



21st CENTURY

实用规划教材

21世纪全国应用型本科

大机械系列 实用规划教材



机械创新设计

主 编 丛晓霞
副主编 冯宪章 逢明华



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国应用型本科机械系列实用规划教材

机械创新设计

主 编 丛晓霞
副主编 冯宪章 逢明华
参 编 徐启贺 赵晓运



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书以机械功能原理方案设计为主线,从实例分析入手,主要阐述了机械产品创新设计的思路、方法和步骤。全书内容包括五个部分:第一部分为绪论、创新思维与创造原理和创新技法(第1~3章),第二部分为机构的创新设计、机构类型变异创新设计、机械系统功能原理设计和反求工程与创新设计(第4~7章),第三部分为机电一体化系统创新设计(第8章),第四部分为基于TRIZ理论的创新设计(第9章),第五部分为机械系统创新设计实例分析(第10章)。

本书可作为高等工科院校机械类专业教材,也可供有关教师、工程技术人员和科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械创新设计/丛晓霞主编. —北京:北京大学出版社, 2008.7

(21世纪全国应用型本科机械系列实用规划教材)

ISBN 978-7-301-12403-1

I. 机… II. 丛… III. 机械设计—高等学校—教材 IV. TH122

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 083365 号

书 名: 机械创新设计

著作责任者: 丛晓霞 主编

责任编辑: 郭穗娟

标准书号: ISBN 978-7-301-12403-1/TH·0032

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.com>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电子邮箱: pup_6@126.com

印 刷 者: 三河市新世纪印务有限公司

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 14.25 印张 318 千字

2008 年 7 月第 1 版 2008 年 7 月第 1 次印刷

定 价: 24.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

《21 世纪全国应用型本科机械系列实用规划教材》

专家编审委员会

名誉主任 胡正寰*

主任委员 殷国富

副主任委员 (按拼音排序)

戴冠军 江征风 李郝林 梅 宁 任乃飞

王述洋 杨化仁 张成忠 张新义

顾问 (按拼音排序)

傅水根 姜继海 孔祥东 陆国栋

陆启建 孙建东 张 金 赵松年

委员 (按拼音排序)

方 新 郭秀云 韩健海 洪 波

侯书林 胡如风 胡亚民 胡志勇

华 林 姜军生 李自光 刘仲国

柳舟通 毛 磊 孟宪颐 任建平

陶健民 田 勇 王亮申 王守城

魏 建 魏修亭 杨振中 袁根福

曾 忠 张伟强 郑竹林 周晓福

*胡正寰: 北京科技大学教授, 中国工程院机械与运载工程学部院士

丛书总序

殷国富*

机械是人类生产和生活的基本工具要素之一,是人类物质文明最重要的一个组成部分。机械工业担负着向国民经济各部门,包括工业、农业和社会生活各个方面提供各种性能先进、使用安全可靠的技术装备的任务,在国家现代化建设中占有举足轻重的地位。20 世纪 80 年代以来,以微电子、信息、新材料、系统科学等为代表的新一代科学技术的发展及其在机械工程领域中的广泛渗透、应用和衍生,极大地拓展了机械产品设计制造活动的深度和广度,改变了现代制造业的产品设计方法、产品结构、生产方式、生产工艺和设备以及生产组织模式,产生了一大批新的机械设计制造方法和制造系统。这些机械方面的新方法和系统的主要技术特征表现在以下几个方面:

(1) 信息技术在机械行业的广泛渗透和应用,使得现代机电产品已不再是单纯的机械构件,而是由机械、电子、信息、计算机与自动控制等集成的机电一体化产品,其功能不仅限于加强、延伸或取代人的体力劳动,而且扩大到加强、延伸或取代人的某些感官功能与大脑功能。

(2) 随着设计手段的计算机化和数字化, CAD/CAM/CAE/PDM 集成技术和软件系统得到广泛使用,促进了产品创新设计、并行设计、快速设计、虚拟设计、智能设计、反求设计、广义优化设计、绿色产品设计、面向全生命周期设计等现代设计理论和技术方法的不断发展。机械产品的设计不只是单纯追求某项性能指标的先进和高低,而是注重综合考虑质量、市场、价格、安全、美学、资源、环境等方面的影响。

(3) 传统机械制造技术在不断吸收电子、信息、材料、能源和现代管理等方面成果的基础上形成了先进制造技术,并将其综合应用于机械产品设计、制造、检测、管理、销售、使用、服务的机械产品制造全过程,以实现优质、高效、低耗、清洁、灵活的生产,提高对动态多变的市场的适应能力和竞争能力。

(4) 机械产品加工制造的精密化、快速化,制造过程的网络化、全球化得到很大的发展,涌现出 CIMS、并行工程、敏捷制造、绿色制造、网络制造、虚拟制造、智能制造、大规模定制等先进生产模式,制造装备和制造系统的柔性可与重组已成为 21 世纪制造技术的显著特征。

(5) 机械工程的理论基础不再局限于力学,制造过程的基础也不只是设计与制造经验及技艺的总结。今天的机械工程学科比以往任何时候都更紧密地依赖诸如现代数学、材料科学、微电子技术、计算机信息科学、生命科学、系统论与控制论等多门学科及其最新成就。

上述机械科学与工程特征和发展趋势表明,现代机械工程学科越来越多地体现着知识经济的特征。因此,加快培养适应我国国民经济建设所需要的高综合素质机械工程学科人才的意义十分重大、任务十分繁重。我们必须通过各种层次和形式的教育,培养出适应世界机械工业发展潮流与我国机械制造业实际需要的技术人才与管理人才,不断推动我国机械科学与工程技术的进步。

为使机械工程学科毕业生的知识结构由较专、较深、适应性差向较通用、较广泛、适

*殷国富教授:现为教育部机械学科教学指导委员会委员,现任四川大学制造科学与工程学院院长

应性强方向转化,在教育部的领导与组织下,1998 年对本科专业目录进行了第 3 次大的修订。调整后的机械类专业变成 4 类 8 个专业,它们是:机械类 4 个专业(机械设计制造及其自动化、材料成型及控制工程、过程装备与控制、工业设计);仪器仪表类 1 个专业(测控技术与仪器);能源动力类 2 个专业(热能与动力工程、核工程与核技术);工程力学类 1 个专业(工程力学)。此外还提出了面向更宽的引导性专业,即机械工程及自动化。因此,建立现代“大机械、全过程、多学科”的观点,探讨机械科学与工程学科专业创新人才的培养模式,是高校从事制造学科教学的教育工作者的责任;建立培养富有创新能力人才的教学体系和教材资源环境,是我们努力的目标。

要达到这一目标,进行适应现代机械学科发展要求的教材建设是十分重要的基础工作之一。因此,组织编写出版面向大机械学科的系列教材就显得很有意义和十分必要。北京大学出版社的领导和编辑们通过对国内大学机械工程学科教材实际情况的调研,在与众多专家学者讨论的基础上,决定面向机械工程学科类的学生出版一套系列教材,这是促进高校教学改革发展的重大决策。按照教材编审委员会的规划,本系列教材将逐步出版。

本系列教材是按照高等学校机械学科本科专业规范、培养方案和课程教学大纲的要求,合理定位,由长期在教学第一线从事教学工作的教师立足于 21 世纪机械工程学科发展的需要,以科学性、先进性、系统性和实用性为目标进行编写,以适应不同类型、不同层次的学校结合学校实际情况的需要。本系列教材编写的特色体现在以下几个方面:

(1) 关注全球机械科学与工程学科发展的大背景,建立现代大机械工程学科的新理念,拓宽理论基础和专业知识,特别是突出创造能力和创新意识。

(2) 重视强基础与宽专业知识面的要求。在保持较宽学科专业知识的前提下,在强化产品设计、制造、管理、市场、环境等基础理论方面,突出重点,进一步密切学科内各专业知识面之间的综合内在联系,尽快建立起系统性的知识体系结构。

(3) 学科交叉与综合的观念。现代力学、信息科学、生命科学、材料科学、系统科学等新兴学科与机械学科结合的内容在系列教材编写中得到一定的体现。

(4) 注重能力的培养,力求做到不断强化自我的自学能力、思维能力、创造性地解决问题的能力以及不断自我更新知识的能力,促进学生向着富有鲜明个性的方向发展。

总之,本系列教材注意了调整课程结构,加强学科基础,反映系列教材各门课程之间的联系和衔接,内容合理分配,既相互联系又避免不必要的重复,努力拓宽知识面,在培养学生的创新能力方面进行了初步的探索。当然,本系列教材还需要在内容的精选、音像电子课件、网络多媒体教学等方面进一步加强,使之能满足普通高等院校本科教学的需要,在众多的机械类教材中形成自己的特色。

最后,我要感谢参加本系列教材编著和审稿的各位老师所付出的大量卓有成效的辛勤劳动,也要感谢北京大学出版社的领导和编辑们对本系列教材的支持和编审工作。由于编写的时间紧、相互协调难度大等原因,本系列教材还存在一些不足和错漏。我相信,在使用本系列教材的教师和学生的关心和帮助下,不断改进和完善这套教材,使之在我国机械工程类学科专业的教学改革和课程体系建设中起到应有的促进作用。

2006 年 1 月

前 言

机械创新设计课程主要是建立在各工科院校长期以来进行的机械原理课程的机械系统方案设计和机构创新实验的基础上的,因此该课程现有的教学体系和教学内容主要是以机械系统设计为主线,在机构的组成、演化、变异和机械系统运动方案创新设计的基础上,增设了以创造学和设计方法学为基本理论的创造性思维、创造原理和创造技法。

现代机械工业最大的特点是机电一体化技术的广泛应用及机电一体化产品有了飞速的发展。机械制造企业如果不采用机电一体化技术,那么它的产品就很难升级换代,从而无法在竞争中生存下去。机电一体化产品日益增多,如数控机床、机器人、智能量仪、家电设备等。机电一体化的产生和发展对机械系统也起到了极大的推动和促进作用,提高了机械系统的性能,完成了传统机械所不能完成的功能。如果机械创新设计课程的教学体系和教学内容仅定位于通过机械系统创新设计,仅进行运动方案设计的初步训练,固守传统的机械系统设计思维理念和方法,就不符合培养高素质创新型机械科技人才的需要。

本书在保留机械系统创新设计的基础上,增设机电一体化、TRIZ 理论的内容。本书具有如下特点:

(1) 介绍了有关机电一体化技术的内容,寻求机电一体化和机械创新设计的结合点和融合部分,培养学生对机电一体化创新设计的思维理念,帮助学生建立机构、控制、传感和驱动一体化的观念,并养成独立思考的习惯,提高学生进行机电一体化设计的实际能力和素质。

(2) 详细、系统地介绍了利用功能原理方案进行机械系统创新设计的方法。功能原理方案以其设计思路明确、设计方法成熟、易学易懂的特点,目前成为设计界公认的较有成效的方法之一。

(3) TRIZ 理论曾被美国、德国等西方国家称作“点金术”,随苏联解体后被广泛应用到军事以外的很多工程技术领域,并推广到了多个跨国公司,如三星、波音、福特、摩托罗拉、通用等。许多国家设有专门的 TRIZ 理论研究中心,成千上万项重大发明被以不可思议的速度创造了出来。TRIZ 理论是基于知识的、面向人类的解决发明问题的系统化方法学,也是实现发明创造、创新设计、概念设计的最有效方法。本书介绍了 TRIZ 理论的产生背景、主要内容,重点讨论了设计中的冲突及其解决原理、计算机辅助创新设计软件的发展和 TRIZ 理论的发展趋势。

(4) 现有高技术机械产品的应用是创新思维、创新设计和技术工艺结合的成果,本书采用一些产品实例,通过实例的学习,帮助学生建立创新思维模式、掌握创新设计方法。

本书由从晓霞担任主编。参加本书编写的有从晓霞(第 1、5、6、8 章)、逢明华(第 4、7 章)、冯宪章(第 2、3 章)、徐启贺和赵晓运(第 9、10 章)。

其中,第 9 章的编写得到了河南高等教育教学改革研究省级立项项目“高等技术应用性人才创新能力培养的系统化研究”(编号:2006—212)和河南机电高等专科学校教育教学改革研究项目“面向岗位创新的机械创新设计课程体系构建的研究”的支持。在此,谨向

支持该项目的同志表示衷心的感谢!

本书的建议课时数为 36~48, 使用本书的高校可根据具体情况调整课时。

由于编者水平有限, 书中难免有疏漏之处, 敬请广大读者批评指正。

编 者

2008 年 4 月

目 录

第1章 绪论.....	1	3.1.2 默写式智力激励法.....	46
1.1 机械创新设计概述.....	1	3.1.3 卡片式智力激励法.....	47
1.2 创新能力的构成.....	2	3.2 类比与联想技法.....	48
1.3 机械的创新目标.....	5	3.2.1 类比技法.....	48
1.3.1 快速满足不断变化的 市场需求.....	6	3.2.2 联想技法.....	51
1.3.2 机械的功能要求.....	8	3.3 设问探求技法.....	53
1.3.3 机械的物理特性.....	9	3.3.1 奥斯本检核表法.....	53
1.4 本课程的内容、性质和目的.....	12	3.3.2 “5W2H”法.....	56
小结.....	13	3.3.3 7步法.....	57
习题.....	13	3.3.4 行停法.....	57
第2章 创新思维与创造原理.....	14	3.4 要素组合技法.....	58
2.1 创新思维.....	14	3.5 输入/输出法.....	59
2.1.1 发散与收敛.....	15	小结.....	61
2.1.2 逻辑思维与非逻辑思维.....	19	习题.....	61
2.1.3 定向与非定向.....	22	第4章 机构的创新设计.....	62
2.1.4 动态思维和有序思维.....	23	4.1 常用机构的选择.....	62
2.1.5 直觉思维和灵感思维.....	25	4.2 机构的组合与实例分析.....	64
2.2 创造原理.....	28	4.2.1 串联式机构组合.....	64
2.2.1 综合原理.....	28	4.2.2 并联式机构组合.....	65
2.2.2 移植原理.....	34	4.2.3 复合式机构组合.....	66
2.2.3 逆反原理.....	36	4.2.4 叠加式机构组合.....	67
2.2.4 变异原理.....	37	4.3 机构的变异与演化及实例分析.....	68
2.2.5 还原原理.....	38	4.3.1 连杆机构的变异演化.....	68
2.2.6 群体原理.....	39	4.3.2 凸轮机构的变异演化.....	68
2.2.7 完满原理.....	39	4.3.3 齿轮机构的变异演化.....	69
2.2.8 迂回原理.....	40	4.4 机构形式设计的原则.....	70
2.2.9 价值工程原理.....	40	4.5 组合机构的尺寸综合.....	71
2.2.10 分离原理.....	41	4.5.1 串联式机构组合尺寸综合.....	71
小结.....	42	4.5.2 并联式机构组合尺寸综合.....	73
习题.....	42	4.5.3 复合式机构组合尺寸综合.....	74
第3章 创新技法.....	43	4.5.4 机构的叠加综合设计.....	75
3.1 智力激励技法.....	44	4.5.5 机构的时序组合设计.....	75
3.1.1 奥斯本智力激励法.....	45	4.6 应用举例.....	77
		4.6.1 飞剪机构设计.....	77
		4.6.2 平行齿轮机构的演化.....	77

4.6.3 抽油机设计.....	79	7.5 计算机辅助反求设计.....	128
小结.....	80	7.5.1 计算机辅助反求设计过程.....	128
习题.....	81	7.5.2 搅拌器的计算机辅助反求设计.....	130
第5章 机构类型变异创新设计.....	83	7.5.3 电话机的计算机辅助反求设计.....	131
5.1 设计方法.....	83	小结.....	133
5.2 一般化运动链.....	84	习题.....	134
5.3 设计约束与类型变异创新设计.....	87	第8章 机电一体化系统创新设计.....	135
5.3.1 设计约束.....	87	8.1 机械的发展与机电一体化系统.....	135
5.3.2 再生运动链.....	88	8.2 机电一体化概述.....	135
5.3.3 新型铰链夹紧机构运动简图.....	88	8.3 信息处理及控制子系统.....	138
5.4 扩展应用实例.....	89	8.3.1 控制系统的分类.....	138
小结.....	92	8.3.2 控制器选型.....	139
习题.....	92	8.4 检测传感子系统.....	140
第6章 机械系统功能原理设计.....	93	8.4.1 传感器的组成.....	140
6.1 功能及其分类.....	93	8.4.2 传感器的分类.....	141
6.1.1 功能的描述.....	93	8.4.3 常用传感器及应用.....	142
6.1.2 功能的分类.....	94	8.5 广义执行机构子系统.....	144
6.2 功能原理方案设计.....	95	8.5.1 机电一体化的驱动元件.....	145
6.3 多功能专用钻床传动系统的设计.....	99	8.5.2 广义机构.....	145
6.4 设计实例——地面反恐防爆机器人.....	104	8.5.3 电动式广义机构.....	146
小结.....	109	8.5.4 液、气动广义机构.....	151
习题.....	109	8.5.5 形状记忆合金式广义机构.....	152
第7章 反求工程与创新设计.....	113	8.5.6 电磁式广义机构.....	153
7.1 反求工程概述.....	113	8.6 机电一体化系统设计.....	154
7.1.1 反求设计.....	114	8.6.1 机电一体化系统设计的 内容和过程.....	154
7.1.2 反求设计的过程.....	114	8.6.2 清扫车的清扫装置机电 一体化设计.....	154
7.1.3 反求设计的分类.....	116	小结.....	156
7.2 硬件反求设计与创新.....	116	习题.....	156
7.2.1 设备实物反求.....	117	第9章 基于 TRIZ 理论的创新设计.....	157
7.2.2 关键部件反求.....	120	9.1 TRIZ 理论概述.....	157
7.2.3 机械零件尺寸精度反求 设计.....	121	9.1.1 TRIZ 理论的主要内容.....	158
7.3 软件反求设计与创新.....	123	9.1.2 TRIZ 理论的重要发现.....	159
7.3.1 装配图反求.....	124	9.1.3 TRIZ 理论解决发明创造 问题的一般方法.....	159
7.3.2 专利反求.....	125		
7.4 影像反求设计.....	127		

9.1.4 TRIZ 理论的应用.....	160	9.5 TRIZ 理论的发展趋势.....	195
9.2 设计中的冲突及其解决原理.....	161	小结.....	196
9.2.1 概述.....	161	习题.....	196
9.2.2 物理冲突及其解决原理.....	162	第 10 章 机械系统创新设计实例分析...	197
9.2.3 技术冲突及其解决原理.....	164	10.1 新型内燃机的开发实例.....	197
9.2.4 冲突矩阵.....	182	10.2 圆柱凸轮数控铣削装置的 创新设计实例.....	201
9.3 利用技术进化模式实现创新.....	185	10.3 全自动送料机创新设计实例.....	204
9.3.1 概述.....	185	10.4 小型钢轨砂带成形打磨机设计 实例.....	206
9.3.2 技术系统进化定律.....	186	小结.....	210
9.3.3 技术系统进化模式.....	187	习题.....	210
9.3.4 技术进化理论的应用.....	192	参考文献.....	211
9.4 计算机辅助创新设计软件.....	193		
9.4.1 概述.....	193		
9.4.2 创新能力拓展平台 CBT/NOVA.....	195		

第1章 绪 论

教学提示：初步建立机械创新设计理念。

教学要求：了解创新设计的一般过程，了解创新能力要素的基本构成，了解机械的创新目标，了解本课程的内容性质和任务。

随着现代工业的高速发展，机械创新设计(Mechanical Creative Design, MCD)的重要性已日益明显。机械创新设计作为企业确保市场竞争优势、维持企业生存及其成长的重要机能，创新在企业发展中扮演着愈来愈重要的角色，特别是面对机电产品快速的更新换代，保持不断地推出适销对路的新机电产品是企业能够在市场竞争中取胜的关键所在。

机械创新设计是指在充分发挥设计者创造力的前提下，利用人类已有的相关科学技术成果进行创新构思，从而设计出具有新颖性、创造性及实用性的机构或机械产品的一种实践活动。

机械创新设计能够充分发挥研究人员的主观能动性，它是以相关的理论和思维原理为基础，进行机械创新的一种实践活动。其出发点是解决工程实际问题，目的是设计出新颖、合理、价格性能比优越且具有先进性的机构或机械产品。机械创新设计是在满足各种约束的前提下进行组合的一种设计，最终设计的产品必须满足机械产品的两大技术要素，即技术上的可行性及经济上的合理性。

在机械创新设计过程中，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。从概念上讲，MCD的设计内容是指由机械产品的性能要求出发，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)，充分发挥设计者的创造力，通过改进、完善现有机械产品或创造发明新机械产品，设计出具有新颖性、创造性、实用性、经济性的产品。

1.1 机械创新设计概述

1. 机械创新设计的一般过程

机械创新设计的一般过程如图 1.1 所示。

1) 确定设计目标和要求

根据市场需求确定设计参数、选定约束条件，最后提出设计任务书和产品开发计划。

2) 原理方案设计

任务确定后，运用设计者的专业知识、实际经验和创新能力构思出达到预期结果的原理方案。原理方案设计是产品创新和质量优劣的关键。

3) 结构方案设计

对产品进行结构设计，即确定零、部件的形状、尺寸、材料，进行强度、刚度、可靠

性等计算, 画出结构草图。

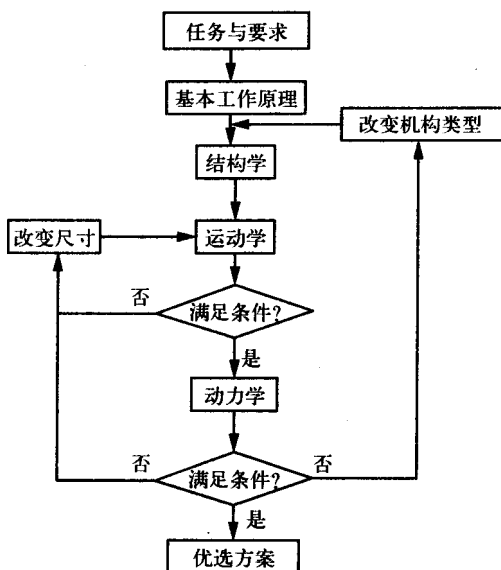


图 1.1 机械创新设计的一般过程

4) 总体设计

在原理方案和结构方案设计的基础上全面考虑产品的总体布置、人机工程、工艺美术造型、包装运输等因素, 画出总装配图。

5) 施工设计

将总装配图拆成部件图和零件图, 根据加工和装配要求, 标注公差、配合及技术要求, 绘出全部生产用图纸, 编写设计说明书、使用说明书, 列出标准件、外购件明细表及有关文件等。

2. 机械创新设计的关键内容

机械创新设计过程中的原理方案设计是机械系统设计的关键内容, 在原理方案设计过程中应解决以下问题。

(1) 确定系统的总功能。

(2) 进行总功能分解。将总功能分解为若干分功能是实现功能工作原理方案的最好办法, 它使设计者易于构思各种各样的工作原理方案。

(3) 功能元求解。功能元求解就是将所需执行的动作, 用合适的执行机构形式来实现。

(4) 功能原理方案的确定。由于每个功能的解有多个, 因此组成机械的功能原理方案可以有多个。

(5) 方案的评价与决策。针对不同的机械确定评价指标体系和评价方法, 对多个方案进行综合评价和决策。

1.2 创新能力的构成

当今时代世界经济竞争异常激烈, 经济的竞争实质是科技的竞争, 是人才的竞争, 特

别是创新型科技人才的竞争。对于创新型人才应具备的素质和创新型科技人才的构成,以下从3个方面对其进行讨论。

1. 创新基础

当今时代要求创新型科技人才既要有坚实的专业基础,又要向多能化、国际化人才方向发展,能利用自己的专长和广博的学识去处理所面临的各种问题,从而使自己具有更强的适应力。良好的方法往往能使人们更好地发挥运用天赋的才能,许多边缘学科、交叉学科也是依赖于研究方法相互渗透或方法论的共用而形成的。创新基础包括基础理论知识、专业知识、交叉学科知识与发展知识。

1) 基础知识

创新是永无止境的过程,它不是凭空的杜撰和臆想,而是需要宽厚扎实的基础知识,它是实现创新的基本前提。基础知识包括在机械设计领域内的机械制图、机械原理、机械设计、理论力学、材料力学、工程材料和机制工艺等专业知识,此外还包括数学、物理等基础知识。丰富的基础知识是形成创新意识、培养创新思维、挖掘创新精神的条件,没有宽厚扎实的基础知识就没有创新的实力。在基础知识中,数学是创新最主要的基础和工具,它具有打基础和培养人的双重功能,它与其他学科建立数学模型,提供理论基础和思维模式,又培养学生对事物之间的联系进行逻辑思考的方式。

2) 一定的交叉学科知识

在当代的科技创新活动中,不论是在自然科学的各个学科之间以及技术的各种专业之间,还是在自然科学与技术之间;不论是在数学与科学技术及社会科学之间,还是在系统论、控制论、信息论与各门具体学科专业之间,都在越来越广的宽度上和越来越深的厚度上发生和进行着交叉和渗透,如机电一体化包括机械、电子、液压、气动、传感、光学、计算机、信息以及控制系统等多学科、多领域相互结合的技术,因此,它要求科技创新人才一专多能、博学多才,具有强烈的或浓厚的各学科专业之间的交叉意识、渗透意识和跨学科意识,最终使其具有发展的意识和能力。

2. 创新才能

创新才能包括科学观察能力、创造性思维能力、实际操作能力、信息收集与加工能力、外语能力以及总结、概括与正确描述科研成果的能力等。

1) 科学观察能力

科学观察直接取得感性经验材料,为科学研究提供第一手科技信息资料。因此,作为科技创新人才应具备敏锐的科学观察能力。科学观察并不是指单纯通过感觉器官感受外部各种刺激的盲目的、被动的感受过程。它是在一定科学理论的指导下进行的有意识、有明确目的的感知活动;它的全过程始终伴随着积极的思维活动,科学观察是科技创新的重要途径。李四光在地质学上取得的卓越成就,是他在60多年的科研工作中坚持实事求是、观察调查的结果。

2) 创造性思维能力

科技创新是科学研究的真正永恒的主题,创造性思维是科技创新的灵魂,不论是科学发现还是技术发明,凡是创新活动都离不开创造者的创造性思维,从这个意义上说,整个科学技术史也是一部创造性思维的发展史,因此,科技创新者应具备创造性思维的能力。

创造性思维就是创造者在强烈的创新意识下,将大脑中已有的感性和理性知识信息按最优的科学思路,并灵活地借助联想、直觉和灵感等因素,以渐进式或突进式两种飞跃方式进行重新组合、升华所出现的思想闪光和顿悟,从而形成具有社会价值的新观点、新理论、新知识、新方法和新产品,如高新科技的进步、新观念的形成、新理论的创建等这些探索未知领域的认识过程中的思维活动。

现代思维科学的研究结果表明:创造性思维是人类思维活动的最高表现形式,是科技创新的灵魂。从人类社会的整个科学技术史看,几乎所有的科技创新成果都是科研工作者创造性思维的结晶。这种事例比比皆是,如牛顿由“苹果落地”发现“万有引力”;凯库勒由“梦见蛇咬住自己的尾巴”发现“苯环结构”等。

3) 实际操作能力

知识创新的智力活动不仅局限于大脑的思维和想象,还必须有一定的技能做保证。在科学活动中,不同学科和不同的研究课题,甚至一个大型课题的不同方面,对技能的要求也有很大的差别。在科学发展的今天,实际操作能力应当包括两者:一是实验技能;二是计算机应用技能。

(1) 实验技能。实验是科学认识活动的基础,它不仅是自然科学理论的重要检验标准,而且也是自然科学理论的重要来源。所以科学研究工作者要重视实验研究,要注重实验技能的培养与掌握。

(2) 计算机应用技能。科学研究中的复杂解析计算和数值计算、实验过程中的数据处理、数控(NC)技术、计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助编制工艺(CAPP)、计算机辅助制造(CAM)及计算机集成制造系统(CIMS)等,都要求具备不同程度的计算机操作与应用技能。尤其是跨世纪先进制造技术以及迎接新技术革命的挑战,就更需要高超的计算机操作与应用技能。

4) 信息收集与加工能力

信息收集关键在于信息获取,它是通过敏锐的观察,然后在脑海中形成一个非常敏捷的、一连串的复杂思维过程。也就是说,检索或看到同样的信息,是多人都可能做到的,但那只是“看到”,对于发明创新者来说,重要的是要“看出”别人没看出的东西,并且能把“看出”的东西经过大脑的加工,“想出”别人没想出的事情。所以信息收集与加工能力是信息从“看到”到“看出”与“想出”的思维过程,本质上是敏锐的观察与敏捷的思维的综合反映。

5) 外语能力

不懂外语,众多信息就不能“看见”,就很难把握学科的世界前沿。对学科的前沿不了解,也就很难把握住研究方向是新的,更不可能用科学的持续性这个梯子去攀登科学高峰。

6) 总结、概括与正确描述科研成果的能力

形成科学研究论文或科学研究报告需要用语言来进行正确描述、综合、概括与升华。在科学研究论文的形成过程中,要充分发挥“语言是抽象思维的外壳和工具”的作用,要善于应用科学术语,严格遵循严密的逻辑(形式逻辑与辩证逻辑)论证,应用所谓的收敛思维,把众多的内容逐步引导到条理化的逻辑序列中去,以便最终得出一个合乎逻辑规范的科学研究论文或科学研究报告。

3. 创新意识

创新意识是知识创新的先决条件。创新意识要求具备以下5个方面。

1) 渴求创新

只有渴求创新才可能有所创新。没有创新渴求的人,他不会去“尝试发现”,而渴求创新的意思又是建立在对祖国的热爱、对科学的兴趣与好奇心的基础之上的。对祖国的热爱是很多人渴求创新的思想基础之一。“科学救国”在旧中国只是一批爱国青年的一个梦想,而今天的“科教兴国”战略,促使我国对科学热爱与有兴趣的人们,产生高度的创新紧迫性的巨大热情与成功的内在起点,为我国对科学有好奇心的人们乐于施展才智以寻求答案创造了条件。

2) 足够的自信

创新意识很强的人必定有足够的自信,相信自己是更有创新性的。没有足够的自信是很难破除迷信、大胆创新的。自信使人敢于进攻,战胜困难,严重的自卑感会扼杀创新性。

3) 顽强的意志

科技创新工作就是每时每刻与困难打交道,并且想方设法战胜困难,因此,科技工作者对困难必须有足够的思想认识和精神上的准备。在困难面前必须有顽强的意志,有战胜困难的决心与信心,有百折不挠的精神。正如马克思指出的:在科学上没有平坦的大道,只有不畏劳苦沿着陡峭山路攀登的人,才有希望达到光辉的顶点。

4) 善用机遇的能力

从事科技创新活动的科技工作者应具备抓住和利用机遇的能力。机遇是人们在科学观察和实验中发现的貌似出乎意料的现象或事件,是在科学活动中出现的与传统不相符的“偶然”。机遇是科技创新人才显露潜在才能和创造发明的机会,是科技创新人才成功的外部条件之一。事实上,世界上有很大一部分划时代的发现,或多或少都是意外获得的,这很容易理解,因为那些确实开辟了新天地的发现机遇是人们很难预见的,这些发现常常违背当时流行的看法,它们在旧的知识框架中、在原有的科学范式中找到相应的位置。

5) 协作精神

现代科技创新工作要取得成功,还有一个很重要的方面,就是要有团结协作的精神。现代科学学科门类多、学科知识更新快,如果仅凭一个人的知识和经历,在自己的专业领域内完全靠个人取得有影响的科技创新成果,已是极少有的了,而大多数有影响的科技创新成果,均是出自于该学科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,强调团结合作是科研工作取得成功的重要保证。“阿波罗”登月计划有120所大学、约400万人参与;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科技创新成果。科技人才间的通力合作能充分发挥个人与集体的力量,它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,是突破难关、解决重大科研难题的重要途径。因此,从事科技创新活动的科技工作者应增强团结协作的精神,增强集体意识和集体观念。

1.3 机械的创新目标

国家机械工业局提出,在“十五”末期,我国机械工业企业的技术创新工作要达到以下5个目标。

(1) 重大装备、数控机床等 4 个重点领域中的关键技术来源依靠国内的比例有较大幅度提高, 扭转主导产品的关键技术过分依赖于国外的局面。

(2) 在 50 家大型企业中建立起具有较强产品开发能力、技术创新能力及市场快速应变能力的技术中心, 在 500 家排头兵企业中建立起有一定开发能力和技术创新能力的技术开发机构。

(3) 创立 1000 种自主知识产权的机械工业名牌产品。

(4) 机械工业新产品产值率达 30%。

(5) 初步建立起网络化的中小企业技术服务体系。采取的 7 项推进措施是: 加强宏观引导; 加强技术创新人才队伍的建设; 加大技术创新的资金投入; 加强共性、基础性关键技术的攻关和适用先进技术的推广应用; 初步建立以企业为主体的技术创新体系; 加强技术创新机制建设; 加强新产品开发和产品结构调整。

1.3.1 快速满足不断变化的市场需求

机械工业是一个国家的重要产业, 也是支柱性产业。随着各种先进设计技术的飞速发展, 机械产品的创新设计逐渐形成了智能化、数字化、集成化等特点。我国的机械产品设计水平, 经过科技工作者的多年努力, 已经接近甚至有的超过了国际先进水平。但是我国机械产品在国际市场上的占有率还不尽人意, 究其原因就是对国际化市场需求的研究不够。随着经济的全球化, 机械产品不仅要参与国内市场的竞争, 也要经受国际市场的严峻挑战。

如何使机械产品的创新设计得到市场的认可并获得最佳的市场效果, 从而提高机械产品的市场竞争力, 这是一个值得研究的问题。

大量的实践证实: 机械产品的创新设计是企业抢占市场的有力武器, 而创新设计与市场需求的拟合程度是有效发挥这一武器威力的必要条件。机械产品的创新设计只有与市场需求紧密结合, 才能形成自己的市场优势, 为企业找到自己产品的市场切入点, 从而打开国内、国际市场。纵观当今社会, 一个国家或者一个企业只有不断创新, 才能在竞争中处于主动、立于不败之地, 所以创新是企业的生命, 也有人将创新比喻成带有氧气的新鲜血液。人类的历史就是一部创造、创新的历史, “创新”在激烈的国际竞争中成为关键因素, 它主要表现在以下 3 方面。

(1) 人类靠着创造、创新开创了文明的世界, 创造、创新是人类社会进一步发展的保证。20 世纪的 50 多项重大科学技术的发明说明了创造性劳动的真谛, 人们从中受到的启示是: 科学技术的创新决定了生产力的发展, 从而激励人们挖掘自己的创造、创新潜能。

(2) 国际间的竞争一般来说是综合国力的竞争, 综合国力的竞争最终归结为人才的竞争, 而人才的竞争主要是创新能力的竞争, 因此培养、开发国民的创新能力至关重要。

(3) 消除中国和发达国家在科学技术和经济发展方面的差距要靠创新。中国在知识创新、技术创新、工业化方面与发达国家有很大的差距, 只有依靠创新才能迎头赶上, 才能赢得发展、赢得未来。

创新概念最早由美籍奥地利的经济学家熊彼特于 1912 年提出。创新概念包含的范围很广, 涉及技术性变化的创新和涉及非技术性变化的创新等。技术创新是产品开发的首要环节, 创新设计是技术创新的重要内容。新产品拥有广阔的市场前景是机械产品创新设计的根本目的, 因此将市场概念贯穿于创新设计的全过程就显得非常重要了。