)、李松龄、马岩(第六章)、周永钊、徐幼林(第三章)、冯谦(第五章)、王兆伍(第七章)、周宏平、许林云(第八章)。

书稿由东南大学博士生导师颜景平教授担任主审。在初稿编写过程中,承蒙专家教授审阅了有关章节:南京林业大学张沂泉、黄新(第四章)、东南大学卢玉明(第六章、第七章)、中国人民解放军工程兵工程学院龚烈航(第二章、第三章)、南京理工大学沈守范(第五章)、南京林业大学杨江子(第八章)。

书中插图由刘宁生、程祥俊绘制。在编写过程中,有关单位与专家学者

还提供了不少资料，在此一并深表感谢！

本书可作为高等院校机械设计制造及其自动化（林业与木工机械、机械设计与理论）、木材加工与人造板工艺、森林工程等专业相关课程的本专科生与研究生的教材，也可作为其他机械类专业的教学参考书，并可供从事机械设计的工程技术人员参考。

尽管我们已经尽力收集最新的现代设计方法研究成果并编入书中，但由于编写时间紧，加之现代设计方法以及相关学科的迅速发展，特别是计算机软硬件技术的日新月异，书中内容观点难免存在不足之处，诚盼使用此书的各方人士不吝指教，谢谢！

编 者

1998 年 11 月



录

第一章 绪 论	(1)
第一节 设计方法的发展.....	(1)
一、设计方法发展历史	(1)
二、现代设计与传统设计	(3)
第二节 现代设计方法综述.....	(5)
一、机械产品设计的阶段和步骤	(6)
二、现代设计方法纵览	(7)
三、现代设计方法的发展与未来	(14)
第三节 林业机械现代设计方法的内容与要求	(19)
第二章 现代设计系统分析法	(21)
第一节 系统与系统工程	(21)
一、系统	(21)
二、系统工程方法.....	(25)
第二节 机械系统分析和人一机系统	(34)
一、机械系统分析.....	(34)
二、人机系统	(38)
第三节 机械系统化设计方法	(43)
一、产品规划	(43)
二、机械系统设计过程	(47)
三、系统原理方案探讨	(51)
四、结构方案的探求	(55)
第三章 动态分析设计法	(60)
第一节 动态分析概述	(60)
一、动态分析的任务	(61)
二、动态分析设计指标	(61)
第二节 机械动态设计法	(62)
一、机械动态设计步骤	(62)
二、机械动态设计理论建模方法	(64)

三、机械动态设计实验建模方法	(74)
四、机械结构动力修改	(82)
第三节 林业机械模态设计方法	(84)
一、模态分析概述	(84)
二、割灌机模态分析	(85)
三、风力灭火机模态分析	(88)
四、旋耕机零部件动态分析与结构改进	(89)
第四章 相似与模拟设计	(93)
第一节 相似理论	(93)
一、相似条件	(93)
二、相似三定理	(94)
三、相似准则	(96)
第二节 相似设计与模拟设计	(99)
一、相似设计	(99)
二、模拟设计与仿真技术	(105)
第五章 林业机械优化设计	(116)
第一节 概述	(116)
一、机械优化设计的基本概念	(117)
二、优化设计的数学模型	(122)
三、优化设计的几何描述	(122)
第二节 机械优化设计方法	(124)
一、一维搜索	(125)
二、无约束优化的常用算法	(127)
三、约束优化的常用算法	(132)
第三节 机械设计的模糊优化方法	(140)
一、模糊集合的隶属函数及 λ 水平截集	(141)
二、模糊综合评判	(143)
三、模糊优化设计方法	(144)
第四节 伸缩臂装运机液压缸三铰点变幅机构的优化设计	(145)
一、设计变量	(146)
二、目标函数	(147)
三、设计约束	(147)
四、优化方法与结果	(149)
第六章 计算机辅助林业机械设计	(152)
第一节 CAD 的含义、特点和原理	(152)
一、CAD 概述	(152)

二、CAD 系统的硬件和软件	(154)
三、设计过程分析及 CAD 技术的应用	(159)
四、CAD/CAM 概述	(161)
第二节 国内主要的 CAD 软件简介	(164)
第三节 林业机械专家系统	(170)
一、专家系统的一般结构	(171)
二、知识库	(172)
三、推理机	(187)
四、林业机械专家系统用户接口	(193)
第七章 林业机械可靠性设计	(195)
第一节 可靠性设计基础	(195)
一、概述	(195)
二、可靠性预测	(199)
第二节 可靠性设计	(201)
一、故障树分析法	(201)
二、机械可靠性设计	(205)
第八章 反求工程设计	(216)
第一节 反求工程概述	(216)
一、技术引进与反求工程	(216)
二、反求工程分析技术	(219)
第二节 反求工程设计方法	(228)
一、实物反求	(228)
二、软件反求	(234)
三、影像反求	(241)
第三节 林业机械反求设计	(249)
一、ZLM30B 装载机方案反求设计	(249)
二、高性能林业机械反求设计——烟雾机的反求设计与改进	(251)
参考文献	(255)

第一章

绪 论

设计是人类创造物质文明的工程活动,设计的历史与人类文明史同步。广义的设计指安排发展的方向、程序、细节及达到的目标;狭义的设计指将客观需求转化为满足该需求的技术系统的活动。产品设计过程本质上是一个创新过程,是将创新构思转化为有竞争力产品的过程。传统的设计以经验公式、图表、手册为依据,常常忽略应当考虑但限于当时科技水平难以考虑的重要的甚至必要的因素,用收敛性思维方式考虑了有限的变量,过早地进入具体方案,结果只能是粗略地满足某些特定条件,感性地达到系统功能输出的要求。现代设计是过去长期的传统设计活动的延伸和发展,集近代与现代各种科学方法论之精髓运用于设计领域,特别是计算机的发展,使设计活动产生了质的飞跃,从随意的、经验的、感性的、静态的与手工的传统设计跃变为必然的、科学的、理性的、动态的与计算机化的现代设计。

第一节 设计方法的发展

早在石器时代,根据经验制造的工具已经蕴涵着现代设计方法的一些基本原则。如河南新郑出土的距今 7000 多年前用于加工谷物的石磨盘和石磨棒,在实现碾磨谷物功能要求的同时,又遵循着简省结构、方便操作等原理。随着生产和科技的迅速发展,数学方法向各学科渗透,设计方法得到了不断的发展。

一、设计方法发展历史

概括起来,可以把设计方法的发展分为如下四个阶段。

(一) 直觉设计阶段

直觉设计即当人们首次遇到设计对象时,因时制宜地根据直觉需要进行自发设计。这种设计方法设计质量没有把握,完全取决于人的智力、灵感与

不断的试验摸索和经验积累,设计周期很长,且具有很大偶然性,无经验可供借鉴。

如自动锯木机就是通过直觉设计诞生的。首先靠两人手工拉锯;后来利用杠杆原理两人配合采用手摇圆锯;接着利用水力使主体运动机械化,则只要一人就可操作;然后增加了弹簧测力器及水流闸(速度控制器)等调控部件,工人只要观察锯力表,用一只手扳动杠杆调节水流大小,即可工作;最后用一条绳来根据锯木力大小自动调节速度,这样工人只要装卸木料即可工作。前后经过了几个世纪,才设计成半自动锯木机。

(二) 经验设计阶段

经验设计是指当人们有了丰富的设计实践以后,通过力学与数学的密切联系,使用经验数学公式(如制成图、表或手册供参考)作为设计计算和类比的主要依据。针对设计对象修改这些经验数学公式,使设计水平推进一步。第二次世界大战之前,技术发达国家的产品设计大都是参考现成产品图纸或手册中的经验数据,经过二、三次设计与试制的反复循环,才能投入生产。因此设计周期仍然较长,质量较低,即使局部有革新,步伐也不可能大,而且可能会因某些零件或小系统设计不当,引起样机报废。这种方法的样机试制图纸可用率平均为50%左右。

(三) 中间试验辅助设计阶段

中间试验辅助设计采用局部试验、模拟试验作为设计过程辅助手段。测试取得系统或机器工作过程内在规律的数据,来指导结构与参数的选择。

如50年代后期逐渐吸取飞机模型风洞试验等经验,对机器的关键部件,通过模型试验确定较好的结构与参数。样机试制后基本达到设计要求,设计图纸可用率达到了70%~80%。试制周期缩短,人力物力大大节省,并得到逐步推广。

(四) 现代设计法设计阶段

现代设计方法研究设计程序、设计规律、设计思维与工作方法,是以设计产品为目标的知识群体,在设计各阶段采用某些合宜的、有效的方法和技术。这种方法设计质量高,周期短。现代设计方法是随着数学方法、控制理论及计算机的发展,并在前三阶段的发展进程中逐渐形成自身的科学体系。这个阶段可分为三个时期:

(1) 萌芽期:17世纪中叶,牛顿—莱布尼兹发明了微积分,莱布尼兹还发明了能进行四则运算的手摇计算机,数学建模、数值运算、寻优方法等引入了工程设计。德国学者Redtenbacher 1852年在论著《力学和机械制造原理》中系统论述了机械设计的力学原理和方法学观点,1875年德国F.

Reuleaux 在《理论运动学》中提出了“过程规划”的模型,即对很多机械技术现象中的本质上统一的东西进行抽象而形成一套综合的步骤,因而有人称他为设计方法学的奠基人。到本世纪 40 年代, R. Franke, F. Kesselring 等人相继在程式化设计及其应用、设计方案的技术经济评价及设计中的功能原理综合等方面做了许多工作。Kesselring 明确提出了五项结构设计原理:最低成本原理、最小尺寸原理、最小质量原理、最低损耗原理和最方便操作原理。

(2) 发展期:第二次世界大战后,特别是 60 年代初,由于市场竞争的需要,人们深感改进产品设计、提高竞争能力的重要性,提出了“关键在于设计”的口号。人们将设计进程明确划分为方案设计、技术设计、工艺设计三个阶段。机械设计已不再是依赖经验和灵感的创造艺术,而逐步演进为一门科学,以知识为依托、以科学方法为手段的工程创新活动。如慕尼黑大学的 W. G. Rodenacker 第一个被任命为从事设计方法学研究的教授,提出了对设计过程、设计中的转换等等的研究方向,有人称之为设计方法学之父。

(3) 普及期:60 年代后,欧洲各国广泛开展设计方法的国际学术交流活动,欧洲设计研究组织 WDK (Workshop Design-Konstruktion) 组织了一系列国际工程设计会议 ICED (International Conference on Engineering Design)。美国国家科学基金委员会 (NSF) 制订研究计划和组织国际设计理论与方法学会议 (DTM'89)。我国参加了 ICED'81 会议后,也大力开展设计方法学的研究。这一时期,机械工程设计又引入了系统科学、信息科学理论与方法,更广泛地借助于现代数学方法和计算技术。设计的对象为各类机械与控制学的综合以及电子装置与微机的综合,设计目标被综合为功能—质量—成本的系统优化,并通过物理效应的方案选择、结构设计和材料选择与优化分析、工艺设计规划、可靠性设计、成本估计等系统评价来实现。

二、现代设计与传统设计

(一) 传统设计与现代设计的特点

1. 系统性

现代设计方法是逻辑的系统的设计方法。目前有两种体系:一是德国倡导的,用从抽象到具体的发散的思维方式,以“功能—原理—结构”框架为模型的横向变异和纵向综合,用计算机构造多种方案,评选出最优方案;一是美国倡导的创造性设计学,在知识、手段和方法不充分的条件下,运用创造技法,充分发挥想象,进行辩证思维,形成新的构思和设计。

传统设计方法是当前用得较普遍的经验、类比的设计方法,用收敛性思

维方法,以生产经验为基础,运用力学和数学而形成的经验公式、图表、手册等作为设计依据,过早地进入具体方案,很难得到最优方案。

2. 社会性

现代设计开发新产品的整个过程,从产品的概念形成到报废处理的全生命周期中的所有问题,都要面向社会和市场全面考虑。设计过程中的功能分析、原理方案、结构方案、选型方案等的确定,都要按市场规律尽可能进行定量的市场、经济与价值分析,以并行工程方法指导整个工作。

传统设计由专业技术主管指导设计,注意技术性,设计试制后进行经济分析、成本核算,很少考虑社会性问题。

3. 创造性

现代设计强调激励创造冲动,力主抽象的设计构思、扩展发散设计思维、多种可行的创新方案、广泛深入的评价决策,集体运用创造技法,探索创新工艺试验,不断寻求最优方案。

传统设计一般是封闭收敛的设计思维,过早进入定型实体结构,强调经验类比、直接主观的决策。

4. 最优化

现代设计重视综合集成,在性能、技术、经济、工艺、使用、环境等各种约束条件下,通过计算机以高效率综合集成最新各学科的科技成果,寻求最优方案和参数。

传统设计属自然优化。在设计—评价—设计的循环中,凭借有限的设计人员的知识、经验和判断力选取较好方案。受人和效率的限制,难以对多变量系统在广泛影响因素下进行定量优化。

5. 动态化

现代设计在静态分析基础上,考虑载荷谱、负载率等随机变量,进行动态多变量优化。针对载荷、应力等因素的离散性,用各种设计方法进行可靠性设计。

传统设计以静态分析和少变量为主,将载荷、应力等因素作集中处理,由此考虑安全系数,与实际工况相差较远。

6. 宜人性

现代设计强调产品内在质量的实用性、外观质量的美观性、艺术性、时代性,在保证产品物质功能的前提下,要求对用户产生新颖舒畅等精神功能。从人的生理和心理特征出发,通过功能分析、界面安排和系统综合,考虑满足人—机—环境等之间的协调关系,发挥系统潜力,提高效率。

传统设计往往强调产品的物质功能,忽视或不能全面考虑精神功能,凭

经验或自发考虑人一机—环境等之间的关系,强调训练用户来适应机器的要求。

7. 智能化

现代设计利用人的智能,通过知识和信息的获取、推理和运用,以计算机为主模仿人的智能活动,设计出高度智能化产品。

传统设计在局部上自发运用某些仿生规律,很难达到高度智能化要求。

8. CA 化

现代设计广泛使用计算机使设计计算绘图制造改进一体化,软件功能日益强大,能包容的设计因素日益增多,大大提高了设计精度、稳定性和效率,修改设计极为方便。

传统设计为人工计算绘图,设计的精度、稳定性和效率都受到限制,修改设计也不方便。

(二) 现代设计与传统设计的关系

现代设计法按照科学方法论在研究内在规律基础上运用数学语言及现代分析技术获取接近动态的多变量参数,相对传统设计法有许多优越性,但各种设计方法的发展都有其时序性、继承性及一定时期的共存性,能在既定的方向上获得完善。为了促进设计方法加速各行各业机械化的发展,必须尽快在理论与实践上总结现代设计方法体系及其在各种机械设计中的应用。

(1) 继承性:现代设计方法是在传统设计法的基础上,继承了传统设计法的精华,如设计的一般原则和步骤、价值分析、造型设计、类比原理和方法、相似理论与分析、市场需求调查、冗余原则(为保证可靠性而设置的双重机构或并联机构)和自助原则(能自动地完成功能,如超载保护和自动补偿等)、积木式组合设计法等等。因此不应片面夸大某些现代设计法,而应认识到它们的许多内容是传统设计法的继承、延伸和发展。

(2) 共存与突破关系:从直觉设计—经验设计—现代设计都有着时序性和共存性的关系。许多方法的自身理论的建立及其可行性、适用性还有待于深入探索;一些成熟的内容也有掌握与推广的过程。所以现在正处于旧方法不断改善和新方法不断创建的共存时期,体现了量变与质变的辩证关系。新的机械产品随现代设计方法、技术和设计科学体系的完善必将有新的突破。

第二节 现代设计方法综述

机械产品与一切工业产品一样都必须通过设计过程,以其创造性劳动实现人们预期的目的。现代机械是在传统机械的基础上,吸收了各种新技术而

发展的。现代机械是由计算机信息网络协调与控制的、用于完成动力学任务(包括机械力、运动、物质流和能量流)的机械和电子部件相互联系的伺服系统。随着科技的发展,产品更新换代加快,市场寿命缩短,人们对产品的功能、可靠性、效率提出更为严格的要求,而这些特点中,有60%~70%取决于设计,因此研究和采用新的设计方法和技术改变机械产品和机械工业的面貌,就显得非常重要。

从技术上看,现代机械设计具有下列四项要求:

(1) 三性统一:将可靠性、适用性(包括先进性)与经济性加以统一的辩证的考虑,以可靠满足工作性能为基础。

(2) 人机协调:一定要把人的因素考虑到设计中去,为用户着想。

(3) 四位一体:机械、电气、液压、气动这四种传动方式要有机地协调配合,扬长避短,各得其所。

(4) 多方兼顾:即设计、制造、管理、使用、维修、保养要全面地综合分析,贯穿到一台产品中。

一、机械产品设计的阶段和步骤

机械产品设计任务各有不同,一般可分为三种类型:

(1) 开发性设计:应用可行的新技术,按需求进行创新构思,设计出工作原理和功能结构创新的产品。这种设计或赶超世界先进水平,或适应政策要求,或避开市场热点开发有特色的冷门产品,所以效益高,风险大;

(2) 适应性设计:工作原理和方案不变,变更局部结构或增设部件,增加辅助功能;

(3) 变参数设计:工作原理和功能结构不变,变更现有产品结构配置和尺寸而形成系列产品。

其中开发性设计一般要经过全部工作阶段和步骤,其设计可分为既互相重叠又密切结合的三个主要阶段:

(1) 功能原理设计阶段:这是针对某一产品特定的工作原理功能要求,寻求一些物理效应,并借助于某些作用原理来求得实现该功能目标的解法原理。这里包括以下几方面的工作:

(a) 确认设计要求:要求是设计的前提,也是对设计进行评价的依据。所以要根据机械特点确认要求,也可从用户中征求设计要求;

(b) 明确所要设计的功能目标:这是设计过程的关键一步。为了明确所要解决的问题实现功能目标,设计者应该编制设计任务书,并不断地进行问题

分析;

(c) 收集信息资料: 调查分析已有的解法原理, 从市场、技术、社会三方面得到与设计要求相关的、特殊的、更新的资料;

(d) 寻求合理解法: 创新构思, 初步预想实用化可能性, 并认真进行原理性试验, 提出可行性报告、合理的设计要求和设计参数项目表。

(2) 实用化设计阶段: 这是使原理构思转化为具有实用水平的机器, 用系统化设计法将确定的新产品总功能按层次分解为分功能直至功能元。完成从总体方案设计、部件设计、零件设计到制造施工的全部技术资料。这里包括以下几方面工作:

(a) 总体方案设计: 按照人一机—环境—社会的合理要求, 定工艺方案、基本参数和传动机构简图等, 对各部分的位置、运动、控制进行总体布局, 绘制工作循环图;

(b) 结构设计: 结构方案应当可靠、明确、简单, 满足下列结构设计原理: 等强度原理、合理力流原理、变形协调原理、力平衡原理、任务分配原理、自补偿自增强自平衡自保护原理、稳定性原理等;

(c) 执行件设计。

(3) 商品化设计阶段: 这是保证产品在市场竞争中获胜的设计阶段。这一阶段与实用化阶段要经常交流合作, 穿插进行。实用化和商品化设计满足后, 要把技术设计的结果变成施工的技术文件, 即完成各类图纸、说明书和工艺文件等。这里包括以下工作内容:

(a) 性能的改变: 改变产品性能以适应不同条件 (如国家或气候等)、开发新功能或增添附加功能;

(b) 产品“四化”: 性能尺寸系列化、零部件标准化、非标零件通用化及零部件设计模块化, 从而减少设计工作量, 减少重复出现的技术过失, 增大互换性;

(c) 工业产品艺术造型: 以先进科技功能为基础, 设计美观适用的外形和布局, 满足精神功能要求;

(d) 评价: 对设计进行全面分析, 包括数学计算检查和工程观点检查, 发现并改正错误, 其中也包括模型试验或样机的工作模拟试验。同时对产品进行价值分析, 使产品物美价廉, 提高产品的价值。

二、现代设计方法纵览

现代设计方法是以设计产品为目标的一个总的知识群体的总称, 种类繁

多,内容广泛,到底包括哪些内容,认识不完全一致,这里介绍最基本的常用的现代设计方法。

(一) 系统分析设计法

系统分析设计法中把任何系统看作是特定功能的、相互有联系的一个有序性整体。机器中一切零部件与传动系都可理解为系统,通过边界和周围系统分离,通过输入/输出信号与周围联系,系统可划分为子系统、单元体。

系统分析设计法的关键是“分析”与“分解”(或称离散),分解得太细不易综合,分解边界上干涉要尽可能少,以便独立成为一个子系统,然后建立模型。网络是分解的一个重要工具。

逻辑设计法是用逻辑数学模型与逻辑符号模型进行系统设计的方法。逻辑设计采用布尔代数中的双值(0,1)概念,通过逻辑分析与运算确定方案与系统及各子系统之间的相互依存与制约的关系,建立逻辑数学模型,使逻辑思想与设计方法进行有机的结合。

(二) 动态分析设计

动态是指由一个稳态过渡到另一个稳态的过程。任何系统总是处于各种正常信号与干扰信号的作用下,动态是绝对的,稳态是动态的特例。所以从动态入手,既研究动态特性,又推理稳态特性,已成为当前重要的设计与分析方法。

动态设计方法是对满足系统工作性能要求的初步设计图样或实物进行动力学建模,由此得到机械的动态特性,然后对初步设计进行审核;按给定的动态特性修改原设计;或预测机械结构的改变引起机械动态特性的变化。这一设计过程有时要反复进行,直至最后设计出满意的机械产品。

机械产品结构动态设计和动态分析的建模方法有理论建模和试验建模。

理论建模是按照机械结构形状不同采用不同的技巧,如传递矩阵法和有限元法。其中有限元法是一种采用计算机求解数学物理问题的近似数值解法,在机械结构的动力分析中,利用弹性力学有限元建立结构的动力学模型,进而可以计算出结构的固有频率、振型等模态参数以及动态响应,在此基础上还可以根据不同需要对机械结构进行动态设计。这种方法对大型结构系统的静动态设计非常有效。

实验建模是针对机械实物或模型进行模态试验分析,建立模态模型。实验模态方法就是对现有机械结构或模型上有限个试验点进行激励,测出各点的响应,得到全部试验点组成的试验结构的传递函数(频率响应函数),经测量数据的分析与处理识别出模态参数,建立结构动态特性的离散数学模型。实验模态分析只有20年左右历史,由于计算机的发展,使快速傅立叶变换