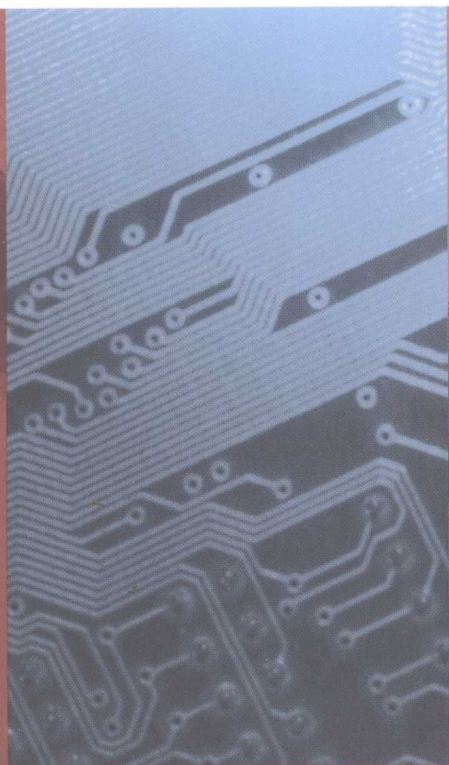


普通高等院校工程训练系列教材

电子创新设计技术

陈 赅 邹道胜 编著



科学出版社
www.sciencep.com

普通高等院校工程训练系列教材

电子创新设计技术

陈 贇 邹道胜 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是“普通高等院校工程训练系列教材”之一,详细介绍了大学生在现代电子设计工程实训与创新中所用到的主要创新思维方法与电子创新设计技术,接着介绍了现代电子产品的设计方法、电子测试技术、技术报告写作以及创新设计专题实践训练等内容。

本书可作为高等院校与职业技术学院现代电子技术概论、现代电子技术课程设计、大学生电子创新设计培训的教材,也可以作为现代电子设计工程技术人员参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电子创新设计技术/陈赓,邹道胜编著. —北京:科学出版社,2008
(普通高等院校工程训练系列教材)
ISBN 978-7-03-022178-0

I. 电… II. ①陈…②邹… III. 电子电路-电路设计-教材 IV. TN702

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 078205 号

责任编辑:孙明星 潘继敏 / 责任校对:陈丽珠
责任印制:张克忠 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

明辉印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008 年 12 月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2008 年 12 月第一次印刷 印张:17

印数:1—3 500 字数:320 000

定价:26.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

序 言

按照教育部工程材料及机械制造基础课程教学指导组提出的“学习工艺知识,增强工程实践能力,提高综合素质(包括工程素质),培养创新精神和创新能力”的课程教学目标,华中科技大学工程训练中心经过多年努力,建立了完善的工程训练机制,充分挖掘传统工程训练项目的内涵,发挥先进制造技术训练项目的优势,全面开展分层次、模块化、柔性化和开放式的工程训练活动,把创新实践融入工程训练的全过程。通过作品创意设计、方案论证、工艺确定、加工制作、作品答辩等一系列环节,培养学生完整的工程意识、创新意识和综合能力。

在整合金工实习和电子工艺实习的基础上,突破原有的课程体系和内容的束缚,加强各主要实训部分教学内容之间的交叉与融合,注重提高学生的职业技能与素质,增强就业竞争力,建立了“主动实践,应用领先、边界再设计”以提高学生综合能力和创新思维为主线的工程训练课程新体系。根据工程实践教学的基本特点,组织骨干教师,认真策划与实施,编写了系列新教材。该系列教材重视理论紧密联系实际,提倡学习是基础,思考是关键,创新之根在于实践。通过一系列实践教学环节建立学生的创新意识,培养创新能力;通过构建相应的教学方法和教学手段,将创新教育有机地融入实践教学之中。

该系列教材由《冷加工技术》、《材料成形技术》、《特种加工技术》、《机械装配技术》、《机械创新设计技术》和《电子创新设计技术》组成,并配有相应的实验训练设备和实践教学模块。其内容覆盖面宽,知识反映面新,体现出现代工业技术综合性、多学科交叉与融合的特点,能够满足不同学科培养复合型、创造型人才的需要。该系列教材在内容和教学方法上强调综合,强调大工程背景,强化工程意识和工程实践能力的培养,尽力结合工业产品的开发、设计、制造的全过程;大量增加了新材料、新技术、新工艺等三新内容,体现出科学技术的最新发展,使传统的金工实习和电子工艺实习平顺地向现代工业培训的方向发展。

该系列教材以学生为主体,以教师为主导,在课程教学中实行以典型产品为载体的教学模式,突出先进制造技术的模块化教学,以主动工程实践的要求训练学生;以创新之根在于实践的精神培训学生;以组织参加大赛方式来促进常规创新活动和发现高端人才,显著提高了实践教学质量和教学效果。

该系列教材所展现的教学体系与教学内容,紧紧围绕人才培养目标,以教育观

念创新为先导,以学生为本、质量为重为基本原则,利用工程训练中心良好的教学基础条件,依托机械、材料、交通、能源等学科优势,跟踪现代工程技术领域不断出现的新技术、新方法,借助现代化的教学手段,充分挖掘工程训练中心的教育教学功能,积极探索和构建符合高素质人才成长要求的工程训练教学体系,实现了从“被动学习、被动实践”向“主动学习、主动实践”的转变,开创出一条培养学生综合素质和综合能力的有效途径。

傅水根教授

清华大学国家级教学名师、基础工业训练中心主任、
教育部高等学校机械学科教学指导委员会委员
兼机械基础课程指导分委员会副主任委员

2008年8月

前 言

随着电子技术的迅速发展,尤其是进入 21 世纪后,现代电子技术的设计比传统的电子技术设计有了一些显著的变化:一是新器件更新较快,新电路新技术的应用逐步在取代传统的电路;二是电子电路更依赖于软件,不管是电路的设计还是电路的运行,都需要有软件的支持,在这个数字化的年代,“硬件设计软件化,软件设计模块化,软硬件协同工作”是现代电子设计的趋势和一个显著的特点;三是现代电子设计中节能与绿色环保技术的应用要求越来越重要,这也给电子产品的设计带来了挑战与机遇;四是电子设计与制作工艺也发生了显著变化,元器件的集成度越来越高、封装电路越来越小,导致焊接与制造工艺复杂;五是电子电路的测试从原来样机的硬件调试与测试发展到在电子产品的整个设计过程中运用仿真技术与软硬件的测试技术保证设计的成功率;六是在电子产品中要求更加人性化设计,对产品的创新提出了更高的要求。

基于现代电子电路设计的上述变化,本教材在组织材料时,改变传统教材中过度关注技术,而忽略思想或创新思维与方法的训练的做法,以培养学生创新思维与能力为主,组织在创新中需要的新技术,让学生在项目的实践中运用创新思维与方法来掌握这些新技术。在学生的创新实践训练中,使用工程对象教学法。它完全打破了传统的工程教学思路与模式,对教学平台、教材、教学模式、教学方法等进行了颠覆式的变革,与教育部关于提高大学生实践能力、创新精神的建设指导思想高度吻合。

工程对象教学法的教学模式有两大显著的特点:一是按照“任务驱动”的模式分解课程的知识点;二是按照“实践—归纳—推理—再实践”的模式讲课,完全打破“讲课+实验”的传统模式,将讲课与实验合二为一,其结果是:老师“在讲中做,在做中讲”,学生“在学中做,在做中学”。

为了实现该模式,在本教材的编写过程中,用了较大篇幅讲解了基于机器人工程对象设计典型的操作任务,按照任务驱动的模式进行编排、讲解相关的知识点,用多少,讲多少,但从整体而言,所有任务应覆盖所有相关知识点。这种教材编写的思路完全打破常规,其突出的优势在于:

(1) 由于典型工程对象都是现实工程系统的缩微,比较真实地展现了现实工程系统的工作机理乃至操作方法,当将典型工程对象引入课程教学时,通过这些对象可使学生更加直观地理解相关知识,了解相关单元技术在系统中的作用、地位及与其他单元技术协同工作的机理,从而帮助学生深入理解本单元技术,真正掌握本课程的知识。

(2) 当将典型工程对象引入实践教学时,学生能更全面、系统地理解和掌握所学知识及所训练的各项技能,使知识融会贯通。

(3) 丰富的对象类型可大大提高学生的学习兴趣。

本教材主要内容如下:

第1章介绍了创新的概念和内涵、创造性思维的训练方法、思维定势的弱化训练方法,结合创新人才的培养要求,介绍了创新性人格的特点,最后,介绍了创新实践中常用的几种创新方法。

第2章介绍了电子创新设计的主要领域、现代电子创新设计应用技术,最后,介绍了新材料新器件在电子创新设计中的应用。

第3章介绍了电子产品设计流程、电子设计中强电的使用及安全设计问题、电子电路设计工具、原理图设计与PCB板设计方法和规则。

第4章介绍了电子创新设计中常用测量仪器及其基本的使用方法,最后,介绍了电子设计的规范化问题以及设计技术报告的写作方法。

第5章首先以机器人项目为研究对象,介绍了典型单片机最小控制系统、电机的控制方法、机器人的组装和测试方法,并结合典型实例介绍了机器人中用到的传感器技术与设计技术;其次,以两个实例介绍了FPGA/CPLD和ARM技术在电子设计中的设计方法。

本教材由华中科技大学工程实训中心陈赓、南昌大学邹道胜老师编著。本书经华中科技大学教材编审委员会审定,作为2008年度学校立项出版教材,并获学校“教学改革工程”教材建设基金资助,对学校的支持,在此表示衷心感谢!

在本教材出版之际,感谢华中科技大学国家电工电子教学基地和工程实训中心老师的支持和帮助;感谢华中科技大学教务处和设备处领导的支持,尤其要感谢杨家军、汪春华、贝恩海、周立、罗小华、刘世平和安萍等老师组成的丛书编写领导小组的支持与关心。有了这些专家好的建议与支持,本人才能顺利完成写作。本教材还参考了许多同行专家的专著和文章,在此也表示深深的谢意!

在本教材的编写过程中,武汉德普施原创科技有限公司给本人提供了丰富的资料,在此深表谢意。

本教材难免有不成熟乃至错误的地方,恳请读者谅解和指正!

作 者

2008年6月于华工园

目 录

序言

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 创新的概念与内涵	1
1.1.1 创新的意义	1
1.1.2 创新与创新思维	2
1.1.3 创新的内涵	3
1.2 创新思维的训练	4
1.2.1 创造性思维的基本机制	4
1.2.2 扩散思维和集中思维的统一	6
1.2.3 创新思维训练	7
1.3 创造性人格	9
1.4 思维定式	11
1.4.1 思维定式概述	12
1.4.2 思维定式的弱化训练	14
1.5 创新方法	16
1.5.1 逆向思维法	16
1.5.2 奥斯本检核表法	18
1.5.3 5W1H 法	21
1.5.4 和田十二法	22
1.5.5 信息交合法	25
1.5.6 智力激励法	26
1.5.7 TRIZ 方法	28
思考题	32
第 2 章 电子创新技术	34
2.1 电子创新领域	34
2.1.1 消费电子产品	34
2.1.2 汽车电子产品	34
2.1.3 网络设备与 IT	35
2.1.4 节能创新	36
2.1.5 机电一体化创新	37

2.1.6 医用电子创新	37
2.2 电子技术应用基础	39
2.2.1 传感器技术	40
2.2.2 运算放大电路	46
2.2.3 测量放大辅助电路	51
2.2.4 采样保持电路	51
2.2.5 数字电位器	53
2.2.6 模拟信号隔离	54
2.2.7 数据采集	56
2.2.8 V/F、F/V 变换	58
2.2.9 信号的执行	58
2.3 CPLD/FPGA 的应用	60
2.3.1 传统数字电路设计方法的局限	60
2.3.2 EDA 技术	61
2.3.3 应用举例	62
2.4 数字信号处理技术	65
2.4.1 DSP 芯片的发展	65
2.4.2 TMS320C54x DSP 的优点	66
2.4.3 TMS320C54x DSP 的结构	66
2.4.4 CPU 及总线结构	68
2.4.5 内部存储器组织	69
2.4.6 片内外围	70
2.4.7 DSP 开发环境的建立	71
2.4.8 应用举例	74
2.5 ARM 技术	78
2.5.1 ARM 技术应用	78
2.5.2 ARM 微处理器的特点	79
2.5.3 ARM 开发硬件环境介绍	80
2.5.4 ADS 应用简介	83
2.6 电子新器件新材料	96
思考题	97
第 3 章 电子产品设计方法	98
3.1 电子产品设计流程	98
3.1.1 设计方案论证与评审	98
3.1.2 初样制作	98
3.1.3 测试验证阶段	99

3.1.4	小样生产	100
3.1.5	生产性试制阶段（批量试生产阶段）	100
3.2	电子设计中强电的使用	102
3.2.1	三相五线制	102
3.2.2	三相五线制的使用与安全问题	102
3.3	原理图与 PCB 设计技术	103
3.3.1	电路设计工具	103
3.3.2	原理图设计技巧	105
3.3.3	PCB 设计基本概念	106
3.3.4	电磁兼容与 PCB	108
3.3.5	PCB 设计方法与原则	110
3.3.6	抗干扰设计	116
3.3.7	设计的可制造性	118
	思考题	121
第 4 章	电子测试与技术报告写作	122
4.1	常用仪器介绍	122
4.2	数字示波器的原理与使用	123
4.2.1	数字示波器的原理	123
4.2.2	数字示波器的使用	126
4.3	万用表	136
4.4	电子设计的规范化问题	138
4.4.1	概述	138
4.4.2	规范化设计说明	139
4.5	设计技术报告写作	142
4.5.1	设计技术报告的内容与要求	142
4.5.2	设计技术报告的撰写要领	143
4.5.3	设计技术报告撰写中应注意的问题	144
4.5.4	设计技术报告写作案例	146
	思考题	153
第 5 章	创新设计实践	154
5.1	典型单片机最小控制系统	154
5.1.1	建立开发环境	154
5.1.2	机器人最小控制系统电路板设计	161
5.2	电机控制	166
5.2.1	伺服电机原理与控制方法	166
5.2.2	直流电机控制方法	169

5.3 机器人的组装、测试和控制	181
5.3.1 组装机器人、测试伺服电机	181
5.3.2 开始/复位指示电路和编程	181
5.3.3 用调试终端测试速度控制	182
5.3.4 基本巡航动作、匀加速/减速运动	183
5.3.5 用函数调用简化运动程序设计	186
5.3.6 用数组建立复杂运动	189
5.4 红外线探测	193
5.4.1 搭建并测试 IR 发射和探测器对	193
5.4.2 探测和避开障碍物	196
5.4.3 高性能的 IR 导航	200
5.4.4 俯视的探测器	203
5.5 LCD 应用	206
5.5.1 LCD 显示器简介	206
5.5.2 编写 LCD 模块驱动程序	209
5.5.3 用 LCD 显示状态参数	213
5.6 步行机器人案例	216
5.6.1 步行机器人的各种运动编程方式	216
5.6.2 步行机器人的运动原理	217
5.7 视觉机器人轨迹跟踪应用案例	234
5.7.1 任务介绍	234
5.7.2 传感器原理和调试	234
5.7.3 轨迹跟踪	237
5.8 嵌入式技术在电子设计中的应用	244
5.8.1 概述	244
5.8.2 FPGA 的应用	245
5.8.3 ARM 技术的应用	248
思考题	259
参考文献	262

第 1 章 绪 论

本课程是一门综合应用性、设计性很强的课程,该课程设置的对象主要是针对大学生创新团队学员及高年级的大学生。课程性质为选修课或现代电子技术课程。目的是注重将技术学习与创新思维的训练相结合,以项目的方式进行创新设计训练,学完该课程后,达到学生能自己开发小型创新项目的目的。

理论学时为 24 学时,项目设计实践学时为 16 学时+课外 40 学时。理论学时讲述创新思维与创新设计方法、电子创新设计技术、电子测试技术、电子设计规范化问题以及设计技术报告的写作和项目设计分析。项目设计实践以第 5 章介绍的机器人为对象,学生可以以该教材为引导,结合具体的项目,将所学的专业基础知识应用在机器人(或自选的其他电子设计项目)设计项目中。

教师在引入设计项目时,可以结合学生已学过的课程,如电子技术基础(模拟/数字)、PCB 设计、CPLD/FPGA 原理与应用、DSP 技术及应用、电力电子技术、运动控制、电路理论、嵌入式系统的原理及应用等课程,进行综合项目的应用训练。

本课程的任务是利用学过的知识和掌握的技能,根据任务要求设计和制造一件电子产品。让学生掌握设计和制造电子产品的方法和过程,在设计中要体现电子设计规范化思想,并写出设计技术报告。

本章介绍了创新的概念和内涵、创造性思维的训练方法、思维定式的弱化训练方法,结合创新人才的培养要求,介绍了创新性人格的特点,最后介绍了创新实践中常用的几种创新方法。

1.1 创新的概念与内涵

1.1.1 创新的意义

《世界经济论坛 2002~2003 年全球竞争力报告》介绍了被广泛引用的全球竞争力指标和经济增长指标,并对非洲、亚洲、中东欧和拉美地区的竞争格局逐一进行了扫描。该报告不仅对竞争力的各个重要方面分别给予了讨论,包括国家创新能力、政府治理、外商直接投资、贸易绩效等,而且还列出了各国在国际竞争力各项指标中的排名、相关的数据和对高级工商经理们的调查结果。该报告的信息给工商界领袖、政府决策者和学者提供了有用的信息,使得他们可以更好地了解各国经济所面临的最关键的挑战。

该报告用创新能力把世界上的国家分为两大类，一类叫做核心创新国，另一类叫做非核心创新国。所谓核心创新国就是该国家如果平均每百万人口中，获得的美国发明专利在 15 件以上，那么该国家就是核心创新国家；否则，就是非核心创新国家。按此在世界评出来的 24 个核心创新国家和地区中，排名第一的是美国，排名第二的是日本，排名第三的是中国台湾地区，排在最后的是意大利。美国每百万人口有 314 件，而中国每百万人口只有 0.15 件，我们应该看到差别。

对于我国来说，出路在哪里？出路在创新！我们的企业要提高创新能力，只有靠创意去竞争，靠应变去取胜。

创新靠什么？靠人才。未来是人才的竞争，有了人才，才可能有自主知识产权的核心技术。当今世界，科学技术的进步与创新是经济社会发展的决定性力量，不论是一个国家还是一个企业，如果不掌握核心技术和自主知识产权，不具有自主创新能力，也就丧失了未来发展的主动权。

自主创新能力是企业乃至国家竞争力的核心，而人才资源又是提高自主创新能力的核心。但是，在我国，一方面自主创新能力已经成为制约中国经济建设快速发展的瓶颈；另一方面大学培养的学生的实际能力又不能很快胜任企业要求的工作，创新就更不用说了。由此，我们不得不反思我们的教育。

高等院校是国家创新体系的重要组成部分，对提高国家的自主创新能力，建设创新型国家，肩负着培养人才的重大责任。大学生自主创新能力培养在我国高校正在逐步引起重视，但还处在摸索阶段，尽管有了各种形式和途径，如现在很多高校成立了各种大学生创新中心或创新基地等，但他们还是以参加各种大赛为主；学生创新思维能力的培养是自由式的，很多情况下是通过自我实践经验的总结，缺少一套创新思维训练模式。但即使是这样的创新教育，还由于受人力和物力的限制，也只有极少的学生有机会得到锻炼，而创新应该是一个群众性的活动，尤其是在大学这个群体里，因为培养大学生的创新思维能力，增强大学生的创新意识对整个国家是极其重要的。就目前的情况来看，大学教育从根本上还没有突破传统教育模式。大学生自主创新能力还远远不能满足建设创新型国家的需要。如何对大学生进行创新思维的训练以及如何培养大学生自主创新能力是高等学校必须进行认真研究与实施的一个重要课题。

在大学里，尽管学科研究的方向不同，但为了适应未来社会的发展，就要逐步改变传统的以传授知识为主要目的的教学模式，尽量在该学科内培养学生的创新思维能力，以学科技术为基础，创新思维为引导，并给予实际的项目来训练这种能力。

1.1.2 创新与创新思维

“创新”在英文中是“innovation”的意思，从词意上可以理解为改革、革新、更新，词典解释为创造新的。

“创造”在英文中是“create”，其大意是指创造、创建、产生、造成。

创造与创新在本质特征上是一致的，但在其外延的包容性和内涵的深刻性上还是有度的差别。“创造”具有原创性意义，因而能划入“创造”范畴的活动面较窄，而“创新”则可以看作是二度创造，表现为以特定范围和群体为参照系的“新关系”的发现，并按新关系去实现其价值，是对创造概念的广义的应用性理解。因而可以纳入“创新”范畴的活动面很宽。现在在大学里，大学生所从事的研究活动，主要体现在创新这个层面上，但学生往往不能正确区别“创新”与“创造”的内涵。一谈“创新”，就以为是要做一个别人都没有做的东西，把自己的思路引到“创造”上面，这样给自己的研究工作带来了畏惧感，不能够从前人的基础上想问题，立即感到做“创新”太难了。其实，如果站在“创新”这个角度看问题，“创新”就不那么困难了，而且还会有很多的创新理论和方法来指导我们进行创新活动，如逆向思维法、奥斯本检核表法、5W1H法、和田十二法、信息交合法、智力激励法和TRIZ方法等。

创新思维是指以新颖、独特的方法解决问题的思维过程。通过这种思维不仅能揭示客观事物的本质及其内部联系，而且能在此基础上产生新颖、独创、具有明显社会意义的思维成果。

创新思维的核心是解决问题的思维新颖和独特性。

创新思维是人们自觉、能动地综合运用性、开拓性思维获得成果的一种思维。在创新思维中，逻辑思维和非逻辑思维是交织在一起的。逻辑思维可以发现新真理，这已为无数的科学实例所证明。在创新思维过程中，人们还应用非逻辑思维，如灵感就是一种非逻辑思维。

1.1.3 创新的内涵

创新的内涵非常广泛，我们绝不能将其狭隘地理解为一款新产品、一门新技术，或一项新专利的诞生，从完善和发展的角度来说，除了基础的产品与技术外，还有企业的策略制定、流程再造、激励体制、管理经验、营销模式以及文化建设等都应当纳入创新的范畴。

对于企业的自主创新，它的基本内涵包括两个层面：一是创新方式，它主要指原始创新、集成创新和引进消化吸收再创新三方面；二是发展战略，而战略的价值体现在自主创新、重点跨越、支撑发展和引领未来等几个方面。

自主创新的人文内涵包括两个内容：一是民族精神；二是国家利益。

自主创新的三大标志为专利、品牌、标准。因此，一个国家、一个地区、一个企业要想发展，就必须走自主创新之路，整合科技全球化为我所用，以我为主，参入自主创新全过程，享受创新成果，形成自己的核心技术和竞争力。

在我们重点关注社会的进步和经济发展的同时，我们不仅要考虑技术和产品的创新，而且也需要进行创新的思维历练。

在大学里，学生进行的创新活动，不应停留在技术的层面进行创新，而应该有所突破，要有更宽阔的胸怀，要站在解决人类根本问题的基础上想问题，考虑到人类未来的发展，而不是一时的利益。简单地讲，培养学生不能仅仅是以知识、技术为主体，而应培养学生的自学能力、思维能力和创新能力以及高尚的人格，并将这些能力应用到实际的创新项目中。因此，在培养学生的方式上，尤其是在创新人才的培养方式上，不应仅仅注重技术，而应从项目出发去寻找解决问题的技术，通过项目的历练，达到个人综合素质的全面培养。

未来对人才的要求，不只是要求学生在学校里学了多少门课程，获得了多少知识，而更多的是要求学生有良好的思维习惯、健全的人格和对高新技术的敏感和快速掌握的能力，使学生明白“什么样的品格成就什么样的事业！”因此，要引导学生去关注生活，关注人类生存的环境，从生活中提炼出创新的课题，再结合自己的专业技术进行创新，服务人类。

1.2 创新思维的训练

创新思维人人都具有，只是需要开发。创新思维是可以训练的，区别仅在于通过训练所取得的实效程度的不同。高校大学生完全可以通过坚持不懈的训练培养自己的创新思维能力，增强自己的创新意识。训练和不训练是大不一样的。

1.2.1 创造性思维的基本机制

创造性思维是多种思维形式协调活动的综合性思维，它存在于多种思维形式之中，没有固定的格式，但是它又有共同的一般机制。这就是扩散思维和集中思维的辩证统一。

扩散思维又称发散思维，它是在思维过程中，充分发挥人的想象力，突破原有的知识圈，从一点向四面八方想开去，通过知识的重新组合，找出更多更新的可能答案、设想或解决办法。这种思考既无一定的方向，也无一定的范围，它允许对引起思考的问题标新立异，可以“海阔天空”，“异想天开”，从已知的领域去探索未知的境界。这是一种开发性的思维。

美国吉尔福特学派认为，创造性思维的核心是扩散思维。吉尔福特说，扩散思维是“从给定的信息中产生信息，其着重点是从同一的来源中产生各种各样的为数众多的输出，很可能发生转换作用（背异、求异）”。其模式是由一到多。

例如，砖头有什么用途？围绕砖头的用途，可以作出各种各样的回答：

- (1) 可以用来造房子、铺地、造桥等；
- (2) 可以用作武器，如打狗、打坏人等；
- (3) 可以用作压纸张等；
- (4) 可以用作锤子敲打钉子等。

砖头还有其他许多用途。

吉尔福特认为一个人如果对某一问题提出的方案越多、越新鲜，就说明他的扩散思维能力越强。

有个教师曾经在课堂上要求学生运用扩散思维方式列举茶杯的用途。有个学生在5分钟内写出了茶杯的20余种用途：装水、装酒、装醋、装味精、装酱油、装盐、放糖、盛墨水、装沙子、装米、装酱菜、装颜料、装茶叶、装药……。

这个学生有扩散思维能力，但他的扩散度不大，因为他虽然列举了20余种茶杯的用途，但归纳起来，只是列出了茶杯的一个用途：放东西。其思维并没有真正放开，仅在一个方向上延伸。

另一个学生在5分钟内写出了茶杯的如下用途：

- (1) 作容器，放各种东西；
- (2) 作武器，砸小偷；
- (3) 作装饰品，美化橱柜；
- (4) 作礼品，赠送他人；
- (5) 作模特，供人绘画；
- (6) 作道具，演戏、拍电视用；
- (7) 作花盆，养水仙花。

从中不难看出，这个学生虽然只列出了茶杯的7个用途，但是他的思路已经放开，其扩散思维能力较强。

扩散思维具有3个特点：

第一，变通性。思考变化多端，能举一反三，触类旁通，不易受思维定式的束缚，因而能够提出不同凡响的新观念。

第二，独特性。这种独特的功能表现为对事物有超乎寻常的独特见解。别人想不到的，他能想到。

第三，流畅性。能在较短的时间内表达出较多的观念，反应迅速，善于进行联想。

但是，扩散思维的这些特点也不是彼此孤立的，它们之间互相关联。只有流畅，才有变通；只有流畅且变通，才能产生独特的思想。

集中思维又称收敛思维，它是从众多的信息中引出一个正确的答案或大家认为满意的答案。也就是说，以某个思考对象为中心，从不同的方向和不同的角度，将思维指向这个中心点，以达到解决问题的目的。

创造性的集中思维也有3个特点：

第一，方向性。扩散思维比较自由活泼，可以多角度、多方向进行。但集中思维总是要向着一个方向进行，要服从于一定的目标。在写论文时，就要围绕一个中心，通过各个论据对论点进行论证。对一项发明，必须围绕它的目标，搜集各种资料，采取各种方法，来达到目标。其方向性都是很明显的。

第二，依存性。集中思维必须依赖各种信息。没有已知的信息，就无法综合，集中思维就失去了基础。可见，集中思维依存于扩散思维，依存于扩散思维提供的各种信息、数据、方案或设想。

第三，独创性。集中思维得出的结论，很可能是前人已得出来的，并不具有独创性。因此，创造性的集中思维必须以独创性为前提。当然，对于解决某一具体问题，其独创性是相对的。

集中思维能力的高低，取决于一个人的分析、综合、抽象、概括判断和推理等逻辑思维能力。

1.2.2 扩散思维和集中思维的统一

扩散思维和集中思维是相辅相成的。在创造过程中，只有把二者有机地结合起来，才能获得创造性成果。也就是说，只有借助扩散思维，才能广泛发散，自由联想，提出多种有价值的设想或方案，为创造发明提供条件。同时，又必须依靠集中思维，对各种设想或方案进行筛选和整合，才能确定解决问题的最佳方案，完成创造活动。因此，任何一个创造活动的全过程，都是经过从扩散思维到集中思维，再从集中思维到扩散思维，多次循环往复，直到解决问题。

例如，如何解决“过河”的问题？首先进行扩散思考，选择过河的方案：架桥、筑坝、打隧道、摆渡、泅水、绕道上游、乘直升飞机、乘气球漂过去等；再进行集中思考，选择最合适的方案，如架桥，但问题并没有解决；再进行第二次扩散思考：架什么样的桥？木桥、铁桥、水泥桥还是石桥等，一直运用扩散—集中—再扩散—再集中的多次循环，使问题得到解决。

因此，在创造活动中，我们既要充分重视思维的扩散性，又要善于进行集中思维，做到扩散度高，集中性好，才能提高我们的创造性思维水平。

创造性思维是一种复杂的多种思维协调的动态过程，它因创造课题的性质、类型、创造主体和客体条件的不同而有所区别。但就一般情况而言，创造性思维过程包括以下4个阶段：

第一阶段，准备。该阶段主要是搜集与创造性课题有关的资料，获取并储存信息，对各种信息进行系统而严密的思考，寻找问题的症结。这需要思维视野广阔，洞察能力强，善于全面深刻地分析。

第二阶段，酝酿。发现问题是为了解决问题，而解决问题的关键在于选择最佳途径、实验手段和方法。该阶段主要是对已有信息进行加工、转换，在头脑中不断反复探索解决问题的办法。这需要克服思维定式，发挥丰富的想象力，提出多种方案。同时需要定性分析和定量分析的高度统一，需要个体智能和群体智能的高度结合，需要显思维能力和潜思维能力的高度聚焦。

第三阶段，顿悟突破。该阶段主要是对各种解决问题的方案进行深入的思考、反复的比较。当思考进入百思不解的状态时，往往会豁然开朗，以顿悟的形