

基于LEGO的工程 创新设计

刘全良 主 编



 **机械工业出版社**
CHINA MACHINE PRESS



附赠光盘

TB21
37D

21 世纪高校机电类规划教材

基于 LEGO 的工程创新设计

主 编 刘全良
副主编 王永鼎 章 海 赵子恺
参 编 顾平灿 郑家胜 施华平
主 审 王石刚

机 械 工 业 出 版 社

本书通过对创新设计理论基础的阐述,重点介绍了基于 LEGO 的创新设计、程序控制及实践训练。内容包括:创新设计与系统方案设计、LEGO 部件设计与创建基础、LEGO 常用机构与创新设计、乐高 CAD 软件、ROBOLAB 基础编程、ROBOLAB 高级应用、Visual Basic 开发基础、NQC 语言开发与控制、创新实践训练等。

考虑到不同的读者和使用对象,在本书编写时除注意内容安排的系统性和完整性外,还注意突出层次性和实用性,旨在通过对一些基础问题的介绍,引领大家在实践创新中有更大的收获。

本书可作为机械、电气、自动化等工程类本、专科用于创新教育,也可用于机械类专业机械运动方案设计或机电一体化系统课程设计,或者作为文科类学生培养创新意识、了解工程基础知识使用。

图书在版编目(CIP)数据

基于 LEGO 的工程创新设计/刘全良主编. —北京:机械工业出版社, 2006.3

21 世纪高校机电类规划教材

ISBN 7-111-18463-7

I. 基... II. 刘... III. 工程设计: 计算机辅助设计—应用软件, LEGO—高等学校—教材 IV. TB21

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 008172 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: 邓海平、倪少秋 责任编辑: 邓海平 版式设计: 冉晓华

责任校对: 张晓蓉

封面设计: 陈 沛 责任印制: 李 妍

北京中兴印刷有限公司印刷

2006 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm $\frac{1}{16}$ ·18.25 印张·395 千字

定价: 32.00 元 (含 1CD)

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

编辑热线 (010) 88379711

封面无防伪标均为盗版

21 世纪高校机电类规划教材

编 审 委 员 会

顾 问：李培根 华中科技大学

主 任：左健民 南京工程学院

副主任：童幸生 江汉大学

徐格宁 太原科技大学

党新安 陕西科技大学

刘全良 浙江海洋学院

张世亮 广东海洋大学

高文龙 机械工业出版社

委 员：(按姓氏笔画排序)

王卫平 东莞理工学院

仝基斌 安徽工业大学

刘小慧 机械工业出版社

刘镇昌 山东大学

李子琼 厦门理工学院

李洪智 黑龙江工程学院

赵先仲 北华航天工业学院

顾晓勤 电子科技大学(中山)

郑 堤 宁波大学

陈 明 北华航天工业学院

胡 琳 深圳大学

马 光 温州大学

方庆琯 安徽工业大学

邓海平 机械工业出版社

王 华 长春工程学院

朱志宏 福建工程学院

刘申全 华北工学院分院

张 茂 西南石油学院

李建华 中原工学院

陈廉清 宁波工程学院

夏凤芳 上海电机技术高等专科学校

倪少秋 机械工业出版社

序

为了适应我国制造业迅速发展的需要,培养大批素质高、应用能力与实践能力强的应用综合型人才已成为当务之急。这同时对高等教育的办学理念、体制、模式、机制和人才培养等方面也提出了全新的要求。

为了打通新形势下高等教育和社会需求之间的瓶颈,中国机械工业教育协会机电类学科教学委员会和机械工业出版社联合成立了“21 世纪高校机电类规划教材”编审委员会,本着“重基本理论、基本概念,淡化过程推导,突出工程应用”的原则,组织教材编写工作,并力求使本套教材突出以下特点:

(1) 科学定位。本套教材主要面向应用的复合型人才的培养,既不同于培养研究型人才的教材,也不同于一般应用型本科的教材;在保持高学术水准的基础上,突出工程应用,强调创新思维。

(2) 品种齐全。这套教材设有“力学”、“制图”、“设计”、“数控”、“控制”、“实训”、“材料”、“双语”等模块,方便学校选用。

(3) 立体化程度高。教材均要求配备 CAI 课件和相关的教辅材料,并在网站上为本套教材开设研讨专栏。

机械工业出版社是我国成立最早、规模最大的科技出版社之一,是国家级优秀出版社,是国家高等教育的教材出版基地之一,在机电类教材出版领域具有很高的地位。相信这套教材在中国机械工业教育协会机电类学科委员会和机械工业出版社的精心组织下,通过全国几十所学校的老师的仔细认真的编写,一定能够为我国高等教育应用复合型人才的培养提供更好用、更实用的教材。

教育部·机械工程及自动化专业分教学指导委员会·主任
中国机械工业教育协会·高等学校机械工程及自动化学科教学委员会·主任
李培根 院士
于华中科技大学

前 言

创新、应用和知识复合型人才一直是社会人才需求的重点,也是各类高校人才培养的主要目标与关注点,不同学校在人才培养过程中,各有侧重,各有兼顾,但很难兼而有之。这类人才大多必是具备深厚的多学科理论知识、很强的实践能力和自我意识体现;但深奥的多学科理论知识让很多学生望而却步,枯燥的教学、科研实验使学生兴趣并不高,这些都可能导致人才培养目标与现实培养的学生在知识与能力的掌握方面都有一定的差距,特别是理论与实践的脱节。之所以是高素质人才,是因为将知识融入个人并转化为能力且得以尽情发挥。笔者多年在高校从事理论研究和教学实践过程中,一直致力于寻找能充分结合理论并将理论灵活运用于实践、能充分调动和发挥学生创新意识教育手段和载体,希望将其应用于教学改革。2001年,终于发现了乐高教育系列并通过多年实践教学,充分体会到理论知识与实践应用的零距离关系,深刻意识到多学科知识的相关性和紧密性,现实工作又何尝只是某一专业知识的生搬硬套或应用。

创新贵在实践。在实践中创新,在创新中学习,从而构筑新的知识框架和达到知识积累的目的,是实现素质教育和培养创新型人才的根本。创新的不确定性决定了知识结构的复杂性,而知识的多样性又造就了创新型人才的培养,而创新又通过实践来体现。编者就是基于创新、应用和知识复合型人才为培养理念,融合素质能力教育与基础知识教育,将“做中学”的学习理念和“拿来用”的知识构建理论贯穿于教学,将解决类似实际问题搬入课堂,让学生熟悉知识型社会学习和工作之间的关系,尽早建立终身学习的理念。

本书基于创新教育载体——LEGO(乐高)教育部件,首次系统地将创新理论、技法与创新实践进行有机结合。通过创新实践训练,不仅有助于深刻理解和结合创新理论与技法,同时能够将创新意识很好地通过载体来实现。通过多年实践,本书对基于乐高教育的知识结构和应用进行了系统提炼,汇总了基于创新实践训练所做的一些具体工作,希望此书能给使用者带来一些帮助。本书最大特点,一是希望使用者通过对本书的学习和实践训练,超脱一定意义上的专业界限,丰富知识结构;二是通过对机器人结构创建,提高创新意识和创新设计能力;三是通过对机器人的控制,提高计算机编程能力;四是通过项目训练,提高团队合作能力。

全书知识结构体系全面而完整,内容涉及创新基础理论、创新意识培养、创新基础素质训练、创新设计和创新实践能力锻炼、创新实例等多个方面。针对不同的读者对象,全书在内容上大致可分为基本篇、提高篇和精通篇三个层次。建议机械、电气、自动化等工程类本、专科专业在用于创新教育的教学时数为48学时,教学与实验时间比为1:2;本书也可用于机械类专业机械运动方案设计或机电一体化系统课程设计;也可

作为文科类学生培养创新意识、了解工程基础知识使用。目前,乐高机器人系列教育产品已经在世界各地的高等院校中得到了广泛应用,如美国麻省理工学院、卡梅隆大学、英国拉夫堡大学、德国汉堡大学、挪威科技大学、新加坡南洋理工大学、香港理工大学、清华大学、上海交通大学、大连理工大学等,不久的将来,随着教学改革的深入和创新教育的推广,预计在我国将有更多的高等院校使用。

各章的编写分工如下:第一、七章由上海水产大学王永鼎编写,第二章由浙江海洋学院顾平灿编写,第三、十章由浙江海洋学院章海编写,第四、八章由浙江海洋学院刘全良编写,第五章由上海西觅亚科技有限公司郑家胜编写,第六章由深圳西觅亚科技有限公司施华平编写,第九章由中国计量学院赵子恺编写。全书由刘全良设计并负责统稿。

全书由上海交通大学王石刚教授主审,并提出了许多宝贵意见,在此表示感谢。

由于该内容教材在国内是第一次编写,限于水平,错误和不妥之处在所难免,敬请学界同仁和广大读者批评指正。

编 者

目 录

序 前言

第一章 创新设计与系统方案设计	1
第一节 创新设计理论基础	1
一、创新能力	1
二、创新思维	3
三、创新原理	4
四、创新设计	8
第二节 创新设计技法	9
一、智力激励技法	9
二、分析列举技法	11
三、联想类比技法	12
四、组合创新技法	13
五、设问探求技法	14
第三节 系统方案设计	17
一、系统运动方案设计	17
二、机械功能原理设计	18
三、机构选型组合设计	20
四、系统运动方案评价	20
第四节 创新设计与乐高创意	21
一、乐高教育组件在创新思维培养和创新设计中的应用	22
二、创新设计理论与技法对乐高创意的理论指导	23
三、乐高教育组件对创新设计的实践作用	24
习题	25
第二章 创新设计的载体——LEGO 教育部件	26
第一节 乐高组件的种类	27
第二节 RCX 可编程控制中心	27
一、RCX 简介	27
二、RCX 软件架构	28
三、RCX 基本系统	28
四、RCX 应用程序	29

五、RCX 的使用	29
六、RCX 的技术指标	31
第三节 乐高支撑软件	31
一、乐高 CAD 软件	31
二、ROBOLAB 软件	32
三、NQC 编程软件	32
四、其他高级语言编程软件	32
第四节 典型 LEGO 套装组合	33
一、SR9785/86 机器人核心套装	33
二、SR9793/94 机器人挑战套装	34
三、SR9780 机器人创意套装	35
四、SR9725 娱乐公园套装	36
五、SR9795 智能房屋套装	37
六、SR9723 城市交通套装	38
七、SR9701 自动控制套装	39
八、SE9684 可再生能源套装	40
九、SR9665 机械工程套装	40
习题	41
第三章 LEGO 部件设计与创建基础	43
第一节 基于产品设计思维的 LEGO 模型创建	43
一、产品设计与 LEGO 模型创建	43
二、基于产品设计思维的 LEGO 机器人创建特点	48
第二节 LEGO 装配部件的基本结构和创建基础	49
一、乐高组件	49
二、LEGO 模型创建几何基础	57
第三节 LEGO 部件的创建技巧	61
一、基本联接方式	61
二、部件搭建案例	63
三、保证模型传动灵活性措施	67
习题	68
第四章 LEGO 常用机构与创新设计	69
第一节 LEGO 机电构件	69
一、LEGO 原动件	69
二、LEGO 传感器	72
第二节 LEGO 常用机构与机械传动	77
一、齿轮机构	77
二、连杆机构	81

三、凸轮机构	82
四、带传动	82
五、链传动	83
第三节 LEGO 创新机构设计	84
一、LEGO 创新设计基础	84
二、LEGO 创新机构设计	94
三、LEGO 机器创新设计	101
习题	103
第五章 乐高 CAD 软件	104
第一节 乐高 CAD 软件概述	104
一、乐高 CAD 软件的基本概念	104
二、乐高 CAD 软件的功能	104
三、乐高 CAD 软件的应用	105
第二节 乐高 CAD 软件入门	106
一、常用的乐高 CAD 软件	106
二、LDraw 系列软件的下载与安装	108
第三节 MLCad 软件入门	110
一、MLCad 的主窗口	110
二、菜单栏和工具栏简介	111
三、MLCad 的零件库	116
第四节 MLCad 软件应用范例	120
一、建立文件并添加第一个零件	120
二、添加更多的零件完成标准六足机器人的搭建	122
三、保存图像	133
第五节 LPub 软件应用	134
一、LPub 软件简介	134
二、使用 LPub 软件生成模型图像	135
三、用 LPub 软件生成模型的搭建步骤图	138
四、自动生成模型图片的网页	141
习题	141
第六章 ROBOLAB 基础编程	143
第一节 ROBOLAB 软件功能及使用说明	143
一、ROBOLAB 发展	143
二、ROBOLAB2.5.4 的安装和卸载	143
第二节 ROBOLAB 基础编程	146
一、ROBOLAB 入门	146
二、管理员按钮	147

三、导航者级别	149
四、发明家级别菜单	149
五、发明家级别命令	153
六、程序调试	173
七、常见问题与解答	175
习题	176
第七章 ROBOLAB 高级应用	178
第一节 ROBOLAB 的数据处理	178
一、ROBOLAB 数据采集基础	178
二、数据采集入门	179
三、数据采集编程	186
四、基于 LabView 的高级编程	188
第二节 摄像头处理技术	190
一、机器人的视觉定义	190
二、摄像头的原理和特点	190
三、在 ROBOLAB 中控制乐高摄像头	191
第三节 RCX 通信和网络控制	201
一、RCX 相互通信	201
二、网络控制	203
习题	204
第八章 Visual Basic 开发基础	205
第一节 VB 程序控制原理	205
一、Spirit.ocx 控件的安装	206
二、Spirit 控件的属性	207
三、Spirit 控件的特点	209
四、控制 RCX	209
第二节 VB 控制乐高应用案例	213
一、轮椅	213
二、运输机	215
三、扫描仪	216
四、黑线小车	217
第三节 数据处理	219
一、数据采集和处理方法	219
二、数据处理的基本命令	219
三、数据采集和处理的实现	220
习题	223

第九章 高级语言开发与控制	224
第一节 NQC 基础	224
一、NQC 概述	224
二、NQC 集成开发环境的下载与安装	224
三、NQC 程序的开发	226
第二节 NQC 的集成化开发环境	229
第三节 NQC 程序设计语言基础	237
一、NQC 程序设计语言概述	237
二、NQC 语法	237
三、NQC 的 API	243
第四节 NQC 程序设计实例	255
一、通信与电动机控制	255
二、音乐和液晶显示	256
三、数据采集	257
四、事件	257
习题	258
第十章 创新实践训练	259
第一节 产品运动方案设计实例分析	259
一、方案的形成	259
二、实物模拟搭建	260
三、程序控制	262
四、未来的改进	265
第二节 创新实践训练项目	265
一、机器人动物园	265
二、化学工厂	265
三、越障机器人	266
四、停留在方框内的机器人	266
五、垃圾处理系统	267
六、蜡烛雕刻机床	267
七、走迷宫	267
八、阳光寻觅者	268
九、新型风车	269
十、聪明的蟑螂	269
十一、可爱的小狗	270
十二、洞穴探密者	270
十三、反应速度测试	271
十四、电话游戏	272
十五、信号攻击	272

XII 基于 LEGO 的工程创新设计

十六、你说我做	273
十七、互联网远程实验室	273
十八、基于视觉的产品分类器	274
十九、饮料自动配送机	274
二十、三维扫描仪	275
二十一、火星登陆者	275
参考文献	277

第一章 创新设计与系统方案设计

当今世界科学技术日新月异，知识经济已初见端倪。知识经济的核心在于创新。创新是一个民族的灵魂，是一切文明进步的源泉，是社会经济发展的动力，是科学技术提高的基础。创新能力的不断提高，将促进社会生产力的变革。社会生产力的变革，也将促进不断的创新，使社会更加合理有效地利用人力资源、物质资源和环境资源。

我们正处在一个新经济时代，具备观念改变一切的时代特征。目前设计为大众服务、设计与功能结合的实用价值观念和创新观念已得到越来越多人的认可。智者不仅有目标，还要勤于思索，寻求实现目标的手段。

创新具有多种表现形式，涉及社会不同领域。创新设计属技术创新范畴，是现代设计方法中最活跃、最能调动人类智力和创造力的设计方法。创新设计方法能够激发创造冲动，扩展创新思维，优化设计结果，使现代设计向集成化、智能化方向发展。

第一节 创新设计理论基础

一、创新能力

1. 创新能力的结构

社会的发展主要来自于智力和创新。创新的核心是一个人的创新能力。创新能力是指人在所处的环境中适应环境、改造环境的独创和先进的思维能力和行为能力的总和。

创新能力通常包括基础知识能力、创新思维能力和创新行为能力，如图 1-1 所示。

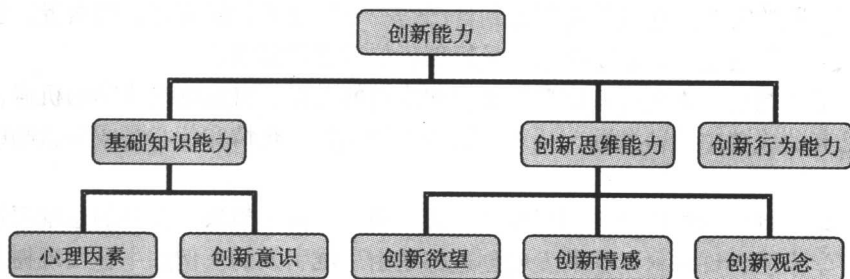


图 1-1 创新能力结构

基础知识能力包括心理因素和创新意识两方面。前者主要指人的动机、兴趣、情感和意志等，虽不直接参与创造工作和处理知识信息，但它却能推动知识信息的加工处理；后者主要是指对创新的态度，是一个人对于创新活动所具有的比较稳定的积极的心理倾向。

创新思维能力是创造力的核心,它具有独特性和求异性等思维特征,包括创新欲望、创新情感和创新观念。创新欲望是人的行为指南和动力;创新情感是创新活动产生的激情,及其在创新过程中的审美体验和成功体验;创新观念是指推崇创新,追求创新,以创新为荣的理想、信念、价值观念、文化观念等。思考问题突破常规和新颖独特是创造思维能力的具体表现,这种思维能力是正常人经过培养可以具备的。

创新行为能力一般指在创新思维能力支配下的首创性实践结果,或实现首创性实践结果的能力。

2. 创新能力的性质

(1) 普遍性 创新能力的普遍性是指人人都具有创新能力和创造能力,是人的自然属性。具备正常智力活动的人,在一定条件下,都能产生新的思维和新的行为。

(2) 特殊性 创新能力是人的特殊能力,新思维和新行为的产生表现出时间的局限性和随机性,通常需要内因和外因共同起作用才能产生。

(3) 社会性 创新能力的社会性是指个人的创新能力是通过社会实践的形式表现出来的,是人的社会属性。因此社会创新能力的水平,反映了社会的发展水平。

(4) 能动性 创新能力的能动性是指主动、积极、活跃的创新能力的成果对客观世界的反作用力和影响力。

3. 创新能力的开发

创新精神、创新意识和创造能力是当今社会人才最宝贵的素质。开发创新能力,培养创新型人才,是现代社会发展的需要,同时,创新能力的开发也是一种创造性的劳动。创新能力虽然不神秘,但受情感观念等内因和社会环境等外因的影响,要充分调动人的创造力,应该做好相应的工作。

(1) 目标激励 创造情境、激发浓厚的兴趣,要积极鼓励人们主动发现问题,提出问题,培养科学的学习方法。创新欲望是人类与生俱来的一种本能。人的心灵深处都有一种根深蒂固的需要,这就是希望感到自己是一个发现者、研究者、探索者,创新人才都有一种追求普遍规律、乐于探索、爱好创新的欲望和需求。

(2) 成功激励 人人都有成功的愿望和成功的需要,有意创设成功的机遇,体验成功,从已有的成功中获得激励,从而增强创新的动机、热情和信心是成功激励的有效方法。

(3) 培养良好思维习惯和创新精神 善于观察,富于想象。良好的思维习惯是一种重要的科学素质,许多科学家的发明创造都是由思维引发的。例如牛顿发现树上的苹果掉在地上,于是便有了后来的万有引力定律;阿基米德在揭开王冠之谜时,在浴盆中看到溢出浴盆的水,从而推理得出了著名的阿基米德定律;开水沸腾变成水蒸气,顶开了水壶盖,于是瓦特经过思索并实验,发明了蒸汽机进而还引发了一场工业大革命。

(4) 积极参加社会实践活动 敢于探索,勤于实践,这是培养探索精神、实践能力及创造能力的有效途径和方法。因为不会动手、不肯动手,就不会有新的发现,也就不会有创新。

二、创新思维

1. 思维的形成与发展

什么是思维？人们在社会实践中对客观事物的认识分为两个阶段：首先是接触外界事物，在人脑中产生感觉、知觉和印象，这是属于感性认识的阶段；其次是综合感觉的材料加以整理和改造，逐步把握事物的本质、规律，产生认识过程的飞跃，形成概念，构成判断，产生推理，这是属于理性认识的阶段，也就是思维的阶段。因此，思维是人类对客观事物认识信息、运用概念进行判断、推理和加工，并产生新的反映信息的活动和过程。思维是人脑对客观世界的反映，是认识信息的再加工。思维能力是人类学习和提高的智力基础，是人类认识世界、改造世界的前提条件。

人的知识水平决定了人的思维模式基础，人的知识结构决定了人的思维发展方向，因此人的思维越是活跃，认识世界的能力就越强。认识世界的能力越强，越能促进思维的进一步活跃和发展。社会的发展，提高了人类的知识水平，也带动和促进了思维的发展。例如，我们看到太阳从东方升起，向西方落下，在人类知识水平没有完全认识世界之前，一直认为太阳围绕地球旋转。随着社会的向前发展，人类知识水平的不断提高，同样的现象，通过思维揭示出这是地球自转的结果。现代航天技术的发展，进一步证实了该结果的正确性。

思维是多门学科的研究对象，具有一定的自身规律。思维能从许多个别事物的自身属性中，借助已有的知识，通过对新信息的组合、调整和筛选等加工过程，舍去表面的、非本质的属性，把握一类事物内在的、本质的属性，反映出事物的真实本质；思维还能够根据已有的认识，推出并产生新的知识，从而提高人的思维能力，促进思维的发展。

2. 思维的属性与特点

(1) 思维具有间接性 思维的间接性是指对没有直接感知的或不能直接感知的事物进行推理或推测，从而得出事物结论的特性。例如，化学元素周期表是在当时不能直接感知所有元素的条件下，通过思维揭示规律得以发现的，这对后来人们发现新的元素奠定了基础。

(2) 思维具有概括性 思维的概括性是指通过对多种不同事物的归纳或总结，去除差异，找出本质及属性并加以反映的特性。例如，牛顿通过苹果落地的现象，去除苹果的具体属性，抽象出万有引力定律。

(3) 思维具有多重性 思维的多重性是指对同一事物，人们的知识水平不同，认识的深度和广度也不同，分析的方面不同，认识的结论也将有差异。例如，人们对物质组成的认识，从分子水平发展到原子水平的过程，便是人类实践知识积累的结果。

(4) 思维具有创造性 思维的创造性是指人类在认识事物的基础上，实现从感性认识到理性认识的飞跃，得出新结论、新方法的特性。例如，人们通过对手搓洗衣方法的认识，发明了洗衣机，又从污物与衣物分离的认识基础，发明了无需洗衣粉的超声波洗衣机。

3. 思维的方法与激发

思维方法是人们认识世界的途径和解决问题的手段。良好的思维方法能使我们更好地发挥天赋的才能，而拙劣的思维方法则可能阻碍才能的发挥。人的思维在知识和信息积累的基础上，通过外部某一因素的触发，会表现出极大的活跃性，激发无限的灵感和无限的创造力。许多发明创造，就是在知识的基础上，通过灵感激发思维而产生的。

所谓良好的思维方法，是指不同于常规的思维方法，分为正向突破常规法和逆向怀疑提问法。突破常规指的是遇到问题不按过去传统的方法解决，而是寻找新的方法、新的途径；怀疑提问指的是对问题的结果加以考虑，通过结果推测原因，并询问自己是否有别的原因可以产生相同的结果，以激发自己的思维。

4. 思维的创造与创新

创新思维是创造力的核心和发明的源泉，创造力的活跃，反过来又能促进思维的创新。创新思维是在接受大量信息的基础上，经过合理储存、有效加工而突现出来的新思想、新观念、新方法。因此创新思维又具有综合性、新颖性和顿悟性的特征。

创新思维的综合性表现在信息的综合性，即信息的大量性和多方面性。边缘学科和交叉学科的发展，以及现代工程技术领域的许多发明、创造，都是综合了多方面的学科知识而创立和产生的。

创新思维的新颖性表现在思维的独特和首创。许多独特的发明创造都是在独特的思维方式下产生的。例如，无线电波的发现和电话的发明，给人类生活带来了无限的便捷。

创新思维的顿悟性表现在长期思维的基础上，突发的、偶得的思维结论，有时甚至是超越目标的新结论。例如不干胶的发明，就是在研发某种强力胶的过程中，由于材料配方的失误，使胶水的性能发生了质的变化。发明者突发奇想，进一步研究，使一次失败的实验成为创新灵感的火花，便有了今天广泛使用的各种不干胶产品。

综上所述，传统的逻辑思维与创新思维不同。逻辑思维是通过感知、认知、推理、决定，对事物进行概括和抽象；创新思维是通过直觉、想象、灵感、顿悟，揭示事物的本质内涵。两者的有机结合，便可形成对事物的全面评估和判断。两者之间的关系如图 1-2 所示。创新思维的形成和发展，除了先天赋予的能力以外，丰富的社会生活实践和严谨的科学思维训练，将促进一个人大脑机理的深化和发展，促进思维方法和技巧的丰富和完善。



图 1-2 思维过程

三、创新原理

创新是产品设计的灵魂，是人类为改造自然和社会而进行的构思和计划，并将这种