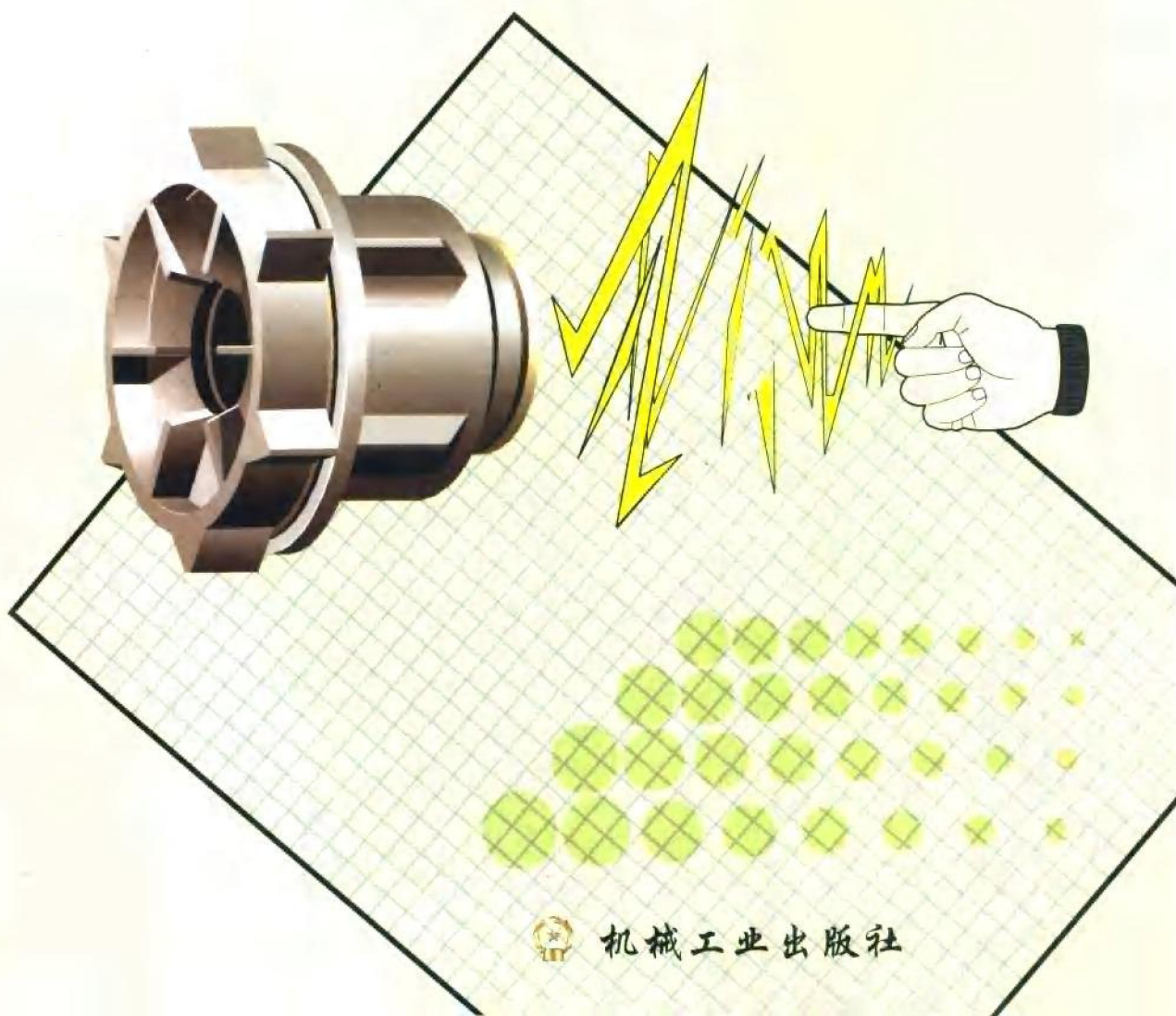


高等学校教材

机械创新设计

张春林 曲继方 张美麟 编著



高等学校教材

机械创新设计

张春林 曲继方 张美麟 编著

ND27/32



机械工业出版社

内 容 提 要

本书系统地介绍了机械创新设计的基础知识、机械创新设计的基本理论和方法,并列举了机械创新设计的实例。

第一章为绪论,介绍了创新设计的概念及机械创新设计的内容。

第一篇为机械创新设计的基础知识篇,第二章介绍了机械创新设计的基础知识,第三章介绍了机械运动与控制。

第二篇为机械创新设计的理论与方法篇,主要介绍了机械创新设计的基本理论和基本方法。第四章介绍了机构的组合原理与创新,第五章介绍了机构的演化、变异原理与创新,第六章介绍了机构再生运动链原理与创新,第七章介绍了机械运动方案及其创新设计,第八章介绍了反求工程与创新。

第三篇为机械创新设计的应用实例篇,主要介绍了一些创新设计的实例分析。

附录中介绍了中国古代机械发明创造史、西方机械发展简史,最后介绍了即将到来的知识经济与现代的机械文明。

本书可作为高等工业学校机械工程专业的教材,也可供有关的教师及工程技术人员参考。

机械创新设计

张春林 曲继方 张美麟 编著

*

责任编辑:王世刚 钱飒飒 版式设计:冉晓华

封面设计:海之帆 责任校对:肖新民

责任印制:路琳

*

机械工业出版社出版(北京市百万庄大街22号)

邮政编码:100037

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

北京机工印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本787mm×1092mm 1/16·印张11.5·字数278千字

1999年4月第1版第1次印刷

印数 0 001—5 000 定价:17.00元

*

ISBN 7-111-07152-2/TH·960(课)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68993821、68326677-2527

前 言

回顾人类发展的历史，可以看到，创新在人类进步过程中发挥了极其重要的作用，它不仅对人类科学世界观的形成和发展产生了重大而深远的影响，而且使科学成为一种推动社会发展与变革的有力杠杆，极大地促进了人类文明的发展进程。可以说，人类文明的每一次重大进步都离不开发明与创新。

1998年2月14日，江泽民同志在北京参观原电子工业部举办的一个展览时说：“创新是一个民族进步的灵魂，是国家兴旺发达的不竭动力。如果自主创新能力上不去，一味靠技术引进，就永远难以摆脱技术落后的局面，一个没有创新能力的民族，难以屹立于世界先进民族之林。”

在世界进入知识经济的时代，创新更是一个国家国民经济可持续发展的基石。对于一个国家而言，拥有持续的创新能力和大量高素质的人力资源，就具备了发展知识经济的巨大潜力；缺乏科学储备和创新能力的国家，将失去知识经济带来的机遇。事实证明：没有创新就没有新兴技术，经济的发展也就成了无源之水，无本之木。

当今世界，创新能力的大小已成为决定一个国家综合国力强弱的重要因素。在国际竞争已越来越明显地表现为科技和人才的竞争，特别是科技创新能力和创新人才的竞争的时代，为了适应下一个世纪世界经济的激烈竞争和科技的迅速发展，世界各国都在调整经济政策、科技政策和发展战略，对于科技创新，特别是高科技领域的创新给予了高度的重视。

在知识经济的时代，一个国家的创新能力，包括知识创新和技术创新能力，是决定该国在国际竞争和世界总格局中地位的重要因素。可以说，国家的创新能力关系到我们中华民族的前途和命运。因此，江泽民同志才指出：“创新是一个民族进步的灵魂”。

随着世界科技的迅猛发展，一个以“知识经济”占主导地位的世纪就要到来。“知识经济”的生命和源泉在于“创新”。

我国正在建立一个国家创新体系。国家创新体系可分为知识创新系统、技术创新系统、知识传播系统和知识应用系统。其中，知识创新系统的核心部分是国家科研机构 and 教学科研型大学。技术创新系统的核心部分是企业。知识传播系统是指高等教育系统和职业培训系统。知识应用系统的主体是企业和社会，主要功能是知识和技术的应用。

随着科学技术的飞速发展和知识经济的到来，培养学生的创新能力已成为高等学校的一项重要教学改革内容。因此，我们编写了《机械创新设计》一书。全书的第一章、第六章、第九章、第十章由燕山大学曲继方编写，第二章、第三章、第八章、第十一章由北京理工大学张春林编写，第四章、第五章、第七章由北京化工大学张美麟编写。全书由张春林统稿。

本书承中国工程院院士张启先教授和国家教育部机械原理与设计课程教学指导小组副组长张策教授审阅，并提出许多宝贵意见，我们在此表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，漏、误及不当之处在所难免，敬请各位读者不吝指正。

编著者
1999年1月

目 录

前言		第二节 创新教育与人才培养	3
第一章 绪论	1	第三节 机械创新设计的概念及过程	6
第一节 创新与社会进步	1	第四节 《机械创新设计》的内容及特点	9

第一篇 机械创新设计的基础知识篇

第二章 机械创新设计的基础知识	13	第三章 机械运动形态与控制	34
第一节 机械的基础知识	13	第一节 机械运动形态与变换	34
第二节 机械系统及其发展	21	第二节 机、电、液机构组合的运动及控制	40
第三节 机构运动简图及其结构设计	22	第三节 机械运动与控制	45
第四节 创新设计过程中的创新思维方法	30		

第二篇 机械创新设计的理论、方法篇

第四章 机构组合原理与创新	53	第三节 特定化运动链图谱	92
第一节 串联式机构组合与创新	53	第四节 可用特定化运动链图谱及机构图谱	93
第二节 并联式机构组合与创新	59	第七章 机械运动方案与创新设计	94
第三节 复合式机构组合与创新	63	第一节 机械功能目标的拟定	94
第四节 叠加式机构组合与创新	65	第二节 机械工作原理的拟定	96
第五章 机构演化、变异原理与创新	68	第三节 机构选型及组合	100
第一节 机构的运动副演化与变异	68	第四节 机械运动方案创新设计的评价	106
第二节 机构的构件变异	73	第八章 反求工程与创新设计	108
第三节 机构的机架变换与创新	77	第一节 反求工程概述	108
第四节 机构的等效变换与创新	80	第二节 已知机械设备的反求与创新设计	111
第五节 机构运动原理的仿效与创新	84	第三节 已知技术资料的反求与创新设计	118
第六章 机构再生运动链原理与创新	87		
第一节 设计方法	87		
第二节 原始机构及一般化运动链	88		

第三篇 机械创新设计的实例篇

第九章 机构创新设计实例分析	123	第十章 机械系统创新设计实例分析	150
第一节 平动齿轮传动机构	123	第一节 电脑多头绣花机的改型设计	150
第二节 活齿减速带轮机构	128	第二节 电动大门的设计	153
第三节 变速凸轮机构	133	第三节 蜂窝煤成型机的创新设计	157
第四节 同轨迹连杆机构	136	第四节 并联机器人的创新设计分析	160
第五节 自适应机构	140		

附 录

第十一章 机械发明创造史与知识经济	163	第二节 西方各国机械发明创造史简介	172
第一节 中国古代机械发明创造史简介	163	第三节 现代机械文明与知识经济	173
		参考文献	177

第一章 绪 论

讲述“创新”与技术进步和人才培养的关系、机械创新设计的概念及基本过程，介绍《机械创新设计》的内容、特点及功用，为学生学好《机械创新设计》打下基础。

第一节 创新与社会进步

世界文明发展史已经充分证明，创新是人类文明进步的原动力，是技术进步、经济发展的源泉。

一、创新是人类文明进步的原动力

创新理论是由美籍经济学家熊彼特(J. A. Schumpeter)在《经济发展理论》一书中首次提出的，为科技与经济结合提供了比较系统的理论观点、思路、途径和方法。

创新是人类文明进步的原动力。回顾人类发展的历史可以看到，创新在人类进步过程中发挥了极其重要的作用，它不但对人类科学世界观的形成和发展产生了重大而深远的影响，而且使科学成为一种在历史上起推动作用的革命力量和社会变革的有力杠杆，极大地促进了人类文明发展的进程。在历史上，创新为建立近代科学体系奠定了知识基础；在现代，也正是创新使人类的视野得到前所未有的拓展。

创新是技术和经济发展的源泉，也是培养和造就科技人才的重要途径。本世纪以来的科技新发现、新发明远远超过了过去两千年的总和，不但使人类的物质文明面貌焕然一新，而且推动了人们的观念、思维方式的改变，极大地丰富了人类文明的宝库，也为人类社会的可持续发展开辟了广阔的道路。事实证明，没有创新就没有新兴技术，就没有经济建设必须倚重的高科技人才。

在世界进入知识经济的时代，创新更是一个国家国民经济可持续发展的基石。对于一个国家而言，拥有持续创新能力和大量的高素质人力资源，就具备了发展知识经济的巨大潜力。缺乏科学储备和创新能力的国家，将失去知识经济带来的机遇。

当今世界，创新能力的大小已成为决定一个国家综合国力强弱的重要因素，在国际竞争中越来越明显地表现为科技和人才的竞争，特别是科技创新能力和创新人才的竞争。所以，世界各国都在调整经济政策、科技政策和发展战略，对高新科技领域的创新给予了高度的重视。例如：强调“技术立国”的日本，进入80年代后，经济增长明显减缓，而注重知识创新和技术创新的欧美各国，特别是美国，经济发展势头上升，其相对完善的国家创新体系成为国民经济可持续发展的基础。面对知识经济时代的挑战，日本政府及时调整国策，提出了“科技创新立国”的新方针。

中国是一个长于发明与发现的国家。自古以来，就有许多发明闻名于世，甚至带来划时代的变革。特别是实行专利和知识产权保护的法律政策以来，每年的发明成果数以万计。这些成果凝聚着我国广大科研人员的心血和智慧，是极其宝贵的财富。正是这种永不满足的创新精神，给我们展现了一个五彩缤纷的“发明世界”，推动着人类社会由较低阶段向较高阶段

发展。

知识创新和技术创新的威力有目共睹。美国的微软公司近一年来,平均每周增加资产4亿美元。美国1996年全年的新增产值中有1/3是通过像微软公司这样的企业创造的。中国的联想集团、方正集团等企业,其创造价值成倍、几十倍、几百倍地增长,显示出知识创新和技术创新在促进经济发展中的巨大作用。

可见,在知识经济时代,一个国家的创新能力,包括知识创新和科技创新能力,是决定该国在国际竞争和世界总格局中的地位的重要因素。

二、创新是技术进步的主要途径

技术进步一般通过技术创新来实现。技术创新的综合体现是提出一流的技术产品。所以大至国家的工业进步,小至企业的产销兴衰,靠的是是否拥有在国内外技术市场上占绝对优势的技术产品。随着科学技术的进步,技术产品更新的速度越来越快。据专家预测,到20世纪末,现有的技术产品的80%~90%将被降低档次或彻底淘汰,技术市场将被更加新颖、功能更加齐全的技术产品所取代。可以预料,在未来的岁月里,争取技术进步的竞争将日趋剧烈。

实现技术进步一般通过获得新技术、新产品来实现,其途径概括起来有两条:技术引进和自主技术开发。

1. 技术引进

技术引进可以使企业在不长的时间内获得先进技术,是振兴企业的有效途径。但实施和完成技术引进却是一件非常不容易的事。技术引进者一方完成技术引进有三个重要环节:技术引进、技术积蓄和技术普及。技术引进环节较容易做到,但实现技术积蓄和技术普及则需付出极大的努力。我国在引进国外先进技术方面虽然取得不少成绩,但为数不少的技术引进仅仅做到了第一步,没能在引进的基础上消化、改良、发展,进而普及它。经常发现有相当技术水平的进口设备被弃之不用,有的虽然在应用却没有发挥高水平设备的先进功能。高级设备当普通设备使用更是常有的事。

技术转让者一方在技术转让时,非常担心技术转让会带来“飞去来器效应”,即新技术拥有者将技术转让给他人后,会产生一种自身反受其害的现象,即技术引进者通过自己的开发,发展了引进技术,反过来向技术拥有者出口更新的技术和产品,并成为技术转让者的竞争对手。基于这一点,技术转让者转让的技术往往是即将过时的技术,自己却在不断地研究开发更新的技术,以便确保技术领先的地位。技术引进者应当明白,任何一家企业都不会轻易地把自己辛辛苦苦研究开发出来的最新技术、最新产品拱手让人。况且有许多新技术靠技术引进是得不到的。以为引进技术能够使所有问题迎刃而解,是一种不切合实际的非常幼稚的想法。技术引进的原则是,重视技术引进,更重视技术的发展和推广。技术引进靠自己努力,需要有“你能做到,我也能做到”的气概,需要有两倍乃至三倍于先进国家的努力,更需要务实精神。千万不能放松通过自己的双手、艰苦奋斗革新技术、开发新产品的努力。

2. 自主技术开发

形成自主技术开发能力的关键是建立起适合于技术市场竞争的科技体制和培养出能够不断提供创造性成果的人才群体。

人才领先是创造新技术、新产品的智力基础。事实已经充分表明,技术市场上的一切竞争都归结为人才的竞争。缺乏人才是绝对不可能创造、保护和发展新技术的。只有具备人才济济的独到优势,才能不断创造出占绝对优势的创造性成果。

培养科技新人需要新理论、新技术、新方法的武装，提高在校大学生的机械创新能力，更需要新理论、新技术及新思想的充实。

第二节 创新教育与人才培养

高等院校、科研部门和企业是培养创造型人才的摇篮。而科研部门和企业的人才大多来源于高等院校。

一、改革与发展创新教育是主旋律

当前，世界上许多国家都在研究面向新世纪的高等教育改革与发展的的问题。改革与发展创新教育是主旋律。

麻省理工学院是美国最富创造力的“发明家”大学。仅 1996 年的一年里，他们的研究人员就推出了 400 多项发明。学院的师生走在现代科学技术的最前沿，在这里描绘人类下一个千年的前景；在这里创造美国公司赖以占领全球未来市场的创新知识和技术，一直充当美国政府和公司的“发展实验室”，成为美国高科技的摇篮。麻省理工学院的研究人员和工业生产之间没有隔阂，几乎没有任何一所大学能像它那样把科研、市场营销、学术上的远大抱负和追求利润紧密地联系在一起。在加利福尼亚州硅谷地区，有 1/5 的员工受雇于麻省理工学院毕业生领导的公司。激励麻省理工学院师生不断向前的是由学术抱负、先锋精神融合而成的校风。

近几年国家教委组织进行的教学调查结果表明，我国高等学校的学生在校期间虽然学了很多知识，但可应用于创造性劳动的知识太少。据统计，我国近年来涌现出的发明家大多在 45 岁以上，而按科学技术发展史来看，创造能力发展的最佳阶段为 25~45 岁。一方面我们每年培养了近百万的大学生；另一方面，在年轻人中只出现为数很少的发明家。这种状况说明，我们的高等教育对创造发明能力的培养是非常薄弱的。“究其原因，其中很重要的是从小学到大学的教学方法存在着严重的弊端。”

我国高等工程教育在计划经济体制下形成的那种单一僵化的、用一个统一的方式“塑造”全体学生的培养模式，已不适应我国改革开放的新形势和社会主义市场经济体制的新要求，也不适应世界科学技术发展的新趋势和新特点，难以培养出在 21 世纪我国社会主义市场经济建设和激烈的国际竞争中占据主动地位的人才。

专家们指出：人才模式改革实际上就是人才的培养目标、培养规格和基本培养方式的改革，它决定着高等学校所培养人才的根本特征。人才培养改革的重点是要加强对学生的素质教育和创新能力培养，鼓励学生的个性发展。

为适应 21 世纪人才培养的要求，必须更新教育思想和转变教育观念，探索新的人才培养模式，加强高校与社会、理论与实际的联系，从以传授和继承知识为主的培养模式转向加强素质教育，拓宽专业口径，着力培养学生的主动获取和运用知识的能力、独立思维和创新的能力，融传授知识、培养能力、提高素质为一体的具有时代特征的人才培养模式。为把水平和质量更高的、充满生机和活力的高等工科学校教学工作带入 21 世纪，高等学校应把加强学生素质教育、创新能力培养、鼓励学生个性发展为核心的机械工程创新教育改革和发展作为重要的教育思想，并通过各种教学环节予以落实。这也是开设《机械创新设计》课程的重要目的之一。

二、创新能力是人才培养的核心

社会发展需要有主动进取精神和创造精神的人才。而主动进取精神和创造精神的养成离不开人的个性充分发展。所谓人的个性是指在一定社会条件和教育影响下形成的一个人的比较固定的特性。高等学校要把鼓励学生个性发展作为重要的教育思想。为激发和充分地发挥每个人的潜能，要创造必要的条件和环境，使他们在各自的基础上提高素质和能力。为提高学生的创新能力，更好地发挥他们的个性，分析和研究创新人才的关键特征和非智力因素在创新能力培养中的作用是很重要的。

1. 创新人才的关键特征

科学技术贵在创新和探索，勇于创新 and 善于探索是创造型人才的主要特色。美国犹他大学管理学教授赫茨伯格，分析几十年各行各业涌现的大量创新人才的实例，总结出了创新人才的关键特征：1) 智商高，但并非天才。智商高是创新的先决条件，但未必是天才。智商过高可能有害于创新，因为常规教育成绩超群，会妨碍他寻求更多新知识；2) 善出难题，不谋权威。创新人才善于给自己出难题，而不追求权威地位和自我形象。在科学知识急剧增长的时代，创新人才的专长有赖于不断地学习来维持，驻足于以往的成就，是发扬创新精神的主要障碍；3) 标新立异，不循陈规。创新人才不能靠传统做法建功立业。创新事业往往是“前无古人”，而惯于在陈规许可范围内工作的人则把精力消磨于重复性的劳动中；4) 甘认不知，善求答案。承认自己“不知道”是创新的起点，创新须借助“不知道”带来的压力；5) 以干为乐，清心寡欲。创新人才能从自己的工作中取得欢乐，会积极自娱于自己的探索、追求和成就，避免在其它方面多费精力；6) 积极解忧，不信天命。挫折、失败经常伴随在创新的全过程中，创新人才需相信自己的好奇心，不随波逐流或听天由命；7) 才思敏锐，激情迸发。激情是对所历所见所闻提高认识的概念化感受，是生命的最充分的延伸。创新人才才思敏锐，激情迸发才能进入佳境。

2. 非智力因素在创新能力培养中的作用

一般都认为智力因素是由人的认识活动产生的，主要包含：注意力、观察力、想象力、思维力、记忆力等五个方面。非智力因素是由人和意向活动产生的，从广义来说，凡是智力因素以外的心理因素，都可以称为非智力因素。从狭义来说，非智力因素主要指：兴趣、情感、意志、性格。非智力因素在创新能力的培养中起着非常重要的作用。

1) 兴趣 情感 兴趣是人们积极探索某种事物或某种活动的意识倾向，是人们心理活动的意向运动，是个性中具有决定作用的因素。兴趣可以使人的感官、大脑处于最活跃的状态，使人能够最佳地接受教育信息，有效地诱发学习动机、激发求知欲，所以说兴趣是推动人们去寻求知识的一种力量。

观察力是一种很重要的智力因素。兴趣是观察的先导，并对观察的选择性、完善性和清晰程度施加影响。兴趣有助于提高观察效果。浓厚的观察兴趣是发现新因素的先决条件，因此通过观察实践活动可以培养观察兴趣；观察兴趣的提高，必然导致观察力的提高。

兴趣是引起和保持注意力的重要源泉，它使受教育者自觉地把注意力集中到某一学习和工作上去，凝神谛听，敏锐地捕捉教学信息，全神贯注地刻苦钻研科学知识，一丝不苟地从事创造性劳动。兴趣使人们更加热爱自己的事业，并为它而献身。

思维的基本功能是认知事物的本质和规律，兴趣能够激发积极思维，使受教育者积极开动脑筋，寻找最完善的方法去分析问题和解决问题。

兴趣推动受教育者广泛地接触新事物，引导他们参加各种实践，开阔眼界，丰富心理生活，为观察打下坚实的基础，使想象更加充实，使受教育者在已有知识能力的基础上，向新的知识领域和更高的认识阶段发展。兴趣不仅关系到受教育者学习质量和工作质量的提高，而且关系到他们潜在素质和能力的发展，所以爱因斯坦说，“兴趣是最好的老师”。

情感是人的需要是否得到满足时所产生的对事物的态度和内心的体验。实践活动是情感发生的重要源泉，任何创造性活动都离不开情感。投身到群众中，去参加变革现实的实践活动，众多的新经验、新创造，能够激发人们不断地产生积极的情感。积极的情感对人的实践活动又是一种巨大的动力，它推动人们去克服艰难险阻，实现所追求的目标。

情感是想象的翅膀。丰富的情感可以使想象更加活跃，促使认识向纵深发展。抛弃旧技术，发现新技术，离不开想象。想象可以充分发挥人的创造精神，没有创造、想象，就没有科学的进步和发展。一个新观点的产生，往往是在感性认识的基础上，经过理性认识，而后又在新的基础上，经过进一步想象产生新的体验，促使新观点的诞生。

人的思想感情影响思维品质。动机、态度对思维过程有很大影响，对思维对象的积极态度和对发现新知识的渴望，是思维过程发生与深入的重要条件。求知欲强烈、热情高涨时，人的思维活动就更加活跃，效率更高。形成了创造性思维，它可以突破现有的概念、定律的束缚，提出创新的见解。情感是思维展开的风帆。

情感影响记忆。记忆的基本功能是保持过去的经验。因此没有记忆，便没有继承，也就不可能认识客观事物。强烈的兴趣，饱满的情绪，可以产生良好的记忆。情感的强烈变化必然引起记忆的重现。积极的记忆态度，调动智力活动的积极性，能使注意力集中，记忆的效果就好。有了浓厚的兴趣、良好的情感，才会有敏锐的观察、牢固的记忆、丰富的想象、积极的思维和集中的注意。

2) 意志 性格 意志是为了达到既定的目的而自觉努力的心理状态。意志在智力形成和发挥中起着重要的作用。坚强的意志力量不仅能使人对事物具有执着的迷恋的趋向，而且能使人积极持久地从事某一种活动。人们为了达到既定目标，在运用所掌握的知识、技能进行改造客观世界的实践活动时，总是要遇到各种各样的困难，需要不断地揭示，不断地克服，“科学有险阻，苦战能过关”。没有目标，就没有对明确目标的追求，没有困难，就没有对困难的克服，就没有意志的产生。所以说，参加实践活动、有明确的奋斗目标和困难作斗争是意志产生的必要条件。

情感伴随着认识活动和认识行动出现，情感蕴蓄着坚强的意志力量，情感是意志的推动力；反过来，意志控制和调节情感，人在认识和改造客观世界的过程中，认识、情感和意志是相互作用的、统一的。

意志是一种精神力量。任何意志总是包含有理智成分和情绪成分。认识愈深，行动愈坚。意志使人精神饱满，不屈不挠，为达到理想境界坚持不懈地斗争。

性格是人在对人、对事的态度和行为方式所表现出来的心理特点。性格影响智力的形成和发挥。一个对学习、劳动认真负责，具有精细性格的人，他的思维往往具有某种深刻性、感知和记忆的精确性；反之，粗枝大叶、马虎大意的人，研究问题蜻蜓点水，匆忙草率。在某一个活动领域中表现出特殊能力的人，往往具有为发展这种能力的坚强意志、良好性格。

性格和意志特点，如勤劳与懒惰，踏实与漂浮，谦逊与自负，坚强与软弱等等，都是可以通过教育使其转化的。

世界观、理想信念决定人的行为动机和目的，影响人的性格和意志。养成良好的工作习惯，陶冶好的思想感情，树立正确的理想和坚定信念，有助于注意力的集中和稳定，有助于想象的驰骋和思维的发挥。思想品德教育是培养健康的情感和坚强的意志性格的重要途径，是开发创新能力的动力。

教育者运用兴趣、情感、性格和意志等非智力因素，充分开发与调动受教育者认识客观事物的内在积极因素，使他们通过个人的努力钻研、认真实践，在已有知识的基础上，主动地去认识尚未认识的客观世界，主动地去探求新的真理，不断地去开拓新的领域。

通过对非智力因素的培养，充分调动和发挥受教育者主体的主观能动性，使他们始终处于主动进取状态，对促进智力发展起着决定性的作用。因此教育要重视非智力因素的培养，最大限度地发挥它们在智力培养中的作用。

为适应人才培养的转变，必须改革高等教育传统的培养人才的模式。设置机械创新设计课是教学改革的重要措施，其目的是通过设置选修课使大学生建立起合理的知识结构，打好创造发明的理论和实践的基础。

第三节 机械创新设计的概念及过程

一、机械创新设计的概念^[61]

机械创新设计 (Mechanical Creative Design, MCD) 是指充分发挥设计者的创造力 (图 1-1)，利用人类已有的相关科学技术成果 (含理论、方法、技术、原理等)，进行创新构思，设计出具有新颖性、创造性及实用性的机构或机械产品 (装置) 的一种实践活动。它包含两个部分：一是改进完善生产或生活中现有机械产品的技术性能、可靠性、经济性、适用性等；二是创造设计出新机器、新产品，以满足新的生产或生活的需要。由于 MCD 过程凝结了人们的创造性智慧，因而 MCD 的产品无疑应是科学技术与艺术结晶的产物，具有美学性，反映出和谐统一的技术美。

MCD 与常规机械设计及创造发明的关系如下：

1) MCD 与常规机械设计 机械的类型、用途、性能和结构的特点虽然千差万别，但它们的设计过程却大多遵循着同样的规律。概括起来说，常规机械设计过程一般可分为四个阶段：①机械总体方案设计。设计者根据设计任务书的要求，广泛收集同类机械或相近机械的性能参数，使用情况，优缺点等技术资料和数据，而后便可进入机械总体方案设计阶段。机械总体方案设计在很大程度上决定未来机械的面貌，对机械的性能、成本有很大影响。完成同一生产任务的机器，可有多种多样的设计方案，而同一种设计方案，又可以有不同的参数组合，设计者可以根据具体情况，拟定经济可靠、工作效率高的设计方案。机械总体方案设计的主要内容包括：机械的选型与组合；运动形式的变换与组合；机械运动简图、传动系统图等的绘制。②机械的运动设计。设计者根据设计任务书的要求，对选定的一种设计方案进行运动综合，以满足根据该机械的用途、功能和工艺条件而提出的运动规律、机构的位置或某点轨迹的要求。机械运动设计的内容包括机构主要尺寸的确定，机械运动参数的分析，传动比的确定与分配等。如果运动分析发现设计方案没有满足预期的运动要求，应审查和修改设计方案，调整运动构件尺寸，重新进行运动分析。如果所设计的机构有多个执行件，应绘制保证各执行件间运动关系的运动循环图。③机械的动力设计。在运动设计的基础上，确定

作用在机械系统各构件上的载荷并进行机械的功率和能量计算。机械动力设计的内容包括动力分析、功能关系、真实运动求解、速度调节和机械的平衡等。④机械的结构设计。结构设计任务是根据机械中各构件的工况参数和失效形式，选定的材料种类和热处理方式，确定其合理的几何形状和结构尺寸，即把机构运动简图中用符号表示的所有构件都绘制成具体的零件工作图、部件装配图和机械的总装图。为此，在机械结构设计中，设计者通常需要进行强度设计、刚度设计、摩擦学设计等。设计者还必须考虑机械各零件的配合关系、连接方法，特别是了解现代机械制造方法对机械设计方法的影响，解决结构的工艺性问题。显然，常规设计一般是在给定机械结构或只对某些结构作微小改动的情况下进行的，其主要内容是进行尺度设计、动力设计和结构设计。

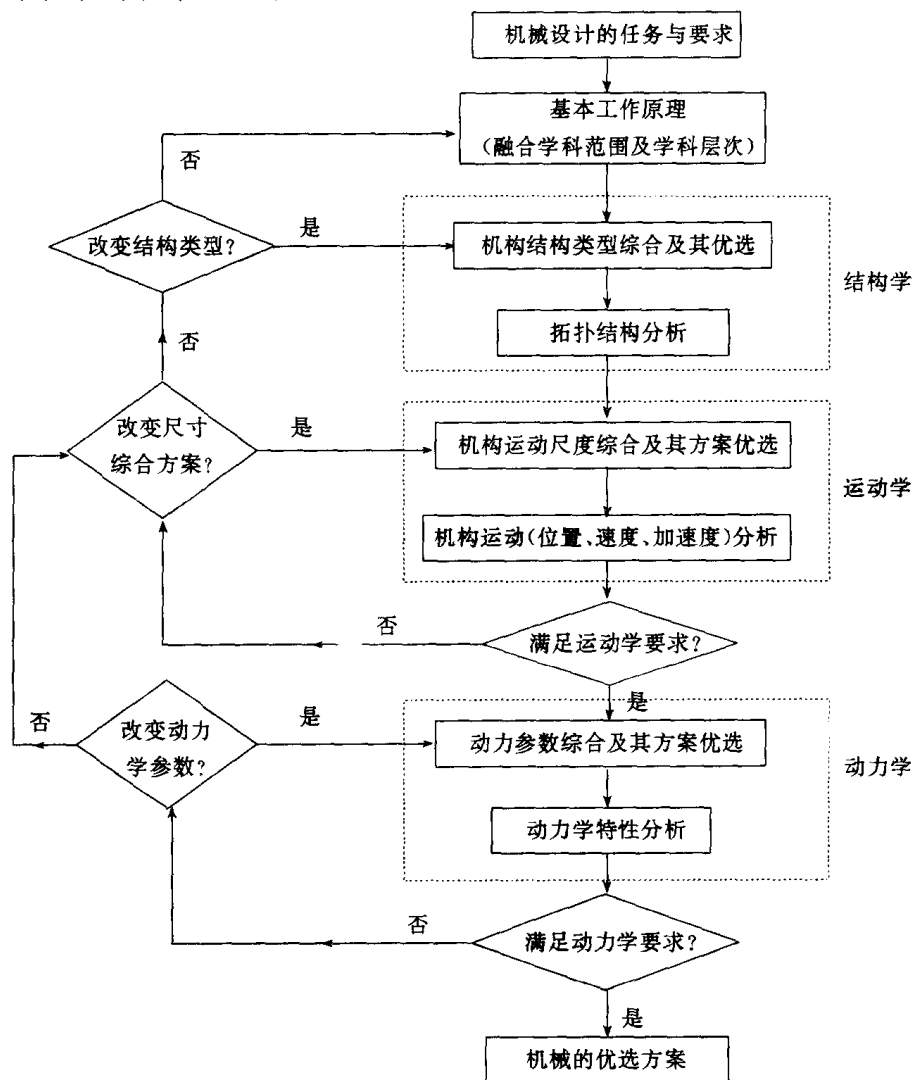


图1-1 机械创新设计的一般过程

机械创新设计 (MCD) 是相对常规设计而言的，它特别强调人在设计过程中、特别是在总体方案结构设计阶段中的主导性及创造性作用。MCD 有高低层次之分，这可用创新度 C_d 来衡量 ($0 \leq C_d \leq 1$)。创新度用来衡量一个设计项目创新含量的深度和广度。 C_d 大，创新层次高；反之，创新层次低。例如工厂中的非标准件设计虽属常规设计范畴，却已含有较多的创造性

设计成分。

2) MCD 与机械的创造发明 机械的创造发明大多属于机械结构方案的创新设计。创造发明过程及方法的专著已问世,但大多是作宏观概括的论述,缺少具体的可操作性。学生学过之后,他们在机械创新设计的原理、方法及实现等方面仍缺少实用的知识。MCD 要完成的一个核心内容就是要探索机械产品创新发明的机理、模式及方法,要具体描述机械产品创新设计过程,并将它程式化、定量化,乃至符号化、算法化。

机械创新设计 (MCD) 和机械系统设计 (SD)、计算机辅助设计 (CAD)、优化设计 (OD)、可靠性设计 (RD)、摩擦学设计 (FD)、有限元设计 (FED) 等一起构成现代机械设计方法学库,并吸收邻近学科有益的设计思想与方法。人们对后六种设计理论和方法的研究较为深入且都已有专著问世。但随着认识科学、思维科学、人工智能、专家系统及人脑研究的发展, MCD 正在日益受到专家学者的重视。一方面,认识科学、思维科学、人工智能、设计方法学、科学技术哲学等已为 MCD 提供了一定的理论基础及方法;另一方面, MCD 的深入研究及发展有助于揭示人类的思维过程、创造机理等前沿课题,反过来促进上述学科的发展,实现真正的机械专家系统 (MES) 及智能工程 (IE)。因此, MCD 是 MES、IE 等学科深入研究发展进程中必须解决的一个分支,它要求能真正为发明创造新机械和改进现有机械性能提供正确有效的理论和方法。

综上所述,机械创新设计是建立在现有机械设计理论上,吸收科技哲学、认识科学、思维科学、设计方法学、发明学、创造学等相关学科的有益成分,经过交叉而成的一种设计技术和方法。

二、机械创新设计的过程

机械创新设计 (MCD) 的目标是由所要求的机械功能出发,改进、完善现有机械或创造发明新机械实现预期的功能,并使其具有良好的工作品质及经济性。

MCD 是一门有待开发的新的设计技术和方法。由于技术专家们采用的工具和建立的结构学、运动学与动力学模型不同,逐渐形成了各具特色的理论体系与方法,因此提出的设计过程也不尽相同,但其实质是统一的。综合起来, MCD 基本过程主要由综合过程、选择过程和分析过程组成。

图 1-1 所示为中国的技术专家提出的机械创新设计的一般过程^[33],它分四个阶段:

(1) 确定 (选定或发明) 机械的基本原理 它可能涉及机械学对象的不同层次、不同类型的机构组合,或不同学科知识、技术的问题。

(2) 机构结构类型综合及优选 优选的结构类型对机械整体性能和经济性具有重大影响,它多伴随新机构的发明。机械发明专利的大部分属于结构类型的创新设计。因此,结构类型综合及其优选是机械设计中最富有创造性、最有活力的阶段,但又是十分复杂和困难的问题。它涉及到设计者的知识 (广度与深度)、经验、灵感和想象力等众多方面,成为多年来困扰机构学研究者的主要问题之一。

(3) 机构运动尺寸综合及其运动参数优选 其难点在于求得非线性方程组的完全解 (或多解),为优选方案提供较大的空间。随着优化法、代数消元法等数学方法,引入机构学,使该问题有了突破性进展。

(4) 机构动力学参数综合及其动力参数优选 其难点在于动力参数量大、参数值变化域广的多维非线性动力学方程组的求解,这是一个急待深入研究的课题。

完成上述机械工作原理、结构学、运动学、动力学分析与综合的四个阶段，便形成了机械设计的优选方案。而后，即可进入机械结构创新设计阶段。主要解决基于可靠性、工艺性、安全性、摩擦学的结构设计问题。

由上述内容可知机械创新设计的特点：

1) 涉及多种学科，如机械、液压、电力、气动、热力、电子、光电、电磁及控制等多种科技的交叉、渗透与融合。

2) 设计过程中相当部分工作是非数据性、非计算性的，必须依靠在知识和经验积累基础上思考、推理、判断，以及创造性发散思维（灵感、形象的突发性思维）相结合的方法。

3) 应尽可能在较多方案中进行方案优选。即在大的设计空间内，基于知识、经验、灵感与想象力的系统中搜索并优化设计方案。

4) 机械创新设计是多次反复、多级筛选过程，每一设计阶段有其特定内容与方法。但各阶段之间又密切相关，形成一个整体的系统设计。

第四节 《机械创新设计》的内容及特点

机械创新设计作为一种新的设计理论、技术和方法，其理论体系有待专家们在总结机械创新设计实践的基础上逐步构建与完善。基于教学改革和培养学生创新能力的需要，我们编著了《机械创新设计》，其体系是我们和有关专家们研究成果的融合，用十章将其体现出来。

一、本书的内容

《机械创新设计》的主要内容如下：

机械创新设计的基础知识：主要介绍机械的概念、组成。机械系统和机构的基本型、机构的组合和组合机构。机械的控制系统—电气控制系统的基本要求和发展趋势。机构运动简图及其结构设计—构件的结构设计，运动副的结构设计。机构系统的结构设计—运动的干涉、运动的平衡、系统的运动精度。创新设计过程中的创新设计方法—群智集中法、仿生创新法、反求设计创新法、类比求优创新设计法等。创造性思维与创造力—潜创造力培养、创新的涌动力、灵感思维等。

机械运动形态与控制：主要讲述机械运动形态及变换—连续转动到连续转动的运动变换与实现机构，连续转动到步进转动的运动变换与实现机构，连续转动到往复摆动的运动变换与实现机构，连续转动到往复直线移动的运动变换实现机构，直线移动转换为直线移动的运动变换与实现机构。机、电、液机构组合的运动及控制—机、液机构组合的运动形态，电磁机构，机电一体化机构。机械运动与控制—机械运动的换向与控制，机械运动的调速与控制，机械运动的离合与控制，机械运动的制动与控制等。

机构组合原理与创新：根据机械的动作要求，按一定原则把各类机构进行适当的组合，是创新设计新机构的重要途径；介绍机构的串联式组合，并联式组合，复合式组合以及叠加式组合的原理与方法，提供机构创新设计的方法。

机构的演化、变异原理与创新：运动副的扩大，运动副的滚滑代换，运动副的形状变异，构件的形状与尺寸变异，机构的机架变换，机构的等效变换，机构运动原理的仿效等演化与变异方法，为机构的创新设计提供了美好的前景。

机构再生运动链变换与创新：以满足功能要求的机构为原始机构。先不考虑那些与运动

无关的因素，抽象转化为机构运动简图，不考虑构件长度，仅考虑运动副类型，机构运动简图就形成机构示意图，通过释放原动件、机架，将机构示意图转化为运动链，基于某些原则及约束条件，演化出众多的再生运动链，将再生运动链生成机构运动简图，除去原始机构运动简图，运动链机构化，便获得众多的机构，从中挑选创新机构。

机械运动方案与创新设计：机械功能目标的拟定要利于各个设计环节的创新；机械工作原理的拟定要掌握一定的创新思维方法与实施创新设计的具体技法；机构的选型与组合讨论了机构的选型原则与组合的作用；最后还简单地介绍了机械运动方案创新设计的评价，包括评价的内容及评价的方法。

反求工程与创新设计：介绍反求工程的概念，反求工程与科学技术的发展，反求设计与知识产权。已知机械设备的反求设计—它的特点及一般过程，零部件的测绘与分析，公差的反求设计与创新，机械零件材料的反求设计与创新，关键零件的反求设计与创新，机械系统的反求设计与创新。已知技术资料的反求与创新设计—它的特点和一般过程，图片资料的反求设计（关键技术、设计步骤），专利文献的反求设计，已知设备图样的反求设计等。

机械创新设计实例分析：介绍活齿减速带轮机构、平动齿轮机构、变速凸轮机构、同轨迹连杆机构、自适应机构等几种典型机构的创新设计过程及其应用。机械系统创新设计实例分析：介绍电脑多头绣花机、电动大门、蜂窝煤成型机、并联机器人等较复杂的机械系统的方案设计 & 创新过程。

机械创造发明简史与现代知识经济：中国古代机械创造发明简史。西方各国机械创造发明简史。现代机械文明与知识经济。

二、本书的特点及功用

《机械创新设计》具有以下主要特点：

(1) 内容的现代化 注意引入本学科最新动态和科研成果以及本课程所涉及的理论在技术中的应用，充分反映现代科学技术的最新进展。

(2) 具有适应性 既要满足国民经济建设的需要，又要满足学生的客观条件要求。这是衡量教材质量的重要标准。所以收入的新理论、新技术、新方法特别注重实用性，并收入供学生查阅的参考文献。

(3) 具有灵活性 本书的体系和结构，适应科学技术的发展，可以随时增加新内容、新成果。

(4) 重视理论与工程实践密切结合 增强学生的工程意识。

本书作者荟集国内外有关机构、机械创新变换等已有资料和前人研究成果，经过对比研究，在有关专家的帮助下提出一个基础理论与工程应用密切结合的新教材体系，编写出《机械创新设计》应用基础理论教材。

机械创新设计为大学生和广大机械设计人员掌握和推广使用，将获得显著的社会效益和经济效益：

1) 启迪新机构的创造与发明 机械创新设计以典型机构为原始机构，通过对机构运动学因素的变换开发新机构的创意，抓住了机构创新的核心。掌握和推广机械创新设计可以培养大学生和机械设计人员的创造性思维，推动技术革新、创造发明的深入发展。

2) 改善机构结构设计 应用机构同性异形变换，可获得一组具有相同运动性能的机构，供机械设计人员按机器工作性能要求选择，为改善机构结构设计创造了条件。

3) 提高机构的传动性能 通过变换机构运动简图中的运动学因素来改变机构的运动学性能,通过改变运动副受力状态来改变机械的力学性能,是开辟提高机构传动性能的有效途径。

4) 统一机构分析与综合方法 机械创新设计揭示了各基本机构之间的联系,应用机构逆变换找到同性异形机构的原始机构后,可以直接应用现成的计算公式和有关手册,对各种异形同性机构进行分析与综合,既减轻了机构分析与综合中遇到的困难,又节省时间、不易出错,为统一机构分析与综合方法创造了条件。

三、本书的编写目的

1) 提出一本讲述新机构、新机器创造发明普遍规律及实用方法的应用基础理论教材。

2) 通过加强应用基础理论与工程实际的联系及引入科技前沿内容,培养学生的机械创新能力和工程意识。

3) 拓宽学生知识面,开阔学生技术视野,增强学生对科技发展和现代化建设所需的适应性。

4) 通过本课程的实践性环节和创新技术成果分析,帮助学生积累一些机械创新经验和新机构、新机器实用性创新结构的技术资料。