



全国高等职业教育示范专业规划教材

机械设计与制造专业

机械创新设计

徐起贺 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



配电子课件

为了培养面向 21 世纪的高职高专应用型创新人才, 本书系统地介绍了机械创新设计的基本知识和方法, 力求理论联系实际, 提高读者创新设计能力。

本书主要内容有: 机械创新设计绪论; 常用创新设计的基本思维; 常用创新设计的基本原理; 常用创新设计的基本技法; 机构构型方案的创新设计; 机械运动方案的创新设计; 机械结构方案的创新设计; 机械产品的反求设计与创新; 基于 TRIZ 理论的创新设计; 机械产品创新设计实例分析。本书以机械创新设计为主线, 紧密结合工程实际, 通过大量的机械创新设计实例分析, 将设计过程和创新思维有机结合, 突出体现创新特征, 通过对学生创新能力和工程应用能力的培养, 提高学生创新意识和解决实际问题的能力, 体现高职高专应用教育的特点。

本书可作为高职高专院校机电类各专业的教材, 也可供有关教师、工程技术人员及科研人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

机械创新设计/徐起贺主编. —北京: 机械工业出版社, 2009.5
全国高等职业教育示范专业规划教材. 机械设计与制造专业
ISBN 978-7-111-26681-5

I. 机… II. 徐… III. 机械设计—高等学校: 技术学校—教材
IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 043943 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 王海峰 责任编辑: 王德艳

版式设计: 张世琴 责任校对: 申春香

封面设计: 鞠 杨 责任印制: 洪汉军

北京瑞德印刷有限公司印刷 (三河市胜利装订厂装订)

2009 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 13 印张 · 321 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-26681-5

定价: 22.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 88379756

封面无防伪标均为盗版

前 言

当今世界，科学技术日新月异，以信息技术和生物技术为代表的高新技术产业迅猛发展，科技与经济的结合日益紧密，知识对人类社会经济和生活的影晌日趋明显，人类社会已经步入了以知识的生产、分配和使用为基础的、以创造性的人力资源为依托的、以高科技产业为支柱的知识经济时代。知识经济的社会是创新的社会，创新是知识经济的灵魂，创新更是一个国家国民经济可持续发展的基石。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。

为了适应 21 世纪人才培养的要求，必须更新教育观念，探索教育改革之路，而教育改革的重点是加强学生素质教育和创新能力的培养。创新是科学技术和经济发展的原动力，当今世界各国之间在政治、经济、军事和科学技术方面的激烈竞争，归根到底是综合国力的竞争，实质上就是科技创新能力和人才的竞争，而人才竞争的本质是人才创造力的竞争。在培养具有创新能力的跨世纪的高素质人才上，高等教育具有义不容辞的重要责任。因此，在深化教育体制改革，全面推进素质教育的今天，极有必要在高等院校中开设机械创新设计课程，以便培养学生的创新意识，掌握创新设计的基本理论和方法。这也是体现理论与实践相结合，知识服务于经济建设的有效举措。

高职高专教育是以培养生产一线所需要的新技术应用型、适应型人才为目标，注重培养学生应用、适应、技术创新等方面的能力，更应关注企业的技术创新活动，这对正确定位高职高专教育的功能，规划高职高专教育的人才培养模式，更好地为企业服务是十分必要的。因此，通过对机械创新设计课程的学习，让学生充分了解专业技术的发展现状，尤其对技术应用创新的典型案例及创新思路、方法有较全面的了解和较为深入的理解，启发学生的创新意识、激发学生的创新欲望。同时，注重培养学生的独立思维能力、创新能力、合作能力、科技成果转化能力及分析解决问题的能力。

为了配合开设机械创新设计课程的需要，本书结合目前国内外技术创新领域的研究成果与发展方向，从创造学、设计方法学以及各种创新理论出发，介绍了创新思维、创新原理和创新技法以及机械产品设计中的机构设计、结构设计、方案设计、反求设计的各种创新原理与方法，此外，还对 TRIZ 发明问题解决理论作了简要介绍。本书在讲述过程中密切联系工程实际，引入大量创新实例，深入浅出，循序渐进，图文并茂，叙述力求简明、通俗易懂、有趣味性，突出体现创新思维特征，注重培养学生创新意识和能力，引导学生去观察、分析、思考，培养学生参与创新活动的兴趣，从而亲手从事创新设计实践。为学生将来在工作实践中能尽快适应科学技术高速发展的形势，打下了良好的基础。希望大家从机械科学发展史上众多的创新实例中，看到前人智慧的火花，用这些火花来点燃头脑中创造的欲望。如果学生在学完本书后，能发现并解决生产、生活中的一些问题，有所创意、创新、发现和发明，就会享受到从事创新活动所带来的快乐，

作者将感到无限欣慰。

本书由徐起贺教授任主编并负责全书统稿工作，郑州大学秦东晨教授任主审。参加本书编写的人员有：河南工业大学王高平（第一章），河南理工大学李玉东（第三章第七节），河南科技学院丛晓霞（第六章第六节），河南机电高等专科学校赵晓运（第二章），本书其他部分章节由河南机电高等专科学校徐起贺编写。

由于编者水平有限，书中不足和疏漏之处在所难免，敬请广大师生及各位读者批评指正，以便再版时修改和补充。另外，由于实施创新教育是一项全新的课题，许多问题尚在探索之中，编者在编写过程中参考了许多论文、论著，有些地方引用了文中的部分成果和观点，参阅了目前已出版的有关的许多教材，在此特向原作者表示衷心的感谢。

编 者

目 录

前言	
第一章 机械创新设计绪论	1
第一节 创新设计与社会发展	1
第二节 创造与发明并不神秘	3
第三节 创新人才的培养	4
第四节 机械创新设计的概念及 过程	6
第二章 常用创新设计的基本思维	10
第一节 思维的类型及创新思维的 特征	10
第二节 创新思维的形成与发展	13
第三节 影响创新能力的因素分析	15
第三章 常用创新设计的基本原理	21
第一节 综合创新原理	21
第二节 分离创新原理	22
第三节 移植创新原理	23
第四节 逆向创新原理	25
第五节 还原创新原理	26
第六节 物场分析原理	27
第七节 价值优化原理	31
第四章 常用创新设计的基本技法	32
第一节 到实践中去寻找创新课题	32
第二节 常用创新设计的基本技法	33
第三节 基于组合原理的创新设计	41
第五章 机构构型方案的创新设计	48
第一节 机构的组合与创新	48
第二节 机构的演化与变异	57
第三节 广义机构的创新设计	70
第六章 机械运动方案的创新设计	77
第一节 机械产品的方案设计	77
第二节 功能综合的基本方法	78
第三节 功能原理方案的创新设计	85
第四节 机构的选型及组合	89
第五节 机械运动方案创新设计的 评价	95
第六节 机械运动方案创新设计 实例	97
第七章 机械结构方案的创新设计	102
第一节 实现零件功能的结构设计 与创新	102
第二节 结构元素的变异与创新	104
第三节 提高性能的结构设计与 创新	109
第四节 便于制造和操作的结构设计 与创新	112
第五节 机械结构的宜人化创新 设计	116
第八章 机械产品的反求设计与 创新	119
第一节 反求设计技术概述	119
第二节 已知实物的反求设计与 创新	120
第三节 已知技术资料的反求设计 与创新	125
第四节 计算机辅助反求设计	127
第五节 电动机减速器的反求 设计	129
第九章 基于 TRIZ 理论的创新 设计	133
第一节 TRIZ 发明问题解决理论 概述	133
第二节 设计中的冲突及其解决 原理	138
第三节 利用技术进化模式实现 创新	158
第四节 计算机辅助创新设计	

简介	165	创新设计	184
第五节 现代机械产品创新设计集成 化方法	168	第四节 冲制薄壁零件冲床运动方案 的创新设计	188
第六节 TRIZ 理论的发展趋势	173	第五节 蜂窝煤成型机的创新 设计	192
第十章 机械产品创新设计实例 分析	176	第六节 飞剪机剪切机构运动方案 的创新设计	194
第一节 电动大门的创新设计	176	附录 冲突解决问题矩阵	200
第二节 抓斗原理方案的创新 设计	180	参考文献	202
第三节 环保型手推式草坪剪草机的			

第一章 机械创新设计绪论

第一节 创新设计与社会发展

一、创新是人类文明进步的原动力

创新是人类文明进步、技术进步、经济发展的原动力，是国民经济发展的基础。纵观人类的进步史和中华民族的发展史，不难发现，生机勃勃的发展时期总是充满了科学技术的创新，发展和进步总是伴随着创新而存在。哪一个国家和民族善于创新，就会发展和强大；反之，墨守成规，因循守旧，就会落后和失败，在世界上就会处于被动挨打的地位。创新在人类社会进步中，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在历史上起推动作用的革命力量，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。

中华民族五千年文明史的形成和持续发展，充分证明了中华民族是一个充满智慧、富于创新的民族。西方学者的统计表明，现代社会赖以建立的基本发明创造有一半以上来自中国。近代以来中国的落后，并不能说明中国人缺乏创新能力，只是这种创新能力在政治、经济、文化传统以及外来入侵等多种因素的作用下，被埋没于一个缺乏创新体系的社会之中，从而制约甚至扼杀了民族的创新能力，导致了国家和民族的落后。

近代以来，西方一些国家之所以迅速发展，就是由于他们通过文艺复兴等思想运动，使人们从封建专制中解放出来，观念发生了根本的转变，为人类智慧和才能的发展铺平了道路。在1953~1973年的20年间，世界总共500种重大技术发明和创新中，美国就占了一半。正因为如此，它在国际市场上总有最具竞争力的产业和商品，因此一个多世纪以来，它一直是经济实力最强的国家。仅以美国20世纪80年代以来发展具有高知识含量、高回报率的经济，向立足于制造业的日本经济挑战为例，在日本仍以数倍于美国的速度发展汽车、钢铁、家用电器等产业时，美国却以千倍于日本的速度发展具有高知识、大信息含量的计算机与软件产业，使这些产业成了美国经济增长的主要支柱。现在信息产业已占其国内总产值的十分之一，超过了汽车、建筑等重要传统产业的产值。仅比尔·盖茨任总裁的微软公司，就曾一度以每周4亿美元的幅度增加其资产，它的产值已超过美国三大汽车公司的总和。在知识经济方面的明显优势，成为美国对日取得经济胜利的重要原因。

新中国成立后，我国科技人员经过艰苦创业，取得了“两弹一星”、高速粒子同步加速器、万吨水压机等多项重大科技成果，特别是实行专利制度和知识产权保护法以来，每年的发明成果数以万计。这些成果凝聚着我国广大科技人员的心血和智慧，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”，推动着人类社会的发展。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，充分显示出知识创新和技术创新在促进国民经济发展中的巨大作用。

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。世界各国综合国力竞争的核心,是知识创新、技术创新和高新技术产业化。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。江泽民同志根据世界发展趋势的特点,指出“创新是一个民族进步的灵魂,是一个国家兴旺发达的不竭动力”,尤其强调科技创新,这确实是对时代脉搏的准确把握,是对近代以来世界历史发展,特别是对当前国际激烈竞争的科学的概括。

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出一流的技术产品,所以大到国家的工业进步,小到企业的产销兴衰,靠的是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,技术市场将被更加新颖、功能更加齐全的技术产品所取代。技术创新包括三个基本方面:一是产品创新,即在技术变化基础上的产品商业化,既可以是全新技术的全新产品商业化,也可以是技术发现后的现有产品改进;二是过程创新,也叫工艺创新,是指商品生产技术上的重大变革,包括新工艺、新设备及新的经营管理和组织方法的创新;三是技术的扩散,是指技术通过市场或非市场渠道的传播,没有技术扩散,创新的技术就不可能产生最佳的经济效益。

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短时间内获得先进技术,是企业发展的有效途径,但实施和完成技术引进却是一件非常不易的事。技术引进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、改进、发展和普及,经常发现有技术水平较高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。

技术转让方在技术转让时,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。以为引进技术就能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,千万不能放松靠自己的双手、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,竞争越激烈,对创新能力的需求越迫切。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 创造与发明并不神秘

人类历史上有无数的发现、发明和创新,对人类的生产、生活产生了非常深远的影响,极大地推动了生产力的发展,促进了人们生活水平的不断提高。一谈到创造发明、发现,人们可能会认为是很神秘的事,以为创新发明是学者专家的专利品,一般人很难办到。实际上创造与发明并不神秘,通过加强创造性思维的训练,掌握必要的创造技巧,增强自信心,积极投身于创造活动的实践,不断提高自身创造力,你也能进行创造与发明,因此,创造力是每个正常人都具有的能力,不是个别天才人物所独有的神秘之物。

一、留心生活中身边的发明

只要留心观察,身边的小事也会激发创造的灵感,如鲁班根据野草上的小刺能划破手的启发而发明了锯子;瓦特在观察到水烧开后蒸汽能将壶盖顶起这一现象而发明了蒸汽机;人踏在香蕉皮上为什么会滑倒?一般无人思考和探索,而有心人注意到这个问题,通过研究香蕉皮的结构,发现它是由几百个薄层组成,因而层与层之间很容易产生滑动现象,由此想到如能找到与香蕉皮相似的物质,它会是很好的固体润滑剂。经反复研究,发现二硫化钼的结构是极薄的薄层集合体,其层数相当于香蕉皮层数的数万倍,因此,其易滑性也相当于香蕉皮的数万倍,所以二硫化钼很快成了一种性能优良的新型固体润滑剂,在生产实践中得到广泛的应用。

我们身边处处有发明,如日常生活中所见的带收音机和小灯的笔、一次性相机、手摇削水果机、自动晒衣架、折叠自行车等。大家都熟知拉链,拉链的发明据说开始时是为了代替鞋带,使穿鞋、脱鞋方便,后来又有人将拉链创造性地用于衣、裤、裙、帽、睡袋、笔盒、公文包、枕套、沙发垫、笔记本、钱包等方面;而外科医生将这项技术移植到皮肤拉链缝合上,这项新技术可使肌肉和表皮的愈合速度加快,且伤痕极小。一位名叫吉利的美国人,有一次因为要赶火车,起床急急忙忙刮胡子时不小心将脸刮伤了,他坐在火车上就想能不能设计出不会刮伤脸的安全剃须刀呢?此后,他常常为此事困扰。1895年,有一天他到理发店理发时,无意中发现理发师正用梳子一边梳头,一边用剪刀剪梳子外的头发,他突然由此得到灵感,经过多次试制,发明了安全剃须刀。

二、创新需要勇气和毅力

从上述实例可以看出,大多数发明家在创新发明之前都是非常普通的人,很多创新发明往往是通过一次偶然事件触发灵感从而开启智慧之窗而获得的,但是创新发明也不是轻而易举的事。

1763年,欧洲流行天花这种可怕的疾病,凡传染上天花病的人几乎必死无疑,但是英国15岁的少年琴纳从一些医生中听到了“得牛痘者几乎不得天花”这样的说法,后来琴纳详细地研究这种说法是否正确;1796年他试着为他8岁的儿子种植了牛痘,他的儿子开始

稍有些发烧，但不久就恢复正常了，接着琴纳冒着失去儿子的危险，将天花病人的脓移植到儿子身上，事实证明他儿子没有得天花；经过 30 多年的努力，琴纳终于发现了牛痘免疫天花的方法，攻克了这个曾被认为是不治之症的顽疾。诺贝尔为了发明安全的烈性炸药，进行了近 20 年的实验，在实验中他的弟弟被炸死，父亲受重伤，但他并没有因此而吓倒、退却，终于获得了成功。美国的杰克逊在发明了拉链后为了设计出生产拉链的机器，花费了 19 年的时间。发明家爱迪生为了找到实用的电灯灯丝材料，经历了无数次的实验，用到了 6000 多种植物纤维，试验了 1600 多种耐热材料，终于发明制造出碳化灯丝的白炽电灯，为慢慢长夜带来光明，他还对电灯和用电设施加以不断改进，产生了一系列新的发明，像电线插座、电表、保险丝、配电盘、电力机车等。法拉第虽然出身贫民家庭，连学校都没有进过，但他经过自学对科学研究产生了浓厚的兴趣，并在大科学家戴维的帮助下，来到研究所担任戴维助手兼差役，在经过长达 18 年的大量实验、研究之后，终于发现了电磁感应现象。居里夫人在发现放射性元素之后，花了五个多月的时间，终于从 1t 沥青铀矿石中提炼出了 0.1g 镭。达尔文经过 5 年的环球考察之后，又用了 20 多年的研究才完成巨著《物种起源》，揭开了生物进化之谜。我国数学家陈景润废寝忘食，全身心地投入，经历十几个春秋，才摘取了哥德巴赫猜想这一数学皇冠上的明珠。

这些实例说明，任何一个创新发明都经过了人们长期地探索，不仅需要坚韧不拔的毅力和勇气，而且有些是以生命为代价换来的。如果没有冲破传统观念和不怕失败的勇气，没有不怕牺牲的冒险精神，就不可能达到光辉的彼岸。

第三节 创新人才的培养

教育部曾经组织进行的教学调查结果表明，我国高等院校的学生，在校期间虽然学了很多人知识，但可用于创造性劳动的知识太少，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。这种情况说明，我们的高等教育对发明创造能力的培养是非常薄弱的，因此，必须把学生创新能力的培养提到议事日程上来，努力培养并造就大批具有创新精神和创新能力的复合型创新人才，只有这样，才能培养出适合我国社会主义市场经济建设和激烈的国际竞争所需要的高等技术应用性人才。创新人才的培养一般可以从培养创新意识、学习创新原理和创新技法、加强创新实践等方面进行。

一、培养创新意识

创新活动首先来自于强烈的创新意识，日常生活中的一些事物常给人启迪，引起人们的联想和想象，因此，对日常生活的关注和思索，常常可以触发创新灵感。

多年前，一家酒店的电梯不够用，打算增加一部，于是请来了建筑师和工程师研究增设新电梯的方案。专家们一致认为，最好的办法是每层楼打一个大洞，直接安装电梯。当几位专家进一步商谈工程计划时，一位正在扫地的清洁工听到了他们的谈话，清洁工对他们说：“每层楼都打个大洞，会尘土飞扬，杂乱不堪的”，工程师说“那是难免的”，清洁工又说“施工期间最好将酒店关闭一段时间”，工程师说：“那可不行，那会影响酒店收益”。清洁工最后不经意的说到：“我要是你们，就会把电梯装在楼外”。专家们听到这句话，对视良久，他们不约而同地为清洁工这一想法击掌叫绝。于是，便有了近代建筑史上的伟大变革

——把电梯装在楼外，既美观又可在电梯内观赏景色。在一次闲谈中，有人提到洗衣机洗衣服时，衣服上总是沾满线头绒毛，一位老太太听在耳里，记在心里，发明了三角形的吸毛器。

又如，很多人都知道，当灶里的煤火燃烧不旺时，只需拿根铁棍拨弄一下，火苗就会从拨开的洞眼中窜出，火一下子就会旺起来。而山东有位叫王月山的炊事员就想到了做煤球煤饼时，主动在上面均匀地戳几个洞，不仅火烧得旺，而且可节省燃煤，大家熟悉的蜂窝煤就这样发明了。

因此，创新发明并非少数杰出人才的专利，人人都有创造力，人人都可以搞创新。在创新中要善于摆脱习惯性思维的束缚，突破自我，便能调动创造性而获得出乎意料的创造性成果。要培养独立思考、勇于探索的意识，而不要做只会记住正确答案的“复印机”。

二、掌握创新原理和创新技法

设计过程是一个创造过程，设计人员创造能力的高低及发挥，将直接影响产品创新程度和设计质量，为此，必须使广大工程技术人员掌握创新设计原理和技法，调动和训练工程技术人员的创造性思维能力。

创新本身存在一定的理论和规律，也具有其科学的原理和方法。创新原理和创造技法是以总结创造学理论、创新思维规律为基础，通过大量的创造活动概括总结出来的原理、技巧和方法，了解和掌握创新原理和创新技法，往往能更自觉、更巧妙地进行创新活动，进一步发掘创新者的潜在能力。

人的创造能力可以通过学习和训练得到激发和提高，通过改进自己的思维习惯，通过独立思考，多想多练，通过训练自己集中注意力、发挥想象力，进行扩散思维、求异思维训练等，能够提高创新思维能力，而将思维运用到实际中去，才可能起到良好的效果。日本一家钢铁厂，把12名普通的高中毕业生集中起来，每周六进行创新能力的学习和训练，不到半年时间，参加人员就纷纷提出创造发明项目，结束时取得了70多项专利，由此可见创新能力可以通过学习和训练来培养和提高。

三、加强创新实践

形成创新能力，除了学习理论，更重要的在于实践。所有的创造力培养离不开大量的创新实践。积极参加创新设计活动，有意识地进行各种活动的培养与训练，可以显著地提高创新能力。

一般情况下，创新实践可分为如下三个阶段：

(1) 了解问题 目标是什么；未知量、已知量有哪些；情况如何；能否满足情况的需要；能否决定未知量，是否足够，是否重复或抵触。可以画张图，引入合适的标志，把情况的各部分加以分解。

(2) 设计方案 是否遇到过这个问题；是否知道相关的问题；可能运用什么原理。通过不同方法设计各种方案，并进行优化。

(3) 执行方案 实施设计方案，在每一步骤中对方案修改完善，必要时重新设计方案，以取得最好的成效。

任何一个创新几乎都要经过上述三个阶段，一般最困难的是第二阶段，最关键的往往是第三阶段。

对于高职高专的学生,除了必要的理论教学外,必须通过设置一系列设计实践教学环节,进行大量的动手安装、维护、设计、制作等实践活动,才能培养综合分析和创新设计的能力,因此,学校在开设创新设计课程的同时,还应开设创新设计实验,为学生营造一个良好的创新实践环境。另外,大学生的各种课外科技活动和竞赛也是很好的创新实践活动,其中不少作品在学科中具有突破性的意义。人类社会所有的创新和发明,都是通过人们的双手而实现的,一个人的设想,如果不将它们物化,即使构思再好,那也可能只是水中月、雾中花。

麻省理工学院是美国最富创造力的“发明家”大学,仅在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。

四、培养协作精神

现代科技创新要想取得成功,一个很重要的方面就是要有团结协作的精神。现代科学学科门类繁多、学科知识更新快,如果仅凭一个人的知识和经历,完全靠个人取得有影响的科技创新成果,已经是极少有的了,而大多数有影响的科技创新成果,均是出自多方面人才的团结协作而取得的。在现代科研工作中,强调团队精神,强调集体力量,强调团结合作是取得成功的重要保证。“阿波罗”登月计划有120所大学、约400万人参加;中国的“两弹一星”和载人运载火箭的研制也是如此,这些说明现代科研靠个人单枪匹马已很难作出有影响的创新成果。科技人才间的通力合作能充分发挥个人与集体的力量,是推动科技创新活动发展的重要动力。合作能使知识互用、才能互补,是解决重大科研课题、突破难关的重要途径,因此,科技工作者应增强集体意识和集体观念,发扬团结协作的精神。

第四节 机械创新设计的概念及过程

设计是人类改造自然的一种基本活动,是复杂的思维过程,设计的本质就是创新。设计的目的是将预定的目标,经过分析决策,通过一定的信息(文字、数据、图形)而形成设计方案,并通过制造、实施使设计成为产品,造福人类。通过设计,不断为社会提供新颖、优质高效、价廉物美的产品。创新设计要求在设计中更加充分地发挥设计者的创造力,利用最新科技成果,在现代设计理论和方法的指导下,设计出更具竞争力的新颖产品。

根据设计的内容特点,一般将设计分为下面三种:

(1) 开发性设计 在工作原理、结构等完全未知的情况下,应用成熟的科学技术或经过实验证明是可行的新技术,针对新任务提出新方案,开发设计出以往没有过的新产品,这是一种完全创新的设计。

(2) 变型设计 在工作原理和功能结构不改变的情况下,针对原有设计的缺点或新的工作要求,对已有产品的结构、参数、尺寸等方面进行变异,设计出适用范围更广的系列化产品。

(3) 适应性设计 在原理方案基本保持不变的前提下,针对已有的产品设计,进行深入分析研究,在消化吸收的基础上,对产品作局部变更或设计一个新部件,使产品能更好地

满足使用要求。

开发设计以开创、探索创新；变型设计通过变异创新；适应性设计在吸取中创新。无论是哪种设计，创新都要求设计者在设计的每一个环节上突破常规惯例，追求与前人、众人不同的方案，将设计者的智慧具体物化在整个设计过程中。在创新设计的全过程中，创造性思维将起到至关重要的作用，深刻认识和理解创造性思维的本质、类型和特点，不仅有助于掌握现有的各种创造原理和创新技法，而且能够推动和促进对新的创造方法的开拓和探索。

一、机械创新设计的概念

机械创新设计是指充分发挥设计者的创造力和智慧，利用人类已有的相关科学理论、方法和原理，进行新的构思，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；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。由于机械创新设计过程凝结了人们的创造性智慧，因而机械创新设计的产品无疑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。

(1) 机械创新设计与常规机械设计的关系 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。主要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。主要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。

3) 机械的动力设计。主要包括动力分析、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。主要包括绘制零件工作图、部件装配图和机械的总装图。

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。

机械创新设计是相对常规设计而言的，它特别强调人在设计过程中，特别是在总体方案设计阶段中的主导性及创造性作用。机械创新设计有高、低层次之分，这可用创新度来衡量。创新度可用来衡量一个设计项目创新含量的深度和广度，创新度大，创新层次高；反之，创新层次低。例如，工程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) 机械创新设计与机械创造发明的关系 机械的创造发明大多属于机械结构方案的创新设计。阐述创造发明过程及方法的专著已经问世，但大多是宏观概括的论述，缺乏具体的可操作性，学生学过之后，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。机械创新设计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、过程及方法，并将它程式化、量化乃至符号化、算法化，提高设计的可操作性。

随着机械系统设计、计算机辅助设计、优化设计、可靠性设计、摩擦学设计、有限元设计等现代设计方法的不断发展，以及认知科学、思维科学、人工智能、专家系统及人脑研究的不断深入，机械创新设计正在日益受到专家学者的重视。一方面，认知科学、思维科学、

人工智能、设计方法学、科学技术哲学等已为机械创新设计提供了一定的理论基础及方法；另一方面，机械创新设计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，实现真正的机械设计专家系统及智能工程，因此，机械创新设计承担着为发明创造新机械和改进现有机械性能提供正确有效理论和方法的重要任务。

综上所述，机械创新设计是建立在现代机械设计理论的基础上，吸收科技哲学、认知科学、思维科学、设计方法学、发明学、创造学等相关科学的有益成分，经过交叉而形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。

机械创新设计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，机械创新设计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 所示为机械创新设计的一般过程，它分四个阶段：

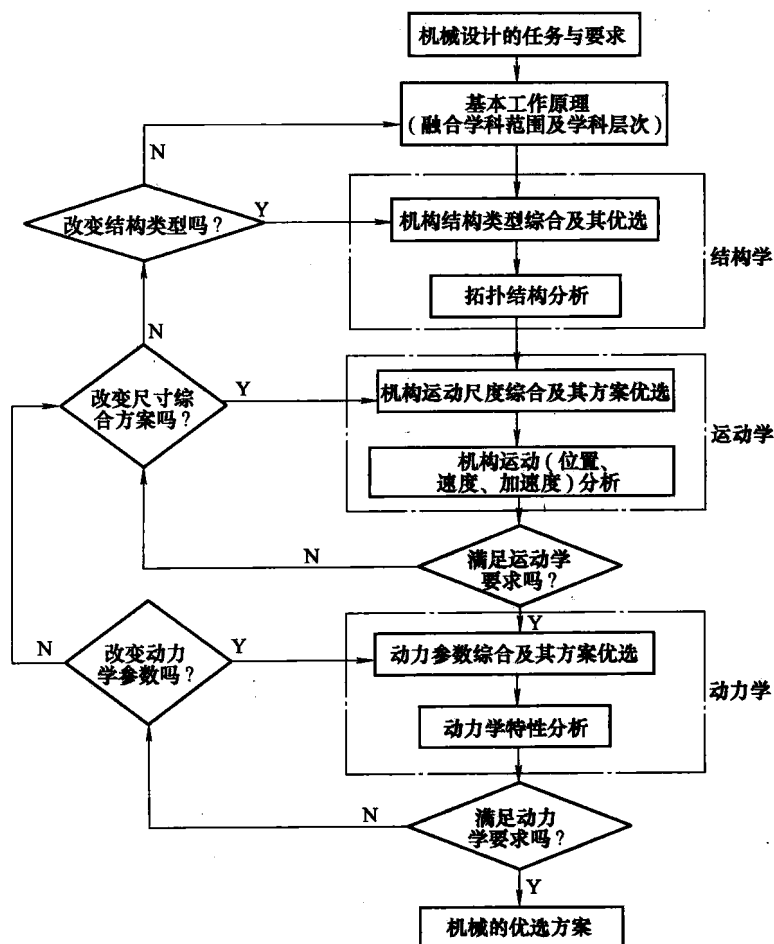


图 1-1 机械创新设计的一般过程

(1) 确定机械的基本工作原理 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,因此,结构类型综合及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、经验、灵感和想象力等众多方面。

(3) 机构运动尺度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学参数优选 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,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。

三、机械创新设计的特点

(1) 独创性 机械创新设计必须具有独创性和新颖性。设计过程中相当部分工作是非数据性、非计算性的,因此,设计者必须依靠在知识和经验积累基础上的思考、推理、判断以及创造性思维相结合的方法,打破一般思维的常规惯例,追求与前人、众人不同的方案,敢于提出新功能、新原理、新机构、新材料,在求异和突破中体现创新。

(2) 实用性 机械创新设计是多种层次的,不在乎规模的大小和理论的深浅,因此,创新设计必须具有实用性,纸上谈兵无法体现真正的创新。只有将创新成果转化成现实生产力或市场商品,才能真正为经济发展和社会进步服务。设计的实用性主要表现为市场的适应性和可生产性两方面。

(3) 多方案选优 机械创新设计涉及多种学科,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。应尽可能从多方面、多角度、多层次寻求多种解决问题的途径,在多方案比较中求新、求异、选优。以发散性思维探求多种方案,再通过收敛评价取得最佳方案,这是创新设计方案的特点。

第二章 常用创新设计的基本思维

第一节 思维的类型及创新思维的特征

人最强大的力量并非来自肢体，而是人所特有的思维能力。思维是人脑对客观现实的反映，是发生在人脑中的信息交流。它不仅揭示客观事物的本质或内部联系，还可使人脑机能产生新的信息和新的客观实体，如科学和自然规律的新发现、技术新成果等。思维是创造的源泉，正是由于人类的创新思维才产生了各种各样的发明创造，因此，只有对创新思维的本质、特点、形成过程、与其他思维的关系有所认识和掌握，才能指导我们进行创新思维，增强创新能力。

一、思维的类型简介

人类的思维方式可以归纳为如下几种：

1. 形象思维与抽象思维

形象思维也称为具体思维，是人脑对客观事物和现象具体形象的反映。例如，设计一个零件或一台机器时，设计者在头脑中想象出零件或机器的形状、方位等外部特征，在头脑中对想象出的零件或机器进行分解、组装、设计等思维活动，就属于形象思维。在工程技术创新活动中，形象思维是基本的思维活动，工程师在构思新产品时，无论是新产品的外形设计，还是内部结构设计以及工作原理设计，形象思维都起着重要的作用。

抽象思维是以抽象的概念、判断和推论为形式的思维方式，概念是客观事物本质属性的反映，判断是两个以上概念的联系，推论则是两个以上判断的联系。

形象思维具有灵活新奇的特点，而抽象思维较为严密。按照现代脑科学的观点，形象思维和抽象思维是人脑不同部位对客观实体的反映活动，左半脑主要是抽象思维中枢，右半脑主要是形象思维中枢，两个半脑之间有数亿条神经纤维，每秒钟可交换传输数亿个神经冲动，共同完成思维活动。因此，形象思维和抽象思维是人类认识过程中不可分割的两个方面，在创新过程中，应该把两者很好地结合起来，以发挥各自的优势，创造出更多的成果。

2. 发散思维与收敛思维

发散思维是根据提供的信息，多方位寻求问题解答的思维方式。如列举某一物品的多种用途，从一物思万物，不满足于现成原理和答案，而去寻找尽可能多的答案等。

收敛思维是一种在大量设想或多方案基础上寻求某种最佳解答的思维方式。

在创造活动中，提出的方案越多，选择最优方案的可用空间就越大，但光有发散思维并不能使问题得到有效解决，因为在科技活动中，最终结果只能是有限的几个或唯一的一个，所以，既需要有充分的信息为基础，设想多种方案，又需要对各种信息进行综合、归纳，多方案优化。发散思维与收敛思维的有机结合组成了创新活动的一个循环过程。

3. 逻辑思维与非逻辑思维

逻辑思维是抽象思维方式，它是严格遵循逻辑规则按部就班、有条不紊进行的思维。它的主要方法是分析、归纳、综合与演绎。

非逻辑思维是一种不严格遵循逻辑规律，突破常规，通过想象、直觉、灵感等方式进行的自由思维方式。

直觉思维是创造性思维的一种重要形式，它是指创造者基于有限的信息或事实，调动已有的一切知识经验，对客观事物的本质及其规律连续作出迅速的识别、敏锐的洞察、直接的理解和整体的判断的思维方式。直觉思维总是以跳跃的方式，把目标直接指向最后结论，似乎不存在中间的推导过程，人们常把它誉为“理性的眼睛”。例如，德国气象学家魏格纳从世界地图上发现非洲西海岸凹进部分与美洲东海岸凸出部分吻合得十分巧妙，凭直觉他提出了一种被誉为“诗人之梦”的科学假说——“大陆漂移说”。

4. 直达思维与旁通思维

直达思维始终围绕需要解决的问题进行思考，旁通思维则将问题转化为另一个问题，间接分析求解。旁通思维后要返回到直达思维，才能较好地解决所提出的问题。如美国的莫尔斯受到马车到驿站要换马的启示，采用设立放大站的方法，解决了信号远距离传输衰减的问题，就是旁通思维的一个例子。

5. 逆向思维

逆向思维是从一种事物想到另一种相反事物，从一种条件想到另一种相反条件，从一种可能想到另一种相反的可能，从原因追溯结果的创新思维能力。逆向思维摆脱了单一思维的束缚，异想天开，引导人们从“山重水复疑无路”的困境走出来，寻找新的途径和高明的办法，得到意想不到的收获。

圆珠笔漏油问题的解决，就是逆向思维的成果。圆珠笔问世之初，笔珠漏油，严重影响了它的推广和使用。开始时，人们寻着一般的常规思路去寻找对策：从分析笔珠漏油的原因入手，去探索解决方法。他们发现，圆珠笔在书写过程中，笔珠因磨损而逐渐变小，笔油就随之流出，于是，人们用不锈钢或宝石做笔珠，大大提高了笔珠的耐磨性，但是，新的问题又接踵而来：笔珠与笔芯内侧长期接触磨损后，笔芯的头部会变大变形，导致笔珠弹出，漏油的问题仍得不到解决。日本的中田藤三郎另辟蹊径，从改造笔芯着手，他发现，当圆珠笔写到1.5万字左右时，笔珠就变小、漏油；如果减少笔芯的流量，当笔珠写到1.5万字左右时，笔油就用完，漏油的问题不就解决了吗？这一逆向思维解决了许多人久未解决的难题。

6. 类比思维

类比思维是指不同种类、不同性质的事物之间往往会存在着某种程度上的相似性，属于相似理论，人们可以利用这种相似性来进行模拟和移植，达到创新的目的。古语说：“他山之石，可以攻玉。”人们为了解决本行业的难题，可以借助于其他行业的工具和手段，例如，通过类比思维，医生由建筑上的爆破联想到人体器官内结石的爆破，而发明了医学上的微爆破技术。

二、创新思维的特征

创新思维是一种人类高层次的思维活动，既具有一般思维的特点，又有不同于一般思维的特性。一般思维仅能肤浅地、简单地揭示事物的表象以及事物之间常规性的活动轨迹，而