

浙江省高等教育重点教材

机械创新 设计概论

胡家秀 陈峰 编著

Jixie Chuangxin Sheji Gailun



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



浙江省高等教育重点教材

机械创新设计概论

胡家秀 陈 峰 编著



机械工业出版社

本书通过生动的事例,深入浅出地阐述了创造思维与创造原理,比较系统地介绍了机械创新设计的常用方法,并列举了大量的机械创新实例,有助于读者深入领会创造原理应用于创新实践的要旨。主要内容:第一章引言,介绍创新的概念和创新的意义;第二章创新思维,介绍创新思维的定义与特征、创新思维的类型及创新思维的形成;第三章创造原理,介绍创造原理的分类及其应用;第四章机械创新设计常用方法,介绍常用的机械创新技法;第五章机械创新设计实例,介绍日常生活与生产实际中的机械创新应用实例;第六章计算机辅助创新设计,介绍计算机辅助创新设计的理论基础 TRIZ 理论的主要内容。

本书可作为普通高校学生开展机械创新设计教学的教材或参考书,尤其适用于高职高专院校开展创造实践活动时的预备教学。本书还可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械创新设计概论/胡家秀,陈峰编著. —北京:机械工业出版社,2005

浙江省高等教育重点教材

ISBN 7-111-16949-2

I. 机... II. ①胡... ②陈... 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(2005)第 078838 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
责任编辑:王海峰 版式设计:张世琴 责任校对:王欣
封面设计:张静 责任印制:陶湛

北京铭成印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2005 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

850mm × 1168mm 1/32 · 7.375 印张 · 196 千字

定价:14.00 元

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)68326294

封面防伪标均为盗版

前 言

记得有位伟人说过这么一句话：一个没有创造力的民族是没有希望的民族。

中国人的创造力怎么样？

在社会政治领域，毛泽东与他的战友们一次又一次地以他们的大智慧，展示了中国人的创造力；但在科学技术领域，我们却有些汗颜。虽然我们有为人称道的一流的基础教育，国人的勤奋与智力素质也举世公认，但科技创造力水平却不高。拿科学昌明象征的诺贝尔奖来说，近半个世纪中，科学发达的美国的得奖车载斗量，连小小的以色列获得的诺贝尔奖也数以十计，多年来经济一向比我们落后的印度，也获得过几个诺贝尔奖，但新中国成立 50 多年来，我们培养的科技人才却一直与诺贝尔科学奖无缘，为国人津津乐道的华人诺贝尔奖获得者杨振宁、李政道、吴建雄，他们创造期实际上形成于美国，其成果的账多半也只能记在美国人头上，这是科技创造力在高层面上的比较。再看体现科技创造水平的敏感指标——发明专利数。1995 年世界知识产权组织 (WIPO) 统计的 119 个国家与地区的发明专利数总计 2 885 962 件，发明专利授权数 713 612 件，其中中国专利局受理的发明专利申请量达 41 773 件，占世界总数的 1.45%；中国专利局授权的发明专利为 3 393 件，占世界总数的 0.48%，仅位居第 23 位，远远低于西方发达国家；1995 年我国发明专利授权量是数量最多的日本或美国的 1/30。

问题出在哪里？

有位心理学专家在中国的学生中作了这样测试，专家在黑板上画了一个圆，问这是什么？童真的幼儿园孩子能一口气说出诸如太阳、鸡蛋、皮球、馒头、月饼、水井、地面沉陷产生的黑洞、因惊诧而张大的嘴巴……等几十种东西，读了五六年书的小学生想了想，也能说出七八种相关的事物，优秀的高中学生犹疑着，说这是“绕定点距离等于定长的点的轨迹”或是球；而知识渊博的大学生，竟半天答不上来，事后问他，怎么连圆都说不上，他说：问题能那么简单吗？专家的结论是，接受教育越多，思维越易受到禁锢，创新思想就越难产生。这个专家的结论虽然有些偏颇，但有一点没错，不适当的教育可以造就人的成见，而成见往往是约束创造性思维的。

看来，问题就出在教育上。

有人说是应试教育扼杀了中国人的创造性，这种说法有一定道理。应试教育不同程度地压抑了学生的创新思维，消极作用显而易见。所以提倡素质教育，反对应试教育，改革高考制度，是我国教育教学改革的长期任务。但是不是应试教育不废，科技创造力就难以兴旺呢？这显然也不对。一方面，应试教育和考试制度可能根本无法废止，因为在选拔人才方面，还没有一种方法能比它更公平；另一方面，如日本、韩国这些文化渊源与我国相近的国家，包括中国台湾，它们的应试教育也很厉害，但它们的创造力水平却很高。还以 1995 年专利授权数为为例，当年韩国 12 512 件和台湾 6 977 件，分别为我们的 4 倍与 2 倍。他们的经验是努力做好学生创造教育这篇文章，在课程教学要求和评价体系中，鼓励创造性思维，渗透创新教育，不是空谈创造，而是在创造教育实践中坚持让学生手脑并用，注重实效。如此持之以恒，学生的创造力就能被激发，国民的创造力素质就能有效提高。

有感于斯，作者借浙江省教育厅启动高等教育重点建设教材项目的东风，将多年来的所感所悟，汇前辈与同仁们的真知灼见，编著了本书。关于机械创新设计，书著不多，但面世的几本

均很见水准，然而对于高职高专学生而言，这些书未免显得有些艰涩。考虑到他们的认知特点，作者在述理时力求浅白，证理时多辅事例，举例既考虑专业性，也兼顾趣味性，区区十几万字篇幅中，例举近百例，彰显了作者的良苦用心。

本书由浙江机电职业技术学院胡家秀副教授主编，杭州电子科技大学周建军教授主审。浙江机电职业技术学院的陈峰老师参与了第二、三两章部分内容的编著，曹玮国老师负责了书中插图的设计。本书的问世得到了浙江省教育厅高教处的鼎力支持，特在此表示感谢。受作者学识所限，本书中一定存在许多错讹，敬请读者指正。

编著者

目 录

前言

第一章 引言	1
第一节 创造漫话	1
第二节 创新与社会发展	3
第三节 创新人才的培养	6
第二章 创造性思维	14
第一节 思维及思维的类型	14
第二节 创造性思维的形成与发展	21
第三章 创造原理	30
第一节 原极思维创造原理	30
第二节 对极思维创造原理	69
第三节 合极思维创造原理	86
第四章 机械创新设计方法	95
第一节 群体集智法	95
第二节 系统分析法	100
第三节 联想法	105
第四节 类比法	120
第五节 仿生法	125

第六节 组合创新法	128
第五章 机械创新设计实例及分析	134
第一节 机构创新设计原则	134
第二节 日常生活中机构创新设计实例	138
第三节 机器人的创新设计	153
第四节 平动齿轮机构	173
第六章 计算机辅助创新技术	178
第一节 计算机辅助创新的理论基础——TRIZ 理论	179
第二节 八大技术系统进化法则	182
第三节 40 个创造原理	201
第四节 计算机辅助创新设计平台	223
参考文献	228

第一章 引言

第一节 创造漫话

据现代科学测定，地球大约形成于40多亿年前，在地壳冷却过程中生成的水构成了原始海洋，有了水，生命随之产生。依赖自然的力量，生命的进化在漫漫岁月中缓慢地进行，从大约2300万年前到1800万年前热带雨林的森林古猿到200万年前的原始人，其间经历了约2000万年的时间。虽然地球时刻都在更新，但真正使世界发生日新月异变化的，是现代人类。人类用了不到一二千年的时间，视野已伸延到了数百万光年外的广袤太空和物质深层的原子、电子，人类不但能准确地绘制地图，甚至连动植物和人类的组成基因图谱也能精确描绘。人类已能够在太空和月球上行走，在火星上采集标本，还将在太空的某个星球上建立“地球村”；神秘的海洋已不再神秘，人类不但可以在浩渺的海洋上如履平地，而且可以在深深的海洋下与鲨鱼对话，与海豚共舞。人类现在真的可以轻而易举地做到“呼风唤雨”、“隔墙观物”、“点石成金”之类以前只有神仙们才可能做到的事。是什么原因使人成“仙”，使世界巨变？这都是因为人的创造力。

一、什么是创造

创造(Creation)是人类区别于动物的重要特征。因为有了创造，人类才有了劳动工具，从而从动物界撤身而去，成为地球的主人。因为有了创造，科学技术才得以发展，是现代科技使人类超凡脱俗，能干出比神仙还要高明的事情。

人类的创造活动具有以下特征：

(1) 创造的主体性 创造活动的主体是人,是人们自觉的、有意识的活动过程。大自然的演变使得原来沉寂荒凉的地球变成千姿百态、色彩绚丽的大千世界。但是,大自然的变化过程不管多么深刻、复杂,不管多么使人惊心动魄,它也不是我们这里所说的创造,因为这种变化是自发的、无意识的过程。

(2) 创造的新颖性 任何一种创造活动必须能够产生出一种前所未有的新成果,它和工厂的一般重复生产制造某一产品不同,因为一般的重复生产制造的产品在世界上原来就是已经有了的。

(3) 创造的价值性 创造都是有社会价值的,是能促进社会进步的活动,相反,凡是有悖于人类社会进步的活动,不论其如何高明,都不在文明人类定义的创造范畴内。比如说为吸毒贩毒者提供巧妙绝伦的吸毒器械或贩毒工具,或者其他一些助纣为虐的精巧发明,均是不能容忍的犯罪行为,不在我们定义的创造之列。显然,社会价值是有其社会道德标准的,因此,创造活动的定义也是有社会道德前提的。

创造的核心是创新(Innovation)。创新既是创造的前提,也是创造的某种实现。

二、什么是创新

新是旧的反义词。什么是创新?创新是指在前人或他人已经发现或发明成果的基础上,能够做出新的发现,提出新的见解,开拓新的领域,解决新的问题,创造新的事物,或者能够对前人、他人的成果做出创造性的运用。显然与创造相比,创新更具广义性。创新按其实质,大致可分为两种:一种是发现式创新,另一种是发明式创新。

所谓发现式创新,是指经过探索和研究从而认识的客观存在,如事物发展的趋势、规律、本质或重要事实等,并且这一客观存在是未被前人或他人认识的。

所谓发明式创新,是指创造出以前不曾存在,并经实践验证

可以应用的新事物、新技术、新工艺、新理论或新方法等。

一般地说，发现式创新属于认识世界的范畴，发明式创新属于改造世界的范畴，其共同特点都是为了创造新的世界。

第二节 创新与社会发展

一、创新是社会发展的原动力

人类社会发展的历史实际上是一部不断创新和创造的历史。中国自古以来就是创新和创造的故乡。

燧人氏发明“钻木取火”，使人类摆脱了茹毛饮血的原始人生活，从此吃上烧熟烤香的食物。饮食卫生的革命使人类减少了疾病，增进了健康。火种的延续和活用，把人类的活动区域延拓至遥远和寒冷的北方，直至全世界。

神农氏遍尝百草，他不但发现了人类主要食物源的粮食、蔬菜、水果，同时还找到了许多可以治病的药材。神农氏还发明了栽培植物用的耒耜等农具，可以说是远古的机械发明家。

大禹治水，改堵为疏，将洪水导入大海，这一创新从此成为治水经典，从古到今，为人类消弭了无数次水患。

中国的四大发明改变了世界。指南针的发明促进了航海业，使人类航行有了方向；火药的发明促进了矿业、筑路和建筑业，促进了工业革命的到来；东汉的蔡伦发明的造纸术，宋代的毕升发明的活字印刷术，使人类的文化载体发生革命性变化，人类文明史记载迈入新纪元。

西方近代的创新和发明更是使人类社会发展一日千里。

英国发明家瓦特发明蒸汽机，改变了人类以人力、畜力、水力作为动力的历史，使人类进入蒸汽机时代，引发了第一次工业革命。

从丹麦人奥斯特 1820 年发现的电流磁效应现象，到英国科学家法拉第于 1831 年 10 月的实验中总结出著名的电磁感应定

律，他们的创造为发电机、电动机、变压器的发明问世奠定了理论基础，人类由此进入了电气时代。

当人们意识到地球上的燃煤、石油和天然气等资源是十分有限的能源时，对持久能源的寻求便成了现代人类孜孜不倦进行创新的目标。伟大的爱因斯坦创立的代表现代科学的“相对论”，为核能开发奠定了理论基础。1942年12月2日15时20分，由美籍意大利科学家费米领导的世界上第一座原子能反应堆正式运转，标志着原子能时代的开始。

世界著名的发明家爱迪生，一生完成了2000多项发明，从他16岁发明自动定时发报机算起，平均每12天半就有一项发明，其中包括电灯、留声机、电影、电车、蓄电池、打字机、水泥、橡皮等等。这位美国农民的儿子对人类现代文明作出了巨大的贡献。

计算机、生物工程，这两大现代科学新技术的发明和发展正在使人类奔向更灿烂的未来。……

二、创新是技术进步的必由之路

20世纪是知识不断更新，科技突飞猛进，世界面貌日新月异的世纪。21世纪科技创新将进一步成为社会和经济发展的主导力量。科学技术是第一生产力，国家综合国力的强弱，主要取决于其科学技术进步的快慢。世界各国综合国力的竞争，核心就是知识创新、技术创新和高新技术产业化的竞争。加强科学和技术创新，发展高科技产业，实现科技成果产业化是一项系统工程，对于提高国民经济质量和效益，提升我国国际竞争力具有决定性的意义。

技术进步一般是通过技术创新来实现的。技术创新的综合体现是为社会提供一流的技术产品。上至国家的工业进步，下至企业的市场兴衰，靠的是拥有在国内外技术市场上占绝对优势的技术产品。随着科技的进步，技术产品更新的速度日益加快。统计资料表明，产品的技术含量越高，其更新期就越短。技术市场总

是坚定不移地朝着式样更加新颖，功能更加齐全的方向前进。可以预测，未来技术市场的竞争将更趋激烈。

实现技术进步一般通过获得新技术，新产品来实现。其途径主要有两条：

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。这方面，日本是示范楷模，电视机、空调、冰箱、汽车……哪一项专利技术都不是日本的原创，它们是美国技术、英国技术、意大利技术……但经过消化和吸收，特别是由此开发出新功能，衍生出新产品，它们都成了真正的日本技术，现在一提名牌电视机，就想到索尼、松下，说起名车就想到丰田，日本的经济腾飞，关键是做好了引进技术这篇文章。

实施和完成技术引进并非易事，它必须过好“三关”：第一关是技术引进，第二关是技术积蓄，最后一关是技术普及。相比较而言，技术引进环节比较容易做到，但实现技术积蓄和技术普及则需付出极大的努力。改革开放 20 多年，我国在引进国外先进技术方面取得了不少成绩，但许多技术引进仅仅只是初窥门径，还没有做到登堂入室。经常发现当初花了几千万甚至十几亿引进的进口设备被弃之不用，有的虽然在用，但没有发挥高水平设备的先进功能；或者引进的产品长久停留在配件组装和外围配套的水平，做不到消化核心技术，实现技术创新。技术引进、技术积蓄、技术普及三个环节任何一环做得不好，都会影响技术引进工程的成功。

2. 自主技术开发

拥有自己的核心技术是一个国家不受制于人的根本保证。一般来说，非核心技术比较容易从国外引进，而关系到国民经济发展的关键技术，别人不想让你轻易学去，只能靠自己自主开发。企业发展也是这样，真正在市场上有竞争力的产品和技术，往往要靠自己组织力量来开发。

形成自主技术开发能力的关键是建立起适合技术市场竞争的

科技体制和培养能够不断提供创造性成果的人才群体。

无论是技术引进还是自主技术开发,人才都是创造新技术、新产品的智力基础。事实证明,技术市场的一切竞争归根到底是人才的竞争。缺乏人才是绝对不可能创造、保护和发展新技术的。只有具备人才经济的独特优势,才能不断创造出占优势的创造性成果。

培养科技人才需要新理论、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、新技术和新思想的充实。

第三节 创新人才的培养

一、新世纪教育的特点

培养 21 世纪的创新人才,高等学校的创新教育是极为重要的一环。联合国教科文组织经调研并预测,21 世纪高等教育具有五大特点:

一是教育的指导性。打破灌输式教育方式塑造人才的模式,强调发挥学生特长,自主学习。教师的地位发生变化,以往是传道授业的权威,现在应该是指导学生学习的顾问。

二是教育的综合性。不满足于传授知识和掌握知识,更强调综合运用知识解决问题的综合能力的培养。

三是教育的社会性。教育由封闭的校园转向开放的社会,由教室转向图书馆、工厂、企业等社会活动领域。计算机网络技术的发展,为建设一个开放式学习环境创造了条件,不受地域限制,实现不出家门上大学或自主进修学习的时代已经到来。

四是教育的终身性。信息时代的来临使人类进入了知识经济的新时代,知识的迅速更新,创新事物层出不穷,人们为适应瞬息万变的环境必须不间断地学习,人们的学习行为已普遍化和社会化,一次性的学校教育已转化为终身教育(Learning for life)。

五是教育的创造性。为适应科技高速发展和社会竞争的需

要，建立重视能力培养的教育观。教育必须致力于培养学生创新精神和提高创造力。

二、创新能力的培养

一般来说，创新能力的开发可以从培养学生的创新意识、提高创造力、加强创新实践等三方面着手。

1. 培养创新意识

创造活动首先来自于强烈的创造欲望。知识和经验是创造必不可少的条件，但有知识并不等于有创造。唐代著名诗人李白、王维，年纪轻轻的就吟唱出传诵千古的名句，而古今多少皓首穷经的老学究，终其一生也未能留下能供后人品味的片言只语。在这里，创新的思想，创造的冲动起了决定性的作用。人们发现，古往今来，多数科学家的骄人成果都形成于30岁之前，这显然与年轻人较少保守思想，更富创造和创新的冲动有关。当然，事实上也有许多科学家和学者大器晚成，但这些人无一不是长久甚至终身保持着强烈的创新意识和创造欲望的。

创新的核心是创造性思维。创造性思维是一种复杂的、高级的心智活动，但决不是神秘莫测、高不可攀，仅属少数天才人物的“专利”。我国著名教育家陶行知先生曾说：“人人是创造之人，天天是创造之时，处处是创造之地。”创新的能力是人类普遍具有的素质，除极少数智力障碍者外，绝大多数的人都具有创新的禀赋，都可以通过学习、训练得到开发、强化和提高。

创新的障碍主要来自创新者本身，既有心理上、认识上的原因，如创新神秘化，害怕失败的胆怯心理等；也有社会性原因，如习惯势力、迷信权威等；有时也有技术性原因，主要是创新的知识、技能等技术性基础不足。

2. 提高创造力

创造力是人的心理特质和各种能力在创造活动中体现的综合能力。

提高创造力应当从培养良好的创造心理，了解创新思维的特

点,掌握创造原理和创造技法等方面起步。

可以说,人人都有创造的潜能,关键在于这些潜能能否被有效激发,并使之强化并形成持久的创造力。实践证明,只要经过有意识的学习和训练,人的创造力就可以有效地被激发,并在创造实践中使创造力逐步巩固和提高。美国通用电气公司对有关科技人员进行创造工程课程和实践训练,两年后即取得很好效果,按专利数测算,人的创造力提高了3倍。浙江大学机械系在学生中开展创新设计的训练和竞赛,在学生的竞赛作品中,涌现出一大批有市场应用价值的创新设计。此类例证不胜枚举。

3. 加强创造实践

创造能力的培养关键是加强实践训练。通过听课、阅读等学习手段只能帮助学生了解创造的知识和技法,还不能真正形成创造力。只有加强创造实践,让学生综合运用所学的知识去观察分析客观现象,解决实际问题,设计出别出心裁的作品,创造力才能形成,学习创造原理和创造技法才有意义。

三、创新者的素质

创新者必须具有六项基本素质:知识、智力、技能、品德、胆魄、毅力。其中前三项素质属于才智因素,后三项素质属于非才智因素。

1. 才智因素是创新的基础

没有必需的知识、智力和技能等才智因素,创新只是一句空话。创新是一种极其复杂而又艰苦的思维活动和实践活动,创新的道路本没有捷径可走,如果硬要说有,那就是要想成为一个创新者就必须先提高自己的才智。即必须先获得和具备一定的知识基础、智力水平和技能。诺贝尔物理学奖金获得者,原苏联著名物理学家兰道1962年提出的“兰道三角形”很能说明这个问题。兰道把科技人才划分为四类:等腰三角类(\triangle :知识基础宽厚,头脑机敏);菱形(\diamond :有敏锐的创新意识,知识基础薄弱,但可经过学习补救);对顶三角形(∇ :知识基础雄厚,但无创新能

力)；倒三角形类(∇:无基础知识,无创新能力)。显然,既有雄厚的知识基础,又头脑机敏,智力高超的人最有可能创新。但是聪明只是说这人有了创新的智力基础,并不等于一定就能创新。

丰富的知识是发展智力、技能的基础和条件,而智力反映出的则是掌握和运用知识、技能去发现和解决问题的能力。它们是相对的,又是相辅相成的。知识通过后天的学习可以获得,智力则是人的天生素质和后天发展利用的综合产物。智力具有无限的弹性和活力的特点。它不但可以按照知识的内在联系和基本架构最大限度地获取知识和储藏知识,而且能够在创新活动中发挥特殊的效应。一个人的智力需要经过开发,他掌握的知识才能不断地转化为有用的价值。

必要的技能是创新的前提条件。人作为社会的一员,生活和工作都需要一定的技能。而其中有些技能几乎是每个人所必需的,如穿衣、吃饭、走路、说话、交际等;有些技能则是从事某一职业所必备的,如护士的注射技能、外科医生的解剖技能、工程师的绘图识图技能、作家的写作技能、军人的射击技能、驾驶员的驾驶技能、工人操纵机床的技能等等,一个人如果缺乏必要的技能,尤其是初级技能,就会在生活中感到不便,难以胜任职业工作,更谈不上能有什么发现式创新或发明式创新了。初级技能是指具有某种初步的技术、经验所能完成的一定的活动方式的能力,即经过一段时间的练习之后,达到基本会做的水平。

2. 非才智因素是创新的必备条件

现时流行着这么一句话:“知识不如能力,能力不如觉悟”。其本意是说,非智力因素的“觉悟”在实践活动中更为重要。在创新活动中,聪明并不决定一切。因为聪明是由一个人的知识、智力和技能构成的,其中以知识,尤其是以知识信息的广度为主;而创新则是一个人的才智因素(包括知识、智力、技能)与非才智因素(包括品德、胆魄、毅力)的综合发挥,其中以知识里的知识结构和智力里的思维力,特别是思维方法为主。所以衡量一个人的才智的高低或者创新能力的强弱的真正标准,既不应是