



全国机械行业职业教育优质规划教材
经全国机械职业教育教学指导委员会审定

机械创新设计

第2版

徐起贺 主编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



配 电 子 课 件



全国机械行业职业教育优质规划教材
经全国机械职业教育教学指导委员会审定

机械创新设计

第2版

主 编 徐起贺
参 编 王高平 康玉辉



机械工业出版社

为了培养应用型创新人才,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,提高学生的创新设计能力。

全书共10章,主要内容有机械创新设计概论、创新设计的基本思维、创新设计的基本原理、创新设计的基本技法、机构的创新设计、机械系统方案设计的创新、机械结构的创新设计、机械产品反求设计与创新、TRIZ创新理论及应用,以及机械创新设计实例分析。本书以机械创新设计为主线,密切结合工程实际,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,体现应用型教育的特点。

本书配有电子课件 凡使用本书作教材的教师均可登录机械工业出版社教育服务网(<http://www.cmpedu.com>)注册后免费下载,或发送电子邮件至 cmpgaozhi@sina.com 索取。咨询电话:010-88379375。

本书可作为高职高专院校及应用型本科机械类各专业的教材,也可作为教师、工程技术人员及科研人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

机械创新设计/徐起贺主编. —2版. —北京:机械工业出版社,2016.6
全国机械行业职业教育优质规划教材经全国机械职业教育教学指导委员会审定

ISBN 978-7-111-53585-0

I. ①机… II. ①徐… III. ①机械设计-高等职业教育-教材 IV. ①TH122

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第081349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:王英杰 责任编辑:王英杰 武晋

责任校对:薛娜 封面设计:鞠杨

责任印制:乔宇

北京富生印刷厂印刷

2016年6月第2版第1次印刷

184mm×260mm·14印张·1插页·346千字

0001—1900册

标准书号:ISBN 978-7-111-53585-0

定价:30.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线:010-88379833

读者购书热线:010-88379649

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

金书网:www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

前 言

当今世界，科技发展日新月异，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，以创造性的人力资源为依托，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，更是一个国家国民经济可持续发展的基石。一个国家的创新能力，决定了它在国际竞争和世界格局中的地位，所以我国正在为建设创新型国家而努力。

为了适应 21 世纪高新技术发展的需要，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创新设计课程，以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。

应用型职业教育以培养生产一线所需要的技术应用型、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，因此更应关注企业的技术创新活动，这对正确定位应用型职业教育的功能，规划应用型职业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，使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、团队协作能力、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 发明问题解决理论做了简要介绍；最后在机械创新设计实例分析部分，引入了全国机械创新设计大赛中的优秀作品，进一步说明创新设计的过程及各种创新技法的运用。在讲述过程中密切联系工程实际，引入大量创新实例，循序渐进，深入浅出，图文并茂，通俗易懂，突出体现创新思维特征，注重培养学生创新意识和能力，提高学生从事创新活动的兴趣和自信，为学生将来在工作实践中开

展技术创新打下良好的基础。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,享受到创新活动带来的快乐,作者将感到无限欣慰。

参加本书编写的人员有:河南工业大学王高平(编写第一章),河南工学院康玉辉(编写第八章),河南工学院徐起贺(编写本书其他章节)。全书由徐起贺担任主编并负责统稿工作。

本书由郑州大学秦东晨教授审阅,他对本书的编写提出了许多宝贵的意见和建议,对提高本书的编写水平和质量给予了很大的帮助。本书的编写还得到了各兄弟院校有关领导和教师的指导与帮助,以及同仁们的热情鼓励和大力支持,编者在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,编写时间仓促,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许多相关教材,在此特向原作者表示衷心的感谢。

编者

目 录

前言

第一章 机械创新设计概论	1	第三节 广义机构的创新设计	80
第一节 创新设计与社会发展	1	第六章 机械系统方案设计的创新	86
第二节 创造与发明并不神秘	3	第一节 机械系统设计概述	86
第三节 创新人才的培养	5	第二节 方案设计创新中的功能综合	88
第四节 机械创新设计的概念及过程	8	第三节 方案设计创新中的原理综合	93
第五节 机械创新设计课程的内容及特点	12	第四节 方案设计创新中的构型综合	98
第二章 创新设计的基本思维	14	第五节 机械系统方案设计的评价	103
第一节 思维的类型及创新思维的特征	14	第六节 机械原理方案创新设计实例	105
第二节 创新思维的形成与发展	18	第七章 机械结构的创新设计	111
第三节 影响创新能力的因素分析	21	第一节 实现零件功能的结构设计与创新	111
第三章 创新设计的基本原理	27	第二节 结构元素的变异与创新	114
第一节 综合创新原理	27	第三节 提高性能的结构设计与创新	119
第二节 分离创新原理	28	第四节 便于制造和操作的结构设计与创新	123
第三节 移植创新原理	30	第五节 机械结构的宜人化创新设计	130
第四节 逆向创新原理	31	第八章 机械产品反求设计与创新	133
第五节 还原创新原理	33	第一节 反求设计技术概述	133
第六节 迂回原理	34	第二节 已知实物的反求设计与创新	136
第七节 完满原理	35	第三节 已知技术资料的反求设计与创新	140
第八节 物场分析原理	35	第四节 计算机辅助反求设计	144
第九节 价值优化原理	39	第五节 电动机减速器的反求设计	149
第四章 创新设计的基本技法	40		
第一节 到实践中去寻找创新课题	40		
第二节 常用创新设计的基本技法	42		
第三节 基于组合原理的创新设计	51		
第五章 机构的创新设计	58		
第一节 机构的组合与创新	58		
第二节 机构的演化与变异	66		

第九章 TRIZ 创新理论及应用 152

第一节 TRIZ 发明问题解决理论

概述 152

第二节 利用技术进化理论实现

创新 157

第三节 设计中的冲突及其解决

原理 165

第四节 计算机辅助创新设计简介 ... 187

第五节 TRIZ 理论的发展趋势 191

第十章 机械创新设计实例分析 193

第一节 自行车的发明与创新设计 ... 193

第二节 多功能齿动平口钳的创新设计 197

第三节 饮料瓶捡拾器的创新

设计 200

第四节 省力变速车用驱动机构的

创新设计 201

第五节 电动大门的创新设计 203

第六节 手推式草坪剪草机的

创新设计 207

第七节 冲制薄壁零件压力机的创新

设计 212

第八节 蜂窝煤成形机的创新设计 ... 215

附录 冲突矩阵 见插页

参考文献 218

第一章

机械创新设计概论

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、技术进步和经济发展的原动力，是国民经济发展的基础。纵观人类社会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。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过程中，不仅对科学世界观的形成和发展产生了重大的影响，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，就是由于它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，全世界总共500种重大技术发明和创新中，美国的就占了一半。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。这些产业成了美国经济增长的主要源泉。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。以微软公司为例，其资产一度以每周4亿美元的幅度增加，它的年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，成为美国对日本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、超级水稻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, 其创造的价值成倍地增长, 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。

进入知识经济时代之后, 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。建设创新型国家的核心是把增强自主创新能力作为发展科学技术的战略基点, 走中国特色的自主创新道路, 推动科学技术的跨越式发展, 形成有利于自主创新的体制, 大力推进理论创新、制度创新、科技创新, 不断巩固和发展中国特色社会主义事业。

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生产出一流的技术产品, 所以大到国家的工业进步, 小到企业的产销兴衰, 靠的是能否拥有在国内外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的方面: 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, 也称工艺创新, 是指产品生产技术上重大变革, 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和产品拱手让人, 况且有许多新技术仅仅依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, 是一种不切实际的想法。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,对人类的生产和生活产生了深远的影响,极大地推动了生产力的发展,促进了人们生活水平的提高。一谈到创造、发现、发明,人们会认为是很神秘的事情,以为发明创造是专家学者的专利品,一般人很难办到。实际上创造与发明并不神秘,通过加强创新思维的训练,掌握必要的创新技巧,积极投身于创造活动的实践,你也能进行创造与发明。因此创造力是每个人都具有的能力,不是个别天才所独有的神秘之物,正如著名教育家陶行知先生所说:“处处是创造之地,天天是创造之时,人人是创造之人。”

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。例如,鲁班受到野草齿形的叶边能划破手的启发而发明了锯子,瓦特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,而有心人注意到了这个问题,通过研究香蕉皮的结构,发现它是由几百个薄层组成的,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,它将是很好的固体润滑剂。经过研究,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,其易滑性也相当于香蕉皮的数万倍,所以二硫化钼很快成为一种性能优良的新型固体润滑剂,在生产中得到广泛的应用。

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、一次性照相机、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、钱包等物品中。而外科医生将这项技术移植到皮肤拉链缝合上,可使肌肉和表皮的愈合速度加快,且伤痕极小。一位名叫吉列的美国人,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,他常常思考此事。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,突然由此得到灵感,经过多次试制,发明了安全剃须刀。

在生活中应时时做有心人,注意留心某些意外的事物与现象,并随时记录下来,以备后用。例如,法国科学家别奈迪克在实验室里整理仪器时,不小心将一只玻璃烧瓶掉在地上,

当他拾起烧瓶时，发现烧瓶虽然遍体裂纹却没有碎，瓶内液体也没有流出来。当时他想，这一定是瓶内液体的作用。因当时很忙，没来得及仔细研究，他就及时在烧瓶上贴了一张纸条，上面写着“1903年11月，这只烧瓶从3m高处摔下来，拾起来就是这个样子。”几年以后，别奈迪克在报纸上看到一条新闻，一辆汽车发生了交通事故，车窗的碎玻璃把驾驶员与乘客划伤了。这时，他脑子里立即浮现出几年前实验室摔裂不碎的烧瓶，若车窗玻璃也能这样那该多好。别奈迪克赶紧跑回实验室，找出贴纸条的烧瓶，经过研究，他终于发现了瓶子裂而不碎的原因。原来，烧瓶曾装过硝酸纤维溶液，当溶液挥发后，在瓶壁上留下了一层坚韧而透明的薄膜，牢牢地粘在瓶子上，所以当它被摔时，只是震出裂纹而不破碎。这样，一种防震安全玻璃就诞生了。

二、创新需要勇气和毅力

从上述实例可以看出，大多数发明家在发明创新之前都是非常普通的，很多发明创新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，但是发明创新也不是轻而易举的事。

1763年，欧洲流行天花这种可怕的疾病，凡传染上天花的人几乎必死无疑，但英国15岁的少年爱德华·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，后来他详细研究这种说法是否正确。1796年他试着为8岁的儿子种植了牛痘，他的儿子开始有些发烧，但不久就恢复正常了，接着爱德华·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年的试验，在实验中他的弟弟被炸死，父亲受重伤，但他并没有因此而被吓倒，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灯丝材料，经历了无数次的试验，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，为漫漫长夜带来光明。他还对电灯和用电设施不断加以改进，产生了一系列新的发明，像电线插座、电表、熔丝、配电盘、电力机车等。法拉第虽然出身于贫民家庭，连学校都没有进过，但他通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，到研究所担任戴维的助手，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5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。

这些实例说明，任何一个发明创新都经过了人们长期的探索，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。

三、创新人才的关键特征

科学技术贵在创新和探索，勇于探索和善于创新是创造型人才的主要特征。美国犹他州大学管理学教授赫茨伯格，通过分析各行各业涌现出的大量创新人才的实例，总结出了创新人才的关键特征，为创新人才的培养提供了很好的借鉴作用。

(1) 智商高, 但并非天才 智商高是创新人才的先决条件, 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, 有时会妨碍寻求更多的新知识。

(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的学习来维持。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, 往往把精力消磨于重复性的劳动中, 难以取得突破。

(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获得乐趣, 会积极自娱于自己的探索、追求和成就, 避免在其他方面多费精力。

(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 敏锐的思维和热情奔放的工作激情是生命的最充分延伸, 是创新人才工作进入佳境的条件, 也是其在成功道路上前进的标志。

第三节 创新人才的培养

教育部曾经组织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。这种状况说明, 我们的高等教育对发明创造能力的培养相对薄弱。人才培养模式的改革实际上就是人才培养目标、培养规格和培养方式的改革, 它决定着高等学校培养人才的基本特征。人才培养改革的重点, 是加强对学生的素质教育和创新能力的培养, 鼓励学生的个性发展。因此必须把学生创新能力的培养提到议事日程上来, 努力培养出大批具有创新精神和创新能力的复合型人才。创新人才的培养一般可以从培养创新意识、掌握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

创新活动是有目的的实践活动, 创新实践起源于强烈的创新意识。强烈的创新意识促使人们在实践中积极地捕捉社会需求, 选择先进的方法实现需求, 努力争取创新实践的成功。一位诺贝尔物理学奖获得者曾说: “发明就是和别人看同样的东西却能想出不同的事情。”日常生活中的一些事物, 常给人以联想和启迪, 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, 于是请来专家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: “每层楼都打一个大洞, 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

不经意地说道：“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。

又如很多人都知道当灶里的煤火燃烧不旺时，只需用一根铁棍拨弄一下，火苗就会从拨开的洞眼中窜出，火一下子就会旺起来。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，不仅使火烧得旺，而且可节省燃煤，大家熟悉的蜂窝煤就是这样发明的。

加拿大的一位公司职员有一次去复印一些资料，由于前面的人需要复印的资料较多，他就坐在旁边等候。在等候时他无意中碰倒了放在桌上的一个瓶子，瓶子中的液体撒在他要复印的资料上。他赶快收拾起被污染的资料，等液体挥发干后他才去复印。他惊奇地发现，资料上刚才被液体污染的地方无法复印。正是受到这个意外发现的启发，他发明了一种可以防止资料被复印的保密纸。

因此，发明创新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创新成果。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如何，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原理和技法，调动和训练工程技术人员创新思维能力。

创新本身存在一定的理论和规律，也具有科学的原理和方法。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。创新者了解和掌握创新原理及创新技法，往往能更自觉、更巧妙地进行创新活动，进一步发掘自身的潜在能力，提高创新实践活动的成功率。

人的创造能力可以通过学习、训练得到激发和提高。通过改进自己的思维习惯，进行独立思考、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；而只有将创新思维运用到实际中去，才能起到良好的效果。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；美国通用电气公司在20世纪40年代率先对员工开设创造工程课程，开展创新实践训练，通过学习和训练，员工的创新能力得到明显提高，专利申请的数量大幅度提升。

三、加强创新实践

形成创新能力，除了学习理论以外，更重要的在于实践。创新实践是提高创新能力的重要手段，正如不下水学不会游泳，不开车上路不可能真正学会驾驶一样。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。实践活动不仅为创新者提供了大量的创新素材和施展创造能力的舞台，也促进了人际交往，营造了相互学习、取长补短的创新氛围。

一般情况下，创新实践可分为以下三个阶段：

(1) 了解问题 目标是什么?未知量、已知量是哪些?情况如何?能满足情况的需要吗?能否决定未知量?是否足够?是否重复或抵触?可以通过画图,引入合适的标志,把情况的各部分加以分解。

(2) 设计方案 遇到过这个问题吗?知道相关的问题吗?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。

对于应用型职业人才的培养,除了对其开展必要的理论教学外,必须设置一系列创新设计实践教学环节,使其进行大量的动手安装、维护、设计、制作等实践活动,才能培养其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,还应进行创新设计实验,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创新大赛,也是很好的创新实践活动,为学生提供了良好的实践平台,极大地提高了学生参与创新实践活动的兴趣和热情,也会有效地提高学生的创新实践能力。人类社会所有的创新和发明,都是通过人们的双手来实现的,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,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,均是来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。这充分说明现代科研靠个人单枪匹马已很难取得有影响的创新成果。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。

团队协作能力的培养,要从日常生活中的点点滴滴做起。例如,开展更多的团队活动,增强团员之间的思想交流,互相帮助,体验合作的快乐,使大家深刻领悟“我为人人,人人为我”的集体主义思想内涵,从而自觉地摒弃自私自利、唯我独尊的个人主义作风。另外,在团队合作中要加强目标管理,引导团队成员朝着共同的目标努力。

五、排除影响创新活动的障碍

(1) 从众心理 从众是指个人自觉或不自觉地愿意与他人或多数人保持一致的个性特征,是求同思维极度发展的产物,俗称“随大流”。一般来说,普通人从10岁以后开始出现从众心理,会有意无意地同周围人尽量保持一致。国外一位心理学家曾做过一个试验,他让几位合作者扮成在医院候诊室等待看病的人,并让他们脱掉外衣,只穿内衣裤。当第一个真正的病人来时,先是吃惊地看了看这些人,思索一会后也脱掉自己的外衣顺序坐到长凳上,第二个病人,第三个病人……竟无一例外都重复了同样的行为,表现出惊人的从众性。

从人的心理特征来看这个例子,说明当与别人一致时,感到安全;而不一致时,则感到恐慌。从众倾向比较强烈的人,在认知、判定时,往往趋于多数,人云亦云,缺乏自信,缺乏独立思考的能力,缺乏创新观念。

法国一位科学家也做过一个有趣的试验,他把一些毛毛虫放在一个盘子的边缘,让它们头尾相连,一个接一个,沿着盘子边缘排成一圈。于是,这些虫子开始沿盘子爬行,每一只都紧跟着前面的一只,不敢走新路,它们连续爬了七天七夜,最终因饥饿而死去。而在那个盘子中央,就摆着毛毛虫爱吃的食物。从这个试验中可以看出,动物也具有从众心理特征。

(2) 偏见与保守心理 指个性上的片面性与狭隘性,对新事物存在反感与抵触情绪。有这种个性特征的人在看待任何事物时,往往是先入为主,在头脑里形成对问题的固定看法,用先前的经验抵制后来的经验;对逐渐出现的变化反应迟钝,不愿意接受新事物;在思维上代表了封闭性与懒惰性。

国外一位心理学家做过一个试验,他先让受试者看一张狗的图片,然后再让受试者看一系列类似狗的图片,其中每一张图片都与前一张有差异,即每一张都减少一点狗的特征,增加一点猫的特征。这些差异累积起来,使最后一张图片像猫而不像狗。偏见与保守的人一直认为图片是狗而不是猫,而思维灵活的人则早认出图片已经变为猫了。

(3) 过分迷信权威 英国著名哲学家罗素有一次来中国讲学,他首先向听众提了一个问题:“2加2等于几?”如果你是一名小学生,肯定会立即说出答案,可是听课的数百人却面面相觑,竟然没有一个人敢回答。最后还是罗素自己说:“2加2等于4嘛!”这个故事告诉我们,不少人对权威过于迷信,丝毫不敢怀疑,甚至盲目崇拜到连最基本、最简单的事实也不敢承认,这样会束缚人们的思想,扼杀人们的智慧,影响创造力的开发。

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,通过一定的信息表达而形成设计方案,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、物美价廉的产品。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产品。

根据设计的内容特点,一般将设计分为如下三种:

(1) 开发性设计 在工作原理、结构等完全未知的情况下,运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,对产品的局部进行变更或设计一个新部件,使其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,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,创新思维将起到至关重要的作用,深刻认识和理解创新思维的本质、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合的产物,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

机械产品的类型、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,主要包括机构的选型与组合、运动形式的变换与组合,机构运动简图、传动系统图等等的绘制;②机械产品的运动设计,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机械产品的动力设计,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机械产品的结构设计,主要包括绘制零件图、部件图和总装图。常规设计一般是在给定机械产品结构或只对某些结构做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,尤其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,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。创造发明过程及方法的专著已经问世,但大多是做宏观概括的论述,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发明创新的机理、模式、过程及方法,并将它程式化、量化乃至符号化、算法化,

以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,机械创新设计受到专家学者的高度重视。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人工智能。因此,机械创新设计承担着为发明创造新机械产品和改进现有机械产品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产品功能出发,改进、完善现有机械产品或创造发明新机械产品,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:

(1) 确定机械产品的基本工作原理 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其优选 优选的结构类型对机械产品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被引入机构学,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,这是一个亟待深入研究的课题。

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

设计的本质是创新,如测绘仿制一台机器,虽然其结构复杂,零件成百上千,但如果没有任何创新,不能算是设计;而膨胀螺栓,虽然只由三四个零件组成,结构也很简单,却有效地解决了过去不易将物体固定在混凝土墙上的难题,其构思和开发过程可称为设计。强调创新设计是要求在设计中更充分地发挥设计者的创造力,结合最新科技成果和相关知识、经